

香港金融风险管理师协会
上海市紧缺人才办公室
中国注册金融风险管理师(CFRM) 培训项目指定用书
美国风险管理师(FRM) 考试中文辅导教材

Contemporary Financial Risk Management Techniques

—An Introduction to Financial Derivatives and Modern Risk Management
Techniques

现代金融风险管理

——衍生金融工具的使用与风险管理技术的应用

第一版

主 编: 邬瑜骏

副主编: 鞠 芳 林晨雷

南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代金融风险管理:衍生金融工具的使用与风险管理技术的应用 / 邬瑜骏主编. —南京:南京大学出版社,
2007.7

ISBN 978-7-305-05119-7

I. 现… II. 邬… III. 金融—风险管理 IV. F830.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 110648 号

出版者 南京大学出版社

社址 南京市汉口路 22 号 邮编 210093

网址 <http://press.nju.edu.com>

出版人 左健

书名 现代金融风险管理——衍生金融工具的使用与风险管理技术的应用

主编 邬瑜骏

责任编辑 梅洁 编辑热线 025-83592193

照排 南京玄武湖印刷照排中心

印刷 南京大众新科技印刷有限公司

开本 787×1092 1/16 印张 36 字数 900 千

版次 2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-05119-7

定价 78.00 元

发行热线 025-83594756

电子邮箱 sales@press.nju.edu.cn(销售部)

nuperss1@public1.ptt.js.cn

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换



前 言

金融行业是现代社会经济中的高风险行业,该行业中时刻存在着不同类型的金融风险,包括汇率风险、利率风险、资产价格风险、会计风险、信用风险和操作风险等。金融风险体现了金融业和金融市场中发生的不确定的变化结果,从金融机构经营角度看,是其经营过程中,由于客观环境的变化、决策失误或其他原因使其资产、信誉有遭受损失的可能性。近年来,由于对金融领域中风险管理的控制不当,中资金融机构遭受严重财务损失的事件频频发生,引起了管理层高度的重视。证监会、银监会和国资委针对中资金融机构的风险管理水平不断提高要求,频频发出风险提示,要求各金融机构对自身面临的市场风险、信用风险、流动性风险、操作风险和法律风险等进行切实有效的管理,提升抗风险能力。

随着中国金融开放程度的逐渐加深,外资金融机构大量进入中国,与中资金融机构开展全方位的竞争。外资金融机构在风险管理方面具有相当大的优势,它们有丰富的风险管理经验、先进的风险管理技术、高素质风险管理人才。中资金融机构要想在开放的市场中与外资机构相抗衡,必须从提高风险管理水平出发,与国际接轨,提升自身的竞争力。

在管理层的施压与外资金融机构竞争的双重压力下,国内各金融控股企业、证券公司、期货公司、基金公司、投资银行、商业银行、资产管理公司、保险公司及各大型国企纷纷加强了对金融风险的衡量与管理,提高对金融风险的防范与控制能力。在此情况下,掌握金融风险管理知识的专业人才的需求量骤增。但是国内有关金融风险管理的教育相对落后,训练有素、具有专业资格的金融风险管理人才凤毛麟角,供给明显不足。人才的稀缺导致了薪酬的上涨,据了解,目前金融机构中合格的金融风险管理师的平均年薪已达 20 万元,是名副其实的金领一族,金融风险管理的职业前景开始受到市场广泛的关注。

2005年上海市首批发布的《上海市重点领域人才开发目录》中,风险管理和控制人才是六个重点领域的专项人才开发之一,相关的培养目标为:培养具有先进的风险控制理念;熟悉金融机构业务流程和金融风险控制的原理、模型和工具;掌握金融政策法规;能组织建立系统预警、监控、稽核等风险防范制度和机制;具有较强的国际交往能力的金融风险管理专业人才。

注册金融风险管理师(Certified Financial Risk Manager, CFRM)项目正是为了配合上海市建设成为国际金融中心、建立金融人才战略高地的战略目标,由上海市紧缺人才工程办公室推出的统一颁证项目,是受到香港金融风险管理师协会、上海市教育委员会、上海市成人教育委员会、中共上海市委组织部、上海市人事局认可的专业证书。该认证考试项目借鉴国际上现代金融风险管理的最新研究成果,与全球风险管理师协会(GARP)、香港金融风险管理师协会合作,引进GARP的美国金融风险管理师(Financial Risk Manager, FRM)考试的最新知识体系,将国际金融风险的最新的理念与最好的方法引入到中国,在充分考虑金融风险知识的综合性和复杂性的情况下,结合中国金融风险管理的具体实践,量身定造适应现代金融业需要的中国金融风险管理的高端专业人才。

CFRM认证考试的目的在于结合中国的金融实践,建立金融风险管理从业人员的资格认证体系,推动金融风险管理人员的在职学习和提高,以更高的金融风险管理水平,为中国金融业的稳定和持续健康发展培养优秀的金融风险管理人才。

通过CFRM资格认证,学员可运用各种定量技术方法,系统性地判断、确认和衡量金融风险,并且提供相应的风险管理解决方案;掌握各种风险专业化的计量和管理方法;掌握衡量风险收益对称的关系,并且以数量化的形式对风险作出计量运算;创造性地解决各类金融风险问题,对投资银行、信托公司、商业银行、保险公司、基金管理公司等各类金融机构与金融监管部门、大型企业等单位的资金运作的安全性起关键作用。

本书是上海市紧缺人才办公室指定的中国注册金融风险管理师(CFRM)培训项目考试的辅导教材和美国风险管理师(FRM)考试的中文复习教材,为广大金融风险管理的从业人员提供系统化学习现代金融风险管理知识的途径。本书的结构完全按照CFRM/FRM的知识体系,分为数量分析基础、市场风险的测量和管理、信用风险的测量和管理、操作风险的测量和管理及风险管理案例分析等五大部分。本书的内容涉及对现代风险管理工具、理论成果和实践方法的介绍,具体涉及到期货、远期、期权、互换以及由其扩展出来的金融衍生工具的定价及使用、信用风险的测量和传统管理方法、信用衍生产品的介绍与使用、操作风险COSO协议、新巴塞尔协议的内容介绍等。通过对本书的学习,读者将学会如何运用这些工具和方法来更科学地、更合理地管理和控制各种金融风险。

本书既可以作为注册金融风险管理师(CFRM)和美国金融风险管理师(FRM)考试的辅导教材,也可以作为高等院校金融相关专业学生学习金融风险管理技术的课堂教材。适合的读者群体包括备战CFRM、FRM的考生,各高校金融、投资、财务等相关专业本科生、硕士生、MBA,以及金融行业中对衍生产品、风险管理感兴趣的金融从业人员。此书亦可作为金融风险管理从业人员的操作指南。



作者简介

邬瑜骏 新加坡南洋理工大学金融学博士, 特许金融分析师(CFA)持证人, 美国风险管理师(FRM)持证人, 2007年FRM考试全球命题人。现任职于厦门大学财务管理与会计研究院, 硕士生导师。先后任教于南洋理工大学南洋商学院, 复旦大学经济学院国际金融系, 厦门大学财务管理和会计研究院。曾为国内多家金融机构提供金融类培训和咨询工作, 讲授关于金融风险管理、投资交易策略、资产定价、投资策划等方面的培训课程。曾服务过的客户包括上海证券交易所, 路透(中国), 太平洋人寿保险公司, 工商银行总行, 华夏基金等。

鞠芳 新加坡南洋理工大学金融经济学博士, 上海市紧缺人才办公室注册金融风险管理师证书(CFRM)持证人。曾于新加坡南洋理工大学商学院担任宏观经济学、微观经济学、应用经济学、计量经济学等课程的教学辅导工作。现任职于某股份制商业银行上海分行, 负责投资银行部门业务, 同时从事银行金融产品(包括结构化理财产品、资产支持受益凭证、银行间债券市场、金融融资租赁产品等)的研发工作。

林晨雷 特许金融分析师(CFA)持证人, 香港财经分析师协会会员, 上海市紧缺人才办公室金融风险管理师证书(CFRM)持证人。现任职于某知名控股公司, 负责实业投资和股权投资的分析工作, 同时担任某对冲基金的投资顾问, 负责交易的估值、投资组合管理和风险管理等工作。在企业海外上市、管理咨询、资本运作、金融风险管理等专业领域拥有多年经验。曾为国内多家金融机构提供投资组合管理、金融衍生产品定价、投资定量分析等内部培训服务, 并参与编著多本CFA考试培训教材。



目 录

第一篇 市场风险的测量与管理篇

第 1 章	风险管理简介	3
	1.1 风险管理的概念	3
	1.2 风险管理的介绍	7
	1.3 最佳风险管理实务	15
	1.4 最有效的风险管理法则	16
第 2 章	远期市场和远期合约	21
	2.1 远期合约	22
	2.2 几种主要的远期合约	24
	2.3 远期合约的定价	27
	2.4 远期市场	35
第 3 章	期货市场和期货合约	37
	3.1 期货合约	37
	3.2 几种主要的期货合约	43
	3.3 期货合约的定价	45
	3.4 期货市场概况	53
第 4 章	期权市场和期权合约	55

	4.1 期权合约	55
	4.2 几种主要的期权合约	60
	4.3 期权合约的定价	62
第 5 章	互换市场和互换合约	78
	5.1 互换合约的类型	78
	5.2 互换合约的定价	83
	5.3 互换合约的创新	90
	5.4 互换期权	91
	5.5 互换合约的信用风险	95
第 6 章	利率和利率风险的衡量	98
	6.1 利率类型	98
	6.2 债券定价	101
	6.3 久期	104
	6.4 凸度	107
	6.5 天数计算惯例	107
第 7 章	利率衍生产品	109
	7.1 远期利率协议	109
	7.2 国债期货	113
	7.3 欧洲美元期货	117
	7.4 债券期权	119
	7.5 利率上限、利率下限和利率双限	120
第 8 章	奇异期权	123
	8.1 奇异期权种类	123
	8.2 奇异期权定价方法	129
	8.3 奇异期权对冲	130
第 9 章	Black - Scholes 期权定价模型	131
	9.1 Black - Scholes 期权定价模型的假设条件	131
	9.2 Black - Scholes 期权定价模型	132
	9.3 Black - Scholes 期权定价公式的计算	136
	9.4 Black - Scholes 期权定价公式的应用	139
第 10 章	期权定价的二叉树模型	141
	10.1 单步二叉树模型	141
	10.2 两步二叉树模型	144
	10.3 n 步二叉树模型	147
	10.4 美式期权二叉树定价	148
	10.5 二叉树方法的一般定价过程	149
	10.6 基本二叉树方法的扩展——三叉树图	150
	10.7 二叉树定价模型的深入理解	150
第 11 章	期权价格的风险因素	152

	11.1 Delta 与套期保值	153
	11.2 Gamma 与套期保值	158
	11.3 Theta 与套期保值	160
	11.4 Vega、RHO 与套期保值	163
第 12 章	基于期货和远期合约的风险管理策略	166
	12.1 管理股票市场风险	166
	12.2 管理利率风险	171
	12.3 利用期货合约进行资产配置	175
	12.4 管理汇率风险	179
第 13 章	基于期权合约的风险管理策略	183
	13.1 期权交易策略	183
	13.2 期权风险管理策略	199
第 14 章	基于互换合约的风险管理策略	202
	14.1 利率风险管理策略	202
	14.2 汇率风险管理策略	207
	14.3 股票市场风险管理的策略	213
	14.4 互换期权的运用策略	220
第 15 章	风险价值 VaR	230
	15.1 VaR 基础知识	230
	15.2 计量风险的其他工具	232
	15.3 VaR 参数	234
	15.4 在 VaR 模型中确定波动率	236
	15.5 估计 VaR 的方法	238
	15.6 VaR 的方法	241
第 16 章	压力测试	248
	16.1 为什么需要压力测试	248
	16.2 情景分析的实施	249
	16.3 压力测试模型参数	251

第二篇 信用风险的测量与管理篇

第 17 章	信用风险管理概述	255
	17.1 信用风险简介	255
	17.2 对家信用风险的分类	257
	17.3 信用风险的成因	258
	17.4 信用风险衡量	259
	17.5 信用风险的演变及其管理的趋势	259
第 18 章	债券及贷款的信用风险衡量	261
	18.1 信用事件	261

	18.2	信用评级	264
	18.3	违约率(PD)	270
	18.4	违约损失率(LGD)	276
	18.5	个人贷款风险衡量	278
	18.6	信用风险:贷款组合和集中风险	284
	18.7	从市场价格中衡量违约风险	287
第 19 章		交易对家的信用风险衡量	297
	19.1	交易方信用风险的经济资本	297
	19.2	信用暴露(credit exposure)	302
	19.3	交易对手风险的度量与标识	318
第 20 章		国家主权风险	323
	20.1	信用风险与国家主权风险	323
	20.2	债务废除与债务重组	324
	20.3	国家风险分析(CRA)模型的问题	326
	20.4	国家主权风险的应对方法	327
第 21 章		信用风险的组合模型	329
	21.1	Credit Metrics(CM)模型	329
	21.2	Portfolio Manager(PM)模型	330
	21.3	Portfolio Risk Track(PRT)模型	330
	21.4	Credit Portfolio View(CPV)模型	331
	21.5	Credit Risk+(CR+)模型	331
	21.6	组合风险的指标	331
第 22 章		运用信用衍生工具管理信用风险	333
	22.1	信用衍生工具概述	333
	22.2	信用衍生工具的类型	334
	22.3	信用衍生工具的定价和套利	344
	22.4	信用衍生工具的优缺点	345
	22.5	信用衍生工具的应用	346
	22.6	运用衍生品进行信用风险管理	356
第 23 章		运用资产证券化管理信用风险	361
	23.1	证券化市场	361
	23.2	贷款是如何被证券化的	362
	23.3	信用支持对证券化部分的影响	362
	23.4	证券化及发起人的财务状况	363
第 24 章		贷款出售和其他信用风险管理技术	364
	24.1	贷款出售介绍	364
	24.2	贷款出售市场	365
第 25 章		信用风险管理和战略资本配置	368
	25.1	战略资本配置的方法	368

25.2	波动性和信息对战略资本配置的影响	371
25.3	RAROC 和 EVA 相联系建立动态经济资本配置模型的优缺点	371

第三篇 操作风险的测量与管理篇

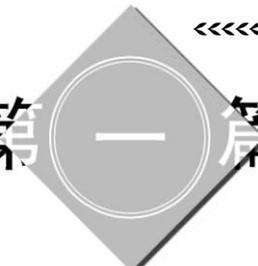
第 26 章	操作风险	375
	26.1 操作风险的定义	375
	26.2 操作风险的计量	376
	26.3 操作风险管理	383
第 27 章	其他风险	390
	27.1 流动性风险	390
	27.2 模型风险	395
	27.3 技术风险	403
	27.4 日间透支风险	407
第 28 章	经济资本管理	409
	28.1 经济资本	409
	28.2 监管资本	412
	28.3 金融集团资本管理	422
第 29 章	公司范围风险管理	425
	29.1 公司范围风险管理框架	425
	29.2 风险管理和公司价值	429
	29.3 案例分析	431
	29.4 行业组织与风险管理监管组织	440

第四篇 风险管理定量分析篇

第 30 章	概率论基础	453
	30.1 基本概念	453
	30.2 集合论基础	454
	30.3 条件概率	455
	30.4 独立事件	455
	30.5 全概率法则	455
	30.6 贝叶斯公式	456
	30.7 计数问题	458
第 31 章	数理统计基础	460
	31.1 基本概念	460
	31.2 中心趋势的度量	461
	31.3 离散程度的度量	462
	31.4 协方差和相关系数	464

	31.5 偏度	465
	31.6 峰度	466
	31.7 切比雪夫不等式	466
第 32 章	随机变量和概率分布	468
	32.1 基本概念	468
	32.2 离散分布	468
	32.3 连续分布	470
第 33 章	抽样和估计	475
	33.1 基本概念	475
	33.2 简单随机抽样和分层随机抽样	476
	33.3 抽样误差和抽样分布	476
	33.4 中心极限定理	477
	33.5 比例的抽样分布	477
	33.6 差与和的抽样分布	478
	33.7 样本方差的抽样分布	478
第 34 章	假设检验	479
	34.1 基本概念	479
	34.2 第一类错误和第二类错误	480
	34.3 检验统计量和关键值	480
	34.4 决策规则	481
	34.5 总体均值的假设检验	483
	34.6 总体方差的假设检验	486
	34.7 拟合优度的卡方检验	488
	34.8 置信区间估计	489
第 35 章	一元线性回归	491
	35.1 线性相关性	491
	35.2 相关系数的显著性检验	493
	35.3 一元线性回归基础	494
	35.4 方差分析	496
	35.5 回归系数的假设检验	497
	35.6 回归系数的置信区间	498
第 36 章	多元线性回归	499
	36.1 多元线性回归基础	499
	36.2 方差分析	500
	36.3 回归系数的 t 检验和置信区间	501
	36.4 回归系数的 F 检验	502
	36.5 多元回归假设的违反	503
第 37 章	估计波动率和相关系数	507
	37.1 估计波动率和相关系数的目的	507

	37.2 估计波动率	507
	37.3 估计相关系数	510
附录 1	经典风险管理案例分析——长期资本管理公司(LTCM)的传奇.....	512
附录 2	LTCM 大事记	541
附录 3	金融危机的蔓延机制(financial contagion)	543
附录 4	术语表	545
参考文献	557



第一篇

市场风险的测量与管理篇

- ◆ 第 1 章 风险管理简介
- ◆ 第 2 章 远期市场和远期合约
- ◆ 第 3 章 期货市场和期货合约
- ◆ 第 4 章 期权市场和期权合约
- ◆ 第 5 章 互换市场和互换合约
- ◆ 第 6 章 利率和利率风险的衡量
- ◆ 第 7 章 利率衍生产品
- ◆ 第 8 章 奇异期权
- ◆ 第 9 章 Black - Scholes 期权定价模型
- ◆ 第 10 章 期权定价的二叉树模型
- ◆ 第 11 章 期权价格的风险因素
- ◆ 第 12 章 基于期货和远期合约的风险管理策略
- ◆ 第 13 章 基于期权合约的风险管理策略
- ◆ 第 14 章 基于互换合约的风险管理策略
- ◆ 第 15 章 风险价值 VaR
- ◆ 第 16 章 压力测试





第 1 章

风险管理简介

1.1 风险管理的概念

对于每一个社会单位,如政府、企业、非赢利组织或个人在日常的活动都会参与到有风险的活动。尽管作为个体,我们大都偏好无风险的活动,偶尔也会参与对风险进行套期保值的活动,但我们不可能将自己的行为局限在无风险的活动里。主体对风险活动的参与带来了下面一系列和风险息息相关的问题:

- 1) 如何定义风险?
- 2) 如何识别风险?
- 3) 在正常情况下什么风险值得偶尔尝试一下,而什么风险永远不应该涉足?
- 4) 风险是如何被降低或被消除的? 应使用何种风险管理策略来管理风险?
- 5) 如何控制风险及风险管理的过程?

这些问题加总起来就描述了一个完整的风险管理的过程。为了理解这一概念,我们首先对风险管理进行一个正式的定义:

风险管理是一个过程,首先是用来识别主体期望收益的风险,同时测量其目前实际风险水平,将其向期望风险水平靠拢,并对新的实际风险水平进行监控以确保其始终与期望风险水平相一致的过程。这个过程是持续不断的,会随着新的政策、指标和信息的变化进行调整。

在此,我们要从简单的套期保值(降低风险)转向一个更为全面的风险管理。何谓全面的风险管理?即对风险进行持续控制的一个先知的、预警的反应过程。就如前面所提到的,企业、政府和个人通常面临很多种风险,一个政府可能面临被员工因歧视而起诉的风险,一个工业企业可能面临工厂内发生意外事故的风险,一个个人可能面临患上致命疾病的风险。这些风险中的很多种都可以利用保险合同来管理,因此,保险是一种重要的管理风险的工具。但我们在本书下面章节中将不会涉及到保险理论,而将我们分析的重点放到由于利率、股价、商品价格、汇率变动而引起的交易的风险,也称为市场风险上面。当然在市场风险以外,我们还将认识两大类非市场风险,即信用风险和操作风险的产生和管理过程。它们在风险管理过程中也扮演着重要的角色。

1.1.1 风险的来源

一个公司在它的日常活动中面临很多种风险。我们主要接触到的有四大类风险,即分别由利率、汇率、资产价格和商品价格所引起的风险。这些风险均属于金融风险(或称为市场风险),另外还有两类和金融风险相关的风险是信用风险和流动性风险。我们有时也将这六类风险统称为广义上的金融风险。当然公司同时还面临其他很多种风险,我们简单称之为非金融风险,包括操作风险、会计风险、税收风险、法律风险、模型风险等。图 1-1 中列出了主要的金融和非金融风险的种类。

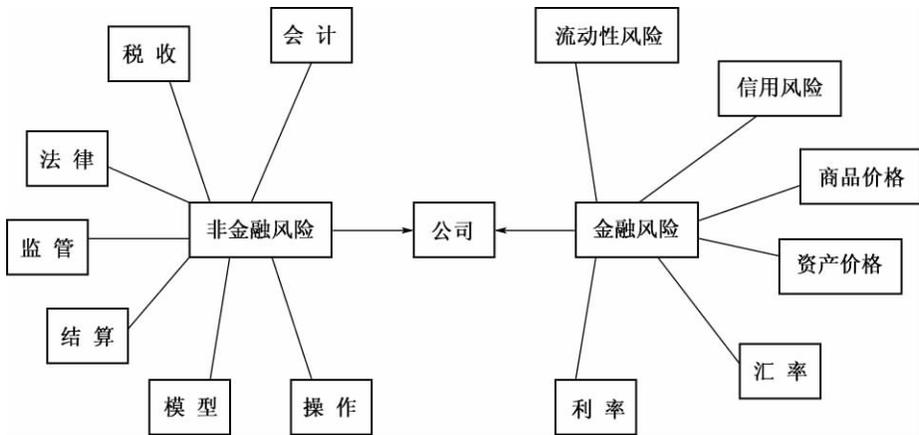


图 1-1 主要的金融和非金融风险

1.1.2 为什么要管理风险?

在 20 世纪 80 年代,衍生产品开始成为重要的风险管理工具,到了 90 年代,衍生品市场开始井喷。这些变化是伴随着利率、股价、汇率和商品价格频繁的大幅波动而产生的。逐步地,公司越来越害怕这些市场的力量会损害它们的利益。而这些市场的风险是随着行业性质与生俱来的。比如说,一个跨国公司在海外市场销量剧增且成本控制得当,但这些收益却

可能因当地汇率的不利波动而被摊薄了。又比如那些在自己擅长的领域非常成功的公司却要因为自己对某些风险管理知识的缺乏而遭受财务上的巨额损失。因此,很多公司开始认识到风险管理的重要性,并开始对它们不精通或无竞争优势领域的风险进行完全套期保值,而在那些他们所擅长的领域(如它们原来所处的行业的风险)采取非常基本的套期保值策略,有些公司甚至当感觉自己在管理此类风险方面拥有竞争优势时,它们会通过提高对风险的暴露从而对风险进行积极管理。从这里我们可以发现,风险管理过程并不仅仅像我们传统认为的那样是一个降低风险产生的过程,有时候它可以是一个增加风险产生的过程,因此我们将其统称为是一个对风险进行“管理”的过程。

在一个完美的市场内,信息可以完全自由传播,没有税收或交易成本存在,我们称这种市场是一个有效而无摩擦的市场。在这样一个市场中,我们后面会证明,公司采取的任何风险管理策略都不会增加股东的财富,即至少通过对公司财务风险的管理过程不会。著名的MM(Modigliani and Miller)理论认为,对资产负债表右半部分的风险管理不会给股东带来任何好处。即对负债的风险管理、资本结构决策、股利决策等,都不会影响一个公司的价值。根据这个理论,如果股东想对公司因贷款的利率变动而产生的风险进行套期保值,他们会通过改变自己的资产组合来达到这一目标,即股东可以通过自己进行套期保值,而不需要让公司去做风险管理。

如果按照这个理论,那么风险管理在这个世界上就没有存在的必要了。但幸好的是,现实的世界并不是一个有效而无摩擦的世界。

在现实生活中,股东并不能轻易地实施这些套期保值的活动。首先,他们没有足够的信息,不知道该如何、并在多大程度上进行套期保值。其次,作为个体,他们也不能在衍生产品市场上获得一个最好的交易价格;相反,像IBM这样的公司却可以利用其规模优势通过互换交易,更好地对其负债进行套期保值。再次,在资产的风险管理这一块,和个人相比,公司在产品和贸易市场上同样具有竞争优势,因此可以在它的专业性和信息优势基础上用更低成本来提高或降低其资产所面临的风险。

通过稳定一个公司的现金流和收入,风险管理还可以带来其他几种重要的收益。一个在很多国家得到证实的优势是风险管理可以改善公司的税收结构。如果一个公司的税率是随着收入的增加而提高,也就是所谓的“累进制税收结构”,那么收入波动性较高的公司就会发现,他们在高收入时多支付的税收并不能抵消其在低收入时少支付的税收。如果公司没有能力将其收入变得平滑,那么就整体而言,此类公司在多数情况下将支付比平均水平更高的税收。但如果公司可以对收入风险进行套期保值而使其收入趋于稳定的话,它就可以使其税收总支出保持在一个较低的水平上,从而增加股东的财富。

破产或较高的破产可能性将给公司的日常经营带来额外的成本(我们将其统称为破产成本)。比如,供应商停止供货、员工罢工、顾客信任丧失。这些成本中的大部分是与破产程序中的法律体系相关的。由于破产事件发生或对破产事件发生的预期,其他即使没有面临风险的主体也开始向公司提出索赔,这会大大提高公司的经营成本。如果通过管理风险可以降低破产的可能性,进而降低这些破产成本的期望价值的话,风险管理从这个意义上将可能提高公司的价值。

实施风险管理还可以增强公司的负债能力并降低债务成本。这些进行风险管理的公司会向债权人传递一个信息,即他们对保护债权人及股东的利益非常认真。对于这些公司,债

券投资者不仅愿意借钱,同时愿意给出一个较为优惠的利率。有了这种可靠而又便宜的债务资源,公司在以后的融资过程中就具有更大的灵活性,从而增加公司的总价值。

通过风险管理,公司可以实施那些过去因风险问题而被搁置下来的有利润的项目。整个社会也会从风险管理中受益。另外,实施风险管理的一个重要原因是为了稳定现金流以确保有足够的资金去进行资本投资。根据公司资本结构的选择顺序理论(pecking order hypothesis),大多数公司通常会首选用内部产生的资金来满足其投资需求,而不愿通过发行债务或进入股票资本市场融资,这是因为增加的债务会受到债权人的有代价的限制和监控,此外,多余的资本会稀释现有的股权价值。因此,公司更倾向于通过内生资金来进行投资,然而这些资金会随着公司本身价值的变化而发生变化。通过风险管理,公司可以稳定将来收到的现金流,从而确保在将来有足够的资金进行投资。

最后,我们认为有时在一些行业中的公司也会因受到股东、债权人及金融分析机构越来越多的压力而主动实施风险管理。

1.1.3 如何管理风险

风险管理不是一次性的活动,而应是一个过程(如图 1-2 所示),这个过程应该是连续的,期间应进行评估和修正,并且需要不断地进行控制和调整。

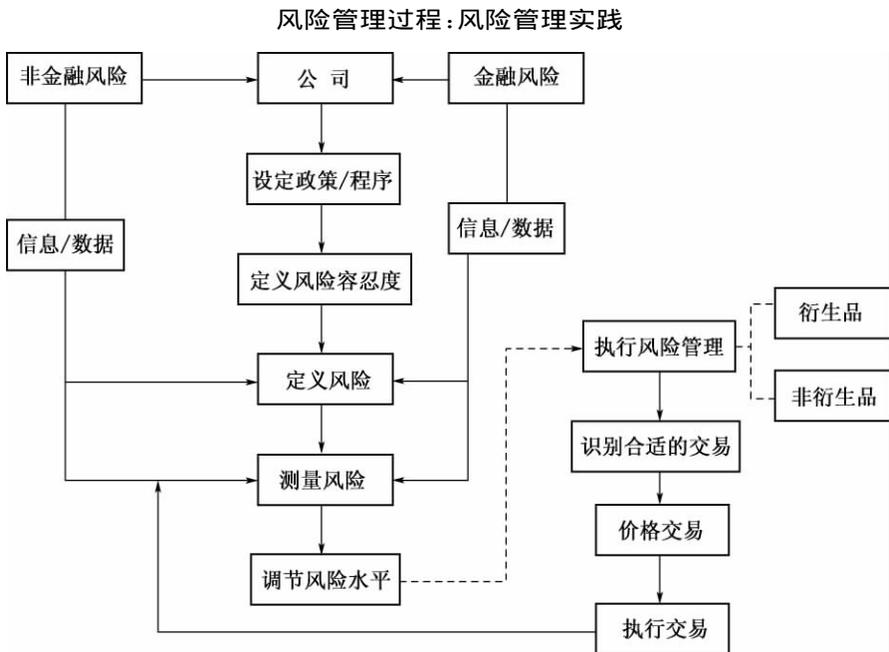


图 1-2 风险管理的整个过程

图 1-2 显示了风险管理的整个过程。我们可以看到,在表的上端,公司面临金融和非金融风险。往下,公司建立了风险管理政策及程序,在里面定义了自己的风险期望和能够承担的风险容忍度,之后公司将所有的信息资源纳入进来,并使用所有外在的信息或数据来测量风险。测量风险的过程可以像评估汇率波动性一样简单,然而更多情况下是较复杂具体

的数量分析。接下来,公司开始调整风险水平以使实际风险水平与期望风险水平相一致。公司可以实施风险管理交易,如通过衍生品或非衍生品交易来调整风险。风险交易的执行是个过程,包括识别合适的交易,对其定价并实施这些交易。整个过程完成之后又循回到对风险的测量,不断地对风险进行控制和调整,以使实际风险水平与期望风险水平相持平。

接下来让我们来看一下对风险管理交易的定价,图 1-3 显示的是整个定价和风险测量过程。

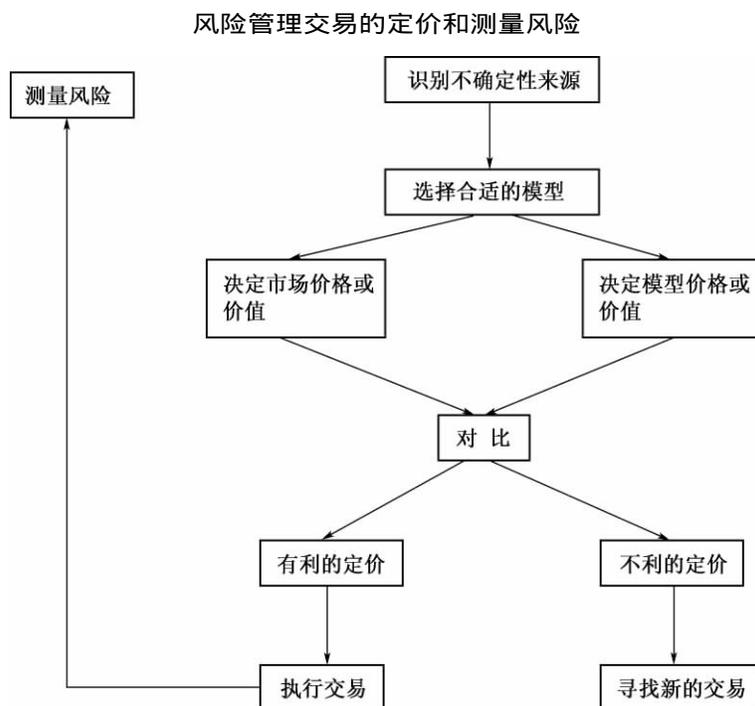


图 1-3 整个定价和风险测量过程

在交易定价的顶端,我们首先要识别不确定性的来源,之后再选择合适的定价模型,此时我们可以同时得到交易的市场价格和其模型价值。市场价格是一个来自交易商报价的可以执行交易的价格。模型价值是通过模型计算出来的此交易的理论价值。将两者进行对比,如果我们在交易中需要买进,而市场价格大于模型价格,这就是一个不利的价格,那么我们会寻找新的交易机会。然而,如果我们需要卖出的话,这就是一个有利的定价,我们就可以执行这次交易,执行之后,我们会返回到测量风险这一环节。

1.2 风险管理的介绍

1.2.1 市场风险管理

1.2.1.1 市场风险管理的介绍

市场风险(market risk)又称为价格风险,是指由资产的市场价格(包括金融资产价格和

商品价格)变化或波动而引起的未来损失的可能性。根据引发市场风险的市场风险因子的不同,市场风险主要可以分为利率风险、汇率风险、股票价格风险和商品价格风险四大类。

对市场风险的一般理解是一项资产或衍生品价格对潜在风险因素不确定变动的敏感度(sensitivity)。对股票或股票组合(stock portfolio),通常使用 beta 系数来测量其市场风险的大小,即股票或股票组合的价值对市场投资组合价值变动的敏感度;对于债券,则一般使用久期(duration)和凸度(convexity)来测量其市场风险;对期权,我们一般采用 delta 和 gamma,前者测量的是期权价格对标的资产价值变动的敏感度,后者用来测量 delta 对标的资产价值变化的敏感度;对股票、债券和期权,delta 和 gamma 都是真实的值,股票的 delta 是 1,gamma 是 0,但与 beta 的关系并不大,债券的 delta 测量的是债券对系统风险的反应度,gamma 测的又是 delta 对系统风险的反应度。对于大多数来精确债券风险的风险管理模型,债券的久期和凸度被非常广泛地应用,delta 和 gamma 两个指标也是使用频率非常高的风险量度。

久期、凸度、delta、gamma 都是用来测量一个金融工具对风险因素变化的敏感度,但我们必须考虑什么是风险因素?举例说,如果一个主要的期权价格的决定因素是标的物价格的波动性(volatility),这种风险可以用 vega 来测量。Vega 用来测量一项期权价格的变动对标的物波动性的敏感度。大多数期权定价模型假设这种波动性不会变化,但实际上波动性会变化。这种波动性的变化在市场上很容易被观察到,例如有些天标的物的波动幅度尤其大,特别是在一些公告即将披露的前后。期权对这种波动性的变化非常敏感,而互换、期货和远期的价值却通常独立于波动性的变化。

那些具有非常规特征的金融衍生品之间的相互关系(相关性)也会带来风险。例如,一些包含多个标的物的衍生品,考虑一种指数看涨期权(index call option),其标的物既包含标准普尔 500 指数,又有标准普尔 Midcap 400 指数。在到期日,期权持有者可按照固定的价格或者购买标准普尔 500 指数,或者购买标准普尔 Midcap 400 指数,这取决于两者在期权持有期间哪个表现比较好,由于两种指数的大小等级不同,因此需要把所有指数标准化为 1,即当期权到期时,指数的到期价值(expire value)要先除以初始价值(primary value)再乘以 100。这样一个期权的价值不仅被两种指数的波动性影响,同时也随两种指数之间的相互关系而变化。同样道理,一些利率衍生品(interest rate derivatives)也被系统风险中利率间的相互关系所影响,因此,对某些类型的期权而言,相关性(correlation)也是一种风险。

尽管还有其他一些不太重要的市场风险,但是对衍生品而言,最主要的还是标的资产的一级、二级影响,即标的资产波动性影响以及资产之间相关性所带来的影响。这些风险对于那些进行大批量交易的交易商而言尤其重要。交易商充当交易对家的角色以满足客户需求,然后再通过其他交易对自己承担的风险进行套期保值,最终他们期望在这种“出价-询价”(bid-ask)的过程中得利。为了有效地管理这些风险,交易商必须对其风险管理技术进行培训,他们必须能准确地计算 delta、gamma、vega 并识别出那些可以恰巧抵消当前头寸风险的交易,从而能够合理调整其头寸的各项风险指标值。

对于交易商我们已经谈论了很多,接下来让我们看一下终端消费者(end user)。大多数终端消费者使用衍生品来管理一种特定的风险,当他们意识到风险,比如一项股票组合的 beta 值过高,他们可能会卖出一定数目的期货合约使 beta 值降到一个期望的水平。与交易商相比,终端消费者一般不会对投资技巧上花费过多时间精力,但却会努力在他们能力范围内更有效地测量和管理风险,实际上大多数终端消费者在风险管理上干得不错。

1.2.1.2 市场风险价值

在20世纪90年代,风险价值(Value at Risk,即 VaR)已经被作为首要的风险管理衡量标准,没有其他任何一个风险管理话题像 VaR 那样受到如此多的重视和争议。VaR 是对一个公司、基金、资产组合、交易或战略潜在损失的概率测量方法。任何一项可能带来损失的头寸(position)都是 VaR 测量方法的潜在对象, VaR 是用来测量市场风险损失的最广泛且容易使用的工具,同时它也适合用于测量更为复杂的情景,如测量信用风险或其他风险类型的损失。

我们刚刚已经提到 VaR 是对潜在损失的概率测量方法,这个定义过于笼统,我们需要使它更加具体。一个更为正式的定义是: VaR 是在一段时期内在某一概率范围内超出的损失(exceeded loss)。这个定义包含三个重要的元素:

首先, VaR 是超出的损失,因此它是对最小损失的测量;再者, VaR 是在一定概率下的值,即一定概率下超出的损失;最后, VaR 是在一段特定时期内被定义的,因此就是一段特定时期内、一定概率范围内期望发生的损失,这与每天、每周、每月、每季、每年发生的潜在损失有很大的差别。

看一个投资组合的 VaR 的例子:一天内一个投资组合在 5% 的概率下的 VaR 是 150 万美元,意思就是说这项组合一天内至少损失 150 万美元的概率是 5%。重点是该损失是最小值,而不是最大值。有些对 VaR 的误解将它理解为最大的损失。当然换一种方式我们也可以将其表述为最大值,但要将其概率值改为 0.95,即在 95% 的概率范围内,该投资组合的损失不会超过 150 万美元。

通过 VaR,我们不可以确定地说最大可能损失是多少,同样也不可以确定的说这个最大可能损失就是整个资产组合实际损失的价值。我们更乐意在某给定概率下以最小损失的形式来表达 VaR。这种方法更加保守,因为它提醒我们损失可以更多。

1.2.2 信用风险管理

信用风险(credit risk)是指交易对手不能或不愿履行合同约定条款而导致损失的可能性。更一般地说,信用风险还包括由于债务人信用等级的降低,导致其债务的市场价格下降而造成的损失。因此,信用风险的大小主要取决于交易对家的财务风险状况和经营风险状况。

信用风险也是金融机构面临的一种主要的风险,有时被称为违约风险(default risk),即因收不到款而导致损失的风险。直到柜台衍生产品交易(over-the-counter derivatives)时代,信用风险才在债券和贷款市场被单独分离出来。交易所交易的衍生产品通常是对信用损失免疫的。然而在柜台衍生品交易中,由于不包含明确的信用保障,因此参与者会面临较大的信用风险。

在衍生产品柜台交易被广泛运用之前,债券投资组合(bond portfolio)经理及银行贷款负责人(bank loan officers)是主要的信用风险管理者。他们可以通过多种方式来评估信用风险,可以通过审读财务报表、计算信用等级以及其他人的观点来评估一个公司的好坏。实际上,评级机构(rating agencies)及信用机构(credit bureaus)在某种程度上也是对这些公司

信用状况的主要信息提供者。然而,随着衍生品柜台交易市场的成长,金融工具的增多和其结构复杂性对信用风险管理提出了挑战。幸运的是,衍生产品柜台交易市场对信用风险的关注也进一步加深了对该风险的理解和管理。

信用作为一种风险,其产生主要是由于当欠钱的一方违约,违约方已经资不抵债而债权人无法向债务人个人索赔,那么债权人便会遭受经济损失。作为债权人他可以通过让债务人变卖资产而收回部分损失。然而,破产法的规定与债权人的实际索赔情况极不对称。破产法规定,直到所有的债权人被赔偿之后,才能补偿股本投资者(equity holder);然而实际上,破产法更多的是想让公司继续存活下去,只有这样,股本投资者及其他潜在投资者才有动机来继续经营和投资公司,但这样又反过来不利于债权人。

信用风险对衍生金融产品和基础金融产品的影响也不同。对于衍生产品而言,交易对家违约带来的潜在损失不同于产品的名义价值损失,实际上它只是产品头寸价值(position value)的变化;对于基础产品而言,如公司债券或银行贷款,信用风险所带来的损失就是债券的全部名义价值。

信用风险还包括主权风险,它指当债务人所在国采取某种政策,如外汇管制,致使债务人不能履行债券合约时造成的损失。这种风险的主要特点是针对国家,而不像其他的违约风险那样针对的是企业或个人。

信用损失(credit losses)有两个维度:损失事件发生的可能性(the possibility of loss)及损失数目(the amount of loss)。损失事件发生的可能性是一个概率值,即债务人违约的可能性。当违约发生时,就有必要评估回收率(recovery rate)。回收率的预测又是一项艰难的任务。信用风险不经常发生在衍生品市场,这种损失的不频繁性也意味着没有足够的数据来评估损失的严重程度。尽管我们还是可以获得一些关于衍生产品违约的统计数据,但历史回收率的数值并不可靠,而且很难预测一项资产在破产时可能卖多少价值。更为严重的问题是,有时赔偿顺序也不是完全依照破产法的规定来执行的,这就使得对于违约回收率的预测变得更为困难。

在风险管理中,风险一般被认为具有两个时间元素,一个是当前面临的风险,另外一个是将来的风险。具体到信用风险,当前面临的风险被称为现时信用风险(current credit risk),即目前债务不被支付的风险。例如,一项贷款利息支付或互换支付应当立即被支付,但明显存在不被支付的风险。假设对方在当期有能力支付并且一定会支付,那么就会出现将来不支付的风险,这种风险被称为潜在信用风险(potential credit risk)。它与现时信用风险差别很大,而且似乎要比即期信用风险大很多。一个当前面临财务危机的公司在充足的时间内可以走出困境,从而在将来具有一个较好的财务状况。反之也亦然。不论哪种风险更大,一个债权人应在不同的时点对信用风险进行评估,这样才能更好地了解不同的金融工具以及同一种工具在不同的时点如何具有不同的信用风险模式。

另外,信用元素将即期信用风险与潜在信用风险相混合,即一方对当前的债权人违约支付,会间接对将来的潜在债权人违约。例如,假设A欠B钱,而还有一段时间没有到期,同时A欠C钱,无法支付,因此A失信于C。是否会破产取决于C的行动。如果一破产,B也会进行索赔,如此一来,即使支付期未到,准确地说A也失信于B了。

1.2.3 企业面临的其他风险

我们已经详细探讨了市场风险与信用风险,接下来让我们简单看一下企业可能面临的其他风险。

1.2.3.1 流动性风险

流动性风险(liquidity risk)是由于市场规模的限制不得不在价格上做出重大让步才能购买或出售某项金融工具(financial instrument)的风险。流动性风险可视为一种综合性风险,它是其他风险在金融机构整体经营方面的综合体现。例如,市场风险和信用风险的发生不仅直接影响金融机构的资产和收益从而导致流动性风险,还可能引发“金融恐慌”而导致整个金融系统的低流动性。在有些情况下,一项金融工具的市场流动性会完全消失,结果导致不能交易某项资产。流动性风险对交易卖方来说更严重,打算在一个非流动市场购买某一证券的主体如果认为价格不合适,可以选择放弃购买,很多情况下可以找到替代证券。但需要在一个非流动市场(illiquid market)卖掉某一证券的主体除了在此市场上卖掉证券之外别无选择。我们之前提到的衍生品可以作为某项资产销售的替代品(substitute),但在管理流动性风险时并不适用。通常如果标的资产是非流动性的,它的衍生品的交易流动性也很差。

流动性风险包括产品的市场流动性风险和现金融资风险(funding risk)两种情况。第一种情况是指由于市场交易不足/市场效率低下而无法按正常的市场价格进行交易所造成的损失。第二种情况是指企业的现金流不能满足债务支出的需求而导致企业违约或发生财务损失的可能性。这种情况往往迫使机构提前清算,从而使账面的潜在损失转化为实际损失,甚至导致机构破产。

流动性风险的大小通常可通过产品的买卖价差(bid-ask spread)予以判断,如果市场是非流动性的,交易商希望以更高价卖、更低价买,以反映他们对流动性风险的预期,因此买卖价差会扩大,反之则相反。

流动性风险是一个非常严重且频繁存在的潜在风险,某些证券的交易市场是否是流动的可能并不明显,例如有些证券在购买时市场是流动的,但在出售时市场可能就不流动了。在价值模型中,通常假定市场是完全流动的,因为很难将这种风险纳入模型中来。市场的流动性需要交易来推动,而低流动性则阻碍交易,就像寓言里鸡与蛋的问题一样,流动性与交易意愿很难说谁先谁后,但有一个事实是肯定的——他们之间彼此需要。

1.2.3.2 操作风险

操作风险(operational risk),是由于公司系统和程序错误而产生损失的风险。它包括执行风险,即当交易执行错误或不能执行而导致的较大延迟产生的成本或受到惩罚,以及由于机构后台操作出现的一系列相关问题。这些风险可能来源于电脑问题(包括病毒、硬件问题)、人员问题以及公司完全不可控制的事情,如所谓的“天意”(acts of god)和恐怖活动。

电脑故障(computer failures)非常普遍但通常可通过后备系统(backup systems)加以管理。电脑病毒(virus)风险很大,但大部分可通过合适的人员、软件和系统进行控制。即

使再小的公司也知道要备份文件以防万一,大一点的公司的电脑风险防范措施更加齐全。

人员失误(human failures)包括无意识的错误,虽然比较重要,但通常可以控制。风险管理中那些比较关键的人物是所谓的“流氓交易员”(rogue trader),流氓交易员是指那些参与组织中未被监控的高风险未授权交易或高风险授权交易的个人。在一些案例中,如巴林银行(Barings Bank)案件,一个流氓交易员可以摧毁整个组织。自从20世纪90年代早期以来,这类案件有上涨趋势,而之前所有发生这类事件的公司都缺乏控制和监视。对员工的适当监管就可以阻止“流氓交易员”之类事件的发生。

火灾和水灾可通过保险来保障,但保险提供的仅仅是金钱赔偿,如果洪水破坏了一家银行的交易厅(trading room),金钱并没有办法补偿其因此而失去的顾客,因此大多数公司都作了备份以对此类事件进行快速反应。

很多情况下,公司通过保险合约来管理操作风险,甚至有几种衍生品合约是用来针对操作性损失的,但这一市场发展并不完善,这些工具实际上是保险合约。大多数公司管理操作风险是通过管理自己的系统、采取预警机制和制定应对计划以防操作风险事件发生。

1.2.3.3 模型风险

我们提到要使用模型来对衍生产品进行定价。对很多衍生产品合约而言,应用哪种模型并不明确,这也导致了另外一种风险,主要是在选择和使用模型时而产生的,我们称之为模型风险(model risk),即由于使用了错误的模型或对正确模型的参数设置不当而引起的风险。

一个简单的例子是将Black-Scholes-Merton模型用于美式期权的定价(American options),该模型仅仅适用于欧式期权(European options),如果用到美式期权上,会低估该期权的价格。在一个正确模型中,若对波动性错误估计也会带来风险。对于某些复杂的期权,使用哪种模型并不明确,此时不当使用模型将成为一种主要的风险。防止这类风险发生的最好方法就是弄清衍生品定价原理,如果对模型的适用性不确定,则应慎用该模型的结果,以防产生由于模型风险带来的错误。

某些形式的模型风险几乎永远存在,因为现实情况很少能完全符合模型的假设前提。如果其他的市场参与者对模型或模型的使用存在疑惑,那么模型风险会被放大,因为价格会因此而波动。

期权的模型风险较为明显,必须对其波动性进行评估。而远期合约和互换则并非如此,对它们可利用已知的信息运用简单的价格计算公式来定价。

1.2.3.4 清算风险

在互换、远期合约和期权中存在的支付就是我们所说的清算。一项合约需要一方或双向对方进行支付,互换和远期合约是双向的,即一方都要向对方支付。这就存在当一方向另一方支付时,另一方正在申请破产的情况,此类风险即清算风险(settlement or Herstatt risk)。净值交割(netting)会降低衍生品这方面的问题。但有些交易,如外汇交易并不允许净值交割,因为外汇互换经常发生在两个国家的主体之间。衍生品市场为了解决这个问题,主要是通过建立“清算所”(clearing-house),但问题并没有被解决。

幸运的是,破产并不经常发生,所以这种风险更多情况下是一种威胁。一次著名的清算

风险事件发生在1974年的德国,一家叫做“Herstatt”的银行在别的银行还在对它进行结算时,突然宣布倒闭,给它的交易对象造成了极大的打击。由于这个原因,清算风险因此又被称为“Herstatt”风险。

1.2.3.5 监管风险

期货和场内交易市场都在国家层面上被监管(federal level regulation),而柜台交易几乎没有被监管。大多数国家的监管部门(authorities)认为衍生产品柜台交易是成熟主体之间的私人交易,应尽量放松监管。一些公司被监管的内容仅是要求不要违反法律,如行骗等。但更多情况下应用的是标准合约法(standard contract law),一些被监管公司的衍生品交易也间接受到监管。例如被国家和地方政府严格监管的银行,他们的衍生品也间接受到监管,但在大多数情况下,并没有针对柜台衍生品交易的具体政府监管。

不管是否存在监管,都会存在不确定性,已经被监管的市场面临目前监管条款被更改的风险,新的条款可能意味着会有更多义务、更多限制及更高的成本。无监管市场则面临着被监管的风险,从而给它们带来更高的成本和更多的限制。监管风险很难通过书面条款进行预测,它可能突然被颁布下来或被政府或个人更改,一般反映了他们的态度和哲学。不同国家的监管风险的程度差别很大。

监管风险(regulatory risk)一般源于衍生品交易的套利本性(arbitrage nature)。例如,一个股票的多头头寸(long position)结合借款相当于一个远期合约(forward contract)或期货合约(future contract)。股票交易受制于证券管理者,而借款则由银行监管者控制。远期合约是不被监管的,期货合约在很多国家是由国家来管理的,但与股票市场的监管并不是同一个机构。因此,交易者选择进入何种交易还将取决于对监管的态度。

对衍生品市场的监管是一个比较负责的机制。政府当局及大众对它的误解使人们对该行业充满了怀疑。每当有公司宣告自己在衍生品交易中遭受重大损失时,大众便会呼吁对该领域的监管条款的出台。在发达国家,衍生品市场通过艰难的游说已经成功换来了宽松的监管环境和市场的理解。的确,通过与政府当局和监管方的合作可能是管理衍生产品监管风险的唯一途径。

1.2.3.6 法律风险

衍生产品是一种合约,因此受制于合约法(contract law)。在任何一项合约中,都有两个主体,且均对另一方承担一定的义务。如果一方没有履行义务或一方存在欺骗行为,该合约就会被取消。这样的结果可能会产生争端,甚至当损失较大时,会有一方起诉。在很多案件中,在衍生品合约中损失金钱的一方起诉对方采取了欺骗行为,或说这项合约从一开始就不合法,因此应该被宣布无效。对公司而言,受到法庭起诉的可能性就形成了法律风险(law risk),此风险就是看法律机构会不会判定强制执行或废除该合约。

法律风险的承担者一般是交易商(dealer),这些交易商一般都是大型的金融机构(financial institutions),一些法律诉讼案件对他们而言并不陌生,如果他们的交易对象遭受了损失,他可能会采取多种法律手段尝试拒绝承认这项合约。另外一些情况下,他可能会起诉交易商实施了欺骗行为;还有一些会说自己将交易商视为顾问,因此交易商应告知他该合约风险很大,对他不利。也有一些情况,他会争辩说自己并没有进行该项合约交易的权利。

事实上法庭接受了很多类似的案件,但这并不能说交易商总是错的,而只能说他们有时把自己放在了一个不确定的处境当中。从实际交易中可以看出,交易商的确经常充当顾问(advisor)的角色。因此交易商应尽量明确自己的位置,如果自己是交易的一方,那就不应该是顾问。现在交易商在订立合同时也更加注意了,将他们过去经常被拿来攻击的方面都在合同中点明了。

1.2.3.7 税收风险

税收风险(tax risk)是由税法的不明确性而引起的。对衍生产品交易征税这一领域还存在很多的不确定性。在某些情景下的税收规定已经非常清楚,但在其他一些情景下仍旧非常模糊。此外,新的衍生工具不断出现,当税法中没有对一些新生衍生工具的征税规定时,就会存在对其征税的不确定性。这种不确定性在那种为了税收目的而进行的衍生品交易中就会被利用,如有时在交易时可能没有把税收入进来,但事后发现还是应当补交。

之前说到相当多的衍生工具组合监管方式不尽相同,在征税上同样如此。这也带来了巨大的矛盾和困惑,有时甚至会产生套利机会,尽管税法部门通常会快速采取行动以结束这种套利机会。

像监管风险一样,税收风险取决于政府机制的做法。公司一方面进行游说,同时也雇佣了一些税法专家(tax experts)和税收顾问来控制税收风险。

1.2.3.8 会计风险

会计报表(accounting statements)虽不是上市公司最主要的,但却是非常关键的信息来源。在美国,会计标准主要是由 FASB 制定的。上市公司的会计要严格遵守国家证券监管委员会(federal security regulators)及证券交易所(stock exchanges)的法律要求。在美国融资的非美国公司同样要遵守这些标准和法规。法律要求公司提供准确的会计报告,否则将被视为要负民事及刑事责任的欺骗行为。此外,市场也会惩罚那些不提供准确会计报表的公司,安然和他的审计公司安达信公司就是这样一个例子。

国际会计准则委员会(IASB)试图在全球建立一个统一的会计标准,然而,不同国家的会计准则差别很大,有些国家要求一个较高的披露水平,其他一些国家则相反,就像在全球推行标准统一化的税法和管制面临的问题一样,实行会计准则国际化同样困难重重。

事实上,至今没有出现一个统一的衍生合约的会计记账方法。当一项交易以某种方式记账之后,若事后需要调整就会产生一种风险,重新报告收入常常会使一个公司陷入尴尬的境地,因为它表示一个公司要么试图隐藏什么,要么对他作过的事情不了解。这种对衍生品交易记账方法的不确定使会计成为一种风险。就像监管风险和税收风险一样,一般情况下相当一部分的衍生产品组合记账方式不同。会计专家试图解决这一问题,但速度较慢,因此问题依然存在。

有一段时间,大部分衍生合约不被允许列入资产负债表中,而当很多公司需要对大规模的衍生产品合约进行披露时,FASB 和 IASB 开始修订新准则,最终允许将衍生品及其相关收入和损失纳入到会计报表中来,这些准则被称为 SFAS133 和 IAS39。这样一来解决了大部分的不确定性,但仍然遗留了一些问题,特别是其中有相当一部分的准则不太明确并且自相矛盾时,需要进一步解释。

大多数公司通过培训员工使他们了解最新会计知识的方式来规避会计风险。此外还有

一些公司游说并与会计监管委员会和国家管理当局进行积极的沟通以使会计准则向有利于公司的方向发展并使之更加明确。公司本身倾向于反对要求披露更多内部信息的规定,认为披露并不总是有益的。一场关于公司应当少披露以向竞争者保密,还是应当让投资者和公众了解更多公司信息的争论似乎不会终止,而这也表明会计风险将会持续地存在下去。

1.3 最佳风险管理实务

风险管理实务存在很大的区别。由于不同公司的风险管理政策、程序和具体的实务会有所不同,所以可能存在对风险管理的错误应用。为了改善风险管理实务,专家们制定了一套程序以正确实施风险管理,这些程序有时被称为“最佳实践”(best practices),向风险管理提供者提供建议和指导,但这些程序并非是强制性的。国际上主要有两个学派,分别从不同的角度建立了指导方针:第一个学派是G-30集团(the group of 30),即全球经济财务专家组织在1993年出版的一个著名的报告,这份报告主要针对交易商(dealer)提出了24条详细建议,有些建议针对终端使用者(end user)同样成立;第二个报告来自风险标准工作组(Risk Standards Working Group),这是一个非正式的机构投资与咨询委员会,该报告中的标准是用来改进投资管理行业风险管理实务的。

1.3.1 G-30报告:对衍生品交易商及一般终端消费者而言的最佳实务

这些建议强调高层管理者对公司衍生品及风险管理实务的理解,并确保人员和系统的到位。风险管理应从组织的最高层开始,这份报告中几条包括政策、程序、指导方针、监管、组织架构的建议都要由高层管理者来完成;另外一些建议具体到了对风险的测量,如第5条提到了VaR、delta、gamma以及其他的风险测量指标,第11~第14条建议的内容和信用风险相关,第16条是关于操作风险的,第19、第20条还涉及到会计及披露事项,尽管这些建议已经为新出台的会计准则所替代;G-30报告还对法律和管制主体提出了一些建议以便于更好地改善风险管理实务。整个报告主要是面对衍生产品交易商,但第9条建议针对的是终端消费者。

1.3.2 风险标准工作组报告:对投资管理组织而言的最佳实务

对于终端消费者而言,什么才是投资风险管理的最佳实务呢?风险标准工作组对机构投资者衍生品及风险管理实务提出了几点建议。这些建议大致归为三类:管理(management)、测量(measurement)及监控(oversight)。其中很多建议与G-30的报告有相似之处。这并不奇怪,因为风险管理过程大致已经确定,主要包含责任归属、政策制定、控制等。这份报告强调了对金融工具进行准确定价的重要性以及事后风险调整绩效测量(ex post risk-adjusted performance measurement)的重要性,如压力测试(stress testing)、回溯检验(back testing)等,它同样还指出了检测整个风险管理过程的重要性。

风险管理实践还没有到达会计实践(the practice of accounting)的水平,在会计领域,只

有一个具有行业性质的组织 FASB(Financial Accounting Standards Board)可以提出建议。这些建议并无法律效力,但在美国会计行业被普遍认可,若审计师出具的财务报表不符合 FASB 标准,他就不能得到认证。然而风险管理与会计并不相同,它不可能纳入具体的标准,比如应该运用哪个模型,怎样估计波动性等,但这样也许恰恰对风险管理是合适的,因为风险管理是一个动态的过程,必须跟上金融市场快速的发展脚步。相反会计专家需要几年来研究一个问题,才能最终推出一项新准则。风险管理是对一般准则的最佳运用,就像 G-30 和风险标准工作组的报告所指出的,包含了专业知识。这也是为了让健康有效的市场来惩罚那些不能很好地进行风险管理实务的人。

风险管理活动因此可被概括为三大类:

- 1) 风险监管(risk governance),即对风险管理过程的管理明确责任;
- 2) 风险预算(risk budgeting),即对风险实务和范围的设定;
- 3) 绩效评估(performance measurement)。

1.4 最有效的风险管理法则

风险管理矩阵小组(Risk Metrics Group)提出了有效风险管理的九大法则:

- 1) 没有风险就没有回报(there is no return without risk)。市场只会回报愿意承担风险的主体。
- 2) 透明化(transparent)。应对风险有个完整的理解。
- 3) 积累经验(seek experience)。风险是被人测量和管理的,而不是数学模型。
- 4) 了解自己的缺陷(know what you don't know)。对自己的假设提出质疑。
- 5) 有效的沟通(communicate)。公开讨论风险。
- 6) 风险多样化(diversify)。分散风险会带来更稳定的回报。
- 7) 使用纪律(show discipline)。稳定严格的方法会避免持续变化的战略。
- 8) 运用直觉(use common sense)。“可能正确”要比“绝对错误”更好。
- 9) 回报只是等式的一半(return is only half the equation)。只有当充分考虑到风险和回报概率之后再来制定决策。

很多情况下,风险管理仅仅是一种好的商业直觉(common business sense),一般的规则可以变化得非常简单和频繁。

衍生工具就像火和化学品一样,如果使用恰当,会带来巨大的好处,成为风险管理的有力工具,但必须谨慎使用,要掌握必要的知识并进行控制,以防发生重大损失。金融市场对惩罚傲慢和无能非常有效,其中衍生品就是最有效的一种方式;但同时金融市场也奖励能力和知识,如果运用得当,衍生品是成功管理风险的最理想的工具。

附录

G-30 对衍生品及风险管理实务的建议

一般的政策

建议 1: 高级管理层的角色

交易商及终端消费者在使用衍生工具时要与董事会允许的整个管理和资本投资政策相一致。这些政策应随着商业和市场环境的变化不断修正。管理衍生品的政策应尽量明确定义,同时要说明这些交易的目的。高层管理层应采取必要的步骤和控制措施来实施这些政策,所有的管理层都要对它们贯彻实施。

估值和市场风险管理

建议 2: 盯市

为了风险管理的目的,交易商至少每天要将他们的衍生品头寸根据市场价格进行逐日盯市。

建议 3: 市场估值方法

交易商的衍生品组合的估值应根据市场中间价,并减去特定的调整,或者在适当的询价—出价基础上予以确定。市场中间定价调整应当包括预期的将来成本,如未支付的信用利差、出清存货成本、投资融资成本及管理成本。

建议 4: 判别收益来源

交易商应经常详细地测量收益的各个组成部分以充分了解风险的来源。

建议 5: 测量市场风险

交易商应使用一致的工具每天测量其衍生品头寸的市场风险水平并将其与市场风险上限进行比较。

1) 市场风险使用“风险价值”进行最佳测量,它是在一个时间段内(如一天内)某一置信区间内(如两个标准差)的一个概率分析结果。

2) 市场风险的组成部分应可结合以下一些术语:标的资产价格(delta)、凸度(gamma)、波动性(vega)、时间消逝(theta)、基点(basis)、相关系数(Correlation)及折现率(rho)。

建议 6: 压力模拟

交易商应定期进行模拟以确定其衍生品组合在压力状况下的表现。

建议 7: 投资及融资预测

交易商应定期对其衍生品组合所需的现金投资及融资需求进行预测。

建议 8: 独立的市場风险管理

交易商应具备一个独立且正式的市场风险管理机制,以确保以下事项能得到有效执行:

1) 制定风险限度政策,并监督交易及头寸使之与这些政策要求相符。(见建议 5)

2) 尽管不一定发生,但仍需要设计压力情境以测量市场因素变化导致的影响,例如市场空缺、波动性摆动、主要历史相关性断裂,或可能因不良的市场联系、集中的市场及信用的丧失而降低的流动性。(见建议 6)

3) 收益报告的设计应将各种风险的组成进行量化,并使用风险价值测量市场风险。
(见建议 4 和建议 5)

4) 监控实际产生的和通过市场风险模型预测的资产组合价值波动性之间的偏差。

5) 对前台和后台使用的定价和估值模型进行必要的鉴定并批准使用。如果使用的是不同的系统,应进行必要的协调统一工作。

建议 9: 终端消费者实务

考虑到衍生品交易的性质、规模及复杂程度,终端消费者应采取与推荐给交易商同样的估值和市场风险管理实务。具体地说,为了进行风险管理,他们应当定期将衍生品交易情况进行盯市,定期对其衍生品交易所需的现金投资及融资需求进行预测,建立一个完全独立的正式机制来设计和确保他们的交易与其风险程度相匹配。

信用风险测量及管理

建议 10: 衡量信用风险暴露

交易商及终端消费者应按以下两种方式来测量衍生品的信用风险暴露。

- 1) 即期暴露,即衍生品交易的替代成本,也是他们的市场价值;
- 2) 潜在暴露,是对衍生品交易的未来替代成本的评估,它是根据交易剩余时间长短在一定置信区间内用概率分析方法计算出来的。

建议 11: 信用风险暴露加总

衍生品的信用风险暴露及对家的所有其他信用风险暴露应当在考虑到净值结算的效果后加总起来予以考虑,信用风险暴露应当经常性地计算并与信用额度进行比较。

建议 12: 独立的信用风险管理

交易商及终端消费者应具有一个完全独立、自主的信用风险管理机制,能够对衍生品进行定量分析,并主要负责:

- 1) 审批信用暴露的需求;
- 2) 设定信用限度,并监控应用过程;
- 3) 审核信用及信用风险的聚集度;
- 4) 审核并监控风险降低手段。

建议 13: 主协议

建议交易商及终端消费者对所有对家统一使用一份尽可能广的主协议,从而对现有及未来的衍生品交易(包括对外汇远期和期权)进行记录。主协议应使用一种全面的双向支付方法提供支付净额结算和关闭净额结算。

建议 14: 信用增强

交易商及终端消费者应评估信用增强及风险降低协议的收益与成本。当信用降级会触发交易提前终结或带来其他一些抵押要求时,参与者应慎重考察交易双方彼此的能力是否能满足由此造成的巨大的潜在融资需求。

实施

建议 15:提升实施能力

随着交易活动的演进及新型证券的不断推出,交易商及终端消费者应不断地一起工作来识别和推荐法律实施(legal enforceability)的解决方案。这可以在一个国家的法律范围之内完成,甚至可以超出国家法律范围进行国际化的合作。

系统操作及监控

建议 16:系统操作及控制的专业人士

交易商及终端消费者应确保自己的衍生品交易是由具有一定相关经验、技能和专业知识的专业人士来执行的。这些专业人士由专门进行交易、进行风险管理、进行监控以及那些负责计划、报告、控制及审计的专家组成。

建议 17:系统

交易商及终端消费者必须确保有完备的系统来获取数据、进行处理、完成清算及管理报告,如此一来衍生品交易才能与管理政策更有序、更有效率地配合起来。交易商应建立自己的风险管理系统来测量由于衍生品交易所带来的风险,包括市场风险和信用风险。终端消费者应根据他们衍生品交易的本质、规模以及复杂程度来建立风险管理系统以测量风险。

建议 18:授权

交易商及终端消费者的管理层应授权合适的人员来负责机构的衍生品交易。

会计及披露

建议 19:会计政策

鉴于衍生品会计准则将变得更为国际化统一,以下会计实务受到大力地推荐:

1) 交易商应对衍生品交易的会计记账采取盯市的方法,每期将价值的变化反映在收入里。

2) 由于终端消费者主要使用衍生品来管理风险,因而应当在这些工具与被管理的风险项目之间建立一个一致的收入认可协议。因此,如果被管理的风险是在成本基础上记账的(如一次期望的套期保值),风险管理工具的价值改变应被延迟记账,直到被管理的风险项目上实现了收益或损失。或者,如果被管理的风险项目是采取盯市的方法记账的,即在收入中体现价值变化,那么一个有效的风险管理工具也应作类似的处理。

3) 对于不能被认为是作为风险管理措施的衍生产品,终端消费者应当采取盯市的方式进行记账。

4) 只有当有法律效力进行净值结算,并且实施安排到位时,才可将属于对家(需进行支付)和来自对家(需进行接受)的交易金额进行抵消(netting)。若当地的管制条款与这些实践不相符,则不推荐以上的这些处理标准。

建议 20:披露

交易商及终端消费的财务报表中应包含如何使用衍生品交易的足够的信息,从而帮助理解某种交易的目的、交易程度、涉入的风险以及如何对这些交易进行记账。在采取统一会

计准则之前,建议披露以下几类信息:

- 1) 管理层对财务风险的态度,金融工具是如何被使用的,以及如何监控和管理风险;
- 2) 会计政策;
- 3) 在资产负债表日对交易头寸分析的结果;
- 4) 分析头寸中附含的信用风险;
- 5) 交易商还应提供金融工具交易方面的额外信息。

对立法者、管制者及上级的建议

建议 21:净额结算的识别

监管者及管理者应认识到净值结算的优势以及其可实施性,并通过资本充足标准的设定来鼓励对它的使用。具体地讲,在银行资本管制时,他们应该有意识地积极实施有效的双边终值净额结算(bilateral close-out netting)。

建议 22:法律及管制的 uncertainty

立法者、管制者、管理者包括中央银行应与交易商及终端消费者一起识别并消除任何法律及管制方面的不确定性,包括:

- 1) 文档的形式要能成为法律上认可的协议形式(欺骗法则);
- 2) 一些政府主体、保险公司、养老基金及建筑协会进入交易的能力范围(超越权限);
- 3) 双边终值净额结算的可操作性及破产状况下的抵押协议;
- 4) 在破产状况下的多方净额结算协议的可执行性;
- 5) 衍生品交易的合法性/可操作性。

建议 23:税收协议

监管者及税法机构应适时审查、修订那些不利与利用衍生品交易来管理风险的法律法规。税收对衍生品交易的阻碍因素包括它在对衍生品收益/损失进行征税的条款与对管理风险产生的收益和损失征税的条款的不一致性和不确定性。

建议 24:会计准则

各国的会计准则制定机构应当,作为一项首要工作,提供金融工具(包括衍生品交易)的会计及财务报告方面的综合全面的指引条款。应致力于这一领域标准的国际协调一致。同样,国际会计准则协会应最终确定金融工具的会计准则。

资料来源: The Group of Thirty, Derivatives: Practices and Principles (1993)。



第 2 章 远期市场和远期合约

当今金融衍生产品市场(derivative markets)主要可以分成交易所交易市场(exchange-traded market)和柜台交易市场(over-the-counter market)两类。交易所交易的金融衍生产品主要包括远期利率协议(FRA)、期权(options)、股票类期货和期权(个股期货和期权、股指期货和期权)、外汇期货和期权(currency future and options)。近年来,掉期期货(swap futures)、交易所指数基金期货(index fund futures)等新产品也在发达国家的交易所中交易活跃。柜台衍生产品交易主要是指金融机构与其客户或金融机构之间针对利率(interest rate)、外汇(currency)、股票(stock)及股票指数(stock index,也可简称为“股指”)等进行套期保值(hedging)、规避风险或投机(speculation)的交易。其中,利率类产品交易占据了主导地位,这主要是因为金融机构和其客户之间主要为借贷类业务,而借贷类业务与利率风险是紧密联系在一起造成的。

根据国际清算银行(Banking for International Settlements)的统计,2006年9月在交易所(organized exchanges)内交易的金融衍生产品期末账面余额为75.58万亿美元,比2005年底的57.82万亿美元增长了17.76万亿美元;2006年6月在柜台市场(OTC)上金融衍生产品期末账面余额达到369.91万亿美元,比2005年6月的281.49万亿同比增长了31.41%。金融衍生品市场作为一个新兴市场,在价格发现(price discovery)、风险规避和增加投资组合的选择性等方面发挥着越来越重要的作用,同时也对国际金融市场产生了深刻的影响。

2.1 远期合约

远期合约是衍生产品中最简单的一种,因其在套期保值中的广泛应用而存在了几个世纪。了解衍生产品可以先从远期合约开始,进而扩展到期货合约和互换合约。

2.1.1 基本概念

远期合约(forward contract)是合约双方约定在将来某个确定的时刻以某个确定的价格购买或出售一定数量的某项资产的协议。也就是说,在合约签订之时,双方就将未来交易的时间、资产、价格和数量都确定了下来,这种确定性使得合约双方规避了未来资产现货价格波动的风险。

合约中约定买卖的资产通常称为标的资产(underlying assets),它既可以是实物资产,如农产品、石油、金属等,也可以是金融资产,如债券、股票、外汇等。

远期合约中同意在将来购买标的资产的一方称为多头(long position),而同意出售标的资产的一方称为空头(short position)。

远期合约中商定的价格称为交割价格(delivery price)。在合约签订之时选定的交割价格应使得远期合约的价值对交易双方都为零,此时双方也不支付任何现金给对方。之所以这样,是因为如果签约时该合约对多头有正的价值,就意味着该合约对空头有负的价值,此时空头肯定不愿意进入该合约;反之,如果签约时合约对空头有正的价值,多头也不会愿意进入该合约。但是,合约开始后,随着标的资产现货价格的变化,该远期合约对多头和空头就会产生正的或负的价值。

合约双方的损益(payoff)取决于该标的资产的现货市场价格与交割价格的大小。假设用 S_T 表示合约到期时标的资产的现货价格,用 K 表示该合约的交割价格,那么对于多头而言,一单位资产远期合约的损益就等于 $S_T - K$ 。当 $S_T > K$ 时,多头盈利;当 $S_T < K$ 时,多头亏损。相对应地,空头的损益为 $K - S_T$ 。当 $S_T > K$ 时,空头亏损;当 $S_T < K$ 时,空头盈利。由此可以看出,多头和空头之间实质上是一种零和(zero-sum)游戏。利用损益图 2-1 可以清楚地将多头和空头在合约到期时的损益状况表示出来。

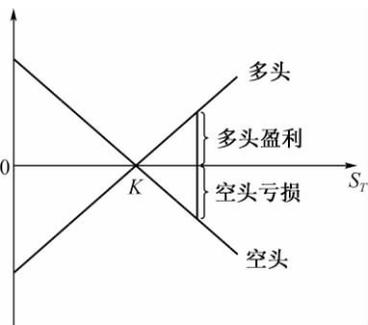


图 2-1 远期合约到期日损益图

利用远期合约进行避险,实质上就是用确定性来取代标的资产价格风险。以一份农产品大豆的远期合约为例。大豆生产商同意在 3 个月后以 4 000 元/吨的价格出售 3 000 吨大豆。3 个月后,大豆在现货市场上的价格下跌到 3 800 元/吨,但是该大豆生产商仍然能以 4 000 元/吨的价格出售,所以有效地避免了损失。但是,这样做的缺点是这种确定性使得大豆生产商也失去了利用现货价格上涨盈利的可能。如果 3 个月后大豆价格上涨到 4 100 元/吨,该大豆生产商也只能以合约商定的 4 000 元/吨交易,如果没有这份远期合约的话,他就可能赚得更多。

2.1.2 违约风险

虽然远期合约用确定性代替了资产现货价格波动的风险,但远期合约却存在着违约风险(default risk)。由于远期合约在场外交易,合约的订立由双方商定不受法律制约,而且在合约建立之时双方也不支付任何现金,这就使得合约的任何一方在面临不利的损益状况时有产生违约的动机。比如,在上例中,若3个月后大豆价格大幅下跌,则买入大豆的一方将面临很大损失,他就很可能拒绝按合约进行交割。这样,即使这家大豆生产商通过远期合约进行了套期保值,但仍然遭受损失。所以,在签订合约时,合约双方都应考虑违约风险的存在,也会在合约定价时考虑违约风险的因素。

合约期间,现货价格与交割价格背离得越大,则有正收益的一方所面临的违约风险就越大。为了预防违约带来的损失,有时合约双方会在合约建立时约定每隔一段时间进行一次清算,这实质上相当于一种“盯市”(mark to market)行为。比如,每隔一个月,合约双方根据当时的市场价格进行清算,如果多头头寸此时的价值为负,他就向空头支付一笔金额,反之亦然。这种人为的盯市方式在一定程度上减少了违约发生的可能。

例 2-1

远期合约中的违约风险是指

- A. 因一方无法履行合约义务而对另一方造成的风险;
- B. 只有远期多头会面临违约风险,是指合约空头没有资产用于交割的概率;
- C. 只有在交割时支付现金的远期空头会面临违约风险;
- D. 典型的远期合约具有盯市的特点,可以降低违约风险。

答案:A

远期合约中违约风险对双方都存在。对于期权合约,只有空头可能违约,因此只有多头面临违约风险,这在期权合约这一章中会具体介绍。期货合约存在盯市,但远期合约没有盯市的规定,只是有时合约双方会私下约定每隔一段时间对远期合约进行估值。

2.1.3 交割

无论合约期间标的资产的现货价格如何变化,合约双方的账户都不会发生变化,直到合约到期进行交割的那一天。通常有两种交割方式:实物交割和现金结算。

实物交割(delivery)是指合约到期时,空头根据合约将标的资产出售给多头,而多头按事先商定的价格进行支付。

但是对于某些远期合约,实物交割相当麻烦。如果标的资产是标准普尔 500 指数,在交割时空头不得不将标准普尔 500 指数中所包含的股票组合按指数中的比例交给多头,这将是非常困难的,所以更切合实际的做法是进行现金结算(cash settlement)。在到期日,一方所持有的头寸价值如果为负,就需要向对方支付相应的金额。比如,在一份远期股票合约中,多头可在 90 天后以 100 美元/股的价格买入 100 股 IBM 股票,同时假设交割采用现金结算的方式。如果到期日那天,IBM 股价上涨到 103 美元/股,则多头头寸的价值为 300 美

元 $[(103-100)\times 100=300]$,空头头寸的价值为-300 美元,此时空头就要向多头支付 300 美元。如果到期日 IBM 股价下跌至 98 美元/股,则空头头寸的价值为 200 美元,此时多头就要向空头支付 200 美元。

2.1.4 终止头寸

交割发生在远期合约到期之时,但在合约到期之前,合约的任何一方都可以通过进入一个反向的合约而将先前合约中的头寸终止(terminate a position)。当标的资产的现货价格朝着与一方预期相背离的方向发展时,该投资者就可能希望终止原先合约中的头寸,以减少进一步的损失。

譬如,在上例中,如果合约开始后 30 天,IBM 股价就升高至 110 美元/股,此时空头头寸的价值为-1 000 美元。空头预期 IBM 股价可能会进一步升高从而导致他的损失更大,因此他希望能终止该合约中的空头头寸。为了达到这一目的,该投资者可以选择进入另一个远期合约,此合约允许他在 60 天后以 105 美元/股的价格买入 100 股 IBM 股票。由于此时 IBM 的股价已发生变化,他已不能再以 100 美元/股的价格买入股票。通过这两个头寸相反的远期合约,该投资者就已经锁定了他 60 天后的损益。在第一个合约中,他以 100 美元/股的价格卖出股票,而在第二个合约中,他以 105 美元/股的价格买入股票,因此无论日后 IBM 股价如何变化,他都损失了 500 美元,不用再担心 IBM 股价进一步上升所带来的损失。所以,通过进入一个与原先合同到期日相同、标的资产相同、交易数量相同(但价格未必相同)、头寸方向相反的远期合约,投资者可以终止其原先合约中的头寸,锁定其损益。

值得注意的是,违约风险的存在可能会使投资者终止头寸、锁定损失的愿望落空。如果 IBM 股价进一步上升,在第二个合约中的空头遭受损失而最终违约,则第一个合约中的空头(即第二个合约中的多头)的损失将超过 500 美元。一种解决的方法是需要终止头寸的一方选择与第一个合约中的对方签订第二个远期合约。事实上,这相当于合约双方取消了两人之间的合约,而第一个合约的多头同意将其盈利锁定在 500 美元。这样,双方也不用等到交割日再进行现金结算。在终止之时空头就向多头支付 500 美元贴现到当时的现值。如果原先合约的多头不同意终止头寸,要求空头支付比 500 美元贴现值更高的价格,空头将不得不在可能的违约风险和更高的终止头寸支付额之间进行权衡选择。

2.2 几种主要的远期合约

远期合约的分类主要依据标的资产的类型来进行划分。一个大类是商品远期(commodity forwards),其标的资产为商品,如原油、贵金属、农产品等;另一个大类是金融资产远期(financial forwards),其标的资产主要是股票、债券、外汇等金融资产。这里主要讨论的是金融资产类的远期合约,以股票和外汇远期为主,远期利率协议和债券远期将于利率衍生品这一章节中介绍。要掌握这些远期合约,可以从几个方面入手,如标的资产特性、资产报价方式、合约交易方式以及交割结算方式,等等。

2.2.1 远期股票合约

远期股票合约(equity forwards),顾名思义,是以股票为基础资产的远期合约,它允许合约双方在将来某一时期以特定价格买入或卖出一种股票或一个股票组合甚至一个股票指数。远期股票合约可以使投资者锁定股票的买入价或卖出价,从而规避股价波动带来的风险。

合约签订时,双方就交易的股票、数量、价格及交易时间达成协议,待到合约到期时,可以采用实物交割或现金结算的方式。举例来说,如果一位投资者希望在90天后卖出100股IBM股票,为了规避股价波动的风险,他可以在一份远期股票合约中做空。假设交割价格为100美元/股。如果该合约采用实物交割的方式,则90天后,无论IBM股价处于何种位置,该空头都能以100美元/股的价格卖出100股股票;如果该合约采用现金结算的方式,则到期后,按照双方头寸的价值进行计算;如果股价上升到103美元/股,则空头须向多头支付300美元,但同时,他可以以103美元/股的价格在现货市场上卖出100股,所以他卖出股票所得还是10000美元;如果股价下降到98美元/股,则空头将从多头那里得到200美元,同时在现货市场上,卖出100股可以得到9800美元,卖出股票所得仍然为10000美元。因此,远期股票合约提供了投资者锁定交易价格的功能。

标的资产为一个股票组合的远期合约基本与一种股票的远期合约相同。之所以采用一个股票组合的远期合约,而非同时建立几个远期股票合约,是为了节约管理费等费用。

例 2-2

一份交割方式为实物交割的股票组合远期合约的买方(多头)

- A. 须在将来以远期价格购买股票组合;
- B. 如果在合约期内股票资产价格上升,则能获得收益;
- C. 必须在远期合约到期时交割出股票组合;
- D. 如果在合约期内股票资产价格下降,则能获得收益。

答案:A

由于该远期股票合约是实物交割的,所以合约到期时,多头要以远期价格购入股票组合。要注意的是选项B,多头的损益取决于合约到期时的现货价格与合约约定的交割价格。即使合约期间股票组合的价格升高,如果没有超过合约中的交割价格的话,多头仍然损失。

还有许多远期股票合约是以股票指数为标的资产的。在资产管理中,有一些股票组合是以追踪股票指数为交易策略的(例如ETF指数基金),因此股票指数远期合约可以作为一种风险对冲的工具而加以利用。股指远期的交易方式与上述两种远期合约相似,不同之处在于它主要以现金结算的方式进行交割,而且合约建立时会约定一个名义本金(nominal amount)。例如,一位基金经理要在100天后出售一个股票组合,其组成与标准普尔500指数相似,因此,他可以利用股指远期进行风险规避。他希望能通过出售这一股票组合获得1000万美元,在合约签订时,这一金额对应的标准普尔500指数的值为525.0。合约到期时,标准普尔500指数上升到535.5的水平,所以股指上升了2% $(535.5/525.0-1=2\%)$ 。作为空头,该经理须向多头支付20万美元 $(2\% \times 1000=20)$ 。如果合约到期时股指下降,则该经理将获得多头支付的现金,即股指下降百分比与名义本金的乘积。

例 2-3

一位基金经理管理着一个较大的资产组合,在标准普尔 500 指数为 1 000 时,他卖出了一份价值 10 000 万美元的远期合约。当前指数为 940,而在合约到期时指数为 950。到期日,该经理

- A. 因为股指上升了 1.052 63%,所以他将支付 105 263 美元;
- B. 将收到 500 000 美元;
- C. 必须支付在合约期间股票指数的红利;
- D. 收到对方付款,金额相当于 50 乘以到期日合约的乘数。

答案:B

首先计算标准普尔 500 指数的损益状况, $950/1\,000 - 1 = -5\%$ 。由于合约到期时的股指低于合同约定的指数水平 1 000,所以空头可以得到现金支付,其金额为 $5\% \times 10\,000\,000 = 500\,000$ 。

对于远期股票合约,还要考虑红利(dividends)的作用。虽然有时股票组合或股票指数中的一种或几种股票会发放红利,但在大多数情况下,远期股票合约并不考虑红利对股票价格的影响。这是因为和未来股价的不确定性相比,红利数量和支付日期的不确定性要小得多。不过也有一些股票指数是完全收益股指(total return index),例如,S&P 500 Total Return Index 将每日股票所支付的红利重新投资买入股指,得到完全收益股指,以这类指数为标的资产的远期合约就考虑了红利的支付。

2.2.2 外汇远期

外汇远期(currency forwards)允许合约双方在将来的某个时刻以某个固定的汇率水平兑换一定数量的外汇,因此是一种使用比较多的管理汇率风险的工具。

假设一家中国公司将于 3 个月后收到一笔美元,如果 3 个月后美元贬值,公司将遭受损失。为了规避这一汇率风险,该公司可以签订一份远期外汇合约,约定 3 个月后以 8.00 RMB/USD 的价格卖出 100 万美元,买入人民币,这就相当于对美元做空,对人民币做多。3 个月后,如果美元贬值到 7.90 RMB/USD,该公司仍能以远期合约的交割价格进行交易,因而有效地避免了损失。但是如果 3 个月后,美元升值到 8.10 RMB/USD,该公司也只能以 8.00 RMB/USD 的价格进行交割,失去了由于美元升值带来的盈利机会。

外汇远期也可以以现金结算的方式进行交割。在上例中,如果 3 个月后美元升值,该公司需要向另一方支付 10 万人民币 $[(8.10 - 8.00) \times 100 = 10]$ 。如果 3 个月后美元贬值,则该公司会收到另一方支付的 10 万人民币。总之,在合约中遭受损失的一方将获得对方支付的现金。

例 2-4

下列关于外汇期货合约的表述,哪一项是错的?

- A. 外汇远期合约可以以实物交割或现金结算的方式交割;
- B. 一份外汇远期合约可以用于对冲将来外汇支付所蕴含的汇率风险;
- C. 如果本币在合约期内升值,则外汇远期合约的多头将遭受损失;
- D. 对升值货币做多的一方将在到期日获得正收益。

答案:C

只有当本币升值超过合约中隐含的预期升值幅度,对外币做多(也就是对本币做空)的一方才会损失。

2.3 远期合约的定价

在理解远期合约的基本特征和交易机制以后,可以进一步讨论远期合约的定价。这对于确定远期价格和远期合约价值是非常重要的,只有通过定价机制,才能知道签约时所商定的远期价格是否对自己有利或者在合约期间自己的合约价值是否发生了变化。

2.3.1 无套利定价以及远期价格的一般公式

远期价格(forward price)是远期合约建立时双方约定的标的资产的价格,也就是合约到期时双方交割资产时所支付的价格。通常情况下,远期价格是使合约签订时远期合约价值为零的交割价格。由于远期合约对双方的价值都为零,所以任何一方都不需要向对方支付现金。后文中将介绍一种场外远期合约,这种合约在签订时对合约的一方有正的价值而对另一方有负的价值,所以双方有现金流的进出。无论怎样,远期价格以及远期合约的价值都是根据无套利原则得到的,理解了这种基本的定价方式,就能确切地知道任何时刻远期合约的价值以及任何情况下的远期价格。

无套利原则的前提假设是市场无摩擦,即无交易成本、可以卖空并使用卖空所得的收入、市场参与者能以相同的无风险利率借入和贷出无限量资金、当套利机会出现时市场参与者将参与套利活动。这些假设意味着市场价格就是无套利机会时的价格。所以,在无套利条件下,无论交易者对远期合约的头寸和其他资产中的头寸进行怎样的组合,如果不承担任何风险的话,都将只能获得无风险收益率。

为了解无套利原则在远期合约定价中的应用,先考虑最简单的标的资产——零息债券,这类资产没有储存费用(storage cost),在整个合约期间也不会产生现金流出。(像黄金、小麦这类商品资产需要在持有期间内支付储存费,而股票有不定期的分红,付息债券则定期支付利息,这些资产的远期合约定价将在下面逐一介绍)

为了便于讨论,用下面一些字母来定义各变量:

t ——时间,以 $t=0$ 表示远期合约建立日,以 $t=T$ 表示远期合约到期日;

F ——远期价格(forward price);

S_0 ——合约签订时($t=0$)标的资产的现货价格(spot price);

r_f ——无风险利率;

T ——远期合约的期限;

V_0 —— $t=0$ 时的远期合约对多头的价值;

K ——远期合约中的交割价格,在 $t=0$ 时, $K=F$ 。

对于最简单的零息债券的远期合约,远期价格可以表示为:

$$F = S_0 \times (1 + r_f)^T。$$

当 $F = S_0 \times (1 + r_f)^T$ 时,就可以认为没有套利机会存在。

如果 $F > S_0 \times (1 + r_f)^T$, 那么投资者可以在 $t=0$ 时借入期限为 T 的 S_0 美元,用这些

美元购买该标的资产,同时卖出远期合约合同。在 $t=T$ 时,合约到期,标的资产以 F 的价格售出,同时需要归还借款的本息和 $S_0 \times (1+r_f)^T$,这样的话投资者就获得套利利润: $F - S_0 \times (1+r_f)^T > 0$,这种套利的方式被称为正向套利(cash and carry arbitrage)。

如果 $F < S_0 \times (1+r_f)^T$,那么投资者可以在 $t=0$ 时以 S_0 的价格卖出标的资产,将所得的 S_0 美元进行放贷,同时买入该标的资产的远期合约。在 $t=T$ 时,按远期合约以 F 的价格买入标的资产,同时收回期初的贷款得到本息和 $S_0 \times (1+r_f)^T$,这样的话他就获得套利利润: $S_0 \times (1+r_f)^T - F > 0$,这种套利的方式被称为反向套利(reverse cash and carry arbitrage)。

通过分析可以发现,只要远期价格偏离 $S_0 \times (1+r_f)^T$,就能产生套利机会。因此:

$$F = S_0 \times (1+r_f)^T, \quad (2-1)$$

即无套利均衡时的远期价格。

例 2-5

考虑一份零息债券远期合约,其面值为 1000 美元,期限为 90 天,现在报价为 500 美元。假设无风险年利率为 6%。根据无套利定价原理,该远期合约的价格为

- A. 507.34 美元; B. 530.0 美元; C. 504.8 美元; D. 507.5 美元。

答案:A

该合约的标的资产为零息国债,所以可以用远期价格的一般公式: $F = S_0 \times (1+r_f)^T$, 计算出

$$T = 90/360 = 0.25, \quad S_0 = 500,$$

$$F = 500 \times (1+6\%)^{0.25} = 507.34。$$

这里要注意的是计算短期国债远期所用的年天数为 360 天。

例 2-6

假设市场无摩擦,标的资产价格为 35.5 美元,远期价格为 38.0 美元,年无风险利率为 5%,期限为一年。则套利利润为

- A. +0.725 美元; B. -0.725 美元; C. -0.5 美元; D. +0.5 美元。

答案:A

$S_0 \times (1+r_f)^T = 35.5 \times (1+5\%) = 37.275$ 美元 $<$ 38 美元,所以存在套利利润 0.725 美元。这是一个正向套利。

这一无套利定价原理也意味着远期合约投资者所能获得的收益率就是无风险利率。因为在无套利条件下,无论交易者对远期合约的头寸和其他资产中的头寸进行怎样的组合,都无法获得高于无风险的利润,而无风险的投资所获得的收益就是无风险利率。假设一位投资者手中持有一份短期零息国债准备在 3 个月后出售,现价为 S_0 。为防止日后价格下跌,他签订一份远期合约,同意 3 个月以后以 F 的价格出售国债,根据无套利原则, $F = S_0 \times (1+r_f)^T$ 。现在看一下他在这 3 个月中的收益状况。合约到期时,他收到 F ,起初资产的价值为 S_0 ,所以总收益为 $F - S_0$,3 个月的收益率为:

$$\frac{F - S_0}{S_0} = \frac{F}{S_0} - 1 = (1 + r_f)^T - 1。 \quad (2-2)$$

将这一收益率转换为以年为单位：

$$[(1 + r_f)^T - 1 + 1]^{1/T} - 1 = r_f。 \quad (2-3)$$

由此可见，该远期合约的年收益率就是无风险利率。

2.3.2 远期合约价值

2.3.2.1 远期合约价值的确定

远期价格是 $t=0$ 时使远期合约价值为零的价格，在合约开始后不会再变化。但在合约开始后，随着标的资产现货价格的变化，远期合约的价值也会发生变化，对合约双方产生正的或负的价值。运用资产复制的方法和无套利的基本思想，可以比较简单地理解远期合约价值是如何确定的。

考虑两个资产组合：

组合 A：一个远期合约多头、一笔金额为 $F \times (1 + r_f)^{-T}$ 的现金；

组合 B：一个单位的标的资产。

表 2-1 组合 A 的资产价值

组合 A	资产价值		
	$t=0$	$t=T$	t
远期多头	0	$S_T - F$	V_t
现金	$F \times (1 + r_f)^{-T}$	F	$F \times (1 + r_f)^{-T+t}$
合计	$F \times (1 + r_f)^{-T}$	S_T	$V_t + F \times (1 + r_f)^{T-t}$

表 2-2 组合 B 的资产价值

组合 B	资产价值		
	$t=0$	$t=T$	t
标的资产多头	$S_0 = F \times (1 + r_f)^{-T}$	S_T	S_t

当 $t=0$ 时，组合 A 的价值为远期合约的价值加上现金，由于此时远期合约价值为零，所以组合 A 的价值为 $F \times (1 + r_f)^{-T}$ 。组合 B 的价值为标的资产的现货价格 $S_0 - F$ 。因为 $F = S_0 \times (1 + r_f)^T$ ，所以两个组合的价值相同。

当 $t=T$ 时，组合 A 中远期合约到期，将以 F 的价格买入标的资产，同时现金以无风险利率投资，在 T 时可以获得 F 的收益。因此，在时刻 T 时，组合 A 得到的是一单位标的资

产,这与组合 B 是相同的。在 $t=0$ 和 $t=T$ 时两组合价值相等,因此在 0 时刻和 T 时刻之间,两个组合的价值也应该相等,否则投资者就可以通过购买相对便宜的组合出售相对昂贵的组合来获得无风险利润。

用 V_t 表示 t 时刻远期合约多头头寸的价值,因此组合 A 在 t 时刻的价值为:

$$V_t + \frac{F}{(1+r_f)^T} \times (1+r_f)^t = V_t + \frac{F}{(1+r_f)^{T-t}} \quad (2-4)$$

组合 B 在 t 时刻的价值为 S_t ,即标的资产在 t 时刻的现货价格。因为两组合价值相等, $V_t + \frac{F}{(1+r_f)^{T-t}} = S_t$,可以得到远期合约在 t 时刻的价值为:

$$V_t = S_t - \frac{F}{(1+r_f)^{T-t}} \quad (2-5)$$

可以验证一下,当 $t=0$ 时, $V_0 = S_0 - \frac{F}{(1+r_f)^T} = 0$; 当 $t=T$ 时, $V_T = S_T - F$ 。

至于远期合约对空头的价值,只要将 V_t 改变符号就可,因为多头与空头两者的损益和应为零。

还有一种方法可以比较方便地理解在任意时刻远期合约的价值。如图 2-2 所示,先考虑一份远期合约在合约到期时对于多头的价值。此时投资者将以 F 的价格买入标的资产,而该标的资产的现货价格为 S_T ,因此该远期合约对于多头而言具有 $S_T - F$ 的价值,因为正是这份合约使他以 F 的价格购买实际价值为 S_T 的资产。这也就意味着对于空头而言,该远期合约的价值由两部分决定,一个是标的资产的现货价格 S_t ,另一个是 F 在 t 时的现值。可以把 V_t 看成是 V_T 贴现到 t 时的价值,而 S_t 是 S_T 贴现到 t 时的现值, F 在 t 时的现值经过无风险利率的投资可以保证在 T 时刻支付 F 。所以, $V_t = S_t - \frac{F}{(1+r_f)^{T-t}}$ 。(在记忆时,只要知道期末的合约价值为 $V_T = S_T - F$,将减号前后两项分别向前贴现就能得到 V_t 的公式)

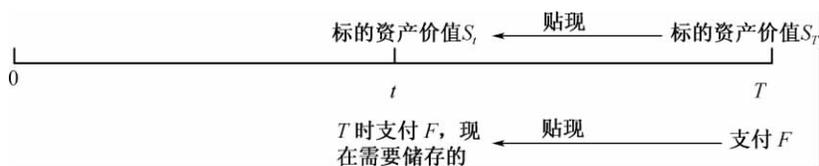


图 2-2 各个时点的资产价值

2.3.2.2 应用

确定远期合约的价值具有重要的意义,这可以表现在几个方面:

首先,投资者需要时刻关注自己合约中头寸的价值,了解自己的资产状况。因此,虽然远期合约并不像期货那样每天“盯市”,但是投资者可以通过对远期合约进行估值来自行“盯市”,当发生比较大的损失时,可以考虑终止头寸(terminate a position)。

其次,远期合约价值可以告诉投资者他所面临的违约风险。当标的资产现货价格上升较多时,空头面临的损失较大,因此多头面临较大的违约风险。为了评估这一风险的大小,投资者可以算出自己头寸的正价值。

最后,对于场外非标准化远期合约(off-market forwards),合约规定的远期价格不能使合约在 $t=0$ 时的价值为零,所以多头或者空头要向另一方支付现金,金额的大小也要通过计算合约价值得到。如果远期合约建立时,由远期价格公式得到的远期价格对多头的价值为负,则空头要向多头支付一定金额;反之,如果远期价格对于多头的价值为正,则多头要向空头支付现金。

例 2-7

一份 90 天的远期合约的标的资产为零息债券,现价为 500 美元,现在合约双方商定的远期价格为 510 美元,无风险利率为 6%。请问远期合约建立时的现金流状况。

答案:通过远期价格公式 $F = S_0 \times (1+r_f)^T$ 可知,无套利机会时的价格应为 $500 \times (1+6\%)^{90/360} = 507.34$ 美元,而现在的远期价格为 510 美元。计算多头的远期合约价值为 $V_0 = S_0 - \frac{F}{(1+r_f)^T} = 500 - \frac{510}{(1+6\%)^{90/360}} = -2.62$ 美元。所以,这份远期合约对多头来说,其价值小于零。即为了使合约对双方价值为零,空头要向多头支付 2.62 美元。

2.3.3 各类远期合约的定价

远期合约定价的基本方法已在 2.3.1 节中揭示了,在该节中考虑的是最简单的不支付收益、无储存成本的证券。现在可以把条件逐步放宽,考察其他各类远期合约的远期价格和合约价值是如何确定的。从本质上讲,他们只是在基本公式的基础上进行适当的修改。

2.3.3.1 远期股票合约的定价

由于股票可能会在合约期限内支付红利,因此要将红利考虑在定价和估值过程中。这里要注意两点:第一,假设红利的发放时间和金额已知或假设红利按照固定的比例发放;第二,只有远期合约期限内发放的红利才影响远期价格和合约价值,在计算时要注意时间点。

调整红利影响的方法有两种:一种是将所有期限内的红利贴现到 $t=0$ 时刻,并从 $t=0$ 时的现货价格中扣除;另一种是计算所有红利在 $t=T$ 时的未来值,然后从远期价格中扣除。即

$$F = (S_0 - PVD) \times (1+r_f)^T, \quad PVD = \sum_1^n \frac{D_i}{(1+r_f)^{t_i}}; \quad (2-6)$$

或者

$$F = [S_0 \times (1+r_f)^T] - FVD, \quad FVD = \sum_1^n D_i \times (1+r_f)^{T-t_i}. \quad (2-7)$$

其中: D_i 表示第 i 次红利大小; t_i 表示从起初算起 t_i 时间分红。

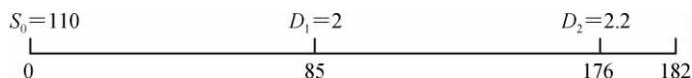
例 2-8

一只股票现价为 110 美元,在第 85 天将支付 2 美元/股红利,在第 176 天支付 2.20 美元红利。假设无风险连续利率为 8%,则期限为 182 天的股票远期合约的无套利价格应为

A. 110.00 美元; B. 114.20 美元; C. 110.20 美元; D. 110.06 美元。

答案:D

通过现金流图,可以比较清楚地看出分红的时间和金额,避免错误。



第一种方法是把所有的分红向前贴现到 $t=0$ 时:

$$S_0 = 110, r_f = 8\%, D_1 = 2, t_1 = 85, D_2 = 2.2, t_2 = 176, T = 182,$$

$$PVD = 2/(1+8\%)^{85/365} + 2.2/(1+8\%)^{176/365} = 4.08,$$

$$F = (S_0 - PVD) \times (1+r_f)^T = (110 - 4.08) \times (1+8\%)^{182/365} = 110.06。$$

第二种方法是算出所有的分红在 $t=T$ 时的未来值:

$$T - t_1 = 182 - 85 = 97, T - t_2 = 182 - 176 = 6,$$

$$FVD = 2 \times (1+8\%)^{97/365} + 2.2 \times (1+8\%)^{6/365} = 4.24,$$

$$F = [S_0 \times (1+r_f)^T] - FVD = [110 \times (1+8\%)^{182/365}] - 4.24 = 110.06。$$

要注意的是,习惯上在远期股票合约的一年天数为 365 天,如果题目中给出的时间按月份给出,就用 $1/12$ 表示 1 个月。

如果标的资产是一种股票指数,由于股票指数包含几百只股票,一只股票分红就意味着股指分红,而每只股票分红时间不同,将指数中每只股票的每次分红都贴现会很麻烦,因此可以假设该指数以 δ^c 的速度连续分红。这种简化的方法可以近似地估算分红的股指远期价格。

由于分红被假设为连续支付,那么相应地,利息的支付也是连续的,所以远期股票价格的公式为:

$$F = (S_0 e^{-\delta^c T}) e^{r^c T} = S_0 e^{(r^c - \delta^c) T}。 \quad (2-8)$$

其中: $r^c = \ln(1+r_f)$ 为连续复利的无风险利率; δ^c 为连续复利的红利收益率。

例 2-9

标准普尔 500 指数目前位于 1 200 美元的水平。连续复合无风险利率为 5%,连续红利率为 3.5%。计算 180 天股指远期合约的无套利价格。

答案: $S_0 = 1\,200, r^c = 5\%, \delta^c = 3.5\%, T = 180,$

$$F = S_0 e^{-\delta^c T} e^{r^c T} = S_0 e^{(r^c - \delta^c) T} = 1\,200 \times e^{(5\% - 3.5\%) \times 180/365} = 1\,208.91 (\text{美元})。$$

在计算分红股票的远期合约价值时,对红利的调整与上面的方法类似,将红利向前贴现。如果求 t 时刻的合约价值,就将 t 时刻到 T 时刻之间的分红全部贴现到 t 时刻,注意不

要将 $t=0$ 到 t 时刻之间内的红利计算在内。

T 时刻远期股票合约对多头的价值为：

$$V_t = S_t - PVD_t - \frac{F}{(1+r_f)^{T-t}} \quad (2-9)$$

如果红利是连续发放的,则 $V_t = \frac{S_t}{e^{\delta(T-t)}} - \frac{F}{e^{r(T-t)}}$, 其中, δ 表示连续红利率。

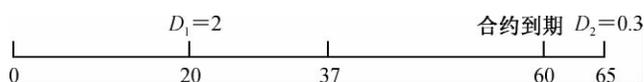
例 2-10

一只股票现价为 30 美元, 预计在第 20 天和第 65 天将分别支付 0.3 美元红利。无风险利率为 5%。远期股票合约期限为 60 天。在第 37 天时, 股票价格为 21 美元, 则远期合约的价值为

- A. 对多头价值为 + \$8.85; B. 对空头价值为 + \$8.85;
C. 对多头价值为 + \$9.00; D. 对空头价值为 + \$9.00。

答案: B

现金流如下图所示。



首先计算 $t=0$ 时的远期价格 F 。由于第二次分红在合约到期之后, 所以不需要计算在内。

$$PVD = 0.3 / (1 + 5\%)^{20/365} = 0.2992,$$

$$F = (30 - 0.2992) \times (1 + 5\%)^{60/365} = 29.94。$$

然后计算 $t=37$ 时的合约价值。注意到第 37 天到第 60 天之间没有再分红过, 所以 $PVD_{37} = 0$, $F_t = 60 - 37 = 23$,

$$V_{37} = 21 - 0 - 29.94 / (1 + 5\%)^{23/365} = -8.85。$$

这个 V_{37} 是多头的合约价值, 所以对于空头来说, 合约价值为 + \$8.85。

2.3.3.2 外汇远期的定价

外汇远期的定价同样运用无套利的思想, 在国际经济学中, 这被称作“利率平价原理”(interest rate parity), 也就是说, 同样的 1 美元, 在美国投资与在法国投资所得到的收益如果折换成同一种货币应该是一样的。

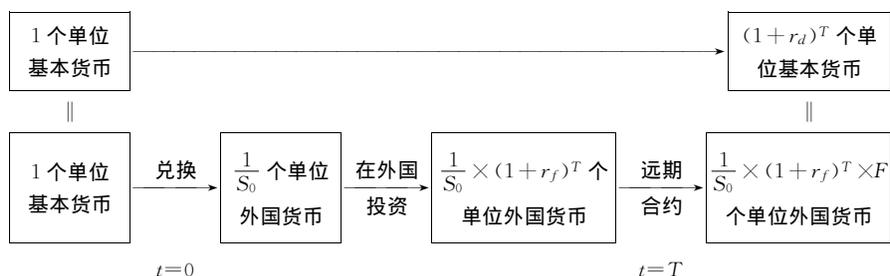


图 2-3 利率平价原理

如图 2-3 所示,假设一位投资者手头有 1 美元, T 时间后可得到 $(1+r_d)^T$ 美元, r_d 为美国的无风险利率。与此同时,他准备将另一美元投资到法国,为了规避汇率风险,他建立了一份外汇远期合约,同意在 T 期限后以 F 美元/欧元的价格将欧元兑换成美元。在 $t=0$ 时,先将 1 美元兑换成 $1/S_0$ 欧元, S_0 是 $t=0$ 时两种货币的汇率(单位为美元/欧元)。经过 T 期限的投资可得到 $\frac{1}{S_0} \times (1+r_f)^T$, 同时按照外汇远期合约兑换成美元,可以得到 $\frac{1}{S_0} \times (1+r_f)^T \times F$ 。根据无套利原则,两国投资后的收益应该相等,所以 $(1+r_d)^T = \frac{1}{S_0} \times (1+r_f)^T \times F$, 整理可得:

$$F = S_0 \times \left[\frac{(1+r_d)^T}{(1+r_f)^T} \right] \quad (2-10)$$

其中: r_d 表示本国的无风险利率; r_f 表示外国的无风险利率。

在外汇远期合约中最应该注意的是汇率是如何报价的,如果没有注意直接报价和间接报价的区别,很可能发生颠倒的错误。在(2-10)式的推导中,所取的汇率都是用间接报价法,即每单位外币表示的本币数量。一个比较简单的记忆方法是 F 的单位为美元/欧元,所以在等式右边,美元利率在上,欧元利率在下,即 $F\left(\frac{d}{f}\right) = S_0\left(\frac{d}{f}\right) \times \left[\frac{(1+r_d)^T}{(1+r_f)^T}\right]$, 这样只要保持上下对应就行了。

例 2-11

一家英国公司预计将在 60 天内收到一笔货款。由于货款是以欧元支付的,所以该公司要对冲可能的欧元对英镑贬值的汇率风险。英国的无风险利率为 3%, 欧洲的无风险利率为 4%。当前的汇率为 0.923 EUR/BGP。计算该公司应该买入或卖出多少 60 天欧元远期合约。

头寸方向	远期价格
A. 多头	0.921 5
B. 空头	0.921 5
C. 多头	0.924 4
D. 空头	0.924 4

答案:D

因为该外汇远期合约是以欧元标价的,而该公司要在 60 天后售出欧元,所以应该选择空头。

$$\text{远期价格 } F = S_0 \times \left[\frac{(1+r_d)^T}{(1+r_f)^T} \right] = 0.923 0 \times \left[\frac{(1+4\%)^{60/360}}{(1+3\%)^{60/360}} \right] = 0.924 4。$$

如果无风险利率采用连续复利的方式进行计算,则要将上述公式稍作修改: $(1+r_d)^T$ 改作 $e^{r_d^c T}$, $r_d^c = \ln(1+r_d)$; $(1+r_f)^T$ 改作 $e^{r_f^c T}$, $r_f^c = \ln(1+r_f)$ 。所以连续复利条件下的远期价格为:

$$F = S_0 e^{-r_f^c T} e^{r_d^c T} = S_0 e^{(r_d^c - r_f^c) T} \quad (2-11)$$

仔细看一下(2-11)式,可以发现它和远期股票合约中连续复利情况下的远期价格公式相似,只是在远期股票合约中是红利收益率 δ^c 而不是 r_f^c 。尽管股票红利的发放形式与外汇

投资的利息支付并不相同,但是可以近似地认为“红利收益率”就是外汇的无风险利率。

现在考虑一下外汇远期合约的价值问题。在远期价格公式的推导中,我们发现外汇远期和股票远期有相似之处。利用这一点,可以推导出外汇远期合约的价值。

远期股票合约价值的公式是:

$$V_t = S_t - PVD_t - \frac{F}{(1+r_f)^{T-t}} \quad (2-12)$$

在外汇远期合约公式中, PVD_t 这一项没有了,但是 S_t 要用外币无风险利率进行折现。

$$V_t = \frac{S_t}{(1+r_f)^{T-t}} - \frac{F}{(1+r_d)^{T-t}} \quad (2-13)$$

在连续复利情况下:

$$V_t = \frac{S_t}{e^{r_f(T-t)}} - \frac{F}{e^{r_d(T-t)}} \quad (2-14)$$

例 2-12

考虑一份基于墨西哥比索的远期合约,面值为 100 万,远期价格为 0.082 54 USD/Peso。在到期日之前 60 天,美国的无风险利率为 5%,而墨西哥的无风险利率为 6%,此时的汇率为 0.082 11 USD/Peso。该合约多头的价值最接近

- A. -553 美元; B. 553 美元; C. -297 美元; D. 297 美元。

答案:A

题目中的汇率都是间接标价的,所以可以直接套用公式: $V_t = \frac{S_t}{(1+r_f)^{T-t}} - \frac{F}{(1+r_d)^{T-t}}$ 。

$$V_{60} = 0.082\ 11/1.06^{60/365} - 0.082\ 54/1.05^{60/365} = -0.000\ 553\ 02\ \text{USD/Peso}。$$

该合约的面值为 100 万 Peso,所以合约价值为 $-0.000\ 553\ 02 \times 1\ 000\ 000 = -\553.02 。

2.4 远期市场

2.4.1 远期市场参与者

远期市场主要有两类参与者:最终使用者(end user)和交易商(dealer)。

最终使用者主要有公司和非营利组织,有些政府或中央银行也会参与到远期市场中。通常情况下,最终使用者都面临着金融风险的管理问题,为了降低或消除资产价格波动的风险,就通过交易商建立远期合约来对冲风险。

交易商通常为银行或者非银行金融机构,如高盛、美林等。当最终使用者向交易商提出建立远期合约的要求时,交易商就会进入该合约相反方向的头寸,并报出买卖价格。买价是交易商做多头所愿意支付的价格,而卖价是交易商做空头所愿意收到的价格。合约建立后,最终使用者的风险被转嫁给了交易商。但是,交易商实际上并不愿意承担这种风险暴露,所

以他会寻求另一个最终使用者或另一个交易商来抵消这一风险暴露。从这个意义上来说,交易商就像是风险的批发商,买入又卖出,并从买价和卖价之间的差价中盈利。

2.4.2 远期市场的特点和功能

远期合约最大的一个特点就是非标准化,每一份合约都是为最终使用者“度身定做”的。这一特点有两重性:一方面,由于每份合约都不一样,所以远期合约的转手非常不方便,也就不能发展出活跃的二级市场,远期合约的流动性非常差;另一方面,当现有的衍生产品不能满足客户的特定需要时,就可以通过远期合约来实现目标。

远期合约是理解和建立互换合约与期货合约的基础。远期合约在许多方面和期货合约相似,而互换合约是一系列远期合约的组合。在实践中,远期市场的发展比不上期货市场和互换市场,但是远期合约在理解上述两个市场时有重要的作用。



第 3 章 期货市场和期货合约

3.1 期货合约

期货(futures)合约是衍生品市场中最为重要的一类产品,自 19 世纪期货产品产生以来,期货市场得到了长足的发展。通过本章的学习,你会发现在许多方面期货合约和远期合约非常相似;但是对于它们之间的差别尤其需要加以重视并予以掌握。同时,还要特别注意期货交易中的一些特殊规定。

3.1.1 期货合约与远期合约的比较

期货合约是合约双方达成的同意在将来某个时刻以某个特定价格购买或出售某项标的资产的标准化的协议。这个定义和远期合约的定义非常相似,所以有人说期货合约是在交易所内交易的标准化的远期合约。关于“标的资产”、“多头”、“空头”、“交割价格”等基本概念,两者都一样。

但是远期合约和期货合约存在以下几点不同:

- 1) 期货合约是在有组织的交易所内进行公开交易(public transaction);但远期合约是私人合约(private contract),不在交易所中进行交易。
- 2) 期货合约高度标准化,期货交易所规定了每份期货合约的标的资产、合约规模、交割

时间和方式等；而远期合约是由合约双方商定的，合约条款取决于两人的谈判能力。

3) 期货合约中，结算所是每一份期货合约的交易对家，每位投资者的买入或卖出实质上是与结算所进行的，所以没有违约风险；而远期合约是双方的协议，整个过程中没有第三方，存在着违约风险。

4) 期货市场受到政府严格的法律管制；但远期市场不受任何管制。

5) 期货合约建立时，合约的任何一方都要缴纳初始保证金(initial margin)，所以有现金的流出；但是远期合约在建立时不需要支付现金(除了 off-market 远期合约外)。

6) 在期货合约的合约期限内，每天都要对损益进行结算，并影响保证金账户的余额，这被称为盯市；而远期合约没有盯市的要求。

3.1.2 期货合约的特性

期货合约的一大特点是标准化的合约条款。期货交易所详细规定了交割的资产、合约的规模、报价方式、交割时间和地点，等等。这种标准化的特性使得期货合约可以被更多的交易者接受，所以更容易在二级市场上进行交易。与远期合约相比，期货合约的流动性更强。这种流动性使得投机者能够方便地在期货合约到期之前进行平仓，从而充分利用标的资产的价格波动来盈利。

一份期货合约通常会规定以下条款：

1) 标的资产

当标的资产为商品时，交易所会对商品的品质和等级做出具体的规定。有些时候，一定等级范围内的商品都可以用来交割，但是会根据等级的差别在价格上进行适当的调整。譬如玉米期货合约中有三种玉米等级可用于交割，但是只有 2 号玉米可以按合约价格交易，1 号和 3 号要对价格进行上下调整。

当标的资产为金融资产时，要视具体的标的资产而定。比如对于外汇期货，欧元就是欧元，没有什么等级差别。但是对于长期国债期货合约，交易所会规定期限为 15 年以上的长期国债或者 15 年内不可赎回的长期国债都可以作为可选择被交割的标的资产。符合这种规定的标的资产会有很多，在交割时空头有权利选择交割哪种国债。

2) 合约规模(contract size)

合约规模是指每份期货合约所指定的交割的资产数量。不同种类的合约规模都不尽相同，譬如玉米期货的合约规模为 5 000 蒲式耳，而欧洲美元期货的规模为 1 000 000 美元。

3) 最小价格变动(tick size)

最小价格波动是指合约价格上下波动时的最小单位。玉米期货合约中最小价格变动为 1/4 美分/蒲式耳，由于合约的规模为 5 000 蒲式耳，该份合约的价值变动就为 12.5 美元($0.0025 \times 5000 = 12.5$)，也就是说该合约的价格变动必须是 12.5 的整数倍。对于期限为 90 天、合约规模为 1 000 000 美元的欧洲美元期货合约，根据到期日不同的合约而规定有不同的价格变动，即将到期的合约最小波动为 0.01 点。通常也将 0.01% 称为一个基点(basis point)，所以一个基点代表的合约价值是 25 美元($1000000 \times 0.01\% \times 90/360 = 25$)。

4) 报价方式(price quote)

商品期货的报价比较简单,一般以商品价格的美元数来进行报价。金融期货的报价视标的资产的不同而有所差异。以长期国债期货为例,报价以美元和 $1/32$ 美元的倍数来进行报价。譬如, $103 - 21/32$ 的报价相当于 $103 + 21/32 = 103.65625$ 美元,如果合约规模为1 000 000美元,则债券真正的价格就等于1 036 562.5美元。

5) 交割时间和地点

虽然许多期货市场交易者在合约到期前通常会选择平仓,但是有些套期保值者还是会进行交割。对于一份期货合约,交易所会指定哪些月份是可以进行交割的,譬如玉米期货的交割月有5个月:3月,5月,7月,9月,12月。在交割月中还会指定哪些天是可以进行交割的,比如交割月的第三个星期。对于商品期货的交割地点也会有规定,并根据交割地点的不同对价格进行调整。对于金融期货,一般采用账面上交割的方式,不进行实地交割。最后交割日是交割的最后一天,因为通常真正的交割发生在合约到期以后。

3.1.3 交易方式

期货合约在期货交易所内进行,所以在交易方式上有许多特别的规定。这些规定有利于促进期货市场的发展,同时也对期货合约的定价产生了一定影响。

3.1.3.1 保证金和盯市

“保证金”(margin)是期货合约投资者在交易所保证金账户中存入的一笔资金,就其本质来说,是对未来将执行交易的一种保证、一项抵押。

对于多头而言,他要在合约到期时买入标的资产,所以在合约建立时他交给交易所一笔资金作为一种承诺的保证;对于空头而言,这是对他日后将卖出资产的一种保证。有了这笔保证金,交易所可以减少违约风险。

在合约建立时,投资者存入保证金账户中的资金称为初始保证金(initial margin)。初始保证金的大小由期货交易所根据历史价格的波动率决定,保证金相对于期货合约的价格来说通常很低,这也导致了期货投资的杠杆率很高。

期货交易所内的结算所(clearing house)在每天交易结束后都将进行结算,确定每位投资者的损益,调整每个保证金账户,这一过程称为盯市(mark to market)。如果期货合约的价格变化使得投资者亏损,则要从他的保证金账户中扣除这部分损失,因此他的账户内的资金将减少。当保证金账户中的资金下降到一定水平时,结算所会向投资者发出保证金催讨通知(margin call),要求投资者向账户中追加资金。诱发保证金催讨通知的资金水平被称为维持保证金(maintenance call),通常其数量小于初始保证金。结算所要求投资者迅速补充保证金账户中的资金使其达到初始保证金的水平。这一追加的保证金也有一个专用术语:变动保证金(variation margin)。如果期货合约的价格变化使得投资者盈利,则他的保证金账户中的资金将上升。投资者可以将账户内超过维持保证金的资金提出,也可以留在账户中作为其他新的期货合约的初始保证金。

结算所每日盯市时所采用的期货合约价格称为结算价格(settlement price),这是在交易日结

束前一段短时间内成交的几份期货合约的平均价格。之所以采用平均价格而不是收盘价,是因为收盘价仅是一笔交易的价格,容易被操纵,而平均价格可以避免这种可能。但是如果投资者选择提前平仓,那么在平仓当天盯市所使用的价格就不再是结算价格,而是平仓时的交易价格。

在股票市场上也有保证金的概念,但是这两个市场上的保证金并不相同。具体的区别如表 3-1 所示。

表 3-1 期货市场保证金和股票市场保证金的区别

	期货市场保证金	股票市场保证金
性质	保证金是对将来交易承诺的一种保证(performance guarantee)	保证金相当于向经纪人借款,因此在交易结束以后要支付利息
支付对象	向结算所支付保证金	支付给股票出售者
保证金大小	由交易所根据历史波动率决定,初始保证金的数额较小,一般等于日价格波动	由美联储决定,初始保证金一般为股票价格的 50%,而维持保证金一般为 20%~30% 的股份;但有时交易所会要求更多
补充保证金	补充保证金要达到初始保证金的水平	补充保证金达到维持保持金的水平
盯市	通常每日进行,但在特殊时期内,结算所会要求在一天内进行超过一次的盯市,或者不等到市场交易结束就进行结算;使用结算价格进行结算	每天进行,使用收盘价进行结算

下面举一个盯市的实例来说明这一过程。这里计算的是一份期货合约的结算情况,在实践中,买卖的不会只有一份合约,所以不要忘记将结果乘以合约份数。

例 3-1

期货合约的多头,7月3日时的期货价格=100,初始保证金=5,维持保证金=3。假设该投资者从不提取多余的保证金。

日期	结算价格	每日盈亏	累计盈亏	保证金账户余额	保证金催讨
7月3日				5.0	
7月4日	99.2	-0.8	-0.8	4.2	0
7月5日	96.0	-3.2	-4.0	1.0	4.0
7月6日	99.0	3.0	-1.0	8.0	0
7月7日	96.5	-2.5	-3.5	4.5	0
7月10日	95.0	-1.5	-5.0	3.0	0
7月11日	94.5	-0.5	-5.5	2.5	2.5
7月12日	91.2	-3.3	-8.8	1.7	3.3
7月13日	92.7	1.5	-7.3	3.2	0

7月4日期货价格下跌了0.8,所以保证金账户资金减少0.8,此时的保证金余额超过3,所以没有保证金催讨;7月5日,期货价格又下跌了3.2,使得保证金账户余额仅为1,低于维持保证金的水平,所以收到了保证金催讨通知,要求其追加保证金4;7月6日伊始,保证金账户资金增至初始保证金的水平5,同时期货价格上涨了3,所以当日的保证金账户为 $5+3=8$;到了7月11日,价格下跌使得结算所再次发出保证金催讨通知,追加资金2.5后,保证金账户恢复到5;但是7月12日价格进一步下跌,使得追加后的保证金5又损失了3.3,再次低于3,不得不再追加3.3。

3.1.3.2 价格上下限

期货交易所会对某些期货合约一天内的价格变化做出限制,这被称为价格限额(price limit)。这些限额通常以价格的绝对变化值表示,譬如,原油期货的每日价格变动限额为1美元。也就是说,假设昨天原油期货的结算价格为5美元,那么今天原油期货的价格不能超过6美元($5+1=6$),也不能低于4美元($5-1=4$)。任何超过这一限额的交易都不能发生。

如果今天原油期货的交易价格为6.2美元($5+1.2=6.2$),也就是超过了价格限额,那么市场上期货价格就会冻结在6美元($5+1=6$),这被称为价格波动限制(limit move)。6美元是这份合约的涨停板(limit up),而4美元是这份合约的跌停板(limit down)。如果因为价格超过限额而不能进行交易,这种情况被称为锁定限额(locked limit)。这天交易结束后,除非期货价格反弹回涨停板和跌停板之间,否则当日的结算价格就是这两个限额之一。第二天,根据前一天的结算价格又会产生新的价格限额。

有时,交易所针对期货价格限额会制定不同的规定来扩大或缩小价格限额的数值。这些措施不仅是为了防止期货价格的过度波动,也是为了防止价格波动太小而导致的市场不活跃。

3.1.3.3 平仓

平仓(close out a position)就是做一个与原先合约中的头寸相反的头寸。譬如,在1月1日买入一份股指期货,但在2月14日又卖出一份完全一样的股指期货。这时,交易所会认为该投资者的两份合约相互抵消(offset),头寸净值就为零。这和远期合约中的终止头寸(terminate a position)差不多,但是期货合约中投资者直接和结算所(clearing house)进行交易,而不是直接面对合约中的另一方,这样违约风险就不存在了。

平仓所用的第二份合约和原先的合约在价格上很可能不一致,因此平仓意味着投资者锁定了盈利或损失,规避了价格波动的风险。在平仓时,两份合约的价格差所导致的盈利或损失将会反映到保证金账户上。

在期货市场上,绝大多数期货合约都是以平仓的方式结束的,很少有实际交割发生。不过,理解交割仍然非常重要,因为在定价公式的推导中都是假定期货最终是交割的。

3.1.3.4 交割

期货合约的交割主要分为实物交割和现金结算两种,这和远期合约没什么差别。但是,交易所有时会对交割时刻、交割地点或交割内容给出几种可能的选择权(delivery option),这时只有空头可以进行选择。在交割之前,空头会向交易所提交交割意向通知书(notice of intention to deliver)。交易所在众多的多头中选择一个接受交割,这个多头往往是持有合约最久的交易者(holder of the oldest long contract)。

在商品期货合约的实物交割中,空头往往可以在多个交割地点中进行选择。由于运输成本的不同,当空头选择某个地点时,可能会对期货合约的价格进行调整。譬如,在CBOT交易的玉米期货合约中,交割的地点可以是芝加哥、Burns、Toledo或圣路易斯。在圣路易斯交割的价款要按在芝加哥交割的期货合约的价格进行调整,每蒲式耳折扣4美分。

在金融期货合约中,空头有时有权利在一系列的标的资产中选择一种作为最终交割的

资产。譬如,对于长期国债期货合约,满足交割条件的国债有很多种,因此习惯上空头会选择最便宜的交割债券(cheapest-to-deliver bond)。(具体请见利率衍生品章节的介绍)

另外,实物交割通常在合约到期日几天之后才进行。商品期货和金融期货的交割方式也会有差异。商品期货的标的资产一般为实物资产,因此交割意味着资产的实际转移(physical transfer);而金融期货的交割通常只是簿记上的变化(book entry),譬如在美联储的电子系统中将债券进行转手。

如果交易所指定某种期货合约的交割方式为现金结算,那么在合约到期时,只能进行现金结算。这一过程与盯市类似,将盈利或损失记在保证金账户之中,从盈亏的角度来说,现金结算和实物交割的最终损益结果应该相同,但是现金结算能节省交易费用。

期货市场上还有另外一种交割方式:期货换现金交易(exchange for physicals, EFP)。通常情况下,实物交割意味着合约的空头与结算所进行结算,将货物送到交割地点,而多头也是与结算所进行结算,将价款交给结算所,并到交割地点收货。EFP是在场外进行的交割,因此也被称为席位外交易(ex-pit transaction),这实际上是一种多头与空头之间的私下交易,两人商定好交割的具体事项,然后通知结算所两人之间的约定。在完成交易比对、清算和首次结算付款且履约保证金被确认后,才能认为交易所接受了EFP交易。正如其名字所反映的,EFP交易中必须有实物交易,即期货合约卖出者必须同时买入实物或实际商品,而期货合约的买入者必须同时卖出实物或实际商品。这一交割方式是联邦法律允许的唯一一种在交易所之外进行的期货交易。

例 3-2

下列哪种期货合约不允许实物交割标的资产?

- A. 股指期货; B. 农产品期货; C. 利率期货; D. 外汇期货。

答案:A

股指期货合约只能采用现金结算的方式,因为对于一份标准普尔 500 指数期货合约,实物交割 500 种股票将是非常困难的。农产品期货、利率期货和外汇期货都可以交割实物,也可以现金结算。

3.1.3.5 头寸限制

头寸限制是指一个期货交易者最多可以持有的合约数量。例如,CBOT 的标准普尔 500 指数期货合约规定的头寸限制为所有合约月份共 20 000 手净多头或空头头寸。这一规定主要目的是为了防止交易者“囤积”合约,从而对市场造成不利影响。譬如,某投机者不断买入同一种期货合约,致使到期时,该期货合约的空头无法在市场上买到期货进行对冲,此时,该投机者就会抬高价格,造成市场波动。

3.1.4 结算所的作用

在前文的介绍中,我们已经涉及到不少关于结算所(clearing house)的作用。在这里再进行一下总结。

期货结算所通常发挥下列几个作用:

- 1) 盯市,每日对账户进行结算;
- 2) 充当每笔交易的交易对家,防范违约风险;
- 3) 允许交易者平仓,即采取相反方向的交易,抵消原有头寸。

3.2 几种主要的期货合约

期货合约大致分为两类:商品期货(commodity futures)和金融期货(financial futures)。商品期货主要涵盖农产品、金属和石油产品;金融期货主要包括股票、债券和外汇。在全球各家期货交易所交易的产品不下百种,但基本上属于这几个大类中。这里介绍的是几种主要的金融期货合约,在学习时要注意他们的标的资产、报价方式和交割方式。

3.2.1 股票指数期货

和股指远期合约相同,股票指数期货的标的资产是股票指数。不过,股指期货含有一个乘数,用于确定合约价值,即:合约价值=股票指数水平×乘数。不同股指合约的乘数和最小价格变动也不相同。

表 3-2 芝加哥商业交易所(CME)交易的几种股指期货

股票指数期货合约	乘数(美元)	最小价格变动(%)	最小变动价值(美元)
S&P 500 指数期货	250	0.10	25
E-mini S&P 500 指数期货	50	0.25	12.5
S&P MidCap 400 指数期货	500	0.05	25
S&P SmallCap 600 指数期货	200	0.05	10
NASDAQ-100 指数期货	100	0.50	5
Russell 2000 指数期货	500	0.05	25
日经 225 指数期货(以美元计数)	5	5	25

表 3-3 在 CME 交易的标准普尔 500 指数期货合约的具体条款

合约规模	250 美元×S&P 500 指数期货价格
交割月份	3月、6月、9月、12月
最小价格变动	0.1 指数点=每合约 25 美元(期货日历差价:0.05 指数点=12.5 美元)
交易时间	公开喊价:上午 8:30—下午 3:15
最后一个交易日	合约月份第三个星期五之前的星期四
头寸限制	所有合约月份共 20 000 手净多头或空头头寸
交割方式	现金结算

许多股指期货都规定了头寸限制,这是为了防止因投资者刻意“囤积”而控制价格。股指期货采用的是现金结算的交割方式,因为交割一揽子股票将是非常麻烦的。另外,在芝加哥期货交易所交易的道琼斯工业指数期货还允许同种商品、同一交割月的期货合约相互替代,这种特性被称为可互换性(fungibility)。

日经 225 指数期货的特殊点:日经 225 指数是用日元衡量的股票组合的价值,但在 CME 交易的日经 225 指数期货是用美元标价的,这一特性影响了日经 225 指数期货的定价。

例 3-3

一位投资者买了 10 份标准普尔 500 指数期货合约。3 月 10 日该期货的结算价格为 997.40 美元,保证金账户的余额为 86 450 美元。3 月 11 日该指数期货的结算价格为 996.20 美元,则当日的保证金账户余额为多少?

答案:标准普尔 500 指数期货合约的乘数为 250。

3 月 11 日投资的收益 $=10 \times 250 \times (996.20 - 997.40) = -3\,000$ (美元),
所以,保证金余额 $=86\,450 - 3\,000 = 83\,450$ (美元)。

3.2.2 外汇期货

外汇期货是最早的金融期货合约,不过外汇期货在交易量上却不如外汇远期,这可能是由于外汇远期可以更好地满足不少企业特定的对外汇套期保值的目的。

在 CME 交易的外汇期货品种繁多,不仅有外汇期货,还有外汇指数期货和外汇交叉汇率期货。其中涉及的货币种类也很多,主要有澳大利亚元、加拿大元、日元、瑞士法郎、英镑,等等。在 CME 交易的外汇合约的交割月份通常为 3 月、6 月、9 月和 12 月。除了加拿大元、巴西雷阿尔和俄罗斯卢布外,其他合约的最后交易日为交割月的第三个星期三之前的第二个营业日(通常为星期一)。除了巴西雷阿尔和俄罗斯卢布采用现金结算的方式外,其他外汇期货合约的实物交割在交割月的第三个星期三在发钞国家中由票据交换所指定的一家银行中进行。对于场内交易,CME 没有规定价格限制,但是对于电子交易,存在价格浮动限制,主要是根据上笔货币期货价格来决定的。

日元期货的价格和其他合约不太相同,这主要是因为每一美元对应的日元价格太大。日元期货合约的规模为 12 500 000 日元,该期货合约在报价时通常要省去 2 个零。譬如,报价为 0.8115 的价格实际上表示的是 0.008 115,也就是说,合约的美元价值为 101 437.5 美元($12\,500\,000 \times 0.008\,115 = 101\,437.5$)。

另一种关于外汇的期货合约是外汇交叉汇率期货,它反映的是一种非美货币相对于另一种非美货币的价值,譬如澳大利亚元/加拿大元,英镑/日元,欧元/澳大利亚元。它们的交易方式与前面所讲的外汇期货相同,只是在合约规模和最小价格变动上有各自的规定。

例 3-4

在 CBT, 外汇期货的合约规模与报价方式分别为:

合约规模	报价方式
A. 以美元表示	—美元代表的外汇
B. 以外国货币单位表示	—美元代表的外汇
C. 以外国货币单位表示	—单位外国货币代表的美元
D. 以美元表示	—单位外国货币代表的美元

答案:C

CBT 的外汇期货合约规模以外国货币单位表示, 如 125 000 欧元, 而报价则以每单位外国货币代表的美元来表示, 如 0.056 72 美元/比索。

3.3 期货合约的定价

3.3.1 期货价格

在第二章介绍远期合约时, 已经介绍了远期合约的定价。远期价格被定义为使远期合约在建立时对双方价值都为零的交割价格, 而远期合约对多头的价值实际上是多头将收到的支付的现值减去多头将支付的现值。期货价格的定义和远期价格相似, 也是使期货合约价值为零的价格, 不过期货合约和远期合约不同的交易方式影响了他们的定价。

3.3.1.1 期货价格和现货价格的收敛

决定期货价格的最重要因素是现货价格, 现货价格始终制约着期货价格的波动, 而且在合约到期时, 两者的价格将趋于一致。

通常情况下, 用基差(basis)来描述期货价格和现货价格之间的关系。

$$\text{基差} = \text{期货价格} - \text{现货价格}。$$

在任意时刻, 对应于一种期货合约, 就会有一个相应的基差。当期货价格高于现货价格时, 基差大于零, 如图 3-1; 当期货价格低于现货价格时, 基差小于零, 如图 3-2。

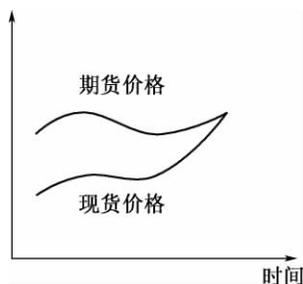


图 3-1 基差大于零

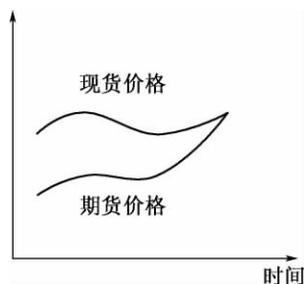


图 3-2 基差小于零

随着期货合约到期日的临近,期货价格将与现货价格逐步收敛,基差会逐渐缩小。当期货到期交割时,理论上基差应为零,但是由于运输费用和其他可能费用的影响,期货价格不一定等于现货价格,而是与其非常接近。期货价格之所以会收敛于现货价格,可以从套利的角度来理解。

假设到期时期货价格高于现货价格,那么可以通过卖空期货合约、买入资产来进行套利。如果期货价格低于现货价格,就可以买入期货合约、卖出资产。在有效市场中,如果这样的套利机会存在,市场交易者就会立刻进行无风险的套利交易,因此最终期货价格趋近于现货价格。

另外,不同的期货合约还会呈现出不同的价格模式。当期货的价格随着到期期限的增加而增加时,该市场被称为正常市场(normal market)。反之;如果期货价格随着到期期限的增加而减少,该市场属于逆转市场(inverted market)。有些时候,期货价格时而随着到期期限的增加而增加,时而随着到期期限的增加而减少,这就称为混合型。

3.3.1.2 期货价格和远期价格的关系

期货合约与远期合约有许多相似之处,都是合约双方承诺在今后以某一价格买卖资产的约定,所以直觉上似乎期货价格和远期价格也应该存在一定的联系。

事实上,从套利的角度可以证明:当无风险利率恒定,或利率为一个已知的函数形式时,两个交割日相同的远期合约和期货合约应该有相同的价格。但在现实世界中,利率变化不可知,因此期货价格和远期价格并不相同。

如果不考虑两类产品在信用风险上的区别,仅仅考虑两者在盯市上的差别对期货价格造成的影响。“盯市”意味着每一天头寸的盈亏都将记录在保证金账户上。如果当天价格波动导致头寸盈利,那么超过维持保证金的部分就可以提出来进行再投资;如果当天价格波动导致亏损,那么投资者需要借钱融资,使账户中的金额恢复到以往的水平。所以,投资者是否偏好期货合约取决于两个利率:再投资利率和借款利率。如果再投资利率高,那么每日盯市的期货合约会比远期合约盈利更多;如果借款利率高,那么期货合约盈利就比远期合约少。

更简单地说,影响期货价格的因素是利率和标的资产价格之间的关系。如果标的资产价格与利率正相关,期货价格会比远期价格高。当资产价格上升时,持有期货多头的投资者因每日结算盈利,此时利率也在上涨,所以获得的利润将以高于平均利率水平的利率进行再投资。当资产价格下降时,持有期货多头的投资者因每日结算而亏损,但此时利率随资产价格下降而下降,所以该投资者可以以低于平均利率水平的利率来融资。所以在其他条件相同时,期货多头比远期多头更具吸引力,期货价格要比远期价格高。黄金期货价格就属于这种情况,因为通货膨胀率高时,利率也高,投资者倾向于投资在黄金这类资产上,所以黄金价格上升,黄金和利率的相关关系为正。当标的资产价格与利率负相关时,每日的盈利再投资利率较低,而亏损的借贷成本较高,所以期货价格要比远期价格低。固定收益证券的价格与利率负相关,所以诸如债券期货的价格就比其远期价格低。

表 3-4 期货价格和远期价格的关系

标的资产价格与利率关系	再投资利率与融资利率变化	期货价格与远期价格
标的资产价格与利率正相关	资产价格 ↑ 再投资利率 ↑ 资产价格 ↓ 融资利率 ↓	期货价格 > 远期价格
标的资产价格与利率负相关	资产价格 ↑ 再投资利率 ↓ 资产价格 ↓ 融资利率 ↑	期货价格 < 远期价格

如果合约的期限比较短,如几个月,通常可以认为远期合约价格与期货合约价格之间的理论差异很小,所以可以忽略不计。但是随着期货合约期限的增加,远期合约与期货合约之间的差别有可能比较大,期货价格和远期价格不能完全相互替代。

例 3-5

在没有套利机会的环境下,期货和远期合约价格满足什么条件才会相等?

I. 利率是常量。

II. 利率是非随机的,但随时变化。

III. 利率是随机的,但不为负。

A. I 和 III

B. I, II 和 III

C. I 和 II

D. 只有 I

答案:C

期货和远期合约价格在利率是常量或者确定的时候是等值的。

3.3.2 期货合约价值

期货合约价值的概念和远期合约相同,也是期货多头在当时卖出期货合约所能获得的现金。由于“盯市”的存在以及整个期货市场的存在,期货合约价值的确定比远期合约更容易。考虑一份到期期限为 T 的期货合约,假设在 $t-1$ 和 t 时为交易日,需要进行结算。



图 3-3 合约流程图

那么每个时点的合约价值如表 3-5 所示。

表 3-5 每个时点合约的价值

t	期货合约价值	含 义
$t=0$	$V_0(T) = 0$	期货合约建立时价值对多头和空头的价值都为零
$t=j$	$V_j(T) = f_j(T) - f_{t-1}(T)$	在两个结算日之间的某一时刻,期货合约价值为该时刻期货合约价格减去前一结算日的期货结算价格

(续表)

t	期货合约价值	含 义
$t=t-$	$V_{t-}(T) = f_t(T) - f_{t-1}(T)$	结算日 t 的稍前一刻, 期货合约价值为前一结算日所累积的损失或收益
$t=t+$	$V_{t+}(T) = 0$	结算日 t 的稍后一刻, 盯市确定了投资者损益, 期货合约价值为零
$t=T$	$V_T(T) = S_T$	合约到期日, 期货合约价值等于期货价格等于现货价格

由于期货市场的存在, 这些标准化的期货合约在市场上大多交易活跃, 很容易得到其交易价格, 因此期货合约价值也就比较容易得到。

例 3-6

下列关于期货合约的表述错误的是:

I. 在两个结算日之间某一时刻期货合约的价值等于一个新建立的期货合约的价值与最近的盯市结算价格之间的差;

II. 期货合约的价值在盯市后总是为零;

III. 期货合约的价值等于盯市后账户中的保证金余额;

IV. 期货合约的价值总是大于或等于一个同一时间建立的远期合约。

A. II; B. I 和 II; C. II 和 IV; D. I、II 和 IV。

答案: B

在两个结算日之间的某一时刻, 期货合约的价值等于上一次盯市时的期货价格与当前期货合约价格的差, 而当前期货合约价格等于当前新建立的合约的价格, I 正确。盯市时, 从上一结算日之后的价格变动已经记入了账户中, 所以此时期货合约价值变为零, II 正确, III 不正确。IV 不正确。远期合约的价格在合约建立时就已经确定, 合约期间没有盯市, 所以价格的变动一直累积到合约到期日。所以, 选 B。

3.3.3 无套利定价及期货价格公式

期货合约的定价仍然可以用无套利定价原理予以解决, 这一点与远期合约没什么差别, 但是这里要对期货价格进行更详尽的分析, 讨论一些可能影响其价格的因素。

3.3.3.1 无套利定价

对于期货合约, 也有正向套利(cash and carry arbitrage)和反向套利(reverse cash and carry arbitrage), 这和远期合约是相同的。具体的套利方法可以参考本书第 2 章中的描述。

运用无套利定价原理, 可以很容易地得到期货合约的定价公式, 从形式上来说, 这和远期合约是一样的。考虑最简单的无收益证券的期货价格应为:

$$F = S_0 \times (1 + r_f)^T. \quad (3-1)$$

其中： t 为时间，以 $t=0$ 表示期货合约建立日，以 $t=T$ 表示期货合约到期日； F 为期货价格(futures price)； S_0 为合约签订时($t=0$)标的资产的现货价格(spot price)； r_f 为无风险利率； T 为远期合约的期限。

例 3-7

假定某项美元资产不能给持有者带来现金收入，投资者可以按无风险利率 r 借款，这项资产在 T 时刻的远期价格 F 和在 t 时刻的即期价格 S 是相关的。如果投资者注意到 $F > S \times e^{r \times (T-t)}$ ，那么投资者可以通过下列哪种方式盈利

- A. 以 r 利率借款 S 美元，期限为 $T-t$ ，购买资产，做空远期合约；
- B. 以 r 利率借款 S 美元，期限为 $T-t$ ，购买资产，做多远期合约；
- C. 卖空资产，以 r 利率投资 S 美元，期限为 $T-t$ ，做空远期合约；
- D. 卖空资产，以 r 利率投资 S 美元，期限为 $T-t$ ，做多远期合约。

答案：A

如果远期价格超过即期价格的远期价值，那么可以这样套利：借款购买资产，做空远期合约，在交割日作为期货的空头交割资产，他收到的现金将超过借款的成本。

3.3.3.2 影响期货价格的因素

在知道了期货价格的一般公式以后，可以进一步考虑其他一些可能影响期货价格的因素：储存成本(storage cost)、现金流(cash flows)和便利收益(convenient yield)。

首先考虑储存成本，这主要发生在商品期货上。譬如，农产品可能会在合约到期前因遭遇日晒雨淋虫害而发生损失。所以，对于某些标的资产，储藏所发生的成本或者为防损而缴纳的保险费都属于该期货的储存成本。而金融资产由于通常只在账面上记录，所以不会产生储存成本。

在远期合约中，曾经提到过股票远期的价格计算。因为红利是正收益，分红证券的价格是从远期价格中扣去红利的未来值。这里，不妨将储存成本看成是负收益，所以储存成本应该加到期货价格中去。从逻辑上来说，因为有储存成本的存在，给持有资产的期货空头带来了成本，所以要在期货价格上给予补偿。储存成本应该与标的资产的数量和储存时间有关。假设在期货合约建立时，储存费用就是已知的。不过在计算时，采用的是合约到期时的储存成本。用 SC 表示储存成本，则期货价格为：

$$F = S_0 \times (1 + r_f)^T + FV(SC)。 \quad (3-2)$$

其中： $FV(SC)$ 是合约期间发生的储存成本在合约到期日的未来值。

例 3-8

考虑一项资产，其售价为 100 美元。无风险利率为 6%。该资产的期货合约将在 60 天内到期。分别计算存在或不存在储存成本 5 美元(期末值)时的期货价格。

答案：如果不存在储存成本，则期货价格 $F = S_0 \times (1 + r_f)^T = 100 \times (1 + 6\%)^{60/365} = 100.96$ (美元)；

如果存在储存成本，则期货价格 $F = S_0 \times (1 + r_f)^T + FV(SC) = 100 \times (1 + 6\%)^{60/365} + 5 = 105.96$ (美元)。

在远期合约的定价中,我们讨论了分发红利的股票和付息债券的远期价格是如何进行调整的:合约期间的现金收入都从远期价格中减去。类似的,如果期货合约的标的资产在合约期间也产生了现金流,那么这些现金流的未来值必须在期货价格中扣除。可以这样来理解:如果期货多头没有签订期货合约,那么他就能拥有在合约期间产生的现金流,但是期货合约的签订使得这些现金流不再属于他,所以应该在价格上给予补偿,他可以到期时收到的资产少付一些价格。因此,含有现金流的资产的期货价格为:

$$F = S_0 \times (1 + r_f)^T - FV(CF)。 \quad (3-3)$$

其中: $FV(CF)$ 为所有现金流在合约到期日的未来值。

例 3-9

如果上一例题中的标的资产没有储存成本,而且在合约期间内将有 1 美元现金流入,计算此时的期货价格。

答案:当存在现金收入时, $F = S_0 \times (1 + r_f)^T - FV(CF) = 100 \times (1 + 6\%)^{60/365} - 1 = 99.96(\text{美元})$ 。

便利收益是指非货币形式的收益。一些供应量较少,生产过程具有季节性和高风险特征的资产,通常被认为具有非货币收益。相比持有期货合约而言,持有实物可以在需要货物时及时使用(例如要扩大产能时),因而其本身的收益更高,就产生了便利收益。

对于标的资产具有便利收益的期货合约,合约价格为:

$$F = S_0 \times (1 + r_f)^T + FV(SC) - FV(CY)。 \quad (3-4)$$

其中: $FV(SC)$ 为储存成本在到期日的未来值; $FV(CY)$ 为便利收益在到期日的未来值。通常,我们把 $FV(SC) - FV(CY)$ 称为持有成本(cost of carry),这样式(3-4)也被称为持有成本模型(cost-of-carry model)。这一模型可以这样理解:期货价格等于现货价格加上持有现货至期货到期日的净成本。

例 3-10

如果上一例题中的标的资产在合约期间产生了总的净成本为 3.5 美元,则期货合约价格为多少?

答案: $F = S_0 \times (1 + r_f)^T + FV(SC) - FV(CY) = 100 \times (1 + 6\%)^{60/365} + 3.5 = 104.46(\text{美元})$ 。

简单地说,期货合约的价格就等于 $F = S_0 \times (1 + r_f)^T$ 加上成本再减去收益。

3.3.3.3 现货溢价与期货溢价

前文提到,期货价格和现货价格在到期日收敛,但是在到期日之前,期货价格和现货价格之间的关系是不确定的。如果期货价格高于现货价格,这一状态称为期货溢价(contango);如果期货价格低于现货价格,则称为现货溢价(或期货折价)(backwardation)。通常情况下,储存成本和期货有效期内的利息收入比便利收益要高,所以期货溢价更为常见。

期货价格和预期即期价格也存在一定关系。当标的资产未来的价格不确定时,就产生了风险溢价,从而导致预期即期价格与即期价格之间不相等。根据预期收益率的概念,可以得到 $E_t(S_T) = S_0(1+y)^{T-t}$,其中, $E_t(S_T)$ 表示现在 t 时刻市场上预期的该标的资产在 T 时刻的价格; y 表示该资产的收益率。再由期货价格的公式,可以得到 $F_t = S_0(1+r_f)^{T-t}$,其

中, r_f 表示无风险收益率。由此可见, 期货价格和预期即期价格之间的关系取决于 y 和 r_f 的大小。通常情况下, 由于风险溢价的存在, 标的资产的收益率应该是大于无风险利率的, 所以期货价格一般高于预期的即期价格, 这一现象被称为正常期货溢价(normal contango)。当期货价格低于预期的即期价格时, 就被称为正常现货溢价(normal backwardation)。

表 3-6 期货溢价和现货溢价

概 念		含 义
期货溢价(contango)	$F_t > S_t$	期货价格高于现货价格
现货溢价(backwardation)	$F_t < S_t$	期货价格低于现货价格
正常期货溢价(normal contango)	$F_t > E(S_t)$	期货价格高于预期现货价格
正常现货溢价(normal backwardation)	$F_t < E(S_t)$	期货价格低于预期现货价格

例 3-11

下列关于正常现货溢价的表述, 哪一项是正确的? 期货价格趋于:

- A. 在合约期内下降, 因为套期保值者净头寸为空头, 应收到承担风险的弥补;
- B. 在合约期内上升, 因为套期保值者净头寸为多头, 应收到承担风险的弥补;
- C. 在合约期内下降, 因为投机者净头寸为空头, 应收到承担风险的弥补;
- D. 在合约期内上升, 因为投机者净头寸为多头, 应收到承担风险的弥补。

答案: D

正常现货溢价意味着预期的现货价格大于期货价格。当套期保值者卖空期货合约时, 他们必须以低于预期现货价格的水平出售, 这样投机者才愿意承担持有期货多头头寸的风险。期货合约的价格会在合约期内上升, 这样弥补了投资者多头头寸的风险暴露。

3.3.4 各类期货合约的定价

各类期货合约的定价公式只是在最基本的定价公式 $F = S_0 \times (1 + r_f)^T$ 上稍作调整, 对于股指期货而言, 红利的分发会对期货价格造成影响, 而对于外汇期货, 外汇利率的变化也会带来影响。

3.3.4.1 股指期货合约的定价

股指期货合约的一个显著特点是在期货有效期内, 作为标的资产的股票会发放红利, 从而导致现金流的流入。3.3.2 节中已经提到了期货合约对于现金流的影响, 我们可以作如下调整:

$$F = S_0 \times (1 + r_f)^T - FV(CF)。 \quad (3-5)$$

其中: $FV(CF)$ 是指所有现金流在合约到期日的未来值。这里的 $FV(CF)$ 就是期货合

约有效期内发放的所有红利在到期日时的未来值。至于具体如何计算红利的未来值,可以参考第 2 章远期合约定价中的解释。

对(3-5)式作适当变形,还可以得到另一种形式的定价公式:

$$F = [S_0 - PV(CF)] \times (1 + r_f)^T. \quad (3-6)$$

其中: $PV(CF)$ 是所有红利在 $t=0$ 时的贴现值。

例 3-12

考虑一个期限为 8 个月的股票期货,股票现价为 98 美元/股。该公司将在四个月后发放红利 1.8 美元/股。不同期限的连续复合零息债券利率为 6 个月 4%,8 个月 4.5%。该期货合约价格最接近

A. 99.15 美元; B. 99.18 美元; C. 100.98 美元; D. 96.20 美元。

答案:A

由于这里给出的无风险利率为连续复合利率,所以用指数形式进行计算。

第一种方法: $F = S_0 e^{r_f T} - FV(CF) = 98 e^{4.5\% \times (8/12)} - 1.8 e^{4\% \times (4/12)} = 100.98 - 1.93 = 99.15$ (美元);

第二种方法: $F = [S_0 - PV(CF)] e^{r_f T} = [98 - 1.8 e^{-4\% \times (4/12)}] e^{4.5\% \times (8/12)} = 99.15$ (美元)。

所以,答案为 A。

如果股票组合内发放红利的股票比较多,可以用连续红利率来表示股票指数的红利发放,其期货的定价公式也要相应地用连续复利的形式来表示。如在远期股票合约定价中所阐述的那样,

$$F = (S_0 e^{-\delta T}) e^{r^c T} = S_0 e^{(r^c - \delta) T}. \quad (3-7)$$

其中: $r^c = \ln(1 + r_f)$; δ 表示连续红利率。

例 3-13

标准普尔 500 指数现在位于 997.40 的水平,连续无风险利率为 7%,该指数的连续红利率为 2%,求 18 个月的标准普尔 500 指数期货价格。

答案: $F = S_0 e^{(r^c - \delta) T} = 997.4 \times e^{(7\% - 2\%) \times 1.5} = 1075.08$ 。

3.3.4.2 外汇期货合约的定价

如果不考虑盯市的影响,外汇期货的定价与外汇远期没有什么区别。利用利率平价关系,可以得到外汇期货合约的定价公式:

$$F = S_0 \times \left[\frac{(1 + r_d)^T}{(1 + r_f)^T} \right]. \quad (3-8)$$

其中: r_d 表示本国的无风险利率; r_f 表示外国的无风险利率。

这里,可以把外国无风险利率看作是股指期货中的红利率,则(3-8)式可以调整为:

$$F = \frac{S_0}{(1 + r_f)^T} \times (1 + r_d)^T. \quad (3-9)$$

其中： $\frac{S_0}{(1+r_f)^T}$ 类似于一个贴现的概念，如 $S_0 - PV(CF)$ 。

例 3-14

假设欧元兑美元的即期价格为 1.05 EUR/USD。美国的年无风险利率为 5.5%，德国的年无风险利率为 2.5%。则一年外汇远期的价格为：

- A. 1.0815; B. 1.0201; C. 1.0807; D. 1.0500。

答案：B

根据利率平价关系， $F = S_0 \times \left[\frac{(1+r_d)^T}{(1+r_f)^T} \right] = 1.05 \times \frac{(1+2.5\%)^T}{(1+5.5\%)^T} = 1.0201$ (EUR/USD)。

如果采用连续复利的形式表示：

$$F = S_0 e^{-r_f T} e^{r_d T} = S_0 e^{(r_d - r_f) T} \quad (3-10)$$

其中： $r_d = \ln(1+r_d)$ ； $r_f = \ln(1+r_f)$ ； r_d 表示本国连续无风险利率； r_f 表示外国连续无风险利率。这一公式的形式与股指期货中的定价公式非常相似，只是把连续红利率替换成了外国连续无风险利率。

3.4 期货市场概况

3.4.1 期货市场参与者

交易所的组织形式是会员制，会员拥有席位(seat)。按职能划分，会员可以分为期货代售商(futures commission merchants, FCMs)和场内交易员(floor trader)两种。

场内交易员有三种类型，他们的交易风格很不相同。

1) 抢帽者(scalper)，从事转手买卖赚取价差的交易员，通俗地讲，就是“黄牛”，他们持有头寸的时间非常短。

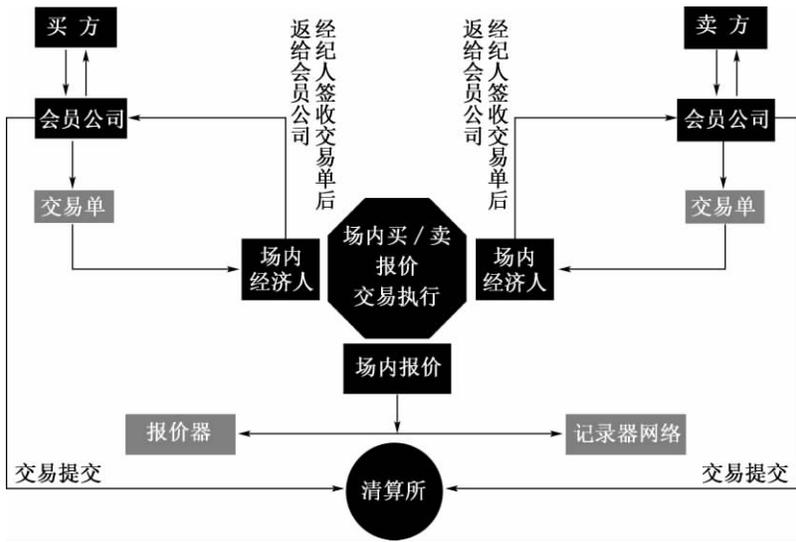
2) 当日结清的交易员(day trader)，专注于某营业日中的价格变动，从中赚取差价的经纪人，他们的头寸一般在当日就结清。

3) 头寸交易员(position trader)，专注于市场变动的方向，他们持有头寸会超过一天。

3.4.2 期货市场交易

场内交易的期货合约通常遵循下面几个步骤(如图 3-4 所示)：

- 1) 客户决定买卖期货合约。
- 2) 委托单通过电话传送至期货代售商(FCM)的期货委托单处理台上。
- 3) 委托单处理台用电话将委托单传送至交易大厅内的跑单员。
- 4) 跑单员记下期货委托单、标记时间，然后递送至交易场内的场内执行经纪人。若为



资料来源：CME。

图 3-4 场内期货交易过程

市价单,该单立即予以执行。若为其他类型的委托单,则和其他委托单叠在一起等待出现特定的价格情况时执行。

5) 一旦予以执行,场内经纪人将通知跑单员,再由跑单员通知委托单处理台,后者再通知客户。这样客户就拥有了期货头寸。

6) 期货代售商编制交易确认报告并寄给客户。

7) 期货代售商针对交易账户中的保证金实行期货头寸的逐日盯市。

由此可见,整个过程多人参与,各司其职。尽管有多个步骤,整个过程非常高效——委托单可以在一至两分钟内执行完毕。

如今,借助于计算机技术的发展,各大期货交易所也相继推出了网络平台上的期货交易,如 CME 的 GLOBEX 等,其交易速度更快、更灵活也更高效。



第 4 章

期权市场和期权合约

4.1 期权合约

4.1.1 期权合约的基本概念

期权合约(options)允许合约双方中期权的买方向卖方支付一笔费用,以获得在未来某个时间以约定的价格购买(或出售)一项资产的权利。和其他衍生产品合约不同的是,对于期权的买方而言,期权是一项权利而非义务,因此在到期日或之前,他可以选择执行这份期权,即不进行交割;而对于期权的卖方而言,期权是一项义务而非权利,这就意味着,如果期权的买方选择执行期权,卖方就必须执行;如果买方选择不执行期权,卖方就无须执行。

期权有多种分类方式,其中最基本的是分为看涨期权(call option)和看跌期权(put option)。看涨期权赋予期权买方购买一项资产的权利,而看跌期权正相反,赋予期权买方出售一项资产的权利。另外,期权也可以按执行日的不同分为欧式期权(European option)和美式期权(American option)。欧式期权规定期权买方只能选择在到期日那一天执行期权,而美式期权则允许期权买方在期权到期日之前的任何一天执行期权。按照这两种属性,期权就可以分为四类:欧式看涨期权、美式看涨期权、欧式看跌期权和美式看跌期权。

表 4-1 期权的分类

	欧式(到期日执行)	美式(到期日前都可执行)
期权买方买入资产	欧式看涨	美式看涨
期权买方卖出资产	欧式看跌	美式看跌

期权的买方也被称作期权多头或期权持有者,卖方被称作期权空头。期权买方为了获得这种权利而向期权卖方支付的费用称为期权费(premium),无论到期时期权买方有没有选择执行期权,他都要向卖方支付这笔费用。期权合约双方约定的资产买卖价格被称为执行价格(exercise price 或 strike price)。

4.1.2 期权合约的特点

通常,期权买方根据执行价格和资产现货市场价格的大小来判断是否要执行该项期权。以一份欧式看涨期权为例,该期权赋予期权买方以 48 美元/股的价格购买 IBM 公司股票,期权费为 5 美元,那么在到期日那天,如果股票价格高于 48 美元/股,期权买方由于有期权费的存在,就会选择执行期权,要求期权卖方以 48 美元/股的价格将 IBM 股票卖给他。(但是要注意,这并不意味着该交易者在这笔交易中盈利。)如果到期日那天,股价低于 48 美元/股,期权买方就不会选择执行该期权,因为他可以直接在股票市场上以更低的价格购买 IBM 股票,此时,他仅仅损失了一笔期权费。如果股价等于 48 美元/股,则是否执行期权对期权买方来说无所谓,损失的还是一笔期权费。买卖双方的损益和为零,买方盈利(损失)的金额就等于卖方损失(盈利)的金额。

用 S_T 表示到期日标的资产的现货价格, K 表示期权合约的执行价格, C 表示看涨期权期权费, P 表示看跌期权期权费。

从表 4-2 可以发现,事实上期权合约双方的损益可以根据 S_T 、 K 和 C 或 P 的大小分为三个区间两个点。其中 $S_T=K$ 这一点对于期权买方而言,执行或者不执行期权的损失是一样的,都是一笔期权费。对于看涨期权买方而言, $S_T=K+C$ 是他的盈亏平衡点(break-even point),而看跌期权的盈亏平衡点为 $S_T=K-P$ 。

表 4-2 在到期日期权买方的损益

期权类型	价格区间	是否执行	期权买方损益	期权卖方损益
	$S_T < K$	不执行	$-C$	$+C$
	$S_T = K$	执行或不执行	$-C$	$+C$
看涨期权	$K < S_T < K + C$	执行	$S_T - K - C < 0$	$+C + K - S_T > 0$
	$S_T = K + C$	执行	0	0
	$S_T - K - C > 0$	执行	$S_T - K - C > 0$	$+C + K - S_T < 0$

(续表)

期权类型	价格区间	是否执行	期权买方损益	期权卖方损益
	$S_T < K - P$	执行	$K - S_T - P > 0$	$S_T - K + P < 0$
	$S_T = K - P$	执行	0	0
看跌期权	$K - P < S_T < K$	执行	$K - S_T - P < 0$	$S_T - K + P > 0$
	$S_T = K$	执行或不执行	$-P$	$+P$
	$S_T > K$	不执行	$-P$	$+P$

用损益图 4-1 可以清晰地描述期权买卖双方到期日当天的收益状况。

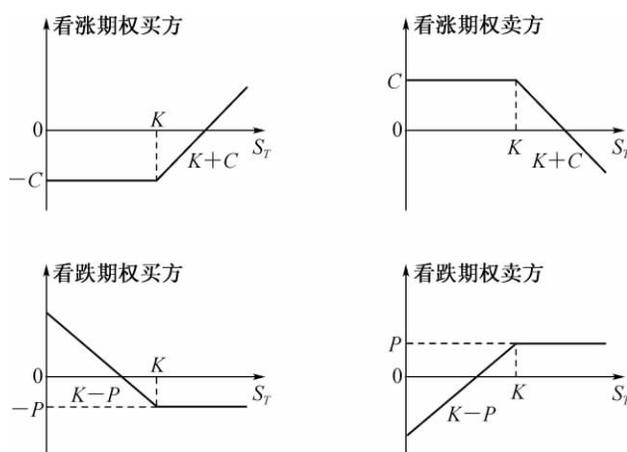


图 4-1 期权到期日损益图

例 4-1

某投资者认为 A 公司的股票价格将在未来五个月内下降, 目前股价为 82.50 美元。假设他购买了一份期限为五个月的欧式看跌期权, 允许他以 83 美元/股的价格卖出 100 股 A 公司股票, 期权费为 510.25 美元。如果 A 公司的股票在到期日确实下降到 63 美元, 那么该投资者的净利润(扣除期权费)为:

- A. 1 950.00 美元; B. 1 439.75 美元; C. 1 489.75 美元; D. 2 000.00 美元。

答案: B

净利润 = $100 \times (83 - 63) - 510.25 = 1\,489.75$ (美元)。

通常, 我们用“货币性”(moneyness)来表明一份期权所处的状态。对于看涨期权而言, 如果股票价格超过执行价格, 则该期权就被称为实值期权(in-the-money); 如果股票价格低于执行价格, 则称为虚值期权(out-of-the-money); 如果股票价格恰好等于执行价格, 就称为平价(平值)期权(at-the-money)。

对于一份看跌期权, 情况则刚好相反。当股票价格低于执行价格时, 该期权为实值期

权；当股票价格高于执行价格时，则称为虚值期权；当股票价格恰好等于执行价格时，就称为平价期权。

4.1.3 交易方式

4.1.3.1 场外交易期权

期权合约既有在场内交易所交易的，也有在场外交易的方式。事实上，期权的场外交易市场非常大，而且覆盖全世界，主要交易者机构投资者。场外交易具有几个优点：首先，场外市场交易期权的条款可以根据交易双方的特别需求而制定。对一些基金经理而言，他们可以利用一些期权合约对手中持有的股票组合进行套期保值，由于场内交易的都是标准化的期权合约，在期限上的不匹配导致投资者不能针对特定的资产组合进行套期保值。即使存在符合要求的期权合约，也可能因为流动性不足不能执行大宗交易。其次，场外市场是一个私人市场，投资者无法获知其他交易者的交易情况，竞争对手更无从了解相互间的交易信息。最后，场外市场可以帮助机构投资者规避一些政府法规，创造一些更灵活的期权合约。当然，场外市场的一个主要缺点是信用风险的存在。期权买方可能面临到期日对象无法执行期权合约的问题，而且对许多客户来说，由于他们无法在这个市场上建立自己的信用，因此被排除在场外交易市场之外。

在期权市场上，很少有针对单个股票的期权合约，通常情况下，期权的标的资产为债券、利率、商品、互换、外汇以及许多组合后的产品。虽然期权的场内外交易存在一定差异，但是期权的定价原理和交易策略却是相同的，因此，本书主要集中于对场内交易的期权合约的介绍。

4.1.3.2 交易所交易期权

和其他衍生品交易相同，交易所内交易的期权合约是标准化的合约，交易所规定了合约的各种条款，如合约规模、执行价格、到期日、头寸限制，等等。

1) 上市要求：交易所明确规定哪些标的资产是可以有期权交易的，公司本身并不能决定它的股票能否在交易所进行交易。对于同一个标的资产，可能存在许多到期日或执行价格或执行方向不同的期权合约。其中所有标的资产相同的看涨期权可以认为属于一个期权类别(option class)，而所有标的资产相同的看跌期权可以认为属于另一个期权类别。期权系列(option series)则是由具有相同到期日和执行价格的某一期权类别中所有的期权组成的。例如，9月份IBM 100的看涨期权是一个期权系列。

2) 合约规模：一份标准的期权合约包含100份标的资产的合约，这也就意味着买入一份期权合约相当于买入100份标的资产。当作为标的资产的股票分红或拆股时，合约规模就发生了变化，因此执行价格就会做相应的调整。对于股指期货或某些期权，期权合约规定的是一个合约乘数。譬如，标普500指数的期权合约乘数为100。

3) 执行价格：为了吸引更多的投资者参与这份期权的交易，交易所在制定期权的执行价格时通常选择最接近股票现价的那两个执行价格。如果股票价格的波动超过了最高执行价格和最低执行价格的范围，交易所会引入新的期权，使新的期权的执行价格更接近当时的

股票价格。通常,执行价格的变动间隔有三种,2.5美元、5美元和10美元。当股票价格低于25美元时,执行价格的变动间隔为2.5美元;当股票价格处于25美元到200美元之间时,执行价格的变动间隔为5美元;当股票价格高于200美元时,变动间隔为10美元。有些交易所提供灵活期权(FLEX option),这种期权的执行价格可以由投资者来决定,可以在任何水平。

4) 到期日(expiration dates):期权的到期日也就是期权失效的那个时间。在场外市场,到期日可以根据客户的需求而制定,但在期权交易所,每一只股票都有特定的到期月循环,股票期权共有3个循环:①1月、4月、7月和10月,②2月、5月、8月和11月,③3月、6月、9月和12月,分别被称为1月、2月、3月循环。如果当前月份的到期日还没有到达,则交易的期权合约包括当前月到期期权、下个月到期期权和当前月循环中的下两个到期月的期权。如果当前月份的到期日已过,则交易的期权包括下个月到期期权、再下一个月份到期期权和该循环中的下两个到期月的期权。一般股票期权的到期期限为9个月,但是具有提前偿还权的长期股权证券(long-term equity anticipation shares, LEAPS)的到期期限可以长达3年,而FLEX期权的到期期限可由投资者决定,最高达到5年。期权的到期日为到期月的第三个星期五之后的星期六,期权交易的最后一天是当月的第三个星期五。

5) 头寸限额和执行限额:头寸限额(position limit)是指每一位投资者在单边市场中可以持有的期权合约的最大数量。譬如,看涨期权的多头和看跌期权的空头实际上都是认为股票价格将在未来上涨,他们属于市场的同一边,而看涨期权的空头和看跌期权的多头则都认为股票价格将在未来下跌,他们属于市场的另一边。头寸限额就要求投资者在某一边的市场上持有的期权合约数量不能超过一定限额,否则就会产生对市场较大的作用力量。执行限额(exercise limit)是指投资者在任意的连续5个交易日中可以执行期权合约的最大数量,这也是为了防止操纵市场的行为。

6) 分红和股票拆分调整:如果是现金红利,则在场外市场上,股票期权的执行价格将在除权日后减去红利金额,但是场内交易的股票期权通常不进行调整。如果是股票红利,期权合约中的相应条款要进行调整,执行价格将下降,而每份合约对应的股票数量会增加。当股票进行拆分(split)时, n 对 m 的股票拆分方式将使执行价格下降为原来执行价格的 m/n ,每份合约包含的股票数量将增加到原来的 n/m 。

7) 保证金:在介绍期货时,曾经提到过保证金账户,包括初始保证金和维持保证金。对于期权而言,期权购买者(即期权多头或期权持有者)必须支付全额期权费用,不能用保证金的方式购买期权,因为期权已经包含了一定的杠杆率,用保证金购买期权会使杠杆率更高,导致风险增大。但是期权的出售者必须在期初在保证金账户中保持一定数量的资金,这一规定是为了防止期权卖方在拿到期权费后违约。

4.1.3.3 其他类似的期权

认股权证(warrant)是由公司或金融机构发行的一种期权,允许投资者在权证到期时购买或出售公司股票或债券。有时,认股权证可在发行后在交易所中进行交易。但是与其他期权的不同之处在于,场内交易的期权合约数量随交易的进行而发生变化,而认股权证的数量取决于初始发行的数量,除非权证到期,否则不会发生变化。另外,场内交易的期权是通过清算公司进行的,但是执行权证时,初始发行者(即公司或金融机构)只与当前权证的持有

者进行结算。一般说来,认股权证的期限比场内交易的标准期权的期限长。

管理层股票期权(executive stock options)是公司为了激励管理层而给予他们的公司股票看涨期权。在向管理层赠予期权时,这些期权通常处于平价状态。如果通过管理层的努力,公司股价上升,他们就会执行期权,获得一笔不小的收益。为了防止管理层的短期行为,这类期权通常持续期较长,有十到十五年,而且这些期权不能在市场上进行交易。

可转换债券(convertible bonds)是公司发行的在一般债券基础上附加期权的一种债务工具,它允许投资者在将来某个特定时期内根据某个事前约定的转换比例将手中持有的可转换债券转换成该公司的股权,也就是说在某段时期,该投资者有权从债权人变成股东。如果不考虑可转债的赎回条款,可转换债券可以近似地等于一份普通债券加上一份股票的看涨认股权证。

4.2 几种主要的期权合约

和远期合约、期货合约一样,期权也可以按标的物的属性大致分为商品期权和金融期权。商品期权的标的物一般为石油、黄金、大豆、小麦等,通常由从事这些商品业务的公司用作套期保值的工具。本书主要介绍的是金融期权,也就是以金融类资产为标的资产的期权。金融期权的标的物主要有股票、债券、外汇等基础资产,另外,还有一类以衍生品合约为标的资产的期权合约,如基于期货、远期、互换的期权等。事实上,期权的种类非常繁多,尤其是在场外市场上,任何未来收益带有不确定性的资产都可以产生出期权。本章将介绍基于股票、外汇和期货的期权合约,国债期权和利率期权将在利率衍生品这一章内介绍,在以后的章节中,还将进一步介绍一些特殊的期权,如奇异期权(exotic option)等。

4.2.1 股票期权/股指期权

股票期权(stock option/equity option)即以单只股票作为标的资产的期权,是最常见的一种。证券交易所内提供各种股票的期权,而在场外市场任何一种股票都可能被创造出一种期权。股票期权相对比较简单,在前面介绍期权基本概念时,我们就以股票期权为例,给出多个实例,在此不再赘述。

股指期权(index option)的标的资产是各类股票指数,如标准普尔 500 指数、道琼斯工业指数、纳斯达克指数等。不同的交易所会根据指数的不同创造各类欧式期权或美式期权,如标准普尔 500 欧式期权、道琼斯指数美式期权等。与股指期货合约相同,股指期权以现金结算,而且也有一个合约乘数(multiplier),用于计算期权执行时买卖双方的损益。譬如,一份标准普尔 500 股指欧式看涨期权,执行价格为 1 250 美元,合约乘数为 250,若到期日股指达到 1 252.40 美元,那么期权买方就会选择执行期权,则他收到的现金为 600 美元($250 \times (1\ 252.4 - 1\ 250) = 600$)。

除此之外,还有一种期限更长的具有提前偿还权的长期股权证券(LEAPS)。LEAPS 的期权可以长达 3 年,合约乘数是一般股指期权乘数的 1/10。

CBOE 另有一种基于标普 100 指数和标普 500 指数的封顶期权(CAPS)。这些期权盈

亏的上限不超过 30 美元。当收盘时指数高于执行价格的数额超过 30 美元,看涨封顶期权自动执行,当收盘时指数低于封顶期权设定水平(cap level)的数额超过 30 美元时看跌封顶期权自动执行。如果没有发生上述情况,该期权就是欧式的,即到期日那天才能执行。

4.2.2 外汇期权

外汇期权赋予期权买方按事前约定的汇率买入或卖出标的货币的权利。外汇期权市场非常大,这主要是因为许多从事进出口贸易的公司经常利用外汇期权来规避汇率风险。外汇远期也是一种常用的规避汇率风险的手段。两者的主要差别是外汇远期在建立时不需要支付现金,而且到期日双方必须按照合约约定的汇率进行交易。外汇期权在建立之初买方需要向卖方支付期权费,但是到期日是否执行取决于当时的市场汇率水平;而且由于这种权利的存在,期权买方可以从任何有利的汇率变动中受益,而不是像外汇远期那样锁定损益。

例如,一家中国公司将于三个月后支付一笔美元货款,需要购买 100 万美元。为了防止三个月后美元汇率上升,该公司购买了一份美元期权,允许它在三个月后以 0.126 6 USD/RMB 的汇率水平买入 100 万美元。三个月后,如果美元升值,汇率达到 0.125 0 USD/RMB,该公司就可以执行期权,以 0.126 6 USD/RMB 的价格买入美元。如果美元贬值,汇率达到 0.128 2 USD/RMB,那么它可以不执行期权,直接在外汇市场上以 0.128 2 USD/RMB 的价格买入美元。虽然这样做会使他损失一笔期权费,但是他同时享受到了由于美元贬值所带来的好处。

在美国市场上,外汇期权的价格通常以买卖一个单位外汇所需要的美元数来表示,除了日元期权的价格是以百分之一美分表示以外,其他货币期权的价格都以美分表示。

4.2.3 期货期权

期货期权是典型的以衍生品合约为标的资产的期权,它是基于期货合约的期权(futures option/options on futures)。期货期权中的期货既可以是金融期货,也可以是商品期货。期权合约的到期日通常比标的期货合约的最早交割日要早几天或者同时。期权被执行时,交割的是标的资产的期货合约。对于一份期货看涨期权,期权买方获得的是该期货合约的多头头寸和一笔现金,其数额等于期货合约的现在市场价格减去期权约定的执行价格;反之,对于一份期货看跌期权,期权买方获得的是期货合约的空头头寸以及一笔现金,其数额相当于期权执行价格减去期货合约的当前市场价格。

例如,一份 12 月黄铜期货看涨期权,执行价格为每磅 80 美分,合约规模为 25 000 磅。目前,12 月到期的黄铜期货价格为 85 美分。如果执行该期权,则期权持有者可以得到现金 1 250 美元($=25\,000 \times 5$ 美分)以及一份 12 月 25 000 磅黄铜期货合约的多头头寸。

期货合约的产生主要还是为了规避法律,但是它一经推出便受到了市场的欢迎,主要是因为以下几个原因。首先,对于许多商品期权来说,交割标的资产非常麻烦,而交割基于标的资产的期货合约则相对容易和便宜。事实上,大多数期货合约在交割前就已经被冲销,所以执行期权通常并不产生标的资产的真实交割,而是以现金结算为主,这对于那些资本有限的投资者来说相当具有吸引力。而且,在同一个交易所内,期货交易池和期货期权交易池彼

此靠近,可以方便对冲、套利和投机交易。最后,在许多情况下,期货期权比即期期权承担更低的交易费用。

4.3 期权合约的定价

在讨论期权合约的定价之前,有必要对一些基本概念进行以下澄清,以免与远期、期货合约的定价混淆。远期和期货合约的价格指的是合约双方在合约建立之初约定的固定价格,并以这个价格在到期日进行标的资产的交易;而远期和期货合约的价值指的是在任意时点,买入或卖出这份合约所需支付或收到的金额,从这个意义上来说,除了到期日那天,远期和期货合约的价格并不等于价值。但是,期权合约的价格实际上是期权费的含义,也就是在任意时刻买入或卖出期权合约所需支付或收到的金额,所以期权合约的价格就等于价值。执行价格是期权合约双方事前约定的价格,它影响了期权费的大小,但是并不是我们所求解的期权价格。因此在下文中,我们对期权的价格和价值并不加以区分,而认为两者是相同的。

虽然远期、期货合约同期权合约存在这一差异,但是他们定价的基本原理仍然是无套利定价原理,即认为市场充分竞争且有效、交易者理性、市场上不可能存在套利机会,因为套利机会一旦出现,交易者就会进行套利交易直到价格变化到不存在套利机会为止。

本节介绍的是期权定价的基本原理,即利用无套利的思想把期权价格的上下限和期权平价公式推导出来,但是这一原理还只是属于相对估价,即利用一种资产的价格推导出另一种略有差异的资产价格。本书第二篇将介绍的二叉树模型和 Black-Scholes-Merton 模型则属于绝对定价,利用他们可以得到期权合约的价格/价值。

4.3.1 期权定价基本原理

期权的定价仍然遵循无套利定价原理。下面的结论将揭示期权的价格存在上下限,一旦期权价格超过上限或低于下限,就存在着套利机会。同时,看涨期权和看跌期权之间存在着平价关系(put-call parity),当现有的看涨、看跌期权不满足这一平价关系时,也存在着套利的空间。为了表述的方便,我们在此将标的资产限定为股票,这样就可以用 S_0 来表示股价,但是事实上,以下结论满足基于任何一种标的资产的期权。

由于标的资产的买卖方向不同,看涨期权和看跌期权在定价上略有区别,主要体现在资金的时间价值上。对于看涨期权的买方来说,他可以一直持有现金和期权,因此可以在期权被执行前将这笔现金投资以获得无风险利息。但是,看跌期权的买方所持的是标的资产和期权,早一天卖出期权就意味着他可以多得一天的利息。正因为这种区别,我们将看涨期权和看跌期权的定价分开讨论。

欧式期权和美式期权的差别也使定价变得更复杂,因为欧式期权的到期日确定,所以在计算时间期限时只需要用 T 表示即可,但是美式期权可以提前执行,增加了时间的不确定性。为了表述得清晰,我们在下面的讨论中先讨论欧式期权的定价,并以此为基础,考虑美式期权的定价以及提前执行的问题。

各种符号及其含义如下：

S_0, S_T ——标的资产在 0 时刻和 T 时刻的价格；

K ——执行价格；

r ——无风险利率；

T ——到期期限，等于天数/365；

$C_e(K, t)$ ——欧式看涨期权在 t 时刻的价格；

$C_a(K, t)$ ——美式看涨期权在 t 时刻的价格；

$P_e(K, t)$ ——欧式看跌期权在 t 时刻的价格；

$P_a(K, t)$ ——美式看跌期权在 t 时刻的价格。

如果在下文中不特别标明下标是 a 还是 e ，就表示这一结论对美式和欧式期权都成立。

4.3.1.1 内在价值和时间价值

看涨期权和看跌期权在到期日那天的损益可以概括性地表述为：

$C_T = \max(0, S_T - K)$ ，在到期日，如果 $S_T < K$ ，买方就不执行期权，这份期权的价值为零；如果 $S_T > K$ ，买方就执行期权，期权价值为 $S_T - K$ 。

$P_T = \max(0, K - S_T)$ ，在到期日，如果 $S_T > K$ ，卖方就不执行期权，这份期权的价值为零；如果 $S_T < K$ ，买方就执行期权，期权价值为 $K - S_T$ 。

C_T 和 P_T 也被称为看涨期权和看跌期权的内在价值(或称执行价值)(intrinsic value)。内在价值就是在当前条件下立即执行期权所能获得的价值。在到期日，期权的价格(价值)就等于期权的内在价值。但是在到期日之前，期权的价格会比其内在价值更高，这是因为此时期权中还包含了一些时间价值(或称投机价值)(time value)。所以，一份期权的价值可以表述为：

期权价值 = 内在价值 + 时间价值。

时间价值体现了期权在到期日之前内在价值可能增长的潜力，通常可以认为时间越长，时间价值越大。在到期日那天，时间价值就等于零。关于时间价值的详细讨论，可见后文。

4.3.1.2 看涨期权定价原理

1) 欧式看涨期权

欧式看涨期权的最大价值为标的资产的现货价格，因为如果期权的价格比标的资产价格还高的话，期权买方就不必购买期权，直接到现货市场上以更低的市价购买就可以了。所以， $C_e(K, 0) \leq S_0$ 。

欧式看涨期权的最小价值为零，因为这一价格是期权买方支付给期权卖方的金额，如果为负数的话，就成了卖方向买方支付期权费，所以 $C_e(K, 0) \geq 0$ 。

上述最大最小值只是给出了期权价格的大致范围，但是这个范围还是太大，所以还要利用无套利原理求解欧式看涨期权价格的下限(lower bounds)。

考虑两个证券组合 A 和 B 。其中 A 组合中含有一股股票，现价为 S_0 ，当 $t = T$ 时，价格为 S_T 。 B 组合中含有一份欧式看涨期权和一份无风险债券，债券的现价为 $K(1+r)^{-T}$ 。由此可以得到如表 4-3 所示的损益表。

表 4-3 组合到期日损益

组 合	现在价值($t=0$ 时)	期权到期时组合的价值($t=T$ 时)	
		$S_T < K$	$S_T > K$
A	S_0	S_T	S_T
B	$C_e(K, 0) + K(1+r)^{-T}$	K	$(S_T - K) + K = S_T$

由表 4-3 可知,无论到期时,股票价格如何变化,组合 A 的价值始终小于组合 B,所以在期初,组合 A 的价格也应小于组合 B:

$$C_e(K, 0) + K(1+r)^{-T} > S_0. \quad (4-1)$$

$$C_e(K, 0) > S_0 - K(1+r)^{-T}. \quad (4-2)$$

又因为欧式看涨期权的最小价值为零,所以欧式看涨期权的价格下限为:

$$C_e(K, 0) \geq \max(0, S_0 - K(1+r)^{-T}). \quad (4-3)$$

例 4-2

考虑一个欧式看涨期权,其标的资产为不分红的股票。目前股价为 100 美元/股,执行价格为 102 美元/股,期权期限为 9 个月,无风险利率为 7.25%。该期权价格的下限为:

$$\text{答案: } \max(0, S_0 - K(1+r)^{-T}) = \max(0, 100 - 102 \times (1 + 7.25\%)^{-9/12}) = 3.216.$$

2) 美式看涨期权

美式看涨期权的最大值和欧式看涨期权一样,为 $C_a(K, 0) \leq S_0$ 。

其最小值和美式看涨期权略有差异, $C_a(K, 0) \geq \max(0, S_0 - K)$ 。这是因为,首先,美式看涨期权的价值肯定大于零。其次,当 S_0 高于 K 时,如果 $C_a(K, 0)$ 小于 $S_0 - K$,那么就会产生套利机会:以 $C_a(K, 0)$ 的价格买入期权,并立即执行,可产生现金流 $S_0 - K$,这样就可得到正的利润 $S_0 - K - C_a(K, 0) > 0$ 。为了防止套利,必须有 $C_a(K, 0) > S_0 - K$ 。

美式看涨期权价值的另一个重要结论是美式看涨期权价值不低于欧式看涨期权。可以这样来理解,美式期权赋予期权买方更多的机会,可以在价格有利时执行期权,所以它的价格高于或者等于欧式看涨期权,即 $C_a(K, 0) \geq C_e(K, 0)$ 。

再由欧式看涨期权的价格下限,可以得到美式看涨期权的价格下限,为:

$$C_a(K, 0) \geq \max(0, S_0 - K(1+r)^{-T}). \quad (4-4)$$

美式看涨期权是否应该提前执行呢?假如该期权在到期日之前都不发放红利,那么就不应该提前执行看涨期权。如果投资者考虑提前执行期权的问题,那么这份期权在当时肯定处于实值状态,如果立即执行,可以得到现金 $S_0 - K$ 。如果不执行该期权而是在市场上将其卖出,则当时这份看涨期权的最小值为 $S_0 - K(1+r)^{-T}$,由于 $S_0 - K(1+r)^{-T} > S_0 - K$,所以投资者在市场上把期权卖掉所得到的收益更大,不应该提前执行这份期权。这时的美式看涨期权就相当于欧式看涨期权。

但是,如果该期权支付红利的话,情况就变得有些复杂。支付红利后,股票的价格会相应下降,所以就更不可能执行该看涨期权。但是,在红利支付之前,如果红利的支付金额足够大时(即红利的贴现之和大于 $X(1-(1+r)^{-T})$ 时),就可以考虑提前执行期权。

例 4-3

假设利率严格为正,则提前终止一个美式看涨期权多头头寸的最佳方案是(该期权的标的资产为股票,且不支付红利):

A. 执行看涨期权; B. 卖出看涨期权; C. 交割看涨期权; D. 以上都不正确。

答案:B

美式看涨期权的价格下限为 $S - PV(K)$,提前执行看涨期权的损益为 $S - K$,它小于期权价格下限,所以对于一个不支付红利的股票美式看涨期权来说,不提前执行是有利的。答案为 B。

4.3.1.3 看跌期权定价原理

1) 欧式看跌期权

欧式看跌期权的最大价值可以从期权买方可以获得的最大收益来判断。当标的资产价格跌到零时,此时期权买方获得的盈利最大,数额为执行价格 K 。但是,对于欧式期权持有者来说,他必须等到期权到期日才能执行,所以如果计算 0 时刻的期权价格,必须将在 T 时刻获得的 K 进行贴现,得到 $P_e(K, 0) \leq K(1+r)^{-T}$ 。

欧式看跌期权的最小价值为零,即 $P_e(K, 0) \geq 0$ 。这和看涨期权的道理是一样的。

欧式看跌期权也有其价格下限,推导的思路和看涨期权相似。构造两个证券组合 A 和 B,其中组合 A 含有一股股票,组合 B 买入一份无风险债券,价值为 $K(1+r)^T$,同时卖空一份欧式看跌期权,两组合到期日的损益如表 4-4 所示。

表 4-4 组合到期日损益

组 合	现在价值($t=0$ 时)	期权到期时组合的价值($t=T$ 时)	
		$S_T < K$	$S_T > K$
A	S_0	S_T	S_T
B	$K(1+r)^{-T} - P_e(K, 0)$	$K - (K - S_T) = S_T$	K

所以,无论期权到期时,股票价格如何变化,组合 A 的价值都大于组合 B,因此在期初 $t=0$ 时,组合 A 的价格也应该大于 B 的价格,即:

$$S_0 \geq K(1+r)^{-T} - P_e(K, 0); \quad (4-5)$$

$$P_e(K, 0) \geq K(1+r)^{-T} - S_0. \quad (4-6)$$

又因为欧式看跌期权的价格一定大于零,所以它的价格下限为:

$$P_e(K, 0) \geq \max(0, K(1+r)^T - S_0). \quad (4-7)$$

2) 美式看跌期权

美式看跌期权的最大值为 K , 不需要将它进行贴现。因为美式期权可以在价格下跌到零时即刻执行, 故 $P_a(K, 0) \leq K$ 。

美式看跌期权的最小值为 $P_a(K, 0) \geq \max(0, K - S_0)$, 可以根据无套利原理得到。

美式看跌期权和欧式看跌期权之间也存在着大小关系, 美式期权的价格总是不低于欧式期权的价格。和看涨期权一样, 美式看跌期权可以视为在欧式看跌期权的基础上赋予投资者更多的选择, 所以在价格上要更高一些, $P_a(K, 0) \geq P_e(K, 0)$ 。

由于美式看跌期权的最小值 $K - S_0$ 已经比欧式看跌期权的下限 $K(1+r)^T - S_0$ 大, 所以不需要对此进行调整, 美式看跌期权的价格下限就是:

$$P_a(K, 0) \geq \max(0, K - S_0)。 \quad (4-8)$$

美式看跌期权也存在提前执行的问题。当股票价格跌到一个非常低的水平时, 提前执行美式看跌期权是有利的。

四种期权的最值及价格变化汇总如表 4-5 和图 4-2 所示。

表 4-5 四种期权的最大值、最小值以及价格下限

期 权	最 大 值	最 小 值	下 限
欧式看涨期权	S_0	0	$\max(0, S_0 - K(1+r)^{-T})$
美式看涨期权	S_0	$\max(0, K - S_0)$	$\max(0, S_0 - K(1+r)^{-T})$
欧式看跌期权	$K(1+r)^{-T}$	0	$\max(0, K(1+r)^T - S_0)$
美式看跌期权	K	$\max(0, K - S_0)$	$\max(0, K - S_0)$

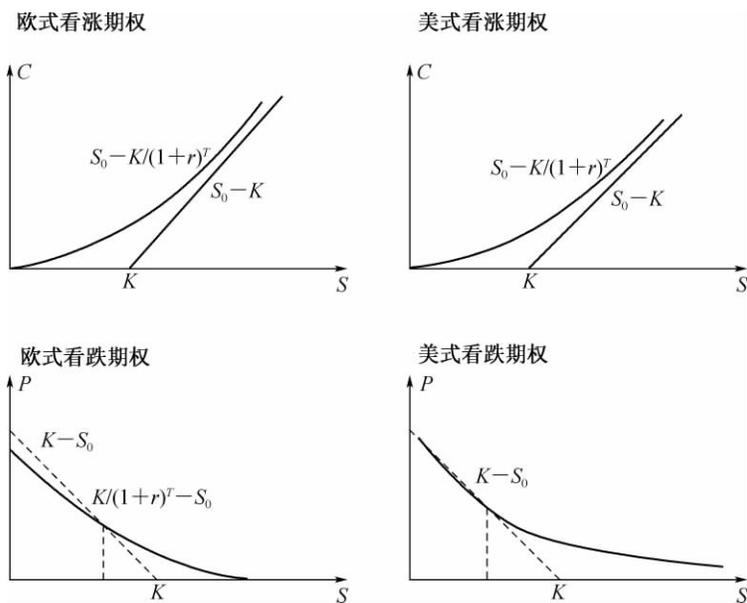


图 4-2 四种期权的价格变化图

4.3.1.4 期权平价公式

在分别介绍完看涨和看跌期权之后,要把他们合起来,介绍期权定价中非常重要的期权平价公式(put-call parity),这一公式的推导,利用的也是证券组合的思想和无套利的原理。

1) 两种合成期权与期权平价公式

首先考虑两个合成的期权,一个是信托看涨期权(fiduciary call option),它是由一份欧式看涨期权和一份价值为 $K(1+r)^{-T}$ 的无风险债券组合而成的。就像之前推导期权价格下限时所用的方法一样,我们首先可以得到它的损益表,如表 4-6 所示。

表 4-6 信托看涨期权损益

证 券	现在价值($t=0$ 时)	期权到期日各证券的价值($t=T$ 时)	
		$S_T < K$	$S_T > K$
欧式看涨期权	$C_e(K, 0)$	0	$S_T - K$
无风险债券	$K(1+r)^{-T}$	K	K
合 计	$C_e(K, 0) + K(1+r)^{-T}$	K	S_T

另一个合成期权是保护看跌期权(protective put option),它是由一份欧式看跌期权和一份标的资产组合而成的,其在到期日的损益状况如表 4-7 所示。

表 4-7 保护看跌期权损益

证 券	现在价值($t=0$ 时)	期权到期日各证券的价值($t=T$ 时)	
		$S_T < K$	$S_T > K$
欧式看跌期权	$P_e(K, 0)$	$K - S_T$	0
标的资产	S_0	S_T	S_T
合计	$P_e(K, 0) + S_0$	K	S_T

由此可以发现,信托看涨期权和保护看跌期权在到期日的损益状况是相同的,所以可以认为这两种证券组合本质上是相同的,他们的价值应该相等。

$$C_e(K, 0) + K(1+r)^{-T} = P_e(K, 0) + S_0。 \quad (4-9)$$

这就是欧式看涨期权和欧式看跌期权之间的平价关系,它是期权定价中非常重要的一个结论。这个平价关系的成立并不是说看涨期权和看跌期权是相同的,而是他们的价格存在某种程度的联系。因此,只要知道 $C_e(K, 0)$ 、 $K(1+r)^{-T}$ 、 $P_e(K, 0)$ 和 S_0 四个变量中的三个,就可以求出最后一个变量的值。

例 4-4

如果一份六个月期、执行价格为 120 美元的股票看涨期权价格为 30 美元,现在股价为 100 美元,无风险利率为 5%,那么相同期限,同一标的资产及执行价格的看跌期权的价格为多少?

答案:根据期权平价公式,可以得到:

$$P_e(K, 0) = C_e(K, 0) + K(1+r)^{-T} - S_0 = 30 + 120 \times (1+5\%)^{-1/2} - 100 = 47.11(\text{美元})。$$

如果一份欧式看涨期权和一份欧式看跌期权标的资产、执行价格、到期日都相等,但它们的市场价格却不满足这一平价关系,就可以认为这之间存在着套利机会。

例 4-5

某只不分红的股票现价为 20 美元,该股票的欧式看涨期权执行价格为 18 美元,期限为半年,现在售价为 4 美元。相同条款的欧式看跌期权的售价为 2 美元。连续无风险利率为 6%。这其中是否存在套利机会? 如果有的话,应怎样操作?

答案:首先,利用期权平价公式,计算看跌期权的价格。由于这里的无风险利率是连续的,采用 e^{-rt} 的形式进行贴现。

$P_e(K, 0) = C_e(K, 0) + Ke^{-rt} - S_0 = 4 + 18e^{-0.06 \times 0.5} - 20 = 1.47(\text{美元}) < 2$ 美元,所以不满足平价关系,存在套利机会。可以这样进行操作:买入一份看涨期权和一份面值为 K 的无风险零息债券,卖出一份股票和一份看跌期权。这之间的套利空间相当于 0.53 美元($2 - 1.47 = 0.53$)。

2) 合成证券的思想

期权平价公式不仅在期权价格和套利方面有重要意义,在期权合成方面也具有很多启示。该公式可以变形为多种形式。

$$C_e(K, 0) = P_e(K, 0) + S_0 - K(1+r)^{-T}。 \quad (4-10)$$

$$P_e(K, 0) = C_e(K, 0) + K(1+r)^{-T} - S_0。 \quad (4-11)$$

(4-10)式表明,一份欧式看涨期权可以由三种资产组合而成,分别是一份欧式看跌期权多头、一份标的资产多头和一份无风险债券空头。每项资产前的正号表示买入或多头,而负号表示卖出或空头。同理,(4-11)式表明一份欧式看跌期权可以由一份欧式看涨期权多头、一份无风险债券多头和一份标的资产空头组成。如果运用损益表的方式,如表 4-8 所示,分别列出到期日 $S_T < K$ 和 $S_T > K$ 的情况,就可以对上面的结论进行验证。

这种合成证券的方法是衍生证券定价中的常用方法之一,通过一些已知的或易求的证券价格来推导出某一种衍生证券的价格。而且,用这种方法还可以发现套利机会,确定资产买卖的方向。在风险管理中,合成证券也是一种比较重要的方法,在不能直接获得对冲所需要的头寸时,可以通过合成的方法创造出对冲头寸。

表 4-8 合成证券

合成看涨期权	看涨期权多头 C_0	=	看跌期权多头 P_0 标的资产多头 S_0 债券空头 $-X/(1+r)^T$
--------	--------------	---	---

(续表)

合成看跌期权	看跌期权多头 P_0	=	看涨期权多头 C_0 标的资产空头 $-S_0$ 债券多头 $X/(1+r)^T$
合成标的资产	标的资产多头 S_0	=	看涨期权多头 C_0 债券多头 $X/(1+r)^T$ 看跌期权空头 $-P_0$
合成债券	债券多头 $X/(1+r)^T$	=	看跌期权多头 P_0 标的资产多头 S_0 看涨期权空头 $-C_0$

3) 美式期权的平价公式

需要指出的是,上文所述的期权平价公式只适用于欧式期权。对于美式期权,只能说是近似地存在这种关系。假设标的资产在合约期内没有现金流发生,则美式看涨期权和美式看跌期权价格之间的关系只能用不等号来表示,即

$$S_0 - K \leq C_a - P_a \leq S_0 - K/(1+r)^T. \quad (4-12)$$

4) 现金流的影响

如果标的资产在合约期间内有现金流进出,那么期权价格会受到影响,期权平价公式也要进行调整。如果标的资产是股票,那么股票红利 D 是现金收入。如果标的资产是债券,那么债券利息 CI 也是现金收入。用 $FV(CF)$ 和 $PV(CF)$ 来统一表示这些现金收入的未来值(T 时)和贴现值(贴现到 $t=0$ 时),那么期权平价公式可以调整为:

$$C_e(K, 0) + K(1+r)^{-T} = P_e(K, 0) + [S_0 - PV(CF)]. \quad (4-13)$$

看涨期权和看跌期权的价格下限也发生变化,表示为:

$$\begin{aligned} C_0 &\geq \max\{0, [S_0 - PV(CF)] - K(1+r)^{-T}\}; \\ P_0 &\geq \max\{0, K(1+r)^{-T} - [S_0 - PV(CF)]\}. \end{aligned} \quad (4-14)$$

如果现金流可以以比率 δ 的形式表示,那么贴现值可以简单地写为 $(1-\delta)^{-T}$ (离散形式)或 $e^{-\delta T}$ (连续形式)。

4.3.1.5 执行价格和到期日的影响

在这一部分,我们利用前文所作的对看涨期权和看跌期权的讨论结果,考察期权的相对定价,也就是两种仅在一个变量上存在差异的期权的大小。在介绍完 Black-Scholes 模型(也可简称为“B-S 模型”)后,可以进行定量化的分析,但是这里的相对定价分析也非常具有启示性。

这里主要考察的是执行价格、到期日对期权价格的影响,其他因素的影响将在介绍完 B-S 模型后进行分析。

1) 执行价格

考察两份欧式看涨期权 $C_e(K_1, 0)$ 和 $C_e(K_2, 0)$ (其中 $K_1 < K_2$), 它们除了在执行价格方

面有差别外,其他性质都相同。为了揭示它们在价格方面的差异,考虑构造一个组合——买入 $C_e(K_1, 0)$, 卖出 $C_e(K_2, 0)$ 。该组合在期权到期日的损益如表 4-9 所示。

表 4-9 看涨期权组合到期日损益

证 券	现在价值($t=0$ 时)	期权到期日各证券的价值($t=T$ 时)		
		$S_T < K_1$	$K_1 \leq S_T \leq K_2$	$S_T > K_2$
买入 $C_e(K_1, 0)$	$C_e(K_1, 0)$	0	$S_T - K_1$	$S_T - K_1$
卖出 $C_e(K_2, 0)$	$-C_e(K_2, 0)$	0	0	$-(S_T - K_2)$
合 计	$C_e(K_1, 0) - C_e(K_2, 0)$	0	$S_T - K_1 \geq 0$	$K_2 - K_1 > 0$

由表 4-9 可知,该组合的价值始终为非负,所以在 $t=0$ 时, $C_e(K_1, 0) - C_e(K_2, 0) \geq 0$, 因此关于执行价格对欧式看涨期权的影响可以得到如下结论:执行价格低的欧式看涨期权的价格不低于执行价格高的欧式看涨期权的价格。从直观上来说,这也非常容易理解,如果看涨期权的执行价格越低,意味着在相同的股票价格情况下,投资者买入标的资产的价格越低,收益越大,所以它的价格会更高一些。

这一结论对美式看涨期权依然成立。假设在到期日前某一时刻 t , 股票价格为 $S_t > K_2$, 则立即执行两个期权的收益分别为 $S_t - K_1$ 和 $-(S_t - K_2)$, 整个组合的收益为 $K_2 - K_1 > 0$, 这说明提前执行期权所产生的现金流不可能是负的,因此该组合在任何时点都不可能产生一个负的现金流, $C_a(K_1, 0) - C_a(K_2, 0) \geq 0$ 。所以,执行价格低的美式看涨期权的价格不低于执行价格高的美式看涨期权的价格。

但是,关于执行价格对看涨期权价格的影响还要注意两点:第一,严格地说,不能认为执行价格越低,看涨期权价格越高。因为当期权处于深度实值状态(deep-in-the-money)或深度虚值状态(deep-out-of-the-money)时,也就是当标的资产价格偏离执行价格距离很大时,当执行价格再变化,期权的价格就几乎没有什么差异,可以认为相等。第二,两种期权的价格差不会超过一定限制。一般而言,执行价格低的期权价格比执行价格高的期权价格高,但是两者之间的价格差不高于两份期权执行价格之间的差。具体而言,对于欧式看涨期权, $(K_2 - K_1)(1 + r)^{-T} \geq C_e(K_1, 0) - C_e(K_2, 0)$; 对于美式看涨期权, $(K_2 - K_1) \geq C_a(K_1, 0) - C_a(K_2, 0)$ 。

对于看跌期权,结论恰好相反。执行价格高的看跌期权价格不低于执行价格低的看跌期权价格。推导的方法和看涨期权相似,构造一个组合——买入一份 $P_e(K_2, 0)$, 卖出一份 $P_e(K_1, 0)$, 且 $K_2 > K_1$ 。

表 4-10 看跌期权组合到期日损益

证 券	现在价值($t=0$ 时)	期权到期日各证券的价值($t=T$ 时)		
		$S_T < K_1$	$K_1 \leq S_T \leq K_2$	$S_T > K_2$
买入 $P_e(K_2, 0)$	$P_e(K_2, 0)$	$K_2 - S_T$	$K_2 - S_T$	0
卖出 $P_e(K_1, 0)$	$-P_e(K_1, 0)$	$-(K_1 - S_T)$	0	0

(续表)

证 券	现在价值($t=0$ 时)	期权到期日各证券的价值($t=T$ 时)		
		$S_T < K_1$	$K_1 \leq S_T \leq K_2$	$S_T > K_2$
合计	$P_e(K_2, 0) - P_e(K_1, 0)$	$K_2 - K_1 > 0$	$K_2 - S_T \geq 0$	0

因此, $P_e(K_2, 0) - P_e(K_1, 0) \geq 0$ 。如果看跌期权的执行价格越高,意味着投资者能以更高的价格卖出标的资产,所以执行价格高的看跌期权更具有吸引力。对于美式看跌期权,情况也是如此。如果 t 时刻股票价格下跌到可以提前执行,必然有 $S_t < K_1$,此时,买入期权 $P_e(K_2, 0)$ 的收益为 $K_2 - S_t$,卖出期权 $P_e(K_1, 0)$ 的收益为 $-(K_1 - S_t)$,所以 $K_2 - S_t - (K_1 - S_t) = K_2 - K_1 > 0$,这意味着执行价格高的美式看跌期权价格不低于执行价格低的美式看跌期权价格。

同样,当两种期权处于深度实值状态或深度虚值状态时,两种期权的价格就几乎没有差异,可以认为相等。而且,两种期权的价格差不会超过两份期权执行价格之间的差。对于欧式看跌期权, $(K_2 - K_1)(1+r)^{-T} \geq P_e(K_2, 0) - P_e(K_1, 0)$; 对于美式看涨期权, $(K_2 - K_1) \geq P_a(K_2, 0) - P_a(K_1, 0)$ 。

2) 到期日

到期日远近对于期权价格的影响比较复杂,这里主要考虑时间价值的影响。

首先考虑美式看涨期权。假设有两份除了到期日不同,其他条件都相同的美式看涨期权—— $C_a(K, T_1)$ 和 $C_a(K, T_2)$, $T_2 > T_1$ 。当 $t = T_1$ 时, $C_a(K, T_1)$ 到期,其价值为 $\max(0, S_{T_1} - K)$ 。此时第二个期权 $C_a(K, T_2)$ 尚有 $T_2 - T_1$ 的时间才到期,它的最小价值为 $\max(0, S_{T_1} - K)$,因此 $C_a(K, T_2) \geq C_a(K, T_1)$,也就是说到期时间越长,美式看涨期权的价格越高。前文已经提到,期权价值为内在价值与时间价值之和,所以对于两份只有到期日不同的看涨期权来说,它们的区别在于时间价值。到期时间越长,时间价值越大。欧式看涨期权的情况与美式看涨期权相似,也是到期日越长,时间价值越大。

从图形上看,在到期日之前,看涨期权的损益图是一根曲线,位于折线之上,如图 4-3 所示;在到期日,看涨期权的损益图是一根折线,如图 4-4 所示。曲线超过折线的部分就意味着时间价值的大小。所以,期限长的那个看涨期权的曲线位于期限短的那个看涨期权之上,也就是说,期限越短,时间价值越小,越靠近到期时的那条折线。也可以认为,随着到期日的临近,曲线逐渐下移,直至到期日与折线重合。

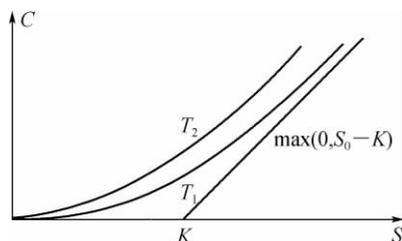


图 4-3 到期日前, $T_2 > T_1$

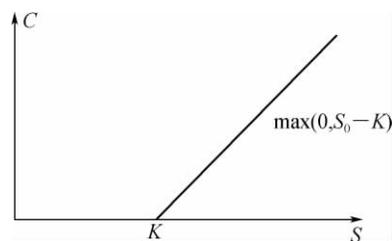


图 4-4 到期日

看涨期权的时间价值随着到期日的长短和股价离执行价格的距离而变化。事实上,投

投资者赋予期权的时间价值取决于其未来股价的不确定性。到期日越长,未来股价越不确定,越有可能上升到很高的水平。另一方面,如果股价非常高使得看涨期权处于深度实值状态(deep-in-the-money),那么在到期日看涨期权很可能是实值的,其不确定性就低,时间价值就小。同样,如果股价非常低使得看涨期权处于深度虚值状态(deep-out-of-the-money),则到期日看涨期权很可能是虚值的,这种不确定性的降低也会导致时间价值减小。但是当股价靠近执行价格时,到期日期权究竟处于实值还是虚值的不确定性很高,所以时间价值就很高。从图形上来看,在到期日之前,位于执行价格附近的时间价值最高,越向两端时间价值越小。当到期日临近时,看涨期权逐渐失去其时间价值(time value decay),期权价格曲线逐渐向内在价值线靠拢,如图 4-5 所示。

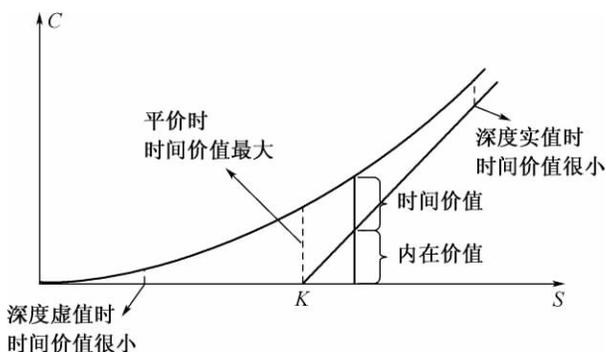


图 4-5 看涨期权的时间价值的变化

对于美式看跌期权,到期日的影响相似。考虑两份美式看跌期权 $P_a(K, T_1)$ 和 $P_a(K, T_2)$, $T_2 > T_1$ 。当 $t = T_1$ 时, $P_a(K, T_1)$ 到期,其价值为 $\max(0, K - S_{T_1})$ 。此时第二个期权 $P_a(K, T_2)$ 尚有 $T_2 - T_1$ 的时间才到期,它的最小价值为 $\max(0, K - S_{T_1})$,因此 $P_a(K, T_2) \geq P_a(K, T_1)$, 也就是说到期时间越长,美式看跌期权的价格越高。如图 4-6 和图 4-7 所示,在到期日之前,看跌期权的损益线是一根曲线,且到期时间长的曲线位于上面;在到期日,看跌期权的损益呈现出折线的样子,而且,当股价位于执行价格附近时,时间价值最大,当股价相对于执行价格非常高或非常低时,其时间价值最小。

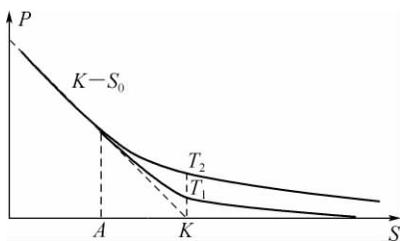


图 4-6 到期日前, $T_2 > T_1$

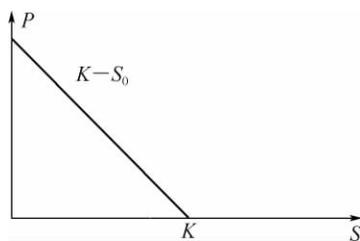


图 4-7 到期日

从图 4-8 上看,当股票价格接近 K 时,时间价值最大,越向两端走,时间价值越低。当股价达到某个较低的水平,如 A 时,立即执行看跌期权是非常有利的,如果此时提前执行期权,则该期权价值为 $K - S_0$,所以期权价格曲线在 A 点左边就与内在价值线重合。但是,对于欧式看跌期权来说,并非到期时间越长期权价格越高。这是因为欧式期权不能提前执行,所以欧式看跌期权持有者就必须等到到期日才能选择是否进行执行期权。如图 4-9 所示,

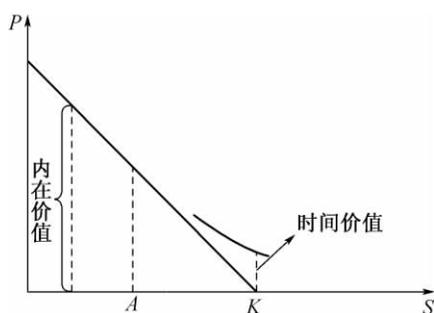


图 4-8 美式看跌期权时间价值的变化

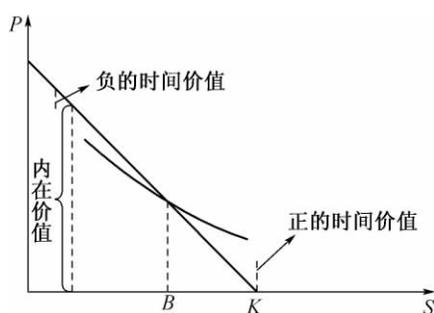


图 4-9 欧式看跌期权时间价值的变化

如果执行期权的话,他能收到 K 数量的现金,这也就意味着他损失了一定的利息。所以究竟欧式看涨期权的价格随到期日长短呈现怎样的变化,还要取决于两个因素的综合。从时间价值上来看,时间越长,时间价值越大。但是,从利息损失的角度来看,时间越长,损失越大。通常情况下,时间价值占主导作用,所以到期日越远,欧式看跌期权价格越高。从欧式看跌期权的价格变化线上看,当股价低于 B 时,期权的价格甚至低于它的内在价值,此时产生了负的时间价值。

例 4-6

下列关于期权时间价值的表述,哪一项是正确的?

- A. 如果期权到期日相同,那么深度虚值期权的价值比平价期权高;
- B. 如果期权到期日相同,那么深度实值期权的价值比平价期权高;
- C. 如果期权到期日相同,那么平价期权的价值比深度实值期权和深度虚值期权都要高;
- D. 平价期权没有时间价值。

答案:C

平价期权的时间价值最高。

4.3.1.6 期货期权与远期期权

在交易所内,存在以期货合约为标的资产的期权;而在场外市场,还存在以远期合约为标的资产的期权。由于期货合约与远期合约非常相似,所以在本节中我们把它们放在一起讨论,重点分析一下这类期权的价格上下限、平价公式以及提前执行的问题。

1) 期货期权的价格上下限

假设利率不变,这样,远期合约和期货合约在定价方面就相同了,我们就只考虑期货合约的定价。

用 F_T 表示到期日期货的价格,那么到期日看涨期权和看跌期权的损益表达式为:

$$C_T = \max(0, F_T - K), \quad P_T = \max(0, K - F_T)。$$

这和其他资产为标的物的期权合约没什么区别,只不过将 S_T 替换为 F_T 而已。

四种期货期权的价格上下限如表 4-11 所示。只是由于美式期权存在提前执行的可能,我们它的下限确定为它的内在价值。

表 4-11 四种期货期权的价格上下限

期 权	最 大 值	最 小 值	下 限
欧式期货看涨期权	F_0	0	$\max[0, (F_0 - K)(1+r)^{-T}]$
美式期货看涨期权	F_0	$\max(0, K - F_0)$	$\max(0, F_0 - K)$
欧式期货看跌期权	$K(1+r)^{-T}$	0	$\max[0, (K - F_0)(1+r)^{-T}]$
美式期货看跌期权	K	$\max(0, K - F_0)$	$\max(0, K - F_0)$

2) 期货期权的平价公式

欧式期货看涨期权和看跌期权之间的平价关系也可以用与一般期权同样的方法推导出来。考虑两个组合 A 和 B。

组合 A: 期货看涨期权多头 + 零息债券多头(面值为 $K - F_0$)；

组合 B: 期货看跌期权多头 + 期货合约多头。

表 4-12 组合 A 的价值

组合 A	现在价值($t=0$ 时)	期权到期日各证券的价值($t=T$ 时)	
		$S_T < K$	$S_T > K$
期货看涨期权多头	$C_e(K, 0)$	0	$S_T - K$
无风险债券多头	$(K - F_0)(1+r)^{-T}$	$K - F_0$	$K - F_0$
合 计	$C_e(K, 0) + (K - F_0)(1+r)^{-T}$	$K - F_0$	$S_T - F_0$

表 4-13 组合 B 的价值

组合 B	现在价值($t=0$ 时)	期权到期日各证券的价值($t=T$ 时)	
		$S_T < K$	$S_T > K$
期货看跌期权多头	$P_e(K, 0)$	$K - S_T$	0
期货多头	0	$S_T - F_0$	$S_T - F_0$
合 计	$P_e(K, 0)$	$K - F_0$	$S_T - F_0$

由于两个组合在到期日的损益相同, 所以它们在期初的价值也应相等, 即

$$C_e(K, 0) + (K - F_0)(1+r)^{-T} = P_e(K, 0)。 \quad (4-15)$$

可以写成我们比较熟悉的样子, 如:

$$C_e(K, 0) + K(1+r)^{-T} = P_e(K, 0) + F_0(1+r)^{-T}。 \quad (4-16)$$

而一般期权的平价公式为：

$$C_e(K, 0) + K(1+r)^{-T} = P_e(K, 0) + S_0。 \quad (4-17)$$

所以，两者的差别就在最后一项。

例 4-7

假设期货期权的执行价格为 90 美元，期限为 2 年，无风险利率为 5%。看涨期权价格为 15.25 美元，看跌期权价格为 4.88 美元。利用期权平价公式确定期货价格。

答案：由题意可知 $K=90, T=2, r=5\%, C=15.25, P=4.88$ ，代入平价公式 $C_e(K, 0) + K(1+r)^{-T} = P_e(K, 0) + F_0(1+r)^{-T}$ 中，得到 $F=101.43$ (美元)。

3) 美式期权的提前执行问题

对于一般的美式期权，我们已经得到了以下结论：如果标的资产不支付红利，那么美式看涨期权就不要提前执行；如果标的资产支付红利或利息，那么在支付之前，也许可以考虑提前执行；对于美式看跌期权，当标的资产价格较低时，可以提前执行。

对于期货期权或远期期权，上述结论要做一定的修正。

当美式期货看涨期权或看跌期权处于深度实值状态时，可以考虑提前执行。因为如果投资者提前执行期货看涨期权，可以得到期货多头头寸。由于此时期货价格较高，期货保证金账户中将有结余，因此可以赚取利息。同理，如果是一份美式期货看跌期权，提前执行期权可以得到期货空头头寸，也能通过保证金账户获得利息收入。因为美式期货期权的这一优势，美式期货期权的价格要比欧式期货期权高。

但是，由于远期合约没有盯市的规定，所有盈余要等到到期日才进行结算，所以上述结论就不能对远期期权合约成立，也就没有提前执行远期期权的必要性。这样，美式远期期权就和欧式远期期权无甚区别了。

例 4-8

下列关于期货期权的表述哪一项是正确的？

- A. 一份美式看涨期权在价值上等于一份欧式看涨期权；
- B. 一份美式看跌期权在价值上等于一份欧式看跌期权；
- C. 期权平价公式对于美式期权和欧式期权都适用；
- D. 以上都不正确。

答案：D

美式期货期权可以提前执行，这使得美式期货期权的价格比同等条件下的欧式期货期权更高。所以美式期权也不满足期权平价公式。

4.3.2 期权价格的影响因素

最后，我们简要地讨论一下影响期权价格的几个因素。在第 11 章中，我们将详细介绍期权价格中的影响因素，也称为期权中的希腊字母(option Greeks)，结合这些希腊字母可以帮助我们更好地理解期权价格的决定因素以及对其进行风险对冲的方法。但在这里，我们

需要了解的是这些影响因素是什么及其对期权价格的影响方向。

4.3.2.1 标的资产价格

期权价格与标的资产价格之间的关系可以从图 4-10 中反映出来。对于看涨期权而言,标的资产价格越高,期权价格越高;对于看跌期权而言,标的资产价格越高,期权价格越低。

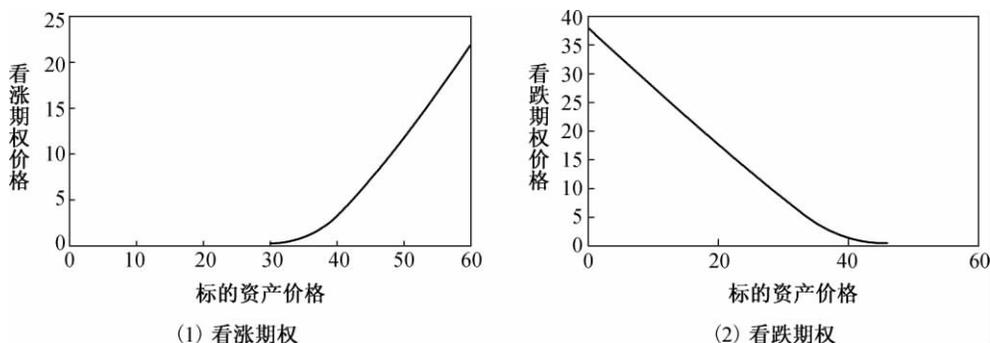


图 4-10 期权价格与标的资产价格之间的关系 ($X=40, r=0.1, \sigma=0.2, T=0.5$)

4.3.2.2 执行价格

在前文,我们已经利用相对定价的方法探讨了执行价格对于期权价格的影响。如果忽略深度实值期权和深度虚值期权的特例,基本可以得到这样的结论:对于看涨期权,执行价格越低,期权价格越高;对于看跌期权,执行价格越高,期权价格越高。图 4-11 表明了这两者之间的关系。

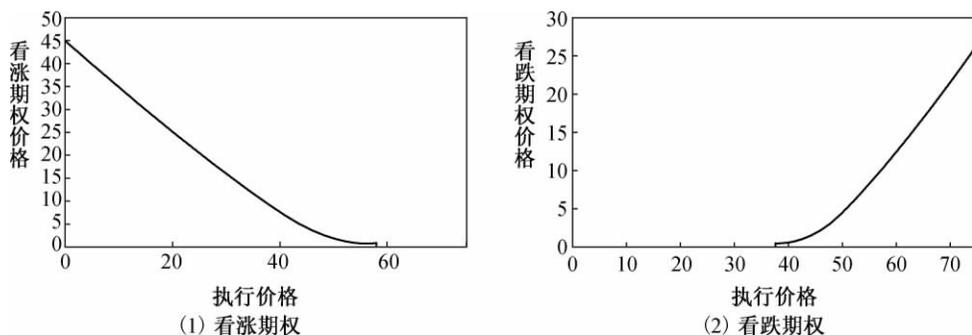
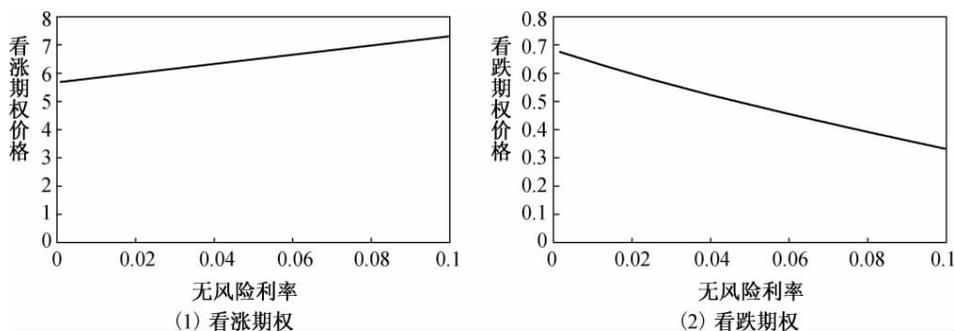


图 4-11 执行价格和期权价格之间的关系 ($S=45, r=0.1, \sigma=0.2, T=0.5$)

4.3.2.3 无风险利率

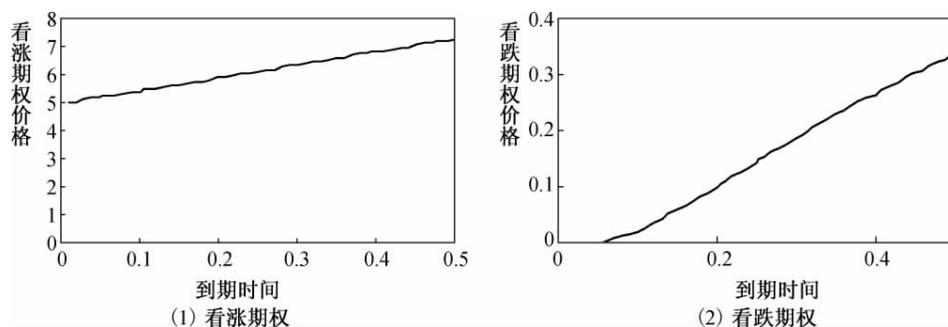
B-S 模型采用的是连续无风险利率。对于看涨期权,无风险利率越大,期权价格越高;看跌期权则相反,无风险利率越小,期权价格越低。图 4-12 表示的就是期权价格与无风险利率之间的关系,从中可以发现,随着无风险利率从 0.01 到 0.1 变化,期权价格的变化程度并不大,这说明期权价格对于无风险利率的敏感度并不高。

图 4-12 期权价格与无风险利率之间的关系 ($S=45, K=40, \sigma=0.2, T=0.5$)

4.3.2.4 到期日

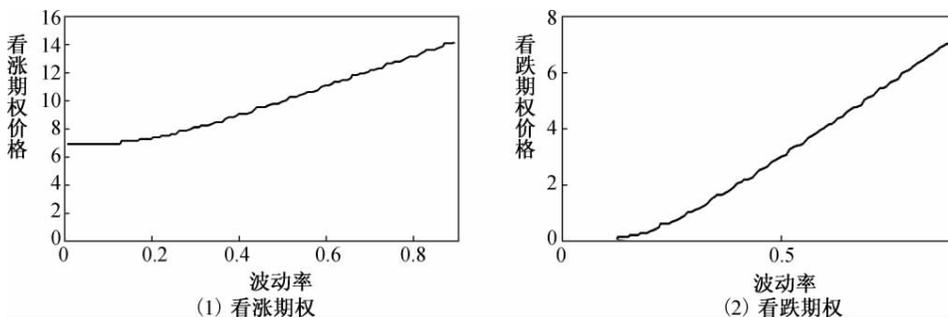
在前文我们已经得到关于到期日对期权价格影响的结论。除了欧式看跌期权，期权到期时间越长，期权价格越高。欧式看跌期权的价格与到期时间的关系并不确定。

(这里需要澄清一下可能的误解：对于两份条款相同、只有到期日有区别的期权，到期期限越长的期权价格越高，因为它所包含的时间价值高。对于同一份期权，它的时间价值随着到期日的临近而逐渐耗损，直至到期日那天为零，期权价值等于于内在价值。不同的书籍和考试可能对此表述不一，实际上这只是关于时间价值表述的两个不同角度)

图 4-13 期权价格与到期时间之间的关系 ($S=45, K=40, r=0.1, \sigma=0.2$)

4.3.2.5 波动率

波动率是期权定价中的关键因素，如图 4-14 所示，期权价格对于标的资产价格波动率相当敏感。无论是看涨期权还是看跌期权，随着波动率的增加，期权价格都将增加。

图 4-14 期权价格与波动率之间的关系 ($S=45, K=40, r=0.1, T=0.5$)



第 5 章

互换市场和互换合约

5.1 互换合约的类型

5.1.1 利率互换

我们首先介绍一种最为基本的互换交易,称为简单利率互换(interest rate swaps)(也被称为香草利率互换 plain vanilla interest rate swap)。在此类利率互换中,交易双方交换的是以相同货币计量的现金流。如果一方支付固定利率,另一方支付浮动利率,那么这就被称为简单利率互换。事实上,在全球金融体系中,简单利率互换是运用最为普遍的衍生工具。

需要注意的是,因为交易双方支付的都是以相同货币计量的现金流,所以只需支付利息,没有必要交换名义本金,而且,只有一方需要支付利息差额给交易对家(也称为净额结算, netting),这样就可以大大降低信用风险。

让我们来看一个利率互换的例子。在某年的 12 月 15 日,GE 想向美国银行借一笔 2 500 万美元一年期分四个季度付息的贷款。利率为 LIBOR+25 bps,付息日分别为 3 月、6 月、9 月和 12 月的 15 日,年末偿还本金。

GE 担心将来利率会上升,所以 GE 更喜欢以固定利率借贷。这时候 JPM 银行正好愿意以接受浮动利率,支付固定利率的方式与 GE 进行互换,JPM 互换收到的固定利率是 6.2%,JPM 愿意支付的浮动利率为 LIBOR。固定利息以 90/365 天计算,浮动利息以

90/360天计算。假设现在的 LIBOR 为 5.9%，所以，第一次 GE 支付给 JPM 的固定利息为 382 192 美元($25\,000\,000 \times 0.062 \times (90/365) = 382\,192$)，而 JPM 支付给 GE 的浮动利息为 368 750 美元($25\,000\,000 \times 0.059 \times (90/360) = 368\,750$)，以后的利息支付以此类推。这里需要注意的是，浮动利息的计算要根据每个交换期期初的 LIBOR 来确定，所以在每个交换期开始的时候，交易双方就已经知道将要支付给对方的金额，但只有到交换期末才真正收到现金流。当然，双方从始至终都不需要交换名义本金。

图 5-1 描述了这项互换交易的过程。GE 支付给美国银行 LIBOR+25 bps 的浮动利息，并支付给 JPM 6.2% 的固定利息，同时，从 JPM 那里收到 LIBOR 的浮动利息。所以，对 GE 的净效应为 GE 为了借款支付了 6.45% ($6.2\% + 0.25\% = 6.45\%$) 的固定利率。

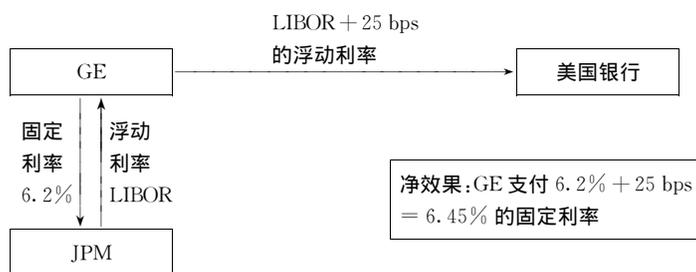


图 5-1 用利率互换把浮动利率贷款转换成固定利率贷款

需要注意的是，JPM 通过互换获得 6.2% 利率的同时还要支付 LIBOR，因此 JPM 就存在 LIBOR 上升的风险。JPM 为了消除这一风险，可以引入其他交易对冲风险，例如欧洲美元期货等其他管理利率风险的产品。由于 LIBOR 每变动一个基点，欧洲美元期货价格将变动 25 美元，JPM 可以通过计算它的头寸对 LIBOR 变动的敏感度来卖出一定数量的欧洲美元期货对冲利率风险。当然，美国银行也同样面临 LIBOR 的风险，但是在银行系统中，银行存款业务和贷款业务都是用 LIBOR 或者类似的浮动利率进行衡量的，所以可以构成自然的对冲。

事实上，GE 可能得到更优惠的利率，因为利率互换本身存在一些信用风险，例如 JPM 违约。为了在利率中体现这个风险，GE 可以在互换交易中支付比自己筹资更低的固定利率。JPM 是一个有效的风险输出者，他以他本身坚实的财务实力与 GE 这样的公司做风险买卖，交易者获利于利率的差价。然而，互换市场的竞争是非常激烈的，所以差价空间非常小。当然，这种竞争对最后的参与者有好处。

5.1.2 货币互换

在货币互换(currency swaps)中，交易双方彼此支付以不同货币借款的利息。举个例子，美国 TGT 公司之前在欧洲从来没有业务。TGT 决定在德国开几家分店，需要 900 万欧元资金。TGT 想发行 900 万欧元的固定利率债券，但是因为 TGT 在欧洲并不知名，所以欧洲投资银行给 TGT 的筹资成本比较高。位于欧洲的 DB 公司告诉 TGT 说 DB 打算发行美元债券，并与 TGT 进行互换交易从而把美元债券转换成欧元债券。

假定 TGT 发行 5 年期 1 000 万利率为 6% 的美元债券，然后将它与 DB 进行互换。在接下来的五年中，在每年的 3 月 15 日与 9 月 15 日，DB 支付给 TGT 固定利率 5.5% 的美元

利息,同时 TGT 支付给 DB 固定利率 4.9% 的欧元利息。支付的名义本金以 1 000 万美元与 900 万欧元为基础。TGT 和 DB 再假定互换开始于今年的 9 月 15 日。双方在期初和期末各交换一次名义本金。因为互换的是不同的货币,所以没有必要计算利息差额,双方各自独立地支付现金流。

互换的步骤如下:

9 月 15 日:DB 支付给 TGT 900 万欧元;TGT 支付给 DB 1 000 万美元。

五年中每年 3 月 15 日与 9 月 15 日:DB 支付 TGT 27.5 万美元($1\,000 \times 0.055 \times (180/360) = 27.5$);TGT 支付 DB 22.05 万欧元($900 \times 0.049 \times (180/360) = 22.05$)。(值得注意的是,有些合约是以 365 天为基数来计算利息支出的)

五年后的 9 月 15 日:DB 支付给 TGT 1 000 万美元;TGT 支付给 DB 900 欧元。

图 5-2 具体描述了这一交易过程。TGT 发行了美元债券,把得到的美元支付给 DB,然后 DB 给 TGT 所需要的 900 万欧元。在每个付息日,TGT 要支付 30 万美元利息给债券持有人,支付 DB 22.05 万欧元利息,同时还从 DB 那里得到 27.5 万美元利息。在交易期末,TGT 从 DB 那里收回 1 000 万美元本金,把它交还给债券持有人,同时支付给 DB 900 万欧元本金。

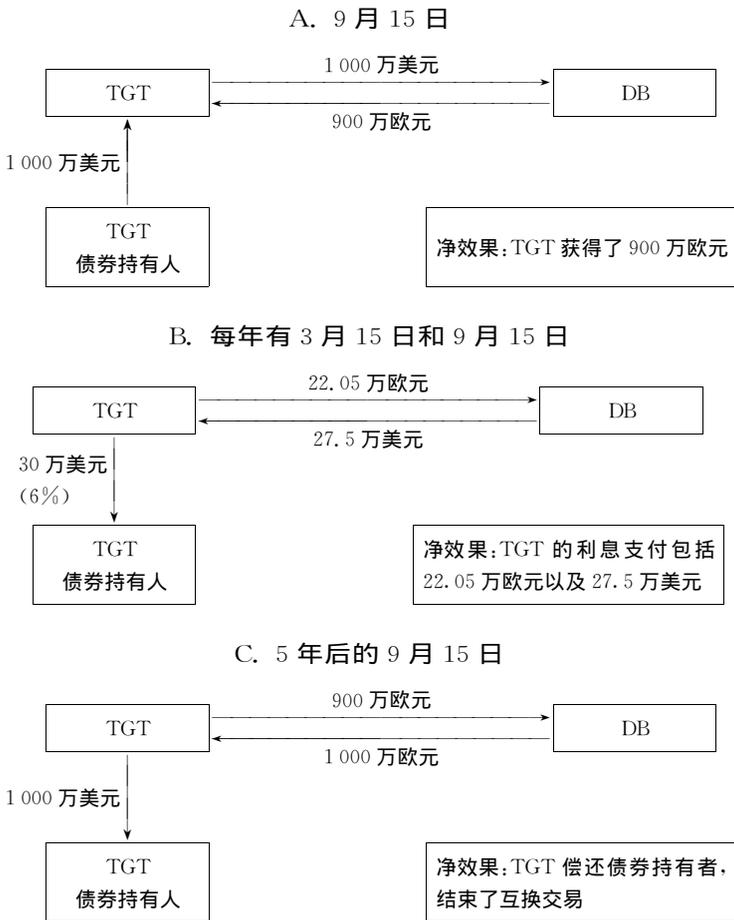


图 5-2 用货币互换把发行的美元债券转换成欧元债券

TGT 通过这种方式把美元债券转换成欧元债券,降低了本身直接进行欧元筹资的利息费用,因为 TGT 在美国比在欧洲更有知名度。而 DB 在欧洲比较有知名度,因此 DB 可以发挥其在欧洲资本市场上的优势,与 TGT 进行货币互换交易。另外,需要指出的是如果 TGT 自己发行欧元债券,将不会有信用风险。但是 TGT 通过进行货币互换交易来发行欧元债券,它就会承担 DB 的违约风险。因此,TGT 虽然节省了一定的利息支出,但是却承担了一定的信用风险。

我们再看一个例子,例如,假定许多年以后,TGT 每年可以产生 1 000 万欧元的现金流,每年 1 月 15 日和 7 月 15 日要把这些欧元现金流转换成美元。TGT 当然希望通过货币互换锁定住汇率,即每年支付对方 1 000 万欧元的同时,能够得到固定收入的美元。如果欧元的固定利率是 5%,则 40 000 万欧元的名义本金可以产生 1 000 万欧元($0.05 \times (180/360) \times 40\,000 = 1\,000$)的利息。如果汇率是 0.85 美元/欧元,则等值的美元本金为 34 000 万元。如果美元的固定利率为 6%,TGT 将收到 1 020 万美元($0.06 \times (180/360) \times 34\,000 = 1\,020$)的现金流。这些支付在交易期间每年发生两次。TGT 通过互换锁定住了汇率,从而每年 1 月 15 日与 7 月 15 日可以获得固定的美元收入。通常这种类型的货币互换不需要交换名义本金。

以上介绍的例子都是属于固定利率对固定利率的货币互换,事实上,货币互换共有四种可能的互换形式。

- 美元固定利率对欧元固定利率;
- 美元固定利率对欧元浮动利率;
- 美元浮动利率对欧元固定利率;
- 美元浮动利率对欧元浮动利率。

互换的交易方可以根据自己的现金流状况和实际需求选择合适的货币互换形式。

5.1.3 股票互换

到目前为止,我们讨论的利率都是利息率,而且互换中至少含有一个会变动的利率(浮动利率)。在股票互换(equity swaps)中,我们将讨论的是股票回报率或者股票指数的回报率与固定利率的互换。这个特点使得股票互换有两个地方不同于前面讲述的利率互换和货币互换。

第一,支付固定利息的一方在支付固定利息的同时也有可能再支付基于股票回报率的可变现金流。假定交易方 A 与交易对象 B 进行股票互换,A 支付股票回报率并获得固定利息支付,例如,他支付给交易对象 B 基于标准普尔 500 指数的回报率,交易对象 B 支付给他固定利率。假定标准普尔 500 指数上升,股指回报率就是正的,交易对象 A 就得支付给交易对象 B 这个股指回报率。可是如果标准普尔 500 下降,股指回报率就是负的,意味着交易对象 A 要支付负的标准普尔 500 回报率给 B,也就是说他可以从交易对象 B 那里获得正的回报率。比如,标准普尔 500 下降 1%,交易对象 B 就要支付给交易对象 A 1%的回报率再加上固定利率。所以对于交易对象 B,或者说对于想收到股票回报率的一方,有可能结果不仅要支付固定利率,还要支付一定的股票回报率。

第二,在股票互换中,支付的数量一般要到结算期末才能确定,因为股票回报率只有到期末才能知道,但在利率互换和货币互换中,浮动利率在期初就被确定了。

还有一个重要的不同,就是股票互换的回报率包括股利和资本利得。在利率互换和货币互换中,资本利得是不被支付的;而在股票互换中,资本利得也将被考虑在被交换的收益之中。最后我们还注意到,在一些股票互换中,名义本金会随着股票指数的变化而发生变化。

股票互换普遍地被用于资产管理中。假定在12月的最后一天,VAAPX想卖掉1亿美国某大型公司股票,并投资于一项固定收益资产中。股票互换可以让VAAPX非常容易地在支付标准普尔500回报率的同时,收到固定利息收益。支付将在一年中的3月、6月、9月以及12月进行。

假设这项互换VAAPX将与MWD进行。互换的名义本金为1亿美元,在一年的3月、6月、9月以及12月最后一天,VAAPX支付给MWD标准普尔500指数的回报率,而MWD支付给VAAPX固定利息。MWD报出互换固定利率为6.5%。假设一年用365天计算,则固定利息利率的支付为:

$$\begin{aligned} 3月31日: & 100\,000\,000 \times 0.065 \times (90/365) = 1\,602\,740 (\text{美元}); \\ 6月30日: & 100\,000\,000 \times 0.065 \times (91/365) = 1\,620\,548 (\text{美元}); \\ 9月30日: & 100\,000\,000 \times 0.065 \times (92/365) = 1\,638\,356 (\text{美元}); \\ 12月31日: & 100\,000\,000 \times 0.065 \times (92/365) = 1\,638\,356 (\text{美元}). \end{aligned}$$

假定标准普尔500指数在去年的12月31日为3517.76,今年的3月31日为3579.12,则指数回报率为0.0174($3579.12/3517.76 - 1 = 0.0174$)。所以,VAAPX必须支付给MWD1740000美元($100\,000\,000 \times 0.0174 = 1\,740\,000$)。在实际操作中,互换双方只要支付股票回报率与固定利率的差额就行了。

假定在6月30日,指数降到3452.78,则第二季度的回报率为-3.53%($3452.78/3579.12 - 1 = -0.0353$)。这3.53%是投资股票的损失,通过互换,VAAPX已经规避了投资股票的损益,因此这项损失必须由MWD来补偿,则MWD不仅需要支付VAAPX1620548美元的固定利息,还要支付给VAAPX3530000($100\,000\,000 \times 3.53\% = 3\,530\,000$)股票的投资损失。

图5-3描述了VAAPX和MWD互换的过程。需要注意到,其实对于VAAPX来说,这项交易并不完美,因为他本身持有的大型公司的股票和标准普尔500回报率并不是完全可替代的,所以,VAAPX可能要求MWD提供支付的互换利率是基于VAAPX想卖出的资产的,然而,MWD却又想降低固定利率支付而抬高VAAPX对MWD的支付利率。

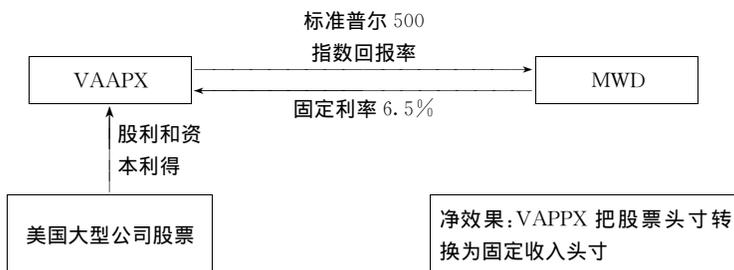


图5-3 VAAPX用股票互换把股票头寸转换为固定收入头寸

5.1.4 商品互换以及其他类型的互换

就像货币、利率和股票可以用来构造互换交易，商品也能用来构造互换交易，称为商品互换(commodity swaps)。例如，航空公司可以通过互换来锁定未来飞机燃油的购买支出，它可以和互换对家达成协议，即在未来预定的日子支付给对方固定的现金流，从而获得以当前飞机燃油市场价计算的浮动收入。金矿公司可以通过互换锁定未来金矿的运输价格，还有其他类似的商品，比如天然气和贵金属，也可以通过互换锁定未来的买卖价。还有一些不可存储的商品，比如电和气候，也能运用互换交易。在气候互换中，支付中含有特殊气候的因素，比如降雨量、降雪量以及与气候有关的损失量。

5.2 互换合约的定价

5.2.1 利率互换的定价

给利率互换定价，就是计算能使固定利率支付的现金流的现值与浮动利率支付的现金流的现值相等的固定利率，这将使得初始时点互换的市场价值为零。上文提到，在利率互换中，因为双方的名义本金都是一样的，在期初和期末都不用支付名义本金，但是，在这里为了便于理解，我们假设双方都有支付名义本金，这样就可以把互换双方看成是固定利率债券持有人和浮动利率债券的持有人。

假设互换的名义本金为 1 美元，则以固定利率支付的现金流的现值为：

$$FS(0, n, m) \sum_{j=1}^n B_0(h_j) + 1 \times B_0(h_n). \quad (5-1)$$

其中： $FS(0, n, m)$ 代表从 0 时点开始 n 段间隔每隔 m 天基于 1 美元本金的固定利息支付； $B_0(h_n)$ 为 n 时点在 0 时点的现值系数。

现在我们计算以浮动利率支付的现金流的现值，我们假定使用的是浮息票据。由于浮息票据在每个利率的确定日(reset day)，其未来价值的现值等于其面值，因此 1 美元面值的浮息票据在 0 时点的现值就是 1 美元。

我们所要做的就是让固定利率支付的现金流现值和浮动利率支付的现金流现值相等，

即 $FS(0, n, m) \sum_{j=1}^n B_0(h_j) + 1 \times B_0(h_n) = 1.0$ ，则可以得出：

$$FS(0, n, m) = \frac{1.0 - B_0(h_n)}{\sum_{j=1}^n B_0(h_j)}. \quad (5-2)$$

至此，我们就算出了互换的价格。

让我们看一个例题来更好地理解这个公式，考虑一个一年期按季度支付的互换交易。支付日分别为第 90 天、第 180 天、第 270 天以及第 360 天。按年计算的 LIBOR 的即期利率

为： $L_0(90)=0.0345$ ； $L_0(180)=0.0358$ ； $L_0(270)=0.0370$ ； $L_0(360)=0.0375$ 。则现值系数为：

$$B_0(90) = \frac{1}{1 + 0.0345 \times (90/360)} = 0.9914;$$

$$B_0(180) = \frac{1}{1 + 0.0358 \times (180/360)} = 0.9824;$$

$$B_0(270) = \frac{1}{1 + 0.0370 \times (270/360)} = 0.9730;$$

$$B_0(360) = \frac{1}{1 + 0.0375 \times (360/360)} = 0.9639.$$

固定支付的利率就为：

$$FS(0, n, m) = FS(0, 4, 90) = \frac{1 - 0.9639}{0.9914 + 0.9824 + 0.9730 + 0.9639} = 0.0092.$$

所以，对于 1 美元的名义本金，每个季度必须支付 0.0092 美元的固定利息。我们也可以得出相对应的年利率，即 $0.0092 \times (360/90) = 0.0368$ 。如果名义本金为 3 000 万美元，则每次支付为 $0.0092 \times 30\,000\,000 = 276\,000$ (美元)。

现在我们换一个例子来看如何在互换合约订立了一段时间后对其合约的价值进行计算。假定我们已经处在互换交易期间，从互换初始时点开始算起已经过了 60 天。在这第 60 天，我们将要面对 LIBOR 新的期限结构，因为我们将要分别在 30 天后、120 天后、210 天后以及 300 天后支付现金流。如果即期利率为： $L_{60}(30)=0.0425$ ； $L_{60}(120)=0.0432$ ； $L_{60}(210)=0.0437$ ； $L_{60}(300)=0.0444$ 。那么新的贴现率为：

$$B_{60}(90) = \frac{1}{1 + 0.0425 \times (30/360)} = 0.9965;$$

$$B_{60}(180) = \frac{1}{1 + 0.0432 \times (120/360)} = 0.9858;$$

$$B_{60}(270) = \frac{1}{1 + 0.0437 \times (210/360)} = 0.9751;$$

$$B_{60}(360) = \frac{1}{1 + 0.0444 \times (300/360)} = 0.9643.$$

对于互换合约的某一方，互换合约的价值等于他收到的本息和减去他付出的本息和，所以对于固定利息支付方来说，互换合约对于他的价值等于他收到的浮动利率本息和减去他支付的固定利率本息和；而浮动利息支付方的互换合约价值恰好相反。因此，我们要分别计算固定利率本息和与浮动利率本息和。

假定我们是支付固定利息并获得浮动利息的那方，名义本金依然是 1 美元，用图 5-4 来表示，则固定利息支付与本金的支付在第 60 天后的今天的现值为：

$$0.0092 \times (0.9965 + 0.9858 + 0.9751 + 0.9643) + 1.0 \times (0.9643) = 1.0004.$$

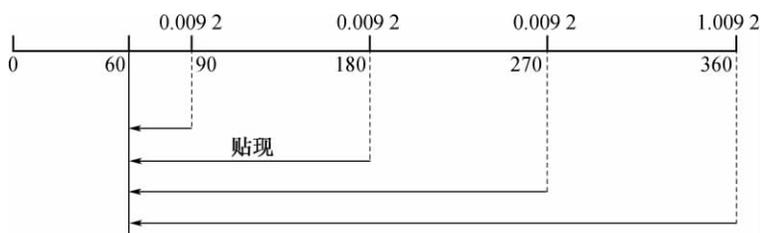


图 5-4 固定利率本息和贴现

现在我们来计算以浮动利率支付方的价值,在 0 时点我们已经知道了 90 天的 LIBOR 为 3.45%。所以第一次的浮动利息支付为 $0.0345 \times (90/360) = 0.0086$ 。而剩下的浮动利息支付与本金在第 90 天的价值为其面值 1 美元,所以我们将 $1.00 + 0.0086 = 1.0086$ 往前折现 30 天得到其在第 60 天的现值,即 $1.0086 \times 0.9965 = 1.0051$ 。如图 5-5 所示。

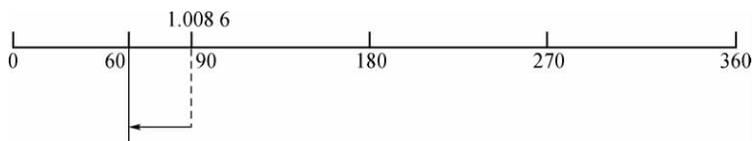


图 5-5 浮动利率本息和贴现

固定利息支付与名义本金的现值为 1.0004,浮动利息支付与名义本金的现值为 1.0051。所以,每 1 美元名义本金的互换的价值为 $0.0047 (1.0051 - 1.0004 = 0.0047)$ 。当名义本金为 3 000 万美元时,互换的价值为 141 000 美元 ($3\,000 \times 0.0047 = 141\,000$)。

需要注意的是,上述互换交易的价值对支付固定利息的一方是正的(盈利),因此,如果从支付浮动利息的一方来看就是负的(亏损)。

5.2.2 货币互换的定价

上面论述提到,货币互换分为四种:

- 1) 支付一种货币的固定利率,收入另一种货币的固定利率;
- 2) 支付一种货币的固定利率,收入另一种货币的浮动利率;
- 3) 支付一种货币的浮动利率,收入另一种货币的固定利率;
- 4) 支付一种货币的浮动利率,收入另一种货币的浮动利率。

在决定互换的固定利率时,有一点我们必须明确,固定利率就是在合约开始时使支付固定(浮动)现金流的现值与收入浮动(固定)现金流的现值相等的利率。当然在第四种货币互换中,因为支付都是基于浮动利率的,所以没有必要确定固定利率。但是在货币互换中有两种货币的名义本金,我们可以假设国内货币的名义本金为单位 1,通过除以汇率,可以得到等值的国外货币。

现在让我们来考虑第一种货币互换,即我们按一种固定利率支付国外货币,并按另一种固定利率获得国内货币。这两种利率是多少呢?我们将会看到其实它们就是在各自国家中的简单利率互换中的固定利率。

我们知道,在简单利率互换中,固定利率就是国内货币债券的票面利率,这个固定利率使得固定利息与名义本金支付的总金额的现值等于 1 个单位的国内货币。同理,国外货币的固定利率也是使得国外货币固定利息与名义本金支付的总金额的现值等于 1 个单位的国外货币。对于国外货币的支付,我们将它乘以一个即期汇率 S_0 ,从而把国外货币的价值转换为用国内货币表示的价值。这时我们就得到国内 1 个货币单位的名义本金与国外货币用国内货币表示的名义本金 $1/S_0$ 。(这种算法同样可以运用到货币互换的第二、第三以及第四种方法)。

在前面给互换利率定价的例子中,我们给出了一个一年期按季度支付的国债的利率期限结构。我们得出每次支付的固定利率为 0.009 2,即一年的利率为 3.68%。现在我们来查看货币互换的例子,我们假设国内货币为美元,国外货币为瑞士法郎。汇率为 0.8 美元/瑞士法郎。对美元国债我们假设用与前面相同的期限结构: $L_0(90)=0.034 5$; $L_0(180)=0.035 8$; $L_0(270)=0.037 0$; $L_0(360)=0.037 5$ 。瑞士法郎国债的期限结构为 $L_0^{SF}(90)=0.052 0$; $L_0^{SF}(180)=0.054 0$; $L_0^{SF}(270)=0.055 5$; $L_0^{SF}(360)=0.057 0$ 。

则瑞士法郎贴现系数为:

$$B_0^{SF}(90) = \frac{1}{1 + 0.052 0 \times (90/360)} = 0.987 2;$$

$$B_0^{SF}(180) = \frac{1}{1 + 0.054 0 \times (180/360)} = 0.973 7;$$

$$B_0^{SF}(270) = \frac{1}{1 + 0.055 5 \times (270/360)} = 0.960 0;$$

$$B_0^{SF}(360) = \frac{1}{1 + 0.057 0 \times (360/360)} = 0.946 1。$$

从而我们可以得出固定支付的利率:

$$FS^{SF}(0, n, m) = FS^{SF}(0, 4, 90) = \frac{1 - 0.946 1}{0.987 2 + 0.973 7 + 0.960 0 + 0.946 1} = 0.013 9。$$

这就是针对 1 个单位的瑞士法郎为名义本金支付的每期利率。我们可以很容易将其年化后得出固定年利率为 $0.013 9 \times (360/90) = 0.055 6$ 或者 5.56%。

我们的货币互换包含了美元计价的固定利率 3.68% 和瑞士法郎计价的 5.56%。各自的名义本金分别为 1 美元和 1.25 瑞士法郎 ($1/0.8 = 1.25$)。总之,四种货币互换类型的支付为:

互换 1: 支付 3.68% 固定美元利息, 收入 5.56% 固定瑞士法郎利息;

互换 2: 支付 3.68% 固定美元利息, 收入浮动瑞士法郎利息;

互换 3: 支付浮动美元利息, 收入 5.56% 固定瑞士法郎利息;

互换 4: 支付浮动美元利息, 收入浮动瑞士法郎利息。

在每种情况中,名义本金都是 1 美元和 1.25 瑞士法郎。

现在我们按照利率互换的例子再把时间往后推 60 天。在利率互换一节中,我们已经讨论了新的美元国债的期限结构。而假设新的瑞士法郎国债期限结构为: $L_{60}^{SF}(30) = 0.060 0$;

$L_{60}^{SF}(120)=0.0615$; $L_{60}^{SF}(210)=0.0635$; $L_{60}^{SF}(300)=0.0653$ 。从而新的贴现系数为:

$$B_{60}^{SF}(90) = \frac{1}{1 + 0.0600 \times (30/360)} = 0.9950;$$

$$B_{60}^{SF}(180) = \frac{1}{1 + 0.0615 \times (120/360)} = 0.9799;$$

$$B_{60}^{SF}(270) = \frac{1}{1 + 0.0635 \times (210/360)} = 0.9643;$$

$$B_{60}^{SF}(360) = \frac{1}{1 + 0.0653 \times (300/360)} = 0.9484。$$

假设新的汇率为 0.82 美元。现在我们站在瑞士投资者的角度计算瑞士法郎支付与收入的价值。瑞士法郎固定支付的现值为:

$$0.0139 \times (0.9950 + 0.9799 + 0.9643 + 0.9484) + 1.0 \times (0.9484) \\ = 1.0024 (\text{瑞士法郎})。$$

对于浮动支付的现值,我们可以把第一次支付的利息与 1 美元折现,得到 $(1+0.0139) \times 0.9950 = 1.0079$ 瑞士法郎,则 1.0079 就是浮动支付在第 60 天的现值。

这两个现值都是以 1 元瑞士法郎的名义本金来计算的,因此我们必须把这两个数都乘以 1.25 使其转换成实际名义本金。即

瑞士法郎固定支付现值 $= 1.0024 \times (1.25) = 1.2530$ (瑞士法郎);

瑞士法郎浮动支付现值 $= 1.0079 \times (1.25) = 1.2599$ (瑞士法郎)。

现在我们再把这些数据乘以当前新的汇率 0.82 美元/瑞士法郎。则得到:

以美元计算的瑞士法郎固定支付现值 $= 1.2530 \times 0.82 = 1.0275$ (美元);

以美元计算的瑞士法郎浮动支付现值 $= 1.2599 \times 0.82 = 1.0331$ (美元)。

现在我们就可以计算四种货币互换的价值:

支付固定瑞士法郎,收入固定美元 $= -1.0275 + 1.0004 = -0.0271$;

支付浮动瑞士法郎,收入固定美元 $= -1.0331 + 1.0004 = -0.0327$;

支付固定瑞士法郎,收入浮动美元 $= -1.0275 + 1.0051 = -0.0224$;

支付浮动瑞士法郎,收入浮动美元 $= -1.0331 + 1.0051 = -0.0280$ 。

需要注意的是,算出来的收益都是负数。可以看出,作为瑞士法郎的支付方,进入货币互换交易将会有损失,但是反过来对于互换对家来说,互换却非常有价值,因为他们的收益都是正的。

5.2.3 股票互换的定价

在这一节,我们将讨论三种股票互换的定价:

1) 支付固定利息,收入股票收益;

- 2) 支付浮动利息, 收入股票收益;
- 3) 支付一种股票收益, 收入另一种股票收益。

5.2.3.1 给支付固定利息并收入股票收益的互换定价

现在我们来讨论如何确定第一种股票互换中的固定利息支付。我们可以把第一种股票互换的过程看成如下情况, 其中 $FS(0, n, m)$ 同样表示每次固定利息的支付额:

- 1) 投资 1 美元在股票上;
- 2) 借款需要在互换交易期末归还 1 美元的现值, 期末的时点为 h_n , 所以这个现值数量为 $B_0(h_n)$;
- 3) 在未来每个支付时点, 比如 h_1, h_2 , 支付固定利息 $FS(0, n, m)$ 。

需要注意的是, 这一过程很像发行债券并购买股票。因为在初始时点并没有发生现金的流动, 所以互换的价值为零, 从而上述过程必须满足以下方程:

$$1.0 - B_0(h_n) - FS(0, n, m) \sum_{j=1}^n B_0(h_j) = 0. \quad (5-3)$$

从而我们就可以得出固定利息支付的数值:

$$FS(0, n, m) = \frac{1.0 - B_0(h_n)}{\sum_{j=1}^n B_0(h_j)}. \quad (5-4)$$

我们发现其实这个结果与利率互换、货币互换的固定利息支付是一样的。

5.2.3.2 给支付浮动利息并收入股票收益的互换定价

如果在互换中是支付浮动利息并收入股票收益, 则我们就不需要计算固定利息, 因为这种互换没有涉及到固定利息。当然, 互换的价值在初始时点也为零。

5.2.3.3 给支付一种股票收益并收入另一种股票收益的互换定价

我们用 $S_0(1)$ 和 $S_1(1)$ 代表在 0 时点与 1 时点的股票指数一, 用 $S_0(2)$ 和 $S_1(2)$ 代表在 0 时点与 1 时点的股票指数二。假定我们支付股票指数一的收益并收到股票指数二的收益, 对于投资这两类股票组合我们需要用到一些交易策略。我们可以在 0 时点卖空 1 美元的股票指数一, 然后用收到的钱买 1 美元的股票指数二。在 1 时点, 我们结清股票指数二的头寸, 即收回投资, 并再把 1 美元投资于股票指数一, 同样我们也可以结清股票指数一的头寸。依此类推, 在整个互换过程中, 我们重复地做多一种股票并做空另一种股票。当然, 因为没有固定利息支付, 所以也不用给互换定价。互换的初始价值也为零。

现在让我们来讨论互换在互换未到期期间的市场价值, 也就是把时点往后推移后互换合约的市场价值。

5.2.3.4 确定第一类股票互换的市场价值

就像介绍利率互换和货币互换一样, 我们同样假定这种股票互换期限为 1 年, 分季度支

付固定利息。我们知道,在利率互换中,固定利率支付是 0.009 2,即年利率为 3.68%。这个利率同样是第一种股票互换中的固定利率。

现在把时点往后推 60 天,因此我们将面对新的期限结构。初始时点的股价是 S_0 ,现在的股价为 S_{60} ,则再过 30 天我们将会收到第一次的股票投资收益,数值为 $(S_{90}/S_0) - 1$ 。可以这样设想,在 0 时点我们可以用 1 美元购买 $1/S_0$ 股股票,则在第 60 天我们要想购买同样数量的股票就要花 S_{60}/S_0 ,接着在第一次支付的时点,股票价值将为 S_{90}/S_0 。卖掉股票,得到投资收益 $(S_{90}/S_0) - 1$ 。这个过程可以描述如下:

- 1) 投资 S_{60}/S_0 在股票上;
- 2) 借款需要在互换交易期末归还 1 美元的现值,期末的时点为 h_n ,所以这个现值数量为 $B_{60}(h_n)$;
- 3) 在未来每个支付时点,比如 h_1, h_2 , 支付固定利息 $FS(0, n, m)$ 。

更一般地,如果选择的时点是第 t 天,则互换的市场价值为:

$$\frac{S_t}{S_0} - B_t(h_n) - FS(0, n, m) \sum_{j=1}^n B_t(h_j) \quad (5-5)$$

需要注意的是,所有的贴现系数已经是新的期限结构下的贴现系数。

现在我们用这个公式来计算具体的例子。计算的现时时点同样是互换交易开始后的第 60 天。假设开始时点股票指数是 1 405.72,现在的股票指数是 1 436.59。期限结构的条件与利率互换一节的例子提供的条件相同,即即期利率为: $L_{60}(30) = 0.042 5$; $L_{60}(120) = 0.043 2$; $L_{60}(210) = 0.043 7$; $L_{60}(300) = 0.044 4$ 。那么新的贴现率为:

$$B_{60}(90) = \frac{1}{1 + 0.042 5 \times (30/360)} = 0.996 5;$$

$$B_{180}(180) = \frac{1}{1 + 0.043 2 \times (120/360)} = 0.985 8;$$

$$B_{60}(270) = \frac{1}{1 + 0.043 7 \times (210/360)} = 0.975 1;$$

$$B_{60}(360) = \frac{1}{1 + 0.044 4 \times (300/360)} = 0.964 3。$$

且每期互换的固定利率支付是 0.009 2。则互换的市场价值为:

$$\left(\frac{1\ 436.59}{1\ 405.72} \right) - 0.964 3 - 0.009 2 \times (0.996 5 + 0.985 8 + 0.975 1 + 0.964 3) = 0.021 6。$$

5.2.3.5 确定第二类股票互换的市场价值

我们有两种方法计算第二类股票互换的市场价值。第一种方法需要计算浮动利息与名义本金的现值。就像上一节定价利率互换一样,我们照常用到浮息票据这一概念。我们只要把现在股票的市值减去未来浮动支付的现值,就可以得出互换的价值。对于浮息票据,因为第一次的浮动利息支付为 0.008 6,而在第一次浮动利息支付时将来所有现金流的现值等于 1,所以我们最后得出互换的市场价值为:

$$\left(\frac{1\,436.59}{1\,405.72}\right) - 1.0086 \times 0.9965 = 0.0169。$$

另一种方法更简单。如果支付固定利息并收入股票收益的互换市场价值为 0.0216, 支付浮动利息并收入固定利息的互换市场价值为 -0.0047, 那么我们把这两个互换进行对冲, 则固定利息支付就被抵消, 得到的就是第二种股票互换, 其价值的计算可以由此得到, 即 $0.0216 - 0.0047 = 0.0169$ 。

5.2.3.6 确定第三类股票互换的市场价值

现在我们来计算支付股票指数二的收益并收入股票指数一的收益的互换价值。股票指数一在第 0 天为 1 405.72, 在第 60 天为 1 436.59; 股票指数二在第 0 天为 5 255.18, 在第 60 天为 5 285.73。就像前面介绍的那样, 这种互换可以看成做多股票指数一并做空股票指数二。从而我们可以得出互换头寸的市场价值为:

$$\left(\frac{1\,436.59}{1\,405.72}\right) - \left(\frac{5\,285.73}{5\,255.18}\right) = 0.0161。$$

当然, 所有这些结果都是按 1 美元名义本金计算的, 所以当我们计算股票互换实际的市场价值的时候, 就要把上述结果乘以实际的名义本金的数额。

5.3 互换合约的创新

这一节我们将介绍其他类型的互换。

我们先介绍基点互换(basis swap)。在基点互换中, 双方都支付浮动利息。典型的基点互换就是一方支付 LIBOR, 另一方支付短期国债利率。基点互换要用到差价(spread), 可以是即期的, 也可以是远期的。因为 LIBOR 利率通常要高于短期国债利率, 所以互换双方一般会协议一个差价(spread), 支付 LIBOR 的一方将支付 LIBOR 既定差价的差值给支付短期国债的一方。LIBOR 与短期国债利率的差异是投资者对市场信用风险程度预期的不同而造成的。基点互换经常被用来做投机工具, 因为投机者认为这个差价可能会向有利于自己的方向变动。

另一种互换有点像简单利率互换和基点互换。在固定到期互换(constant maturity swap)中, 一方支付固定利率或短期浮动利率比如 LIBOR, 另一方支付固定到期国债(constant maturity treasury, CMT)利率。所以这种交易有时也被称为固定到期国债互换, 或者 CMT 互换。固定到期互换的特点是标的证券的期限往往比互换的期限长。例如 CMT 互换要求每六个月支付利息, 但是支付利率标的的 CMT 证券却是一年期。如果支付的间隔期与标的证券的期限一致的话, 那么这种 CMT 互换就等同于简单利率互换。

还有一种有意思的互换是隔夜指数互换(overnight index swap, OIS)。这种互换同样要求一方支付固定利率, 不同的是要求另一方支付的浮动利率是基于 1 单位货币投资在隔夜利率上的累计值。隔夜利率的值每天都在变化。这种金融工具只有在欧洲才被广泛使用。

增长型互换(accreting swap)和减少型互换(amortizing swap)指的是名义本金会发生变化的互换。减少型互换使用最为普遍,有时它也被称为指数化减少型互换(index amortizing swap)。在这种互换中,名义本金会随着利率水平的降低而逐渐减少。这个特点有点像抵押证券,即当利率下降时,要提前支付本金。减少型互换通常用来对冲这种类型的证券。

差额互换(diff swap)包含了利率互换、股票互换和货币互换的特点。典型的差额互换是交易一方支付一个国家的浮动利率,交易另一方支付另一个国家的浮动利率,但两种利率都是按照同一种货币的名义本金计算的。所以互换的其中一方支付的是一个国家的利率,但是这个利率的本金是基于另一个国家的货币来计算的。

延期互换(arrears swap)是利率互换的一种特殊形式,在这种互换中,浮动利率的确定与支付都同时发生在期末。我们知道,在典型的利率互换中,利率的确定是在一个结算日,但是利率的支付却是在下一个结算日。

上限互换(capped swap)是对浮动利率的支付确定一个利率上限。同样地,下限互换(floored swap)就是对浮动利率的支付确定一个利率下限。

5.4 互换期权

5.4.1 互换期权的基本特征

互换期权(swaption)是一种可以允许持有人进行互换交易的期权。虽然互换期权也有好几类方式,但是我们只重点讨论被广泛使用的简单利率互换期权。在这种互换期权中,一方支付固定利息,另一方支付浮动利息。它可以使期权持有者提前确定标的互换固定利率的大小,从而使持有者将来有权按照事先确定的固定利率进行互换。当然,如果市场上互换合约的固定利率对投资者更有利,他也可以选择执行互换期权,而以市场上的固定利率进行互换交易。

市场上主要有两种互换期权,互换买权(receiver swaption)和互换卖权(payer swaption)。互换买权的持有者有权利选择作为收入固定利率的一方进入互换合约并支付浮动利率;互换卖权的持有者有权利选择作为支付固定利率的一方进入互换合约并收入浮动利率。

像一般期权一样,互换期权也有欧式和美式之分。互换期权是以一份具体的互换合约作为标的。例如,一份欧式互换卖权的期限是两年,它允许持有者在两年后进行一次为期三年每半年支付一次固定利息收取浮动利息的互换交易。互换期权也有一个期权价或者称期权费,是期权购买者必须预先支付的。值得注意的是,上述互换期权的期限是两年,互换期权到期后紧接着就是三年期的标的互换的交易。

互换期权到期时有好几种结算方式,我们将在后面的章节研究这一问题。

5.4.2 互换期权的用途

在本节中,我们将讨论一下互换期权的功能。

第一,当投资者预计自己将来需要进行互换交易,但是想今天就确定互换交易中的固定

利率,那么互换期权可以满足他的需求。因为互换期权给他提供了以后是否进行互换的一种选择,如果在期权到期日市场上简单互换的固定利率更好,那么他就可以放弃互换期权,以市场上更好的利率进行互换交易。可以看出,互换期权不仅可以锁定利率,还能使投资者获得更好的利率成为可能。

第二,互换期权可以使已经进行互换交易的投资者拥有停止现有互换交易的可能性。假定投资者拥有一份互换买权,在到期日他可以选择执行这个期权,从而可以进入到一个支付浮动利息并收入固定利息互换交易。为了消除浮动头寸的波动,他可以事先再购买一份互换卖权,从而把浮动利息支付的头寸部分对冲掉。详细说明见下面的例子。

第三,互换期权也给投资者提供了投机利率的机会。因为互换期权的价值对利率变化非常敏感,所以当利率变动,互换期权的价格也随着变动。像其他期权一样,互换期权带有显著的杠杆特征,它是利率投机商很好的金融工具。

5.4.3 互换期权的损益

当互换期权被执行,它就会产生类似养老金的现金流,这些现金流其实就是由执行利率与到期日市场上互换合约中固定利率的差额所决定的。

考虑一个欧洲互换卖权(payer swaption),执行日为两年后,执行的是一份一年期分季度支付的互换合约。执行利率为 3.60%。名义本金为 2 000 万美元。现在假设我们处在执行日,将要面对的期限结构与我们在讨论利率互换定价一节用的期限结构一致,具体条件如表 5-1 所示。

表 5-1 欧洲互换合同的期限结构

到期日	利率	折现因素
90 天	3.45%	0.991 4
180 天	3.58%	0.982 4
270 天	3.70%	0.973 0
360 天	3.75%	0.963 9

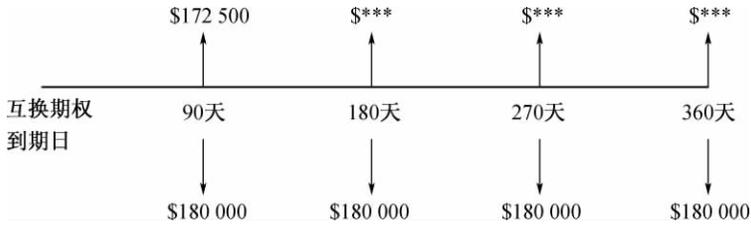
由而我们可以得出,固定利率支付为 0.009 2,年利率为 3.68%。

互换期权持有者有权以 3.60% 固定利率的互换进行交易,而互换的市场价格为 3.68%,因此执行利率比市场利率更有优势。现在让我们来考虑四种执行互换期权的可能方式。图 5-6 表示了这四种结算过程。

第一,持有者可以选择执行互换期权,用 3.60% 的互换价格进行互换。每季度持有者按照 3.60% 的固定利率支付 180 000 美元($20\,000\,000 \times 0.036 \times (90/360) = 180\,000$),并收入 LIBOR。在第一次收入浮动利率时,按照浮动利率 3.45% 收入 172 500 美元($20\,000\,000 \times 0.0345 \times (90/360) = 172\,500$)。当然,剩下的浮动利率要以后才能知道。这个支付过程参见图 5-6(1)部分。

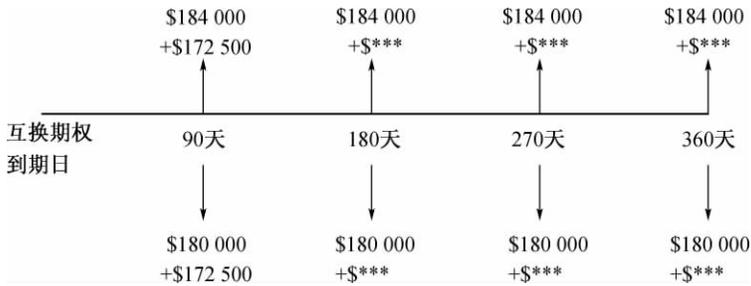
第二,持有者可以选择执行互换期权,同时他再在市场中进行另一份互换交易。在市场进行的互换中,按照市场利率 3.68% 每季度固定收入利息 184 000 美元($20\,000\,000 \times 0.0368 \times (90/360) = 184\,000$),同时还要支付 LIBOR,但是由于支付的 LIBOR 与互换期权执行后的互换合约的 LIBOR 相同,因此,浮动利息部分被对冲掉。图 5-6(2)部分描述了这一过程。

(1) 互换卖权的执行



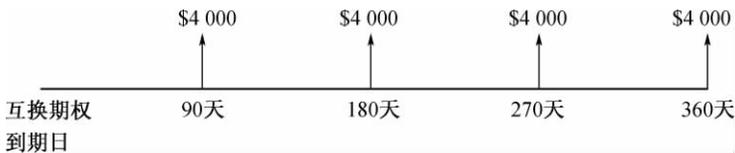
*** 按 $20\,000\,000 \times \text{LIBOR} \times 90/360$ 计算得出,其中 LIBOR 是前一个结算日的数值;

(2) 执行互换期权,同时按市场利率再进行另一个互换交易



*** 按 $20\,000\,000 \times \text{LIBOR} \times 90/360$ 计算得出,其中 LIBOR 是前一个结算日的数值;

(3) 互换对冲



(4) 现金结算

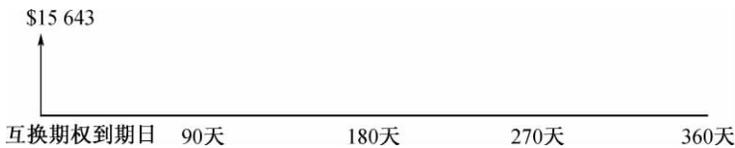


图 5-6 互换期权的现金流

第三,持有者可以每期直接获得净现金流,即 4 000 美元($184\,000 - 180\,000 = 4\,000$)。图 5-6(3)部分描述了这一过程。在这个过程中,在市场进行互换交易的互换对家就是执行互换期权进行互换交易的互换对家。所以,浮动利息支付部分被抵消,只要差额现金流在

双方之间流动就可以了,从而大大降低了信用风险。

第四,持有者可以一开始就获得所有差额现金流,其实也就是差额现金流的现值。我们把差额现金流贴现,就得到:

$$4\,000 \times (0.991\,4 + 0.982\,4 + 0.973\,0 + 0.963\,9) = 15\,643 \text{ (美元)}。$$

图 5-6(4)表示了这一结算过程。

如果忽略新建立的互换合约所产生的交易费用和信用风险,执行互换期权的每一种方式都应有相同价值。当然,双方必须事先约好执行互换期权的方式。通常现金结算是最常用的方式。

我们假设执行利率是 x ,同一标的互换的市场利率为 $FS(0, n, m)$,则互换卖权的损益为:

$$\max\left[0, FS(0, n, m) - x\right] \sum_{j=1}^n B_0(h_j); \quad (5-6)$$

同理,互换买权的损益为:

$$\max\left[0, x - FS(0, n, m)\right] \sum_{j=1}^n B_0(h_j)。 \quad (5-7)$$

当然,这些数值最后还要乘以实际名义本金才能计算出真实的损益。需要注意的是,互换期权的执行与否不是由贴现系数决定的,而是由执行日标的互换的市场利率与执行利率所决定的。贴现系数只是把未来的净现金流折现到执行日。

5.4.4 互换期权的定价

我们知道,互换卖权的损益为 $\max\left[0, FS(0, n, m) - x\right] \sum_{j=1}^n B_0(h_j)$,它表示如果市场利率大于执行利率,那么损益现值就是正的,反之,就为负的。我们在给利率互换定价时得出固定利率为:

$$FS(0, n, m) = \frac{1.0 - B_0(h_n)}{\sum_{j=1}^n B_0(h_j)}。 \quad (5-8)$$

把这个固定利率代入期权损益公式中,得到:

$$\max\left[0, \frac{1.0 - B_0(h_n)}{\sum_{j=1}^n B_0(h_j)} - x\right] \sum_{j=1}^n B_0(h_j)。 \quad (5-9)$$

也可以写成:

$$\max\left\{0, 1.0 - \left[x \sum_{j=1}^n B_0(h_j) + B_0(h_n)\right]\right\}。 \quad (5-10)$$

注意括号里的部分：

$$x \sum_{j=1}^n B_0(h_j) + B_0(h_n)。 \quad (5-11)$$

我们发现，这其实就是 1 美元付息债券在执行日的市场价值，其中利息就是 x 。因此互换期权的损益就是 $\max(0, 1 - \text{付息债券的市场价值})$ 。这一数量好比就是一份付息债券卖权的损益，其中利息为 x ，面值为 1，到期日为互换期权的执行日。执行价就是面值 1，执行利率就是债券的息票率。因此我们在计算互换期权的价值时，可以把它简单看成对付息债券的卖权。同理，我们在计算互换买权价值的时候，也可以把它看成对付息债券的买权。

我们可以用债券期权的方法衡量任何互换期权的价值。然而，给互换期权定价却是一个非常复杂和深奥的问题。我们没有一个很直接的方法，事实上，二叉树定价模型相对来说是最好的方法。

5.4.5 远期互换

我们知道，期权是一种权利，而远期合约则意味着承诺，就像可以把互换和期权结合起来一样，远期合约也能与互换结合起来，称做远期互换(forward swap)。远期互换虽然没有互换期权用得这么普遍，但是它有它的优点，比如不需要一开始就支付现金流，也不存在期权费用。给远期互换定价是用远期利率期限结构而非即期利率期限结构。

5.5 互换合约的信用风险

在前面的章节中，我们已经提到了互换存在着一定的信用风险(credit risk)，事实上，所有场外交易的衍生工具都存在信用风险。在这一节，我们将重点讨论互换合约的信用风险。

我们知道，互换在初始时点的市场价值为零，所以对交易双方而言，此互换合约既不能算是资产也不能算是负债。然而当市场条件变化了，互换的市场价值将变得对一方有利，对另一方不利。具有正的互换合约价值的一方等于将从互换对家那里获得了一项资产，其数值就是互换双方支付现金流的差额。由于互换对家可能宣告破产，具有正的互换合约价值的一方就面临着对家的信用风险。在大部分互换合约中，互换差额的支付是被法律承认的。在货币互换中，由于不存在净额支付(netting)的方式，所以货币互换将面临更大的信用风险。

在互换的整个期限内，互换的市场价值是随时间发生变化的，因此可能时而对一方有利，时而又对这一方不利，从而信用风险在整个互换期限内都是存在的。

信用风险根据存在时点的不同可以分为现时信用风险(current credit risk)和潜在信用风险(potential credit risk)，当一方在现阶段不能按预定条款支付现金流时，现时信用风险就会升高。而潜在信用风险反映的是一方在未来不能支付现金流的可能性。

让我们来看一个例子。假定 A 和 B 进行互换交易。在支付日，A 支付给 B 100 000 美元，B 支付给 A 35 000 美元，就等于 A 得支付给 B 65 000 美元。如果在支付日 65 000 美元

被支付,那么这项合约仍然有效,没有发生违约。假定互换的市场价值为 1 250 000 美元,这对 A 是一项资产,对 B 则是一项负债。

现在假定 A 无力支付,并宣告破产。那么 B 就停止对 A 的任何支付。A 虽然破产,但是互换对 A 来说依然是一项资产,扣除 A 欠 B 的 65 000 美元,A 还可以申请从 B 那里得到 1 185 000 美元($1\,250\,000 - 65\,000 = 1\,185\,000$)。反过来,如果互换的市场价值对 B 来说是正的,那么 B 就可以在 A 的破产程序中申请 1 315 000 美元($1\,250\,000 + 65\,000 = 1\,315\,000$)的资产。

让我们把例子稍微改一改,假如 A 在支付日没有破产,支付给 B 65 000 美元。但是几个月之后,在下一个支付日前,A 宣告破产。支付日虽然没有正式到期,但是可以肯定 A 不会支付下一次的利息。于是,为了确定破产事件带来的财务影响,双方又对互换协定了一个新的市场价值。假定新的市场价值是 1 100 000 美元,对 A 是正的。那么 A 在破产时可以向 B 申请 1 100 000 美元的资产。因为 A 破产并不表示 A 没有权利向其他人申讨资产。

信用风险在互换的整个期限内都在不停地变化着。由于利率互换和股票互换没有交换名义本金,所有它们的信用风险在互换中期最大。由于越临近到期末需要支付的利息就越少,所以信用风险也跟着减小。而在期初,如果对方发生信用问题,由于可以尽早地停止互换,所以互换期初的风险也较小。因此,利率互换和股票互换的信用风险在中期最大。而对于货币互换,由于名义本金在互换期初和期末要进行交换,所以信用风险在中期和末期这段时间最大。

其实,进行互换交易的投资者总体来说是高信用等级的,但是违约风险依然令人担心。事实上,忽略所有人的信用状况,让所有互换参与者都支付同样水平的利息是不太合适的。就像我们之前介绍的简单利率互换的那样,固定利率是根据支付的浮动利率 LIBOR 来计算的,并没有考虑互换对家的信用状况。然而在固定利率中,隐含着一个 LIBOR 与无风险利率的差价。在我们的例子中,一年期的互换利率是 3.68%,它其实比美国一年期国债利率高了 50 bps,50 bps 就是互换利差(swap spread)。

值得一提的是,互换利差不是对单个个体信用风险的衡量,但是它却是对在全球经济中存在的信用风险水平的综合反映。比如 LIBOR 的期限结构反映了伦敦银行同业拆借利率,它总体信用水平比较高,但并不是无风险的。当经济衰退,信用风险预期加剧,那么互换利差就会扩大,互换中的固定利息方将会支付更多的利息。

那么如何管理互换中的信用风险呢?有很多方法,我们介绍一种被称为盯市(marking to market)的方法。

在利率互换定价一节中,我们得出 1 美元名义本金的固定利率是 0.009 2。互换持续一年,所以有四次支付。假定双方同意在互换中期,即 6 个月后在第二次支付完后进行一次盯市。假定我们现在正处在这个时点,我们面对的期限结构为:

$$L_{180}(90) = 0.039\,0; L_{180}(180) = 0.040\,2。$$

注意到我们现在处在第 180 天,剩下的支付将分别在 90 天后和 180 天发生。我们需要计算 $B_{180}(270)$ 和 $B_{180}(360)$ 。

$$B_{180}(270) = \frac{1}{1 + 0.039\,0(90/360)} = 0.990\,3;$$

$$B_{180}(360) = \frac{1}{1 + 0.0402(180/360)} = 0.9803。$$

现在我们来计算互换的市场价值。对于固定利息支付方,剩下需要支付的利息加上名义本金的现值为 $0.0092 \times (0.9903 + 0.9803) + 1.0 \times 0.9803 = 0.9984$ 。

对于浮动利息支付方,因为我们处在浮息票据的利息更新日,所以剩下支付的浮动利息加上名义本金的现值就等于 1。这样对于收入浮动利息并支付固定利息的一方,互换的市场价值为 $1 - 0.9984 = 0.0016$ 。

如果互换双方进行盯市,那么支付浮动利息并收入固定利息的一方将一次性支付对家每 1 美元名义本金 0.0016 美元的现金。然后双方就会对互换进行重新定价,新的固定支付利息为:

$$FS(0, n, m) = FS(0, 2, 90) = \frac{1 - 0.9802}{0.9903 + 0.9903} = 0.01。$$

所以,在剩下的互换期限内,固定支付的利率将变为 1%。

对互换合约进行盯市可以终止当前的互换合约而自动重新建立新的互换合约。这个过程要求互换合约的一方在互换合约期限结束前的某个时点就支付合约另一方其所欠的现金流,从而降低了信用风险。



第 6 章

利率和利率风险的衡量

6.1 利率类型

对于任何给定的货币,它们都有许多不同类型的利率。这些利率包括抵押贷款利率(mortgage rates)、存款利率(deposit rates)、银行优惠贷款基准利率(prime borrowing rates),等等。在某一情形下,采用什么类型的利率取决于发行方(或贷款方)的信用风险。信用风险越高,利率越高。在本节中,我们将介绍市场上五种重要的利率。

6.1.1 国债利率

国债利率(treasury rate)是政府使用其自身货币借款的利率。例如,美国国债利率是美国政府使用美元借款的利率,日本国债利率是日本政府使用日元借款的利率,等等。通常假设政府对其自身货币所对应的还款义务不存在违约的可能,从而,国债利率经常被定义为该国的无风险利率。

6.1.2 LIBOR 利率

大型国际银行拥有 1 个月期、3 个月期、6 个月期以及 12 个月期世界主要货币存款,它

们彼此之间进行活跃的交易。在某一特定时间,对于拥有6个月期澳元存款的其他银行而言,花旗银行可能报出6.250%的拆进利率(bid rate)以及6.375%的拆出利率(offer rate)。这意味着花旗银行准备支付6.250%的年利率给另一家银行的6个月期存款或者以6.375%的年利率预付存款给另一家银行。拆进利率即所谓的伦敦同业借入利率(London Interbank Bid Rate)或者LIBID,拆出利率即所谓的伦敦同业拆借利率(London Interbank Offer Rate)或者LIBOR,两者由银行间的交易意愿来决定且随着经济状况的变化而变化。如果借款银行的家数多于贷款银行的家数,则LIBID和LIBOR都上升;相反,如果借款银行的家数少于贷款银行的家数,则LIBID和LIBOR都下降。

LIBOR经常作为参考利率。因为银行借入的资金总是存在违约的问题(虽然很少),所以LIBOR利率并不是无风险利率,它们通常高于相应的国债利率。然而银行和其他大型金融机构在评估衍生产品交易的时候,倾向于使用LIBOR而不是国债利率作为无风险利率。原因是金融机构把其剩余资金投资在LIBOR市场上,且从该市场借入资金以便满足它们的短期资金需求,从而它们把LIBOR作为资金的机会成本。

6.1.3 再回购利率

有的时候,投资商使用再回购协议(repo or repurchase agreement)为其交易活动筹集资金。再回购协议是指持有证券的投资商同意现在将其证券出售给另一家公司,之后再以稍高的价格买回的合约。证券出售和购回的价差就是对方的利息收益,相关的利率就是所谓的再回购利率(repo rate)。如果最初的证券所有者不遵守协议的话,借出钱的公司只需保留证券即可。如果借出钱的公司不遵守协议的话,则最初的证券所有者只需保留现金即可。所以,再回购协议的信用风险很低。

最普通的回购类型是隔夜回购(overnight repo),该回购协议每天都重新商定一次。长期回购协议也被称为期限回购(term repos)。

6.1.4 零利率

n 年期零利率(zero rate)(零息票利率(zero-coupon rate)的简称)是从今天开始计算并持续 n 年期限的投资的利率。该投资中间没有现金支付,所有的利息和本金都在 n 年末支付给投资者。 n 年期的零利率有时也指的是 n 年期即期利率(n -year spot rate)。假设5年期国债以每年5%的零利率连续复利,这意味着以无风险利率投资的100美元,5年后将变为:

$$100 \times e^{0.05 \times 5} = 128.40。$$

在市场上,我们能够直接观察到的利率绝大多数并不是纯粹的零利率。考虑一种5年期政府债券,息票率为6%,在该债券到期前,它的一些收益已经以息票利息的形式支付给投资者,所以其价格不能由5年期国债的零利率准确地确定。本章稍后将讨论如何从交易工具的价格得出国债的零利率。

6.1.5 远期利率

远期利率(forward rates)是由当前零利率隐含的将来一定期限的利率。为说明如何计算远期利率,我们假设零利率如表 6-1 的第二列所示。假设这些零利率以连续复利计息。因此,一年期 10% 年利率意味着投资者今天投资 100 美元,一年后他将收到 $100e^{0.1} = 110.52$ 美元;二年期 10.5% 年利率意味着投资者今天投资 100 美元,二年后他将收到 $100e^{0.105 \times 2} = 123.37$ 美元;以此类推。

表 6-1 远期利率的计算

年(n)	n 年期投资的零利率(%每年)	第 n 年的远期利率(%每年)
1	10.0	
2	10.5	11.0
3	10.8	11.4
4	11.0	11.6
5	11.1	11.5

表 6-1 中的第二年的一年期远期利率是年利率 11%。它是由两个零利率隐含的从第一年末至第二年末之间期限的利率。其可以通过一年期每年 10% 的零利率和二年期每年 10.5% 的零利率计算出来。将这个第二年的利率与第一年 10% 利率组合在一起,可以得到整个二年期间的年利率为 10.5% 的零利率。为证明 11% 是否是正确答案,假设投资 100 美元,则第一年 10% 年利率和第二年 11% 年利率在第二年末总收益为:

$$100e^{0.10}e^{0.11} = 123.37(\text{美元})。$$

二年期年利率为 10.5% 投资的总收益为

$$100e^{0.105 \times 2} = 123.37(\text{美元})。$$

这个例子说明了一个一般的结论:当这些利率是连续复利,并且将相互衔接时期的利率组合在一起时,整个期间的等价利率是这些利率的简单算术平均值(例如这两年期间年利率 10.5% 是第一年 10% 和第二年 11% 的平均值)。当这些利率不是连续复利的时候,这个结果仅近似地成立。

第三年的一年期远期利率是二年期 10.5% 年零利率与三年期 10.8% 年零利率隐含的利率,计算的结果是年利率 11.4%。这是因为以 10.5% 年利率投资二年之后再以 11.4% 年利率投资一年可获得三年期年利率为 10.8% 的总的平均收益。其他的远期利率可用类似的方法计算,列在表 6-1 中的第三列。一般来说,对于连续复利的利率来说,如果 R_1 是 T_1 年期的零利率, R_2 是 T_2 年期的零利率($T_2 > T_1$), R_F 是 $T_2 - T_1$ 期间的远期利率,那么:

$$R_F = \frac{R_2 T_2 - R_1 T_1}{T_2 - T_1}。 \quad (6-1)$$

为了说明(6-1)式,我们根据表6-1中数据计算第四年远期利率: $T_1=3, T_2=4, R_1=0.108$ 且 $R_2=0.11$,由(6-1)式得出 $R_F=0.116$ 。

假设借款和投资的零利率是相同的,某投资者可以锁定未来某个时期的远期利率。例如,假设零利率如表6-1所示,如果某投资者以10%利率借款100美元,一年期,然后将这笔资金以10.5%投资两年,结果是在第一年末现金流出 $100e^{0.1}=110.52$ 美元,在第二年末现金流入为 $100e^{0.105 \times 2}=123.37$ 美元。因为 $123.37=110.52e^{0.11}$,在第2年期间110.52美元的回报正好等于远期利率11%。假设另一位投资者按11%年利率借款100美元,四年期,并以10.8%年利率投资三年期。结果是在第三年末现金流入 $100e^{0.108 \times 3}=138.26$ 美元,在第四年末现金流出 $100e^{0.11 \times 4}=155.27$ 美元。因为 $155.27=138.26e^{0.116}$,则第四年所借资金利率正好等于远期利率11.6%。

(6-1)式可以写成:

$$R_F = R_2 + (R_2 - R_1) \frac{T_1}{T_2 - T_1} \quad (6-2)$$

这表明,如果零利率曲线在 T_1 和 T_2 之间的期限内向上倾斜,且 $R_2 > R_1$,则 $R_F > R_2$;类似地,如果零利率曲线是向下倾斜,且 $R_2 < R_1$,则 $R_F < R_2$ 。

6.2 债券定价

绝大多数债券是定期支付息票利息的债券,债券的持有人在债券的到期日还会收到本金即债券的票面值。债券的理论价格可以通过使用合适的零利率作为贴现率,计算债券持有者收到所有现金流的现值得出。考虑表6-2所示条件。

表6-2 国债零利率

到期时间(年)	零利率(%) (连续复利)
0.5	5.0
1.0	5.8
1.5	6.4
2.0	6.8

假设一种二年期的长期国债,本金为100美元,息票率为6%,每半年支付息票一次,为了计算第一次支付的息票利息3美元的现值,我们以5%作为6个月末支付所用的贴现率;为了计算第二次支付的息票利息3美元的现值,我们以5.8%作为一年末支付所用的贴现率;以此类推。则债券的理论价格为:

$$3e^{-0.05 \times 0.5} + 3e^{-0.058 \times 1.0} + 3e^{-0.064 \times 1.5} + (100 + 3)e^{-0.068 \times 2.0} = 98.39(\text{美元})。$$

6.2.1 债券收益率

付息票债券的收益率(bond yield)指的是贴现率,是使债券的贴现现金流等于它的市场价格时的贴现率。假设我们已经计算好的债券的理论价格 98.39 美元也是它的市场价格(即债券的市场价格与表 6-2 中的数据完全一致)。如果 y 是债券的收益率,且其连续复利,则我们根据方程

$$3e^{-y \times 0.5} + 3e^{-y \times 1.0} + 3e^{-y \times 1.5} + 103e^{-y \times 2.0} = 98.39(\text{美元}),$$

利用迭代法(试错法)可以得出 $y=6.76\%$ 。

6.2.2 平价收益率

对于某一确定时间到期的债券来说,平价收益率(par yield)是使得债券价格等于其票面价值的息票率。通常,假设债券每半年支付息票一次,且在此例中,二年期债券的年息票率为 c (或者半年期息票率为 $c/2$)。使用表 6-1 中的零利率,当

$$\frac{c}{2}e^{-0.05 \times 0.5} + \frac{c}{2}e^{-0.058 \times 1.0} + \frac{c}{2}e^{-0.064 \times 1.5} + \left(100 + \frac{c}{2}\right)e^{-0.068 \times 2.0} = 100(\text{美元})$$

时,债券的价值等于它的票面价值 100 美元。

通过该方程可以直接计算出 $c=6.87$,因此每半年复利一次的二年期债券年平价收益率为 6.87% (或者如果按年连续复利,则年平价收益率为 6.75%)。

6.2.3 国债零利率的计算

现在我们讨论如何从交易债券的价格得出国债零利率。一种方法就是所谓的息票剥离方法(bootstrap method),为说明这个方法的本质,考虑表 6-3 中 5 种债券价格的数据。由于前 3 种债券不付息票,对应这些债券期限的零利率可以容易地计算出来。第一种债券 3 个月期限,价格 97.5 美元,其收益率为 2.5,按季度计复利,则 3 个月期零利率是年利率 $(4 \times 2.5)/97.5=10.256\%$ 。利用方程 $R_c = m \ln\left(1 + \frac{R_m}{m}\right)$,可得连续复利的 3 个月期利率是:

$$4 \ln\left(1 + \frac{0.10256}{4}\right) = 0.10127,$$

即每年 10.127% 。6 个月期债券,价格 94.9 美元,其收益率为 5.1,按半年计复利,则 6 个月期利率是年利率 $(2 \times 5.1)/94.9=10.748\%$ 。利用方程 $R_c = m \ln\left(1 + \frac{R_m}{m}\right)$,可得连续复利的 6 个月期利率是:

$$2 \ln\left(1 + \frac{0.10748}{2}\right) = 0.10469,$$

即每年 10.469%。类似地,连续复利的一年期利率是

$$\ln\left(1 + \frac{10}{90}\right) = 0.10536,$$

即每年 10.536%。

表 6-3 息票剥离方法的数据

债券本金 (美元)	到期期限 (年)	年息票* (美元)	债券价格 (美元)
100	0.25	0	97.5
100	0.50	0	94.9
100	1.00	0	90.0
100	1.50	8	96.0
100	2.00	12	101.6

*注:假设每六个月支付的息票是所列息票数额的一半。

第四种债券期限 1.5 年。按如下方式支付:

6 个月期后——\$4; 1 年期后——\$4; 1.5 年后——\$4。

从前面的计算中我们知道,在 6 个月末支付的现金流所用的贴现率是 10.469%,在一年末支付的现金流所用的贴现率是 10.536%。我们也知道,债券的价格 96 美元必须等于债券持有者收到的所有支付的现金流的现值。设 R 表示 1.5 年期的零利率,则

$$e^{-1.5R} = 0.85196,$$

即

$$R = -\frac{\ln 0.85196}{1.5} = 0.10681.$$

因此,1.5 年期的零利率是 10.681%,这是唯一的与 6 个月期、一年期利率及表 6-2 中数据一致的零利率。

运用 6 个月期、1 年期、1.5 年期零利率和表 6-3 中第五种债券的信息,可以计算出 2 年期的零利率。如果 R 表示 2 年期的零利率,那么:

$$6e^{-0.10469 \times 0.5} + 6e^{-0.10536 \times 1.0} + 6e^{-0.10681 \times 1.5} + 106e^{-R \times 2.0} = 101.6,$$

可得出 $R=0.10808$,即 10.808%。

表 6-4 中归纳了我们已经求出的利率。零利率作为到期期限的函数所形成的图形就是所谓的零利率曲线(zero rate curve)。通常假设零利率曲线在利用上述息票剥离方法确定的两点之间是一个线性关系(在此例中,则意味着 1.25 年期的零利率将是 $0.5 \times 10.536 + 0.5 \times 10.681 = 10.6085\%$),通常也假设零利率曲线的区间就是这些点中的首末两点之间。图 6-1 展示的就是使用我们的数据得出的零利率曲线。通过使用更长到期期限的债券,可

以更加准确地确定超过两年期债券的零息票收益率曲线。

表 6-4 根据表 6-2 计算的连续复利的零利率

到期时间(年)	零利率(%)(连续复利)
0.25	10.127
0.50	10.469
1.00	10.536
1.50	10.681
2.00	10.808

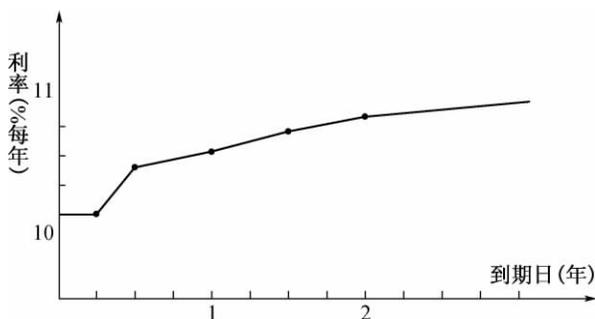


图 6-1 根据息票剥离法所确定的零利率

实际上,我们所拥有债券的到期期限并不总是恰好等于 1.5 年、2 年、2.5 年,等等。因此,在使用债券价格数据计算零息票收益率之前,分析师经常使用插值法。例如,如果我们知道 2.3 年期债券的息票率为 6%,售价为 98 美元,以及 2.7 年期债券的息票率为 6.5%,售价为 99 美元,他们可能假设 2.5 年期债券的息票率为 6.25%,售价将为 98.5 美元。

6.3 久 期

一个债券的久期(Duration),正如它的名字所暗示的,是测度债券持有人在收到现金支付之前,平均需要等待的时间长度。 n 年期限的零息票债券的久期为 n 年。然而, n 年期限的付息票债券(coupon-bearing bond)的久期小于 n 年。这是因为持有人在第 n 年到期日之前就已经收到部分现金支付了。

假设债券持有人在 t_i 时刻收到的现金流为 $c_i (1 \leq i \leq n)$,且债券价格 B 和收益率 y (连续计复利)的关系表示为:

$$B = \sum_{i=1}^n c_i e^{-y t_i} \quad (6-3)$$

债券的久期 D 定义为:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n t_i c_i e^{-y t_i}}{B} \quad (6-4)$$

也可以写成:

$$D = \sum_{i=1}^n t_i \left[\frac{c_i e^{-y t_i}}{B} \right] \quad (6-5)$$

其中:方括号中表示的是 t_i 时刻现金流的现值与债券价格的比率。债券的价格是将来所有支付的现值总和。因此,久期是支付现金时间的加权平均值,适用于 t_i 时刻的权重等于 t_i 时刻所有现金流量的现值占债券总现值的比率。权重之和为 1。我们现在解释说明为何久期是一个被普遍使用的测度。

根据债券定价(6-3)式,可以得到:

$$\frac{\partial B}{\partial y} = - \sum_{i=1}^n c_i t_i e^{-y t_i} \quad (6-6)$$

该式也可以写成:

$$\frac{\partial B}{\partial y} = - B D \quad (6-7)$$

如果我们微量地平行移动收益率曲线,则所有的利率都将增加很小的数额 δy ,所有债券的收益率也将增加 δy 。(6-7)式表明,债券的价格增加 δB ,其中

$$\frac{\delta B}{\delta y} = - B D \quad (6-8)$$

或者

$$\frac{\delta B}{B} = - D \delta y \quad (6-9)$$

(6-9)式是一个重要的久期关系式,表明债券价格变化的百分比(近似值)等于它的久期乘以收益率曲线平行移动的距离。

利率的微小变化经常通过基点(basis points)计量,一个基点表示每年 0.01%。

6.3.1 修正久期

先前的分析是基于假设 y 为连续计复利而得出的。如果 y 是按年计复利的收益率,则(6-8)式中的近似关系可以变为:

$$\delta B = - \frac{B D \delta y}{1 + y} \quad (6-10)$$

更普遍地,如果 y 表示为每年计复利的频率为 m 次,则

$$\delta B = \frac{B D \delta y}{1 + y/m} \quad (6-11)$$

变量 D^* 定义为:

$$D^* = \frac{D}{1 + y/m} \quad (6-12)$$

有时称之为债券的修正久期(modified duration),这使得久期的关系可以简化表示为:

$$\delta B = -BD^* \delta y \quad (6-13)$$

6.3.2 债券组合

债券组合(bond portfolios)的久期 D 可以定义为组合中单个债券久期的加权平均,权重为单个债券的价值占组合总价值之比例,那么,(6-13)式则可以将 B 定义为债券组合的价值,估计的是如果所有债券的收益率变化 δy ,则债券价值的变化幅度。

我们应该意识到,当使用久期来计算债券组合的价值变化时,暗含着一个假设——所有债券的收益率都将发生相同数量的变化。当债券的到期期限存在较大差异时,该假设只会在微量平行移动零息票收益率曲线时才会发生。因此,当零息票曲线平行移动 δy 时,我们可以根据(6-13)式估计这一举动对债券价格产生的影响。

久期的关系表达式仅仅适用于收益率发生微小的变化时。对于具有相同久期的两个债券组合来说,图 6-2 表明了它们的价值变化百分比和收益率变化之间存在的关系。两条曲线在原点的时候斜率相同,这意味着对于收益率微小的变化,两个债券组合的价值变化百分比相同。对于收益率比较大的变化来说,两个组合的行为则存在比较大的差异。在与收益率的关系上,组合 X 的曲率比组合 Y 要大。一个因素即所谓的凸度(convexity)将被用来测量该曲率,且可以用其来改善(6-13)式中的关系。

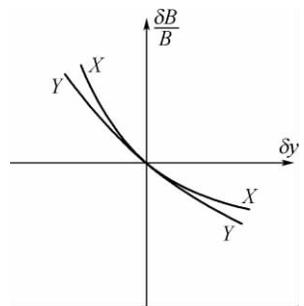


图 6-2 相同久期的两个债券组合

6.3.3 资产和负债的套期保值组合

金融机构经常试图自身进行对冲以规避利率风险,这主要通过确保其资产的平均久期等于负债的平均久期来达到(可以认为负债是债券的空头头寸)。这种战略就是所谓的久期匹配(duration matching)或资产组合免疫(portfolio immunization)策略。当资产的久期等于负债的久期时,利率微小的平行移动对于资产和负债的组合的价值几乎没有影响。资产的收益(损失)将抵消负债的(损失)收益。

但是,当零息票利率曲线不是平行移动时,久期匹配不能使得组合实现免疫,这是该方法的重要缺陷。实际上,短期利率通常比长期利率更易于波动,且其与长期利率并不完全相关。有的时候,长期利率和短期利率彼此间甚至向相反的方向变化。金融机构经常努力地考虑非平行移动,他们将零息票收益率曲线分为不同区间段,且确保每一段区间段都进行了对冲。假设第 i 区间段表示零息票收益曲线从 t_i 和 t_{i+1} 这一段。当所有到期日在 t_i 和 t_{i+1} 期间内的所有零息票收益率增加 δy ,而其他的零息票收益率曲线保持不变时,金融机构

将检验由此而产生的影响。如果风险很大以至于无法接受,则需要慎重选择金融工具,以便实施进一步的交易来降低风险。

6.4 凸 度

对于收益率曲线微小的平移来说,组合价值的变化仅取决于它的久期。当考虑利率发生较大或重大的变化时,此时所谓的凸度因素就变得很重要。图6-2表明了具有相同久期的两个债券组合,其价值变化百分比和收益率变化 δy 之间的关系。当 $\delta y=0$ 时,两个曲线的斜率相等(等于组合的久期)。这意味着,当收益率发生很小的变化时,两个组合价值变化的百分比相同,这与(6-11)式保持一致;当利率发生较大的变化时,两个组合的行为存在差异。组合X的凸度(或曲率)大于组合Y的凸度(或曲率),意味着:当收益率下降的时候,组合X价值增加的百分比比组合Y价值增加的百分比要大;而当收益率上升的时候,组合X价值下降的百分比比组合Y价值下降的百分比要小。

在假设连续复利的情况下,测量凸度的公式为:

$$C = \frac{1}{B} \frac{\partial^2 B}{\partial y^2} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i t_i^2 e^{-y t_i}}{B} \quad (6-14)$$

如果债券组合将来提供的现金流支付在长时期内是平均分布的,则该债券组合的凸度是最大的;当债券组合的现金流支付是集中在将来某一特定的时间点上,则该债券组合的凸度最小。

当考虑凸度时,(6-8)式可以变为:

$$\frac{\delta B}{B} = -D\delta y + \frac{1}{2}C(\delta y)^2 \quad (6-15)$$

如果凸度和久期都进行了匹配,则一家公司可以使得自身对零息票收益率曲线相对比较的平移免疫,但仍然对零息票收益率曲线的非平移变化不免疫。

6.5 天数计算惯例

我们现在讨论报出利率时所使用的天数计算惯例(day count conventions)。天数计算定义为利息随时间累计的方式。通常,我们希望知道在某些参照期限内(即不同息票支付的时间)所获得的利息,我们还对计算其他期限内的利息感兴趣。

天数计算惯例通常表示为X/Y。当我们计算两个日期之间所获利息时,X定义为两个日期之间计算天数的方式,Y定义为参考期限总的天数的计量方式。在两个日期之间所得利息的计算公式为:

$$\text{两个日期之间所得的利息} = \frac{\text{两个日期之间的天数}}{\text{参考期限总的天数}} \times \text{在参考期限内所得利息。}$$

在美国,经常使用的三种天数计算惯例是:

- 1) 实际天数/实际天数(期限内);
- 2) 30/360;
- 3) 实际天数/360。

在美国,长期国债使用的是实际天数/实际天数(期限内)方式;公司债券和市政债券使用的是 30/360 方式;短期国债和其他货币市场工具使用的则是实际天数/360 方式。

长期国债使用实际天数/实际天数(期限内)方式表明,两个日期之间所获得的利息是以实际过去的天数与两次息票支付期间实际天数的比率为基础的。假设债券本金为 100 美元,息票支付期间为 3 月 1 日至 9 月 1 日,息票率为 8%,我们希望计算 3 月 1 日至 7 月 3 日之间所获得的利息。参考期是 3 月 1 日至 9 月 1 日。在这一期间有 184 天(实际天数),且在这个期间所获得的利息为 4 美元。在 3 月 1 日至 7 月 3 日之间有 124 天,因此在 3 月 1 日至 7 月 3 日所获得的利息为: $124/184 \times 4 = 2.6957$ (美元)。

公司债券和市政债券使用的 30/360 方式表明,在我们进行计算时,我们假设每月 30 天,每年 360 天。使用 30/360 方式,则在 3 月 1 日至 9 月 1 日之间总的天数为 180 天。在 3 月 1 日至 7 月 3 日之间的天数是 122 天($4 \times 30 + 2 = 122$),一个与我们刚刚考虑的国债具有相同期限的公司债券,在 3 月 1 日至 7 月 3 日之间所获得的利息是: $122/180 \times 4 = 2.7111$ 。

短期国债和其他货币市场工具使用的实际天数/360 方式表明,参照期限是 360 天。在一年中所获得的利息应该等于实际过去天数除以 360 然后再乘以所报利率。因此,90 天内所得利息精确等于所报利率的 1/4。值得注意的是,在 365 天的整个一年里所获得的利息等于 $365/360$ 乘以所报的利率。



第 7 章

利率衍生产品

利率衍生产品是指其收益在某些方面依附于利率水平的金融工具。在 20 世纪 80 年代和 90 年代,场外柜台交易市场(over-the counter)和场内交易所交易市场(exchange-traded markets)的利率衍生产品的交易量迅速增加,且开发出的许多新产品满足了最终用户的需要。

在本章中,我们将讨论各类利率衍生产品,包括:远期利率协议(FRA)、国债期货、欧洲美元期货、债券期权(bond options)、利率上/下限(interest rate caps/floor)。

7.1 远期利率协议

远期利率协议(forward rate agreement, FRA)是一个场外市场借款协议,即在未来某个确定的时期将某个确定利率应用于某个确定的本金。实质上是固定利率下的对远期贷款,但是没有发生实际的贷款支付。也就是说, FRA 的多头同意在未来的某个时刻以一个固定的利率向空头借钱,而空头则同意借出这笔钱,但是双方在约定的那个时刻并没有真正交换借款,而是交换了一个利息差。如果市场利率上升,多头在市场上的借贷成本就增加,此时空头就会向多头支付这部分差额。所以, FRA 实际上给多头提供了贷款利率上限的保护。当市场利率下跌时,空头贷款的利润下降,此时多头就向空头支付利息差,所以 FRA 给空头提供的是贷款利率下限的保护。

7.1.1 FRA 交割金额的计算

FRA 使投资者规避了利率波动的风险,这种保护以支付现金的方式予以实现,而现金金额由 FRA 所规定的利率与协议到期日的市场利率决定。通常情况下,该市场利率为伦敦同业拆借利率(LIBOR),根据 FRA 的期限,可以选择不同期限的 LIBOR。

FRA 的表示方法是 $(m \times n)$ 月, m 表示远期合约的期限,而 $(n-m)$ 表示贷款期限,从远期合约到期的那天开始算起,如图 7-1 所示。在 FRA 到期的那一天确定市场利率 LIBOR,根据贷款期限来选择 $(n-m)$ 个月的 LIBOR。譬如, (1×3) 月的 FRA 表示 FRA 在 1 个月后到期,贷款期限为 2 个月,市场利率取 60 天(即 2 个月)的 LIBOR; (3×9) 月的 FRA 表示 FRA 在 3 个月后到期,贷款期限为 6 个月,而市场利率取 180 天的 LIBOR。

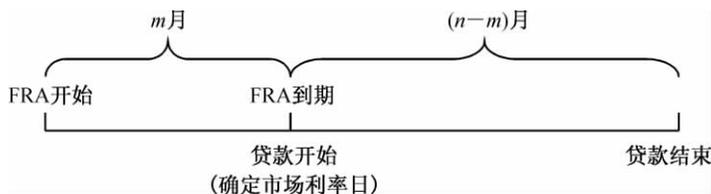


图 7-1 FRA 的期限

在市场利率确定以后,就可以计算出“节约”的利息额。如果市场利率高于 FRA 中的固定利率,则利息差为 $(\text{市场利率} - \text{FRA 利率}) \times \text{名义本金}$;如果市场利率低于 FRA 利率,则利息差为 $(\text{FRA 利率} - \text{市场利率}) \times \text{名义本金}$ 。

由于在 FRA 到期时就可以确定出利息差和该支付现金的一方,所以在贷款开始时就可以进行现金支付。而对于普通贷款而言,利息的支付应当发生在贷款的期末。这样由于收到现金的一方可以将这笔在期初收到的现金再投资而获得利息,所以要将利息差贴现到贷款开始时,这样空头实际支付的现金额就是 $\frac{(\text{市场利率} - \text{FRA 利率}) \times \text{名义本金}}{1 + \text{市场利率}}$ (当市场利率高于 FRA 利率时)。需要注意的是,通常给定的利率都是以年为单位的,所以在计算时要用 360 天进行折算,可以表示成

$$\frac{(\text{市场利率} - \text{FRA 利率}) \times \left(\frac{\text{贷款天数}}{360} \right) \times \text{名义本金}}{1 + \text{市场利率} \times \left(\frac{\text{贷款天数}}{360} \right)} \quad (7-1)$$

例 7-1

考虑一份 2×5 的 FRA,面值为 1 000 万美元,远期利率定为 4%。如果到期日 90 天的 LIBOR 为 4.1%,则多头

A. 支付 2 500.00 美元; B. 支付 2 474.63 美元; C. 收到 2 500.00 美元; D. 收到 2 575.63 美元。

解析:由题意可知,贷款期限为 3 个月即 90 天,市场利率为 4.1%。

先算出利息差: $(0.041 - 0.040) \times 10\,000\,000 \times 90/360 = 2\,500$ (美元)。

不要忘记把利息差贴现到贷款开始时刻,所用的贴现率为市场利率: $2\,500/[1+4.1\%\times(90/360)]=2\,474.63$ (美元)。

由于市场利率高于协议利率,所以多头应该收到空头支付的现金。

7.1.2 FRA 定价

7.1.2.1 FRA 价格

远期利率协议(FRA)的远期价格就是远期利率,即合约双方同意在将来贷款的固定利率。远期利率也可以通过无套利原则计算出来。

假设在 $t=0$ 时,投资者以 r_{120} 的利率借入 X 元本金,承诺在 120 天后归还。同时,他将 X 元以 r_{30} 的利率贷给另一人,期限为 30 天。30 天后,该投资者收到本息和,并将其贷给另一投资人,利率为 r_{90} ,期限为 90 天。这样,在 120 天,他用收回的本息和还贷现金流量图见图 7-2。

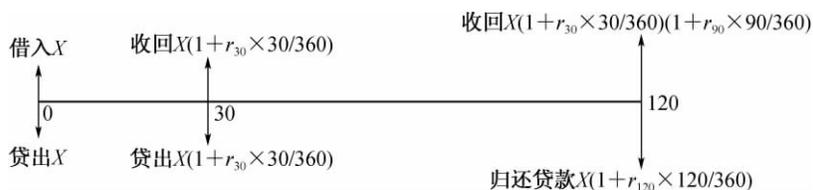


图 7-2 远期利率的推导

由现金流量图 7-2 可以看出,在每个时刻,现金的流入和流出都相等,因此在 120 天该投资者收到的和归还的应该相等。因此, $X(1+r_{30}\times 30/360)(1+r_{90}\times 90/360) = X(1+r_{120}\times 120/360)$ 。整理得到: $r_{90} = \left(\frac{1+r_{120}\times 120/360}{1+r_{30}\times 30/360} - 1\right) \times \frac{360}{90}$, 将这一式子一般化,就能得到远期利率的计算公式:

$$F_{(n-m)} = \left[\frac{1+r_{(n)}\times n/360}{1+r_{(m)}\times m/360} - 1 \right] \times \frac{360}{n-m} \quad (7-2)$$

其中: m 表示 FRA 的合约期限; $n-m$ 表示贷款期限。

需要注意的是,通常利率以年利率的形式表示,所以在计算时要先按天数进行换算。

还有一种方法也可以得到 FRA 的远期利率公式。假设一个远期利率合约规定在 $n-m$ 期限内贷款利率为 $r_{(n-m)}$,在时刻 m 贷出 X 元本金,在时刻 n 得到 $X[1+r_{(n-m)}\times(n-m)/360]$ 。通过计算这些现金流的现值,可以得到该 FRA 在 $t=0$ 时的价值 V_0 为:

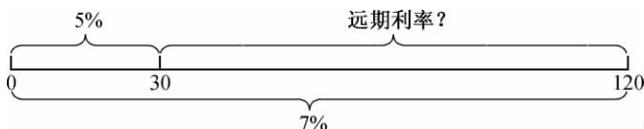
$$V_0 = \frac{X}{1+r_m\times m/360} - \frac{X[1+r_{(n-m)}\times(n-m)/360]}{1+r_n\times n/360} \quad (7-3)$$

例 7-2

计算 1×4 的 FRA, 如果目前 30 天的利率为 5%, 120 天的利率为 7%, 则该 FRA 的价格应为多少? (表示成年利率)

- A. 7.47%; B. 7.63%; C. 9.32%; D. 6.86%。

解析:



该 FRA 为 1×4 月的, 所以远期合约期限为 30 天, 贷款期限为 90 天, 要求的远期利率是 30 天后的 90 天利率。

将 30 天的年利率折算成 30 天的: $5\% \times 30/360 = 0.0042$;

将 120 天的年利率折算成 120 天的: $7\% \times 120/360 = 0.0233$;

所以 90 天的远期利率为: $\frac{1+0.0233}{1+0.0042} - 1 = 0.019871$;

将其转换为年利率: $0.019871 \times 360/90 = 7.63\%$ 。

7.1.2.2 FRA 价值

接下来要考虑的是 FRA 在 t 时刻的价值。将 FRA 多头在未来收到的现金和付出的现金流贴现到 t 时刻, 就能得到在 t 时刻, FRA 对多头的价值为:

$$V_t = \frac{X}{1 + r_{(m-t)} \times (m-t)/360} - \frac{X[1 + r_{(n-m)} \times (n-m)/360]}{1 + r_{(n-t)} \times (n-t)/360} \quad (7-4)$$

其中: $r_{(m-t)}$ 是 t 时刻的市场利率; $r_{(n-t)}$ 是 t 时刻期限为 $(n-t)$ 的远期利率。

如果觉得这个公式很难记忆, 可以采取以下的分步计算的方法, 也能够算出 t 时刻的合约价值。不妨先回忆一下贷款开始时一方向另一方支付的现金是如何计算出来的。首先, 根据市场利率和协议利率算出利息差; 然后, 将利息差贴现到合约到期时即贷款开始时。用同样的方法可以计算出 t 时刻双方需要交割的现金额, 这就是合约的价值。以下面这个例子来说明整个计算过程。

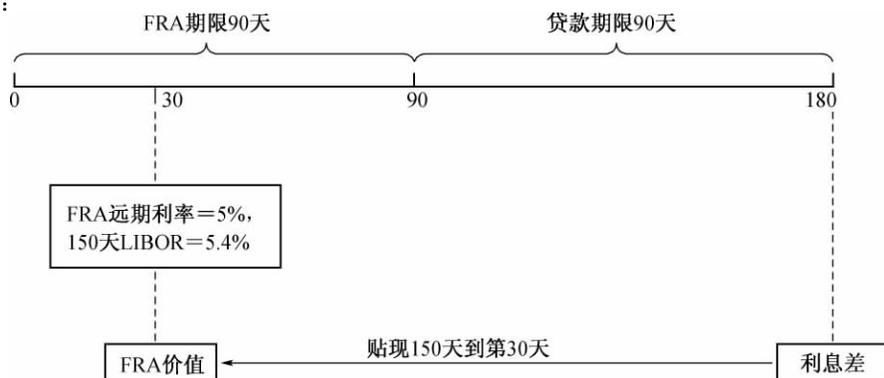
例 7-3

30 天前, 某投资者卖空一份 90 天的远期利率协议, 面值为 1 000 万美元, 贷款期限为 90 天。该 FRA 的价格为 5%。目前的 LIBOR 如下所示。则对于该投资者而言, FRA 的当前价值为多少?

30 天	4.8%
60 天	5.0%
90 天	5.1%
120 天	5.2%
150 天	5.4%

- A. -15 495 美元; B. -15 154 美元; C. -15 280 美元; D. -15 331 美元。

解析:



从题目中可知,FRA的期限为90天,由于合约所采用的是90天的LIBOR,所以贷款期限为90天。现在要求的是30天时的FRA价值。

首先,求出30天时的在60天后贷款90天的远期利率。

$$F(n-m) = \left[\frac{1+r(m) \times n/360}{1+r(m) \times m/360} - 1 \right] \times \frac{360}{n-m};$$

$$F = \left[\frac{1+0.054 \times 150/360}{1+0.05 \times 60/360} - 1 \right] \times \frac{360}{150-60} = 0.56198。$$

其次,求出市场利率和远期利率之间的利率差和利息差。从第30天到第180天共150天,因此用150天LIBOR作为市场利率。贷款期限仍然是90天。

$$\text{利息差} = 10\,000\,000 \times (0.5 - 0.56198) \times 90/360 = -15\,495 (\text{美元})。$$

最后,将利息差从第180天贴现到第30天,期间150天。

$$\text{支付现金} = \frac{-15\,495}{1+0.054 \times 150/360} = -15\,154.03 (\text{美元})。$$

从上面计算得到的利率可以发现,远期利率为5.6198%,而市场利率为5.4%,所以空头的远期合约头寸价值为负,多头要向空头支付这笔现金。

7.2 国债期货

最普遍的长期利率期货合约是在芝加哥交易所(CBOT)交易的长期国债期货合约。在该合约中,期限超过合约交割月份第一天15年以上的,且从那一天起15年内不能赎回的任何政府债券都可以进行交割。稍后将解释芝加哥交易所已经形成且公开的调整程序,该程序用来调整空头头寸交割特定长期债券时所接受的价格。

在美国,中期国债和5年期中期国债期货合约(Treasure Bond Futures)也在活跃地进行交易,在中期国债期货合约中,期限在6.5~10年之间的任何政府债券(或者票据)都可以用来进行交割。在5年期中期国债期货合约中,四个最近将拍卖的任何一种中期国债都可以用来进行交割。

本节下面的讨论将重点关注长期国债期货。在美国以及世界上其余国家交易的许多其

他债券期货合约都是以类似于芝加哥交易所长期国债期货的方式设计,所以我们将罗列出的许多要点也适用于这些合约。

7.2.1 报价

长期国债期货合约的报价(quotes)与长期国债本身报价的方式相同。例如,假设在2007年3月15日,对于2007年6月到期的合约结算价格为106—04或 $106\frac{4}{32}$ 。每一份合约包含交割面值为100 000美元的债券。因此,在期货价格的报价中,期货价格变化\$1将导致期货合约的价值变化1 000美元。合约可以在交割月份中的任何时间进行交割。

7.2.2 转换因子

前面已经提到,长期国债期货合约允许空头方选择交割任何期限长于15年且在15年内不可以赎回的债券。由于各国债期货条款不同,给计算带来不便,因此交易所规定了一种虚拟的标准国债期货,其他国债期货的报价只要根据转换因子对标准国债期货的报价进行调整后就得到。当交割某一特定债券时,所谓的转换因子(conversion factor)这一参数设定了空头方收到的价格。可用于交割的报价是转换因子和期货报价的乘积。考虑应计利息(accrued interest),交割每一面值为100美元的债券收到的现金为:

$$(\text{期货报价} \times \text{转换因子}) + \text{应计利息}。$$

每一合约必须交割面值为100 000美元的债券。假设期货的报价为90.00美元,所交割的债券的转换因子为1.380 0,在交割时每一面值为100美元的债券的应计利息为3美元,则空头方交割每100美元的债券收到的现金为(交割时由多头头寸方支付):

$$(1.380 0 \times 90.00) + 3.00 = 127.20(\text{美元})。$$

因此每一合约,期货合约空头方若交割面值为100 000美元的债券,将收到现金为127 200美元。

关于转换因子的计算有两个规定。

1) 假设所有期限的年利率均为6%(每半年计复利一次),则某一债券的转换因子等于交割月份首日的每一美元债券本金的价值。为了方便计算,债券的到期期限和距付息日的时间取近似整数为3个月。

2) 如果取整数后,债券的到期期限为半年的整倍数,则假定首次息票支付是在6个月;如果取整数后,债券的到期期限不是半年的整倍数(即有额外的3个月),则假定首次息票支付是在3个月后,并减去应计利息。

关于上述规定的第一个例子为:考虑某一债券,息票率为10%,距到期日还有20年2个月。为了计算转换因子,假定该债券距到期日整整20年,首次付息假定在6个月后,即假定每6个月支付一次利息,一直到20年后支付本金时结束。假定该债券面值为100美元,年贴现率为6%,每半年复利计复利一次(即每6个月3%),那么债券的价值为:

$$\sum_{i=1}^{40} \frac{5}{1.03^i} + \frac{100}{1.03^{40}} = 146.23(\text{美元})。$$

再除以债券的面值,就得到转换因子为 1.4623。

关于上述规定的第二个例子为:考虑某一债券,息票率为 8%,距到期日还有 18 年 4 个月。为了计算转换因子,假定该债券距到期日还有 18 年 3 个月。将所有将来息票支付的现金流以贴现率 6%(每半年计复利一次)贴现到距今 3 个月的时点上,那么债券的价值为:

$$\sum_{i=1}^{36} \frac{4}{1.03^i} + \frac{100}{1.03^{36}} = 125.83(\text{美元})。$$

对于 3 个月期债券来说,利率为 $\sqrt{1.03}-1$,即 1.4889%。将上式的结果贴现到现在,得到债券的价值为 123.99 美元($125.83/1.014889=123.99$)。减去应计利息 2.0,则该值变为 121.99 美元。因此,转换因子为 1.2199。

7.2.3 交割最便宜的债券

在交割月份中的任何时间,存在许多种债券可以用来交割芝加哥交易所(CBOT)的长期国债期货合约。当考虑息票利息和到期期限时,它们之间存在很大的差异。空头方可以在可选债券中选择交割最便宜的债券(cheapest-to-deliver bond)。由于空头方收到的价款为:

$$(\text{期货的报价} \times \text{转换因子}) + \text{应计利息},$$

且购买债券的成本为:

$$\text{债券的报价} + \text{应计利息},$$

则交割最便宜的债券是下式中取值最小的那个债券:

$$\text{债券的报价} - (\text{期货报价} \times \text{转换因子})。$$

一旦空头方决定开始交割,则通过逐个计算每一个债券,从而确定交割最便宜的债券。

7.2.4 国债期货合约的定价

这里仅仅考虑标的资产为国债的期货合约,这样就不需要考虑违约风险了。

7.2.4.1 零息国债期货

零息国债没有违约风险,没有利息支付,也没有特殊的性质。零息国债期货合约允许合约双方在将来某个时刻(必须早于国债的到期日),以某个确定的价格购买或出售一定数量的国债。值得注意的是,该类合约的交割价格是按贴现率进行报价的,债券价格需要通过贴现率计算得到。比如,180 天到期的国债的贴现率为 4%,则面值为 100 美元的国债的价格为 98 美元($100 \times (1 - 0.04 \times 180/360) = 98$)(注意这里使用 360 天作为一年的天数)。这种报价方式意味着贴现率的变化方向与多头盈亏方向相反。例如,在上例中,如果 90 天后国

债的贴现率上升为 4.2%，则价格下降为 97.9 美元 ($100 \times (1 - 0.042 \times 180/360) = 97.9$)，对于多头来说，现在价值为 97.9 美元的国债却要以 98 美元的价格买入，所以亏损了 0.1 美元，而空头盈利 0.1 美元。

零息债券是最简单的标的资产，其定价公式在我们推导远期合约定价时就已给出。在此不再赘述。零息债券期货的定价公式为：

$$F = S_0 \times (1 + r_f)^T. \quad (7-5)$$

其中： S_0 为零息债券现货的价格； F 为零息债券期货的价格； r 为无风险利率； T 为期货的到期时间。

$$V_t = S_t - \frac{F}{(1 + r_f)^{T-t}}. \quad (7-6)$$

其中： V_t 为债券期货合约在 t 时刻的价值； S_t 为零息债券在 t 时刻的价格； t 为期货合约签订后经过的时间。

7.2.4.2 付息国债期货

与短期国债相比，付息国债每半年支付一次利息，但是它同样没有违约风险和其他特性。付息国债期货合约的报价是按债券的到期收益率进行的，但不包含自上一付息日累积的利息。到期收益率升高，则债券价格下降，多头亏损，空头盈利。

如果作为标的资产的债券具有违约风险，则在合约建立时就应该就违约的定义和违约发生时双方的义务加以规定。对于其他可赎回、可转换的债券特性也应在合约中增加特殊的条款。

付息债券通常会在固定的付息日支付固定的利息，这一点与股票分红有点相似，只不过后者的支付并不是定期的，但是可以采用相同的调整方法。

$$F = (S_0 - PVC) \times (1 + r_f)^T, \quad PVC = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1 + r_f)^t}; \quad (7-7)$$

或

$$F = [S_0 \times (1 + r_f)^T] - FVC, \quad FVC = \sum_{t=1}^n C_t (1 + r_f)^{T-t}; \quad (7-8)$$

$$V_t = S_t - PVC_t - \frac{F}{(1 + r_f)^{T-t}}. \quad (7-9)$$

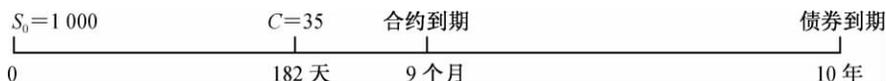
要注意的是，债券期货合约通常在债券到期之前就到期，因此只有在期货合约期限内发放的利息才需要计算在内，合约到期后直到债券到期日这段时间所发的利息不会影响合约价值。

例 7-4

考虑一份 9 个月期的期货合约，其标的资产为 10 年期国债，息票率为 7%。年无风险利率为 5%。在第 182 天将支付第一笔利息。该期货合约价格最接近

- A. 1 000.00 美元； B. 1 001.84 美元； C. 965.84 美元； D. 1 037.27 美元。

解析:



在该期货合约期限内,只有一次利息支付,所以只要计算这一次,至于合约到期后的利息支付不用考虑。在计算时要注意两点:第一,是利息的大小,如果利息是半年支付一次,不要忘了将年利息额除以2;第二,年天数用的是365天。不过在这道题里,给出的合约期限为9个月,所以用9/12表示。

$$\text{利息 } C = 1000 \times (1 + 7\%) / 2 = 35;$$

$$PVC = 35 / (1 + 5\%)^{182/365} = 34.159;$$

$$F = (1000 - 34.159) \times (1 + 5\%)^{9/12} = 1001.84。$$

例 7-5

考虑上面这份国债期货,如果100天后,该国债的价格变为1050美元,则该国债期货对多头的价值为多少?

- A. 1001.84 美元; B. 36.05 美元; C. 70.67 美元; D. 49.05 美元。

解析:

$$PVC = 35 / (1 + 5\%)^{82/365} = 34.618;$$

$$V = 1050 - 34.618 - \frac{1001.84}{1.05^{170/365}} = 36.05。$$

7.3 欧洲美元期货

7.3.1 欧洲美元期货的报价

另外一种较为普遍的美国利率期货合约是在芝加哥商品交易所(CME)交易的3个月欧洲美元期货合约(eurodollar future contract)。欧洲美元利率是外国银行或美国银行的外国分支机构中的美元存款的利率,与前面章节提到的LIBOR利率在本质上是相同的。

表 7-1 2007年3月16日《华尔街日报》报出的利率期货行情

月份	开盘	最高	最低	结算	价格变动	收益率	收益率变动	公开头寸
3月	95.06	95.10	95.05	95.09	+0.02	4.91	-0.02	516.751
4月	95.24	95.29	95.24	95.28	+0.04	4.72	-0.04	25.625
5月	95.41	95.44	95.39	95.43	+0.08	4.57	-0.08	3.558
6月	95.43	95.55	95.43	95.53	+0.08	4.47	-0.08	659.688
7月	95.59	95.59	95.58	95.59	+0.12	4.41	-0.12	1.012
9月	94.84	94.96	94.83	94.93	+0.09	5.07	-0.09	252.106
12月	94.61	94.73	94.60	94.71	+0.09	5.29	-0.09	163.620

3 个月欧洲美元利率期货合约在每一年的 3 月、6 月、9 月以及 12 月到期,在未来 10 年的期间内一直如此。除此之外,芝加哥商品交易所(CME)将短期合约和其他月份到期的合约并在一起进行交易。

如果 Q 是欧洲美元期货合约的报价,则该交易将一个合约的价值设定为:

$$\begin{aligned} & 1\,000\,000 \times \left[1 - \frac{90}{360} \times (100 - Q) \times 0.01 \right] \\ & = 10\,000 \times [100 - 0.25(100 - Q)]. \end{aligned} \quad (7-10)$$

因此,表 7-1 中 2007 年 6 月份期货的结算价格为 95.53 美元,则相应的合约价格为:

$$10\,000 \times [100 - 0.25(100 - 95.53)] = 988\,825 (\text{美元}).$$

从(7-10)式可以看出,欧洲美元期货变化一个基点或者 0.0001,相应合约价格就变化 25 美元。

当交割月份的第三个星期三到来的时候,欧洲美元期货合约是用现金来结算的。最终的盯市使得 Q 等于 $100 - R$, 这里 R 是当日 3 个月欧洲美元的实际利率,且该欧洲美元期货按季度计复利,并使用实际天数/360 的天数计算惯例。因此,如果交割月份的第三个星期三 3 个月欧洲美元的利率是 8%,则最终的盯市价格是 92 美元,且根据公式得出最终的合约价格是:

$$10\,000 \times [100 - 0.25(100 - 92)] = 980\,000 (\text{美元}).$$

如果 Q 是欧洲美元期货合约的报价,则 $(100 - Q)\%$ 是从交割月份的第三个星期三开始的 3 个月期欧洲美元期货的利率。因此,表 7-1 表明在 2007 年 3 月 15 日,对于从 2007 年 6 月 20 日星期三开始的三个月期的期货利率是 4.47% ($100 - 95.53 = 4.47$) (按季度复利,并使用实际天数/360 的天数计算惯例)。

在其他国家以利率进行交易的其他合约,类似于芝加哥商品交易所(CME)的欧洲美元期货合约。如表 7-2 所示的芝加哥商品交易所(CME)和新加坡交易所(SGX)交易欧洲日元期货合约(euroyen future contracts),伦敦国际金融期货期权交易所(LIFFE)和法国国际期货期权交易所(MATIF)交易欧洲短期利率期货(euribor contracts)(欧洲 3 个月 LIBOR 利率期货合约)以及伦敦国际金融期货交易所(LIFFE)交易 3 个月欧洲瑞士法郎存款期货合约(Euroswiss futures)。

表 7-2 利率衍生产品交易所

机构英文全称	英文缩写	机构中文
Chicago Mercantile Exchange	CME	芝加哥商品交易所
Singapore Exchange Ltd.	SGX	新加坡交易所
London International Financial Futures Exchange	LIFFE	伦敦国际金融期货交易所
Marche a Terme International de France	MATIF	法国国际期货期权交易所

7.3.2 LIBOR 零息票利率曲线

当估计衍生产品价值的时候,经常使用 LIBOR 零息票利率曲线(the LIBOR zero rate curve,有的时候也称作掉期零息票利率曲线(swap zero curve))作为无风险零息票利率曲线。即期 LIBOR 利率经常被用来作为确定较短期间的 LIBOR 零利率。因此,欧洲期货(如欧洲美元期货、欧式日元期货合约以及欧洲短期利率期货)被频繁地使用。

在美国,经常使用 3 月、6 月、9 月和 12 月的欧洲美元期货来确定 5 年期间的 LIBOR 零息票利率曲线。假设第 i 个欧洲美元期货合约期限为 T_i ($i = 1, 2, \dots$), 我们通常假设从这些期货合约得出的远期利率适用于 T_i 到 T_{i+1} 期间。(至少近似上成立)从而可以使用拔靴法(bootstrap procedure)确定零利率。假设 c_i 是第 i 个欧洲美元期货合约的远期利率, R_i 是 T_i 年期的零利率,根据公式我们得到:

$$F_i = \frac{R_{i+1}T_{i+1} - R_iT_i}{T_{i+1} - T_i},$$

所以,

$$R_{i+1} = \frac{F_i(T_{i+1} - T_i) + R_iT_i}{T_{i+1}}.$$

7.4 债券期权

债券期权(bond options)是指在某一确定日期按确定价格购买或者出售某个债券的选择权。除在场外柜台交易市场交易之外,当发行债券的时候,经常在债券中嵌入债券的期权,从而使得它们变得更加吸引潜在购买者。

7.4.1 嵌入期权的债券

一个拥有嵌入期权的债券(options embedded bond)的例子是可赎回债券(callable bond)。该债券包含的条款允许发行公司在未来某一确定时间按预先确定的价格购回债券。这种债券的持有者将一个看涨期权出售给发行者。该期权中的执行价格或者赎回价格是债券发行者必须支付给该债券持有者的预先确定价格。可赎回债券在它们有效期的前几年通常不能赎回。(这就是所谓的锁定期(lock out period))之后,赎回价格随着时间的推移而下降。例如,某个 10 年期的可赎回债券,前两年可能不存在赎回的权利。之后,发行者有权在有效期的第三年和第四年按 110 美元的价格;在第五年和第六年按 107.5 美元的价格;在第七年和第八年按 106 美元的价格;在第九年和第十年按 103 美元的价格赎回债券。在债券所报出的收益率中反映了看涨期权(call option)的价值。附有赎回条款的债券与没有赎回条款的债券相比拥有更高的收益率和较低的价格。

拥有嵌入期权的另一种类型的债券是可回售债券(puttable bond),其包含的条款允许

持有者在未来某一确定时间按预先确定的价格要求提前偿还。这种债券的持有者既购买了债券本身同时也购买了该债券的看跌期权(put option)。对持有者来说,因为看跌期权增加了债券的价值,所以附有回售条款的债券与没有回售条款的债券相比拥有较低的收益率和较高的价格。(有时称之为可撤销债券(retractable bond))

贷款和存款金融工具经常都有嵌入债券的期权。例如,某个金融机构拥有的5年期固定利率存款包含一项美国的可回售债券,从而其可以在任何时间偿还而不会受到罚款。(该存款金融工具是一种债券,该债券的投资者有权在任何时间退还债券给金融机构。)贷款和抵押的提前偿还权都是类似的看跌期权。

最后,我们注意到银行或者金融机构所做出的贷款承诺也是一项看跌期权。考虑如下情形:银行对于5年期利率向潜在的借款人做出的报价为年利率12%,且表明接下来的两个月该利率同样有效。实际上,客户取得了在接下来两个月内的任何时候向金融机构按面值出售息票率为12%的5年期债券的权利。

7.4.2 收益率的波动率

债券期权报价的波动率常常是收益率的波动率而不是价格波动率。我们已经介绍了久期的概念,市场运用它将报价的收益率波动率(yield volatilities)转化为价格波动率。假设 D 是期权在期权到期日时的标的债券的修正久期,则远期价格 F 的变化与它的远期收益率 y_F 之间的关系可以表示为:

$$\frac{\delta F}{F} \approx -D\delta y_F,$$

或者

$$\frac{\delta F}{F} \approx -Dy_F \frac{\delta y_F}{y_F}.$$

收益率是测度变量的价值变动百分比的标准偏差。因此,远期债券价格的波动率 σ 与远期债券收益率的波动率 σ_y 之间的关系可以表示为:

$$\sigma = Dy_F\sigma_y.$$

在期权到期日,假设看涨期权的标的债券的修正久期为5年,远期收益率为8%,经纪人所报出的远期收益率波动率为20%。这意味着波动率变量 σ 等于 $5 \times 0.08 \times 0.2 = 0.08$,即年利率为8%。

7.5 利率上限、利率下限和利率双限

7.5.1 利率上限

在场外柜台交易市场的金融机构普遍提供的利率期权是利率上限(interest rate cap)。

通过考虑浮动利率债券,可以更好地理解利率上限,该浮动利率债券要定期重新设定息票利率以等于 LIBOR。两次重新设定之间间隔的时间就是所谓的期限(tenor)。假设期限是3个月,债券前3个月的利率是最初的3个月期 LIBOR 利率。定义接下来3个月的利率等于在3月份时市场上现行的3个月期 LIBOR 利率。

设计利率上限可以提供某种保险,以防止浮动利率债券的利率超过某一确定的水平。这一利率水平就是所谓的上限利率(interest cap)。假设该债券本金为100 000美元,期限为3个月,上限利率为8%,利率上限有效期为5年。(因为每季度支付一次利息,所以上限利率也是按季度计复利来表示的。)该利率上限提供的保险可以防止浮动利率债券的利率超过8%。假设在某一特定的重新设定日的3个月期 LIBOR 利率是9%,从而浮动利率债券3个月需要支付225 000美元($0.25 \times 0.09 \times 10\,000\,000 = 225\,000$)的利息。当3个月期 LIBOR 利率是8%时,则支付的利率将是200 000美元($0.25 \times 0.08 \times 10\,000\,000 = 200\,000$)。因此,该利率上限提供的收益为25 000美元。值得注意的是,如果观察到的利率是9%,则该收益将不会在重新设定日产生,而是在3个月之后产生。这反映了在观察到利率和形成相应的支付之间一般的时间滞后。

该利率上限有效期内的每一次重新设定,我们都观察 LIBOR。如果 LIBOR 小于8%,则该上限3个月不必做任何支付。如果 LIBOR 大于8%,该收益是基于10 000 000美元本金所产生的超额收益的1/4。值得注意的是,由于利率上限通常如此设定,以至于尽管初始 LIBOR 利率大于利率上限利率,但是并没有导致在首次重新设定日产生收益。在此例中,利率上限的有效期为5年,因此,总共存在19个重新设定日(分别在0.25年、0.5年、0.75年、...、4.75年发生),且该利率上限产生19次潜在的收益(分别在0.50年、0.75年、1.00年、...、5.00年发生)。

7.5.1.1 利率上限作为利率期权的某种组合

考虑某一利率上限,总的有效期为 T ,本金为 L ,上限利率为 R_K 。假设重新设定日为 t_1, t_2, \dots, t_n 且设定 $t_{n+1} = T$ 。 R_k 定义为在 t_k 时刻观察到的在 t_k 与 t_{k+1} 时刻之间的利率。当 $\delta_k = t_{k+1} - t_k$ 时,该利率上限在 t_{k+1} 时刻产生的收益为:

$$L\delta_k \max(R_K - R_k, 0) \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (7-11)$$

(7-11)式是基于在 t_k 时刻观察到的 LIBOR 利率的看涨期权,其收益在 t_{k+1} 时刻出现,该利率上限是 n 个这种期权的组合。LIBOR 利率是在时刻 t_1, t_2, \dots, t_n 观察到的,而相应的收益则在 t_2, t_3, \dots, t_{n+1} 时刻出现。包含在利率上限中的 n 个期权就是所谓的利率上限期权元(caplets)。

7.5.1.2 利率上限作为债券期权的某种组合

利率上限也可以看做是基于零息票债券的看跌期权的组合,这些看跌期权的收益在计算它们的时刻出现。 t_{k+1} 时刻的收益等于:

$$\frac{L\delta_k}{1 + R_K\delta_k} \max(R_K - R_k, 0) \quad (7-12)$$

经过代数变换可化简为:

$$\max\left(L - \frac{L(1 + R_K \delta_k)}{1 + \delta_k R_K}, 0\right)。$$
 (7-13)

零息票债券在 t_k 时刻价值的表达式为:

$$\frac{L(1 + R_K \delta_k)}{1 + \delta_k R_K}。$$
 (7-14)

且在 t_{k+1} 时刻获利 $L(1 + R_K \delta_k)$ 。因此上述公式就是一个到期期限为 t_k , 执行价格为 L 的看跌期权的收益, 该看跌期权基于在 t_{k+1} 时刻到期, 票面价值为 $L(1 + R_K \delta_k)$ 的零息票债券。从而利率上限可以看作为基于零息票债券的欧洲看涨期权组合。

7.5.2 利率下限和利率双限

利率下限(floors)的定义类似于利率上限。当基于标的浮动利率债券的利率低于某一确定利率时, 则下限利率产生收益。符号表示的含义前面已经介绍, 下限利率在 t_{k+1} ($k=1, 2, \dots, n$) 时刻产生的收益为

$$L \delta_k \max(R_K - R_K, 0)。$$
 (7-15)

类似于利率上限, 利率下限是一个基于利率的看跌期权的组合或是一个基于零息票债券的看涨期权的组合。构成利率下限的单独期权就是所谓的利率下限期权元(floorlet)。利率双限(collar, 有时称之为地板-顶板协议(floor-ceiling agreements))是这样一种工具, 即设计它以保证基于标的浮动利率债券的利率总是位于两个水平之间。利率双限是由一个利率上限的多头头寸和一个利率下限的空头头寸组合而成的。通常金融机构如此构造利率双限, 使得最初利率上限的价格等于利率下限的价格, 从而利率双限的净成本为零。

在利率上限价格和利率下限价格之间存在的平价关系表示为:

$$\text{利率上限价格} = \text{利率下限价格} + \text{互换价格}。$$

或

$$\text{利率上限多头} + \text{利率下限空头} = \text{互换多头}。$$

在这个关系式中, 上限利率和下限利率具有相同的执行价格。互换是这样一种协议, 其收取浮动利率而支付 R_K 的固定利率, 但在第一次重新设定日并不交换利息。上述三种金融工具具有相同的有效期, 相同的支付频率。值得注意的是, 利率上限多头头寸与利率下限空头头寸的组合给出了与互换一样的现金流, 因此很明显, 上述等式的结论是成立的。



第 8 章 奇异期权

奇异期权(exotic options)是相对于标准期权而言更复杂的一种衍生证券,通常是根
据客户需求而制定的非标准化的期权。大多数奇异期权在场外交易,有一些奇异期权的市
场交易量非常大。本节将对几种主要的奇异期权合约进行介绍,主要是了解它们的定义及特
性,对应用和定价方面不做特别的要求。

8.1 奇异期权种类

奇异期权的制定相当灵活,因此其种类非常多,也没有统一的分类。为了便于讨论,这
里大致把奇异期权分成以下几类。

- 1) 打包期权。
- 2) 允许期权持有者购买另一种期权的复合期权。
- 3) 标准期权合同的变形。这类期权合约的大多数条款与标准期权合约相同,但是在支
付条款等方面与标准合约略有不同。
- 4) 路径依赖型期权。这类期权的支付依赖于标的资产在一段时间内的价格变化,而不
仅仅依赖到期日当天的标的资产的价格。
- 5) 多因素期权。这类期权的支付取决于两种或两种以上标的资产的价格。

8.1.1 打包期权

打包期权(package)是由标准欧式期权、远期合约、现金及标的资产构成的证券组合。牛市价差期权、熊市价差期权、蝶式价差期权、跨式期权和宽跨式期权等都属于打包期权。

通常,投资者会把打包期权设计成初始成本为零的证券组合。譬如,范围远期合约(range forward contract)由一个远期多头、一个看跌期权多头和一个看涨期权空头构成。通过选择执行价格使看跌期权和看涨期权的价值相等,这样买入期权支付的期权费抵消了卖出期权得到的期权费,同时远期合约在初始时的价值为零,因此这个组合就是零成本的。延迟支付期权(deferred payment option)可以通过将期权费拖延至到期日支付而使其初始成本为零。

8.1.2 复合期权

复合期权(compound option)的标的资产是另一种期权,如果简单地以看涨期权和看跌期权进行分类,这类复合期权就有四种组合方式,如表 8-1 所示。

表 8-1 复合期权的四种组合方法

		作为标的资产的期权	
复合期权	基于看涨期权的看涨期权 (call on a call)	基于看跌期权的看涨期权 (call on a put)	
	基于看涨期权的看跌期权 (put on a call)	基于看跌期权的看跌期权 (put on a put)	

通常,一份复合期权含有两个到期日和两个执行价格。假设一份复合期权为欧式看涨期权,它的到期日为 T_1 ,执行价格为 K_1 ;其标的资产为一份看涨期权,该期权的到期日为 T_2 ($T_1 < T_2$),执行价格为 K_2 。当 $t = T_1$ 时,该复合期权到期,期权持有者有权选择是否执行该复合期权,如果此时作为标的资产的看涨期权价值大于复合期权的执行价格 K_1 ,那么他选择执行期权,从而得到一份到期日为 T_2 的看涨期权。

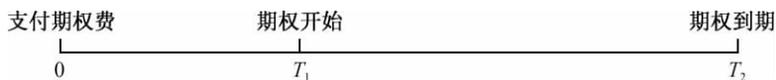
8.1.3 标准期权合约的变形

这类期权只在一方面与标准期权有所差异,所以其合约内容和定价相对比较简单。这类期权包括:选择期权(chooser option)、幂期权(power option)、两值期权(binary option)、随后支付期权(pay later option)、延后期权(delayed option),等等。

8.1.3.1 远期开始期权

远期开始期权(forward start option)是现在支付期权费但在未来某时刻开始的期权。

通过选择合适的期权条款可以使该期权在启动时刻处于不盈不亏的平价状态。



考虑一个欧式看涨远期开始期权,它在 T_1 时刻开始,在 T_2 时刻到期。标的资产价格在零时刻的价格为 S_0 ,在 T_1 时刻的价格为 S_1 。根据期权定价公式,处于平价状态的看涨期权价格应该与标的资产价格成比例。所以, T_1 时刻的远期开始期权的价格为 cS_1/S_0 ,其中 c 是在零时刻一份期限为 $(T_2 - T_1)$ 的平价期权的价格。根据风险中性估值,在零时刻远期开始期权的价格应该等于 $e^{-rT_1} E_N \left(c \frac{S_1}{S_0} \right)$ 。其中, E_N 表示风险中性条件下的期望值。因为 c 和 S_0 已知,而且 $E_N(S_1) = S_0 e^{(r-q)T_1}$,所以远期开始期权的价格为 ce^{-qT_1} 。 q 为标的资产连续红利率。

8.1.3.2 非标准美式期权

标准的美式期权允许期权持有者在期权到期日前的任意时刻执行期权,且执行价格总是相同的,但是有一些非标准的美式期权在期权条款上有一些变化。以下几种是常见的标准期权合约的变形。

- 1) 提前执行只能发生在某几个特定的时间;
- 2) 提前执行只能发生在期权有效期内的某一段时间内;
- 3) 执行价格在期权有效期内发生变化。

8.1.3.3 选择期权

选择期权(chooser option)合约规定经过一段指定时期后,该期权持有者有权选择他持有的是看涨期权还是看跌期权。

选择期权与跨式期权(straddle)非常相似,但是其价格却比跨式期权便宜得多。(关于跨式期权的介绍,详见第13章。)因为一旦期权持有者做出选择后,他事实上就只拥有一种期权。而且,选择期权通常在场外交易,所以其流动性较差,价格也就比较低。

选择期权通常受到投机者的青睐,他们希望从到期日标的资产价格的异常波动中收益,而不关心期间隐含波动率的变化。另外,选择期权也被应用于兼并收购案中。当一项收购意向被宣布后,其成功与否并不确定,因此目标公司的股票价格可能向上(如果成功)或向下(如果失败)。

假设期权持有者做出选择的时刻为 T_1 ,则在该时刻选择期权的价格可以表示为 $\max(C, P)$,其中 C 为标的看涨期权的价格, P 为标的看跌期权的价格。

如果两种标的期权都是欧式期权,而且它们的执行价格和到期日都相同,则利用期权平价公式(put-call parity)可以将 $\max(C, P)$ 简化为:

$$\begin{aligned} \max(C, P) &= \max(C, C + Ke^{-r(T_2 - T_1)} - S_1 e^{-q(T_2 - T_1)}) \\ &= C + e^{-q(T_2 - T_1)} \max(Ke^{-r(T_2 - T_1)} - S_1, 0)。 \end{aligned} \quad (8-1)$$

其中: S_1 为 T_1 时刻标的资产价格; T_2 为标的期权到期日; K 为标的期权执行价格。

这表明一份选择期权可以由两种资产组合而成：

- 1) 一份执行价格为 K , 到期日为 T_2 的看涨期权;
- 2) $e^{-q(T_2-T_1)}$ 份执行价格为 $Ke^{-(r-q)(T_2-T_1)}$, 到期日为 T_1 的看跌期权。

所以, 选择期权的价值就可以由这两种期权的价值加总决定。当然, 也可以将 $\max(C, P)$ 作另一种变换, 其本质是相同的。

$$\begin{aligned}\max(C, P) &= \max(P - Ke^{-(r-q)(T_2-T_1)} + S_1 e^{-q(T_2-T_1)}, P) \\ &= P + e^{-q(T_2-T_1)} \max(S_1 - Ke^{-(r-q)(T_2-T_1)}, 0).\end{aligned}\quad (8-2)$$

这种情况下, 选择期权相当于以下两种期权的组合:

- 1) 一份执行价格为 K , 到期日为 T_2 的看跌期权;
- 2) $e^{-q(T_2-T_1)}$ 份执行价格为 $Ke^{-(r-q)(T_2-T_1)}$, 到期日为 T_1 的看涨期权。

如果两种标的期权的执行价格或者到期日不同的话, 那么选择期权变得更复杂, 这时它更像复合期权。

8.1.3.4 两值期权

两值期权(binary option)是具有不连续收益的期权。对于标准的看涨期权而言, 到期日的买方收益为 $\max(0, S_T - K)$; 但是, 对于两值期权, 买方收益为 $\max(0, P | S_T > K)$, 这表明只要到期日标的资产价格高于执行价格, 买方执行期权就可以得到一笔固定的金额。这样的期权被称为全部或无价值看涨期权(all or nothing call)。这类期权还可以细分为现金或无价值看涨期权(cash-or-nothing call)和资产或无价值看涨期权(asset-or-nothing call)。到期日, 如果标的资产价格高于执行价格, 则现金或无价值看涨期权的持有者可以得到一笔固定数额的现金 P , 而资产或无价值看涨期权的持有者可以得到等于标的资产价格本身的数额, 不用扣除执行价格。

另一类两值期权为“单触式期权”(one-touch option)。它和全部或无价值看涨期权的区别在于, 只要在期权到期日之前的任意时刻标的资产价格超过执行价格, 该期权持有者就能获得一笔固定的支付, 而不用等到到期日那天。这笔支付既可以在标的资产价格超过执行价格的那一刻兑现, 也可以等到到期日那天进行支付。

8.1.4 路径依赖型期权

如前文所述, 路径依赖型期权(path-dependent options)在到期日的支付不仅仅取决于到期日当天的标的资产价格, 还依赖于到期日之前一段时间内标的资产价格变化的情况。这类期权主要有: 亚式期权(Asian option)、回望期权(look-back option)、障碍期权(barrier option)、呼叫期权(shout option)、阶梯期权(ladder option)、球拍期权(cliquet or ratchet option)等。

8.1.4.1 亚式期权

亚式期权(Asian option)的收益依赖于标的资产在到期日之前一段时间内的平均价格。

亚式期权可以分为两种,一种是平均价格期权(average price option),另一种为平均执行价格期权(average strike option),他们的差别在于标的资产的平均值是作为资产价格还是作为执行价格。

平均价格看涨期权多头的收益可以定义为: $\max(0, S_{ave} - K)$, 而平均价格看跌期权多头的收益为 $\max(0, K - S_{ave})$ 。其中, S_{ave} 是合约约定的期限内标的资产的平均值。这类期权通常采用现金结算的方式,到期期限为1年到2年,有时也会有3年的。平均价格期权的价格比标准期权更便宜,对于那些有借款需求、但对具体的风险暴露时间和数量不确定的公司来说,平均价格期权更符合他们的需求。

平均执行价格看涨期权多头的收益为: $\max(0, S - S_{ave})$, 平均执行价格看跌期权多头的收益为: $\max(0, S_{ave} - S)$ 。这里的 S_{ave} 定义与前面相同,但是却作为执行价格在最终支付时起作用。平均执行价格期权可以保证购买在一段时间内频繁交易资产所支付的平均价格低于最终价格,销售在一段时间内频繁交易资产所收取的平均价格高于最低价格。

8.1.4.2 回望期权

回望期权(look-back option)赋予期权持有者以标的资产在期权有效期内所能达到的最佳价格购买或出售标的资产的权利。它的收益依赖于期权有效期内标的资产达到的最大或最小价格。对于欧式回望看涨期权而言,其收益等于到期日的标的资产价格减去期权有效期内标的资产达到的最低价格;对于欧式回望看跌期权而言,收益等于期权有效期内标的资产达到的最高价格减去到期日价格。

欧式回望看涨期权的收益为: $\max(0, S_T - S_{min})$, 其中, S_{min} 表示期权有效期内标的资产达到的最小值。

欧式回望看跌期权的收益为: $\max(0, S_{max} - S_T)$, 其中, S_{max} 表示期权有效期内标的资产达到的最大值。

投资者利用回望期权来使收益尽可能地最大化。譬如,对于借款人来说,他希望在波动的市场中将浮动利率的借款成本最小化,回望期权有助于使他得到最低的借款利率水平。正是这种潜在的利益,导致回望期权的价格非常高,几乎是标准期权的两倍。

8.1.4.3 呼叫期权

呼叫期权(shout option)是一种欧式期权,该期权的持有者可以在期权有效期内的任意时刻向期权卖方呼叫。当期权到期时,期权持有者得到的支付是以下两个值的较大者:按照欧式期权计算的到期日收益,和按照呼叫时的标的资产价格计算的期权内在价值。可以表示为:

$$\max(S_{i_s} - K, S_T - K, 0) = \max(0, S_T - S_{i_s}) + (S_{i_s} - K)。 \quad (8-3)$$

其中: S_{i_s} 表示期权买方呼叫时标的资产的价格。

呼叫期权和回望期权有一点相似之处,其收益都取决于标的资产价格变化的路径,但是其价格比回望期权便宜许多。

呼叫期权的定价可以利用二叉树模型或者三叉树模型来得到,与美式期权所采用的定价方法类似。

8.1.4.4 障碍期权

障碍期权(barrier option)算是比较早的奇异期权,它的场外市场也比较大。其收益依赖于标的资产价格是否在一段时期内达到了某个合约事前约定的特定水平,该水平也被称为障碍水平。根据标的资产价格达到障碍水平后期权的存在与否,障碍期权可以分为敲出期权(knock-out option)和敲入期权(knock-in option)两种。对于敲出期权而言,当标的资产价格达到障碍水平时,该期权就作废;对于敲入期权而言,当标的资产价格达到障碍水平时,该期权得以存在。

障碍水平既可以在执行价格以下,也可以在执行价格以上。根据看涨期权和看跌期权的分类,障碍期权可以进一步分为好几类,如表 8-2 所示。

表 8-2 障碍期权的分类

	障碍水平在执行价格以下		障碍水平在执行价格以上	
看涨期权	下降敲出看涨期权 down-and-out call	下降敲入看涨期权 down-and-in call	上升敲出看涨期权 up-and-out call	上升敲入看涨期权 up-and-in call
看跌期权	下降敲出看跌期权 down-and-out put	下降敲入看跌期权 down-and-in put	上升敲出看跌期权 up-and-out put	上升敲入看跌期权 up-and-in put

下降敲出看涨期权是指标的资产价格下降到障碍水平从而使该期权作废的看涨期权。通常情况下,当期权被敲出(knock out)后,期权持有者会收到部分期权费的退回,这在合同中会事先约定。图 8-1 是下降敲出看涨期权在到期日的损益图。

其他几种敲入、敲出期权的定义与此相似,只要弄清楚障碍水平是在执行价格之上还是之下、到达障碍水平后期权是敲入还是敲出、是看涨期权还是看跌期权这三个关键特征就可以了。

障碍期权的使用者主要是债券市场上的交易者,他们通过卖出障碍期权来与手头持有的债券进行对冲。

障碍期权的定价公式已经被推导出来了,本书将不作介绍。不过,这些敲入期权和敲出期权之间存在一些数量关系。譬如,一份标准看涨期权的价值等于一份相应的下降敲入看涨期权价值和一份下降敲出看涨期权价值之和,即 $C_{do} + C_{di} = C$ 。同样,一份上涨敲出看涨期权价值与一份上涨敲入看涨期权价值之和也等于一份标准看涨期权价值,即 $C_{uo} + C_{ui} = C$ 。对于看跌期权,也有这样的关系,即 $P_{do} + P_{di} = P, P_{uo} + P_{ui} = P$ 。

8.1.5 多因素期权

多因素期权(multi-factor options)的到期日支付取决于两种或两种以上标的资产的价格

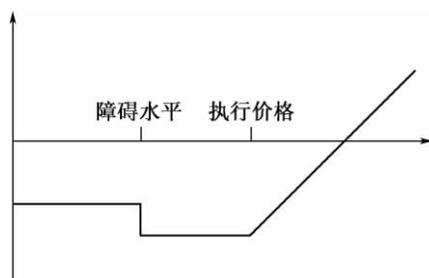


图 8-1 下降敲出看涨期权在到期日的损益图

格,所以标的资产之间的相关性以及它们的波动率将影响期权的价格。这类多因素期权主要包括彩虹期权(rainbow option)、篮子期权(basket option)、差价期权(spread option)、汇率联动期权(quanto)等。

8.1.5.1 彩虹期权

彩虹期权(rainbow option)持有者得到的最终支付由到期日标的资产组合中各资产达到的最高价格决定,可以表示为 $\max(0, S_1 - K, S_2 - K, \dots, S_n - K)$ 。其中, S_1, S_2, \dots, S_n 为标的资产组合中第1种、第2种、...、第 n 种资产的到期日价格。

对于那些希望得到较高收益的投资者来说,彩虹期权无疑提供了一个很好的选择。对于一些基金来说,他们可以将彩虹资金和存款合约进行组合,从而创造出另一个投资基金,这一基金可以提供比较好的收益率保证。

如果标的资产组合中只有两种资产,可以采用 Margrabe 提出的期权定价方法。如果标的资产组合中含有两种以上的资产,就只能采用蒙特卡洛模拟的方法进行定价。

8.1.5.2 篮子期权

篮子期权(basket option)是彩虹期权的一种变形,它们的区别在于最终支付所采用的价格不是资产组合中的最高价格,而是整个资产组合的价值,也就是各资产的加权平均值。利用马科维兹的资产组合理论,可以比较容易地求出这一组合价值。

篮子期权的使用者主要是那些为现有资产组合进行对冲的投资者。相比于为投资组合中的每一种资产买一份期权进行对冲,为整个资产组合买一份篮子期权所花费的成本要小得多。

8.1.5.3 资产交换期权

资产交换期权(exchange option)是将一种资产交换成另一种资产的期权,例如,使用瑞士法郎购买德国马克的期权是一种把外币资产交换成另一种外币资产的资产交换期权,股票投标时将一种股票交换另一种股票的期权也是一种资产交换期权。

8.2 奇异期权定价方法

奇异期权的复杂性导致它的定价相当复杂,通常有三种方法来为奇异期权定价。

8.2.1 分析性模型

分析性模型要求偏微分方程存在闭式解,Black-Scholes 方程就是一个典型的解析解的代表。简单的复合期权、选择期权、幂期权、两值期权等可以用分析性模型来定价。

8.2.2 数量模型

这一方法要求将标的资产价格的变化路径描绘出来,就像二叉树模型那样,通过期权到

期日那天的可能价格以及合适的概率和贴现率将期权价格进行贴现,在每一个节点,要像美式期权所用的方法一样进行检验。百慕大期权、呼叫期权等期权可以用这种方法进行定价。

8.2.3 蒙特卡洛模拟

蒙特卡洛方法用于模拟标的资产价格的变化,通过程序模拟运行数千次可以得到标的资产价格的分布函数。每一次运行都可以得到期权的最终支付数量,由此估计出期权价值的分布以及最终的平均结果。

8.3 奇异期权对冲

有些奇异期权比起对应的标准期权来说更容易对冲,但是另外一些就难得多。通常有两种对冲的方法:一种是希腊字母对冲,这种方法将在第 13 章期权风险管理策略中来具体介绍;另一种是静态期权复制法,通过找到一个价值相同的标准期权合约组合来进行对冲。

8.3.1 希腊字母对冲

希腊字母对冲就是指利用 Delta、Gamma 和 Vega 等进行的对冲方法。有时候,奇异期权的对冲比标准期权更容易,因为某些特殊的规定实际上减少了不确定性,典型的如平均价格期权;但是有时候,奇异期权比标准期权更难对冲,如障碍期权。

平均价格期权的平均期限就是期权的整个有效期。随着时间的推移,有越来越多的观察到的资产价格被用于平均价格的计算中,而后面的资产价格对平均价格的影响逐步减小,所以关于未来损益的不确定性就下降了。当临近到期日时,该期权的 Delta 逐渐趋近于零。

对于下降敲出期权(障碍期权的一种)而言,如果标的资产价格下降到障碍水平以下时,该期权的价值就为零;如果标的资产价格没有下降到该水平,则该期权就具有较高的价值。所以,该期权的 Delta 值不是连续的,而是在障碍水平处离散的,这就给使用传统的 Delta 值带来许多不便。此时,用下面的静态期权复制方法会更方便。

8.3.2 静态期权复制

静态期权复制(static options replication)是动态期权复制的对立面。对于标准期权来说,Delta 对冲就是一种动态期权复制,它要求投资者频繁地调整正在进行对冲的资产头寸。但是,静态期权复制不需要频繁调整头寸,它试图寻找某个期权组合,使得其在某个确定的边界条件下的价值与奇异期权的价值相同,这样它们在内界点的价值也相同。

第 9 章

Black-Scholes 期权定价模型

9.1 Black-Scholes 期权定价模型的假设条件

Black-Scholes 期权定价模型的七个假设条件如下：

1) 期权标的资产为风险资产(在 Black-Scholes 期权定价模型中为股票),当前时刻市场价格为 S 。 S 遵循几何布朗运动,即

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz。 \quad (9-1)$$

其中: dS 为股票价格瞬时变化值; dt 为极短瞬间的时间变化值; dz 为均值为零,方差为 dt 的无穷小的随机变化值($dz = \epsilon \sqrt{dt}$,称为标准布朗运动, ϵ 代表从标准正态分布(即均值为 0、标准差为 1.0 的正态分布)中取的一个随机值); μ 为股票价格在单位时间内的期望收益率(以连续复利表示); σ 则是股票价格的波动率,即证券收益率在单位时间内的标准差。 μ 和 σ 都是已知的。

简单地分析几何布朗运动,意味着股票价格在短时期内的变动(即收益)来源于两个方面:一是单位时间内已知的一个收益率变化 μ ,被称为漂移率,可以被看成一个总体的变化趋势;二是随机波动项,即 σdz ,可以看做随机波动使得股票价格变动偏离总体趋势的部分。

2) 在期权有效期内,标的资产没有现金收益支付。

综合假设条件 1 和 2, 意味着标的资产价格的变动是连续而均匀的, 不存在突然的跳跃。

3) 没有交易费用和税收, 不考虑保证金问题, 即不存在影响收益的任何外部因素。

综合假设条件 2 和 3, 意味着投资者的收益仅来源于价格的变动, 而没有其他影响因素。

4) 该标的资产可以被自由地买卖, 即允许卖空, 且所有证券都是完全可分的。

5) 在期权有效期内, 无风险利率为 r 常数, 投资者可以此利率无限制地进行借贷。

6) 期权为欧式看涨期权, 其执行价格为 X , 当前时刻为 t , 到期时刻为 T 。

7) 不存在无风险套利机会。

8) 标的资产价格波动率已知且恒定, 这一假设是期权定价模型中的关键条件。

9.2 Black-Scholes 期权定价模型

9.2.1 Black-Scholes 期权定价公式

在上述假设条件的基础上, Black 和 Scholes 得到了如下适用于无收益资产欧式看涨期权的一个微分方程:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + rS \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = rf. \quad (9-2)$$

其中: f 为期权价格; r 为无风险收益率; 其他参数符号的意义同前。

通过解这个微分方程, Black 和 Scholes 得到了如下适用于无收益资产欧式看涨期权的定价公式:

$$c = SN(d_1) - Xe^{-r(T-t)}N(d_2). \quad (9-3)$$

其中:

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma \sqrt{T-t}};$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma \sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma \sqrt{T-t}.$$

其中: c 为无收益资产欧式看涨期权价格; $N(x)$ 为标准正态分布变量的累计概率分布函数。根据标准正态分布函数特性, 我们有 $N(-x) = 1 - N(x)$ 。

9.2.2 Black-Scholes 期权定价公式的理解

9.2.2.1 期权价格的影响因素

首先, 让我们将 Black-Scholes 期权定价公式与期权价格的影响因素联系起来。在第 4

章,我们已经就期权价格的影响因素做了介绍,这里利用 B-S 公式进行总结。B-S 公式有五个输入变量,因此它们都对期权价格产生影响。除此之外,期权有效期内的现金流也会影响期权价格,将它们总结如表 9-1 所示。

表 9-1 影响期权价格的六个因素

	欧式看涨	美式看涨	欧式看跌	美式看跌
现货市场价格 S_0	+	+		
执行价格 K			+	+
到期日 T	+	+	?	+
无风险利率 r	+	+		
波动率	+	+	+	+
期权有效期内的预期分红			+	+

通过 Black-Scholes 公式可以定量地分析这些变量对期权价格的影响。习惯上,我们用希腊字母来表明期权价格与输入变量之间的关系,这将在其后的第 13 章中详细介绍。

9.2.2.2 风险中性定价原理

在这里,我们要谈到一个对于衍生产品定价非常重要的原理——风险中性定价原理。观察(9-2)式,我们注意到期权价格与标的资产的预期收益率是无关的。即在第一节我们描述标的资产价格所遵循的几何布朗运动时曾经出现过的预期收益率 μ 在期权定价公式中消失了。期权价格与 μ 的无关性,显然大大降低了期权定价的难度和不确定性。

进一步考虑,受制于主观风险收益偏好的标的证券预期收益率 μ 并未包括在期权的价值决定公式中,公式中出现的变量为标的证券当前市价(S)、执行价格(X)、时间(t)、证券价格的波动率(σ)和无风险利率 r ,它们全都是客观变量,独立于主观变量——风险收益偏好。既然主观风险偏好对期权价格没有影响,我们就可以利用 Black-Scholes 期权定价模型所揭示的期权价格的这一特性,作出一个可以大大简化我们工作的简单假设:

在对衍生证券定价时,所有投资者都是风险中性的。

在所有投资者都是风险中性的条件下(有时我们称之为一个“风险中性世界”),所有证券的预期收益率都可以等于无风险利率 r ,这是因为风险中性的投资者并不需要额外的收益来吸引他们承担风险。同样,在风险中性条件下,所有现金流量都可以通过无风险利率进行贴现求得现值。这就是风险中性定价原理。

应该注意的是,风险中性假定仅仅是一个人为假定,但通过这种假定所获得的结论不仅适用于投资者风险中性情况,也适用于投资者厌恶风险的所有情况。

为了更好地理解风险中性定价原理,我们可以举一个简单的例子来说明。

假设一种不支付红利的股票目前的市价为 10 元,我们知道在 3 个月,该股票价格要么是 11 元,要么是 9 元。现在我们要找出一份 3 个月期执行价格为 10.5 元的该股票欧式看涨期权的价值。

由于欧式期权不会提前执行,其价值取决于3个月后股票的市价。若3个月后该股票价格等于11元,则该期权价值为0.5元;若3个月后该股票价格等于9元,则该期权价值为零。

为了找出该期权的价值,我们可构建一个由一单位看涨期权空头和 Δ 单位的标的股票多头组成的组合。若3个月后该股票价格等于11元时,该组合价值等于 $(11\Delta - 0.5)$ 元;若3个月后该股票价格等于9元时,该组合价值等于 9Δ 元。为了使该组合价值处于无风险状态,我们应选择适当的 Δ 值,使3个月后该组合的价值不变,这意味着:

$$\begin{aligned} 11\Delta - 0.5 &= 9\Delta, \\ \Delta &= 0.25。 \end{aligned}$$

因此,一个无风险组合应包括一份看涨期权空头和0.25股标的股票。无论3个月后股票价格等于11元还是9元,该组合价值都将等于2.25元。

在没有套利机会情况下,无风险组合只能获得无风险利率。假设现在的无风险年利率等于10%,则该组合的现值应为:

$$2.25e^{-0.1 \times 0.25} = 2.19(\text{元})。$$

由于该组合中有一单位看涨期权空头和0.25单位股票多头,而目前股票市场为10元,因此:

$$\begin{aligned} 10 \times 0.25 - f &= 2.19, \\ f &= 0.31(\text{元})。 \end{aligned}$$

这就是说,该看涨期权的价值应为0.31元,否则就会存在无风险套利机会。

从该例子可以看出,在确定期权价值时,我们并不需要知道股票价格上涨到11元的概率和下降到9元的概率。但这并不意味着概率可以随心所欲地给定。事实上,只要股票的预期收益率给定,股票上升和下降的概率也就确定了。例如,在风险中性世界中,无风险利率为10%,则股票上升的概率 P 可以通过下式来求:

$$\begin{aligned} 10 &= e^{-0.1 \times 0.25} \times [11P + 9(1 - P)], \\ P &= 62.66\%。 \end{aligned}$$

又如,如果在现实世界中股票的预期收益率为15%,则股票的上升概率可以通过下式来求:

$$\begin{aligned} 10 &= e^{-0.15 \times 0.25} \times [11P + 9(1 - P)], \\ P &= 69.11\%。 \end{aligned}$$

可见,投资者厌恶风险程度决定了股票的预期收益率,而股票的预期收益率决定了股票升跌的概率。然而,无论投资者厌恶风险程度如何,从而无论该股票上升或下降的概率如何,该期权的价值都等于0.31元。

9.2.2.3 对期权定价公式的经济理解

首先,从Black-Scholes期权定价模型自身的求解过程来看, $N(d_2)$ 实际上是在风险中

性世界中 S_T 大于 X 的概率, 或者说是欧式看涨期权被执行的概率, 因此, $e^{-r(T-t)} XN(d_2)$ 是 X 的风险中性期望值的现值, 或者说, 可以看成期权可能带来的收入现值。 $SN(d_1) = e^{-r(T-t)} S_T N(d_1)$ 是 S_T 的风险中性期望值的现值, 可以看成期权持有者将来可能支付的价格的现值。因此整个欧式看涨期权公式就可以被看作期权未来期望回报的现值。

其次, $\Delta = N(d_1) = \frac{df}{dS}$, 反映了标的资产变动一个很小的单位时, 期权价格的变化量; 或者说, 如果要避免标的资产价格变化给期权价格带来的影响, 一个单位的看涨期权多头, 就需要 Δ 单位的标的资产空头加以保值。事实上, $\Delta = N(d_1)$ 是复制交易策略中股票的数量, $SN(d_1)$ 就是股票的市值, $-e^{-r(T-t)} XN(d_2)$ 则是复制交易策略中债券的价值。

最后, 欧式看涨期权可以分拆成资产或无价值看涨期权(asset-or-nothing call option) 多头和现金或无价值看涨期权(cash-or-nothing option) 空头, $SN(d_1)$ 是资产或无价值看涨期权的价值, $-e^{-r(T-t)} XN(d_2)$ 是 X 份现金或无价值看涨期权空头的价值。这是因为, 对于一个资产或无价值看涨期权来说, 如果标的资产价格在到期时低于执行价格, 该期权没有价值; 如果高于执行价格, 则该期权支付一个等于资产价格本身的金额, 根据前文对 $N(d_2)$ 和 $SN(d_1)$ 的分析, 可以得出该期权的价值为 $e^{-r(T-t)} S_T N(d_1) = SN(d_1)$ 的结论; 同样, 对于(标准)现金或无价值看涨期权, 如果标的资产价格在到期时低于执行价格, 该期权没有价值; 如果高于执行价格, 则该期权支付 1 元, 由于期权到期时价格超过执行价格的概率为 $N(d_2)$, 则 1 份现金或无价值看涨期权的现值为 $-e^{-r(T-t)} N(d_2)$ 。

9.2.3 Black-Scholes 期权定价公式的拓展

9.2.3.1 无收益资产欧式看跌期权的定价公式

Black-Scholes 期权定价模型给出的是无收益资产欧式看涨期权的定价公式, 根据欧式看涨期权和看跌期权之间的平价关系, 可以得到无收益资产欧式看跌期权的定价公式:

$$p = c + Xe^{-r(T-t)} - S = Xe^{-r(T-t)} N(-d_2) - SN(-d_1). \quad (9-4)$$

9.2.3.2 无收益资产美式期权的定价公式

在标的资产无收益情况下, 由于 $C = c$, 因此(9-3)式也给出了无收益资产美式看涨期权的价值。

由于美式看跌期权与看涨期权之间不存在严密的平价关系, 因此美式看跌期权的定价还没有得到一个精确的解析公式, 但可以用数值方法以及解析近似方法求出。

9.2.3.3 有收益资产期权的定价公式

到现在为止, 我们一直假设期权的标的资产没有现金收益。那么, 对于有收益的资产, 其期权定价公式是什么呢? 实际上, 如果收益可以准确地预测到, 或者说是已知的, 那么有收益资产的欧式期权定价并不复杂。

在收益已知情况下, 我们可以把标的证券价格分解成两部分: 期权有效期内已知现金收

益的现值部分和一个有风险部分。当期权到期时,这部分现值将由于标的资产支付现金收益而消失。因此,我们只要用 S 表示有风险部分的证券价格,用 σ 表示风险部分遵循随机过程的波动率,就可直接套用(9-3)式和(9-4)式分别计算出有收益资产的欧式看涨期权和看跌期权的价值。

当标的资产已知收益的现值为 PVD 时,我们只要用 $(S - PVD)$ 代替(9-3)式和(9-4)式中的 S 即可求出有收益资产欧式看涨和看跌期权的价格。

当标的资产的收益为按连续复利计算的收益率 q (单位为年)时,我们只要将 $Se^{-q(T-t)}$ 代替(9-3)式和(9-4)式中的 S 就可求出支付连续复利收益率资产的欧式看涨和看跌期权的价格。

另外,对于有收益资产的美式期权,由于有提前执行的可能,我们无法得到精确的解析解,仍然需要用数值方法以及解析近似方法求出。

9.3 Black-Scholes 期权定价公式的计算

我们已经知道,Black-Scholes 期权定价模型中的期权价格取决于下列五个参数:标的资产市场价格、执行价格、到期期限、无风险利率和标的资产价格波动率(即标的资产收益率的标准差)。在这些参数当中,前三个都是很容易获得的确定数值。但是无风险利率和标的资产价格波动率则需要通过一定的计算求得估计值。

9.3.1 估计无风险利率

在发达的金融市场上,很容易获得对无风险利率的估计值。但是在实际应用的时候仍然需要注意几个问题。首先,我们需要选择正确的利率。一般来说,在美国,人们大多选择美国国债利率作为无风险利率的估计值。由于美国国债所报出的利率通常为贴现率(即利息占票面价值的比例),因此需要转化为通常的利率,并且用连续复利的方式表达出来,才可以在 Black-Scholes 公式中应用。其次,要小心地选择国债的到期日。如果利率期限结构曲线倾斜严重,那么不同到期日的收益率很可能相差很大,我们必须选择距离期权到期日最近的那个国债的利率作为无风险利率。

我们用一个例子来说明无风险利率的计算。假设一个还有 84 天到期的国债,其买入报价为 8.83,卖出报价为 8.77。由于短期国债市场报价为贴现率,我们可以推算出其中间报价对应的现金价格(面值为 \$100)为:

$$P_{TB} = 100 - \left(\frac{8.83 + 8.77}{2} \right) \left(\frac{84}{360} \right) = \$97.947。$$

进一步应用连续复利利率的计算公式得到相应的利率:

$$e^{r(T-t)} = \frac{100}{P_{TB}} \rightarrow e^{r \times 0.23} = \frac{100}{97.947} \rightarrow r = 0.0902。$$

9.3.2 估计标的资产价格的波动率

估计标的资产价格的波动率要比估计无风险利率困难得多,也更为重要。估计标的资产价格波动率有两种方法:历史波动率和隐含波动率。

9.3.2.1 历史波动率

所谓历史波动率就是从标的资产价格的历史数据中计算出价格收益率的标准差。以股票价格为例,表9-2列出了计算股票价格波动率的一个简单说明。很显然,计算波动率的时候,我们运用了统计学中计算样本均值和标准差的简单方法。其中, R_t 为股票价格百分比收益率, \bar{R} (或者为 μ)则为连续复利收益率(估计)均值, $Var(R)$ (或者 σ^2)则是连续复利收益率(估计)方差, σ 就是相应的(估计)标准差(波动率),即Black-Scholes公式计算时所用的参数。在表9-2中,共有11天的收盘价信息,因此得到10个收益率信息。

$$R_t = P_t/P_{t-1},$$

$$\bar{R} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ln R_t,$$

$$Var(R) = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (\ln R_t - \bar{R})^2. \quad (9-5)$$

表9-2 历史波动率计算

天数	P_t	R_t	$\ln(R_t)$	$(\ln R_t - \bar{R})^2$
0	100.00			
1	101.50	1.015 0	0.014 9	0.000 154
2	98.00	0.965 5	-0.035 1	0.001 410
3	96.75	0.987 2	-0.012 8	0.000 234
4	100.50	1.038 8	0.038 0	0.001 264
5	101.00	1.005 0	0.005 0	0.000 006
6	103.25	1.022 3	0.022 0	0.000 382
7	105.00	1.016 9	0.016 8	0.000 205
8	102.75	0.978 6	-0.021 7	0.000 582
9	103.00	1.002 4	0.002 4	0.000 000
10	102.50	0.995 1	-0.004 9	0.000 053
		总 计	0.024 7	0.004 294

样本均值 $\mu = 0.024\ 7/10 = 0.002\ 47$;

样本方差 $\sigma^2 = 0.004\ 294/9 = 0.000\ 477$;

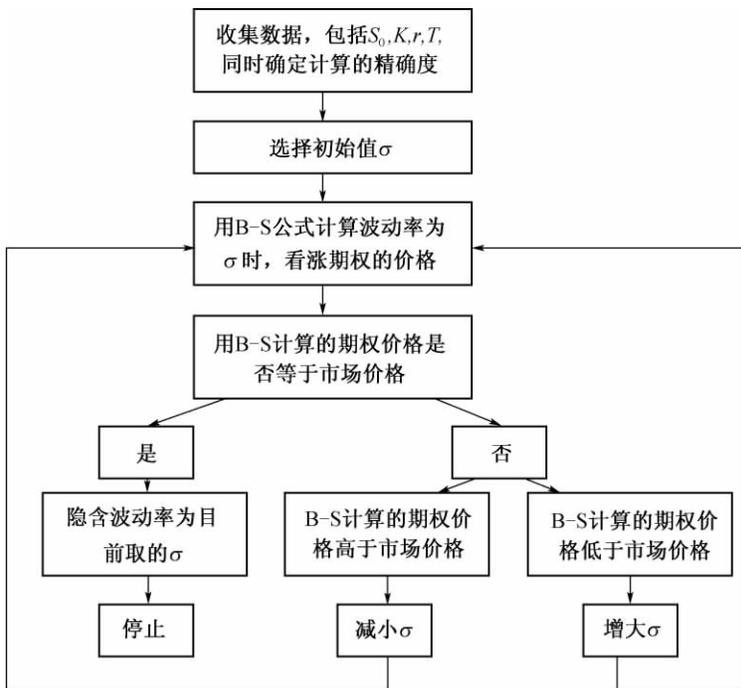
样本标准差 $\sigma = 0.021\ 843$ 。

在 Black-Scholes 公式所用的参数中,有三个参数与时间有关:到期期限、无风险利率和波动率。值得注意的是,这三个参数的时间单位必须相同,或者同为天、周,或者同为年。年是经常被用到的时间单位,因此,我们常常需要将诸如表 9-2 中得到的天波动率转化为年波动率。在考虑年波动率时,有一个问题需要加以重视:一年的天数究竟按照日历天还是按照交易天数计算。一般认为,证券价格的波动主要来自交易日。因此,在转换年波动率时,应该按照一年 252 个交易日进行计算。这样,表 9-2 中计算得到的天波动率相应的年波动率为 $\sigma_{\text{year}} = \sigma_{\text{day}} \times \sqrt{252} = 0.3467$ 。

在我们的例子中,我们使用的是 10 天的历史数据。在实际计算时,这个天数的选择往往很不容易。从统计的角度来看,时间越长,数据越多,获得的精确度一般越高。但是,资产价格收益率的波动率却又常常随时间而变化,太长的时间段反而可能降低波动率的精确度。因此,计算波动率时,要注意选取距离今天较近的时间,一般的经验法则是设定度量波动率的时期等于期权的到期期限。因此,如果要为 9 个月的期权定价,可使用 9 个月的历史数据。

9.3.2.2 隐含波动率

从 Black-Scholes 期权定价模型本身来说,公式中的波动率指的是未来的波动率数据,这使得历史波动率始终存在着较大的缺陷。为了回避这一缺陷,一些学者将目光转向隐含波动率的计算。所谓的隐含波动率,即根据 Black-Scholes 期权定价公式,将公式中除了波动率以外的参数和市场上的期权报价代入,计算得到的波动率数据。显然,这里计算得到的波动率可以看作是市场对未来波动率的预期。由于 Black-Scholes 期权定价公式比较复杂,主要采用试错法(trial and error),其流程如图 9-1 所示。



资料来源:An introduction to Derivatives & Risk Management (6th edition), Don M. Chance。

图 9-1 试错法流程图

9.3.3 Black-Scholes 期权定价公式的计算：一个例子

为了使读者进一步理解 Black-Scholes 期权定价模型,我们下面用一个简单的例子来说明这一模型的计算过程。

例 9-1

假设某种不支付红利股票的市价为 50 元,无风险利率为 12%,该股票的年波动率为 10%,求该股票协议价格为 50 元、期限 1 年的欧式看涨期权和看跌期权价格。

相关参数表达如下:

$$S = 50, X = 50, r = 0.12, \sigma = 0.1, T = 1,$$

计算过程可分为三步:

第一步,先算出 d_1 和 d_2 。

$$d_1 = \frac{\ln(50/50) + (0.12 + 0.01/2) \times 1}{0.1 \times \sqrt{1}} = 1.25;$$

$$d_2 = d_1 - 0.1 \times \sqrt{1} = 1.15。$$

第二步,计算 $N(d_1)$ 和 $N(d_2)$ 。

$$N(d_1) = N(1.25) = 0.8944;$$

$$N(d_2) = N(1.15) = 0.8749。$$

第三步,上述结果及已知条件代入公式,这样,欧式看涨期权和看跌期权价格分别为:

$$c = 50 \times 0.8944 - 50 \times 0.8749 e^{-0.12 \times 1} = 5.92(\text{美元});$$

$$p = 50 \times (1 - 0.8749) e^{-0.12 \times 1} - 50 \times (1 - 0.8944) = 0.27(\text{美元})。$$

在本例中,标的资产执行价格和市场价格正好相等,但是看涨期权的价格却与看跌期权的价格相差悬殊。其中的原因在于利率和到期期限对期权价格的影响。在本例中,利率高达 12%,到期期限长达 1 年。在这种情况下,执行价格的现值将大大降低。对于欧式看涨期权来说,这意味着内在价值的大幅上升;而对欧式看跌期权来说,却意味着内在价值的大幅降低。因此,在计算了执行价格的现值以后,看涨期权是实值期权而看跌期权则是一个虚值期权。事实上,由于实际中的市场短期利率通常较低,期权到期期限一般不超过 9 个月,因此如果标的资产市场价格与执行价格相等,同样条件下的看涨期权价格和看跌期权价格一般比较接近。

9.4 Black-Scholes 期权定价公式的应用

Black-Scholes 期权定价公式除了可以用来估计期权价格,在其他一些方面也有重要的应用,包括评估组合保险成本、给可转换债券定价和为认股权证估值。

9.4.1 评估组合保险成本

证券组合保险是指事先能够确定最大损失的投资策略。比如在持有相关资产的同时买入看跌期权就是一种组合保险。

假设你掌管着价值 1 亿的股票投资组合,这个股票投资组合于市场组合十分类似。你担心类似于 1987 年 10 月 19 日的股灾会吞噬你的股票组合,这时购买一份看跌期权也许是合理的。显然,期权的执行价格越低,组合保险的成本越小,不过也许我们需要一个确切的评估,市场上可能根本就没有对应的期权,要准确估算成本十分困难,此时 Black-Scholes 期权定价公式就十分有用。比如也许 10% 的损失是可以接受的,那么执行价格就可以设为 9 000 万,然后再将利率、波动率和保值期限的数据代进公式,就可以合理估算保值成本。

9.4.2 给可转换债券定价

可转换债券是一种可由债券持有者转换成股票的债券,因此可转换债券相当于一份普通的公司债券和一份看涨期权的组合。即

$$V_{CB} = V_B + V_C。 \quad (9-6)$$

其中: V_{CB} 表示可转换债券的价值; V_B 代表从可转换债券中剥离出来的债券的价值; V_C 代表从可转换债券中剥离出来的期权的价值。

在实际中, V_C 的估计是十分复杂的,因为 V_C 对利率非常敏感,而 Black-Scholes 期权定价公式假定无风险利率不变,对 V_C 显然不适用。其次,从可转换债券中隐含的期权的执行与否会因为股票股利和债券利息的问题复杂化。第三,许多可转换债券的转换比例会随时间变化。

还有就是绝大多数可转换债券是可赎回的。可赎回的可转换债券的分解更加复杂。对债券持有者而言,它相当于一份普通的公司债券、一份股票看涨期权多头(转换权)和一份债券看涨期权空头(赎回权)的组合。可赎回的可转换债券对股票价格变动很敏感,而且对利率也非常敏感。当利率下降的时候,公司可能会选择赎回债券。当然,利率上升的时候债券价值也会上升。

9.4.3 为认股权证估值

认股权证通常是与债券或优先股一起发行的,它的持有人拥有在特定时间以特定价格认购一定数量的普通股,因此认股权证其实是一份看涨期权,不过两者之间还是存在细微的差别:看涨期权执行的时候,发行股票的公司并不会受到影响;而认股权证的执行将导致公司发行更多的股票。因此,认股权证的执行存在稀释效应,在估值的时候必须考虑这一点。

第 10 章 期权定价的二叉树模型

二叉树模型(binomial tree)虽然比较简单,但却是期权及其他衍生证券定价的常用方法。二叉树模型的基本假设是无市场摩擦、无信用风险、市场竞争、无套利机会,没有利率风险。关于利率风险的假定将在讨论利率期权时被放松。

二叉树模型主要基于这几种思想:第一,衍生证券的价值是基于标的资产的价值,所以在计算股票期权价格时,可以先从股票的价格变动入手;第二,风险中性估值,即假设投资者风险中性(risk neutral),投资者对风险不要求补偿,所有无风险证券的预期收益为无风险利率;第三,无套利原则。

我们从简单的无收益资产期权的定价开始讲解二叉树模型,之后再逐步加以扩展。

10.1 单步二叉树模型

首先考虑单步二叉树模型。假设期权到期日为 T 时刻,由于采用单步二叉数模型(见图 10-1),所以只有一段的时间间隔, $\Delta t = T$ 。假设股票价格在 $t = 0$ 时为 S ,当 $t = T$ 时,股票价格的可能值有两个,一是上升为 $S_u (u > 1)$,另一个是下降为 $S_d (d < 1)$ 。在后文中,我们将发现,虽然这一假定非常简单,但是只要把每次分叉的时间间隔缩短,同时把时间拉长,就可以创造出股价变化的各种路径。

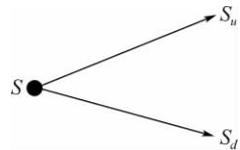


图 10-1 股票价格变动的单步二叉树模型

相对于股价的二叉树变化,期权价格也有对应的值。以一份股票看涨期权为例,当股票价格上升为 S_u 时,期权价格上升为 $C^+ = \max(0, S_u - K)$; 当股票价格下降为 S_d 时,期权价格相应下降为 $C^- = \max(0, S_d - K)$, 如图 10-2 所示。

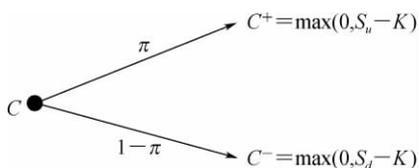


图 10-2 单步二叉树模型中期权价格的变化

考虑一个组合包含 n 股股票和一份看涨期权,这一组合的当前价值 $H = nS + C$ 。如果股票价格上升到 S^+ ,相应的期权价格为 C^+ ,而组合价值为 $H^+ = nS^+ + C^+$; 如果股票价格下降到 S^- ,对应的期权价格为 C^- ,而组合价值为 $H^- = nS^- + C^-$ 。可以找到一个 n ,使得该组合无风险,也就是说无论价格上涨或下跌,都不影响 H 的价值。所以 $H^+ = H^-$, 即

$$nS^+ + C^+ = nS^- + C^- \quad (10-1)$$

可以得到对冲率(hedge ratio)为:

$$n = \frac{C^+ - C^-}{S^+ - S^-} \quad (10-2)$$

同时,由于该组合无风险,所以收益率应该等于无风险利率。

$$H^+ = H^- = H(1 + r\Delta t) \quad (10-3)$$

代入 H^+ 、 H^- 和 H 的表达式,并利用 $S^+ = S_u, S^- = S_d$, 可以最终得到 C 的表达式:

$$C = \frac{\pi \times C^+ + (1 - \pi) \times C^-}{(1 + r\Delta t)} \quad (10-4)$$

其中: $\pi = \frac{1 + r\Delta t - d}{u - d}$ 。

如果是看跌期权,应用的方法是相同的,只不过在构建无风险组合时,是一份看跌期权的多头和 n 股股票的空头组成,或者一份看跌期权的空头和 n 股股票的多头组成。最终的表达式为:

$$P = \frac{\pi \times P^+ + (1 - \pi) \times P^-}{(1 + r\Delta t)} \quad (10-5)$$

其中: $\pi = \frac{1 + r\Delta t - d}{u - d}$; $P^+ = \max(0, K - S_u)$; $P^- = \max(0, K - S_d)$ 。

最后,要对二叉树模型说明几个问题。

这里所使用的 $\pi = \frac{1 + r\Delta t - d}{u - d}$ 并不表示股价上涨的概率,而是假定投资者是风险中性时的概率,这是期权定价中的重要假设,但这并非意味着单个投资者必定是风险中性的,对于股票价格的变化,不同的投资者因风险厌恶程度不同而有不同的期望价格。例如,风险偏好的投资者可能认为将来一期价格上涨的概率为 80%,而下跌的概率为 20%; 风险厌恶的投资者则认为价格上涨的概率为 20%,下跌的概率为 80%。无论他们作为个体对于股票价格的预期是怎样的,都不影响期权定价,因为在复制过程中,期权组合的收益已经独立于股票价格的波动了。

从二叉树模型可以看出,对于期权价格的确定采用的是倒推法(backward induction)。因为只有到期日那一天,我们才能确切地知道期权的价值,所以只有通过自后向前的方法才能计算出期初时的期权价格。

如果二叉树模型采用连续利率的形式,那么上述表达式要做适当的修改, $\pi = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$, $C = \frac{\pi \times C^+ + (1 - \pi) \times C^-}{e^{r\Delta t}}$, $P = \frac{\pi \times P^+ + (1 - \pi) \times P^-}{e^{r\Delta t}}$, 其他计算步骤相同。

而 u 和 d 的计算通常利用下列公式,其中 σ 代表标的资产的波动率。

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}};$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}。$$

例 10-1

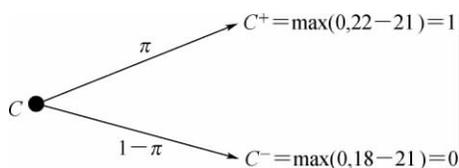
考虑一份欧式股票看涨期权,其执行价格为 21 美元,期限为 3 个月。股票现价为 20 美元,未来三个月内股票价格可能上涨到 22 美元或下降到 18 美元。无风险利率为 12%。利用单步二叉树模型求解该看涨期权的价值和对冲率。

答案:

由题意可知, $u = \frac{S^+}{S} = \frac{22}{20} = 1.1$, $d = \frac{S^-}{S} = \frac{18}{20} = 0.9$, $r = 12\%$, $\Delta t = 0.25$ 。

(1) 假设无风险利率不是连续的,采用 $\pi = \frac{1 + r\Delta t - d}{u - d}$ 的表达式。

$$\pi = \frac{1 + r\Delta t - d}{u - d} = \frac{1 + 3\% - 0.9}{1.1 - 0.9} = 0.65。$$



$$C = \frac{\pi \times C^+ + (1 - \pi) \times C^-}{(1 + r\Delta t)} = \frac{0.65 \times 1 + 0.35 \times 0}{1 + 3\%} = 0.6311。$$

(2) 假设无风险利率为连续收益率,采用 $\pi = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$ 的表达式。

$$\pi = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} = \frac{e^{12\% \times 1/4} - 0.9}{1.1 - 0.9} = 0.6523;$$

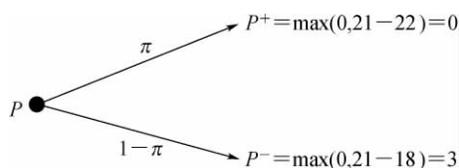
$$C = \frac{\pi \times C^+ + (1 - \pi) \times C^-}{e^{r\Delta t}} = \frac{0.6523 \times 1 + 0.3477 \times 0}{e^{0.03}} = 0.6330。$$

(3) 对冲率 $n = \frac{C^+ - C^-}{S^+ - S^-} = \frac{1 - 0}{22 - 18} = 0.25$, 在两种情况下都相等。

例 10-2

将上述这份期权改成欧式看跌期权, 求该期权的价值。

解析:



$$P = \frac{\pi \times P^+ + (1 - \pi) \times P^-}{(1 + r\Delta t)} = \frac{0.65 \times 0 + 0.35 \times 3}{1 + 0.03} = 1.0194,$$

或

$$P = \frac{\pi \times P^+ + (1 - \pi) \times P^-}{e^{r\Delta t}} = \frac{0.6523 \times 0 + 0.3477 \times 3}{e^{0.03}} = 1.0123。$$

10.2 两步二叉树模型

由于单步二叉树模型只能得到两种可能的股票价格, 我们在单步二叉树模型的基础上进一步扩展到两步模型, 使其在期末的股票价格出现三个可能值, 并由此计算 $t = 0$ 时的期权价格。如果理解了两步二叉树模型的计算方法, 就可以很方便地扩展到 n 步模型。

前文已经提到, 二叉树模型运用的是后推法, 所以两步二叉树实际上是由 $t = T$ 时的股票价格和期权价格计算出 $t = T/2$ 时的期权价格, 再由 $t = T/2$ 时的价格计算出 $T = 0$ 时的期权价格。从本质上来讲, 这与单步二叉树模型无甚区别。

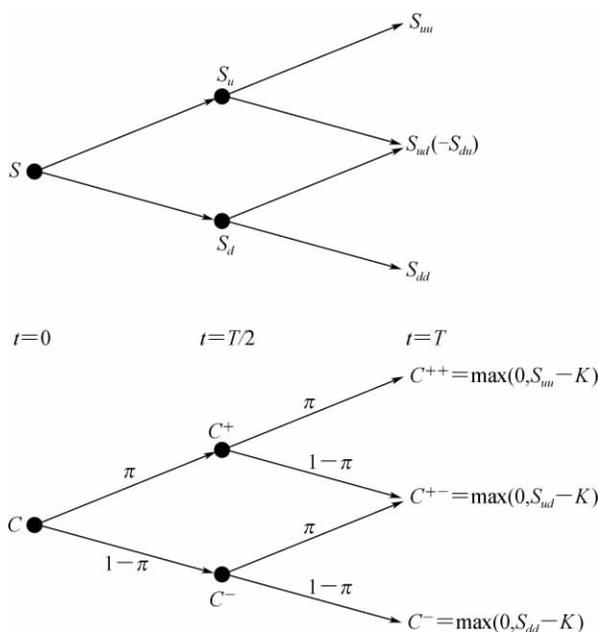


图 10-3 两步二叉树

当 $t = 0$ 时, 证券价格为 S 。当 $\Delta t = T/2$ 时, 证券价格要么上涨到 S_u , 要么下降到 S_d ; 时间为 $2\Delta t = T$ 时, 证券价格就有三种可能: S_u^2 、 S_{ud} (等于 S) 和 S_d^2 , 以此类推。^①

得到每个结点的资产价格之后, 就可以在二叉树模型中采用倒推定价法, 从树型结构图的末端 T 时刻开始往回倒推, 为期权定价。由于在到 T 期时刻的预期期权价值是已知的, 例如看涨期权价值为 $\max(S_T - X, 0)$, 看跌期权价值为 $\max(X - S_T, 0)$, 因此在风险中性条件下在求解 T_0 时刻的每一结点上的期权价值时, 都可通过将时刻 T_1 的期权价值的预期值在 Δt 时间长度内以无风险利率 r 贴现求出。同理, 要求解 T_1 时的每一结点的期权价值时, 也可以将 T_2 时的期权价值预期值在时间 Δt 内以无风险利率 r 贴现求出。依此类推。采用这种倒推法, 最终可以求出零时刻(当前时刻)的期权价值。

$t = T/2$ 时, C^+ 和 C^- 的值可以由 $t = T$ 时的 C^{++} 、 C^{+-} 和 C^{--} 决定:

$$C^+ = \frac{\pi \times C^{++} + (1-\pi) \times C^{+-}}{1+r\Delta t}, C^- = \frac{\pi \times C^{+-} + (1-\pi) \times C^{--}}{1+r\Delta t}.$$

再由 C^+ 和 C^- 得到 $t = 0$ 时的期权价格 C :

$$C = \frac{\pi \times C^+ + (1-\pi) \times C^-}{1+r\Delta t} = \frac{\pi^2 \times C^{++} + 2\pi(1-\pi) \times C^{+-} + (1-\pi)^2 \times C^{--}}{(1+r\Delta t)^2}.$$

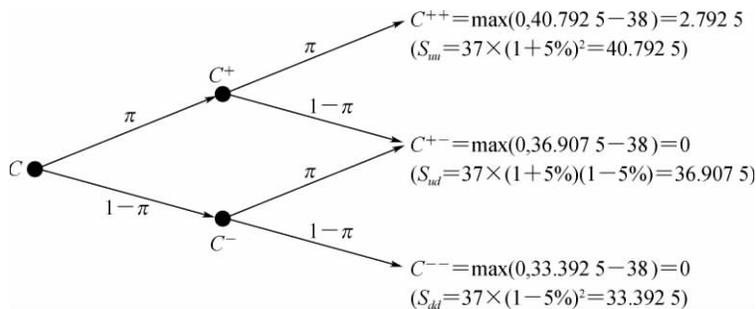
从上式也可以发现, C 实际上是 C^{++} 、 C^{+-} 和 C^{--} 的加权平均数。

如果题目给出的无风险利率为连续的, 则要将上述表达式中 $1+r\Delta t$ 改为 $e^{r\Delta t}$ 。

例 10-3

一只不分红的股票现价为 37 美元。在接下来的六个月里, 每三个月股价要么上升 5%, 要么下降 5%。连续复合收益率为 7%。计算期限为六个月, 执行价格为 38 美元的欧式看涨期权的价值。

答案:



由条件可得, $u = 1.05$, $d = 0.95$, $r = 0.07$, $T = 0.5$, $\Delta t = 0.25$ 。由于这里的无风险利率为连续收益率, 所以计算 π 时采用: $\pi = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} = \frac{e^{0.07 \times 0.25} - 0.95}{1.05 - 0.95} = 0.67654$ 。

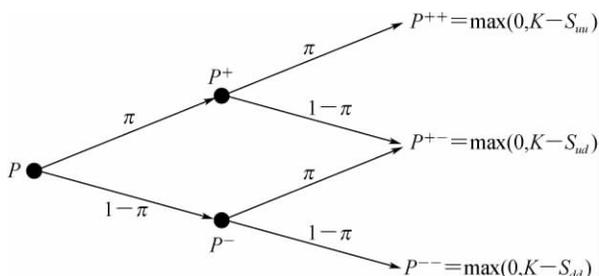
^① 注意在通常情况下, 为了方便计算通常设定 $u = \frac{1}{d}$, 但这个条件并不是必须要满足的。

$$C^+ = \frac{\pi \times C^{++} + (1-\pi) \times C^{+-}}{e^{r\Delta t}} = \frac{0.67654 \times 2.7925 + (1-0.67654) \times 0}{e^{0.07 \times 0.25}} = 1.8565 (\text{美元}),$$

$$C^- = \frac{\pi \times C^{-+} + (1-\pi) \times C^{--}}{e^{r\Delta t}} = \frac{0.67654 \times 0 + (1-0.67654) \times 0}{e^{0.07 \times 0.25}} = 0,$$

$$C = \frac{\pi \times C^+ + (1-\pi) \times C^-}{e^{r\Delta t}} = \frac{0.67654 \times 1.8565 + (1-0.67654) \times 0}{e^{0.07 \times 0.25}} = 1.2342 (\text{美元}).$$

对于欧式看跌期权,其价值的计算方法与看涨期权相似,只不过是在由股票价格确定期权价格时有所差异。

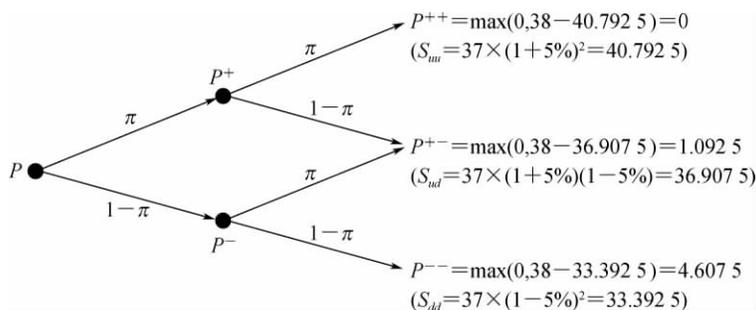


$$P^+ = \frac{\pi \times P^{++} + (1-\pi) \times P^{+-}}{1+r\Delta t}, P^- = \frac{\pi \times P^{-+} + (1-\pi) \times P^{--}}{1+r\Delta t}.$$

$$P = \frac{\pi \times P^+ + (1-\pi) \times P^-}{1+r\Delta t} = \frac{\pi^2 \times P^{++} + 2\pi(1-\pi) \times P^{-+} + (1-\pi)^2 \times P^{--}}{(1+r\Delta t)^2}.$$

例 10-4

将上一例题中的看涨期权改成欧式看跌期权并假设连续复利,计算其价值。



$$P^+ = \frac{\pi \times P^{++} + (1-\pi) \times P^{+-}}{e^{r\Delta t}} = \frac{0.67654 \times 0 + (1-0.67654) \times 1.0925}{e^{0.07 \times 0.25}} = 0.3473 (\text{美元}),$$

$$P^- = \frac{\pi \times P^{-+} + (1-\pi) \times P^{--}}{e^{r\Delta t}} = \frac{0.67654 \times 1.0925 + (1-0.67654) \times 4.6075}{e^{0.07 \times 0.25}} = 2.1908$$

(美元),

$$P = \frac{\pi \times P^+ + (1-\pi) \times P^-}{e^{r\Delta t}} = \frac{0.67654 \times 0.3473 + (1-0.67654) \times 2.1908}{e^{0.07 \times 0.25}} = 0.9272 (\text{美元}).$$

10.3 n 步二叉树模型

当二叉树模型扩展到 n 步后,其计算的方法仍然是相同的,从后往前依次计算出每个节点的期权价格,并乘以对应的风险中性概率,直到求出 $t = 0$ 时刻的期权价格。

检验发现,当 n 达到比较大时,二叉树模型所确定的期权价格趋于一个平稳的值(如图 10-4 所示),这也在一定程度上说明了二叉树模型的合理性和实用性。

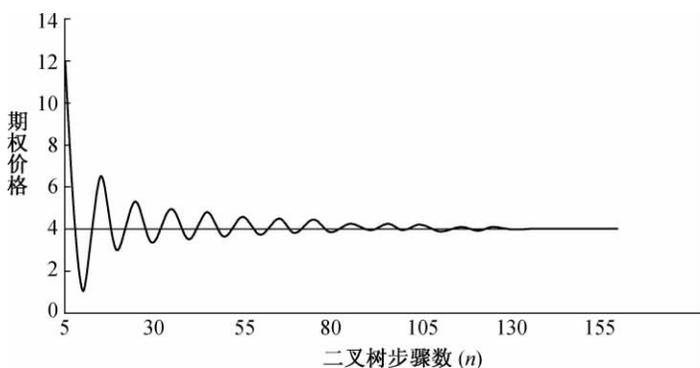


图 10-4 n 步二叉树模型

例 10-5

假设标的资产为不付红利股票,其当前市场价为 50 美元,波动率为每年 40%,无风险连续复利年利率为 10%,该股票 5 个月期的美式看跌期权协议价格为 50 美元,求该期权的价值。

为了构造二叉树,我们把期权有效期分为五段,每段一个月($\Delta t = 0.0833$ 年),我们可以算出:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = 1.1224,$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = 0.8909,$$

$$p = \frac{e^{r\Delta t} - e}{u - d} = 0.5076,$$

$$1 - p = 0.4924.$$

据此我们可以画出该股票在期权有效期内的树型图,如图 10-5 所示。在每个结点处有两个值,上面一个表示股票价格,下面一个表示期权价值。股价上涨概率总是等于 0.5076,下降概率总是等于 0.4924。

在 $i\Delta t$ 时刻,股票在第 j 个结点($j = 0, 1, \dots, i$) 的价格等于 $S_u^j d^{i-j}$ 。例如, F 结点($i = 4, j = 1$) 的股价等于 $50 \times 1.1224 \times 0.8909^3 = 39.69$ (美元)。在最后那些结点处,期权价值等于 $\max(X - S_T, 0)$ 。例如, G 结点($i = 5, j = 1$) 的期权价格等于 $50 - 35.36 = 14.64$ (美元)。

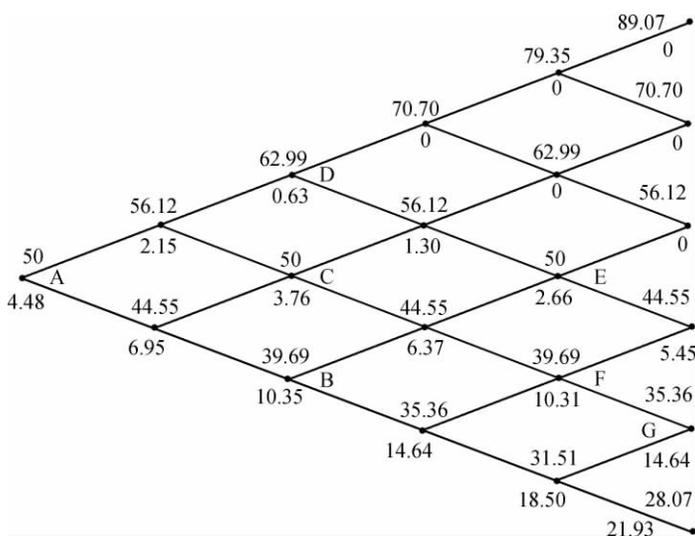


图 10-5 五步二叉树模型

通过采用与两步二叉树模型相似的方法,从后往前推,最后可以得到在零时刻,期权价值等于 4.48。

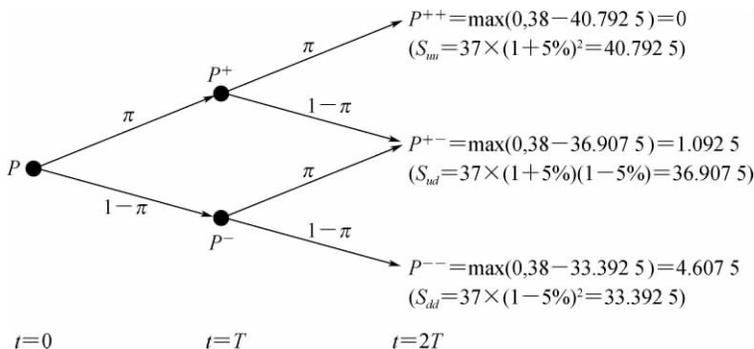
10.4 美式期权二叉树定价

利用二叉树模型对美式期权进行定价时,仍然是从树图的最后端向前后推进行计算,但是要注意的是在每个节点都要检验此时提前执行是否最佳。在某些较早的节点,如果不提前执行期权,则其价值为后两个节点得到的贴现值 A ; 如果提前执行的话,它的价值为此时标的资产价值超过执行价格的部分 B (对于看涨期权而言)。如果 $B > A$, 则提前执行期权的收益较大,因此该节点采用的期权价值为 B ; 反之,则不提前执行期权,这就和欧式期权没什么区别了。

例 10-6

一只不分红的股票现价为 37 美元。在接下来的两年里,每年股价要么上升 5%, 要么下降 5%。连续无风险收益率为 7%。计算期限为两年,执行价格为 38 美元的美式看跌期权价值。

答案:



考虑 $t = T$ 时,上下两个节点是否要提前执行美式看跌期权。

在上面这个节点,如果不提前执行期权,则期权价值为:

$$P^+ = \frac{\pi \times P^{++} + (1-\pi) \times P^{+-}}{e^{r\Delta t}} = \frac{0.67654 \times 0 + (1-0.67664) \times 1.0925}{e^{0.07 \times 0.25}} = 0.3473(\text{美元})。$$

如果提前执行期权,则可得收益为零。(该节点股票价格为 38.85 美元,不应该提前执行。)所以,该节点处期权价值 $P^+ = \max(0.3473, 0) = 0.3473(\text{美元})$ 。

在下面这个节点,不提前执行期权的价值为:

$$P^- = \frac{\pi \times P^{+-} + (1-\pi) \times P^{--}}{e^{r\Delta t}} = \frac{0.67654 \times 1.0925 + (1-0.67654) \times 4.6075}{e^{0.07 \times 0.25}} \\ = 2.1908(\text{美元})。$$

提前执行期权的收益为 $38 - 35.15 = 2.85(\text{美元})$,所以应该提前执行期权,此节点期权价值为 $P^- = \max(2.1908, 2.85) = 2.85(\text{美元})$ 。

最后,递推到 $t = 0$ 时,此时 P^- 取 2.85 美元,可得:

$$P = \frac{\pi \times P^+ + (1-\pi) \times P^-}{e^{r\Delta t}} = \frac{0.67654 \times 0.3473 + (1-0.67654) \times 2.85}{e^{0.07 \times 0.25}} = 1.1368(\text{美元})。$$

10.5 二叉树方法的一般定价过程

下面我们给出用数学符号表示的二叉树期权定价方法,为了更具有推广性,我们以无收益证券的美式看跌期权为例。假设把该期权有效期划分成 N 个长度为 Δt 的小区间,令 f_{ij} ($0 \leq i \leq N, 0 \leq j \leq i$) 表示在时间 $i\Delta t$ 时第 j 个结点处的美式看跌期权的价值,我们将 f_{ij} 称为结点 (i, j) 的期权价值。同时用 $S_{i\Delta t}^{i-j}$ 表示结点 (i, j) 处的证券价格。由于美式看跌期权在到期时的价值是 $\max(X - S_T, 0)$, 所以有:

$$f_{N,j} = \max(X - S_{i\Delta t}^{N-j}, 0), \text{ 其中 } j = 0, 1, \dots, N。$$

当时间从 $i\Delta t$ 变为 $(i+1)\Delta t$ 时,从结点 (i, j) 移动到结点 $(i+1, j+1)$ 的概率为 π , 移动到 $(i+1, j)$ 的概率为 $1-\pi$ 。假定期权不被提前执行,则在风险中性条件下:

$$f_{ij} = e^{-r\Delta t} [\pi f_{i+1, j+1} + (1-\pi) f_{i+1, j}]。$$

其中: $0 \leq i \leq N-1, 0 \leq j \leq i$ 。如果考虑提前执行的可能性的话,上式中 f_{ij} 的必须与期权的内在价值比较,由此可得:

$$f_{ij} = \max\{X - S_{i\Delta t}^{i-j}, e^{-r\Delta t} [\pi f_{i+1, j+1} + (1-\pi) f_{i+1, j}]\}。$$

按这种倒推法计算,当时间区间的划分趋于无穷大,或者说当每一区间 Δt 趋于零时,就可以求出美式看跌期权的准确价值。根据实践经验,一般将时间区间分成 30 步就可得到较为理想的结果。

10.6 基本二叉树方法的扩展——三叉树图

一种替代二叉树图的方法是三叉树图法,该树图的形状如图 10-6 所示。在每一个时间间隔 Δt 内证券价格有三种运动的可能:从开始的 S 上升到原先的 u 倍,即到达 S_u ;保持不变,仍为 S ;下降到原先的 d 倍,即 S_d 。 p_u 、 p_m 、 p_d 分别为每个结点价格上升、持平和下降的概率。当 Δt 的高阶小量可以忽略时,满足资产价格变化均值和方差的参数分别为:

$$u = e^{\sigma\sqrt{3\Delta t}},$$

$$d = \frac{1}{u},$$

$$p_d = -\sqrt{\frac{\Delta t}{12\sigma^2}}\left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right) + \frac{1}{6},$$

$$p_u = \sqrt{\frac{\Delta t}{12\sigma^2}}\left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right) + \frac{1}{6},$$

$$p_m = \frac{2}{3}.$$

三叉树图的计算过程与二叉树图的计算过程相似。

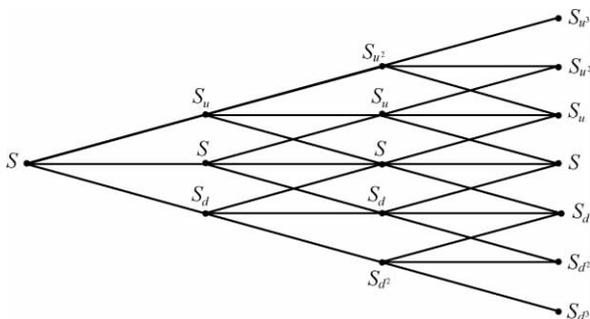


图 10-6 资产价格的三叉树图

10.7 二叉树定价模型的深入理解

由前文可见,二叉树模型的基本出发点在于:假设资产价格的运动是由大量的小幅度二值运动构成,用离散的随机游走模型模拟资产价格的连续运动可能遵循的路径。同时二叉树模型与风险中性定价原理相一致,即模型中的收益率和贴现率均为无风险收益率,资产价格向上运动和向下运动的实际概率并没有进入二叉树模型,模型中隐含导出的概率是风险中性世界中的概率,从而为期权定价。实际上,当二叉树模型相继两步之间的时间长度趋于零的时候,该模型将会收敛到连续的对数正态分布模型,即 Black-Scholes 偏微分方程。

取当前时刻为 $t - \Delta t$ (这是为了后面计算的方便,并不影响结论),在给定参数 π 、 u 和 d

的条件下,当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,二叉树公式为:

$$f(S, t - \Delta t) = [\pi f(S_u, t) + (1 - \pi) f(S_d, t)] e^{-r\Delta t}. \quad (10-6)$$

可以在 (S, t) 进行泰勒展开,最终可以化简为:

$$\frac{\partial f}{\partial t}(S, t) + rS \frac{\partial f}{\partial S}(S, t) + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2}(S, t) - rf(S, t) + o(\Delta t) = 0. \quad (10-7)$$

Δt 的高阶小量 $o(\Delta t)$ 可以忽略,从而说明离散二叉树模型和连续 Black-Scholes 模型是十分相似的,在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,二叉树模型收敛于 Black-Scholes 偏微分方程。

最后,二叉树模型和 Black-Scholes 模型的另一个相似点在于:它们都可以通过选取适当的 Δ 值,构造一个由 Δ 份的标的资产多头和一份期权空头组成的无套利组合。二叉树模型中的 Δ 值满足 $\Delta_1 = \frac{f_u - f_d}{S_u - S_d}$; Black-Scholes 模型中的 Δ 则满足 $\Delta_2 = \frac{\partial f}{\partial S}$, 之后两者都可以利用这个无套利组合为期权定价。这里我们可以看到 Δ_1 的极限就是 Δ_2 , 又一次验证了二叉树模型和 Black-Scholes 模型的一致性。但是,三叉树图模型则无法实现这样一个无套利组合,需要运用别的方法来构造。

第 11 章 期权价格的风险因素

在前面几章中,我们已经分析了决定和影响期权价格的各个重要因素,以及这些因素对期权价格的影响方向。进一步来看,根据 Black-Scholes 期权定价公式 ($c = SN(d_1) - Xe^{-r(T-t)}N(d_2)$),我们还可以更深入地了解各种因素对期权价格的影响程度,或者称之为期权价格对这些因素的敏感性。具体地说,所谓期权价格的敏感性,是指当这些因素发生一定的变化时,会引起期权价格变化的程度。通常,我们用希腊字母来表示期权价格对于某些变量的敏感程度。它们的定义及表达式总结如表 11-1 所示。下面,我们将对它们一一进行分析。

表 11-1 希腊字母定义及表达式

Greek	看涨期权	看跌期权
Delta = $\frac{\partial C}{\partial S}$	$0 \leq N(d_1) \leq 1$	$-1 \leq -N(-d_1) \leq 0$
Gamma = $\frac{\partial^2 C}{\partial S^2}$	$\frac{1}{S\sigma\sqrt{T}}f(d_1) > 0$	$\frac{1}{S\sigma\sqrt{T}}f(-d_1) > 0$
Theta = $\frac{\partial C}{\partial t}$	$-\frac{Sf(d_1)\sigma}{2\sqrt{T}} - rKe^{-rT}N(d_2) < 0$	$-\frac{Sf(-d_1)\sigma}{2\sqrt{T}} + rKe^{-rT}N(-d_2) < 0$
Vega = $\frac{\partial C}{\partial \sigma}$	$S\sqrt{T}f(d_1) > 0$	$S\sqrt{T}f(d_1) > 0$
RHO = $\frac{\partial C}{\partial r}$	$TKe^{-rT}N(d_2) \geq 0$	$-TKe^{-rT}N(-d_2) \leq 0$

如果我们从另一个角度来考虑期权价格的敏感性,我们可以把它看作当某一个参数发生变动时,期权价格可能产生的变化,也就是可能产生的风险。显然,如果期权价格对某一参数的敏感性为零,可以想见,该参数变化时给期权带来的价格风险就为零。实际上,当我们运用衍生证券(如期权)为标的资产或其他衍生证券进行套期保值时,一种较常用的方法就是分别算出保值工具与保值对象两者的价值对一些共同的变量(如标的资产价格、时间、标的资产价格的波动率、无风险利率等)的敏感性,然后建立适当数量的证券头寸,组成套期保值组合,使组合中的保值工具与保值对象的价格变动能相互抵消,也就是说让套期保值组合对该参数变化的敏感性变为零,这样就能起到消除相应风险的套期保值的目的。

11.1 Delta 与套期保值

期权的 Delta 值用于衡量期权价格对标的资产市场价格变动的敏感度,它等于期权价格变化与标的资产价格变化的比率。用数学语言表示,期权的 Delta 值等于期权价格对标的资产价格的偏导数;从几何上看,它是期权价格与标的资产价格关系曲线切线的斜率。

11.1.1 期权 Delta 值的计算及性质

令 f 表示期权的价格, S 表示标的资产的价格, Δ 表示期权的 Delta,则:

$$\Delta = \frac{\partial f}{\partial S} \quad (11-1)$$

根据 Black-Scholes 期权定价公式($c = SN(d_1) - Xe^{-r(T-t)}N(d_2)$)和相应的无收益资产欧式看跌期权定价公式($p = Xe^{-r(T-t)}N(-d_2) - SN(-d_1)$),我们可以算出无收益资产欧式看涨期权的 Delta 值为:

$$\Delta = N(d_1)。$$

无收益资产欧式看跌期权的 Delta 值为:

$$\Delta = -N(-d_1) = N(d_1) - 1。 \quad (11-2)$$

当期权更为复杂的时候,相应地期权的 Delta 值也更为复杂。例如支付已知红利利率 q (连续复利)的欧式看涨期权的 Delta 值为:

$$\Delta = e^{-q(T-t)}N(d_1)。$$

根据累积标准正态分布函数的性质可知, $0 < N(d_1) < 1$,因此无收益资产看涨期权多头的 Delta 值总是大于 0 但小于 1;而无收益资产欧式看跌期权多头的 Delta 值则总是大于 -1 小于 0。反过来,作为无收益资产欧式看涨期权空头,其 Delta 值就是总是大于 -1 小于 0;而无收益资产欧式看跌期权空头的 Delta 值则总是大于 0 小于 1。

从 d_1 定义可知,期权的 Delta 值取决于 S 、 r 、 σ 和 $T-t$ 。根据期权价格曲线的形状我们可知,无收益资产看涨期权多头和欧式看跌期权多头的 Delta 值与标的资产价格的关系,如

图 11-1 所示。

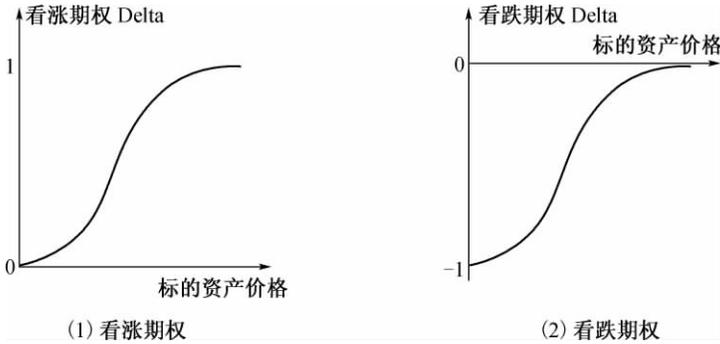


图 11-1 无收益资产看涨期权和看跌期权 Delta 值与标的资产价格的关系

从 $N(d_1)$ 函数的特征还可得出无收益资产看涨期权和欧式看跌期权在实值、平价和虚值三种状况下的 Delta 值与到期期限之间的关系。如图 11-2 所示,随着到期日的临近,实值期权的 Delta 值上升,平价期权的 Delta 值变化很小,略微降低,而虚值期权的 Delta 值则下降明显。

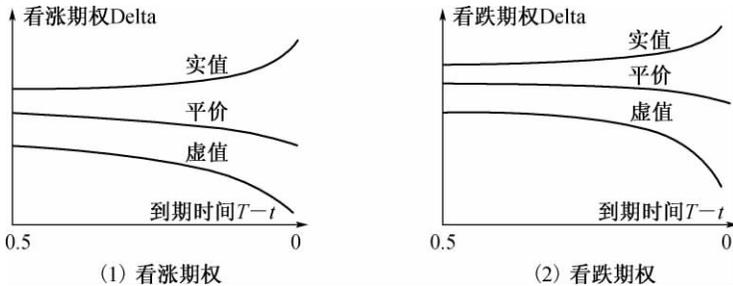


图 11-2 无收益资产看涨期权和欧式看跌期权 Delta 值与到期期限之间的关系

此外,无风险利率水平越高,无收益资产看涨期权和欧式看跌期权的 Delta 值也越高。然而,标的资产价格波动率(σ)对期权 Delta 值的影响较难确定,它取决于无风险利率水平 S 与 X 的差距、期权有效期等因素。但可以肯定的是,对于较深度虚值的看涨期权和较深度实值的看跌期权来说,Delta 值是 σ 的递增函数。

11.1.2 证券组合的 Delta 值

事实上,不仅期权有 Delta 值,金融现货资产和远期、期货都有相应的 Delta 值。显然,对于标的资产来说,其 Delta 值就等于 1。运用第 2 章中关于远期合约价值的计算公式可知,股票的远期合约的 Delta 值同样恒等于 1。这意味着我们可用一股股票的远期合约空头(或多头)为一股股票多头(或空头)保值,且在合约有效期内,无需再调整合约数量。但是,期货合约的 Delta 值就不同了。由于期货是每天结算的,因此期货合约的收益变化源于期货价格的变化,也就是说,我们需要运用期货价格公式计算出 Delta 值。因此,无收益资产的期货合约的 Delta 值为:

$$\Delta = e^{r(T-t)}。$$

支付已知收益率(q)资产期货合约的 Δ 值为:

$$\Delta = e^{(r-q)(T-t)}。$$

值得注意的是,这里给出的 Delta 值都是针对多头而言的,和期权一样,相应空头的 Delta 值只是符号发生了相反的变化。

这样,当证券组合中含有标的资产、该标的资产的各种期权和其他衍生证券的不同头寸时,该证券组合的 Delta 值就等于组合中各种资产 Delta 值的总和(注意这里的标的资产都应该是相同的):

$$\Delta = \sum_{i=1}^n w_i \Delta_i。 \quad (11-4)$$

其中: w_i 表示第 i 种证券的数量; Δ_i 表示第 i 种证券的 Delta 值。

11.1.2.1 Delta 中性状态与套期保值

由于标的资产和相应的衍生证券可取多头或空头,因此其 Delta 值可正可负,这样,若组合内标的资产和期权及其他衍生证券数量配合适当的话,整个组合的 Delta 值就可能等于零。我们称 Delta 值为零的证券组合处于 Delta 中性状态。

当证券组合处于 Delta 中性状态时,组合的价值显然就不受标的资产价格波动的影响,从而实现了套期保值。但是值得强调的是,证券组合处于 Delta 中性状态只能维持一个很短的时间,因为 Delta 实质上是导数。即当标的资产价值发生极少变化时,证券组合价值的变化。因此,我们只能说,当证券组合处于 Delta 中性状态时,该组合价值在一个“短时间”内不受标的资产价格波动的影响,从而实现了“瞬时”套期保值。

这样一个 Delta 中性状态的套期保值组合提示我们,当我们手中拥有某种证券或证券组合时,可以通过相应的标的资产、期权、期货等进行相互保值,使证券组合的 Delta 值等于零,也就是不受标的资产价格变化的影响。这种套期保值方法称为 Delta 中性保值法,又因为中性保值只是在瞬间实现的,随着 S 、 $T-t$ 、 r 和 σ 的变化,Delta 值也在不断变化,因此需要不断调整保值头寸以便使保值组合重新处于 Delta 中性状态,这种调整称为再均衡(re-balancing),因此这种保值方法属于“动态套期保值”。

例 11-1

美国某公司持有 100 万英镑的现货头寸,假设当时英镑兑美元汇率为 1 英镑=1.620 0 美元,英国的无风险连续复利年利率为 13%,美国为 10%,英镑汇率的波动率每年 15%。为防止英镑贬值,该公司打算用 6 个月期执行价格为 1.600 0 美元的英镑欧式看跌期权进行保值,请问该公司应买入多少该期权?

英镑欧式看跌期权的 Delta 值为:

$$[N(d_1) - 1]e^{-rf(T-t)} = [N(0.0287) - 1]e^{-0.13 \times 0.5} = -0.458。$$

而英镑现货的 Delta 值为 +1,故 100 万英镑现货头寸的 Delta 值为 +100 万。为了抵消现货头寸的 Delta 值,该公司应买入的看跌期权数量等于:

$$\frac{100}{0.458} = 218.34(\text{万})$$

即,该公司要买入 218.34 万英镑的欧式看跌期权。当然,这只是适合于短时间内的保值头寸。

11.1.3 动态 Delta 对冲

上述关于 Delta 对冲的结论看起来很简单,但是实际上,这一结论存在不少问题。首先,Delta 值只是期权价格变化与标的资产价格变化的近似变化,只在标的资产价格变动较小时可以使用 Delta 对冲,一旦标的资产价格变化较大,则 Delta 对冲就变得不可信,要使用 Gamma 对冲(将在下一节介绍)。其次,Delta 值并不是一个恒定不变的值,它会随着标的资产价格变化和时间变化而变化,所以,投资者需要不断地根据 Delta 值进行调整。

从图 11-1 可以看出,Delta 随着标的资产价格的上升一直增大,这意味着用于对冲的标的资产数量在上升。从图 11-2 可以看出,随着到期日的临近,实值期权的 Delta 值有上升的趋势,而平价期权和虚值期权的 Delta 值则趋于下降。

由于标的资产价格和到期时间都会对 Delta 值产生影响,所以投资者必须经常调整 Delta 对冲所需要的标的资产数量,否则在较长时间内就不能获得有效的保护。这种不断变化的对冲被称为动态 Delta 对冲。

现在我们把这两种影响一起考虑,并假定其他因素不变。用一个实例来说明动态 Delta 对冲是如何进行的。

假设投资者卖出了 1 000 份欧式看涨期权,每份期权可以交割一股股票,执行价格为 40 美元,离到期日还有 180 天。目前股票价格为 40.5 美元,连续复利设为 0.1,波动率设为 0.2。运用 B-S 公式,可以得到该期权现在的价格为 3.62 美元。为了进行 Delta 对冲,计算出 Delta 值为 0.694 9,则需要购买的股票数量为 695 股(四舍五入取整)。因此,这一资产组合的价值为:

$$V = 695 \times 40.5 - 1000 \times 3.62 = 24\,527.5 \text{ 美元。}$$

也就是说,在 $t = 0$ 时刻,投资者要花费 24 527.5 美元来构造这个组合。

让我们看看第一天的 Delta 对冲是否有效,由于在 $t = 0$ 时,该资产组合是 Delta 中性的,所以该组合应该以无风险利率增加。在 $t = 1$ 时, $V = 24\,527.5 \times e^{(0.1/365)} = 24\,534.2$ 美元。如果 $t = 1$ 时价格变动,而资产组合仍然等于 24 534.2 美元,则说明 Delta 对冲有效。

$t = 1$ 时,股票价格上涨到 40.8 美元,根据 B-S 公式,得到此时看涨期权的价格为 3.82 美元,因此,资产组合的价值为 $V = 695 \times 40.8 - 1000 \times 3.82 = 24\,536$ 美元。这和之前算出的 24 534.2 相当接近,说明了 Delta 对冲是成功的。

但是,此时由于 Delta 值发生了变化,增加到了 0.712 8,因此有必要增加股票的数量,使得整个投资组合 Delta 中性。根据调整过的 Delta,应该持有 713 股股票,由于之前已经买入了 695 股,所以只要再增加购买 18 股,需要现金 $18 \times 40.8 = 734.4$ 美元。我们假定这笔金额是通过贷款得到的,贷款利率为无风险利率。此时资产组合的价值为:

$$V = 713 \times 40.8 - 1000 \times 3.82 - 734.4 = 24\,536 \text{ 美元。}$$

(注意:资产组合的价值并不会因调整头寸而发生变化,Delta 的改变影响的是股票的数量,从而影响下一期对冲的效果。)

该组合按无风险利率增长的结果应为 $V = 24\,536 \times e^{(0.1/365)} = 24\,542.7$ 美元,如果 Delta 对冲是有效的,则 $t = 2$ 时无论价格发生怎样的变动,都应该等于这个值。

$t = 2$ 时, 股票价格下跌到 39.8 美元, 期权价格相应地下降到 3.13 美元, 上一天贷的 2 268 美元也因利息而提高到 $734.4 \times e^{(0.1/365)} = 736.4$ 美元。所以资产组合价值变为:

$V = 713 \times 39.8 - 1\,000 \times 3.13 - 736.4 = 24\,511$ 美元。这个值比 24 542.7 美元要小了 32 美元左右, 不过这个误差还不到 0.2%, 还是比较小的。

此时, Delta 值变为 0.649 2, 需要用于对冲的股票数量下降为 649 股, 所以要卖出 64 股, 这样可以得到 2 547.2 美元。

资产组合价值 $V = 649 \times 39.8 - 1\,000 \times 3.13 - 736.4 + 2\,547.2 = 24\,511$ 美元。按无风险利率累计, 该资产组合价值在下一天的价值应为 $24\,511 \times e^{(0.1/365)} = 24\,517.7$ 美元。

$t = 3$ 时, 股票价格再次下跌, 到达 39.6 美元, 期权价值下降为 2.99 美元, 上一天结余 $2\,547.2 - 736.4 = 1\,810.8$ 美元, 加一天的利息变为 1 811.3 美元。资产组合价值变为:

$V = 649 \times 39.6 - 1\,000 \times 2.99 + 1\,811.3 = 24\,521.7$ 美元, 该值与 24 517.7 只相差 3 美元, 几乎实现了保值的目。

此时, Delta 值为 0.635 2, 所以要卖出股票 14 股, 得到 $14 \times 39.6 = 554.4$ 美元。

资产组合价值 $V = 635 \times 39.6 - 1\,000 \times 2.99 + 1\,811.3 + 554.4 = 24\,521.7$ 美元。

表 11-2 将每一天的资产变动情况做了总结。其中:

S ——股票价格;

C ——看涨期权价格;

N_C ——卖出的看涨期权数量, 固定为 1 000 份;

N_S ——需要买入的标的资产数量, 根据 Delta 对冲公式, $N_S = N_C \times \Delta = 1\,000 \times$

Delta;

ΔN_S ——与上一天相比, 需要买入或卖出的标的资产数量, 正号表示买入, 负号表示卖出;

对冲成本——当天买入股票所需要的金额, $\Delta N_S \times S$;

贷款余额——上一天贷款余额 $\times \exp(\text{复合利率}/365)$ - 当天对冲成本;

资产组合价值—— $N_S \times S - N_C \times C + \text{贷款余额}$ 。

表 11-2 动态 Delta 对冲

天	S	C	Delta	N_C	N_S	ΔN_S	对冲成本 $\Delta N_S \times S$	贷款 余额	资产组 合价值
0	40.5	3.62	0.694 9	1 000	695	+695	28 147.5	0	24 527.5
1	40.8	3.82	0.712 8	1 000	713	+18	734.4	-734.4	24 536
2	39.8	3.13	0.649 2	1 000	649	-64	-2 547.2	1 810.8	24 511
3	39.6	2.99	0.635 2	1 000	635	-14	-554.4	2 365.7	24 521.7

动态 Delta 对冲的目的是不断调整用于对冲的标的资产数量, 使得整个资产组合的价值不发生变化。从上例中可以看出, 在 4 天内, 资产价值变化了 6 美元左右, 基本实现了 Delta 对冲的目的。

我们通过这个例子向读者展示了一个重要的套期保值原理：我们可以通过运用标的资产，实现对期权的 Delta 中性套期保值，在不考虑交易费用（指买入卖出的佣金等费用，利息费用则是需要考虑的）并假设波动率为常数的情况下，运用标的资产进行 Delta 中性套期保值的成本和效果就和买入了一个看涨期权多头一样。也就是说，套期保值的结果是：我们通过标的资产构成了一个“合成的期权头寸”。在这个套期保值的过程中，当 Delta 上升的时候，也就是标的资产价格上涨的时候，我们必须增加借款买入股票；当 Delta 下降的时候，也就是标的资产价格下跌的时候，我们必须卖出股票偿还借款。套期保值的成本正是来源于这个“买高卖低”的过程，其总成本正好等于市场上相应的期权价格。

11.2 Gamma 与套期保值

11.2.1 期权 Gamma 的计算及性质

需要指出的是，只有在标的资产价格变化非常小时，Delta 才能比较好地描述相应的期权价格的变化。如果标的资产价格变化比较大，用 Delta 计算出来的期权变化后的价格用 B-S 公式计算出来的价格偏离很多。

以一份欧式看涨期权为例， $S = 45$ 美元， $K = 40$ 美元， $r = 0.1$ ， $T = 0.5$ ， $\sigma = 0.2$ 。利用 B-S 公式，可以计算得到看涨期权的价格为 7.2878 美元，同样可以得到其 Delta 为 0.8956。

假设标的资产的价格上升 0.1 美元，则利用 Delta 可以得到变化后的看涨期权价格为：

$$C' = 7.2878 + 0.1 \times 0.8956 = 7.3774 (\text{美元})。$$

利用 B-S 公式得到的精确值为 7.3775 美元，所以利用 Delta 得到的近似值与实际值还是非常接近的。

但是，如果标的资产价格上升 1 美元时，利用 Delta 得到的期权价格近似值为：

$$C_1 = 7.2878 + 1 \times 0.8956 = 8.1834 (\text{美元})。$$

而利用 B-S 公式得到的精确值 C_2 为 8.1967 美元，这说明 Delta 近似法的偏离还是比较大的。原因在于，Delta 只能估计线性的变化，当标的资产价格变化比较大时，线性关系不能较好地刻画期权价格的变化，而需要加上曲率的变化程度。如图 11-3 所示，Delta 是曲线在 S 点切线的斜率，当 S 变化到 S_1 时，利用 Delta 这一线性关系得到的期权价格为 C_1 ，而事实上，曲线在这一段较为弯曲，所以实际期权价格为 C_2 ($C_2 > C_1$)。因此，必须引入另一个变量 Gamma 来改进 Delta 表示的期权价格变化。

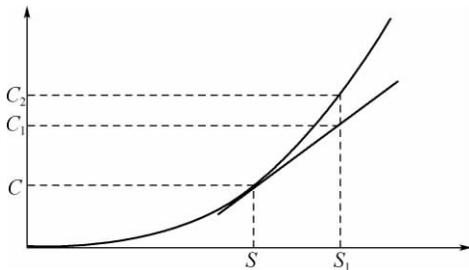


图 11-3 Delta 的几何意义

期权的 Gamma (Γ) 是一个与 Delta 联系密切的敏感性指标，甚至可以认为是 Delta 的敏感性指标，它用于衡量该证券的 Delta 值对标的资产价格变化的敏感度，它等于期权价格对

标的资产价格的二阶偏导数,也等于期权的 Delta 对标的资产价格的一阶偏导数。从几何上看,它反映了期权价格与标的资产价格关系曲线的凸度。

$$\Gamma = \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = \frac{\partial \Delta}{\partial S} \quad (11-5)$$

如果 Gamma 很小,这意味着 Delta 的变化很慢,所以不需要进行频繁调整来保持 Delta 中性。但是,如果 Gamma 的绝对值很大,就意味着 Delta 对标的资产价格的变化相当敏感,所以 Delta 对冲不能在较长一段时间内有效地管理期权风险。

关于 Gamma,有三点比较重要的性质:

- 1) 标的资产、到期期限以及执行价格相同的看涨期权与看跌期权具有相同的 Gamma。
- 2) 看涨期权多头或看跌期权多头的 Gamma 值大于零。
- 3) 当期权处于平价状态时, Gamma 最大;当期权处于深度实值或虚值状态时, Gamma 趋于零。

对于第一性质,用 B-S 公式求导可以发现,看涨期权的 Gamma 值可以近似地表示为 $\frac{1}{S\sigma\sqrt{T}}f(d_1)$, 而看跌期权的 Gamma 值可以表示为 $\frac{1}{S\sigma\sqrt{T}}f(-d_1)$ 。对于正态分布密度函数, $f(d_1) = f(-d_1)$, 所以两者相等。

图 11-4 表示的是某期权 Gamma 值随标的资产价格的变化情况。(看涨期权和看跌期权的 Gamma 值相同,所以用一张图表示。)该期权的执行价格为 40 美元,无风险利率设为 0.1,波动率设为 0.2。

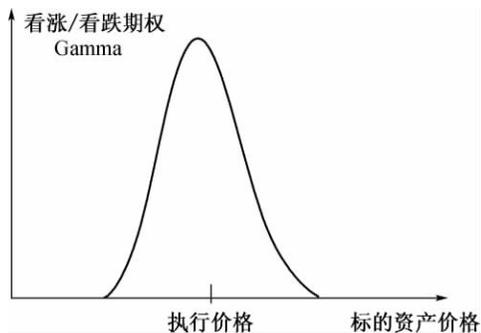


图 11-4 Gamma 与标的资产价格之间的关系

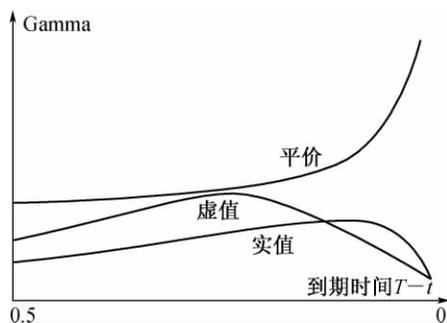


图 11-5 Gamma 随到期日临近发生的变化

从图 11-4 可以看出,当标的资产价格处于 40 美元附近时, Gamma 值最大;当标的资产价格很低或很高时, Gamma 值接近于零。

图 11-5 表示的是随着到期日的临近, Gamma 的变化情况。值得注意的是,对于平价期权,当到期日趋于临近时,其 Gamma 值会迅速增加。而实值期权和虚值期权则先缓慢增加,随后趋于下降到零。这个特点表明,随着到期日的临近,平价期权的 Delta 会变得对标的资产价格越来越敏感,所以此时 Delta 对冲将变得越来越困难,需要利用 Gamma 对冲。

11.2.2 证券组合的 Gamma 值

对于标的资产的远期和期货合约来说, Gamma 值均为零。这意味着只有期权有 Gam-

ma 值。因此,当证券组合中含有标的资产和该标的资产的各种期权和其他衍生产品时,该证券组合的 Γ 值就等于组合内各种期权 Γ 值与其数量乘积的总和:

$$\Gamma = \sum_{i=1}^N \omega_i \Gamma_i \quad (11-6)$$

其中: ω_i 表示第 i 种期权的数量; Γ_i 表示第 i 种期权的 Γ 值。

11.2.3 Gamma 对冲

与 Delta 对冲的概念类似, Gamma 对冲也是要使资产组合不随标的资产价格的变化而变化,只是在这里,资产价格的变化较大,使得 Delta 对冲不能准确地实现对冲的目的。

假设一个 Delta 中性的资产组合的 Gamma 值为 Γ , 一个期权的 Gamma 值为 Γ_T 。如果将 N_T 份期权加入到这一资产组合,则组合的 Gamma 值变为 $N_T \Gamma_T + \Gamma$ 。所以,要使该组合

Gamma 中性,即 $\text{Gamma}=0$, $N_T = \frac{\Gamma}{\Gamma_T}$ 。

问题在于,当向资产组合加入期权时,虽然可以使该组合的 Gamma 值变为零,但是 Delta 值就不再为零,所以还要改变标的资产的数量使得该资产组合的 Delta 值也为零。

值得注意的是, Gamma 中性也只能维持较短的时间,因为 Gamma 像 Delta 一样,也随着时间和标的资产价格而变化。

例 11-2

假设某个 Δ 中性的保值组合的 Γ 值等于 -5 000, 该组合中标的资产的某个看涨期权多头的 Δ 和 Γ 值分别等于 0.80 和 2.0。为使保值组合 Γ 中性,并保持 Δ 中性,该组合应购买多少份该期权,同时卖出多少份标的资产?

为使组合 Γ 中性,该组合应购入的看涨期权数量等于:

$$\frac{5\,000}{2.0} = 2\,500(\text{份})。$$

由于购入 2 500 份看涨期权后,新组合的 Δ 值将由 0 增加到 $2\,500 \times 0.80 = 2\,000$ 。因此,为保持中性,应出售 2 000 份标的资产。

11.3 Theta 与套期保值

11.3.1 期权的 Theta 计算及性质

期权的 Theta(Θ)用于衡量期权价格对时间变化的敏感度,是期权价格变化与时间变化的比率,即期权价格对时间 t 的偏导数。

$$\Theta = \frac{\partial f}{\partial t} \quad (11-7)$$

根据 Black-Scholes 期权定价公式,对于无收益资产的欧式和美式看涨期权而言,

$$\Theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{T-t}} - rXe^{-r(T-t)}N(d_2)。$$
 (11-8)

根据累积标准正态分布函数的特性,

$$N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-0.5x^2}。$$
 (11-9)

因此,

$$\Theta = -\frac{S\sigma e^{-0.5d_1^2}}{2\sqrt{2\pi}(T-t)} - rXe^{-r(T-t)}N(d_2)。$$
 (11-10)

对于无收益资产的欧式看跌期权而言,

$$\Theta = -\frac{S\sigma e^{-0.5d_1^2}}{2\sqrt{2\pi}(T-t)} + rXe^{-r(T-t)}[1 - N(d_2)]。$$
 (11-11)

当越来越临近到期日时,期权的时间价值越来越小,因此期权的 Theta 几乎总是负的^①。它代表的是期权的价值随着时间推移而逐渐衰减的程度。

期权的 Theta 值同时受 S 、 $T-t$ 、 r 和 σ 的影响。

首先,无收益资产看涨期权的 Θ 的值与标的资产价格的关系曲线如图 11-6 所示。当 S 很小时, Θ 近似为零;当 S 在 X 附近时, Θ 很小;当 S 升高时, Θ 趋近于 $-rXe^{-r(T-t)}$ 。一般来说,当其他情况一定时,平价期权的 Theta 绝对值最大;实值和虚值期权 Theta 值的变化则比较复杂:对看涨期权来说,深度实值时的期权 Theta 绝对值常常大于深度虚值时的 Theta 绝对值;而对于看跌期权来说,深度实值时的期权 Theta 绝对值则通常小于深度虚值时的 Theta 绝对值。

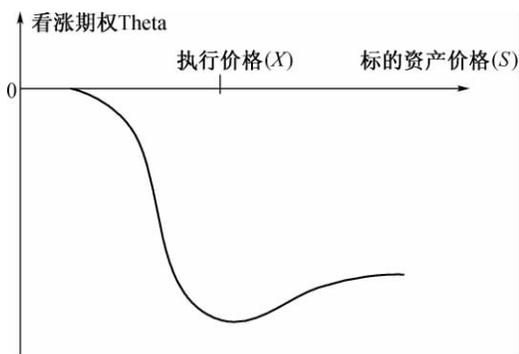


图 11-6 无收益资产看涨期权 Theta 值与标的资产价格的关系

其次,如前文所述,时间价值是期权价值的一部分,但是时间价值与期权剩余期限的长短并不呈现线性关系。随着到期期限的临近,时间价值将以越来越快的速度消减。根据这

^① 有一些例外。如对于处于实值状态的无收益资产欧式看跌期权和处于实值状态的附有很高利率的外汇的欧式看涨期权来说,Theta 可能为正。

一特征,可以推知在一般情况下,期权剩余期限越长,其 Theta 的绝对值越小;而期权剩余期限越短,其 Theta 的绝对值越大。进一步来看,无收益资产看涨期权的 Θ 值与 $T-t$ 之间的关系还取决于该看涨期权处于何种状态。(如图 11-7 所示)

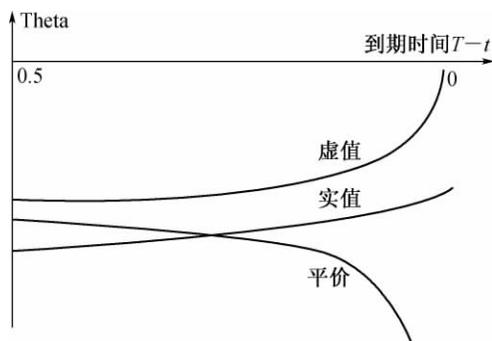


图 11-7 无收益资产看涨期权和 Theta 值与到期时间之间的关系

在其他条件一定时,Theta 值的大小与标的资产价格波动率也有关系。一般来说,波动率越小,Theta 的绝对值也越小;波动率越大,Theta 的绝对值也越大。

11.3.2 Theta 值与套期保值

Theta 反映的是期权价格对时间变化的敏感程度。事实上,Theta 这个希腊字母与 Delta、Gamma 等并不相同,因为 Delta、Gamma 反映的是某种价格的不确定性,所以需要进行对冲。但是,时间的损耗并没有不确定性存在,所以也没有什么对冲可言。但是,在期权交易中,尤其是在差期交易中,由于 Theta 值的大小反映了期权购买者随时间推移所损失的价值,也反映了期权出售者随时间推移而增加的价值,因而无论对于避险者、套利者还是投资者而言,Theta 值都是一个重要的敏感性指标。而且,Theta 和 Delta 及 Gamma 之间存在一定的关系。

11.3.3 Delta、Theta 和 Gamma 之间的关系

对于一个无收益资产的看涨期权价格 f ,其必须满足 Black-Scholes 微分方程式,即:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + rS \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = rf. \quad (11-12)$$

根据我们在本节的定义,

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \Theta, \frac{\partial f}{\partial S} = \Delta, \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = \Gamma,$$

因此有:

$$\Theta + rS\Delta + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \Gamma = rf. \quad (11-13)$$

(11-13)式对无收益资产的单个期权和多个期权的组合都适用。

对于处于 Δ 中性状态的组合来说,

$$\Theta + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \Gamma = rf。$$

这意味着,对于 Δ 中性组合来说,若 Θ 为负值并且很大时, Γ 将会为正值并且也很大。

对于处于 Δ 中性和 Γ 中性状态的组合来说,

$$\Theta = rf。$$

这意味着, Δ 中性和 Γ 中性组合的价值将随时间以无风险连续复利率的速度增长。

Delta, Theta 和 Gamma 三者之间的符号关系如表 11-3 所示。

表 11-3 Delta、Theta 和 Gamma 三者之间的符号关系

	Delta	Theta	Gamma
多头看涨期权	+	-	+
多头看跌期权	-	-	+
空头看涨期权	-	+	-
空头看跌期权	+	+	-

从表 11-3 中可以看出,Gamma 的符号总是与 Theta 的符号相反。

11.4 Vega、RHO 与套期保值

11.4.1 Vega 与套期保值

期权的 Vega(Λ)用于衡量该证券的价值对标的资产价格波动率的敏感度,它等于期权价格对标的资产价格波动率(σ)的偏导数,即:

$$\Lambda = \frac{\partial f}{\partial \sigma}。 \quad (11-14)$$

证券组合的 Λ 值等于该组合中各证券的数量与各证券的 Λ 值乘积的总和。证券组合的 Λ 值越大,说明其价值对波动率的变化越敏感。

标的资产远期和期货合约的 Vega 值等于零。

对于无收益资产看涨期权和欧式看跌期权而言,

$$\Lambda = \frac{S \sqrt{T-t} \times e^{-0.5d_1^2}}{\sqrt{2\pi}}。 \quad (11-15)$$

应该注意的是,上述 Δ 值是根据 Black-Scholes 期权定价(9-3)式和(9-4)式算出的,而这两个公式都假定 σ 为常数。

从(11-15)式可以看出, Δ 值总是正的,这说明波动率对看涨期权和看跌期权的影响都是正向的,波动率越大,期权价格越高。但是,其大小取决于 $S, T-t, r$ 和 σ 。其中 Δ 值与 S 的关系和 Γ 与 S 的关系很相似(如图 11-8 所示)。

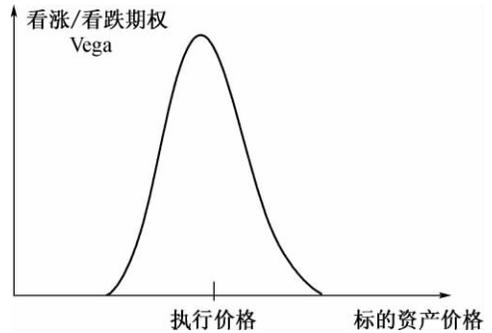


图 11-8 期权的 Vega 值与标的资产价格的关系

由于标的资产、远期和期货的价格都与波动率无关,所以它们的 Vega 值为零,证券组合的 Δ 值只取决于期权的 Δ 值。因此我们可以通过持有某种期权的多头或空头来改变证券组合的 Δ 值。只要期权的头寸适量,新组合的 Δ 值就可以等于零,我们称此时证券组合处于 Δ 中性状态。

遗憾的是,当我们调整期权头寸使证券组合处于 Δ 中性状态时,新期权头寸会同时改变证券组合的 Γ 值,因此,若套期保值者要使证券组合同时达到 Γ 中性和 Δ 中性,至少要使用同一标的资产的两种期权。

我们令 Γ_p 和 Δ_p 分别代表原证券组合的 Γ 值和 Δ 值, Γ_1 和 Γ_2 分别代表期权 1 和期权 2 的 Γ 值, Δ_1 和 Δ_2 分别代表期权 1 和期权 2 的 Δ 值, w_1 和 w_2 分别代表为使新组合处于 Γ 中性和 Δ 中性需要的期权 1 和期权 2 的数量,则 w_1 和 w_2 可用下述联立方程求得:

$$\begin{cases} \Gamma_p + \Gamma_1 w_1 + \Gamma_2 w_2 = 0 \\ \Delta_p + \Delta_1 w_1 + \Delta_2 w_2 = 0 \end{cases} \quad (11-16)$$

例 11-3

假设某个处于 Delta 中性状态的证券组合的 Γ 值为 6 000, Δ 值为 9 000,而期权 1 的 Γ 值为 0.8, Δ 值为 2.2, Δ 值为 0.9,期权 2 的 Γ 值为 1.0, Δ 值为 1.6, Δ 值为 0.6,求应持有多少期权头寸才能使该组合处于 Γ 和 Δ 中性状态?

根据(11-6)式我们有:

$$\begin{cases} 6\,000 + 0.8w_1 + 1.0w_2 = 0 \\ 9\,000 + 2.2w_1 + 1.6w_2 = 0 \end{cases}$$

求解这个方程组得: $w_1 \approx -6\,522, w_2 \approx -653$ 。因此,我们因加入 6 522 份第一种期权的空头和 653 份第二种期权的空头才能使该组合处于 Γ 和 Δ 中性状态。

加上这两种期权头寸后,新组合的 Δ 值为 $-6\,522 \times 0.9 - 653 \times 0.6 = -6\,261.6$ 。因此仍需买入 6 262 份标的资产才能使该组合处于 Δ 中性状态。

11.4.2 RHO 与套期保值

期权的 RHO 用于衡量期权价格对利率变化的敏感度,它等于期权价格对利率的偏导数:

$$\text{RHO} = \frac{\partial f}{\partial r}。 \quad (11-17)$$

对于无收益资产看涨期权而言，

$$\text{RHO} = X(T-t)e^{-r(T-t)}N(d_2)。 \quad (11-18)$$

对于无收益资产欧式看跌期权而言，

$$\text{RHO} = X(T-t)e^{-r(T-t)}[N(d_2) - 1]。 \quad (11-19)$$

另外，期货价格的 RHO 值为：

$$\text{RHO} = (T-t)F。 \quad (11-20)$$

标的资产的 RHO 值为零。因此我们可以通过改变期权或期货头寸来使证券组合处于 RHO 中性状态。



第 12 章

基于期货和远期合约的 风险管理策略

在这一章里,我们将分析如何利用远期或期货合约进行风险管理。通常,一个公司或者金融机构会面临多种金融风险,譬如股票价格风险、利率风险、汇率风险,等等。通过合适的期货或远期合约,可以有效地改变资产头寸所蕴含的风险,实现投资者所希望达到的风险水平。

对于某种特定的风险,究竟是选择期货合约还是远期合约,并没有定论。在第 3 章介绍期货合约时,我们比较了两种合约的特点,投资者往往结合他们的需要对两者进行选择。实践中,在管理股市风险时,较多地使用股指期货合约,而在管理汇率风险时,投资者往往更偏好外汇远期。下面我们的讨论主要还是针对人们惯用的几种风险管理策略展开。

12.1 管理股票市场风险

股票市场的波动性之大有目共睹,因此管理股票市场风险是每一位投资者最关心的问题。投资者往往拥有一篮子股票组合,因此他管理的是一个股票组合,而非单只股票。正因为此,在对股票组合进行管理时,往往使用基于某个股票指数的期货合约,即股指期货合约。对于单只股票的风险管理,则更多地使用股票期权来实现。

12.1.1 使用股指期货合约

如果投资者认为手中持有的股票组合风险过高或者过低,可以通过买入或卖出相应的

股指期货合约来实现合适的风险水平。譬如,如果投资者要调高整个股票组合的风险水平,可以买入若干份股指期货合约。当股票价格升高时,手中持有的股票组合价值升高,而期货合约的价值也升高,因此投资者得到的收益比不买期货更多;当价格下跌时,股票组合价值下跌,而期货价值也下跌,所以投资者损失得更多,这就意味着在买入股指期货后,整个资产组合的风险上升了。同理,如果要降低股票组合的风险水平,可以通过卖出若干份股指期货合约来实现。

值得注意的是,并非每种股指期货合约都适合风险管理的需要,关键要看手中持有的股票组合的特点,并据此找到相应的期货合约,使其标的资产包含的股票和股票组合中的股票差不多。譬如,一位投资者手中的股票大多为高科技企业的股票,如果股票指数 A 中很少包含高科技企业股,那么运用基于股票指数 A 的期货合约来进行风险管理就是不合适的。

12.1.2 衡量风险:Beta 值

通常,人们使用标准差来衡量资产的风险程度,但是在这里有必要引入另一个变量 beta (β)来测度股票组合的风险。因为在此我们考虑的资产组合是一个风险被分散化了的股票组合,而且采用的股指期货合约也是基于股票指数,即一个分散化了的 market 组合,所以用 β 可以更精确地表示一个被分散化的股票组合的风险。在这里,分散化(diversification)意味着该股票组合中单个股票的个体风险(individual risk)已经没有了,只留下系统性风险(systematic risk)。

熟悉金融资产定价理论的读者可能会马上联想到资本资产定价模型(CAPM)中的 β 。的确,这里的 β 可以近似地表示 CAPM 中的 β 。之所以是近似,因为 CAPM 中的 β 表示的是一个单个资产与整个市场组合之间的关系。但是在这里,由于市场组合难以被确定(它必须包含所有风险资产),因此用股票指数组合来近似地表示市场组合。另外,CAPM 中的 β 是指单个资产与市场组合之间的关系,但在这里 β 衡量的是手中持有的股票组合与市场组合之间的关系。

β 的表达式为 $\beta = \frac{\text{COV}_{SI}}{\sigma_I^2}$, 其中 COV_{SI} 表示股票组合与股票指数组合之间的斜方差,而 σ_I^2

为股票指数的方差。如果 β 大于 1,说明股票组合比市场组合更具有波动性;如果 β 小于 1,说明股票组合的波动性低于市场组合。至于 β 是越大越好还是越小越好,并无定论,而是取决于当时的市场状况和投资者的风险厌恶程度。通常,在牛市中, β 高一些比较好,这意味着股票指数的收益提高,而股票组合收益提高得更多;相反,在熊市中, β 较低才好,因为股票组合下跌的幅度比股票指数小。

12.1.3 如何实现期望的风险水平:确定期货合约数量

将美元 beta(dollar beta)定义为 beta 值与资产组合美元价值的乘积。对于股票组合而言,其美元价值为 S ,其 beta 值用 β_S 来表示,所以股票组合的美元 beta 为 $\beta_S S$ 。如果要用股指期货合约来管理风险,则一份股指期货的合约价值被定义为 f ,其 beta 值用 β_f ,如果我们使用了 N_f 份股指期货合约,则总的期货合约的美元 beta 就为 $N_f \beta_f f$ 。

如果投资者希望将整个股票组合的 β 值调整到期望的水平 β_T , 则意味着股票组合的美元 beta 为 $\beta_T S$ 。这种调整是通过股指期货合约实现的, 所以:

$$\beta_T S = \beta_S S + N_f \beta_f f. \quad (12-1)$$

通过(12-1)式可以解得需要使用的股指期货合约的份数:

$$N_f = \left(\frac{\beta_T - \beta_S}{\beta_f} \right) \left(\frac{S}{f} \right). \quad (12-2)$$

如果投资者想提高股票组合的 β 值, 即 $\beta_T > \beta_S$, 则 N_f 大于零, 即投资者需要买入股指期货, 这与最初的分析吻合。如果投资者要降低股票组合的 β 值, 则 $\beta_T < \beta_S$, N_f 小于零, 需要卖出股指期货合约。

如果投资者希望彻底消除股票组合的风险, 则令 $\beta_T = 0$, 此时得到的 $N_f = -\left(\frac{\beta_S}{\beta_f} \right) \left(\frac{S}{f} \right)$, 也就是要卖出 N_f 份股指期货合约。

例 12-1

某基金经理管理一个股票组合, 该组合的构成与标准普尔 500 指数的构成相似。该经理预期市场将在未来两个月里看涨, 因此, 决定调高组合的 beta 值。目前, 该股票组合的 $\beta = 0.9$, 目标是 $\beta_T = 1.1$, 标普 500 期货的 $\beta_f = 0.95$ 。现在股票市值为 10 000 000 美元, 每份期货的价格为 250 000 美元。要实现目标的 beta 值, 应怎样进行操作?

答案:

如前文所述, 为了提高股票组合的 beta, 必须买入一定数量的期货合约, 现在就来求买入期货合约的数量。

$$N_f = \left(\frac{\beta_T - \beta_S}{\beta_f} \right) \left(\frac{S}{f} \right) = \left(\frac{1.1 - 0.9}{0.95} \right) \left(\frac{10\,000\,000}{250\,000} \right) = 8.42.$$

四舍五入, 可以得到需要买入期货合约 8 份。

例 12-2

某基金经理管理一个股票组合, 该组合的构成与标准普尔 500 指数的构成相似。该经理希望消除股票组合的风险。目前, 该股票组合的 $\beta = 0.9$, 目标是 $\beta_T = 0$, 标普 500 期货的 $\beta_f = 0.95$ 。现在股票市值为 10 000 000 美元, 每份期货的价格为 250 000 美元。要实现目标的 beta 值, 应怎样进行操作?

答案:
$$N_f = \left(\frac{\beta_T - \beta_S}{\beta_f} \right) \left(\frac{S}{f} \right) = \left(\frac{0 - 0.9}{0.95} \right) \left(\frac{10\,000\,000}{250\,000} \right) = -37.89.$$

四舍五入, 该基金经理需要卖出 38 份股指期货合约, 从而使整个股票组合不受市场风险影响。

12.1.4 合成资产头寸

在前面关于金融衍生产品的介绍中, 我们已经推导出了远期/期货合约价值的定价公式, 即 $V_t = S_t - \frac{F}{(1+r_f)^{T-t}}$, 将此公式作适当的变化, 可以得到如下等式:

$$S_t = V_t + \frac{F}{(1+r_f)^{T-t}} \quad (12-3)$$

将 S_t 理解为股票价格, V_t 为期货合约价值, 等式右边最后一项理解为面值为 $\frac{F}{(1+r_f)^T}$ 的无风险债券, 因此远期或者期货合约与它们的标的资产之间的关系可以表述为:

股票多头 = 期货合约多头 + 无风险债券多头。

如果买入无风险债券和期货合约, 就可以复制出一个头寸, 使它的损益状况等同于拥有股票。所以, 如果投资者希望拥有一个股票指数组合, 就可以通过买入债券和期货合约来实现; 在需要现金时, 也可以反向操作, 将股票头寸转化为现金头寸。这样就不需要真正地在股票市场上进行交易, 避免了较高的交易费用以及因大量抛售或买入而引起的股票价格波动。下面将进行具体的分析。

12.1.4.1 构造合成的指数基金(a synthetic index fund)

要构造一个指数基金的头寸, 需要购买若干份股指期货合约和无风险债券。假设各变量表示如下。

V ——总的投资金额;

f ——期货合约中约定的交割价格;

T ——期货到期时间;

δ ——指数分红率;

r ——无风险利率;

q ——股指期货合约的乘数;

N_f ——股指期货合约数量。

我们用图 12-1 来表示两种投资方式, 目的是要使它们等价。

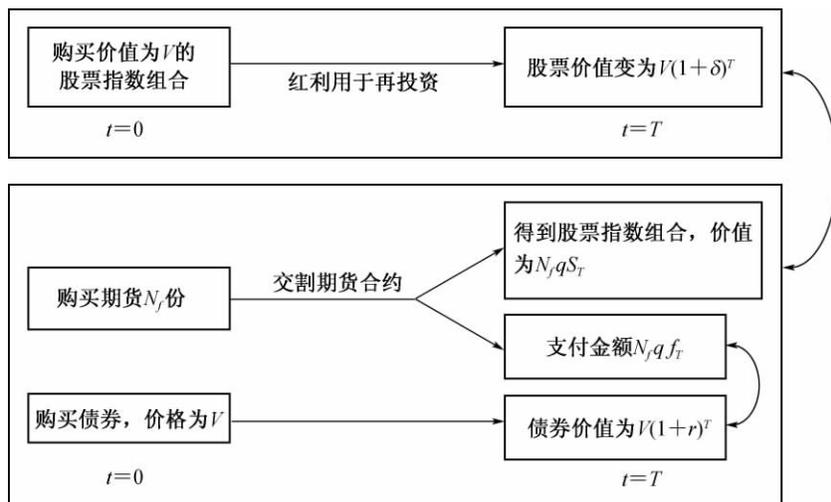


图 12-1 两种投资方式

在期初, 如果全部金额 V 都用于投资股票指数组合, 而且股票分红全部用于再投资, 则

到 T 时刻,这一股票指数组合的价值为 $V(1+\delta)^T$ 。利用股指期货和无风险债券可以得到相同的结果。在期初,购买价格为 V 的无风险债券,同时购买股指期货 N_f 份。当 $t = T$ 时,债券价值必须等于期货合约约定的支付额,即 $V(1+r)^T = N_f q f$, 解得 $N_f^* = \frac{V(1+r)^T}{qf}$ 。由于期货合约必须为整数份,所以 N_f^* 是四舍五入后的值。由于四舍五入的关系,投资于债券的金额并不是真正的 V ,而是根据 N_f^* 得到的 $V^* = \frac{N_f^* q f}{(1+r)^T}$ 。

另一方面,为了表明两种投资方式是等价的,在期货合约到期时,两种投资所得到的股指组合的价值必须是相等的,即 $V(1+\delta)^T = N_f^* q S_T$ 。把 $N_f^* q S_T$ 看成是 $N_f^* q \times S_T$, 即数量 \times 价格,这意味着期末时拥有的股票数量为 $N_f^* q$ 。由于股票的红利都用于购买该股票组合,所以最初 $t = 0$ 时购买的数量应该等于 $\frac{N_f^* q}{(1+\delta)^T}$ 。

例 12-3

一位在英国的基金经理希望在美国股票市场上建立一个头寸,但是不能直接在美国投资,所以他准备利用美国的股指期货合约和债券合成一个指数基金,从而实现投资目标。他希望建立的股票头寸价值为 100 万美元,选用的股票指数为纳斯达克 100 指数,该指数的年红利率为 2%。目前一份纳斯达克股指期货合约的价格为 2 000 美元,合约乘数为 100,该合约将在三个月内到期。美国的年无风险利率为 5%。求建立股票头寸所需要的 N_f^* 以及相应的 V^* 和 $\frac{N_f^* q}{(1+\delta)^T}$ 。

$$\text{解析: (1) } N_f = \frac{V(1+r)^T}{qf} = \frac{1\,000\,000 \times (1+5\%)^{0.25}}{10 \times 2\,000} = 50.6,$$

四舍五入后, $N_f^* = 51$ 。

$$(2) V^* = \frac{N_f^* q f}{(1+r)^T} = \frac{51 \times 10 \times 2\,000}{(1+5\%)^{0.25}} = 1\,007\,634 (\text{美元})。$$

$$(3) \frac{N_f^* q}{(1+\delta)^T} = \frac{51 \times 10}{(1+2\%)^{0.25}} = 507.48 \approx 508。$$

12.1.4.2 现金证券化(equitizing cash)

上面介绍的这种方法还可以用于将现金证券化。当投资者手头持有一笔现金,希望将其投入到股票市场却不被允许时,可以利用上述债券加期货的方法构造一个合成的股票头寸,即获得股票市场的收益,又保证足够的现金流动性。

12.1.4.3 从证券创设现金(creating cash out of equity)

将“股票多头 = 期货合约多头 + 无风险债券多头”这一式子颠倒一下,就可以得到:

$$\text{无风险债券多头} = \text{股票多头} + \text{期货合约空头(或为期货合约多头)}。$$

也就是说,买入股票,同时卖出期货合约,就相当于购买了无风险债券(如图 12-2 所示)。这种做法的意义在于,当投资者希望卖出股票组合时,他并不一定要在股票市场上抛售大量股票,而是通过卖出几份期货合约就可以虚拟地等同于卖出股票,得到现金,而且获得无风险收益。

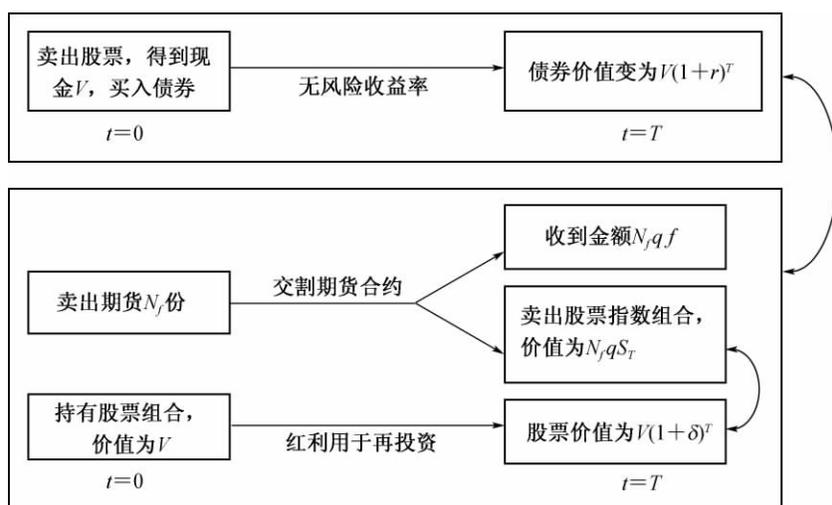


图 12-2 两种等价的投资方式

假设股票的市值为 V ，如果此时卖出股票，并把 V 投资于无风险债券，则在期末可以得到债券价值为 $V(1+r)^T$ 。如果不卖出股票而是持有到期末，由于股票红利用于再投资，在期末这些股票指数组合的价值为 $V(1+\delta)^T$ 。同时，卖出 N_f 份股指期货合约，在交割时，可以得到现金 $N_f q f$ ，同时要交割出价值为 $N_f q S_T$ 的股票指数组合。如果两种投资方式相同，则期末的现金额应该相等，即 $V(1+r)^T = N_f q f$ ，可以解得 $N_f = \frac{V(1+r)^T}{qf}$ 。通常，我们用正负号来表示资产买卖的方向，由于这里是卖出期货合约，所以可以写成 $N_f^* = \frac{V(1+r)^T}{qf}$ ， N_f^* 是四舍五入后的值。由此也可以得到真正转化的股票价值为 $V^* = \frac{N_f^* q f}{(1+r)^T}$ 。

接下来还要计算出期初需要出售的股票数量，仍然采用从后往前推的方法。期末，股票组合价值为 $N_f^* q S_T$ ，也就是说股票数量为 $N_f^* q$ 。考虑到红利再投资的假设，则期初时卖出的股票数量为 $\frac{N_f^* q}{(1+\delta)^T}$ 。

12.2 管理利率风险

利率风险是每个投资者都要面对的一种风险。在第一篇中，我们已经介绍了利率及其衍生品。在本节中，我们将继续对远期利率协议(FRA)和债券期货合约进行探讨，分析他们是如何在利率风险管理中发挥作用的。

12.2.1 利用 FRA 锁定利率

远期利率协议(forward rate agreement, FRA)的一个重要特点是它可以帮助投资者(借款人和贷款人)锁定利率(借款利率和贷款利率)。FRA 实质上是在一个固定利率下的

远期对远期贷款,但是没有发生实际的贷款支付。也就是说,FRA 的多头同意在未来的某个时刻以一个固定的利率向空头借钱,而空头则同意借出这笔钱,但是双方在约定的那个时刻并没有真正交换借款,而是交换了一个利息差。如果市场利率上升,多头在市场上的借贷成本就增加,此时空头就会向多头支付这部分差额。所以,FRA 实际上给多头提供了利率上限的保护。当市场利率下跌时,空头贷款的利润下降,此时多头就向空头支付利息差,所以 FRA 给空头提供的是利率下限的保护。

下面我们用实例来说明 FRA 是如何对利率风险进行管理的。

假设公司 A 需要在两个月后(2007 年 4 月 5 日)借一笔三个月的美元贷款(2007 年 7 月 5 日还款),为了规避利率风险,公司 A 买入了一份 FRA,并希望将贷款利率锁定在 5%。以下是关于这份 FRA 的具体内容。

FRA 名义本金:100 万美元;

期限:2×5;

FRA 利率:4%;

贷款利率:LIBOR 加 100 个基点。

先回忆一下如何计算到期时的现金支付额。

$$\text{多头支付金额} = \frac{(\text{市场利率} - \text{FRA 利率}) \times (\text{贷款天数} / 360) \times \text{名义本金}}{1 + \text{市场利率} \times (\text{贷款天数} / 360)}$$

下面我们考虑在不同的利率水平下公司 A 通过 FRA 支付或者收到的金额,以及公司 A 最终在这笔贷款中所支付的利率。(总结如表 12-1 所示)

表 12-1 各情景下公司的贷款成本

情景	4月5日 LIBOR	FRA 损益	4月5日 借款金额	LIBOR+ 100个基点	7月5日 还款额	贷款利率
情景 1	2%	-4 975	1 004 975	3%	1 012 512	5%
情景 2	4%	0	1 000 000	5%	1 012 500	5%
情景 3	6%	+4 975	995 025	7%	1 012 438	4.98% ^①

以情景 1 为例。

$$1) \text{ FRA 支付金额} = \frac{(0.02 - 0.04) \times (90/360) \times 1\,000\,000}{1 + 0.02 \times (90/360)} = -4\,975。$$

由于该值为负数,说明公司 A 要支付 4 975 美元给 FRA 的空头。(这一支付发生在 4 月 5 日)

2) 4 月 5 日,公司 A 需要 1 000 万美元,所以公司 A 还要以 3%(2%+100 个基点)的贷款利率向市场借款。金额为 $1\,000\,000 - (-4\,975) = 1\,004\,975$ 。

3) 7 月 5 日是公司 A 偿还贷款的日子,金额为 $1\,004\,975 \times [1 + 0.03 \times (90/360)] = 1\,012\,512$ 。

① 4.98%近似于 5%,这是由于之前计算还款额时四舍五入导致的。

4) 计算出公司 A 在这笔贷款和 FRA 交易中实际的贷款利率为: $\left(\frac{1\,012\,512}{1\,000\,000} - 1\right) \times \left(\frac{360}{90}\right) = 5\%$, 也就是公司 A 实现了预期目标, 以 5% 的利率借款。

情景 2 和情景 3 的计算方法相同。

通过三种情景的比较说明, 当市场利率升高时, 公司 A 在市场上贷款的成本增加, 但是通过 FRA 公司获得了补偿(4 975 美元), 所以总的贷款成本还是锁定在 5% 的利率水平上。当市场利率下降时, 公司 A 的市场贷款成本虽然下降了, 但是在 FRA 上公司有了一定损失, 造成最后公司的实际贷款利率仍然等于 5%, 没有因为市场利率下降而得到实惠。(这也是 FRA 的一个缺点。)

对于贷款人来说, FRA 的作用是类似的, 可以锁定贷款利率。当市场利率升高时, 贷款者因贷款所得的利息升高, 但是 FRA 上会有损失, 所以总的效应仍然是以锁定的利率贷款。当市场利率降低时, 贷款者因贷款所得的利息降低, 但是这部分损失可以通过 FRA 得到弥补, 总的结果是一样的。

例 12-4

某银行将在 30 天内贷出一笔期限为 90 天, 金额为 100 万美元的贷款, 贷款利率设定为 LIBOR 加 100 个基点。为了锁定 7% 的贷款利率, 该银行卖出了一份基于欧洲美元的 FRA(1×4), 远期价格为 6%。30 天后, LIBOR 为 7.5%, 求该银行的有效贷款利率(effective lending rate)。

答案:

因为 30 天后, LIBOR 为 7.5%, 高于 FRA 约定的远期利率, 所以该银行作为 FRA 空头需要支付一笔现金给 FRA 多头。

$$\text{支付金额} = \frac{(0.075 - 0.06) \times (90/360) \times 1\,000\,000}{1 + 0.075 \times (90/360)} = 3\,681 \text{ 美元。}$$

同一天, 银行要贷出 100 万美元, 在 90 天后, 这笔贷款回收可得本息和为 $1\,000\,000 \times [1 + (7.5\% + 1\%) \times (90/360)] = 1\,021\,250$ 美元,

$$\text{有效贷款利率} = \left(\frac{1\,021\,250}{1\,000\,000 + 3\,681} - 1\right) \times \left(\frac{360}{90}\right) = 7\%。$$

所以, 该银行通过 FRA 有效地锁定了 7% 的贷款利率。

12.2.2 利用债券期货管理债券组合

12.2.2.1 债券风险的衡量

债券风险被定义为债券价格对于利率变化的敏感程度。通常, 我们采用久期(包括修正久期)以及基点现值(PVBP)来衡量债券组合以及债券期货的风险。

久期以及修正久期的概念已经在第 6 章介绍过。许多人将久期看成一种时间上的概念, 事实上, 久期也可以视为一种风险的度量指标, 这和股票组合中的 beta 有几许相似之处。债券价格变化与利率变化的关系可以表示成:

$$\Delta B \approx -D \times B \times \frac{\Delta y_B}{1 + y_B},$$

或

$$\Delta B \approx -MD \times B \times \Delta y_B. \quad (12-4)$$

其中： B 表示债券价格； ΔB 表示债券价格变化； D 表示债券的久期； MD 表示修正久期； Δy_B 表示债券的收益率的变化。

这里要注意的是 y_B 。它表示的是债券的收益率(yield)。当市场上的基准利率 y (譬如美国联邦基金利率)变化后,会引起其他利率的变动,其他利率变动的幅度不一定与基准利率相同。我们考虑的债券价格的变化是随计算债券价格的利率而变化的,并不是市场的基准利率。

表示债券价格与利率关系的另一个衡量指标是基点现值(present value of a basis point, PVBP),也被称为 BPV(basis point value)。它表示的是收益率变动一个基点(0.01%)所引起的债券价格的变动幅度。用公式可以表示成:

$$PVBP \approx MD \times B \times 0.0001. \quad (12-5)$$

如果已知债券的 PVBP 和收益率变动的大小,就可以得到债券价格的变化量。

例 12-5

假设一种中期债券现价位 950 美元,修正久期为 5.5 年,如果收益率 y_B 提高 10 个基点,那么变化后的债券价格大约为多少?

解析:

我们用修正久期来计算这一价格变化。

$$\Delta B \approx -MD \times B \times \Delta y_B = -5.5 \times 950 \times 0.001 = -5.23,$$

所以,新的债券价格 = 950 - 5.23 = 944.77 美元。

如果用 PVBP 计算价格的变化,那么可以得到:

$$PVBP \approx MD \times B \times 0.0001 = 5.5 \times 950 \times 0.0001 = 0.5225.$$

也就是说,收益率每变化一个基点,债券价格就变化 0.5225 美元,现在一共变化了 10 个基点,所以,债券价格总的变化了 $0.5225 \times 10 = 5.23$ 美元,这一结果与用久期计算是一样的。

以上讨论的是单个债券的久期和 PVBP,事实上,这两个概念也可以用在—个债券组合中。—个债券组合包含了多种债券,可以用相同的概念和计算方式得到久期和 PVBP,只不过计算起来比较复杂而已。在下面的讨论中,我们都将假设债券组合的久期和 PVBP 是已知可得的。

对于债券期货,我们同样引进久期的概念,但是要注意的是,债券期货并没有“久期”这一说,只有当假设期货合约到期这一天,对于标的资产的债券,我们可以计算久期。所以,事实上,债券期货的久期是其标的资产的久期。而且,这里的收益率相当于债券期货的隐含收益率(implied yield),是根据期货合约到期日标的债券的价格推算出来的,所以债券期货的久期也属于隐含久期(implied duration)。仿照(12-5)式,可以得到债券期货价格变化的表达式:

$$\Delta f \approx MD_f \times f \times \Delta y_f. \quad (12-6)$$

其中： f 表示债券期货价格； Δf 表示债券期货价格变化； MD_f 表示债券期货的久期； Δy_f 表示债券期货的隐含收益率的变化。

12.2.2.2 调整债券组合风险

在上节中,我们讨论了如何利用股指期货合约对股票组合的风险进行调整,以适应不同的市场环境。对于债券组合,我们仍然可以采用相似的方法,利用债券期货合约调整债券组合的风险水平。不同之处在于,我们使用久期作为调整的目标。

假设债券的目标修正久期为 MD_T , 债券组合的修正久期为 MD_B , 债券期货的修正久期为 MD_f , N_f 为调整风险所使用的期货合约数量。

$$B \times MD_T = B \times MD_B + f \times MD_f \times N_f \quad (12-7)$$

将 B 和 f 用公式替换掉,可以得到关于 N_f 的表达式:

$$N_f = \left(\frac{MD_T - MD_B}{MD_f} \right) \left(\frac{B}{f} \right) \left(\frac{\Delta y_B}{\Delta y_f} \right) \quad (12-8)$$

我们将 $\frac{\Delta y_B}{\Delta y_f}$ 用 β_y 来表示,定义为收益率 beta(yield beta)。它表示的是市场基准利率变动后,债券组合收益率与债券期货隐含收益率变化的相对值。通常情况下, β_y 不等于 1。但是,有时为了简化,也可以令 $\beta_y = 1$ 。这样,(12-8)式可以简化成:

$$N_f = \left(\frac{MD_T - MD_B}{MD_f} \right) \left(\frac{B}{f} \right) \quad (12-9)$$

例 12-6

某基金经理专门进行债券投资。目前,他管理的 300 万美元债券投资的修正久期为 6.5。基于对未来市场的良好预期,他决定将债券组合的修正久期提高到 7.0。整个投资期限为 3 个月。用于调整的债券期货的价格为 7 500 美元,其修正久期为 6.8。假设 yield beta=1.1,则需要买入多少份债券期货才能达到他的目标?

答案:

根据题意,可以得到 $MD_T = 7.0, MD_B = 6.5, MD_f = 6.8, N_f = \left(\frac{MD_T - MD_B}{MD_f} \right) \left(\frac{B}{f} \right) \text{beta} = \left(\frac{7.0 - 6.5}{6.8} \right) \frac{3\,000\,000}{7\,500} \times 1.1 = 32.35 \approx 33$ 。

当利率下跌时,债券价格上升,投资者希望增加债券组合的久期,此时,可以买入债券期货($N_f > 0$)。当利率上升时,债券价格下降,此时投资者希望降低风险,因此可以通过卖出债券期货合约来实现($N_f < 0$)。

如果投资者希望将债券组合免受利率波动的影响,就可以令 $MD_T = 0$ 。(12-8)式变为

$$N_f = - \left(\frac{MD_B}{MD_f} \right) \left(\frac{B}{f} \right) \left(\frac{\Delta y_B}{\Delta y_f} \right) \quad (12-10)$$

12.3 利用期货合约进行资产配置

在介绍完如何利用股指期货合约管理股市风险以及如何利用债券期货管理利率风险后,我们将这两者结合起来,考虑如何利用这两种期货合约进行合适的资产配置,达到合适

的 beta 值和久期。要注意的是,这里的调整都只是利用期货合约进行合成,而非真正的出售或买入股票或债券,当然,效果是相同的。这样做的好处在于节省交易费用,而且期货市场具有充足的流动性,很容易实现上述目的。

12.3.1 调整组合中的股票和债券

首先考虑一种情形,资产组合中既有股票又有债券,但是目前它们的比例没有达到最佳,投资者希望改变两者比例,减少(或增加)股票,同时增加(或减少)债券。要利用期货合约实现这一目的,首先要明白这一过程是如何通过期货合约做到的。假设现在投资者希望降低组合中股票的数量,同时增加债券的数量。可行的方法是卖出若干份股指期货合约,使部分股票头寸转化为现金。另一方面,买入若干份债券期货,使这部分现金转化为债券头寸。如果投资者想做相反的调整,即增加股票,减少债券,可以卖出若干份债券期货,将部分债权头寸转化为现金,然后再买入若干份股指期货合约,将现金转化为股票头寸。以下用一个实例来加以说明。见图 12-3。



图 12-3 调整组合中股票与债券的比例

某基金管理的资金共有 1 000 万美元,目前 80% 的资金投入股票市场,20% 的资金投入债券市场。目前股票组合的 beta 值为 1.1,债券组合的久期为 6。该基金预测未来几个月内股票市场将下跌,所以决定将股票的比例下调到 60%,债券的比例提高到 40%。为了实现这一目标,可以采用股指期货合约和债券期货。现在股指期货合约的价格为 200 美元,乘数为 100, β_f 为 0.95。债券合约的隐含修正久期为 7.2,价格为 105 000 美元,收益率 beta 为 1。整个投资的期限为三个月。求需要卖出的股指期货合约数量和买入的债券合约数量。

解析:(1) 首先,考虑将 20% 的股票转变为现金需要卖出多少股指期货合约。

$$S = 10\,000\,000 \times (80\% - 60\%) = 2\,000\,000 \text{ (美元)}。$$

转化为现金意味着目标 beta 值为零。

$$N_{sf} = \left(\frac{\beta_r - \beta_s}{\beta_f} \right) \left(\frac{S}{f} \right) = \left(\frac{0 - 1.1}{0.95} \right) \left(\frac{2\,000\,000}{200 \times 100} \right) = -11.57, \text{ 所以要卖出 12 份股指期货合约。}$$

(2) 然后,考虑将 200 万现金转化为债券需要买入多少债券期货合约。

在将现金转化为债券时,并不要改变债券组合的久期,所以目标修正久期为 6。债券期货的修正久期 MD_f 为 7.2。现金头寸的久期本质上是三个月无风险债券的久期,为 0.25^①。代

^① 在 *Analysis of Derivatives for the CFA Program* 一书里,现金的久期为 0.25,但同样是 Chance 写的 *An Introduction to Derivatives & Risk Management* 一书中,现金的久期被认为是 0。我们在计算时用两种都可以

入公式可得：

$$N_{bf} = \left(\frac{MD_T - MD_B}{MD_f} \right) \left(\frac{B}{f_B} \right) = \left(\frac{6 - 0.25}{7.2} \right) \left(\frac{2\,000\,000}{105\,000} \right) = 15.21, \text{ 所以要买入 15 份债券}$$

期货合约。

可以验证,通过期货合约所做的调整与真正的头寸调整是一样的。

12.3.2 调整组合中的股票

如果投资者管理的是一个股票组合,也要根据市场状况调整不同类股票的比例。例如,近期市场中大盘股表现良好,则要将组合内大盘股的比例上调,将小盘股的比例下调。这种资产配置的调整也可以利用不同的股指期货进行,只要能够找到两种或以上的股指期货合约,使它们的标的资产与需要调整的股票类别相似就可以。



图 12-4 调整股票组合

例 12-7

某基金现在持有较高比例的小盘股,由于现在市场投资热点转向大盘股,所以该基金经理决定将部分小盘股转化为大盘股。基金资金共有 1 000 万美元,其中 70% 为小盘股,30% 为大盘股。目标比例是两类股票各 50%。一些数据如下:大盘股的平均 beta 值为 1.1,小盘股的平均 beta 值为 1.2,大盘股指期货的 beta 值为 0.95,小盘股指期货的 beta 值为 1.05。大盘股指期货的价格为 263 750 美元,小盘股指期货的价格为 216 500 美元(这里已经把乘数算在价格里面了)。整个投资期限为 1 个月。

答案:

根据题意,将各变量定义为: N_{L_f} 为大盘股指期货合约数量, N_{S_f} 为小盘股指期货数量, f_L 为大盘股指期货价格, f_s 为小盘股指期货价格, β_L 为大盘股的 beta 值, β_s 为小盘股的 beta 值, β_{L_f} 为大盘股指期货的 beta 值, β_{S_f} 为小盘股指期货的 beta 值。

$f_L = 263\,750$, $f_s = 216\,000$, $\beta_L = 1.1$, $\beta_s = 1.2$, $\beta_{L_f} = 0.95$, $\beta_{S_f} = 1.05$, 现金的 beta 值为 0。

1. 计算需要卖出多少份小盘股指期货合约 N_{S_f} 才能将小盘股头寸转化为现金。

$$N_{S_f} = \left(\frac{\beta_r - \beta_s}{\beta_{S_f}} \right) \left(\frac{S}{f_s} \right) = \left(\frac{0 - 1.2}{1.05} \right) \left(\frac{2\,000\,000}{216\,500} \right) = -10.56, \text{ 所以 } N_{S_f}^* = -11.$$

2. 计算需要买入多少份大盘股指期货合约 N_{L_f} 才能将现金转化为大盘股头寸。

$$N_{L_f} = \left(\frac{\beta_r - \beta_L}{\beta_{L_f}} \right) \left(\frac{C}{f_L} \right) = \left(\frac{1.1 - 0}{0.95} \right) \left(\frac{2\,000\,000}{263\,750} \right) = 8.78, \text{ 所以 } N_{L_f}^* = 9.$$

12.3.3 调整组合中的债券

上述方法对债券组合也一样适用。债券组合中各种债券的久期不同,所以风险也不同。如果投资者希望增加流动性,则可以把部分债券调整为现金头寸,这相当于把久期调整不到 1,可以通过卖出一些债券期货来实现。如果投资者希望将债券组合的久期调高,则可以通过买入一些债券期货来达到目的。



图 12-5 调整债券组合

例 12-8

某基金经理专门进行债券投资,他通过对未来市场利率的预测,来调整资产组合内长期债券和短期债券之间的比例。目前,他管理的 30 万美元债券投资的修正久期为 6.5。现在他希望将其中的 10 万美元转化为现金,并将剩余的 20 万美元债券的修正久期调高到 7.2。整个投资期限为 3 个月。用于调整的债券期货的价格为 7 500 美元,其修正久期为 6.8。

答案:

1. 计算将 10 万美元债券转化为现金所需要使用的债券期货合约数量。现金头寸的久期相当于三个月无风险债券的久期,等于 0.25,这是这里的目标久期。

$$N_f = \left(\frac{MD_T - MD_B}{MD_f} \right) \left(\frac{B}{f_B} \right) = \left(\frac{0.25 - 6.5}{6.8} \right) \left(\frac{100\,000}{7\,500} \right) = 12.25, \text{ 所以 } N_f^* = -12.$$

2. 计算将 20 万美元债券久期调高需要买入的债券期货数量。

$$N_f = \left(\frac{MD_T - MD_B}{MD_f} \right) \left(\frac{B}{f_B} \right) = \left(\frac{7.2 - 6.5}{6.8} \right) \left(\frac{200\,000}{7\,500} \right) = 2.75, \text{ 所以 } N_f^* = 3.$$

由于这两步所用的债券合约是同一个,所以总共需要卖出 9 份债券期货。

其实,这一问题也可以这样考虑。调整后该组合的久期等于 $\frac{10}{30} \times 0.25 + \frac{20}{30} \times 7.2 = 4.88$,所以相当于要将组合的久期向下调整到 4.88。利用公式可得:

$$N_f = \left(\frac{MD_T - MD_B}{MD_f} \right) \left(\frac{B}{f_B} \right) = \left(\frac{4.88 - 6.5}{6.8} \right) \left(\frac{300\,000}{7\,500} \right) = -9.52, \text{ 所以 } N_f^* = -10, \text{ 这一答案}$$

与上面的结果稍有出入,这是因为四舍五入造成的,它们应该是相等的。

12.3.4 事前投资

现在我们考虑投资中可能存在的一种情况。有时候,投资者发现市场机会非常有利,但是却没有现金进行投资。可能的策略是利用期货合约,因为期货合约在建立时不需要支付现金,却可以增加风险暴露,这种作法也被称为事前投资(pre-investing)。

假设某基金经理将于三个月后收到一笔100万美元的现金,但是现在市场时机非常好,因此该经理考虑买入股指期货合约和债券期货,来建立股票和债券头寸,两者比例为60%和40%。股票组合的beta值为1.1,债券组合的修正久期为5.5。股指期货合约的价格为25000美元, beta值为0.95。债券期货合约的价格为17500美元,修正久期为6。

用 N_{sf} 表示买入股指期货的数量, N_{bf} 表示买入债券期货的数量。

首先计算股指期货的数量。由于60%的资金将被用于买股票,所以 $S=10\,000\,000 \times 60\% = 600\,000$ 。又因为现在没有任何头寸,所以现在的beta值为零。

$$N_{sf} = \left(\frac{\beta_T - \beta_S}{\beta_{sf}} \right) \left(\frac{S}{f_S} \right) = \left(\frac{1.1 - 0}{0.95} \right) \left(\frac{600\,000}{25\,000} \right) = 27.79, \text{ 所以 } N_{sf}^* = 28.$$

然后计算债券期货的数量。 $S=10\,000\,000 \times 40\% = 400\,000$,现在没有头寸,所以修正久期为0。

$$N_{bf} = \left(\frac{MD_T - MD_B}{MD_f} \right) \left(\frac{B}{f_B} \right) = \left(\frac{5.5 - 0}{6} \right) \left(\frac{400\,000}{17\,500} \right) = 20.95, \text{ 所以 } N_{bf}^* = 21.$$

所以该基金经理可以买入29份股指期货,21份债券期货,在没有现金的情况下提前进行投资。三个月后,当经理收到现金后,可以对这些期货头寸进行平仓,建立真正的股票和债券头寸。

为什么可以通过股指期货和债券期货建立股票与债券头寸呢?在12.1.4节中,我们曾提到“股票多头+期货合约多头+无风险债券多头”,由于这里没有现金购买无风险债券,我们可以上式改写为“股票多头+贷款=期货合约多头”。这实际上是利用期货合约的杠杆效应建立了股票多头,同时相当于借了一笔现金。这一杠杆效应意味着如果市场状况没有像预期的那样好,损失将是巨大的。

12.4 管理汇率风险

汇率风险也是金融风险中一种常见的风险。不仅拥有外汇的个人、企业或国家会面临汇率风险,即使不和外汇打交道的部门也可能遭遇汇率风险。首先,我们讨论几种汇率风险,然后讨论如何对其进行管理。

通常情况下,人们习惯于使用外汇远期而不是外汇期货来管理汇率风险,这主要是因为投资者手头需要规避汇率风险的外汇额和期限通常是不同的,所以标准化的期货合约很难满足投资者的需要。外汇远期因其灵活性而更受欢迎,外汇远期市场的规模也因此很大。不过,有时候某些投资者也会采用外汇期货来管理手持有的外汇资产组合。

12.4.1 汇率风险种类

汇率风险可以分为三类:交易风险(transaction exposure)、兑换风险(translation exposure)、经济风险(economic exposure)。

交易风险主要是指有外汇收支的个人或公司面临的因汇率波动而导致的收入的减少或

支出的增加。如果一家公司从事进出口贸易,通常需要支付或收到外汇,就会面临汇率风险。譬如,一家公司向美国出口货物,如果合约签订时约定对方支付 100 万美元,此时市场汇率为 8RMB/USD。待到三个月后货到付款时,美元走弱,汇率变为 7.8RMB/USD,该公司就无端地损失了 20 万人民币。

兑换风险是指一些拥有外汇资产的个人或机构面临的因汇率波动而导致的资产价值的减少。譬如,一家金融机构拥有大量美元头寸,汇率的下跌也造成账面上美元价值的减少。

另外,一些个人或企业在日常生活中并不与外汇打交道,但是汇率波动仍然会对他们产生影响。这类风险就属于经济风险。譬如,因为美元升值,一些出口到美国的商品变得更便宜,因此美国当地生产商会面临更激烈的竞争,可能因此而面临市场占有率的下降。又如,因为美元升值,到美国旅游的外国游客减少,那么一些从事旅游服务业的公司将面临客流下降、收入减少的问题。

12.4.2 使用外汇远期管理外汇收支

我们将在本节考察如果在未来某一时刻有一笔外汇支出或收入时,应该如何运用外汇远期合约来规避汇率风险。外汇远期的作用与远期利率协议(FRA)相似,就是锁定汇率,将不确定性换成确定性。

假设一家欧洲公司 B 于 2007 年 4 月 5 日签订一份合同,将在三个月后(2007 年 7 月 5 日)收到一笔美元收入,并准备在收到时将其兑换为欧元。由于三个月后的汇率不确定,为了规避汇率风险,公司 B 决定卖出一份美元外汇远期,约定在三个月后以 1.25 EUR/USD 的汇率水平卖出 100 万美元,等同于买入 125 万欧元。这样,无论在这三个月内,美元兑欧元的汇率如何变化,都不会影响公司 B 的换汇成本。

假如该外汇远期的交割方式为实物交割,则在 7 月 5 日,公司 B 收到 125 万欧元,交割出去 100 万美元。假如该外汇远期的交割方式为现金结算,则公司 B 收到的金额大小取决于当天的汇率水平。如果该日汇率水平为 1.20 EUR/USD,则外汇远期的另一方将支付给公司 B 5 万欧元,公司 B 再到现货市场上卖出 100 万美元,可以得到 120 万欧元,这样总的结果仍然是 125 万欧元。如果该日汇率水平为 1.27 EUR/USD,则公司 B 要支付给外汇远期合约的另一方 2 万欧元,但是它在现货市场上卖出 100 万美元可以得到 127 万欧元。所以,无论汇率如何变动,无论采用何种交割方式,公司 B 都锁定了 1.25 EUR/USD 的汇率水平。

考虑另一种情形。另一家欧洲公司 C 要在 3 个月后支付一笔美元货款,因此需要在三个月后将 100 万欧元兑换成美元。同样,为了规避美元升值的风险,该公司可以买入一份美元远期合约,约定在三个月后以某一固定的汇率将欧元兑换成美元。这样,无论在这三个月内市场汇率如何变化,公司 C 都锁定了兑换的汇率水平。

例 12-9

某欧洲公司要在三个月后向它在美国分支机构员工支付一笔美元,金额为 150 万美元。为了防范汇率风险,该公司准备通过外汇远期合约来进行风险管理,该合约的价格为 0.9 EUR/USD。请问该公司该如何利用外汇远期合约消除汇率风险?

答案:

该公司要在三个月后支付美元,也就是要买入美元,所以该公司现在应该买入美元远期合约,面值 = $150 \times 0.9 = 135$ 万欧元。因此,该公司要准备在三个月后远期合约到期时,拿出 135 万欧元,同时以 0.9 EUR/USD 的汇率水平换回 150 万美元。这样,无论到期日市场汇率如何变动,该公司都不受影响。

12.4.3 管理外汇资产组合

当投资者购买外国股票时,就要面对两种风险,一种是外国股票市场上的风险,另一种是汇率风险。此时要利用外汇远期合约完全规避外汇资产组合的汇率风险是比较困难的,这是因为在外汇远期合约建立时,投资者就需要确定合约到期时交割的外汇数量,但是这取决于这段期限内股票市场的表现,因此具体有多少外汇需要进行兑换是不确定的。

在一种比较简单的假设条件下,我们认为可以对外汇资产组合进行对冲。首先,投资者要先利用股指期货合约对股票组合进行对冲。经过完全对冲(令目标 β 值为零)的股票组合可以获得外国的无风险收益率。因为股票组合得到完全对冲,所以可以计算出在外国的股票市值为期初投资额 $\times (1 + \text{外国无风险利率})^T$, 这样就能确定有多少外汇需要进行兑换。然后,买入或卖出合适的远期/期货合约对汇率风险进行完全对冲,这样可以得到本国的无风险收益率。

下面用实例来说明这是怎样做到的。

一家美国公司在欧洲股票市场上购买了一篮子股票,价值为 100 万欧元(相当于 95 万美元)。该股票组合的 β 值为 1.1。用于对冲股票组合风险的股指期货合约的价格为 11 万欧元, β 值为 0.9。目前汇率为 0.95 USD/EUR, 外汇远期合约的汇率水平为 0.99 USD/EUR。欧洲的无风险利率为 4%, 美国的无风险利率为 8.4%。

一年后,欧洲股票市场遭遇下挫,股指下挫 5%, 而汇率也走低,下降到 0.87 USD/EUR, 股指期货合约价格下降到 101 360 欧元。让我们分别考察不进行对冲、只对冲股市风险以及同时对冲股市风险与汇率风险这三种情况下的损益状况。

【情形 1】 不进行对冲

该股票组合下跌百分比 = $5\% \times 1.1 = 5.5\%$;

该股票组合欧元价值 = $1\,000\,000 \times (1 - 5.5\%) = 945\,000$ (欧元);

该股票组合美元价值 = $945\,000 \times 0.87 = 822\,150$ (美元);

这一年的收益率 = $\frac{822\,150}{950\,000} - 1 = -13.46\%$ 。

【情形 2】 只对股市风险对冲,不对冲汇率风险

需要购买的股指期货合约数量 $N_f^* = \frac{(0 - 1.1)}{0.9} \times \left(\frac{1\,000\,000}{110\,000} \right) \approx -11$ (份);

股指期货合约盈利 = $-11 \times (101\,360 - 110\,000) = 95\,040$ (欧元);

股票组合价值与股指期货盈利之和 = 945 000 + 95 040 = 1 040 040(欧元);

可得欧洲股市的投资收益率 = $\frac{1\,040\,040}{1\,000\,000} - 1 = 4.004\%$, 近似于欧洲的无风险利率;

兑换成美元价值 = 1 040 040 × 0.87 = 904 835(美元);

这一年的收益率 = $\frac{904\,835}{950\,000} - 1 = -4.75\%$ 。

【情形 3】 同时对冲股市风险和汇率风险

股票组合价值与股指期货盈利情况与情形 2 中相同, 在欧洲股市收益率为 4%。

外汇远期的名义本金 = 1 000 000 × (1 + 4%) = 1 040 000(欧元);

外汇远期收益 = 1 040 000 × (0.99 - 0.87) = 124 805(美元);

投资的总收益 = 904 835 + 124 805 = 1 029 640(美元);

这一年的收益率 = $\frac{1\,029\,640}{950\,000} - 1 = 8.38\%$, 近似于美国的无风险利率。



第 13 章 基于期权合约的风险管理策略

在上一章中,我们讨论了如何运用远期和期货合约来规避风险,事实上,期权合约也是一种风险管理的手段。前文已经介绍了希腊字母及其对冲策略,它们是利用期权合约进行风险管理的一种策略。本章将涉及另一种策略,即各种期权的交易策略。

13.1 期权交易策略

期权的交易策略非常丰富。为了便于理解,我们先从最简单的单个期权的交易策略开始,在理解看涨期权和看跌期权的特点后,我们可以扩展到期权与股票、多个期权组成的交易策略。

13.1.1 简单交易策略

在本节,我们将探讨期权的简单交易策略,包括看涨期权和看跌期权的损益状态、执行价格与到期日的选择以及不同期权组合产生的效果。主要采用的方法是利用到期日的损益图,分段分析标的资产价格在不同情况下期权的状态和收益。

13.1.1.1 看涨期权与看跌期权

首先考察单个期权的交易。其实,在第 4 章中,我们已经涉及了不少关于到期日期权损益的内容,在这里再做一些总结。

1) 看涨期权

买入一份看涨期权相当于对看涨期权做多头,在到期日,期权持有者的收益为 $\max(0, S_T - K)$ 。如果投资者预期未来标的资产价格将上涨,他就会买入看涨期权,以期得到价格上涨带来的收益。用到期日的损益图表示如图 13-1(1)所示。

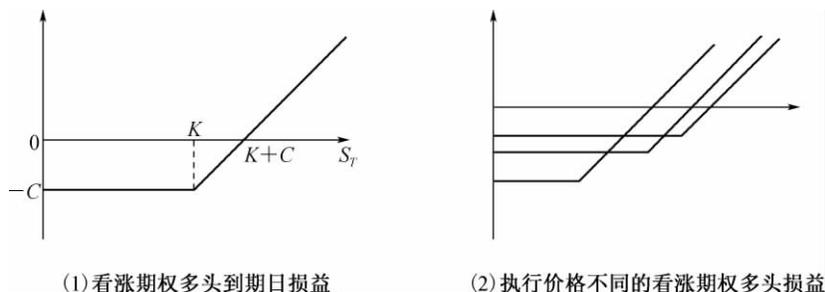


图 13-1 看涨期权多头的损益图

从损益图 13-1 中可以得到几个重要结论:

- ① 看涨期权多头的最大利润:无穷大;
- ② 看涨期权多头的最大损失: $-C$ (期权费)(当 $S_T < K$);
- ③ 看涨期权多头的盈亏平衡点: $S_T = K + C$ 。

如果对于同一个标的资产,存在多个到期日相同但执行价格不同的看涨期权,那么应该选择哪一种呢?答案是不确定的。因为如果看涨期权的执行价格低,在相同标的资产价格情况下,它的收益就更高,但是同时,它的期权费会高,所以只有把这两个因素综合起来才能知道选择哪种执行价格的看涨期权是最合适的。如图 13-1(2)所示,执行价格越低的看涨期权,其持有者面临的最大损失越大,但是它所能得到的最大收益也相应地越大。

接下来考虑卖出一份看涨期权的情况。买入期权和卖出期权是相对应的两种行为,所以它们的收益之和为零,卖方的盈利就是买方的损失,卖方的损失就是买方的盈利。如图 13-2(1)所示,到期日看涨期权空头的损益图与看涨期权多头的损益图恰好关于横轴对称。

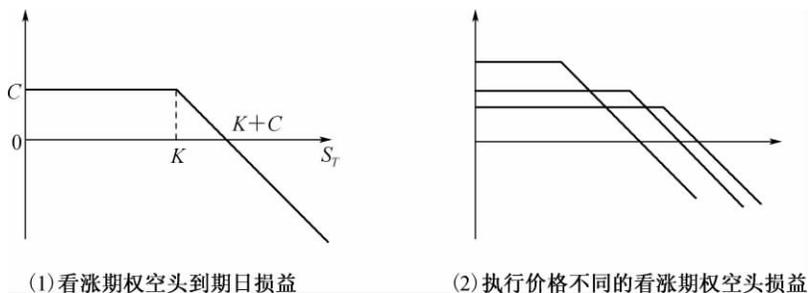


图 13-2 看涨期权空头的损益图

对于看涨期权空头,也有如下几个结论:

- ① 看涨期权空头的最大利润: C (期权费)(当 $S_T < K$);
- ② 看涨期权空头的最大损失:无穷大;
- ③ 看涨期权空头的盈亏平衡点: $S_T = K + C$ 。

同样,看涨期权的执行价格越低,空头得到的最大利润越高,而面临的可能最大损失也越大,如图 13-2(2)。看涨期权空头必须在最终收益和执行价格之间进行权衡。

2) 看跌期权

首先考虑买入一份看跌期权的情况。看跌期权持有者的到期日收益为 $\max(0, K - S_T)$, 其损益图如图 13-3(1)所示。

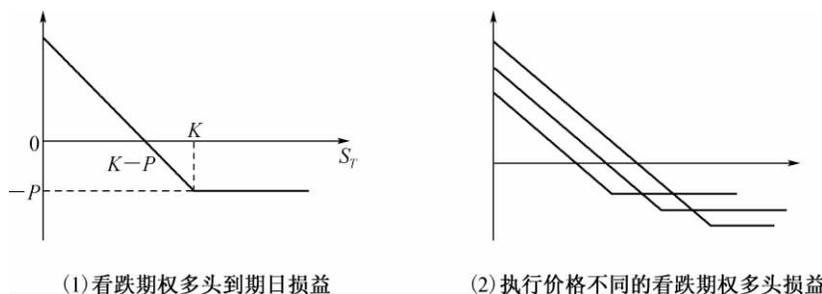


图 13-3 看跌期权多头的损益图

- ① 看跌期权多头的最大利润: $K - P$ (当 $S_T = 0$);
- ② 看跌期权多头的最大损失: $-P$ (期权费) (当 $S_T > K$);
- ③ 看跌期权多头的盈亏平衡点: $S_T = K - P$ 。

如果看跌期权的标的资产和到期日相同,而执行价格不同,则执行价格越高的期权,其持有者获得的最大利润越高,但是面临的最大损失也最大。(如图 13-3(2)所示)

对于看跌期权空头,其损益状况恰好与看跌期权多头相反。(如图 13-4 所示)

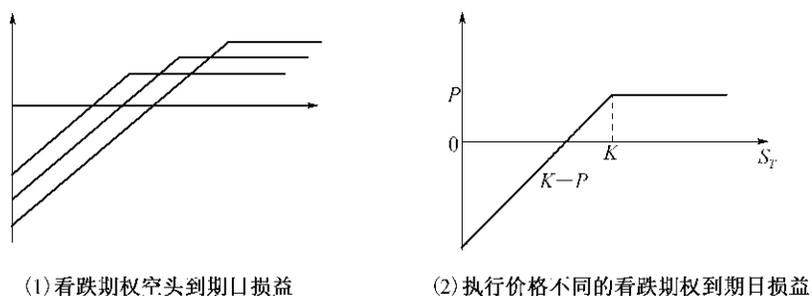


图 13-4 看跌期权空头的损益图

- ① 看跌期权空头的最大利润: P (期权费) (当 $S_T > K$);
- ② 看跌期权空头的最大损失: $P - K$ (当 $S_T = 0$);
- ③ 看跌期权空头的盈亏平衡点: $S_T = K - P$ 。

如果看跌期权的标的资产和到期日相同,而执行价格不同,则执行价格越高的期权,其空头获得的最大利润越高,但是面临的最大损失也最大。

13.1.1.2 股票期权与股票组合

现在考虑将股票期权与股票组合在一起后,投资者的损益状况。对于这类组合,以及比较复杂的期权组合,都可以采用图形的方式进行分析,不仅直观,而且方便。

看涨期权与看跌期权多头空头的损益图已经在上文介绍过,现在看一下股票的损益图。如果是对股票做多,其损益图如图 13-5(1),是一条斜向上 45 度的直线。如果是对股票做空,则情况刚好相反,是一条向下的 45 度直线,如图 13-5(2)。

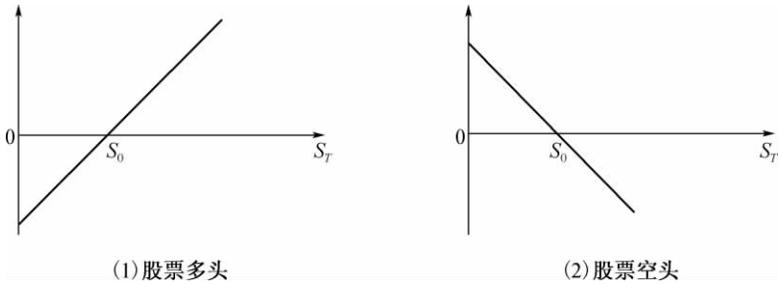


图 13-5 股票的损益图

如果将股票和期权组合在一起,可以得到以下几种组合方式。虚线表示单份期权和股票,实线表示组合后的结果。

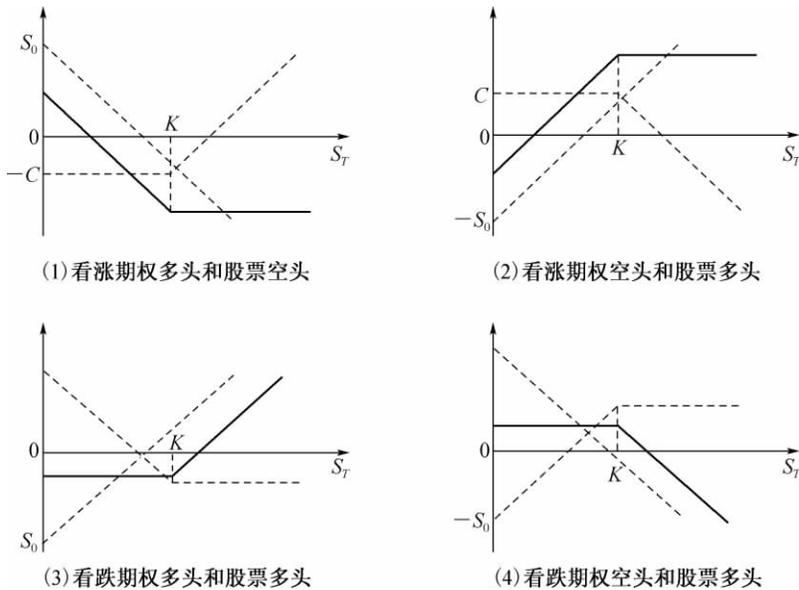


图 13-6 股票与期权的组合

从图 13-6 可以发现,一份期权和一份股票通过适当的组合,可以变成另外一份期权。图 13-6(1)中,一份看涨期权多头和股票空头可以组合成一份看跌期权多头;图 13-6(2)中,一份看涨期权空头和股票多头可以组合成一份看跌期权多头,这一投资策略也被称为出售一个有担保的看涨期权(writing a covered call);图 13-6(3)中,一份看跌期权多头和股票多头可以组合成一份看涨期权多头,该策略也被称为有保护的看跌期权(protective put);最后,图 13-6(4)中,一份看跌期权空头和股票空头可以组合成一份看涨期权空头。下面,我们重点分析一下有担保的看涨期权和有保护的看跌期权。

1) 有担保的看涨期权(covered call)

有担保的看涨期权由一份看涨期权空头和一份股票多头组合而成,因此可以得到到期

日该组合的收益。(见表13-1)

表13-1 有担保的看涨期权到期日损益

	损益表达式	$S_T \leq K$	$S_T > K$
一份看涨期权空头	$-\max(0, S_T - K)$	0	$-(S_T - K)$
一份股票多头	$S_T - S_0$	$S_T - S_0$	$S_T - S_0$
合 计	$S_T - S_0 - \max(0, S_T - K)$	$S_T - S_0$	$K - S_0$

如果考虑看涨期权的期权费,可以得到关于有担保看涨期权的几个结论:

- ① 有担保看涨期权的最大利润: $K - S_0 + C$ (当 $S_T > K$);
- ② 有担保看涨期权的最大损失: $-S_0 + C$ (当 $S_T = 0$);
- ③ 有担保看涨期权的盈亏平衡点: $S_T = S_0 - C$ 。

这也说明有担保的看涨期权的最大利润有上限,最大损失也有下限。从本质上讲,这就是一份看跌期权空头。为什么投资者要通过期权与股票的组合来构造有担保的看涨期权,而不是直接卖出一份看跌期权呢?因为有时符合投资者需要的看跌期权在市场上不存在,或者流动性太小不能进行大量交易,或者定价不合理,使得投资者不能直接建立看跌期权空头,而要通过合成的方法。^①

2) 有保护的看跌期权(protected put)

有保护的看跌期权由一份看跌期权多头和一份股票多头构成,其到期日的收益如表(13-2)所示。

表13-2 有保护的看跌期权到期日损益

	损益表达式	$S_T \leq K$	$S_T > K$
一份看跌期权多头	$-\max(0, K - S_T)$	$K - S_T$	0
一份股票多头	$S_T - S_0$	$S_T - S_0$	$S_T - S_0$
合 计	$S_T - S_0 - \max(0, K - S_T)$	$K - S_0$	$S_T - S_0$

考虑上期权的期权费,可以得到以下关于有保护的看跌期权的结论:

- ① 有保护看跌期权的最大利润:无限大(当 $S_T > K$);
- ② 有保护看跌期权的最大损失: $K - S_0 - P$ (当 $S_T = 0$);
- ③ 有保护看跌期权的盈亏平衡点: $S_T = S_0 + P$ 。

^① 事实上,上述关于期权组合的损益是在到期日才确定的,但是期权费是在期权合约开始建立时就进行支付的,所以有时间价值的,但是在这里以及下文,我们都忽略期权费的时间价值。

有保护的看跌期权最大盈利没有上限,而最大损失却有下限,这和一份看涨期权多头没有什么区别。

13.1.2 复杂期权交易策略

以上所考虑的期权交易策略都只涉及一种期权,更复杂的期权交易策略往往包含两个或多个期权头寸的组合,从而形成各种不同的收益形式,满足投资者的特定需求。

13.1.2.1 差价期权

差价期权(spreads)是指将两个或多个相同类型的期权组合在一起而构成的交易策略,这些期权的标的资产相同,如果到期日相同而执行价格不同,就形成了牛市差价期权、熊市差价期权(两种期权组合)、蝶式期权(三种期权组合);如果执行价格相同而到期日不同,就形成了日历差价期权。

1) 牛市差价期权(bull spreads)

牛市差价期权是最普通的一种差价期权,它由两种标的资产相同、到期日相同而执行价格不同的看涨期权或看跌期权构成。

首先考虑由两个看涨期权构成的牛市差价期权,买入一份执行价格较低的看涨期权 $C(T, K_1)$, 同时卖出一份执行价格较高的看涨期权 $C(T, K_2)$, $K_1 < K_2$ 。根据到期日标的资产价格的不同,可以得到如表 13-3 所示的几种收益状况。

表 13-3 牛市差价期权到期日损益

期 权	损 益	到期日期权价值		
		$S_T \leq K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T \geq K_2$
买入 $C(T, K_1)$	$\max(0, S_T - K_1)$	0	$S_T - K_1$	$S_T - K_1$
卖出 $C(T, K_2)$	$-\max(0, S_T - K_2)$	0	0	$-(S_T - K_2)$
合 计		0	$S_T - K_1 > 0$	$K_2 - K_1 > 0$

如果把期权费考虑进来,买入看涨期权需要支付 C_1 , 卖出看涨期权可以得到 C_2 , 这样在期权价值上还要加上 $(C_2 - C_1)$ 才能得到最终的利润或损失。前文已经提到,对于到期日相同、执行价格不同的两份看涨期权,执行价格越低,期权费越高,所以 $C_1 > C_2$ 。由此可以得到牛市差价期权的利润。

表 13-4 牛市差价期权的利润

	$S_T \leq K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T \geq K_2$
牛市差价期权	$C_2 - C_1 < 0$	$S_T - K_1 + C_2 - C_1$	$K_2 - K_1 + C_2 - C_1$

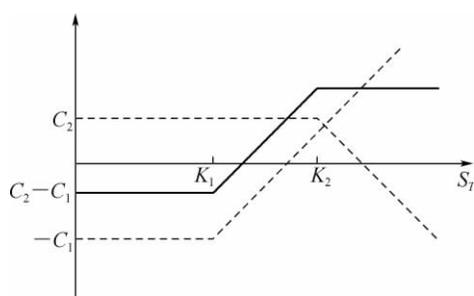


图 13-7 牛市差价期权损益图(由看涨期权组合)

从图 13-7 可以清楚地看到,当到期日的资产价格低于 K_1 时,牛市差价期权的最大损失为 $C_2 - C_1$,当标的资产价格高于 K_2 时,其最大收益为 $K_2 - K_1 + C_2 - C_1$ 。这说明牛市差价期权限制了最大收益和最大损失。如果投资者预计未来标的资产价格将上升但又担心其下降所导致的损失,则可以构造牛市差价期权。

牛市差价期权同样可以通过买入执行价格较低的看跌期权和卖出执行价格较高的看跌期权得到。其到期日的损益与前者相似,如表 13-5 表示,也有最大利润和最大损失的限制。但是,用看跌期权建立的牛市差价期权的最终收益低于用看涨期权建立的牛市差价期权的最终收益(见表 13-6)。

表 13-5 牛市差价期权到期日损益

期 权	损 益	到期日期权价值		
		$S_T \leq K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T \geq K_2$
买入 $P(T, K_1)$	$\max(0, K_1 - S_T)$	$K_1 - S_T$	0	0
卖出 $P(T, K_2)$	$\max(0, K_2 - S_T)$	$-(K_2 - S_T)$	$-(K_2 - S_T)$	0
合 计		$K_1 - K_2 < 0$	$S_T - K_2 < 0$	0

表 13-6 牛市看涨期权利润

	$S_T \leq K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T \geq K_2$
牛市差价期权	$K_1 - K_2 + P_2 - P_1$	$S_T - K_2 + P_2 - P_1$	$P_2 - P_1 > 0$

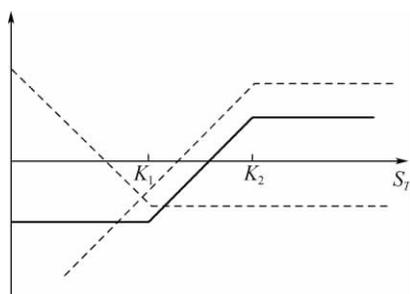


图 13-8 牛市差价期权(由看跌期权组合)

关于牛市差价期权总结如下：(/前为由看涨期权组合的牛市差价，/后为由看跌期权组合的牛市差价，下同)

- ① 牛市差价期权的最大利润： $K_2 - K_1 - C_1 + C_2/P_2 - P_1$ ；
- ② 牛市差价期权的最大损失： $C_2 - C_1/K_1 - K_2 + P_2 - P_1$ ；
- ③ 牛市差价期权的盈亏平衡点： $S_T = K_1 + C_1 - C_2/K_2 + P_1 - P_2$ 。

例 13-1

考虑一个牛市差价期权。投资者买入一份执行价格为 30 美元的看涨期权，期权费为 3 美元，同时卖出一份执行价格为 40 美元的看涨期权，期权费为 1.50 美元。如果标的资产股票的价格在到期日上涨到 42 美元，期权在到期日被执行，那么不考虑交易费用，该投资者的净利润为：

- A. 8.5 美元； B. 9.0 美元； C. 9.5 美元； D. 12.5 美元。

答案：A

该投资者执行看涨期权(执行价格为 30 美元的那份)可以得到利润 9 美元($42 - 30 - 3 = 9$)。同时价格为 40 美元的那份看涨期权被执行后，该投资者损失 0.5 美元($40 - 42 + 1.5 = 0.5$)。所以，共得利润 8.5 美元。当然，也可以根据上面推导出的表达式直接代入得到结果。

2) 熊市差价期权(bear spreads)

熊市差价期权的本质和牛市差价期权类似，也是利用执行价格不同的看涨或看跌期权构造的。不同的是，当标的资产价格较低时，熊市差价期权获得的收益为正，当标的资产价格较高时，获得的是最大损失。如表 13-7 和表 13-8 所示。这一特点从它的名字中就可以看出，当投资者预计市场为熊市时，才会采取熊市差价期权，以期从价格下跌中获得利润，同时，投资者也限制了标的资产价格上升时带来的最大损失。

熊市差价期权可以通过买入执行价格较高的看涨期权，同时卖出执行价格较低的看涨期权来构造，注意这一购买方向恰好与牛市差价期权相反，所以初始的现金流，即期权费的收支($C_2 - C_1$)大于零。

表 13-7 熊市差价期权到期日损益

期 权	损 益	到期日期权价值		
		$S_T \leq K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T \geq K_2$
卖出 $C(T, K_1)$	$-\max(0, S_T - K_1)$	0	$-(S_T - K_1)$	$-(S_T - K_1)$
买入 $C(T, K_2)$	$\max(0, S_T - K_2)$	0	0	$S_T - K_2$
合 计		0	$-(S_T - K_1) < 0$	$K_1 - K_2 < 2$

表 13-8 熊市差价期权利润

	$S_T \leq K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T \geq K_2$
牛市差价期权	$C_2 - C_1 > 0$	$K_1 - S_T + C_2 - C_1$	$K_1 - K_2 + C_2 - C_1$

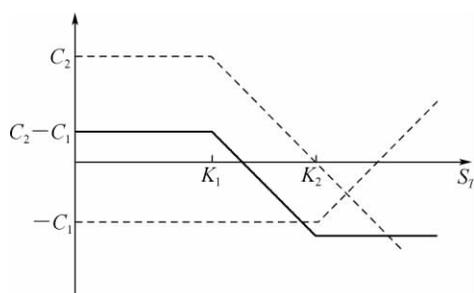


图 13-9 熊市差价期权(由看涨期权组合)

利用看跌期权构造的熊市差价期权的方法是买入执行价格较高的看跌期权和卖出执行价格较低的看跌期权。(见表 13-9、表 13-10 和图 13-10)

表 13-9 熊市差价期权到期日损益

期 权	损 益	到期日期权价值		
		$S_T \leq K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T \geq K_2$
卖出 $P(T, K_1)$	$-\max(0, K_1 - S_T)$	$-(K_1 - S_T)$	0	0
买入 $P(T, K_2)$	$\max(0, K_2 - S_T)$	$K_2 - S_T$	$K_2 - S_T$	0
合 计		$K_2 - K_1 > 0$	$K_2 - S_T > 0$	0

表 13-10 熊市差价期权利润

	$S_T \leq K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T \geq K_2$
牛市差价期权	$K_2 - K_1 + P_1 - P_2$	$K_2 - S_T + P_1 - P_2$	$P_1 - P_2 < 0$

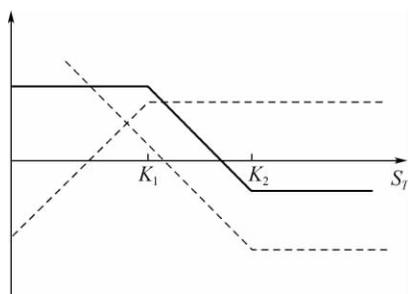


图 13-10 熊市差价期权(由看跌期权组合)

有关熊市差价期权的结论如下。(/前为由看涨期权组合的牛市差价, /后为由看跌期权组合的牛市差价)

- ① 熊市差价期权的最大利润: $C_2 - C_1 / K_2 - K_1 + P_1 - P_2$;
- ② 熊市差价期权的最大损失: $K_1 - K_2 + C_2 - C_1 / P_1 - P_2$;
- ③ 熊市差价期权的盈亏平衡点: $S_T = K + C_2 - C_1 / K_2 + P_1 - P_2$ 。

例 13-2

考虑下面这个熊市差价期权策略:买入一份执行价格为 43 美元,期权费为 6 美元的看跌期权;同时买入一份执行价格为 32 美元,期权费为 1 美元的看跌期权;再卖出两份执行价格为 37 美元,期权费为 4 美元的看跌期权。如果股价在到七日下午跌到 19 美元/股,则该策略的净利润为:

- A. 每股损失 2 美元; B. 不盈不亏; C. 每股盈利 1 美元; D. 每股盈利 2 美元。

答案:D

最方便的方法是计算每个头寸的收益或损失,然后加总到一起。

一份执行价格为 43 美元的看跌期权多头: $43-19-6=+18$;

一份执行价格为 32 美元的看跌期权多头: $32-19-1=+12$;

两份执行价格为 37 美元的看跌期权空头: $2\times(19-37+4)=-28$;

净利润= $+18+12-28=2$ 美元,所以 D 正确。

3) 蝶式差价期权(butterfly spreads)

蝶式差价期权也是利用到期日相同而执行价格不同的期权进行组合的,不同的是蝶式差价期权涉及三个期权,分别为买入一份执行价格较低的看涨期权 $C(T, K_1)$ 和一份执行价格较高的看涨期权 $C(T, K_3)$, 同时卖出两份执行价格为 K_2 的看涨期权,且满足 $K_2 = \frac{(K_1 + K_3)}{2}$ 。通常, K_2 非常接近标的资产现在的价格。

表 13-11 蝶式差价期权到期日损益

期 权 损 益	到期日期权价值			
	$S_T \leq K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$K_2 < S_T < K_3$	$S_T \geq K_3$
买入 $C(T, K_1)$	$\max(0, S_T - K_1)$	0	$S_T - K_1$	$S_T - K_1$
卖出 $C(T, K_2)$	$-\max(0, S_T - K_2)$	0	0	$-2(S_T - K_2)$
买入 $C(T, K_3)$	$\max(0, S_T - K_3)$	0	0	$S_T - K_3$
合 计		0	$S_T - K_1$	$K_3 - S_T$

从图 13-11 和表 13-12 可以看出,蝶式差价期权所适用的情况是到期日标的资产价格变化不大,保持在 K_2 附近,此时投资者所能获得的收益最大。当价格偏离 K_2 时,投资者收益略有下降,当价格低于 K_1 或高于 K_3 时,承受最大损失。建立该期权组合时,买入期权所支付的期权费为 $C_1 + C_3$, 卖出期权得到的期权费为 $2C_2$, 总的现金流出为 $C_1 + C_3 - 2C_2$ 。

利用看跌期权也能构造蝶式差价期权,如图 13-12 所示,方法是买入一份执行价格较低的看跌期权和一份执行价格较高的看跌期权,同时卖出两份执行价格为中间值的看跌期权。

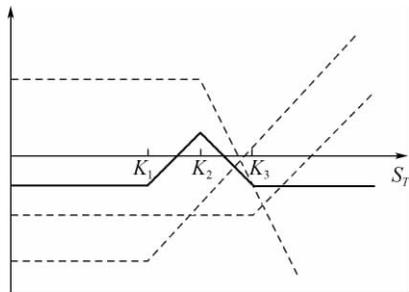


图 13-11 蝶式差价期权(由看涨期权组合)

表 13-12 蝶式差价期权到期日损益

期 权	损 益	到期日期权价值			
		$S_T \leq K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$K_2 < S_T < K_3$	$S_T \geq K_3$
买入 $P(T, K_1)$	$\max(0, K_1 - S_T)$	$K_1 - S_T$	0	0	0
卖出 $P(T, K_2)$	$-\max(0, K_2 - S_T)$	$-2(K_2 - S_T)$	$-2(K_2 - S_T)$	0	0
买入 $P(T, K_3)$	$\max(0, K_3 - S_T)$	$K_3 - S_T$	$K_3 - S_T$	$K_3 - S_T$	0
合 计		0	$S_T - K_1$	$K_3 - S_T$	0

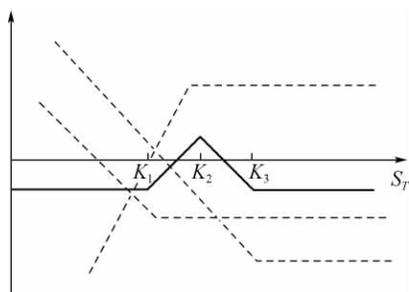


图 13-12 蝶式差价期权(由看跌期权组合)

蝶式差价期权的结论总结如下。(/前为由看涨期权组合的蝶式差价, /后为由看跌期权组合的蝶式差价)

① 蝶式差价期权的最大利润: $\frac{K_3 - K_1}{2} - C_1 - C_3 + 2C_2 / \frac{K_3 - K_1}{2} - P_1 - P_3 + 2P_2$ (当 $S_T = K_2$);

② 蝶式差价期权的最大损失: $-C_1 - C_3 + 2C_2 / -P_1 - P_3 + 2P_2$ (当 $S_T < K_1, S_T > K_3$);

③ 蝶式差价期权的盈亏平衡点:

$$S_T = K_1 + C_1 + C_3 - 2C_2。$$

蝶式差价期权有两个盈亏平衡点:

$$S_T = K_1 + P_1 + P_3 - 2P_2 \quad \text{和} \quad S_T = K_1 - P_1 - P_3 + 2P_2。$$

例 13-3

蝶式期权的向上(upside)和向下(downside)损益分别为:

- A. 向上和向下损益都是有限的; B. 向上和向下损益都是无限的;
C. 向上损益无限, 向下损益有限; D. 向上损益有限, 向下损益无限。

答案:A

蝶式期权上下两边损益都是有限的, 等于卖出期权收到的期权费与买入期权付出的期权费之间的差值。

4) 日历差价期权(calendar spreads)

日历差价期权也是利用两个或多个期权头寸组合而成的交易策略,不同的是组合中的期权执行价格相同而到期时间不同。这意味着在损益图中未到期的期权不再是一条直线,而是一条曲线。

首先考虑这样一个日历差价期权:买入一份期限较长的看涨期权 $C(T_2, K)$, 同时卖出一份执行价格相同但期限较短的看涨期权 $C(T_1, K)$, $T_2 > T_1$ 。对于期权而言,到期期限越长,其时间价值越高,价格越高,所以在构造日历差价期权时,支付的期权费 C_2 高于得到的期权费 C_1 , 这意味着一笔初始现金的流出。当 $t = T_1$ 时,期限较短的看涨期权到期,其损益如图 13-13 和表 13-13 所示。卖出的看涨期权处于到期日,所以图形为一条直的折线;而买入的看涨期权还有 $(T_2 - T_1)$ 的时间才到期,其图形为一条曲线。

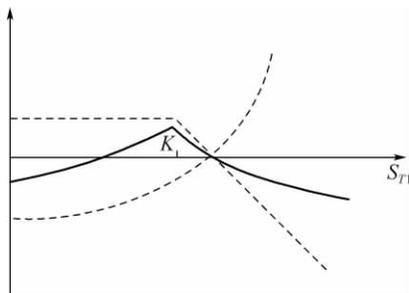


图 13-13 日历差价期权(由看涨期权组合)

表 13-13 日历差价期权到期日损益

期 权	损 益	到期日期权价值		
		$S_{T_1} \rightarrow 0$	$S_{T_1} = K$	$S_{T_1} \rightarrow \infty$
卖出 $C(T_1, K)$	$-\max(0, S_{T_1} - K)$	0	0	$-(S_{T_1} - K)$
买入 $C(T_2, K)$	$\max(0, S_{T_2} - Ke^{-r(T_2-T_1)})$	趋近于 0	$C_{T_1} > 0$	趋近于 $(S_{T_1} - K)$
合 计		趋近于 0	$C_{T_1} > 0$	趋近于 0

从图 13-13 或表 13-13 都可以看出,当 $t = T_1$ 时,标的资产价格若位于执行价格附近,则有 $C_{T_1} + C_1 - C_2$ 的收益;如果价格较高或较低,就会面临亏损。这一点与蝶式差价期权很相似。

同样,用看跌期权也能构造日历差价期权。通过买入一份期限较长的看跌期权,卖出一份期限较短的看跌期权,就可以达到相似的目的。其损益如图 13-14 所示。

倒置日历差价期权(reverse calendar spread)则与日历差价期权恰好相反。其策略是买入一份期限较短的看涨(看跌)期权,同时卖出一份期限较长的看涨(看跌)期权。其损益情况也正相反,期限较短期权到期时,若标的资产价格与执行价格接近时会有损失,偏离较大时会有收益。以看涨期权为例,其损益图如图 13-15 所示。

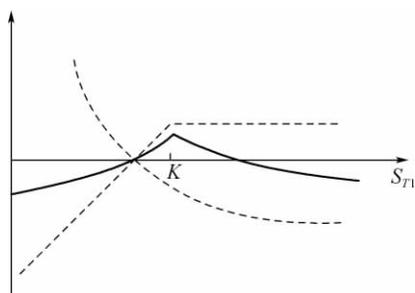


图 13-14 日历差价期权(由看跌期权组合)

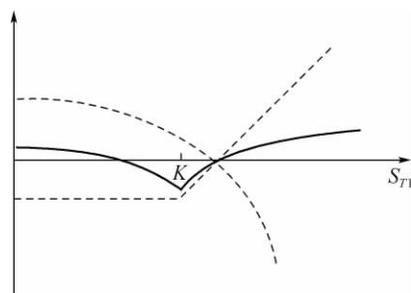


图 13-15 倒置日历差价期权

13.1.2.2 组合期权

组合期权是另一种通过构造期权组合进行的交易策略,组合中的两种或多种期权到期日和执行价格都相同,但是一种(或多种)为看涨期权,另一种(或多种)为看跌期权。

1) 领子期权(Collars)

卖出看涨期权,同时买入看跌期权,这样售出看涨期权的期权费和购买看跌期权的期权费抵消,所以一份典型的领子期权是不需要初始投入的,这样的领子期权也被称为零成本领子期权(zero-cost collar)。由于执行价格相同的看涨期权和看跌期权的期权费是不同的,这也就意味着期权费相同的看涨期权和看跌期权的执行价格将不同。假设看跌期权的执行价格为 K_1 ,看涨期权的执行价格为 K_2 , $K_1 < K_2$ 。(如表 13-14 和图 13-16 所示)

表 13-14 领子期权到期日损益

期 权	损 益	到期日期权价值		
		$S_T \leq K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T \geq K_2$
卖出 $C(T, K_2)$	$-\max(0, S_T - K_2)$	0	0	$-(S_T - K_2)$
买入 $P(T, K_1)$	$\max(0, K_1 - S_T)$	$K_1 - S_T$	0	0
买入标的资产	$S_T - S_0$	$S_T - S_0$	$S_T - S_0$	$S_T - S_0$
合 计		$K_1 - S_0$	$S_T - S_0$	$K_2 - S_0$

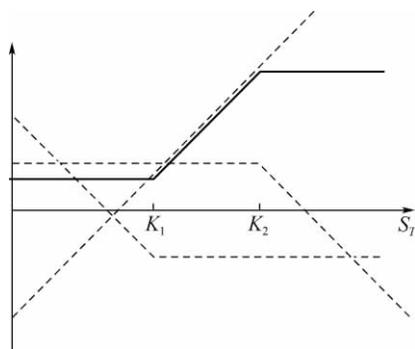


图 13-16 领子期权

关于领子期权的结论总结如下。

- ① 领子期权的最大利润： $K_2 - S_0$ (当 $S_T > K_2$)；
- ② 领子期权的最大损失： $K_1 - S_0$ (当 $S_T < K_1$)；
- ③ 领子期权的盈亏平衡点： $S_T = S_0$ 。

2) 跨式期权(straddle)

跨式期权,也称底部跨式期权(bottom straddle)或买入跨式期权(straddle purchase)是最普通的一种组合期权,由两份买卖方向相同、执行价格相同以及到期日相同的看涨期权和看跌期权组成。

表 13-15 跨式期权到期日损益

期 权	损 益	到期日期权价值	
		$S_T \leq K$	$S_T \geq K$
买入 $C(T, K)$	$\max(0, S_T - K)$	0	$S_T - K$
买入 $P(T, K)$	$\max(0, K - S_T)$	$K - S_T$	0
合 计		$K - S_T > 0$	$S_T - K > 0$

从图 13-17 和表 13-15 可以发现,当到期日标的资产价格等于执行价格时,跨式期权的损失最大,为 $-(C+P)$,即两份期权的期权费。但是当价格非常低或非常高时,该期权就会有较高的利润。这一交易策略适合这样一种情况,即投资者预期标的资产价格将会发生比较大的变化,但是对其变动方向不能确定。譬如,对于一份兼并收购要约,目标公司的股价可能发生剧烈的波动,如果该收购成功,则股价会急剧上升;如果失败,股价也会急剧下降,此时采用跨式期权可以获得较高的收益。

跨式期权的结论总结如下。

- ① 跨式期权的最大利润:无穷大;
- ② 跨式期权的最大损失: $-C - P$ (当 $S_T = K$);
- ③ 跨式期权的盈亏平衡点: $S_T = K - C - P$ 和 $S_T = K + C + P$ 。

如果同时卖出一份看涨期权和一份看跌期权,就可以得到与上述跨式期权完全相反的收益状况,这一策略通常被称为卖出跨式期权(straddle write)或顶部跨式期权(top straddle)。这一策略的特点是如果到期日标的资产价格在执行价格附近时,收益最大,但是如果价格在任何方向上有较大的变动时就可能产生非常高的损失,所以风险比较大。如图 13-18 所示。

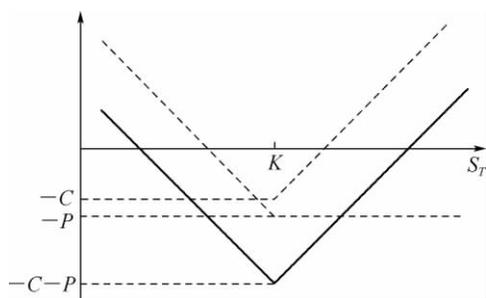


图 13-17 跨式期权

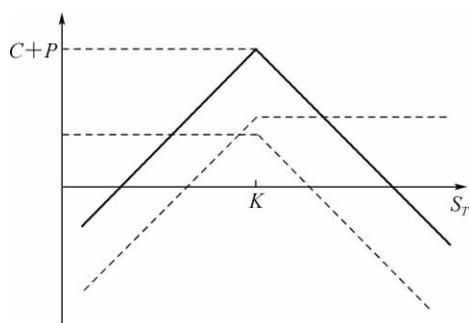


图 13-18 卖出跨式期权

例 13-4

下列哪种期权交易策略可以被认为是对波动率做空的交易？

- A. 对有保护的看跌期权做多； B. 对有担保的看涨期权做空；
C. 对跨式期权做多； D. 对宽跨式期权做多。

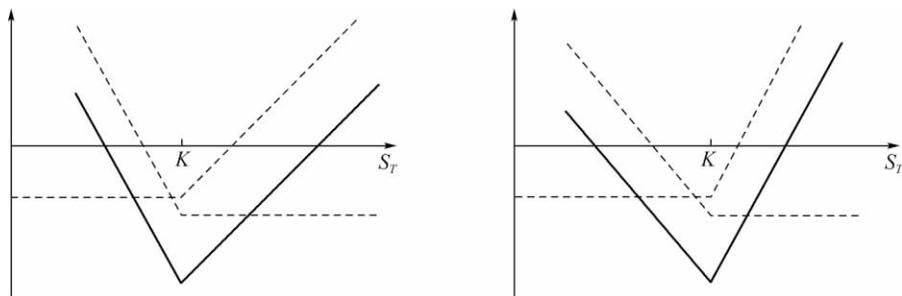
答案：C

当标的资产价格较为波动时，跨式期权多头将盈利。

3) 偏跌跨式期权 (Strips) 与偏涨跨式期权 (Straps)

偏跌跨式期权和偏涨跨式期权是相对应的两种交易策略，和跨式期权类似。偏跌跨式期权由具有相同执行价格和相同到期日的一份看涨期权和两份看跌期权的多头组成。到期日那天，若标的资产价格等于执行价格，则损失最大；若价格上升或下降较大时，利润很高，且价格下降时获得的收益更大。所以，当投资者预期标的资产价格将发生较大变化，且股价下降可能性大于股价上升可能性时，可采用偏跌跨式期权。

偏涨跨式期权由具有相同执行价格和相同到期日的两份看涨期权和一份看跌期权的多头组成。当投资者预期标的资产价格将发生较大变化，且股价上升可能性大于股价下降可能性时，可采用偏涨跨式期权。



(1) 偏跌跨式期权

(2) 偏涨跨式期权

图 13-19 偏跌/偏涨跨式期权

4) 宽跨式期权 (strangle)

宽跨式期权与跨式期权的差别在于宽跨式期权组合的两份期权的执行价格不同。譬如，买入一份执行价格较低的看跌期权 $P(T, K_1)$ 和一份执行价格较高的看涨期权

$C(T, K_2)$, 其中 $K_2 > K_1$ 。

表 13-16 宽跨式期权到期日损益

期 权	损 益	到期日期权价值		
		$S_T \leq K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T \geq K_2$
买入 $C(T, K_2)$	$\max(0, S_T - K_2)$	0	0	$S_T - K_2$
买入 $P(T, K_1)$	$\max(0, K_1 - S_T)$	$K_1 - S_T$	0	0
合 计		$K_1 - S_T > 0$	0	$S_T - K_2 > 0$

如图 13-20 所示, 宽跨式期权的一个特点是当标的资产价格位于 K_1 和 K_2 之间时, 投资者的损失最大, 等于两种期权的期权费之和, 但是当价格向任意方向发生较大变动时, 就能获得较高的收益。这一点和跨式期权比较相似, 但是宽跨式期权的最大损失区域要比跨式期权大一些, 这就意味着宽跨式期权要获得利润的话, 其所要求的标的资产价格变动幅度要比跨式期权还要大。但是, 考虑到期权费的影响, 宽跨式期权的期权费之和比跨式期权期权费之和小, 这意味着宽跨式期权的最大损失比跨式期权小。宽跨式期权的利润大小还取决于两个执行价格 K_1 和 K_2 之间的距离, 如果两者距离远, 潜在的最大损失较小, 能够获得的利润也比较小。

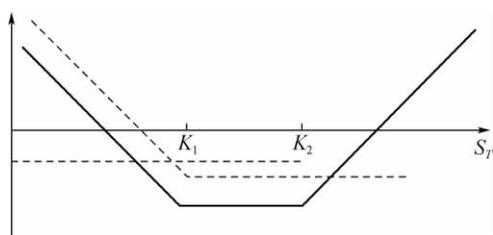


图 13-20 宽跨式期权

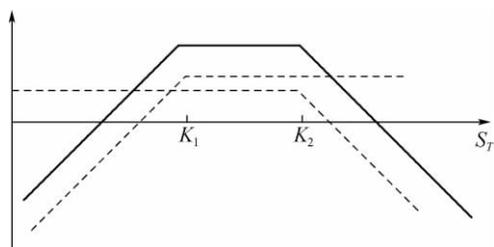


图 13-21 顶部垂直价差组合

与宽跨式期权相对应的是顶部垂直价差组合 (top vertical combination), 这是指卖出一个宽跨式期权, 其损益状况恰好与宽跨式期权相反。当价格波动较大时, 损失较大, 价格稳定时能够盈利, 所以该策略的风险比较高。

5) 箱式差价期权 (Box Spreads)

简单来说, 箱式差价期权就是一份牛市差价期权和熊市差价期权的组合。牛市差价期权可以表示为买入一份执行价格较低的看涨期权 $C_1(T, K_1)$, 卖出一份执行价格较高的看涨期权 $C_2(T, K_2)$; 熊市差价期权可以用买入一份执行价格较高的看跌期权 $P_2(T, K_2)$, 卖出一份执行价格较低的看跌期权 $P_1(T, K_1)$ 来表示, $K_1 < K_2$ 。

构建这一差价组合所需的初始成本为 $C_1 - C_2 - P_1 + P_2$ 。从表 13-17 和图 13-22 可以看出, 无论到期日标的资产价格处于何种状态, 箱式差价期权组合的收益均为 $K_2 - K_1$ 。这说明箱式差价期权的收益是固定的, 其利润也是固定的, 即 $K_2 - K_1 + C_1 - C_2 - P_1 + P_2$ 。

表 13-17 箱式期权到期日收益

期 权	损 益	到期日期权价值		
		$S_T \leq K_1$	$K_1 < S_T < K_2$	$S_T \geq K_2$
买入 $C(T, K_1)$	$\max(0, S_T - K_1)$	0	$S_T - K_1$	$S_T - K_1$
卖出 $C(T, K_2)$	$-\max(0, S_T - K_2)$	0	0	$-(S_T - K_2)$
卖出 $P(T, K_1)$	$-\max(0, K_1 - S_T)$	$-(K_1 - S_T)$	0	0
买入 $P(T, K_2)$	$\max(0, K_2 - S_T)$	$K_2 - S_T$	$K_2 - S_T$	0
合 计		$K_2 - K_1 > 0$	$K_2 - K_1 > 0$	$K_2 - K_1 > 0$

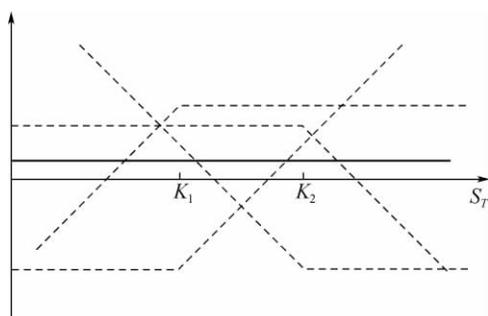


图 13-22 箱式期权

13.2 期权风险管理策略

本节一开始介绍的止损策略是一种比较简单的风险管理策略,更复杂的策略就是希腊字母策略,最后我们谈一下现实中的风险对冲策略以及组合保险的概念。

13.2.1 止损策略

对于一个金融机构而言,它在市场上出售出去一份期权合约,就意味着它将面临各种金融风险以及随之而来的风险管理问题。在本节的讨论中,我们先假设某个金融机构出售了一份欧式看涨期权,其标的资产为单只不付红利的股票。因此,该机构有一个暴露的头寸,就是一份看涨期权空头的头寸。那么,它将如何对冲风险呢?

13.2.1.1 裸露期权头寸与抵补期权头寸

裸露期权头寸(naked position)是指该金融机构不进行任何风险对冲的策略交易,就让该期权头寸一直暴露着,那么该机构在到期日的收益完全取决于股票的价格。如果到期日股票价格低于执行价格,那么该期权的多头将不执行期权,金融机构赚取期权费。如果到期

日股票高于执行价格,那么该期权将被执行,而金融机构不得不以当前的市场价格购买股票来冲销期权头寸。金融机构的损失为单个股票价格超出执行价格的部分乘以股票数量。如果股票价格上升地较高,其损失会超过期权费,导致最终为亏损。

担保期权头寸(covered position)是指该金融机构在卖出欧式看涨期权的同时,买入一定量股票。如果到期日股票价格超过执行价格,那么期权会被执行,该金融机构恰好可以用先前买入的股票做交割。可是,这种策略只是在期权被执行时才有利。如果股票价格下降导致期权不被执行时,金融机构就会面临损失(因为此时手中持有的股票价值下跌,损失可能超过收到的期权费)。事实上,根据期权平价公式,出售一个担保看涨期权头寸的风险相当于出售一个裸露看跌期权头寸的风险。

因此,裸露期权头寸与担保期权头寸这两种策略的风险暴露程度都比较大,不是非常理想的对冲策略。

例 13-5

下列哪一种使用期权的投机方式风险最大?

- A. 使用看涨期权建立差价期权; B. 购买看跌期权;
C. 出售裸露看涨期权; D. 出售裸露看跌期权。

答案:C

出售期权比差价期权或购买看跌期权的风险更大。出售裸露看跌期权的最大损失为执行价格,而出售裸露看涨期权的最大损失是无限的,所以它是所有选项中风险最大的。

13.2.1.2 止损策略

从上一节的讨论中我们可以得出这样一个结论:当到期日股票价格低于执行价格时,裸露期权头寸是有利的;当股票价格高于执行价格时,担保期权头寸是有利的。因此止损策略就利用了这一结论进行风险对冲。当股票价格升到执行价格时,就购买作为标的资产的股票;当股票价格刚刚下降到执行价格以下就出售股票。这样做的效果是在股票价格刚刚低于执行价格时持有裸露期权头寸,在股票价格刚刚高于执行价格时持有担保期权头寸。

如图 13-23 所示,在 t_1 时买入股票, t_2 时卖出, t_3 时买入, t_4 时卖出, t_5 时买入。

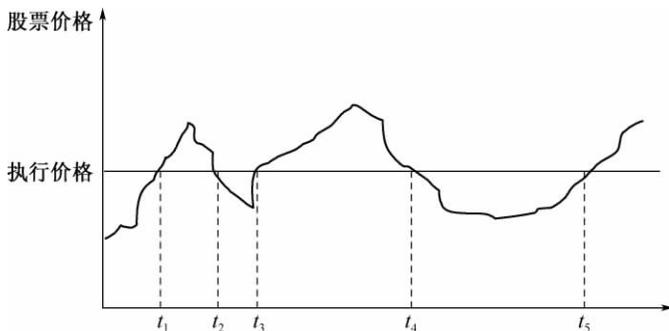


图 13-23 止损策略

用 S_t 表示 t 时刻的股票价格。在初始时刻,如果期权处于实值状态,则需要支出 S_0 的成本买入股票,如果处于虚值状态,则无需支出。随后,由于每次买入或卖出都以执行价格

K 的价格成交,在不考虑时间价值的情况下,止损策略的总成本为 $\max(0, S_0 - K)$ 。不考虑交易费用的情况下,投资者将通过止损策略获得无风险收益。

虽然止损策略看上去不错,但实际上我们忽略了每次交易的交易费用,如果频繁地进行交易,采用这种策略的成本将比较高。另外,虽然理论上可以认为我们能够在需要的某一点进行买入或卖出,可是实际上,在操作中很难保证每次都能在执行价格的水平上买入或卖出一定量的股票。最重要的是,股票价格的变动轨迹很难预测,在有效市场中,当股票价格恰好等于期权执行价格时,投资者并不知道他将在下一时点升高还是下降。

13.2.2 证券组合保险

通常情况下,基金管理者或其他投资者会持有高度分散化的证券组合。所谓证券组合保险(portfolio insurance)是指采用某种对冲策略来保证这个高度分散化的证券组合的价值不低于某一确定的水平。看跌期权多头是实现这一目标的一种途径。当证券组合的价格低于执行价格时,基金经理可以通过执行期权来弥补损失,当然他需要为持有看跌期权支付一笔期权费。

除了购买看跌期权,还有一种策略是构造合成看跌期权。“合成”的概念我们已经在上一章涉及到。这里,我们要通过一个标的资产头寸和股指期货合约合成一个看跌期权多头头寸。之所以采用合成的方法,而不是直接购买看跌期权多头,是因为一方面,市场上可能没有符合执行价格和到期日要求的期权,另一方面,即使存在满足要求的期权,但在流动性方面不能满足需要,不能进行大宗交易。

合成的思想是将合成后头寸的 Delta 值等于看跌期权的 Delta 值。如果要求更精确的话,可以进一步要求 Gamma 值和 Vega 值的匹配。首先,计算欧式看跌期权的 Delta 值。根据 B-S 公式, $\Delta = e^{-q(T-t)} [N(d_1) - 1]$, 其中 q 为股票指数的红利率。此时的交易策略就是卖出占原组合比例为 $e^{-q(T-t)} [N(d_1) - 1]$ 的股票,并将所获资金投资于无风险证券,随时间变化,把资金在带保险的证券组合和无风险资产之间进行动态分配。当组合价值下降时,减少组合头寸,购买无风险资产;当组合价值上升时,购买组合头寸,出售无风险资产。

还有一种交易策略就是在 t 时刻卖出股指期货合约,比例为:

$$\begin{aligned} N &= e^{-q(T-t)} [N(d_1) - 1] / e^{(r-q)(T^*-t)} \\ &= e^{(T^*-T)} e^{-r(T^*-t)} [1 - N(d_1)]. \end{aligned}$$

这是因为股指期货合约的 Delta 值为 $e^{(r-q)(T^*-t)}$ 。这两种方法都称为证券组合保险方法。

第 14 章 基于互换合约的风险管理策略

14.1 利率风险管理策略

14.1.1 用利率互换把浮动利率转换成固定利率

我们知道,大部分银行的存款利率都是浮动的,所以它们也偏好浮动利率贷款,这样就可以把利率风险转嫁给借款者。面对利率的上升,借款者可以用利率远期合约、国债期货和期权来管理他们的风险敞口,但是利率互换是更好的管理利率风险的金融工具。

首先,我们来看一个案例。假设 IBP 出版社向 PLB 银行借款 2 500 百万美元,按照 90 天的 LIBOR+300 bps 计算利息。期限为一年,实际按 360 天计算。贷款日从 3 月 2 日开始算起,利息支付日分别为:6 月 2 日、9 月 2 日、12 月 2 日和第二年的 3 月 1 日。每一次的利息支付金额在前一个利息支付日就已确定好。

IBP 想利用利率互换来管理利率风险。它联系了一个愿意与它互换的交易者——SPI 有限公司。根据利率期限结构,在贷款利息支付日,SPI 支付给 IBP 以 LIBOR 为基准的利率,IBP 支付给 SPI 6.27%的固定利率。

我们会发现 IBP 支付给 PLB 银行的 LIBOR 利率被 SPI 支付给 IBP 的 LIBOR 对冲掉,结果是 IBP 避免了因 LIBOR 的变动而产生的利率风险。其净效果就是 IBP 一共支付 $6.27\%+3\%=9.27\%$ 的固定利率。这一过程详见图 14-1。



图 14-1 用利率互换把浮动利率转换为固定利率

IBP 通过互换交易转移了 LIBOR 的风险敞口,避免了因利率的上升给 IBP 造成的不利影响。但是,对于这次互换交易 IBP 毕竟还是抱有一点投机的心理。如果利率下降,那么 IBP 进行互换交易就不存在优势,因为 IBP 仍然不得不支付 9.27% 的固定利率,这样就会发生很高的机会成本。为了更好地理解这一点,我们现在来重新回顾一下久期(duration)的概念。

从前面的章节中我们得知久期是用来衡量债券市场价值对利率变动的敏感性的量度。如果无风险债券是浮动利率债券,那么它的久期就几乎等于零,因为久期反映的是利率每变动一个单位所引起的资产价值的变化。市场利率总是在不停地波动,把债券利率设计成浮动,就是想让债券的票面利率尽量保持与市场利率一致。因此我们可以简单地把浮动利率债券的久期看成是现在距离将来最近一次利息支付的时间长度。如果浮动利率债券的利息是按季度支付,那么久期的最大值就是 0.25 年,最小值就是零,平均久期就是 0.125 年。从债券发行者的角度来看,其头寸的久期就是 -0.125。

在刚才的例子中,IBP 浮动利率贷款的平均久期就是 -0.125,这跟其他金融工具相比更低。因此,IBP 所贷款的市场价值对利率变动的敏感性不是很高,即如果市场利率下降,贷款利率也下降,那么 IBP 不会因为贷款价值的变化而损失很大,但是如果市场利率上升,那么 IBP 也不会因为贷款价值的变化而受益很多。

现在让我们来讨论互换的久期。我们可以把支付固定利率并收入浮动利率的互换看成是发行固定利率债券并用获得的资金购买浮动利率债券,从而互换的久期就等于浮动利率债券的多头头寸的久期和固定利率债券的空头头寸的久期之和。浮动利率债券的多头头寸的久期为 0.125。而固定利率债券的空头头寸的久期,我们假定是 0.75。所以,互换的久期大致为 $0.125 - 0.75 = -0.625$ 。

如果把贷款结合到互换交易中,那么 IBP 总头寸的久期就为 $-0.125 - 0.625 = -0.75$ 。互换的目的就是把浮动利率贷款转换成固定利率贷款,因此 IBP 的总头寸就等于固定利率贷款的头寸。我们之前已经假定了一年按季度支付的固定利率债券的久期为 0.75。对于借款者来说,固定利率贷款头寸的久期就为 -0.75,这就和向银行按浮动利率借款并进行互换交易的头寸的久期是一致的。

虽然一年期固定利率贷款的久期从绝对数值上不算大,但是它却是浮动利率贷款久期的六倍,也就是说它对利率的敏感性是浮动利率贷款对利率敏感性的六倍。从这个角度看,似乎很难得出互换有什么优势,因为如果利率下降,市场价值上升,那么将损害固定利率借款者的利益。

既然互换交易的久期这么高,为什么还会被运用得这么普遍呢? 那是因为从现金流的

角度看,互换确实达到了避险的效果。IBP 知道它的利息支付为 $25\,000\,000(0.092\,7)$ (天数/360),除了每季度因为天数的计算不同所引起的微小变动,IBP 的利息支付金额几乎是固定的,因此 IBP 可以很放心地把这笔支出编入计划和预算中。然而从互换市场价值的角度看,这种互换确实又是一种投机行为。

总而言之,利用利率互换把浮动利率贷款转换成固定利率贷款,一方面稳定住了公司的现金流,另一方面同时也增加了公司市场价值的风险。

14.1.2 用利率互换调整固定收益资产组合的久期

现在让我们再看另一个例子。QAM 资产管理公司管理了一项 5 亿美元的固定收益资产组合,资产组合的久期为 6.75。QAM 想用利率互换把资产组合的久期值减少到 3.50。考虑到债券组合对利率变动的敏感性通常同它与 LIBOR 变动的敏感性关系紧密,因此,用 LIBOR 作为互换标的利率是比较合适的。但是在进行互换之前有几个问题需要解决。

第一,互换应该是支付固定利率并收入浮动利率,还是支付浮动利率并收入固定利率?

第二,互换的期限和支付频率应该是多少?

第三,名义本金应该是多少?

对于第一个问题,由于债券组合的价值与利率是负相关的,为了减少久期,我们应该加入负久期值的头寸。此时,互换应该是支付固定利率并收入浮动利率,因为当利率上升时,支付固定利率可盈利,因此其久期为负。

至于互换的期限和支付频率,互换交易至少应该比债券晚到期,否则 QAM 就不得不在第一个互换交易到期后再进行一次互换交易。互换的期限和支付频率会影响久期值。我们仍然假设固定利率债券的久期值大约为它的期限的 75%,所以每半年支付一次利息的一年期互换的久期为 $0.25 - 0.75 = -0.50$,每季度支付一次利息的一年期互换的久期为 $0.125 - 0.75 = -0.625$,每半年支付一次利息的两年期互换的久期为 $0.25 - 1.50 = -1.25$,每季度支付一次利息的两年期互换的久期为 $0.125 - 1.50 = -1.375$ 。

不同的久期将会影响到名义本金的大小。在久期调整之前,5 亿美元的资产组合的久期值为 6.75。然后 QAM 加入名义本金为 NP 、久期为 $MDUR_s$ 的互换交易。互换的市场价值将为零。债券和互换将组合成为新的投资组合,其市场价值为 5 亿美元,久期为 3.50。它们的关系可以表示如下:

$$\$500\,000\,000(6.75) + NP(MDUR_s) = \$500\,000\,000(3.50)。$$

则 NP 为:

$$NP = \$500\,000\,000 \left(\frac{3.50 - 6.75}{MDUR_s} \right)。$$

如果 QAM 公司决定使用每半年支付一次利息的一年期互换,互换的久期值就为 -0.50 。从而名义本金根据上面公式就可以算出来:

$$NP = \$500\,000\,000 \left(\frac{3.50 - 6.75}{-0.50} \right) = \$3\,250\,000\,000。$$

可以看出,资产组合的久期调整需要 3 亿多美元的名义本金。这个数目非常巨大,以至不太可能真正去实施。如果用每半年支付一次利息的五年期互换,那么它的久期就为 $0.25 - 3.75 = -3.50$ 。则名义本金为:

$$NP = \$500\,000\,000 \left(\frac{3.50 - 6.75}{-3.50} \right) = \$464\,290\,000.$$

可以看出,当久期值变长了,名义本金就减少为大约 464 百万美元,是一个比较合理的数值。

由上述分析可以得出,为了让资产组合 B 的久期 $MDUR_B$ 调整为目标久期 $MDUR_T$,所需要的互换的名义本金为:

$$NP = B \left(\frac{MDUR_T - MDUR_B}{MDUR_S} \right).$$

14.1.3 利率互换建立和管理结构化票据的风险

结构化票据(structured note)是短期或者中期浮息票据,但是它有不同于普通浮息票据的地方,比如杠杆效应,即票据利率的变化幅度可以是市场利率变化幅度的若干倍,又比如票据利率的变化可以与市场利率变化负相关。结构化票据通常被卖给一些特定的投资者,这些投资者往往因为财务方面的约束被限制使用衍生金融工具和利用财务杠杆。很多保险公司和养老基金很喜欢投资结构化票据,因为这种金融工具不仅具有固定收益证券的特征,而且具有类似期权、互换和保证金交易(margin transaction)的特性。发行结构化票据的机构通过以更低的成本作反向交易,从而获利。

在这一部分的介绍中,我们用 FP 代表结构化票据本金或者面值,用 c_i 代表债券的固定利率,用 FS 代表利率互换的固定利率。

1) 用利率互换建立和管理杠杆浮息票据(leveraged floating-rate note)的风险

KAT 从事很多不同的套利交易来获得低风险或者无风险收益,其中一笔交易就包括把结构化票据卖给保险公司。KAT 计划发行名义本金为 FP 的结构化票据,支付的利率为 LIBOR 的 1.5 倍。这种票据被称为杠杆浮息票据,杠杆的意思就是它支付的利率是市场利率的若干倍。这种票据被人寿保险公司购买。KAT 用获得的资金购买固定利率为 c_i 的债券,然后再与欧米伽公司进行简单利率互换交易。图 14-2 描述了这一过程。

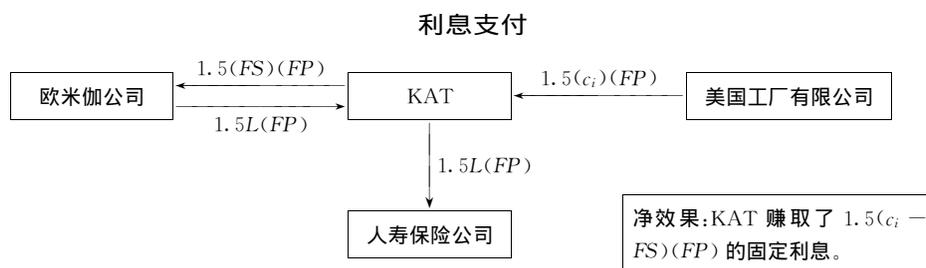


图 14-2 用发行杠杆浮息票据获得的资金购买固定利率债券,然后用简单利率互换进行风险管理

KAT 把杠杆浮息票据卖给人寿保险公司,目的就是为投资固定利率债券融资,再通过互换把固定利率转换成浮动利率来与杠杆浮息票据匹配。杠杆浮息票据定期的利率支付为 $1.5L$, L 代表 LIBOR。KAT 购买由美国工厂有限公司发行的固定利率债券,债券的面值为 $1.5(FP)$, 利息为 c_i 。现在 KAT 的头寸为收入以 $1.5(FP)$ 名义本金为基础的固定利率 c_i 并支付以 $1.5FP$ 为名义本金的浮动利率 $1.5L$ 。然后 KAT 又与欧米伽公司进行互换交易,名义本金就为 $1.5FP$ 。在这项交易中, KAT 将支付固定利率 FS , 并收到浮动利率 $LIBOR(L)$, 净效果为 KAT 收入 $1.5(c_i)(FP)$ 并支付 $1.5(FS)(FP)$, 差额为 $1.5(FP)(c_i - FS)$ 。那么,这到底是现金流入还是现金流出? 这得看情况。如果美国工厂公司债务的利率反映的信用风险比互换固定利率所反映的信用风险要高,那么 KAT 将会有现金流入。当然, KAT 会面临一些信用风险,比如美国工厂公司违约,或者欧米伽公司违约。但是另一方面,在这整个交易过程中 KAT 公司没有付出任何资本,购买美国工厂债券的资本全是由发行结构化票据融资获得的。

2) 用利率互换建立和管理反向浮息票据(inverse floater)的风险

另一种结构化票据为反向浮息票据。现在来看另一例子。Vega 公司也像 KAT 公司那样用结构化票据从事很多套利交易。Vega 想发行利率为 $b-L$ (L 为 LIBOR 利率) 的反向浮息票据,名义本金为 FP 。其中 b 值是和票据的买者协商好的。票据的利率与 LIBOR 成反向关系,所以如果 LIBOR 达到 b 值的水平,那么票据的利率就等于零。如果 LIBOR 比 b 值高,那么票据的利率就变成负值了。(这种票据我们将在稍后的章节中来讨论)

Vega 发行反向浮息票据,票据被 Metrics 金融公司购买。Vega 用发行票据获得的资金购买 Telltale 系统公司发行的固定利率票据,固定利率为 $(c_i)(FP)$ 。Vega 再以名义本金 FP 与 Denman 公司进行利率互换交易。整个交易过程参见图 14-3。在这笔互换交易中, Vega 收入固定利率 FS 并支付浮动利率 L , 则 Vega 净现金流为:

$$FP[-(b-L) + c_i + FS - L] = FP(FS + c_i - b)。$$

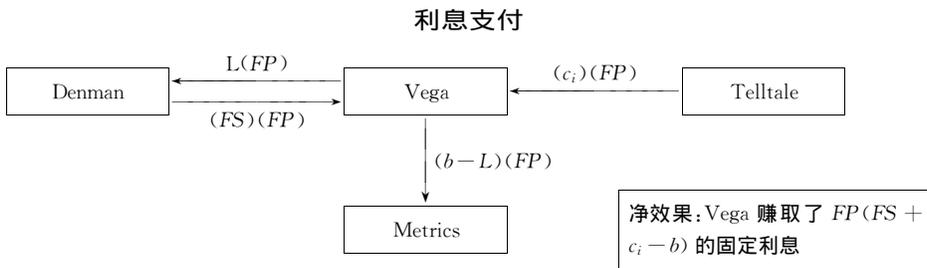


图 14-3 用发行反向浮息票据获得的资金购买固定利率债券, 然后用单纯利率互换进行风险管理

显然如果 b 值比 $FS + c_i$ 小,那么净现金流就是正值。Vega 可以设定 b 值,但是不能设定 FS ,而 c_i 则取决于市场利率的水平和 Telltale 的信用风险的大小。 b 值设定得越低,则净现金流就越大,但是票据对投资者的吸引力就越小。

上面我们提到反向浮息票据支付的利率为 $b-L$ 。当 L 等于 b 时,利率就为零;当 L 大于 b 时,利率就为负值,这就意味着 Metric 要支付利息给 Vega, b 值设定得越低,这种情况就越有可能发生。所以, Vega 需要把 b 值设定在合理的高度,但又不高于 $FS + c_i$ 。Metrics 会要求 Vega 保证反向浮息票据的利率不会小于零。为了管理由 Metrics 要求的保证所带

来的风险, Vega 将会购买一份利率上限买权(interest rate cap)。

假定互换的固定利率 FS 为 6% , Telltale 发行票据的利率为 7% 。Vega 设定 b 值为 12% , 并且对 Metrics 保证反向付息票据的利率不会小于零, 则票据的利率为 $12\% - L$ 。只要 LIBOR 低于 12% , Vega 的净现金流就为 $6\% + 7\% - 12\% = 1\%$ 。假定 $L = 14\%$, 则 Vega 的现金流为:

+7%(从 Telltale 获得);
0%(对 Metrics 的支付);
+6%(从 Denman 获得);
14%(支付给 Deaman);
净值: 1%的现金流出。

Vega 净现金流为负值。为了避免这种情况发生, Vega 将会购买一份以 LIBOR 为标的、执行利率为 b 的利率上限买权。上限以名义本金 FP 为基础, 由分别处在不同到期日的上限单元(caplet)组成, 这里的到期日也就是反向付息票据利率的确定日。因此在支付日, 当 L 超过 b 时, 反向付息票据不需要支付利率, 但是上限单位在价内(in-the-money)到期, 必须支付 $L - b$ 。从而 Vega 的现金流的情况为:

+7%(从 Telltale 获得);
0%(对 Metrics 的支付);
+6%(从 Denman 获得);
14%(支付给 Deaman);
 $14\% - 12\% = 2\%$ (从上限单位获得);
净值: 1%的现金流入。

当然, 期权费用作为一种额外的成本将以支付给 Metrics 较低利率的形式由 Vega 传递给 Metrics。但是另一方面, 因为 Metrics 不需再担心会出现负利率的情况, 所以它可以接受比较低的总利率, 从而 b 值可以再设定得低一些。

14.2 汇率风险管理策略

货币互换(currency swap)的设计目的就是用来管理汇率风险。同时它在利率风险管理方面也起一定作用, 但仅限于存在汇率风险的情况下。在这一部分, 我们将考虑在三种不同情形下如何使用货币互换来管理汇率风险。

14.2.1 将一种货币的贷款转化为另一种货币的贷款

皇家科技公司(ROTECH)是一家英国的高科技公司, 它正准备一项耗资 3 000 万英镑 (£ 30 million)的欧洲扩张计划。为了完成这个计划, 它需要将资金转化为欧元形式。现行的汇率是 $\text{€ } 1.62/\text{£}$, 所以这项扩张计划需要 4 860 万欧元(€ 48.6 million)。ROTECH 可以发行欧元债券(euro-denominated bond), 但是它在欧洲市场上并不像在英国那样为人所知, 在英国虽然它的债务并不处于最高的信用级别, 但是被评为投资级, 融资的成本相对较低。作为一种

变通,ROTECH 可以发行英镑债券(pound-denominated bond),然后通过货币互换这一工具将它转化为欧元债券,从而实现融资的目的。图 14-4 说明了它如何做到这点的。

这笔交易从 6 月 1 日开始,ROTECH 将会发行三年期、年利息率为 5%的英镑债券,公司将从债券的所有者那里筹得 3 000 万英镑(£ 30 million),同时约定每年的 6 月 1 日为付息日。然后 ROTECH 和货币互换的交易商 Starling Bank (SB)进行互换交易,ROTECH 将筹得的 3 000 万英镑(£ 30 million)付给 SB,同时从 SB 那里取得 4 860 万欧元(€ 48.6 million)的资金。按照互换的合约,ROTECH 将用欧元以 3.25%的利息率付息给 SB,SB 以 4.5%的利率用英镑付息给 ROTECH。通过这种本金的交换,ROTECH 获得了其扩张需要的欧元资金。图 14-4 中的 A 部分显示了交易初始的现金流。

如图 14-4 中的 B 部分所示,利息支付和互换支付都发生在每年的 6 月 1 日。英镑债券(pound-denominated bond)的利息支付为 $£ 30\,000\,000 \times (0.05) = £ 1\,500\,000$ 。根据合约,ROTECH 将从 SB 那获得的利息为 $£ 30\,000\,000 \times (0.045) = £ 1\,350\,000$,同时付给 SB 的利息为 $€ 48\,600\,000 \times (0.0325) = € 1\,579\,500$ 。这样的净效果就是 ROTECH 用欧元付

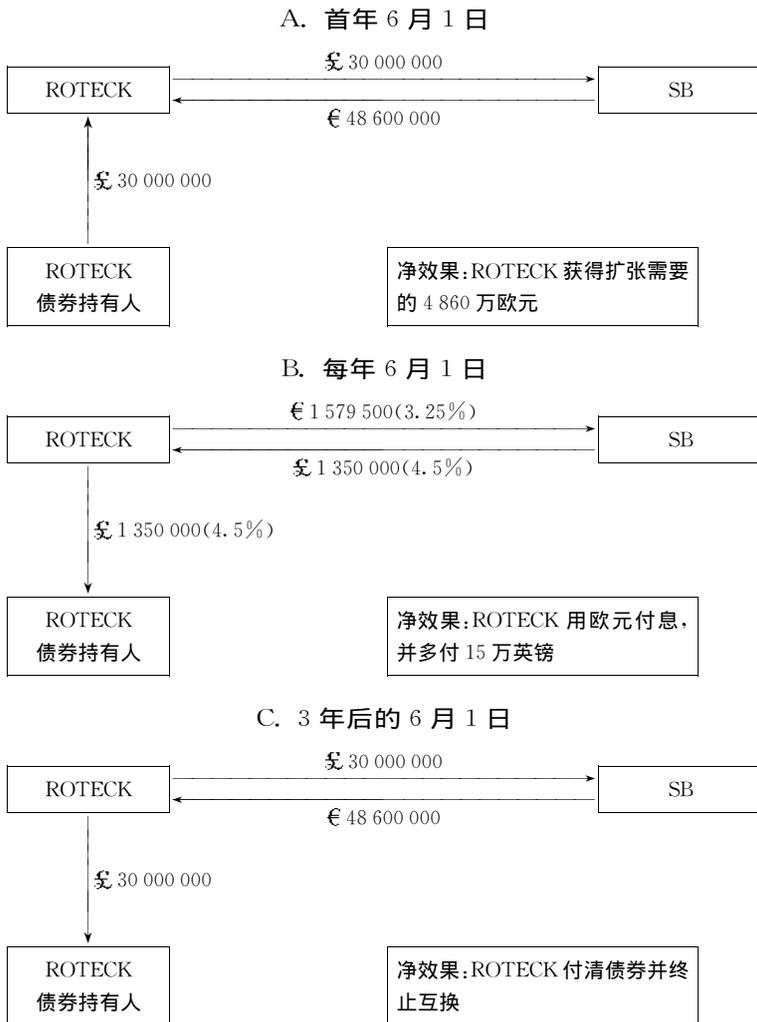


图 14-4 发行英镑债券并利用货币互换转化为欧元债券

清了利息。虽然公司从交易商那获得了一笔利息,但其数额并不能完全抵消其在债券合约上的利息支出。因为 ROTECH 的信用级别无法达到 LIBOR 市场所要求的信用等级,所以它无法以互换市场上的固定利率借得英镑的资金。因此,ROTECH 得多支付一部分利息,数额为 $(0.05 - 0.045) \times \pounds 30\,000\,000 = \pounds 150\,000$ 。

图 14-4 中的 C 部分显示了债券和互换合约在到期日时的现金流。ROTECH 将从 SB 那里获得本金 3 000 万英镑($\pounds 30\text{ million}$)来付给债券的所有者,从而解除债务责任。同时根据货币互换合约,将要付 4 860 万欧元($\text{€} 48.6\text{ million}$)给 SB,结束货币互换合约。

这个类型的交易是货币互换的一种极其普遍的应用。相对于直接对另一种货币的资金进行融资,这种交易的优点在于通过与经营良好并为公众所熟知的银行签订互换协议,融资者能够以更高的信用级别发行以另一种货币为单位的债券或贷款而获得所需要的资金,从而间接地在外币市场借得资金。举个例子,在这个案例中,SB 就很可能是一个大的跨国银行并且在国外的市场被广为人知,并且也可能和 ROTECH 有着稳定的银行业务来往。因此,SB 可以利用其优势在外汇市场上运作,同时将这种优势传递给 ROTECH。

这种交易对于像 ROTECH 这样的公司有吸引力的另一个原因是公司通过承担一定的信用风险可以降低融资的成本。如果 ROTECH 直接发行欧元债券的话,他将不面临任何的信用风险,而通过签订互换合约,ROTECH 承担了 SB 会在互换合约中违约的信用风险。如果 SB 违约,ROTECH 仍然要付利息和本金给本国债券的持有者。通过承担这种信用风险,ROTECH 很可能因此需要获得一定的补偿。当然,如果 SB 存在很大的违约可能的话,ROTECH 将不会签订这样的合约。总之,ROTECH 通过承担和接受一定的信用风险,从而获得比直接发行欧元债务更加有利的融资成本(利息率)。

因为 ROTECH 无法取得像互换合约上的固定利率一样的优惠利率,ROTECH 因此每年必须多付 $\pounds 150\,000$ 的利息。回忆一下前面所述,互换合约中的固定利率是一家伦敦的银行发行债券所要支付的利息率。ROTECH,就和大多数的公司一样,他们是无法获得这样有吸引力的利率的。ROTECH 多付的 $\pounds 150\,000$ 利息可以被认为是一种信用风险溢价,用来补偿通过互换间接在欧元市场融资和直接在欧元市场融资之间的风险差别。

在这笔交易里,利息是以固定利率的形式支付的。如我们前面所学的,货币互换可以构成交易双方都是以固定利率支付,或交易双方都是以浮动利率支付,或者是一边以固定利率支付,一边以浮动利率的形式支付。如果 ROTECH 想以浮动利率来发行欧元的债务, he 可以先以固定的利率发行英镑债券并且重构货币互换合约,使得交易对家以固定的利率付给他英镑利息,而他付给交易对家浮动利率的欧元利息。或者, he 可以以浮动的利率发行英镑债券并且重构货币互换合约,使得交易对家以浮动的利率付给他英镑利息,而 ROTECH 付给交易对家浮动利率的欧元利息。互换的双方选择固定利率还是浮动利率取决于他们对市场利率变动方向的想法。当公司认为利率很可能会下降时,他们常常会选择以浮动利率的方式来支付利息,当他们认为利率很可能会上升时,常常会选择以固定利率的方式来支付利息。

需要强调的是,公司常常先选择一种特定的支付方式(固定或浮动),然后再通过执行另一份互换来改变原先的安排。例如,假设 ROTECH 按我们所说明的方式进行交易:以固定利率支付发行英镑债券,收到互换对家的固定利率的英镑支付,并以固定的欧元利率支付给互换对家。假设在互换的执行期间,ROTECH 认为欧元的利率将要下降。如果他要基于

这个观点做出行动,那么他将同 SB 或是其他的交易商交易一份新的普通利率互换合约(plain vanilla interest rate swap),允诺付给约定方根据欧元浮动利率计息的利息,并收到根据欧元固定利率计息的利息。这种交易使欧元付息的责任从固定变为浮动的形式。

图 14-5 说明了这个例子。当然,这种交易是投机性的,它基于对利率变动方向的正确判断。更进一步,由于利率的不同,固定支付无法得到抵消。

当我们在前面的章节引入货币互换的时候,我们强调货币互换(currency swaps)不同于利率互换(interest rate swaps)的一个重要方面,就是它涉及名义本金的支付。在像我们这里所描述的 ROTECK 同 SB 的互换交易中,名义本金的支付是非常重要的,因为必须用它来偿还 ROTECK 所发行的英镑债券的本金。但是并不是所有的货币互换都涉及名义本金的支付,在下一节,我们将讨论名义本金的不需支付的货币互换。

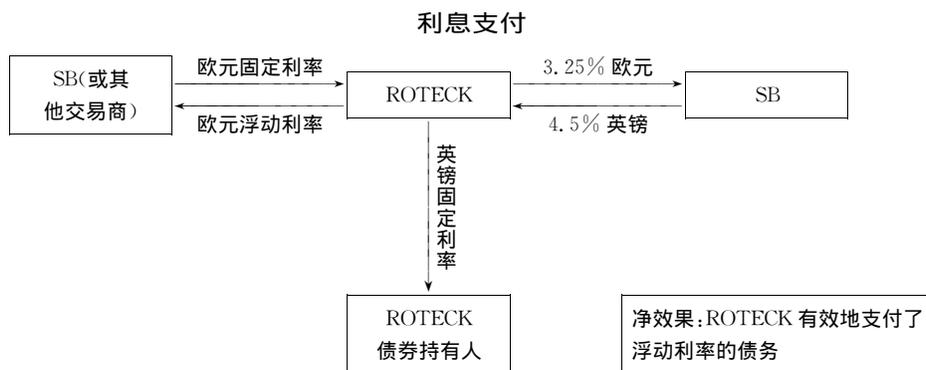


图 14-5 同 SB(或其他交易商)协商改变初始互换
将利息支付由固定利率变为浮动利率

14.2.2 将国外的现金收入转化为国内的货币

具有海外分支机构的公司常常会在国外产生固定的外汇收入。一些公司通过常规的途径将外汇现金转换为本国货币并输送回国。如果这些现金流在数量上是可预测的,那么通过使用货币互换将能够有效地锁定转换比率。

多彩软件公司(Colorama Software, COLS)是一家为数字图片编写软件的美国公司,到目前为止公司已经将业务扩张到了日本,并且在那里每年能够产生 12 亿日元(¥ 1.2 billion)的净现金收入,公司一年分四次将现金流转换为美元,分别发生在每年的 3 月、6 月、9 月、12 月的最后一天。每次的转换数额平均为 3 亿日元(¥ 300 million)。

COLS 希望能够一直锁定现金转换比率,但他们对一年以后所要转换数额的预测并不是很有把握,因此他们只能通过一年期的交易来锁定转换的比率。公司与交易商美国国际银行(U. S. Multinational Bank, USMULT)签订了货币互换合约,使得公司通过固定地支付日元给 USMULT,从而获得 USMULT 固定支付的美元。现行的汇率是 1 美元兑 132 日元,也就是 1 日元兑 0.007 575 76 美元,或是 100 日元兑 0.757 576 美元。

在日本的普通利率互换(plain vanilla swaps)的固定利率是 6%,而在美国是 6.8%。创建一个将每季 3 亿日元(¥ 300 million)转换为美元的货币互换,需要的日元名义本金是

$\$ 300\,000\,000 / (0.06/4) = \text{¥} 20\,000\,000\,000$, 相当的美元名义本金为 $\text{¥} 20\,000\,000\,000 / 132 = \$ 151\,515\,152$ 。

因此, COLS 签订了 200 亿日元(¥20 billion)的互换合约, 年利率为 6%, 按季支付也就是每季支付 1.5% 的日元利息, 同时收到年 6.8% 利率按季支付的美元, 也就是每季 1.7%, 即 151 515 152 美元。这里不涉及名义本金的交换。互换的现金流显示在图 14-6。

COLS 根据互换合约每季付给 USMULT 的金额为 $\text{¥} 20\,000\,000\,000 \times (0.06/4) = \text{¥} 300\,000\,000$ 。这个数额正好和公司的日本部门产生的现金流相一致。然后他们收到以 $\$ 151\,515\,152$ 为名义本金的 6.8% 的利息, 数额为 $\$ 151\,515\,152 \times (0.068/4) = \$ 2\,575\,758$ 。所以互换有效地锁定了将一年内产生的日元现金流转化为美金的转换比率。互换交易的现金流参见图 14-6。

但在这个交易中 COLS 也面临着一些风险。除了互换的交易对家的违约风险外, COLS 还面临着自己的部门无法产生至少 3 亿日元现金收益(¥300 million)的风险。当然, COLS 的部门也可能产生多于 3 亿日元(¥300 million)的现金, 但那仅仅意味那些多出的现金无法被锁定兑换风险而已。但如果公司的部门无法产生至少 3 亿日元(¥300 million)的现金, 那么 COLS 仍然需要向互换的交易对家支付 3 亿日元的现金(¥300 million)。

货币互换的使用不仅仅局限于管理汇率转换的风险, 这些互换还可以被交易商用为他们的合成策略服务, 从而使他们能够提供新的金融工具或是对冲现有的金融工具。在下一节里, 我们将讨论如何利用货币互换来合成一种叫做双重货币债券(dual-currency bond)的金融工具。

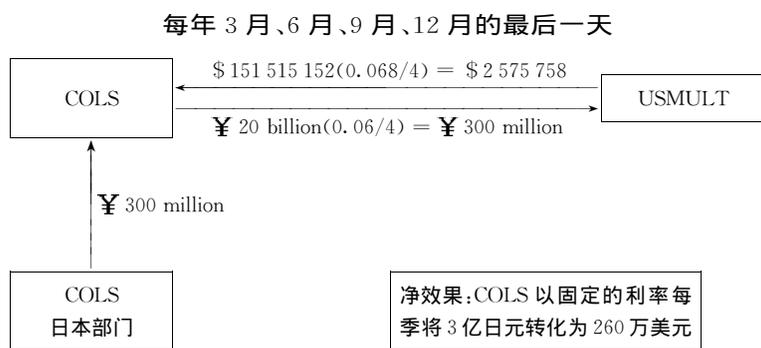


图 14-6 使用货币互换将国外的一系列现金收入转化为国内的货币

14.2.3 使用货币互换来合成和管理双重货币债券的风险

近几年的一项金融创新就是双重货币债券(dual-currency bond), 这种债券的利息是用一种货币支付的, 而本金是用另一种货币支付的。这种债券特别适合于这样的一些跨国公司, 他们能够产生充足的外汇现金来支付利息, 但这些外汇无法满足本金的支付要求, 故本金需要使用本国的货币来支付。双重货币债券等同于是一种货币的普通债券和一种无需本金支付的货币互换的合成。考虑如下的交易: 以美元发行债券; 签订无需本金支付的货币互换, 这种互换需要公司以外币支付利息, 同时收到美元的利息。

因为公司发行的是美元债券,所以利息的支付也是以美元形式。而货币互换,将产生的结果是使公司收到美元利息来抵消公司发行美元债券的利息支付,同时让公司使用外币支付互换合约利息。这样公司可以使用外汇来支付利息。在债券和互换的到期日,公司将付清以美元发行的债券,而在互换这边没有任何的支付。

当然,这个例子描述了如何构造双重货币债券。公司也可以直接发行债券来构造双重货币债券,这种债券将承诺用一种货币支付本金,而用另一种货币支付利息。这时公司可能考虑合成创造相反的头寸来抵消双重货币债券。假设现在公司处于双重货币债券的空头位置。通过购买国内的债券和一种货币互换就构建出一种合成的双重货币债券,如果合成的双重货币债券(synthetic dual-currency bond)比实际的双重货币债券(actual dual-currency bond)更便宜,那么公司可以通过做多合成的双重货币债券来抵消实际的双重货币债券的空头,从而实现获利。让我们举下面的例子来看看这种策略是如何被应用的。

Trans 共同套利公司(Trans Mutual Arbitrage, TMARB)的一个主要客户欧米加建设公司(Omega Construction, OGCONS)想购买一个五年期的双重货币债券。这种债券的面值为1 000 万美元,相应的欧元面值为1 250 万欧元,以4.5%的利息率用欧元付息。TMARB发现了其中的套利机会,于是发行这种债券获得本金,并购买了息票率为5.25%的由卡帕保险公司(Kappa Insurance Co., KINSCO)发行的美元债券。TMARB同时与交易商美国贸易银行(American Trading Bank, ATB)签订了货币互换合约,通过合约TMARB将收到名义本金为1 250 万欧元(€12.5 million),利息率为4.5%的欧元利息支付,并支付ATB名义本金为1 000 万美元,利息率为5%的美元利息支付。互换不涉及名义本金的交换。互换和债券于5月15日开始执行,并于每年的5月15日支付利息,持续期为五年。

图14-7揭示了这种互换的结构。在A部分中,我们看到最初的现金流:TMARB从OGCONS购买双重货币债券的交易中获得1 000 万美元(\$10 million),然后用1 000 万美元购买由KINSCO发行的1 000 万美元的美元债券。货币互换这边没有初始的现金支付。

B部分显示了五年中每年5月15日发生的现金流。TMARB需要付息给双重货币债券持有人OGCONS,金额为 $€12\,500\,000 \times (0.045) = €562\,500$ 。从ATB那里根据互换合约获得等额的利息数额 $€562\,500$,并支付 $\$10\,000\,000 \times (0.05) = \$500\,000$ 。从KINSCO那里收到美元债券的利息 $\$10\,000\,000 \times 0.0525 = \$525\,000$ 。我们可以看到,欧元利息的支付被轧平,而美元利息的支付有一个净收益。这种套利机会的出现是由于TMARB发现了通过合成的途径发行了利率为5%的债券,同时买入利率为5.25%的债券。当然,TMARB也将承担来自互换交易商和KINSCO公司的一定的信用风险,他的这种收入可能仅仅是对这种信用风险的补偿。

C部分提供了最后的支付。TMARB付清OGCONS的1 000 万美元(\$10 million)的双重货币债券,同时从KINSCO那里收到美元债券的1 000 万美元(\$10 million)。在互换合约方面没有现金流的支付。

最后的结果是TMARB发行了双重货币债券,同时通过购买美元债券和没有本金支付的货币互换来对冲风险。TMARB取得一定的收益来补偿其承担的一定的信用风险。

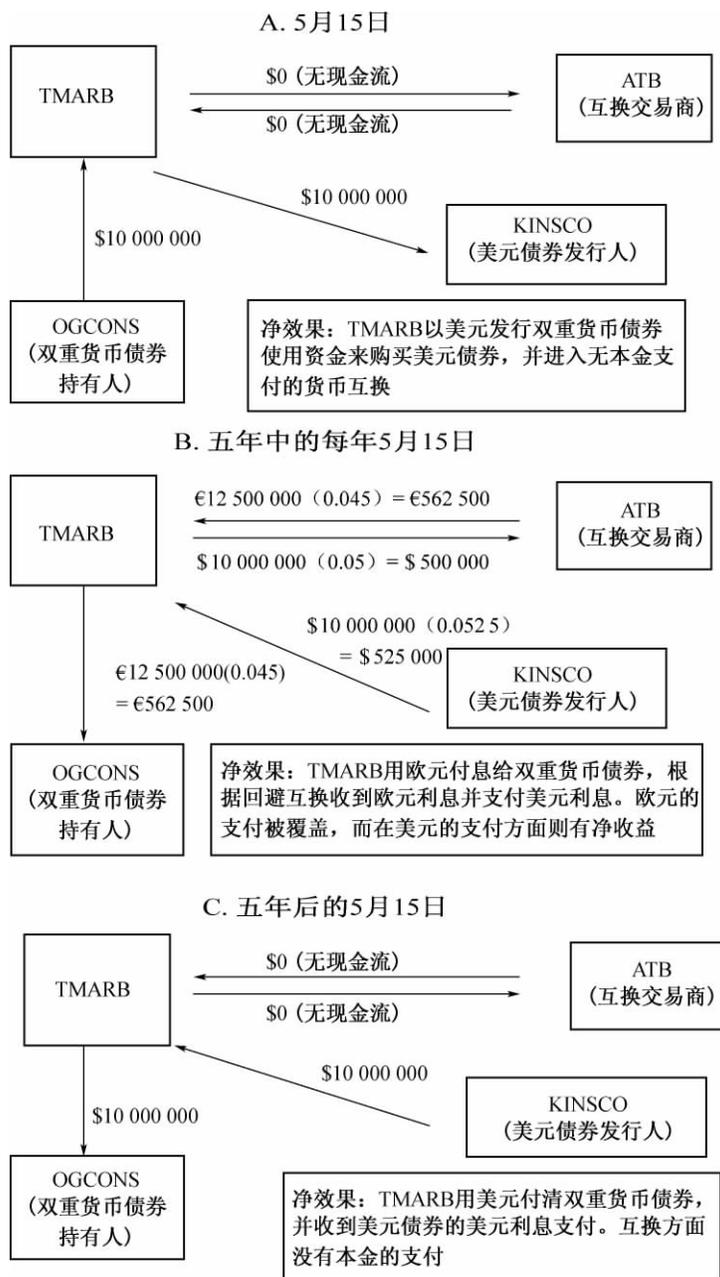


图 14-7 发行双重货币债券并通过一种普通债券和货币互换来管理风险

14.3 股票市场风险管理的策略

股票组合的经理常常想要重新整合他们组合的风险。在上一章里，我们已经学过了如何使用其他的工具达到这个目的，其实在这里互换也是可以使用的。在第 6 章我们提到过股票互换，这种互换的特点是互换中至少有一项的支付是和股票价格或股票指数捆绑在一

起的。股票互换对于股票经理改变他们的组合来说是个理想的工具,通过它可以合成地达到买卖股票的目的而不需要在市场上真实地交易股票。当然,股票互换有一个确定的到期时间,因此所达到的结果只是暂时的。为了连续地管理股票市场的风险,互换常常需要定期地更新,因此会受到更新时期新的市场状况的影响。

14.3.1 分散化集中投资组合

成功投资的一个重要基础之一就是分散化。可是有一些组合并不是很分散化的。例如,对于一个慈善机构的一笔大额捐赠就很可能使一个捐赠组合出现高度的集中,受赠的一方在卖出这些股票时可能会受限制或至少感到受限制,这时就可以使用股票互换来达到分散化的目的而不需要卖出股票。接下来我们来看一个这样的例子。

Commonwealth Foundation(CWF)是一家拥有 5 000 万美元捐赠资产投资于分散化股票的慈善机构。最近基金会的一个富有的成员 Samuel Zykes 过世了,捐赠给 CWF 一大笔由他建立的公司 Zykes Technology (ZYKT)的股票。这些股票现在价值 3 000 万美元,使得捐赠资产组合的价值达到了 8 000 万美元,但这个组合是高度不分散的,超过三分之一的市值集中于一只股票上。CWF 也想过卖出这些股票,但公司发展部的主管相信在不久的日子里,Zykes 家族很可能会捐赠更多的钱给他们。如果公司卖出这些股票,那会使 Zykes 家族认为他们不喜欢或不想要他们的捐赠而感到失望。因此,公司决定保留这些股票。通过其他的途径实现组合的增长是很有限,而且他们希望从 Zykes 家族那里获得更多的捐赠,这两种观点使得 CWF 认为通过传统的工具无法实现他们组合的分散化。

CWF 的银行建议他们可以咨询互换交易商 Capital Swaps(CAPS)。CAPS 向他们推荐了一种股票互换,通过互换合约 CWF 向 CAPS 支付基于 3 000 万美元 ZYKT 股票的收益,同时 CAPS 向 CWF 支付 3 000 万美元的标准普尔 500 指数的收益,互换双方协商一个合适的支付比例,这样就实现了组合的分散化。这些支付要求每季支付。同时 CAPS 提到技术上这笔交易需要一个到期日。考虑到进行这种类型交易的可能性取决于五年内的 Zykes 家族的进一步捐赠,所以双方决定互换的到期时间为五年。这笔交易在互换的初始和到期日都不涉及本金的交换。因此,CWF 将继续保有这些股票,包括股东的投票权。图 14-8 显示了这种交易的结构。

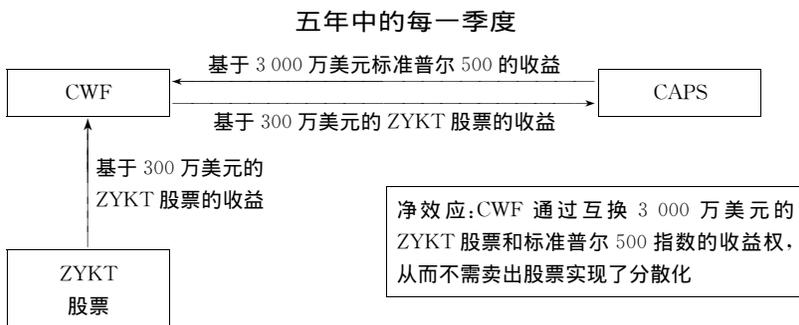


图 14-8 分散化集中投资组合

通过互换,CWF 转让出 3 000 万美元 ZYKT 股票的收益,同时收到 3 000 万美元标准

普尔 500 指数的收益。可是互换双方仍然需要考虑一系列的问题。对于 CWF 来说可能出现现金流的问题,因为他每季需要支付和 ZYKT 股票收益相当的现金。虽然 CWF 也会收到和标准普尔 500 指数收益相当的现金,但如果 ZYKT 股票的表现不如标准普尔 500 指数,CWF 就会有一个净的现金流出。事实上在一些季度相当有可能发生的是,ZYKT 拥有一个正的总收益,需要来支付给 CAPS,而标准普尔 500 指数却有一个负的总收益。在这种情况下,CAPS 因标准普尔 500 指数的收益而向 CWF 做出的现金支付很可能实际会上反转过来,CWF 可能会欠 CAPS 在标准普尔 500 指数上的负收益。总之,CWF 会因互换的任何一边支付而产生负债。这种可能性会带来严重的现金流问题并迫使基金在市场上真实出售一些 ZYKT 股票,这样头寸就会被轧平,因为 CWF 将拥有少于 3 000 万美元的 ZYKT 股票,但仍然根据 3 000 万美元的 ZYKT 股票来支付。现金流管理是股票互换的一个最主要的困难。

继续 ZYKT 股票的例子,交易商 CAPS 处于什么样的位置?他同意接受基于 ZYKT 股票的收益并支付标准普尔 500 指数的收益。这意味着他处于 ZYKT 股票的多头和标准普尔 500 指数的空头位置。为了对冲头寸他很可能通过指数基金(index fund)或交易所交易基金(exchange-traded fund)买入相当的标准普尔 500 指数,并卖空 ZYKT 股票。事实上,他卖空 ZYKT 股票和 CWF 出售 ZYKT 股票是很类似的,CAPS 有效地为 CWF 卖出了 ZYKT 股票。同时,CAPS 无法一次性地卖出所有的 ZYKT 股票,因此很可能需要好几天的时间。另外 CAPS 也有可能发生现金流的问题,例如如果他需要支付的标准普尔 500 指数的收益多于 ZYKT 股票的收益,CAPS 就不得不变现一些标准普尔 500 指数。

另外,CAPS 为了能够盈利,很可能要求支付少于标准普尔 500 指数全部收益的金额,或者是要求 CWF 根据 ZYKT 股票的全部收益多支付一点。

我们看到股票互换可以用来分散化集中的组合,接下来我们转向另一种情况,使用股票互换来达到国际化分散的目的。

14.3.2 分散化跨国投资风险

理论和实际已经很好地说明了国际化分散的好处,国际市场和国内市场的相关性会产生更大的分散化,使得投资更加有效。但是许多的投资者并没有采取措施使得他们的组合能够跨越国界。这里我们将介绍一个使用股票互换的例子,通过它可以很便利地实现从国内到全球化的分散。

在这个例子里,Underscore Retirement Management(USRM)在美国管理着 5 000 万美元的退休基金账户。公司从未在国际上分散化过,而是将资金全部投资于美国的股票市场。包含美国股市中大、中、小股票的 Russell 3 000 指数常常被作为投资组合的比较基准。USRM 已经决定将非美国股票加入他们的组合,将会通过卖出组合中 10% 的美国股票,用来购买非美国的股票。公司的顾问银行 American Global Bank(AGB)建议他们,通过股票互换会比直接在市场上交易来得更好。AGB 的主要业务之一就是非美国的股票,他们在许多国家拥有分支机构和相关的关系来方便这些股票的交易。他们有能力以比他们的客户更低的成本来交易这些股票,并通过衍生交易将这种成本节省传递给客户。

AGB 推荐了一种按季支付的股票互换,根据互换合约,USRM 将支付基于 5 000 万美

元 Russell 3 000 指数的收益,这笔钱将从 USRM 所持有的组合的收益中产生。同时,相应的 AGB 将支付 USRM 基于 5 000 万美元投资于 Morgan Stanley Capital International (MSCI) EAFE 指数的收益,EAFE 指数覆盖了包括欧洲、澳大利亚以及远东的股票市场。这笔交易的结果是使 USRM 放弃一些国内分散化股票的收益而获得国际分散化股票的收益。图 14-9 显示了这种交易的结构。

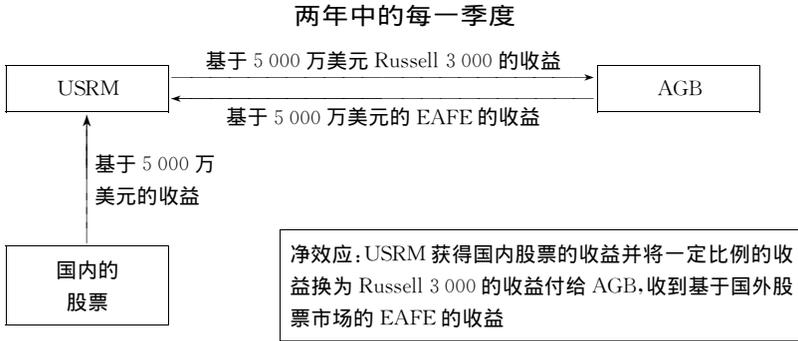


图 14-9 分散化跨国投资风险

USRM 必须考虑一系列的其他因素。在前面提到的负现金流的可能性在这里也一样会产生,我们就不需要重复了。另外,USRM 国内股票产生的收益可能与 Russell 3 000 的收益不完全匹配。这种收益上的差异,如同指数的表现与和指数相似的组合的表现不相匹配一样,叫做追踪误差(tracking error)。在一个极端的例子里,国内的股票可能下跌而 Russell 3 000 指数上升,那样就会对 USRM 产生严重的现金流问题。USRM 可能需要量化这种问题并能够有效地对其进行管理。否则,这种担心将成为 USRM 重新衡量这种交易的收益的一个重要原因。还有,AGB 面临着汇率风险和市场风险并将对冲风险的成本转给 USRM。

我们看到在这个例子里公司通过股票互换改变了资产的配置。确实,改变资产配置是股票互换的最主要用处。在下一节,我们将介绍公司如何使用股票互换,再混合使用一种基于固定收益工具的相似互换,来辅助实现资产配置的改变。这种固定收益互换将是新的,并且不同于我们以前看到过的金融工具。

14.3.3 实现股票和债券之间资产配置的改变

让我们来看一家叫做 Tactical Money Management(TMM)的投资管理公司。他们对改变组合其中的一部分的资产配置(asset allocation)很有兴趣,这部分 2 亿美元的资产 75%投资于国内的股票,25%投资于美国的政府债券和公司债。其中股票投资这部分,基金将 60%投资于大公司,30%中型公司,10%投资于小公司股票。债券投资这部分,80%投资于美国的国债,20%投向投资级的公司债。TMM 希望能将全部资产的配置改为 90%投资于股票,10%投资于债券。对每一个类别,TMM 也都想做出一些改变。特别地,TMM 希望能将股票的配置变为 65%投资于大公司,25%于中型公司,其余的 10%投资于小公司;将债券的配置变为 75%投资于美国的债券,25%投资于投资级的公司债。TMM 知道这些变

动会导致大量的股票和债券交易。在下面我们列出了公司现有的配置、期望的新配置以及达到这种变动所需要的交易。

	现 况	新 的	交 易
股 票	(\$ 150 million, 75%)	(\$ 180 million, 90%)	
大公司	\$ 90 million (60%)	\$ 117 million (65%)	买入 \$ 27 million
中型公司	\$ 45 million (30%)	\$ 45 million (25%)	无
小公司	\$ 15 million (10%)	\$ 18 million (10%)	买入 \$ 3 million
	现 况	新 的	交 易
债 券	(\$ 50 million, 25%)	(\$ 20 million, 10%)	
政 府	\$ 40 million (80%)	\$ 15 million (75%)	卖出 \$ 25 million
公 司	\$ 10 million (20%)	\$ 5 million (25%)	卖出 \$ 5 million

TMM 决定通过执行一系列的互换来暂时改变他们的头寸,这比起执行股票和债券交易来说更加容易,也更加划算。公司通过交易商 Dynamic Derivatives Inc(DYDINC)来执行互换合约。大公司股票部分的收益由 \$ 27 million 投资于标准普尔 500 指数(S&P 500 Index, SP500)的收益来表示。注意到 \$ 45 million 的中型公司股票的部分没有变化,所以我们没有必要将中型公司股票指数引入互换。小公司股票部分的收益由 \$ 3 million 投资于标准普尔小市值公司 600 指数(S&P Small Cap 600 Index, SPSC)的收益来表示。政府债券部分的收益由 \$ 25 million 投资于雷曼长期国债指数(Lehman Long Treasury Bond index, LLTB)的收益来表示,公司债券部分的收益由 \$ 5 million 投资于美林公司债指数(Merrill Lynch Corporate Bond index, MLCB)的收益来表示。注意到对整个固定收益部分,公司减少了这部分的头寸。

TMM 必须决定互换的支付频率和持续时间。股票互换倾向于按季支付,而固定收益形式的息票支付一般半年发生一次。TMM 可以选择股票互换按季支付,而固定收益部分的互换每半年支付一次。但最后,TMM 决定将互换的结构设定为同样的每 6 个月支付一次。互换的持续时间需要和公司想要维持这种新的资产配置的时间段相一致,TMM 决定为一年。如果想延长这个期间,TMM 需要在互换到期后重新签订新的互换。相似地,如果 TMM 想解除原先的一年时间的互换,他可以通过执行另一个新的互换,这种新互换在原先的互换剩余期间内与原有互换具有相反支付。

这个例子中的股票互换涉及到收到基于 SP500 和 SPSC 的支付,并支付基于 LIBOR 的固定或浮动利息支付。让我们先假设这种股票互换的支付是按照基于 LIBOR 的浮动利率来支付的。对于固定收入支付部分,TMM 需要一种稍微不同的特殊互换,即固定收益互换(fixed-income swap)。这种互换和股票互换基本上一样,但是这种互换的支付和债券或债券指数结合在一起,而不是股票或股票指数。这种互换也不同于利率互换(interest rate swap),后者的支付和 LIBOR 的浮动利率相挂钩。而固定收益互换,和股票互换一样,要求总收入的支付基于债券或债券指数,而不是其他的指数像 LIBOR。在很多方面他和股票互换都是相似的,总收益在设定期限结束前是未知的,并且因为资本的收益可能是负的,因此总的收益也可能是负的。和股票互换相比,固定收益互换更多地决定于固定的利息支付,而

股票分红是很小的,不固定的。除了支付数额上的差别,固定收益互换基本上被认为和股票互换是相同的。

互换的初始结构如下:

<p>股票互换</p> <p>收到 \$ 27 million 投资于 SP500 的收益;</p> <p>支付 \$ 27 million 的 LIBOR;</p> <p>收到 \$ 3 million 投资于 SPSC 的收益;</p> <p>支付 \$ 3 million 的 LIBOR。</p>	<p>固定收益互换</p> <p>收到 \$ 25 million 的 LIBOR;</p> <p>支付 \$ 25 million 的 LLTB 收益;</p> <p>收到 \$ 5 million 的 LIBOR;</p> <p>支付 \$ 5 million 的 MLCB 收益。</p>
---	--

我们看到总的头寸中没有 LIBOR 的支付。在股票互换这部分,TMM 分别支付 LIBOR \$ 27 million 和 \$ 3 million,而在固定收益互换方面又收到 \$ 25 million 和 \$ 5 million。因此 LIBOR 的支付被消除了。更进一步,股票互换和固定收益互换可以整合成一种简单的互换,其支付如下:

收到 \$ 27 million 投资于 SP500 的收益;

收到 \$ 3 million 投资于 SPSC 的收益;

支付 \$ 25 million 的 LLTB 收益;

支付 \$ 5 million 的 MLCB 收益。

这种复合的股票/固定收益互换通过简单的交易就满足了 TMM 的目标。图 14-10 揭示了总体的交易细节。

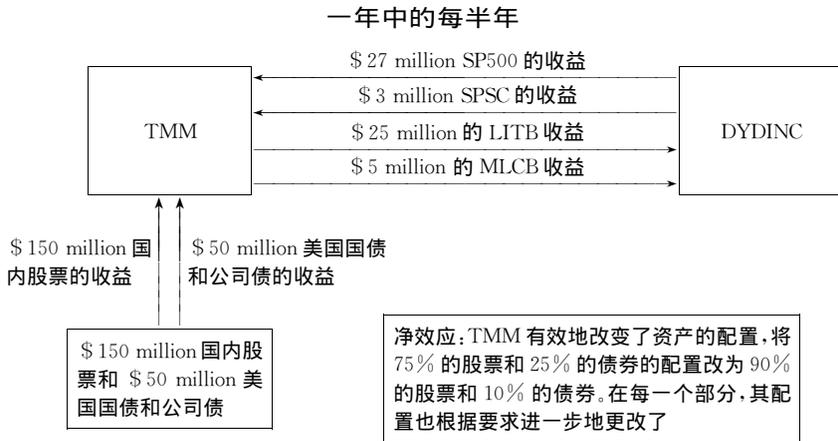


图 14-10 改变资产的配置

当然,这种交易无法完全实现 TMM 的目标。各个部分的股票和互换组合的表现可能无法完全匹配互换支付所基于的指数。这个问题就是我们前面所提到的追踪误差。另外,如果 TMM 的固定收益部分的支付超过股票的收付,并且组合无法产生足够的现金来支持这种净支付的义务,那么 TMM 将面临着现金流的问题。实际上股票和债券组合只能通过分红和利息来产生现金,股票和债券组合的资本收入无法以现金来收到,除非将一部分的组合变现,但避免变现组合正是 TMM 要使用互换的原因所在。

到目前为止我们已经看到,股票互换可以用来实现减少或增加对股票或股票组合的风险敞口。有一种投资者处于单一股票表现的高度风险敞口中,那就是公司的内部人员。在

下一节,我们来看看近年来越来越多的使用来减少这种高风险敞口的一种互换策略。

14.3.4 减少内部人员的风险敞口

Michael Spelling 是美国公司 Spelling Software and Technology(SPST)的创建者和唯一拥有者。在公司创立大约 10 年后,两年前 Spelling 将公司公开上市并以持有 10 200 000 股的形式保持公司的重大股东地位,这些股份现在每股 \$ 35,总市值达到 \$ 357 million,占公司所有股份的 10%。Spelling 想保持对公司这种程度的控制,所以他不愿意卖出他的股份。但他担心的是,他的个人财富几乎 100%地集中于单一的一家公司。

一个叫做 Swap Solutions Inc(SSJ)的互换交易商,接触了 Spelling 并提及了一种最近应用较多并获得很多成功的互换策略。这种交易涉及到一种股票互换,通过互换,Spelling 向交易商支付它在 SPST 的一些股份上的收益,同时收到一个分散化组合的收益。Spelling 觉得这个很有吸引力并开始考虑如何设定交易的结构。他决定将所拥有的 500 000 股股票作为初始的交易,即大约 4.9%的股份。如果他对互换的执行结果很满意的话,他将随后加大对互换的投入。以每股 \$ 35 的价格,这笔交易将涉及 \$ 17.5 million。具体地,Spelling 支付它在 500 000 股的 SPST 股票上的总收益,同时收到一个 \$ 17.5 million 的分散化组合的收益。他决定将分散化组合的收入分割为 80%投资于股票,20%于债券。前者由 \$ 14.0 million 投资于 Russell 3 000 的收益来代表,后者由 \$ 3.5 million 投资于雷曼兄弟国债指数 (Lehman Brothers Government Bond Index, LGB) 的收益来表示。这些两年内的每季支付,两年后 Spelling 可以重估自己的头寸,选择继续互换,终止它,或者改变配置。

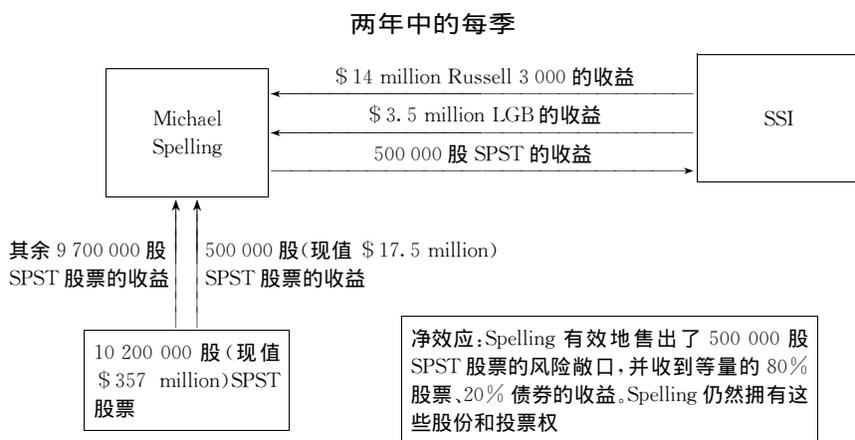


图 14-11 减少内部人 Michael Spelling 的风险敞口

图 14-11 显示了互换的结构。Spelling 达到了他的目标,但他除了考虑我们所提过的现金流问题外,还需要考虑其他一些重要的事项。其中之一就是在美国的法律下面,这项交易被认为是内部人交易并且需要向常规监管机构报告。因此,还需要很多的文件来往。股东和潜在投资者可能会将这一交易视为公司前景不好的信号。美国的税法也规定这种通过互换方式出售证券为对股票持有期的终止,因此,这笔交易没有税收上的优势。Spelling 还需要考虑这样一个事实,他售出了他的一些风险敞口但却仍然保持控制权,股东当然对

Spelling 无需承担股票任何的风险敞口却拥有 500 000 股的投票权这个事实很不满意。当然,他还拥有 9.7 million 的股份。

这种类型的股票互换是金融分析师重点关注的内容。这些互换的应用使分析师很难判断那些主管们所拥有的股份数量是否代表了他们的全部风险敞口。

涉及高管的股票互换也会带来严重的代理成本。当一个公司的经理不依据股东的利益来行动时就会招致代理成本。考虑一个极端的例子,一个公司的高管拥有公司 50% 的股份却通过股票互换将他的股票风险敞口减少到零。虽然他已经消除了股票的风险敞口,却拥有公司的完全控制。这种行动会对外部股东带来严重的成本,因为公司经理可以以公司花费的形式增加他的个人财富,而不需要承担这种行为的任何成本和风险。当然,经理不大可能会售出他们所有的风险敞口,但消除股份的任何的风险敞口却保留控制权就会引起人们的重大疑问:公司的经理会以股东的价值最大化作为行动准则吗? 经理们想表现良好的内在动力就一定会减弱。

我们已经讨论了利用利率互换、货币互换以及股票互换来管理风险。在第 5 章一开始提到互换时,我们还引入了一种相关的工具——互换期权,这是一种基于互换的期权。在下一节,我们讨论的是使用互换期权来管理风险的策略。

14.4 互换期权的运用策略

互换期权(swaption)就是一种基于互换的期权。虽然有基于股票、货币和商品互换的互换期权,这里我们将集中讨论基于利率互换的互换期权,它拥有到目前为止最大的互换期权市场。

首先,我们回忆下有两种类型的互换期权,互换卖权(payer swaption)和互换买权(receiver swaption)分别类似于看涨期权(calls)和看跌期权(puts)。互换买权是这样一种期权,它赋予持有者执行一种接受固定利率支付浮动利率的互换的权利,互换卖权赋予持有者执行一种支付固定利率接受浮动利率的互换的权利。两种情况下,当期权开始时都将指定固定利率。互换期权的购买者在合约开始时通过支付一定的额外费用,从而获得选择执行互换的权利。合约的对方就是互换期权的卖方。卖方在开始时获得额外费用,并同意期权的买方获得选择以特定的固定利率执行互换的权利。互换期权可以是欧式的或是美式的,欧式期权(European style)只有在到期时才可以执行权利,而美式期权(American style)在到期时间内都可以拥有执行期权的权利。这两种互换的应用我们都将在下面说明。

互换期权都基于一个标的互换(underlying swap)。标的互换有下列的特定属性:名义本金、参考利率、到期时间、特定的支付时间以及利息的计算方式。所有的标的互换的属性必须被指定。基于资产的普通期权都有一个到期的执行价格,而互换期权更像是利率期权,它有一个到期的执行利率(exercise rate)。执行利率是持有者进入一个固定利率看涨或看跌互换时的固定利率。当互换期权到期时,持有人是否执行期权取决于标的互换的当时市场利率和互换期权的执行利率两者之间的关系。互换期权的执行可以通过真实的执行互换交易或者是卖方支付给买方一个等额的现金。使用那种方法由合约签订时的双方共同决定。

举个例子,假设标的互换是一个三年期、半年付一次、以 LIBOR 为参考浮动利率的互

换。考虑一个互换卖权,它允许持有人选择执行一个支付执行利率为 7% 的固定利率互换。在到期日,我们假设三年期半年付息的 LIBOR 互换的固定利率为 7.25%。如果持有人执行互换期权,就执行了一个互换,同意支付 7% 的固定利率同时收到 LIBOR 的浮动利率。如果持有人因为其他的头寸而愿意保持原有的互换,他只要简单地保持互换就是了。如果持有人不愿意保持互换,他可以在市场上购买具有相反支付安排的互换,即支付 LIBOR 而同时收到 7.25% 的市场固定利率。如果这笔互换的订立方不同于互换期权的卖方的话,那么将有两笔等量的 LIBOR 收付。这时,互换卖权的持有人发现他的现金流是由 7% 的支付和 7.25% 的收入组成的,每年拥有一个 0.25% 的净头寸,一年支付两次的话就是每次 0.125%,将持续三年。如果这笔互换是和互换期权的卖方以市场利率 7.25% 交易的话,双方很可能同意撤销 LIBOR 的收付,并让互换期权的卖方支付给买方一年两次的 0.125% 的利息。如果双方设定以现金支付,那么互换期权的卖方将支付给买方一个持续 6 期,每半年 0.125% 支付的现金流的现值。

正如我们在前面的章节已经看到的,互换期权可以被看作是一种息票债券的期权。特别地,一个执行利率为 x 的互换卖权,它的标的互换的名义本金为 P ,持续期为 N 年,在到期日时它等同于一个基于 N 年期、息票率为 x 债券的平价看跌期权(at-the-money put option)。相似地,互换买权类似于一个债券的平价看涨期权。这些特性对我们理解互换期权策略很有帮助。

14.4.1 基于未来贷款预期的利率互换期权的运用

我们已经说明了如何使用互换来将固定利率的贷款转换为浮动利率的贷款,反之亦然。我们现在来考虑这样一种情况,有一个公司希望在未来的某个日期取得一个贷款。这家公司预期银行的贷款将会要求是浮动利率的,但公司更喜欢固定利率的贷款。公司将使用互换来改变贷款的利息支付形式。而互换期权将会给予公司更大的灵活性来以一个有吸引力的利率来选择执行互换。

在第 5 章,我们使用符号 $FS(0, n, m)$ 来表示基于 m 天的 LIBOR、固定利率在 0 期决定、并有 n 次支付的互换,我们可以简化这个符号。例如,我们将使用符号 $FS(1, 3)$ 来表示在时间 1 确定并在时间 3 结束的互换固定利率。

Benelux Chemicals (BCHEM) 是一家位于布鲁塞尔的从事工业的公司,他们经常需要浮动利率的贷款。在做计划的过程中,BCHEM 发现公司在一年内需要以欧元银行间拆放利率(Euribor)的浮动利率贷款 € 10 million, Euribor 是 Antwerp National Bank (ANB) 提供的在法兰克福的欧元利率。这笔贷款要求半年付息,持续两年。BCHEM 很清楚在贷款贷出时他们会使用两年期、基于 Euribor 互换的现行利率将贷款转为固定利率贷款。但 BCHEM 很担心在贷款贷出前利率会上升。鹿特丹的衍生证券交易商 DTD 接触了 BCHEM,并推荐了一种欧式的互换期权。具体地,只要支付 € 127 500 的期权费,BCHEM 就拥有在一年后以 7% 的支付固定利率(fixed-rate payer)方式执行互换的权利。BCHEM 决定进行这笔交易,即购买 7% 的互换卖权。

图 14-12 显示了这个交易。在 A 部分,BCHEM 付给 DTD € 127 500 的现金并收到互换卖权。在 B 部分,我们来看看互换期权一年后到期时将发生什么。首先注意到如果不考

考虑互换期权的作用, BCHEM 将以浮动利率支付这笔贷款利息, 数额为 $Euribor \times (180/360) \times \text{€} 10 \text{ million}$ 。在 B(i) 部分, 我们假定在互换期权的到期日, 市场上参考互换的利率 $FS(1,3)$ 比互换期权的 7% 的执行利率来得更大。在这种情况下, 互换期权值得执行。BCHEM 将和 DTD 签订互换, 这样通过支付固定利率的 $0.07 \times (180/360) \times \text{€} 10 \text{ million}$, 可以收到浮动利率的 $Euribor \times (180/360) \times \text{€} 10 \text{ million}$ 。这样两边都有基于 Euribor 的浮动利率支付, 但对 DTD 和 ANB 的收付正好完全抵消了。BCHEM 只需支付剩余的 7% 的固定利率。

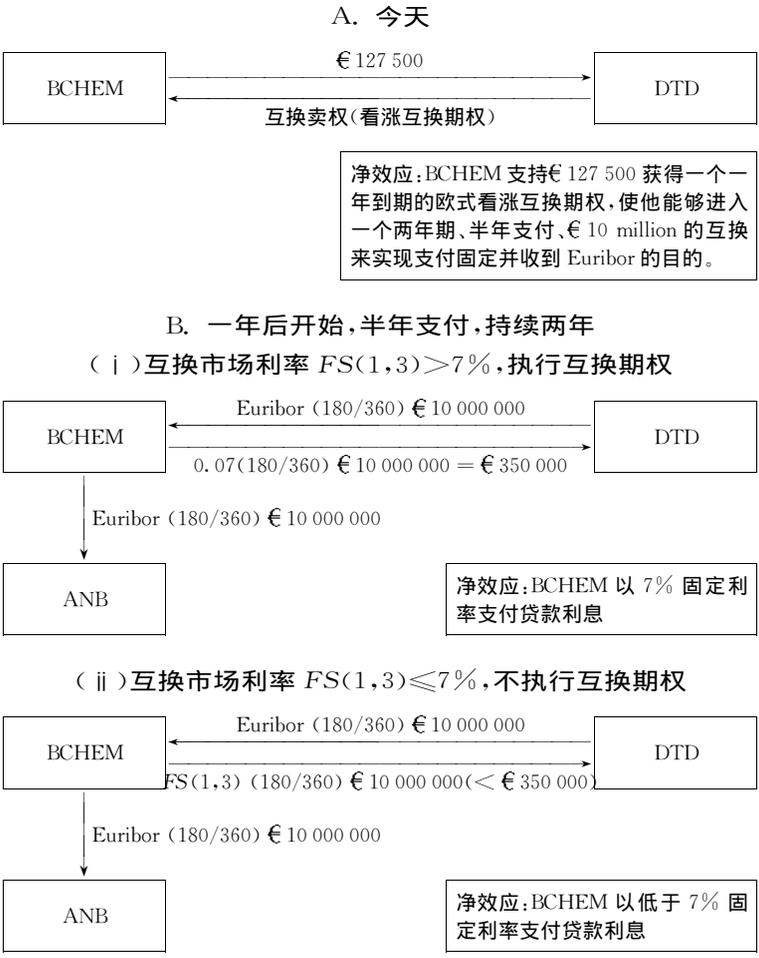


图 14-12 基于未来贷款预期的利率互换期权的运用

在 B(ii) 部分, 在互换期权的到期日, 市场上参考互换的利率 $FS(1,3)$ 小于或等于互换期权的 7% 的执行利率。因此互换期权处于虚值状态。BCHEM 仍将和 DTD 签订互换, 但是以 $FS(1,3)$ 的市场利率来签订的, 这个利率小于 7%, 因此利息支付也少于 €350 000。当然, 基于贷款的两组 Euribor 利息支付都必须执行。

像这样, BCHEM 保留了灵活性的优势, 即选择以 7% 固定利率或更少来支付利息的权利。当然, 这种权利的得到是需要支付成本的, BCHEM 要支付 €127 500 的期权费。因此, 但在互换期权购买一年后贷款贷出时, 收到的 €10 million 通过一年前支付的 €127 500 以及其一年的利息被有效地减少了。这笔期权费是否值得支付取决于互换期权是否被正确的定价。在期权

到期后这笔期权费是否值得支付取决于贷款被执行时市场利率在 7% 之上的偏离程度。

在这个例子里,我们说明了如何使用互换期权来创建一个互换。类似地,互换期权也可以用来终止一个互换。

14.4.2 用利率互换期权终止一个互换

当一个公司介入互换时,他知道可能需要在到期日前终止互换,这时可以通过进入一个具有相反支付的互换(offsetting swap)或者是购买互换期权来实现这个目的。

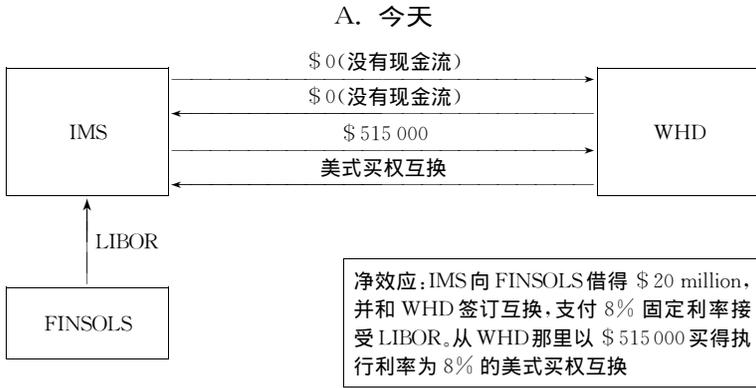
如同场外交易(over-the-counter)的期权一样,互换的持有方通过以任何市场上存在的利率做一笔同种互换的相反操作,也可以终止一个互换。例如,考虑一家日本公司进入一个五年期、名义本金为¥ 800 million 的互换,需要支付固定利率,同时接受浮动利率,这种互换也就是固定支付的互换。两年后,公司想要终止互换,这时他可以通过签订剩余三年期的、名义本金为¥ 800 million 的互换,通过它公司支付浮动利率而接受固定利率。如果他和不同于初始互换订立方的另一方交易,那么两个互换都将执行,但浮动利率的支付将相等。净效果将是公司支付一种利率的固定支出,并收到另一种利率的固定支付。利率的大小取决于初始互换被替代时的市场利率。如果新的互换是和原先的互换订立方交易的话,双方很可能同意抵消并消除两个互换。然后一方将支付给另一方两种不同固定支付之间差额的总的现值。如果公司通过这种方式以一种新的互换来抵消互换,那么他必须接受对冲互换时市场的各种状况。

对公司来说,第二种终止互换的途径就是在他想冲销互换前购买互换期权。假设一家日本公司进入了一份支付固定利率接受浮动利率的互换,同时公司还买了一份互换买权,它允许公司能够进入¥ 800 million 支付浮动利率接受固定利率的、其他属性和原来互换一样的新互换合约。互换期权的执行利率是 8%。公司必须付现金来购买互换期权,然后拥有进入接受 8% 固定利率支付浮动利率的互换的选择权。为了实现最大化的灵活性,我们假定互换期权是美式的期权,允许公司在任意的时间来执行。我们还假定互换期权的订立方就是原先的互换的卖方,因此如果执行互换期权的话,通过一个总的支付可以取消和替代各种的支付。

考虑这个例子,Internet Marketing Solutions(IMS)从 Financial Solutions(FINSOLS)那里获得一笔 \$ 20 million 的贷款,为期一年,每季以 LIBOR 支付浮动利息。由于担心利率的上升,IMS 签订了一个支付固定利率接受浮动利率的互换来将贷款转换为 8% 的固定利率贷款。可是 IMS 认为利率的预测可能会改变,并且公司偏好拥有终止互换的灵活性,使他们能够重新回到支出浮动利率的状态。为了能够获得这种灵活性,IMS 以 \$ 515 000 购买了美式互换买权。这份互换期权允许公司在期权到期时以 8% 的固定利率进入支付浮动利率接受固定利率的互换。互换和互换期权的卖方是 Wheatstone Dealer(WHD)。

图 14-13 显示了这个交易。在 A 部分,IMS 从 FINSOLS 那里获得 \$ 20 million 的贷款。公司和 WHD 签订互换合约,根据互换需要支付固定利率并接受 LIBOR。互换开始时没有现金流,但 IMS 需向 WHD 支付 \$ 515 000 的期权费。现在我们移到互换期权的到期时,这时我们假设 IMS 不再担心利率的上升,并想回到支付浮动利率的状态。在 B(i)部分,在互换期权到期时,市场的互换利率大于或等于 8%。这部分显示了如果贷款(注意是浮动利率的)和互换以市场固定利率转化为固定利率时的现金流,因为这时互换期权是不到价的。IMS 支付利息给 FINSOLS,数额为 $\text{LIBOR} \times (90/360) \times \$ 20 \text{ million}$ 。IMS 以 8%

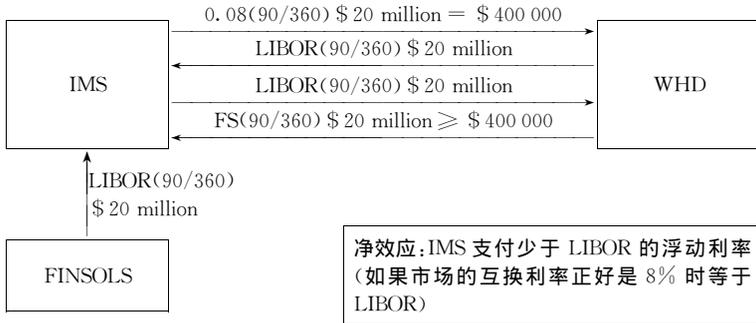
支付互换的利息,即 \$ 400 000,而 WHD 则支付 LIBOR 的利息。因此,通过抵消固定支付互换的效应进入一个新的互换而不是执行互换期权,IMS 状况好转了。IMS 然后进入接受一个大于或等于 8% 的市场固定利率 FS、支付 LIBOR 的互换。事实上这时 IMS 支付少于 LIBOR 的浮动利率(如果市场的互换利率正好是 8% 时等于 LIBOR)。



B. 贷款的持续期内

(i) 互换利率 $\geq 8\%$, 不执行互换期权

以市场利率 ($\geq 8\%$) 进入接受固定利率支付浮动利率的互换



(ii) 互换利率 $< 8\%$, 执行互换期权

以市场利率固定利率 8% 进入接受固定利率支付浮动利率的互换

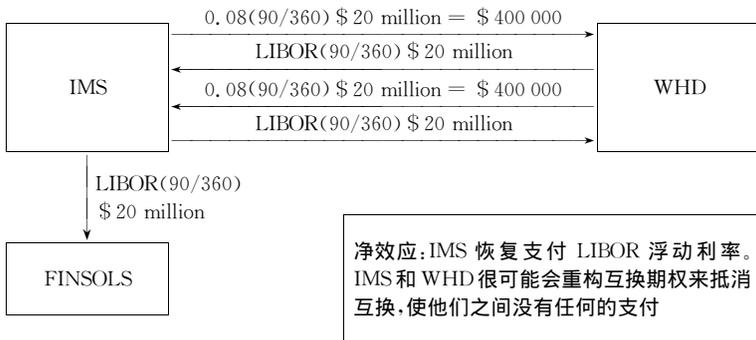


图 14 - 13 使用美式互换期权来终止一个互换

在 B(ii) 部分, 市场的互换利率小于 8%, 贷款通过执行互换期权又回到浮动利率的贷款。IMS 支付给 FINSOLS 以 LIBOR 计算的利息, 同时付给 WHD 8% 的互换利息, 并收到 WHD 的以 LIBOR 计算的利息支付。通过执行互换期权使得 IMS 进入一个接受 8% 利率固定支付并支付 LIBOR 浮动利率的互换。互换和互换期权很可能会重构来抵消和终止上面两种互换。在交易的最后, 贷款被清偿并且在互换和互换期权方面没有任何的支付。如果 IMS 想要继续以固定利率支付, 并且这时互换期权是平价而不是虚值的话, 互换期权仍然会执行。

我们看到互换期权提供给持有人以执行利率或更低的利率来终止互换的机会。由于这个互换期权是美式期权, 在做执行决定时会涉及一系列复杂的问题, 下面我们集中讨论一下持有人对市场状况的看法。如果借款人觉得利率会下降, 他们会想要将固定支付的头寸转为浮动支付。如果市场利率大于执行利率, 借款人可以通过以市场利率签订互换来达到上面的目的。这时他会收到多于执行利率的利息, 也多于在抵消互换上所支付的利率。借款人这时就有效地达到了支付少于 LIBOR 的利率。如果市场利率小于执行利率, 借款人可以执行互换期权而收到执行利率来抵消在互换上的支付。另外, 借款人还可以选择继续支付浮动利率, 并仍然可以在合适的时候执行互换期权。

正如我们前面所描述的, 互换期权等同于在债券上的期权。一个互换卖权等同于债券的看涨期权, 一个互换买权等同于债券的看跌期权。互换期权市场利息率具有非常好的流动性, 许多的公司使用互换期权作为债券期权替代品。任何一种可以应用在债券期权上的策略都可以应用在互换期权上。下面我们应该看看一种特别的策略, 在这种策略里, 互换期权可以用来代替可赎回债券。

14.4.3 去除(或增加)可赎回(或者不可赎回)债券的买权

可赎回债券是一种赋予发行人提前赎回债券权利的一种债券, 这时发行人具有极大的便利性来利用利率的下降。这个特征就像是债券的看涨期权。如果利率下降的话, 债券价格上升。通过赎回债券, 发行人按照原先的约定买回债券, 就和执行一个看涨期权来购买债券一样。发行人为了获得这样的权利必须支付更高的债券息票率。

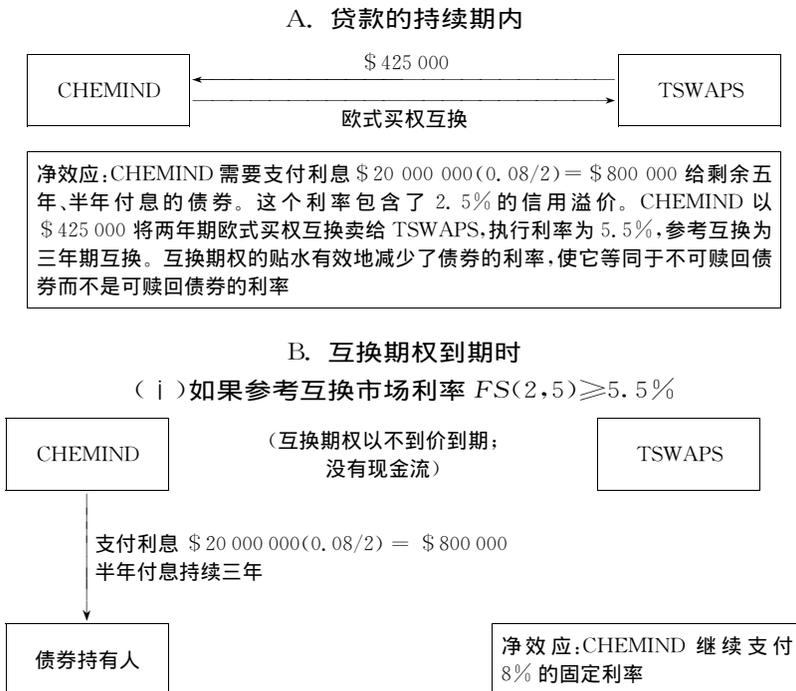
在某些情况下, 可赎回债券发行人会发现, 在债券的剩余期限内利率不可能会有很大的下降来使得赎回债券有利可图。这时他们会觉得使用赎回属性的可能性不大, 但他们还得为了赎回特性而支付更高的息票率。这时可以用互换期权来有效地卖出债券内含的买权。这种策略通过卖出互换买权来移除可赎回债券的买权。互换买权(接受固定利率)在利率下降时变得更加值钱, 从而使短期赎回权得到平衡。事实上, 赎回的特性是以现金的形式卖出的。回忆一下一个互换买权就像是债券的看涨期权。由于可赎回债券的发行人拥有债券的买权, 故他需要卖出买权来抵消内含在债券中的买权。他可以通过卖出互换买权来有效地达到这个目的, 但又不需撤销债券的可赎回属性。两种期权都将有效, 但两者必须有相同的行为, 即如果赎回权值得执行, 那么互换期权也值得执行。让我们用下面的例子来看看这种策略是如何运作的。

14.4.3.1 去除可赎回债券的买权

许多年前, Chemical Industries (CHEMIND) 发行了面值 \$20 million, 利率固定为 8%, 半年付息的可赎回债券, 债券距离到期还有五年的时间。CHEMIND 认为在接下来的两年里公司不大可能要求赎回债券, 因而他们想在这段时间里消除债券的可赎回属性。为了简化问题, 我们假设债券只能在正好两年的时候赎回, 而不能有任何的提早。这样, CHEMIND 可以通过卖出两年期的欧式互换期权来管理这个问题。因为在赎回后还有三年的才到期, 所以互换期权的参考互换将是一个三年期的互换, 并且是接受固定利率支付浮动利率的互换, 而且支付的时间必须和债券的利息支付时间相一致。

让我们假设 CHEMIND 在债券上支付的 8% 的利率中包含了 2.5% 的信用利差 (credit spread), 这部分利差可以被认为是在 LIBOR 基准利率之上的信用溢价。CHEMIND 因为其信用风险而多支付 2.5% 给债券的持有人。在要卖出的互换买权方面, CHEMIND 需要设定执行利率为 $8\% - 2.5\% = 5.5\%$ 。注意到信用差价不是执行利率的一部分, 因为互换期权只能用来管理由于债券属性所带来的利率变动风险, 对信用风险无效。我们假定 CHEMIND 的信用风险方面没有变化。因而, 如果他赎回旧的债券并发行新的债券, 他将继续支付相同的信用溢价。

互换期权的交易商 Top Swaps (TSWAPS), 将互换期权定价为 \$425 000。图 14-14 显示了这种策略。



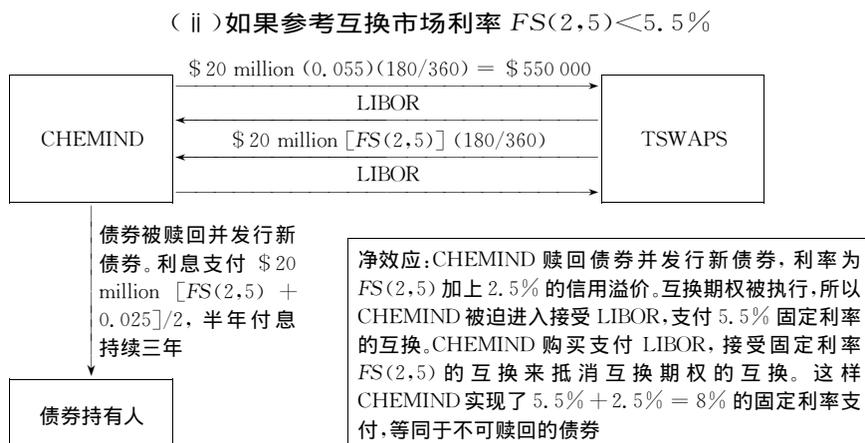


图 14-14 卖出互换买权来移除债券的赎回特性

从 A 部分可以看出, CHEMIND 以 \$425 000 卖出互换买权给交易商 TSWAPS。这笔现金使得在债券利息上的支付减少了。在 B 部分, 我们来看看在两年后互换期权到期时将发生什么。回忆下互换期权就相当于债券的看涨期权, 因此一旦互换期权被执行, 那么债券的看涨期权也同时被执行。令在互换期权到期时的三年期互换的固定利率为 $FS(2,5)$ 。我们先假定 $FS(2,5)$ 大于或等于互换期权 5.5% 的执行利率。因为利率并没有下降到 5.5% 以下, 所以执行互换期权或赎回债券并不会获利。CHEMIND 继续支付 \$20 million 8% 的利息, 数额为 \$800 000, 半年付息, 持续三年。B(i) 部分图示了这种结果。

在 B(ii) 部分, 我们让 $FS(2,5)$ 小于 5.5%。这时互换期权将被执行并且债券被赎回。为了赎回债券, 一个新的债券将以 $FS(2,5)$ 加上我们假定不变的 2.5% 的信用溢价的利率发行。由于互换期权被执行, 所以 CHEMIND 被迫进入接受 LIBOR、支付 5.5% 固定利率的互换。现在, CHEMIND 接受 LIBOR, 并支付固定利息给债券持有人和 TSWAPS。公司可以通过进入市场利率为 $FS(2,5)$ 的互换来反转 LIBOR 现金流, 即进入了接受 $FS(2,5)$ 的固定利率、支付 LIBOR 的互换。可以看到, 这样两笔 LIBOR 的收付相等, 双方很可能协商取消它们。这时, CHEMIND 以 5.5% 的固定利率支付互换, 并收到 $FS(2,5)$ 的固定互换利息, $FS(2,5)$ 与新发行的固定利率债券的利率之间相差了 250 个基点(信用溢价)。这些 $FS(2,5)$ 利率的支付抵消了除信用差别那部分外在贷款上的所有支付。CHEMIND 支付来自互换期权执行利率的 5.5%, 再加上信用溢价部分的 2.5%, 因此 CHEMIND 总的支付为 8%, 这和初始债券的利率是一样的。这样互换期权通过等效的移除债券的可赎回属性, 将可赎回债券转变为不可赎回债券。这时公司将期望债券被赎回和互换期权被执行的这种结果不会发生, 否则将会为移除了债券的可赎回属性而后悔。由于他们收了互换期权的期权费, 并且支付与原先发行不可赎回债券的利率一样低的有效利率, 因此他必须接受这种风险。

14.4.3.2 添加不可赎回债券的买权

如果互换期权可以移除可赎回属性, 那么他也可以用来添加可赎回属性。Market Solutions, Inc. (MSI) 拥有 \$40 million 不可赎回的债券, 半年付息, 利率 9%, 债券还有三年的剩余期。由于预期在一年内利率很可能会下降, MSI 希望这些债券是可赎回的。他可

以通过购买互换期权来给债券添加可赎回属性。互换买权等同于债券的看涨期权,因为可以在利率下降时收到固定利率而导致的价值增值。通过购买互换买权,也就等效于购买了债券的期权。

为了更好地介绍互换买权的结构,MSI 表示债券的利率支付中包含了在 LIBOR 之上的 3% 的信用溢价。这样互换期权的执行利率就为 $9\% - 3\% = 6\%$ 。互换期权的参考互换将会是两年期的,并且和债券的利息支付具有相同的时间安排。债券的名义本金为 \$40 million。为了简化问题,我们假设是欧式的互换期权,这意味着 MSI 只有在正好一年时来决定是否执行互换期权或者赎回债券,那时距离债券到期有两年的时间。互换期权的期权费为 \$625 000,对应的交易商为 Swap Shop (SWSHP)。图 14-15 显示了这个交易。

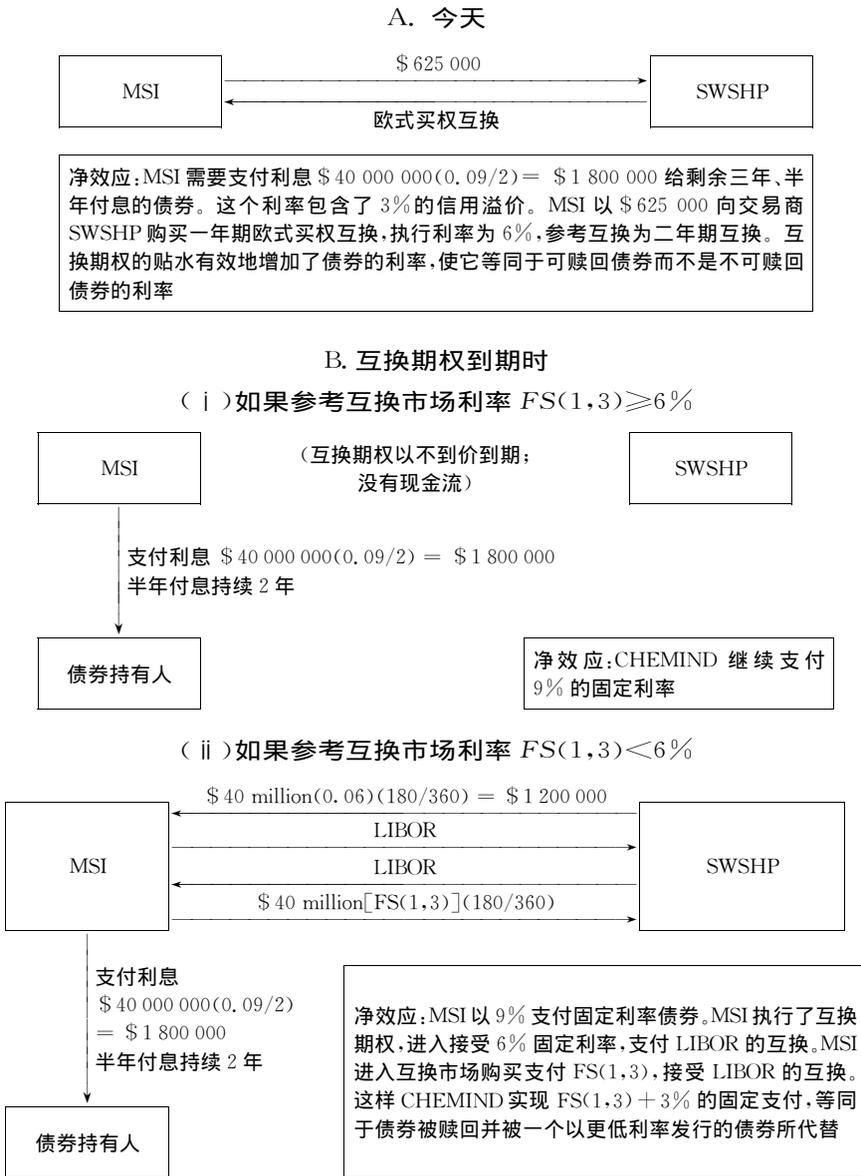


图 14-15 购买互换买权为债券增加可赎回属性

在 A 部分,我们看到 MSI 为互换期权支付了 \$ 625 000。这笔费用增加了 MSI 在债券上支付的利息率。B(i)部分显示了在互换期权到期时,参考互换的固定利率 $FS(1,3)$ 大于或等于互换期权的执行利率的情况。回忆一下如果市场状况是这样的话,那么互换期权将被执行,这时债券将被赎回。但是在我们这个例子中,利率还低得不足以使得执行互换期权或赎回债券有利可图。MSI 将会继续支付债券 9% 的利息。

在 B(ii)部分,我们让 $FS(1,3)$ 小于 6%。这时 MSI 将执行互换期权,并进入接受 6% 固定利率、支付 LIBOR 的互换。可是注意到这时公司收到 6% 的固定利率,并支付 9% 的固定利率以及 LIBOR 支付。在这里,这笔交易不等同于已经赎回了债券,因为 MSI 还有浮动利率的支付。为了抵消浮动支付,公司进入了市场利率为 $FS(1,3)$ 的新的互换。具体地,他支付 $FS(1,3)$ 并收到 LIBOR。这样两笔 LIBOR 的收付相互抵消并很可能被取消,这样在互换上有 6% 的流入和 $FS(1,3)$ 的流出,并在债券方面有 9% 的流出。净效果是 $FS(1,3)$ 再加上 3% 的流出。由于 $FS(1,3)$ 小于 6%, 所以总的利率支付小于 9%, 这就使得这种情况类似于赎回一个债券,并以更低的利率发行新的债券来代替它。

我们看到互换期权可以用来复制可赎回债券的赎回属性。互换期权可以用来为不可赎回债券增加一个可赎回属性,也可以用来为可赎回债券移除赎回特性。对互换期权的现金收付都只发生一次,但如果在时间上设置恰当的话,它将会等于借款人为可赎回特性而多支付的利息的数额。当然,还存在很多运作这种策略的不合理因素。我们忽略了可以影响执行和赎回决定的重要因素,即税收和交易成本。另外,当互换期权是为其他的一方所持有时,就无法保证他们会理性地选择执行的时机。

最后,你可能会在想为什么在这些策略里使用的都是互换买权,而不是互换卖权呢? 回忆一下债券的赎回特性是对债券的看涨期权。为了增加或移除赎回特性,我们需要使用一种等价于看涨期权的工具,而互换买权就是这样的工具。互换卖权等价于看跌期权,当在涉及看跌属性的情况时就很有用处。可回售债券(puttable bond)就是这样一个品种。可回售债券允许债券持有人以债券面值将债券回售给发行人,因而,这种由发行人卖出的看跌期权就为债券持有人所拥有。如果债券是可回售的,那么债券的息票率将会更低一点。如果发行人想要在不可回售的债券上增加可回售的属性,他就会卖出互换卖权。所收到的费用就会使得债券的息票率下降。如果发行人想要移除可回售属性,他就会购买互换卖权。这将给他们执行互换期权的权利,即执行对债券的看跌期权,在同一时间债券的持有人也会执行回售属性。由于可回售属性并不常见,所以我们在这里就不多加讨论了。

第 15 章 风险价值 VaR

15.1 VaR 基础知识

15.1.1 VaR 的定义

VaR 以美元或参考货币的形式下衡量风险的量度。其一般的定义如下：

VaR 是在一个特定时期内，特定可能性（置信区间）下的最大损失，即实际损失只有在一个预先确定的、很小的可能性下才会超过该水平。

例如，考虑一项头寸，卖出日元，买进 40 亿美元。这项头寸相当于一项对冲基金，即预测日元相对于美元会贬值。该头寸一天会损失多少呢？

为了回答这个问题，我们就需要使用十年的日元/美元汇率的日数据模拟出一个日回报。那么这个以美元表示的模拟日回报 $R_t(\$)$ 就为：

$$R_t(\$) = Q(\$)[S_t - S_{t-1}]/S_{t-1}。 \quad (15-1)$$

其中： Q_0 为该头寸当前的美元价值； S 表示以连续的两天的基础计算的美元对日元即期汇率。

例如，假设两天的数据， $S_1 = 112.0$ ， $S_2 = 111.8$ ，模拟回报则为：

$$R_2(\$) = \$4\,000\text{million} \times [111.8 - 112.0]/112.0 = -\$7.2\text{million}。$$

这样我们就可以得到日回报的频率分布。例如,有四项损失超过了 1.6 亿美元,三项损失介于 1.2 亿美元与 1.6 亿美元之间,等等诸如此类。

现在,我们希望用一个数字来总结这个分布。我们可以对分位数进行描述,即在某个高的置信水平下不会超出的损失水平。例如,将置信水平定为 $c=95\%$,这样就对应于一个分布的右侧尾概率。我们定义 VaR 时也可以使用左侧尾概率,即 $p=1-c$ 。

将 x 定义为美元的收益或损失。尽管 VaR 是一项损失,但通常是以正数的形式报告出来。其隐含的定义为:

$$c = \int_{-\text{VaR}}^{\infty} f(x) dx. \quad (15-2)$$

其中: $f(x)$ 为当损失为 x 时的概率。

当 x 是离散的时候, VaR 就是使得右尾侧概率不小于 c 的最小的损失。

有时候, VaR 被报告为平均值与分位数的背离程度。第二个定义比第一个更具有一致性。因为它考查在特定日期两个值之间的背离程度,所以其考虑了货币的时间价值。然而,在很多时候,时间跨度都非常短,这样金融序列的平均日回报就接近于零。结果,两个定义得出的值经常是很接近的。

在这个对冲基金的例子中,我们希望找到一个分界值 R^* ,使得损失大于 $-R^*$ 的概率小于 $p=1-c=5\%$ 。样本总体有 2 527 个观察值,相应地,会有 126 个($pT=0.05 \times 2\,527=126$)观察值在序列的左侧。这样,我们就可以从序列中选出分界值, $R^*=4.71$ 千万美元。我们可做出如下的表述:

在 95% 的置信水平下,一天的最大损失为 0.47 亿美元。

最后,在确定的置信程度下,我们可以得出 N 天内预期的超过 R^* 的观察值的总数 n 。

$$n = p \times N. \quad (15-3)$$

15.1.2 局限性

VaR 是一个非常有用的风险计量工具,但它有着一些限制条件。

1) VaR 并没有对最坏情况的损失进行描述,其并非被设计用来计量最坏情况下的损失。实际上,我们会预期,在置信水平为 95% 时,损失超出 VaR 的频率为 p ,即 100 天中有 5 天。这很正常。现实中,事后检验(back testing)就是为了检查这个超出频率是否与 p 一致。

2) VaR 没有描述左侧尾部损失。VaR 没有关于损失在左侧尾部如何分布的任何描述。它只是指出了这些大于 VaR 的损失值出现的概率。然而,对于同一个 VaR 值来说,左侧尾部的分布可以是很多不同的分布形式。例如,一个大于置信水平为 95%、VaR 为 3 亿美元的真实损失的平均值可以是 1 亿,也可以是 3 亿。因此,通过 VaR 值,我们并不能确切地知道左侧尾部损失的具体数值。

3) VaR 的计算有一定的误差。VaR 值通常适用于正态分布。在实际例子中,我们可能会使用 10 年的日数据。但当使用另一样本期间,或者用不同的样本期间长度,都会得出

不同的 VaR 值。不同的统计方法也会得出不同的 VaR 值。通过尝试不同的样本期间和不同方法,可以使我们对 VaR 的准确性形成一定的认识。

15.2 计量风险的其他工具

通常情况下, VaR 是损益以美元形式表现的分布的分位数。这一单一的数字便捷地反映了总体风险,但这种过于简单的性质可能是非常危险的。最突出的就是投资组合的 VaR 值可能会大于子组合的 VaR 值之和。如果是这样,意味着投资组合的合并会增加风险,这种结果是不合理的。因此通常我们也利用其他工具来计量风险,计量风险的其他工具列示如下。

15.2.1 整体分布

在我们的例子中, VaR 只是分布中的一个分位数。但是,风险管理者是可以接触到整个分布的,为了增加置信水平,他们可以得到一组在不同置信水平下的 VaR 值。

15.2.2 条件 VaR(CVaR)

另一个相关的概念是当损失超过 VaR 时的预期值。当损失大于 VaR 时,条件 VaR 用来计量平均损失。定义 VaR 为 $-q$ 。条件 VaR(CVaR)为下式的负数:

$$E[X | < q] = \int_{-\infty}^q xf(x) / \int_{-\infty}^q f(x) dx. \quad (15-4)$$

需要注意的是,分母代表损失超过 VaR 的概率,即 $p = 1 - c$ 。CVaR 也叫做期望损失(expected shortfall)、尾部条件期望(tail conditional expectation)和期望尾部损失(expected tail loss)。它可以指出,超过了 VaR 后,损失将会是多少。对于我们的日元头寸而言,超过 0.47 亿美元 VaR 值的平均损失为:

$$CVaR = \$74 \text{ million.}$$

15.2.3 标准离差(标准差)

标准离差(SD)是一个反映分布总体情况的简单指标。

$$SD(X) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N [x_i - E(X)]^2}。 \quad (15-5)$$

该计量指标的一个优点就是它考虑了所有的观察值,而不是仅限于分位数附近。例如,任何大的负值都会影响方差的计算,增加标准差。如果我们指定了分布的类型,比如正态分布或 T 分布,标准差都将是反映分散程度的最佳指标。例如,对于我们的日元头寸,标准差为:

$$SD = \$29.7 \text{ million.}$$

基于正常的标准差的近似值以及 $\alpha = 1.645$, 可以得到 VaR 的估计值为 $1.645 \times 29.7 = 0.49$ 亿美元, 这与实验中的 0.47 亿美元的分位数相差不大。在这样的条件下, VaR 就具有标准差的所有性质。特别地, 投资组合的 SD 肯定会小于子组合 SD 的总和, 即其具有次可加性。

标准差的不足之处就是它是均匀的, 不能辨别出大的损失和收益。还有, 根据 SD 来计算 VaR 需要对分布的类型加以假定, 但这种假设可能会是不正确的。

15.2.4 半标准差

半标准差是标准差的一个简单拓展, 它只考虑表示损失的数据。定义 N_L 为损失观察值的数量。半标准差的计算如下:

$$SD_L(X) = \sqrt{\frac{1}{(N_L)} \sum_{i=1}^{N_L} [\min(x_i, 0)]^2}. \quad (15-6)$$

该指标的优点是它考虑了分布的不对称性, 如很危险的收益的负偏斜 (negative skewness)。半标准差有时用来反映下侧风险, 但不如 VaR 有说明力, 也不如其流行。

15.2.5 降幅 (Drawdown)

降幅是在某个固定的时间间隔内从最高点开始的下降幅度。定义 X^{\max} 为在 $[0, T]$ 期间的最高值, 其出现在时点 $t_{\max} \in (0, T)$ 。相对于该值, 在时点 t 的 Drawdown 为:

$$DD(X) = \frac{(x^{\max} - x_t)}{x^{\max}}. \quad (15-7)$$

最大的 Drawdown 就是该期间的最大值, 或者是最大值与最小值之差。

如果收益在各期间之间不是独立的, 该指标就是有用的。例如, 当市场存在这样一种趋势, 即较长期间的累计损失大于较短期间的累计损失。还有, 如果进行了积极的投资组合管理, 则 Drawdown 就是一个有效的计量风险的指标。例如, 相对于一项风险性的固定头寸, 一个保险项目的投资组合应该有较低的 Drawdown, 因为它截断了头寸的损失累计过程。

该指标的缺点就是它具有后溯 (back looking) 的特点。同 VaR 一样, 它不能根据当前的头寸计算得出。还有, 最大的 Drawdown 因时间间隔的不同而不同。因此, 不同的投资组合的最大 Drawdown 是不可比的, 但它们的 VaR 和标准差则是可以的。VaR 和标准差是以固定的期间或年度为基础计算的。

15.2.6 风险现金流量 (cash flow at risk)

VaR 是设计用来计量商业银行投资组合的逐日盯市 (mark-to-market) 风险的。至今为止, 这些方法已经扩展到了其他财务机构 (投资银行、基金) 和投资管理行业。

VaR 主要的功能是确定投资组合 (如固定收益头寸) 的市场价值。但是, VaR 方法也已

经扩展到了其他部门(如非财务公司),这些部门工作的重点放在定期的收益上。风险现金流量(CFAR)计量在市场风险因素发生变化时现金流量减少的最大幅度。它包含销售数量 Q 、单位收入 P 以及单位成本 C 。我们简化地将其表述为:

$$CF = Q \times (P - C)。 \quad (15 - 8)$$

假如,我们将汇率 S 作为市场风险因素,它会影响到每一个变量。收入和成本可以部分或全部是外币形式的。由于存在国际竞争,销售数量也会受到汇率的影响。由于销售数量是随机的,这就形成了销售数量的不确定性。风险管理者需要构建销量与风险因素之间关系的模型。一旦构建了这个模型,就可以得到现金流量分布的模拟数,并且可以确定在某个置信水平下的最大损失。接下来,公司就可以决定是否进行对冲,如果要,使用什么工具最佳。

一个古典的模型就是农民庄稼收入的价值,比如说谷物。在年初,成本是固定的,对风险没有影响。但是,谷物的价格和庄稼秋天的丰收程度都是未知的。假定价格主要受那些影响供应量因素的影响,如天气变化。如果在夏季发生了旱灾,销量就会下降,价格就会上升;反之,如果获得了少有的丰收,情况则正好相反。由于 Q 和 P 是负相关的,总收入的变动程度就会比销量固定的情况下小一些。因为这种关系会影响到对冲项目,所以也要将其纳入风险计量体系。

15.3 VaR 参数

为了计算 VaR,我们首先需要定义两个参数——置信水平和持有期。

15.3.1 置信水平

置信水平 c 越高,VaR 值越大。通过改变置信水平可以提供有关回报的分布和潜在的极端损失的信息。然而,并没有确定的标准来决定,到底应该是采用 99%,99.9%,99.99%或是其他置信程度。这些值中的每一个都会得到一个金额更大的损失,但其出现的可能性变得更小。

另一个问题是,当 c 增加时,损失大于 VaR 的观察值就会逐渐减少,导致出现低效率的高分位数。例如有 1 000 个观察值,在 99%的置信水平下 VaR 可以取倒数第十个观察值的值。

当置信水平增加到 99.9%时,VaR 就只能取最小值的值。但是,没有一个简单的办法可以估计置信 99.99%时的 VaR,因为样本的观察值太少了。

置信水平的选取取决于使用的 VaR 值。在多数情况下,VaR 只是计量潜在风险的简单标准。如果是这样,真正重要的就是在不同的交易室和时间,VaR 置信水平的一致性。

与之相反,如果 VaR 用来决定留存多少资金来避免破产,那么高的置信水平是可取的。因为很显然,没有一个机构愿意破产。然而,这种基于资本充足性的做法只适用于机构,而不适用于交易室。

还有一点就是 VaR 模型只有在可验证时才具有有用性。这是事后验证的目的,即系统地检查损失超过 VaR 的频率是否是 $p = 1 - c$ 的界限一致。出于这个目的,风险管理者不

能将 c 定得太高。例如,选择 $c = 99.99\%$, 平均来说,这意味着 10 000 天(40 年)里有一天的损失超出了 VaR。换句话说,要验证 99.99% 的置信水平下超过 VaR 的可能性是不可能的。由于这些原因,通常推荐使用的置信水平一般都不太高,在 95% 与 99% 之间。

15.3.2 持有期

持有期 T 越长, VaR 越大。这种推断是基于两个因素得出的——风险因素的行为和头寸组合。

为了从一天推断出一个较长时期的序列,我们通常需要假定回报是独立同分布的。这样就可以通过日数据乘以时间的平方根的方式,从一天推断出多天。我们还需要假定日回报的分布在较长的时期内也是不变的,即日回报属于稳定分布族(正态分布就是其中一种)。如果是这样,则:

$$\text{VaR}(T\text{days}) = \text{VaR}(1\text{day}) \times \sqrt{T}。 \quad (15-9)$$

这需要满足以下条件:

- 1) 分布不随着持有期的改变而改变(即对于正态分布, a 相同);
- 2) 不同持有期的分布是相同的(即不存在异方差);
- 3) 不同期间发生的变化是独立的。

持有期的选择还依赖于头寸组合的特点。如果头寸变化很快,或者当价格改变时,其风险暴露程度也会改变,增大期限就会使 VaR 变大。

还有,持有期的选择还依赖于所使用的 VaR。如果目的是要提供一个潜在风险的准确标准,持有期就应该相对短一些——理想上应该短于主要投资组合再调整的平均期限。

相反,如果 VaR 是用来确定留存多少资金来避免破产,那么就on应该选择较长的期限。所有的机构都希望当出现问题时能有足够的时间来找出纠正方法。

在实务中,选择的期限不能短于报告利润或损失的频率。传统上,银行业以每天为基础计算 $P\&L$, 公司则使用一个更长的时间间隔(从一天到一个月)。这种间隔是计算 VaR 的最短持有期。

另一个标准与事后验证有关。较短的时间间隔会形成更多的数据点,来匹配估计的 VaR, 随后是 $P\&L$ 。因为统计检验的检验能力会随着观察值数量的增加而增加,所以应该选取尽量短的时间间隔。

基于上述的原因,推荐选取的时间期限应当尽可能地短,如交易室应以一天为基础。持有期需要与资产类别和风险管理目标保持协调。对于机构来说,比如养老金,选取一个月为持有期更为合适。

基于留存充足资本的目的,机构应该选取高的置信水平和长的持有期。但是,因为两个参数的增加都会使得 VaR 增大,所以在应用时要在二者间进行权衡。

15.3.3 应用: 巴塞尔协议

在确定巴塞尔协议对市场风险资本要求时,其 VaR 的计算使用以下参数:

- 1) 持有期为十天或两周(日历);
- 2) 99%的置信水平;
- 3) 观察风险要素价格的历史时间至少为一年,并且至少每个季度更新一次。

在内部模型方法下,市场风险资本预提(MRC)计算如下:

$$MRC_t^{MA} = \max\left(k \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} VaR_{t-i}, VaR_{t-1}\right) + SRC_t。 \quad (15-10)$$

这里包含三个部分:过去 60 天里 VaR 的平均值与监管者确定的乘数 k 的乘积(其最小值为 3),前一天的 VaR,以及特殊风险资本预提(SRC)。

特殊风险资本预提(SRC)起一个缓冲器的作用,用以应付由于与个别证券发行商有关的风险因素引起的损失。它包含个别债务和权益的流动快于或慢于市场的风险,还包括事件风险。例如,考虑福特汽车发行的公司债券。福特汽车的信用等级为 BBB。市场风险应该能够涵盖信用等级为 BBB 级公司债券的、与该等级有关的风险,而 SRC 则要反映福特公司信用等级下降的风险。SRC 可以通过包括了特殊风险的债务和权益头寸子组合而计算得出。

巴塞尔委员会允许以一天的 VaR 值计算出 10 天期限的 VaR 值。因此, VaR 计算如下:

$$VaR_t(10, 99\%) = \sqrt{10} \times VaR_t(1, 99\%)。$$

其中: $VaR(10, 99\%)$ 代表在 99% 置信区间下 10 天期限的 VaR 值。

推测起来, 10 天的期限对应于, 当机构开始出现问题时, 银行监管者实现纠正措施所需要花费的时间。而 99% 的置信水平对应于银行由于市场风险而破产的较低的可能性。尽管如此, 每 100 个持有期中有一次破产也意味着很高的破产概率。由于持有期为两周, 这样一年就有 $52/2=26$ 个持有期。因此, 预期破产会 $100/26=3.8$ 年出现一次, 这是过于频繁的。这也解释了为什么巴塞尔委员会使用了一个大于等于 3 的乘数 k , 以便保证更高的安全性水平。

15.4 在 VaR 模型中确定波动率

15.4.1 资产收益率的分布

VaR 的计算中常常要假设资产收益率的分布, 这种计算 VaR 的方法称为参数方法。如果我们假定资产收益率服从正态分布, 那么我们所要做的就是估计两个参数: 均值和方差。

但是实际上, 资产的收益率通常不服从正态分布。资产收益率的分布有下列性质。

- 1) 肥尾(或厚尾, fat-tailed)。与正态分布相比, 肥尾分布的左右两端概率较高(类似 t 分布)。
- 2) 有偏(skewed)。经验显示, 资产价格下跌通常要比上涨更厉害, 造成收益率的分布的左偏而非对称。
- 3) 不稳定(unstable)。不同的市场情况作用于波动率, 造成波动率的分布不稳定。

15.4.2 肥尾

如果一个分布与正态分布有相同的均值和方差,但是在尾部的概率较大,称该分布有肥尾。如图 15-1 所示。

从图 15-1 可以看出,肥尾分布的峰值比正态分布高,峰部两边比正态分布矮,到尾部又比正态分布高。

肥尾分布给估计 VaR 带来很大麻烦,因为 VaR 关注的就是尾部的概率。

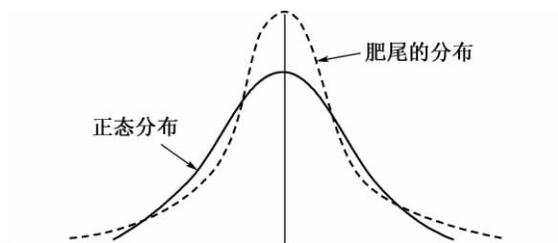


图 15-1 肥尾的分布

15.4.2.1 对肥尾的解释

至此为止,我们讨论的都是无条件分布(unconditional distribution)。无条件分布是假设资产收益率的分布在每一个交易日都不变。而与之相对应的概念是条件分布(conditional distribution)。条件分布是假设资产收益率的分布会随时间的变化而改变。条件分布的参数称为条件均值、条件标准差(即条件波动率)、条件偏度、条件峰度等。

引入了条件分布的概念,我们就有了两种方法来解释为何资产收益率的无条件分布出现肥尾这一现象。

1) 条件均值是时变的(time-varying)。资产收益率的条件分布为正态分布,但其均值随时间的变化而改变,从而造成资产收益率的无条件分布为肥尾分布。

2) 条件波动率是时变的。资产收益率的条件分布为正态分布,但其标准差(波动率)随时间的变化而改变,从而造成资产收益率的无条件分布为肥尾分布。

事实上,第一种解释方法还不能很好地来解释肥尾现象。因为根据有效市场假设,资产价格已经反映了所有可获得的信息。如果市场的参与者知道资产价格明天会上涨,他们就会根据这一信息来交易,那么资产价格现在就上涨了,因此收益率的均值不太可能是时变的。

第二种解释方法通常能较好地解释肥尾现象。在现实中,资产的波动率常不稳定,例如,在政府发布经济数据或重要的政策之前,资产波动率通常较大。

我们来举一个简单的例子。假如某股票收益率的条件分布为正态分布,均值为零,标准差有时候为 3 个 bp/天,有时候为 12 个 bp/天。如果我们观测该股票收益率的无条件分布,其可能接近均值为零、标准差为 6 个 bp/天的正态分布,但它是肥尾的。这种模型称为状态转换(regime switching)的波动率模型。

假如我们以均值为零、标准差为 6 个 bp/天的正态分布来计算 VaR,那么资产收益率落在均值左边 4 个标准差(-24 个 bp/天)之外的概率仅为 0.003%。但实际上条件波动率是时变的,在高波动率($\sigma=12$ 个 bp/天)的期间,资产收益率落在-24 个 bp/天之外的情况仅为均值左边 2 个标准差,其概率为 2.25%。

15.5 估计 VaR 的方法

15.5.1 概述

估计 VaR 的方法可以分为以下几类：

1) 基于历史数据的方法(historical-based approach)。这是使用历史时间序列数据来决定分布形状的方法,包括下列三大类。

① 参数法(parametric approach)。要求假设资产收益率的分布。参数方法包括历史标准差方法、RiskMetrics 方法和 GARCH 方法。

② 非参数法(nonparametric approach)。不假设资产收益率的分布,而是直接使用历史数据。非参数方法包括历史模拟法和多元密度估计法。

③ 综合法(hybrid approach)。两种方法的综合。

2) 基于隐含波动率的方法(implied volatility based approach)。根据现在衍生产品的价格,使用衍生产品定价模型,倒推出其标的资产隐含的波动率,从而来估计 VaR。

15.5.2 参数法

如前所述,参数法(parametric approach)要求假设资产收益率的分布,即要求估计分布的参数。参数方法包括历史标准差方法、RiskMetrics 方法和 GARCH 方法。

1) 历史标准差方法(historical standard deviation)

历史标准差方法就是通过历史数据来计算历史标准差,作为资产收益率标准差的估计。例如,我们记录资产前 100 天的日收益率,计算其标准差,作为资产收益率标准差的估计。

历史标准差方法是最简单直观的方法,但其容易受统计误差的影响。

2) RiskMetrics 方法

历史标准差方法给予每个日收益率以相同的权重,而不管其距离现在是远还是近。而 RiskMetrics 方法是一种指数加权移动平均模型(EWMA),随着时间的回溯,权重呈指数形式衰减。J. P. Morgan 银行创建了 RiskMetrics 数据库,使用 $\lambda = 0.94$ 的 EWMA 模型来预测日波动率,具体请参见章节 37.2.2:EWMA 模型。

3) GARCH 方法

GARCH 模型考虑了方差趋向长期平均的特性,在 EWMA 模型中引入长期平均方差 V_L ,具体请参见章节 37.2.3:GARCH 模型。

15.5.3 非参数法

如前所述,非参数法(nonparametric approach)不假设资产收益率的分布,即不要求估计分布的参数,而是直接使用历史数据。非参数方法包括历史模拟法和多元密度估计法。

1) 历史模拟法(historical simulation)

历史模拟法就是通过历史数据来直接计算 VaR。例如,我们记录资产前 100 天的日收益率,将其升序排列,那么,第 5 个收益率即为 95%的置信水平下的 VaR。

历史模拟法的优点就是不需要做分布假设,因此能够解决肥尾问题。这种方法的主要缺点就是它以短暂的历史数据的变动来推断未来市场数据的变动。如果过去的数据没有包含未来的可能事件,那么这个方法将会漏掉一些风险因子。

具体请参见章节 15.6.6:历史模拟方法。

2) 多元密度估计法(multivariate density estimation, MDE)

多元密度估计法是估计一群随机变量的联合概率密度函数的方法。在历史标准差方法和 RiskMetrics 方法中,过去每个日收益率的权重是一样的或与时间有关的,而在多元密度估计法中,过去每个日收益率的权重大小,要根据过去这一天当天的经济情况与现在的经济情况的相似程度而定。如果当天的经济情况与现在的经济情况比较相似,那么这一天的日收益率的权重就大,而不管这一天离现在是远还是近。如果当天的经济情况与现在的经济情况不太相似,那么这一天的日收益率的权重就小。

在多元密度估计法中,关键的问题就是选择哪些经济状态变量来将现在与过去的经济情况作比较。可以选择的经济状态变量有很多,例如,利率期限结构的斜率、通胀率、市场风险溢价(即标准普尔 500 指数收益率减去国债收益率),等等。选择经济状态变量的原则是:所选的经济状态变量要能够大体上反映经济环境,且要与资产收益率的波动率相关。

其次,我们还要决定权重如何分配,即:如果经济情况比较相似,给予多大的权重;如果经济情况不太相似,给予多小的权重。这个权重的分配方法太过主观,也是多元密度估计法的一个问题所在。

多元密度估计法最严重的问题是:需要储存的数据量太大。它不仅要求储存过去每天的日收益率,还要求储存过去每天的所有经济状态变量数据,用以计算权重。

15.5.4 综合法

综合法(hybrid approach)是历史模拟法和 RiskMetrics 方法的综合。首先,我们直接通过历史数据计算每个日收益率并升序排列,正如历史模拟法一样。但与历史模拟法不同的是,我们并不是给予每个日收益率相同的权重,而是随时间的回溯,权重呈指数形式衰减,正如 RiskMetrics 方法。

这样,我们在计算 VaR 时,需要按顺序将日收益率的权重相加,直到达到 VaR 要求的水平。例如,我们要计算 95%的置信水平下的 VaR,就要按顺序将日收益率的权重相加,直到权重大于等于 5%,那个日收益率即为 VaR。

15.5.5 计算资产组合的 VaR

以上我们讨论的都是计算单个资产的 VaR,那么如何计算资产组合的 VaR?

对于历史标准差方法和 RiskMetrics 方法,我们可以使用各资产收益率的方差-协方差矩阵(variance-covariance matrix)来计算资产组合的波动率和 VaR。因为在历史标准差方

法和 RiskMetrics 方法下,我们假设了单个资产收益率的无条件分布为正态分布,因此,资产组合收益率的无条件分布也为正态分布。

对于历史模拟法,我们需要使用历史数据计算各个资产的日收益率,但在计算资产组合的日收益率时,各个资产间的权重使用现在的权重,而非历史权重。例如,我们现在总资产有 100 万,其中 40 万是股票,60 万是债券,那么:资产组合的日收益率 = $0.4 \times$ 股票的日收益率 + $0.6 \times$ 债券的日收益率。这样就可以算出资产组合以前每天的日收益率。虽然在 10 天以前,股票和债券的权重可能不是 4:6,我们还是以现在的权重来计算资产组合在 10 天前的日收益率。然后将资产组合每天的日收益率按升序排列,就能计算资产组合的 VaR 了。

还有一种方法,我们可以像历史模拟法那样以现在的权重计算资产组合以前每天的日收益率,然后计算日收益率的标准差(波动率)。然后,我们可以假设资产组合收益率的无条件分布为正态分布,标准差为计算所得组合日收益率的标准差(波动率)来作蒙特卡洛模拟。当然这样做要基于一个前提,即资产组合是完全分散化的(well-diversified),即资产组合中包含很多不同种类的单个资产。

15.5.6 基于隐含波动率的方法

至此为止,我们所介绍的计算 VaR 的方法都要使用历史数据,这些方法往往是延伸风险的趋势,而不是预测风险的趋势。而且,这些方法都是静止的方法,它们假设可以通过过去预测未来,即假设历史是不断被重复的。

如前所述,基于隐含波动率的方法(implied volatility based approach)是根据现在衍生产品的价格,使用衍生产品定价模型,倒推出其标的资产隐含的波动率。最简单的方法是使用期权定价公式 Black-Scholes model,根据期权的市场价格来倒推其标的资产的隐含波动率。

基于隐含波动率的方法不需要历史数据,是对未来波动率的预测。并且这种预测方法对市场情况变化的敏感度较高。

基于隐含波动率方法的缺点主要包括:

1) 隐含波动率依赖于定价模型,如果模型有问题,计算出来的隐含波动率就不准确。例如,Black-Scholes model 有许多前提假设,其中之一是假设资产价格服从对数正态分布。假如资产价格实际上并不服从对数正态分布,那么计算出来的隐含波动率就不能准确反映真实情况。

2) 衍生产品定价模型假设标的资产隐含的波动率在合同期间不变,而实际上,波动率是时变的。

3) 经验数据显示,隐含波动率常常大于实际的波动率,这通常是因为市场要对不稳定的波动率收取溢价所造成的。

4) 要想计算某资产收益率的隐含波动率,首先必须存在以该资产为标的资产的期权,并且能够获得该期权的准确价格。

因此,在使用基于隐含波动率的方法来估计 VaR 时,必须将以上方面的缺陷考虑进去。

15.5.7 长期波动率和 VaR

已知一期的 VaR,要计算 n 期 VaR,公式为:

$$n \text{ 期 VaR} = \sqrt{n} \times 1 \text{ 期 VaR}。$$

要使用这个公式,有两个前提假设:首先,假设资产价格是不可预测的(随机游动的);其次,假设波动率在期间是不变的。

但根据实际经验,股票和外汇的收益率在短期是不可预测的,而利率和利差(spread)通常被认为是可以预测的。我们一般使用自回归(autoregression)的时间序列模型来预测利率和利差,自回归是指利率和利差有趋向于长期均值(long run mean, LRM)的特性。也就是说,当利率和利差高于长期均值时,有下降的趋势;当利率和利差低于长期均值时,有上升的趋势。

这种趋向于均值回归(meaning reverting)的特性会对长期波动率产生很大影响,造成负系列相关(negative serial correlation)的波动率,使得实际的长期波动率小于估计值:

$$n \text{ 期 VaR} < \sqrt{n} \times 1 \text{ 期 VaR}。$$

15.5.8 估计相关系数

前面我们讨论的都是如何估计波动率以计算 VaR。估计相关系数的方法与估计波动率的方法相似,例如,我们也可以用 EWMA 模型或 GARCH 模型来估计相关系数,其优缺点与使用该方法估计波动率是一样的。但是,我们在这里要着重关注一个问题,就是使用非同步的数据(nonsynchronous data)对估计相关系数的影响。

非同步的数据通常是由不同市场收市时间的不同而产生的。比如说,美国股票市场的收市时间是美国东部时间下午 4 点,而日本股票市场的收市时间的是美国东部时间凌晨 1 点,相差了 9 个小时。在这 9 个小时内发生的影响全球股价的事件会影响当天的美国股市,但不会影响当天的日本股市,而是会影响第二天的日本股市。

因此,非同步的数据通常造成估计的相关系数和协方差都偏小。

15.6 VaR 的方法

到现在为止,我们已经孤立地讨论了风险的来源。这种方法反映了 20 世纪 90 年代初的技术水平。直到那时,风险依然是作为一个商业因素被估计和管理的。同样地,资产风险、利率风险和流动性风险也是被分开分析的。金融特性基本上被划分开。投资组合理论告诉我们,风险必须根据资产组合来估计,但是,上述方法却没有利用到这种投资组合理论。

这一章将转向讨论 VaR 方法。这种方法可以被分为局部估值法和全值估值法。局部估值法利用金融资产当期的价值,同时还会用到一阶偏导甚至二阶偏导来计算 VaR 值。全值估计法就是在风险因素的影响下随着金融资产价值的不断变动不断地对金融资产 VaR 进行重新估值。

这种合约价值的变动取决于三个风险因素,交易点利率、国内利率和国外利率。映射模型用于描述这种情况,它包含了用风险暴露代替金融资产。

对于更多的远期合约,我们依然用这三种基本的风险因素。如果对所有金融工具都做一个模型显然很不现实,因为存在着太多的金融工具。风险管理的目标就是要选择有限个足够涵盖影响手头资产组合所有风险的风险因素。所以,风险管理其实就是一种估计技术。

15.6.1 VaR:局部估值法与全值估值法

图 15-2 描述了各种计算 VaR 的方法。图的左半边是局部估值法,就是通常所说的敏感性分析,其中包括了线性模型与非线性模型。线性模型以协方差矩阵为基础。这种矩阵可以简单描述成因素模型或者单因素的对角模型。非线性模型要用到一阶和二阶偏导。后者被称为 Gamma 类模型或凸度模型。图的右半边描述了全值估值法,包括历史模拟法和 Monte Carlo 模拟法。

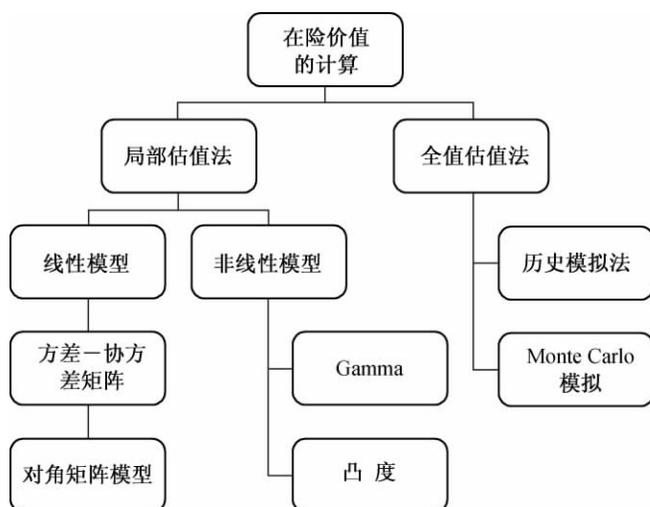


图 15-2 VaR 方法

15.6.2 局部估值法

VaR 产生的思想就是我们需要一个能涵盖所有风险并能在一定的概率下表示出损失的估计值。利用久期方程中在某种置信水平下收益率的最差变动,我们得到:

$$(\text{Worstd}P) = (-D^*P) \times (\text{Worstd}y)。$$

其中: D 是修正久期; P 为债券价格; $\text{Worstd}P$ 是在最差市场情况下 P 的变动; $\text{Worstd}y$ 为利率 y 在最差市场情况下的变动。对于债券的长期头寸,在 95% 的置信水平下收益率的最差变动,比如增加,将导致在同样的置信水平下债券价值的减少。我们称这种方法为局部估值法,因为它用的信息是初始价值以及初始时点的风险暴露。于是,债券的 VaR 就可以用以下的方程得出:

$$\text{VaR}(dP) = (D^*P) \times \text{VaR}(dy)。 \quad (15-11)$$

这种方法的主要优势就是简单:价格的分布与收益率的分布是相同的。这尤其对带有大量风险因素的资产组合很方便,因为正态分布的线性组合也是正态分布。图 15-3 说明了线性风险暴露与正态分布的概率密度函数的组合还是一个正态分布的概率密度函数。

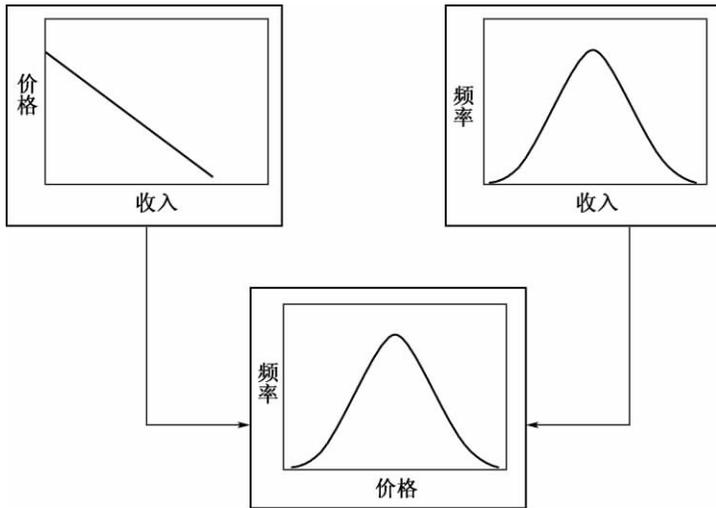


图 15-3 线性风险暴露与正态分布的概率密度函数组合

15.6.3 全值估值法

如果考虑更一般的情况,比如非线性关系,我们就需要根据不同情形下的收益率对债券进行重新定价。定义 y_0 代表初始收益率,则:

$$(\text{WorstdP}) = P[y_0 + (\text{Worstd}y)] - P[y_0]。 \quad (15-12)$$

我们称这种方法为全值估值法,因为它需要对资产进行重新定价。

图 15-4 描述了这种方法,非线性暴露与正态分布的概率密度函数的组合得到一个不再对称的分布函数。这种方法更精确,但是却比线性估值模型更复杂。

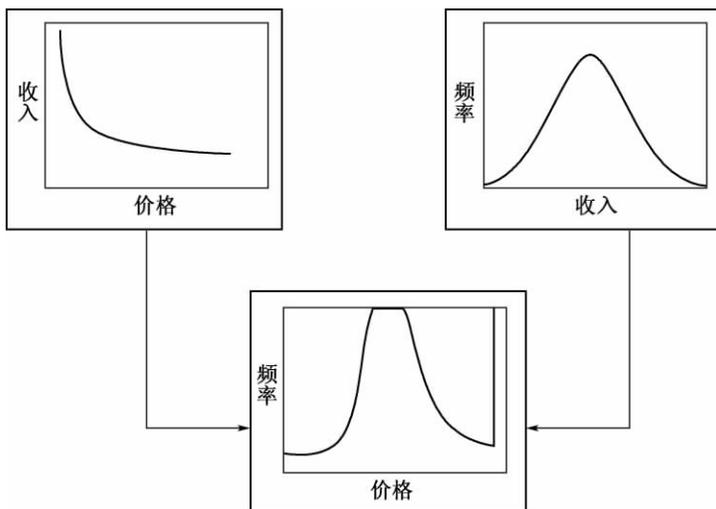


图 15-4 非线性风险暴露与正态分布的概率密度函数组合

最好的情况是,当我们处理非线性关系的时候能够像局部估值法那样简单。用泰勒公式表示为:

$$dP \approx \frac{\partial P}{\partial y} dy + (1/2) \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} (dy)^2 = -D^* P dy + (1/2) CP (dy)^2. \quad (15-13)$$

其中:二阶项包含凸性 C 。注意,我们现在估值依然是局部的,因为我们对债券的估值依然只有一次,即在初始时点。一阶和二阶偏导也是在初始时点。

因为价格是收益率的单调函数,我们可以用泰勒展开式发现收益率的最差波动对债券价格波动的影响。由 $dy^* = \text{VaR}(dy)$ 我们得到:

$$(\text{Worstd}P) = P(y_0 + dy^*) - P(y_0) \approx (-D^* P) dy^* + (1/2)(CP)(dy^*)^2. \quad (15-14)$$

接着用 VaR 做个简单的调整:

$$\text{VaR}(dP) = (D^* P) \times \text{VaR}(dy) - (1/2)(CP) \times \text{VaR}(dy)^2. \quad (15-15)$$

更一般的情况,这种方法可以用于偏导数,得到下面这个泰勒估计式:

$$df \approx \frac{\partial f}{\partial S} dS + (1/2) \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} dS^2 = VdS + (1/2)\Gamma dS^2. \quad (15-16)$$

其中: Γ 是二阶偏导,或者叫 Gamma,也就是凸性。

对于长期买权,它的最低价值就是通过潜在价值下降 $\text{VaR}(dS)$ 得到的。当 $\Delta > 0, \Gamma > 0$ 时, VaR 就是:

$$\text{VaR}(df) = \Delta \times \text{VaR}(dS) - (1/2)\Gamma \times \text{VaR}(dS)^2. \quad (15-17)$$

这种方法叫做 delta-gamma 法,因为它对 delta 正态 VaR 做了二阶微分的修正。它解释了为什么期权的多头头寸当有正的 gamma 时,风险比线性模型来得小。相反,期权的空头头寸的风险比线性模型来得大(其 gamma 为负值)。

但是,这种简单的调整只能用于单调的定价函数,即期利率与价值是一一对应的对应关系。更一般地, delta-gamma-VaR 的方法包括两步:第一,利用(15-17)式建立映射模型即确立其中 Δ 和 Γ 值的大小;第二步,选择正态分布去拟合风险因素 S 的波动;最后将两者结合起来计算出资产 f 的风险价值(VaR)。

这种方法的改进效果取决于二阶系数 Γ 的大小,即 Δ 对风险因素 S 变动敏感度的大小。例如远期合约, $\Gamma = 0$, 就没有了二阶项。同样地,对于持有期很短的固定收益金融工具,凸性效果就很小从而可以被忽略不计。

15.6.4 映射

对于某些资产组合包含了大量的金融工具,如果对每一个金融工具单独建模,将会非常复杂。因此,第一步就是映射,即将金融工具映射为受有限个风险因子影响的头寸。这些头寸接着会被汇总。

例如,我们可以把美国固定收益市场的到期期限减少为 14 个时间段。接着我们可以用

在这 14 个风险因子影响下的风险暴露来代替这些头寸。也许风险因子可以减少得更少。对于一些资产组合，一个利率风险因子就足够了。

图 15-5 介绍了映射过程。我们现在有 6 个金融工具，比如有相同的流动性但不同的到期日的远期合约。这些可以用只在三个风险因子影响下的头寸所代替。在下一个部分，我们将提供一个完整的例子。

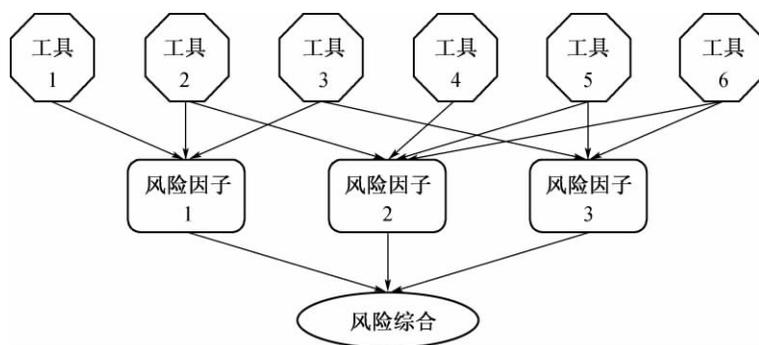


图 15-5 映射法

资产组合收益率的分布来源于受风险因子影响的风险暴露和风险因子的波动。风险因子的选择必须慎重，风险暴露也需要认真的考虑。当资产组合的美元价值变动时，收益率必须被测量。

15.6.5 Delta 正态方法

Delta 正态法是 VaR 最简单的方法。它假设资产组合的风险暴露呈线性，风险因子也是正态分布的，这有点类似于局部估值法。

因为资产组合收益率是正态变量的线性组合，因此，它也是正态分布。用矩阵符号，资产组合的方差可以表示成：

$$\sigma^2(R_{p,t+1}) = x_t^T \Sigma_{t+1} x_t。$$

其中： Σ_{t+1} 是超过持有期 t 协方差矩阵的预测值。

如果资产组合的波动性是用美元衡量的，VaR 就是直接从对应于置信水平 C 的标准离差 α 获得的： $VaR = \alpha \sigma(R_{p,t+1})$ 。这被称为分散 VaR，因为它考虑了分散化效应。而与此对应，非分散效应就是简单地将在每个风险因子影响下的 VaR 加总。它假设所有价格将会同时朝最差的方向移动，显然这是不实际的。

加权正态模型基本上与 delta 正态模型很相似。唯一的不同在于前者的风险因子收益是用价格比率的自然对数来衡量，而非简单收益比率。

这种方法的主要优点是简单。但这也是它的缺点。Delta 正态法不能考虑到非线性效应比如期权。它也可能低估离群观测值出现的概率，因为它依赖的是正态分布。

15.6.6 历史模拟方法

历史模拟方法是全值估值方法。它回溯回去的时间段,并使历史资产收益率与现在时点的权重相同。它利用现在的权重重演历史。

定义现在的时点为 t , 我们观察 1 到 t 年的数据。现在的资产组合价值为 P , 是现在风险因子的函数:

$$P_t = P[f_{1,t}, f_{2,t}, \dots, f_{N,t}]。 \quad (15-18)$$

我们得到的因子波动的样本数据服从历史分布: $\Delta f_i^k = \{\Delta f_{i,1}, \Delta f_{i,2}, \dots, \Delta f_{i,t}\}$, 从而我们可以构造从现在时点算起的历史因子的值, $f_i^k = f_{i,t} + \Delta f_i^k$, 接着我们用这个式子构造现在的时点在新的情形下的历史值, 可以通过以下这个方程得出:

$$P^k = P[f_1^k, f_2^k, \dots, f_N^k]。 \quad (15-19)$$

从而我们就可以计算以现在时点为基点的资产组合的变动率。

我们选择与 c 分位数相对应的 t 时点的数值, VaR 就是平均值与分位数相对应的数值的差, 则 $\text{VaR} = \text{AVE}[R_P] - R_P(c)$ 。其中: $\text{AVE}[R_P]$ 为 $R_1 \sim R_P$ 的平均值; $R_P(c)$ 为根据 R 的分布, 在分位数取值为 c 的情况下 R 的取值。

历史模拟法的优点就是不需要做分布假设, 因此能够解决厚尾问题。这种方法的主要缺点就是它以短暂的历史数据的变动来推断未来市场数据的变动。如果过去的数据没有包含未来的可能事件, 那么这个方法将会漏掉一些风险因子。

15.6.7 Monte Carlo 模拟方法

Monte Carlo 模拟方法与历史模拟法基本相同, 除了需要估计风险因子的特征。

$$\Delta f^k \sim g(\theta), k = 1, \dots, K。$$

其中: g 是某种分布; θ 是参数。

风险管理者根据已选定的分布, 利用伪随机数发生器生成样本因子, 然后生成虚拟美元回报率。最后, 这些回报率被用来得出所需要的 VaR。

这种方法在使用上有很高的弹性, 它却必须承受巨大的计算负担。它还需要使用者假设随机过程并能深刻了解计算结果对假设的敏感性。所以, 它具有模型风险。

Monte Carlo 方法由于为了随机性建立了模拟抽样。不同的抽样次数将导致不同的结果。大量的重复模拟抽样将会收敛于稳定的 VaR 估计值。其实, 这也就意味着当样本因子服从正态分布, 且风险暴露是线性的, 那么 Monte Carlo 方法得出的 VaR 将收敛于 delta 正态得出的 VaR。

15.6.8 方法的比较

表 15-1 提供了 VaR 三种主流方法的比较。Delta 正态法在操作上和理解上最容易。

对于一些带有一点随机性的简单投资组合,Delta 正态法比较合适。但是,期权需要用全值估值法(如历史模拟或蒙特卡洛模拟)。

表 15-1 VaR 方法的比较

特征	Delta 正态	历史模拟	蒙特卡洛模拟
头寸评价	线性	完全	完全
分布形态	正态	真实	一般
时间变化	是	可能	是
隐含的数据	可能	没有	可能
极端事件	概率较低	最近数据	可能
使用相关系数	是	是	是
VaR 精确性	极好	用短期窗口较低	大量重复但精确度好
应用计算	是	中等	不
是否容易			
准确性	依靠投资组合	是	是
可沟通性	容易	容易	困难
VaR 分析	容易分析	比较困难	比较困难
主要缺点	非线性,厚尾	风险随时间变化,异常事件	模型风险



第 16 章 压力测试

VaR 型风险衡量的主要目的是为了在“标准”的市场条件下量化潜在的损失。一般而言,增加置信水平能够揭示出日益巨大的但却不太可能出现的损失。问题在于,基于最近的历史资料所做的 VaR 测量,往往不能识别那些可能引起巨大亏损的情形。这就是在运用 VaR 方法时应该用压力测试的合理方案进行补充的原因。

作为能够令人满意地运用内部模型的七个条件之一,压力测试确实是巴塞尔委员会要求进行分析的方法之一。这也同样为衍生工具政策集团和国际 30 人集团所认可。但不幸的是,压力测试的标准通常是模糊的。在关于压力测试实施和运用上同样很混乱。

16.1 为什么需要压力测试

压力测试(stress testing)可以被描述为一个识别和管理那些可能导致巨大损失的过程。它由一系列的方法组成,包括:① 情景分析;② 压力模型、波动性及相关性;③ 政策回应。

情景分析(scenario analysis)由对世界上在各种状态下的资产组合的评估所组成。具有代表性的是,它们包含了关键变量的巨大变动,而这些关键变量需要用完全评价法。压力测试最初的应用包含大量的连续变化的关键变量,但是忽略了相关性。更一般的是,无论是历史还是预期的情景对金融变量中的连贯活动提供了描述,这些情景都可以从历史事件或合理的经济和政治的发展中得出。

与 VaR 方法相比,压力测试既简单又直观。其第一步是情景分析,检查资产组合在关键金融变量中所模拟的大幅变动下的效果。由于它简单易行,这种方法实际上优于 VaR 方法。

使用压力测试的一个原因是, VaR 衡量方法使用了最近的历史数据。相反,压力测试考虑的是缺乏历史数据的情形,或历史上没有发生过但却可能发生的情形。另外,压力测试在历史关系被短暂或者永久打破的情况下确认现实的情形是很有价值的。

16.2 情景分析的实施

我们现在考虑的是情景分析的实施。定义 s 为选定情景。对于不同的 k , 风险因素 $\Delta f_{k,s}$ 出现了一系列的变化。基于新假设的风险因素价值 $f_{k,0} + \Delta f_{k,s}$, 在资产组合中所有的证券将被完全评价法重新估价。资产组合的收益率 $R_{p,s}$ 是从所有证券价值 $R_{i,s}$ 的单个变化中获得的, 可以表述为:

$$R_{p,s} = \sum_{i=1}^N \omega_{i,t} R_{i,s} \quad (16-1)$$

注意,除了情景按时间顺序,以及在其他方法中所有的情景都被给予相同的概率以外,这个过程类似于历史模拟法。图 16-1 详细描述了这一步骤。现在的问题是如何产生现实的情景。

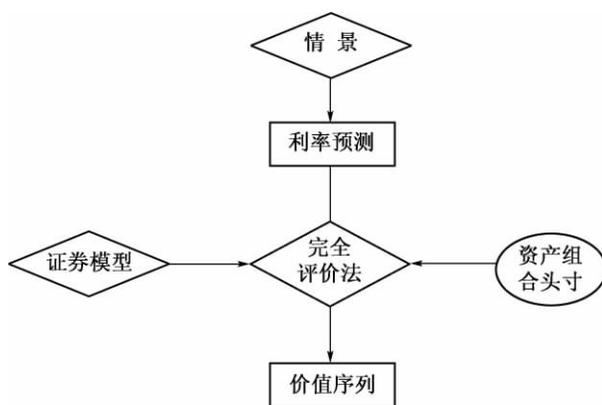


图 16-1 情景分析法

16.2.1 一维情景的产生

传统的情景分析方法一次只关注一个变量。举例来说,衍生工具政策小组(DPG)提供了具体情景分析的标准。它建议集中考虑以下一系列具体的市场变动:

- 1) 收益率曲线平行移动 100 个基点;
- 2) 收益率曲线旋转 25 个基点;

- 3) 收益率曲线旋转移动;
- 4) (隐含)波动率在当前价值 20% 的范围内变化;
- 5) 股票指数价值在 10% 之间变化;
- 6) 主要货币在 6% 的范围内波动,其他的则在 20% 的范围内波动;
- 7) 互换价差在 20 个基点的范围内变化。

当这些变动在一天内无法完成时,DPG 的目标就是提供机构之间可比较结果来确定评估弱点所在。通过制定统一标准,力图确保所有经纪人使用的模型“拥有相似的业绩”。

这些情景会每次冲击一个风险因素(除了第三个情景)。这个方法适用于资产组合主要依赖一个风险来源的情形。举例来说,美国储蓄机构监管办公室(OTS)利用情景分析评估储蓄和贷款协会的市场风险。OTS 要求机构去评估当收益率曲线从-400 到+400 个基点之间平行移动时,他们的经济价值会发生什么变化。OTS 最近把基于风险的资本需求直接与监管机构的利率风险联系起来。

16.2.2 多维情景分析

一维情景利用自上而下的方法提供了对关键变量活动效果的一种直观理解。问题是他们并没有考虑相关性。这就是多维情景的价值所在。多维情景分析的过程包含:① 假设一种现实情形;② 利用自上而下的方法推断出各市场变量的活动。

16.2.2.1 预期情景

预期情景描述了假设一次性突发事件对金融市场的影响。例如,可能有人试图检测东京地震的影响、朝鲜半岛统一的影响、在石油产地发生战争的影响,或者一个政府违约的影响。情景的定义应该由最高管理人员提出,他们最熟悉公司的业务以及极端事件可能造成的影响。

让我们回到之前所举的对汇率机制(exchange rate mechanism,ERM)可能存在崩溃的情景分析的例子,这是在 1992 年夏天进行的评估。风险管理者可能会假设里克对马克贬值 20%。也可能有人进一步猜测若意大利中央银行让里拉浮动,短期利率可能下降,股票市场将止跌回升。但是,除了对意大利利率和股票价格产生影响外,它无法满足其他金融变量的貌似合理的情景。问题是资产组合可能会受到其他潜在风险因素的冲击。因此这种主观类型的情景分析不十分适合大型的复杂资产组合。

16.2.2.2 因素推动法

压力测试的一些实施方法试图用一个粗线条的两步法来解释多维性。首先,以标准差的 2.33 点单个提升或降低风险因素变量,然后计算投资组合的变化;其次,估计一个最坏的情景实例,使所有的变量都造成最大的损失。例如,变量 1 可以被提升 $\alpha\sigma_1$,但变量 2 却被降低 $\alpha\sigma_2$,以此类推。

这个方法虽然非常谨慎,但完全忽略了相关性。如果变量 1 和变量 2 有很高的正相关关系,这就使考虑相反方向的变动变得没有什么意义。进一步来说,观察极端事件的活动也就不合适。一些头寸(如多头期权头寸)组合如果基础变量没有任何变化,将会损失惨重。

16.2.2.3 历史情景

另外一种情景分析的方法是通过检查历史数据来提供金融变量的联合变化的例子。风险管理者的角色是认定可能排除在 VaR 之外的情景,如表 16-1 列举的那些情景。这些情景中的任何一个都将产生一系列能够将相关性自动考虑在内的金融变量的联合变动。

表 16-1 历史情景的范例

情 景	时 期
石油价格大涨	1974 年 1 月
股市崩盘	1987 年 10 月
欧洲金融货币危机	1992 年 9 月
债券市场崩溃	1994 年 4 月
墨西哥货币贬值	1994 年 12 月
亚洲金融危机	1997 年夏季
俄罗斯信用危机	1998 年 8 月

历史情景对测定金融变量共同的变化非常有价值。从风险管理者的角度,他们的缺陷是能被考虑的极端事件的数量有限。当考虑尽可能长时期的历史情况时,市场仅能提供近期数据却无法提供有关长期问题的信息(数据)。

16.3 压力测试模型参数

对于检测能改变模型功能效果的敏感性分析(sensitivity analysis)和输入到模型中的压力测试模型参数(model parameter),需要加以区别。

首先,让我们来考虑敏感性分析。衍生证券可以通过各种模型来定价。例如,利率衍生工具运用由历史数据估算出的有代表性的参数,可以通过一个或者多重因素模型来估价。另外,抵押担保证券必须附加提前还款模型。所有这些假设的提出带来了潜在风险。目前的定价模型可能适合现在的市场情况,但是可能在关键变量的大幅波动的情况下无法给出一个好的近似值。阿斯金的故事提供了一个抵押担保证券组合在剧烈的利率波动下,被考虑用来进行套期保值但却导致重大损失的案例。价格模型在变化的环境中可能会失败。

同样,简化风险衡量系统也会产生隐蔽的风险。例如,债券映射靠有限数量的风险因素取代了收益率曲线。如果在风险因素的选择上存在间隔尺度(granularity)不明或不够详细,资产组合就可能遭受风险管理系统无法衡量的损失。

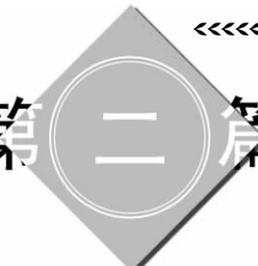
回到模型参数,价格和风险管理系统依靠特殊的输入数据,如一系列的波动率和相关系数,但是相关系数可能突然偏离在压力下的历史平均水平。问题的关键是,当 VaR 系统在历史相关模式不起作用的时候,是否能在一个传统的方差-协方差基础上提供充分的风险衡量工具。

在一定程度上,这个问题可以基于历史资料的情景分析来直接回答。但是检查一个

VaR 值风险衡量工具变化有多大的敏感性也是很有意义的。正如我们将在长期资本管理公司(LTCM)的案例中所看到的,已知相关系数随机误差,在同一时期衡量风险并优化资产组合是非常重要的。

举一个例子,考虑用两个系列间显示出很高相关性的最近历史资料来衡量协方差矩阵。但是风险管理者不相信这种高相关性在未来会继续存在,以及能够改变被认为具有合理价值水平的协方差矩阵。因此,压力测试可用来比较新的和原来的 VaR 衡量工具的优劣。

在所有这些案例中,对压力测试来说没有简单的规则可循。更确切地说,风险管理者必须注意系统中的局限性、假设和衡量误差。压力测试可以被描述为检查风险预测对于系统结构的变化是否影响较大的一门艺术(而不仅是科学)。



第二篇

信用风险的测量与管理篇

- ◆ 第 17 章 信用风险管理概述
- ◆ 第 18 章 债券及贷款的信用风险衡量
- ◆ 第 19 章 交易对家的信用风险衡量
- ◆ 第 20 章 国家主权风险
- ◆ 第 21 章 信用风险的组合模型
- ◆ 第 22 章 运用信用衍生工具管理信用风险
- ◆ 第 23 章 运用资产证券化管理信用风险
- ◆ 第 24 章 贷款出售和其他信用风险管理技术
- ◆ 第 25 章 信用风险管理和战略资本配置





第 17 章 信用风险管理概述

17.1 信用风险简介

17.1.1 信用风险的定义

信用风险是指债务人或交易对手未能履行合同所规定的义务或信用质量发生变化,影响金融工具价值,从而给债权人或金融工具持有人带来损失的风险。其影响是通过交易对方违约时重置现金流的成本来衡量的。

传统的观点认为,信用风险是指交易对手无力履约的风险,即债务人未能如期偿还其债务造成违约,而给经济主体经营带来的风险。这里的风险可以理解为只有当违约实际发生时才会产生,因此,信用风险又称为违约风险。然而,随着现代风险环境的变化和风险管理技术的发展,传统的信用风险定义已经不能充分反映现代信用风险及其管理的性质与特点。从当今组合投资的角度出发,投资者的投资组合不仅会因为交易对手(包括贷款借款人、债券发行者和其他交易合约的交易对手)的直接违约而发生损失,而且,交易对手履约可能性的变化也会给组合带来损失。因此,现代意义上的信用风险是指债务人或者交易对手未能履行金融工具的义务或信用质量发生变化,影响金融工具的价值,从而给债权人或金融工具持有人带来损失的风险。

对大多数商业银行来说,贷款是最大、最明显的信用风险来源,但事实上,信用风险存在

于商业银行的所有业务中,包括商业银行结算、交易账户及表内外业务。商业银行也越来越多地面临着除贷款之外的其他金融工具中所包含的信用风险,包括承兑、同业资产转让、贸易融资、外汇交易、金融期货、掉期、债券、股权、期权、承诺和担保以及交易的结算等。

信用风险可以表现为以下几种形式:违约风险、交易对手风险、信用迁移风险、信用事件风险、可归因于信用风险的结算风险等。

信用风险具有明显的非系统性风险的特征,其概率分布为非正态分布,同时信息不对称和道德风险在信用风险中起着重要作用。与市场风险相反,信用风险的观察数据少,且不易获取。

17.1.2 信用风险与市场风险

在巴塞尔委员会 1996 年颁布的《资本协议关于市场风险的补充规定》中,市场风险被定义为由于市场价格(包括金融资产价格和商品价格)波动而导致的商业银行表内、表外头寸遭受损失的风险。它可以分为利率风险、股票风险、汇率风险和商品风险四种。

相对于信用风险而言,市场风险具有数据优势和易于计量的特点,而且可供选择的金融产品种类丰富,因此可以采用多种技术手段加以规避。由于市场风险主要来自所属经济体系,因此具有明显的系统风险的特征,难以通过分散化完全清除。国际性商业银行通常分散投资于多国金融/资本市场,降低所承担的系统风险。

近些年来,信用风险的研究得到了巨大的发展。特别是在市场风险衡量手段快速发展的推动下,一些机构开始尝试在投资组合的基础上对信用风险进行量化。然而,信用风险的研究给我们提出了一个独特的挑战。衡量信用风险通常需要构建违约概率的分布、违约情况下损失的分布以及信用暴露的分布,所有这些分布将在投资组合的背景下被用来测量信用损失量。这一项工作是目前信用风险管理中面临的最为困难的问题。相比之下,利用风险价值(VaR)来衡量市场风险是一件相对简单的工作。

然而对于大多数金融机构而言,市场风险与信用风险相比显得微不足道。事实上,银行体系为信用风险而储备的风险资本的数额要远远大于为市场风险而储备的风险资本的数额。从金融机构发展的历史中,我们也可以发现最大的一些银行倒闭案例都是由于信用风险的原因。

近年来发展起来的测量市场风险的工具对于信用风险的测量与评定也非常有用。即使如此,市场风险与信用风险还是有着许多重要的差异。这些差异被列入表 17-1 中。

表 17-1 市场风险与信用风险的差别

项目	市场风险	信用风险
风险来源	仅仅市场风险因素	违约风险、回收风险、市场风险
分布状态	基本对称、有厚尾的可能	左偏
时间界限	短期(几天)	长期(几年)
适用总体	商业/贸易单位	所有公司及其对手
发布的法律	没有可使用的	非常重要

信用风险源于三种风险来源(违约风险、回收风险、市场风险)的复合过程。与大多数市场风险因素不同,信用风险的性质使其分布产生严重的左偏(即有高于正态分布的概率产生数值非常大的损失),这是因为信用风险的损益与期权中的空头类似。在最好的情况下,对家支付所有应支付的金额,没有任何损失发生;在最坏的情况下,所有应收回的金额都将成为损失。

时间期限也是不同的。尽管对于市场风险而言,校正措施所需的时间相对较短,但是对于信用风险,却需要很长的时间。虽然当前信用衍生产品的出现使得信用风险很容易被对冲,但与市场风险相比,信用风险的头寸周转起来还是相当缓慢的。

最后,适用总体的水平也是不同的。对市场风险的界定可以在交易柜台、公司各部门、甚至在整个公司的层面上被使用。与此相对,信用风险的界定必须在对家的层面上进行界定,因为所有的头寸都由机构持有。

信用风险还可以和市场风险融合在一起,公司债券价格的波动实际上反映了对此公司信用损失预期的变化。在这种情况下,很难非常清楚地说应将这一波动划为市场风险还是信用风险。

17.2 对家信用风险的分类

对家信用风险包括结算前风险和结算风险两部分。结算前风险(presettlement risk)是因交易对家在交易过程中不能履行义务而造成损失的风险,包括由于贷款的违约、债券的违约以及在衍生产品的交易中无法履行必需的支付所造成的风险。结算前风险可以在从合同签订到结算这样一个很长的时间段(通常好几年)内长期存在。相反,结算风险(settlement risk)来自于现金流的兑换,有着短期的属性。该风险在一个机构开始支付款项时产生,直到所有的支付款项都被收到时结束。当支付发生在不同的时间段时该风险达到最大,特别是对于在不同货币之间进行兑换的外汇交易更是如此。订约方的违约、流动性约束或经营问题都可能导致交易对家不能履行支付义务。

通常情况下,由于经营问题造成无法结算导致的经济损失较小,例如利息损失。然而,在有些情况下损失也会很大,甚至可能全部金额都不能收回。一个典型的结算风险的例子是1974年Herstatt银行的倒闭。破产那天,Herstatt银行已经收到了来自许多交易对家的支付,但在这些支付的款项被用于一些交易的还款之前该银行已经违约了。

1996年三月,国际结算银行(BIS)在公布的一份报告中警告说,私人部门面对每天1.2万亿美元交易额的全球外汇市场,应该寻找一些途径来降低结算风险。报告中还提到中央银行对于“源自当前的外汇交易结算安排的风险非常关注”。报告中说到,“仅对一个对手的有风险的贷款数额就可能超过银行的资本金总额”,这就引起了系统风险(systematic risk)。来自监管机构的警告导致了对于结算风险的重新考察。

通常一个交易的状态可以被分为五类。

- 1) 可撤销:机构在没有得到对手同意的情况下仍然可以撤销交易。
- 2) 不可撤销:支付行为已经发生并且在来自另一方的支付到期之前。
- 3) 不确定:来自另一方的支付已经到期但还没有实际收到款项。

- 4) 已结算:来自对手的支付款被收到以后。
- 5) 违约:对手未能履行支付的行为发生以后。

结算风险发生在不可撤销和不确定这两个阶段,通常时间为1~3天。结算风险在可能带来巨大经济损大的同时,其短期的性质又使得它与结算前风险有着根本的不同。对结算风险的管理需要特殊的工具,如实时总额结算系统(real-time gross settlement, RTGS)。这些系统以降低从一个机构不能中止支付的时点到来自对手的资金已经被收到时这一时间段的风险为目标。

结算风险可以通过净额交易协议得到进一步的管理。其中的一种形式就是涉及两个银行的双边净额结算(bilateral netting)。银行之间将余额进行合计并且仅就每种货币的净额进行结算,而不是相互支付总金额。接下来一步的发展就是开发多边净额结算系统(multi-lateral netting system),也称为连续结算系统(continuous-linked settlement, CLS)。在这一系统中,一组属于该系统的银行之间仅就净额支付。2002年9月9日,当由60家成员银行于1998年组建的CLS银行开始运转时,这一想法成为了现实。每晚,CLS银行为其成员银行提供一张第二天需要进行支付的时间表。只有当资金部已收到资金并且所有的交易都已经被确认时才进行支付。这样,仅对于那些存在净额交易的机构才承担结算风险。除了降低结算风险,净额交易系统还有效减少了参与者交易数量的90%以上,从而大大降低了交易成本。

17.3 信用风险的成因

信用风险衡量体系试图将对对手违约而造成损失进行量化。信用风险的分布可以被看成受下面这些变量影响的复合过程。

1) 违约与否(default)。这是一个离散型变量,对手违约或者不违约。违约的发生服从某种违约概率分布(probability of default, PD)。

2) 信用暴露(credit exposure, CE)。也被称为违约暴露(exposure at default, EAD),即对手在违约时对其求偿权的经济价值。

3) 违约后损失(loss given default, LGD)信用。指因违约造成的损失比例。例如,如果违约造成的回收率仅有30%,那么违约后损失为信用暴露的70%。

一般来说,信用风险通常用名义价值或票面价值接近其风险暴露或经济价值的贷款或债券来衡量。这对于债券来说是一个合理的近似,但不适用衍生产品。衍生产品的价值可正可负,而信用暴露被定义为资产的正的价值:

$$\text{信用暴露}_i = \max(V_i, 0)。$$

这是因为如果对手违约,对于欠他的所有金额仍需要全部支付。相反,如果对手违约有未支付金额,仅仅只有一部分可能被收回。因此,信用风险对于机构来说,只有合约的重置成本为正时才会发生(即“当机构赚钱时”)。

17.4 信用风险衡量

对于信用风险的衡量经历了如下几个阶段：

- 1) 名义数量(notional amounts)；
- 2) 风险加权数量；
- 3) 外部/内部信用评级；
- 4) 内部债务组合信用模型。

起先，信用风险通过总的名义数量来测量。用一个乘数，例如 8%，乘以这一名义数量就得到针对信用风险需要持有的资本储备。

这种方法的问题是忽略了违约概率中的其他变量。1988 年，巴塞尔委员会通过信用分级制定了一个非常粗糙的信用风险分类，提供了衡量每一名义数量的风险权重。这是对推动银行根据其自身风险程度持有足够资本金的首次尝试。

然而，这些风险权重被证明过于简单化了，它使得银行有动机在巴塞尔资本金要求下改变它们的资产组合来最大化其股东回报，这使得商业银行的资产负债表中存在更大的风险，而这当然不是 1988 年巴塞尔法案的初衷。例如，根据 1988 年巴塞尔法案，对于 AAA 评级和 C 评级的公司债券在资本金的要求上并没有什么区别。由于在同样的资本金管制下，对 C 评级公司的贷款比对 AAA 评级公司的贷款更有利可图，因此银行部门必然将其贷款组合转向低评级的贷款人。

这导致 2001 年巴塞尔委员会关于允许银行使用其自己内部的或外部的信用评级的提议。这些信用评级更好地概括了信用风险。这里所谓的更好是指变得与经济风险测量更加一致。

虽然有这些改进，信用风险仍然是在单独的资产基础上进行测量，这种作法应当可以追溯到马科维茨将分散化的好处系统理论化以前的金融研究的年代。因此我们期望着最终银行体系有适当的动力来分散化其信用风险。

17.5 信用风险的演变及其管理的趋势

信用风险和借贷关系自一开始就是一对孪生体，它们至少可以追溯到公元前 1800 年的古巴比伦。在现代资本主义社会以前，自然家庭和手工作坊等是信用风险最为主要的承载体，随着资本主义大生产和股份公司逐渐成为最普遍的生产方式，公司企业、银行和政府逐渐成为信用活动的主体。20 世纪 80 年代中期以后，信用规模和风险以指数方式增长着，交易中涉及到的币种和实体类型前所未有。以美国为例，1854 年，美国的 GNP 近似等于货币支付总额，周转率为 1.5。1983 年，其 GNP 为 35 470 亿美元，而货币支付总额估计为 1 292 000 亿美元，周转率高达 36，而到了 1992 年，GNP 增加到 65 600 亿美元，而货币支付总额跃至 5 135 090 亿美元，周转率跃升为 1983 年的 2 倍，即 78。周转率呈指数规模的每一次增长都

表明信用规模呈现指数方式膨胀。与信用规模急剧膨胀相对应的是金融市场上信用品质的下降趋势,更多的政府和企业债务市场上筹资以及垃圾债券的风靡是引致这种趋势的主要原因。20世纪80年代末期,美国的银行贷款以及公司债券的违约率创下了历史新高,在1990~1991年期间,投机性债券的违约率高达10%以上。

与信用的上述演变相对应的是信用风险的识别、计量、管理与控制技术在过去十几年间的革命性变化。信用风险的管理大致可以分为古典方法和工程化技术两个阶段。区分它们的一个基本标准就是信用风险能否被剥离、交易和重新分布。古典的信用风险分析方法类似于“手工作坊式”的操作,信用的提供者运用自己的方法体系度量不同信用需求者的需求和能力从而作出相应的决定,它主要依靠主观判断法和财务比率法。它们的一个共同特征是假设贷款一旦作出就持有到期末,而与之相关的信用风险就一直留存在债权人的资产负债表上,直到债务人偿还了贷款或作为坏账被划掉。事实表明,银行等金融机构运用古典方法在对信用风险进行定价和管理方面非常糟糕。20世纪80年代以来,由于金融理论和实务界不满意古典的信用风险管理方法以及国际清算银行(BIS)资本协议中“一刀切”的管制模型的做法,工程化的思维和技术逐渐被运用于信用风险管理领域,并由此正在形成一门新兴学科——信用工程学。工程化信用风险管理技术主要是在资本市场理论的指导下,运用经济计量技术、模拟技术以及神经网络和专家系统对信用风险进行计量、定价、交易和套期保值等。运用信用工程技术,信用风险的管理可以达到“量体裁衣”的程度,市场主体可以通过交易将信用风险敞口转移给交易对手。因此信用风险就像市场风险一样成为一种可以重新分解组合和买卖的具有经济价值的金融商品。



第 18 章 债券及贷款的信用风险衡量

18.1 信用事件

18.1.1 信用事件

一个信用事件是一个离散的状态,它或者发生,或者不发生。问题是必须用法律术语来对该信用事件的定义进行界定。

例如,有人可能认为债券违约责任的定义很狭窄,因为当债券的本息没有得到偿还时,就发生了债券的违约。然而,债券的违约反映了债权人的财务困境,并且总是伴随着其他责任的违约。这就是为什么评级机构要给债券发行人进行信用评级的原因(注:具体债券的级别,根据其比较优势,可以高于或低于债券发行者的级别)。因此,标准普尔(S&P)将违约定义为:

无论评级与否,任何金融债务(正当的商业纠纷中的金融债务除外)第一次发生的支付违约(当利息没有在到期日进行支付但在宽限期内进行了支付时,可以作为例外处理)。

然而,该定义应用于信用衍生产品时需要做更为精确的界定,因为衍生产品的收益直接与信用事件相关。国际互换与衍生品协会(ISDA)作为行业协会,规范了对信用事件(credit event)的定义,根据其定义,信用事件包括下列几大类事件。

- 1) 破产(涉及以下的情形):

- ① 债务人(而不是兼并者)进行清算;
- ② 债务人无法偿付其债务;
- ③ 求偿权的转让;
- ④ 进入破产程序;
- ⑤ 任命破产的清算管理人;
- ⑥ 实际上由第三方查封了所有资产。

2) 无力偿付债务,即无力向债权人偿付到期债务。这通常发生在合同规定的宽限期之后,并超过了一定的金额。

3) 债务交叉违约,即发生在类似的其他债务上的违约(而不是无力支付该债务款项)。

4) 债务/交叉加速,就是说发生在类似的其他债务上的违约(而不是无力支付该债务款项)导致该债务立刻到期。

5) 拒付/延期偿付债务,即当事人拒绝支付,或对该债务的有效性提出异议。

6) 债务重组,就是对债务的弃权、延期或作出重新安排,使债务条件不如原来有利。

另外,有时也包括下列一些事件:

7) 评级下降,即信用等级比原来降低,或退出评级。

8) 货币不可自由兑换,即政府或相关管理机构强制进行外汇管制或其他货币兑换方面的限制。

9) 政府行为,就是说政府或监管机构的公告或行为损害了该债务的有效性或是发生战争或其他武装冲突,致使政府和银行活动的运行受到干扰。

ISDA 的定义对信用事件进行了精确界定以使法律风险最小化,但有时候也会发生不可预见的情形。甚至直到现在,都很难判断银行债务重组是否构成一个信用事件,最近发生的 Conscco, Xerox 和 Marconi 案例就生动地验证了这一点。

另一个有名的违约案例是阿根廷政府对外债的违约,这是迄今为止最大的政府违约行为。2001 年 11 月,阿根廷政府宣布了一项对其本身很有利的地方债务重组。一些信用违约互换的持有者反驳说,这是一个“信用事件”,因为该债务重组是强制进行的,他们有权得到偿付。另一方面,信用违约互换的卖方并不同意。然而,阿根廷政府在 12 月宣布他将停止对 1350 亿美元外债支付利息,毋庸置疑,这明显是违约事件。然而,对于恰好在正式违约发生之前到期的信用违约互换持有者,问题也没有得到解决。在这种情况下,ISDA 试图进一步明确其协议中对信用事件的阐述方式。

18.1.2 衡量信用风险的统计公式

为了简化起见,在本章节仅考虑信用风险是由违约引起。这就是所谓的违约模式(default mode)。由 N 种债务组合的信用风险引起的损失的分布可以表示为:

$$\text{信用损失} = \sum_{i=1}^N b_i \times CE_i \times (1 - f_i) \quad (18-1)$$

其中: b_i 为一个概率为 P 的(贝努利)随机变量。当违约发生时,该变量取 1,否则取 0。因此 $E[b_i] = p_i$ 。 CE_i 为违约发生时的信用暴露。 f_i 为回收率(recovery rate),或者 $(1 - f_i)$

为理论上违约时的损失率。这些都可以是随机变量。为了下面研究的方便,我们将假定只有是否违约的概率 b 为随机变量,其他都为给定的值。

假设仅有违约与否 b 为随机变量,从(18-1)式中可以看出期望信用损失为:

$$E[CL] = \sum_{i=1}^N E[b_i] \times CE_i \times (1 - f_i) = \sum_{i=1}^N p_i \times CE_i \times (1 - f_i)。 \quad (18-2)$$

然而,信用损失的大小在很大程度上取决于违约事件之间的相关程度。为了方便起见,通常假定违约事件在统计上是独立的,尽管这个假设并不一定很准确。这一假定在很大程度上简化了分析——任何联合事件发生的概率可以简单表示为单个事件发生概率的乘积:

$$p(A \text{ and } B) = p(A) \times p(B)。 \quad (18-3)$$

在极端的情况下,如果两个事件完全正相关,即 A 违约时 B 总是违约,我们有:

$$p(A \text{ and } B) = p(B | A) \times p(A) = 1 \times p(A) = p(A)。 \quad (18-4)$$

此时,边际概率(marginal probability)总是相等的, $p(A) = p(B)$ 。

假如边际概率为 $p(A) = p(B) = 1\%$,那么联合事件的概率在事件相互独立的情况下为 0.01% 。在完全正相关的情况下仍为 1% 。在更为一般的情况下,联合事件的概率取决于单个事件的边缘概率和它们之间的相关性。即乘积的期望为:

$$E[b_A \times b_B] = Cov E[b_A, b_B] + E[b_A]E[b_B] = \rho\sigma_A\sigma_B + p(A) \times p(B)。 \quad (18-5)$$

(18-5)式中, b_A 为一个服从贝努利分布的变量,其标准差为 $\sigma_A = \sqrt{p(A)[1 - p(A)]}$, b_A 与 b_B 有着同样的性质,于是我们有:

$$p(A \text{ and } B) = Corr(A, B) \sqrt{p(A)[1 - p(A)]} \sqrt{p(B)[1 - p(B)]} + p(A)p(B)。 \quad (18-6)$$

其中: $Corr(A, B)$ 为变量 A 和变量 B 的相关系数(即 ρ)。

例如,如果相关性为 1 并且 $p(A) = p(B) = p$,我们可以求得:

$$p(A \text{ and } B) = 1 \times [p(1 - p)]^{1/2} \times [p(1 - p)]^{1/2} + p^2 = [p(1 - p)] + p^2 = p。$$

这一结果与式 $p(A \text{ and } B) = p(B | A) \times p(A) = 1 \times p(A) = p(A)$ 对应。

然而,如果相关性为 0.5,并且 $p(A) = p(B) = 0.01$,我们可以求得 $p(A \text{ and } B) = 0.00505$ 。这一结果仅仅为边际概率的一半,这一例子的结果反映在表 18-1 中。该表还给出了完整的联合概率分布。通过这些信息,我们能够推出所有未知的概率。

表 18-1 联合概率

A	B		边际
	违约	没有违约	
违约	0.005 05	0.004 95	0.01
没有违约	0.004 95	0.985 05	0.99
边际	0.01	0.99	

18.2 信用评级

18.2.1 外部信用评级

信用评级(credit rating)是一个由评级机构发布的“可信度的评估”。用专业术语来说,评级机构穆迪(Moody's)将其定义为“对债券发行人或其他债务人未来全额并按时向投资者偿付到期本息的能力、法律责任和意愿所进行的评价”。由信用等级评定机构给出的信用等级有两层含义。首先,它代表了代理机构关于特定债券或其他金融债务的信用价值的观点。同时,它也表明了发行者的总体信用价值。表 18-2 显示了两大评级机构——标准普尔和穆迪公布的不同信用等级的解释。一般而言,这两大评级机构对同一债券发行人的评级是相同的。

评级等级主要分为两大类——投资级别和投机级别。投资级别意味着公司财务状况良好,有良好的债务支付能力,而投机级别则预示由于发行人可能违约,债券中隐含着高风险。

表 18-2 两大著名评级机构的信用等级表

	标准普尔评级	穆迪评级
投资级别	AAA	Aaa
	AA	Aa
	A	A
	BBB	Baa
投机级别	BB	Ba
	B	B
	CCC	Caa
	CC	Ca
	CC	C
	D	

评级机构通常在评级过程中引入行业因素和公司本身特定的因素。行业特定因素与行业的特征和竞争性因素有关,而公司特定因素则主要是关于公司的财务状况。

这一评级过程主要是由以下几个方面组成的:

- 1) 与要求进行评级的公司管理层会晤;
- 2) 回顾定性和定量因素,并将公司的业绩与同行业的对手进行比较;
- 3) 在评级投票之前,召集评级委员会讨论首席分析人员的建议;
- 4) 向发行者通报评级及其主要事宜。

关于评级和违约可能性之间的关系,有三个主要的结论:

- 1) 信用级别和违约率呈负相关关系,即较高的评级意味着较低的违约率;

- 2) 在对投资级别和投机级别的违约可能性的描述上存在着较大的差异；
- 3) 信用级别和收益率呈负相关，即信用级别越高，债券的价格越高、预期收益率越低。

有许多因素影响评级，例如持有期限(time horizon)、经济周期、行业和地域等，都被认为是影响外部评级的因素。对发行人或长期债券的信用价值评定应该通过一段较长的时期，以使源于经济周期的商业风险敏感度的影响得以消除。通常，信用等级评定机构试着将“平均周期”(average cycle)的影响纳入评级中以缓和经济周期对评级结果产生的影响。因此，最后评级结果将对经济周期中的预期变化不那么敏感且评级波动性较低。当然，如果人们相信经济状况(包括公司层面和宏观层面)的恶化将持久，那么评级结果将会降低。

实证研究表明，大部分评级机构给金融机构的评级低于给公司的评级，在给定的评级类别下，银行往往表现出比公司更高的违约率。这一现象被归因于在金融机构中不同部门之间的信息透明度不高。

地域因素对评级等级的影响的研究得到了两个不同的结论：其一是美国公司与非美国公司的绩效存在着差异，这是因为评级本身源于美国，而且其他国家的评级历史十分短暂；其二是地域一致性的存在是毋庸置疑的。

大多数研究支持了这样的观点，即降低评级(或提高评级)可能对公司的债券价格具有负面(或正面)的影响。下列原因也许可以被用来解释这一现象。

- 1) 违约可能性和信用级别之间存在着负相关关系；
- 2) 评级的信息内涵并未被完全预期到，且最初并未包含在资产的价格中；
- 3) 信用级别可能会影响证券的供给和需求进而引发价格的波动；
- 4) 信用级别触发器，即以债券发行的等级评定为基础的债券契约条款。例如，当发行者信用等级被降低时，那些不断提升息票利率的息票递增型(step-up)债券将陷入恶性循环。

信用级别的改变对股票价格的影响并不那么明显，以下是一些实证研究的结论。

1) 基于不同原因的评级降低可能导致不同的结果。伴随着杠杆提高的降级可能导致财富从债权人转移到股东，股票价格可能会上升。而与财务前景恶化相关的降级对于债权人和股东来说都是坏消息，并可能导致股票价格的下跌。

2) 当信用级别降低(可能引发破产成本)，由于违约的可能性增加了，部分的价值被转移到第三方，股票价值可能会下跌。

3) 评级下降对股票价格有较大影响而评级提升则不然。对其可能的解释是公司经理倾向于泄漏好消息保留坏消息，这使得评级提升比评级下降更可能被市场预期。此外，下跌的风险定价比潜在上升的风险定价高，这一不对称效应也是原因之一。

18.2.2 内部信用评级

“贯穿周期法”(through-the-cycle approach)和“时点法”(at-the-point approach)是对公司评级的两种方法。它们主要的差异在于评级中所采用的时间范围。“贯穿周期法”通过一段较长的时间来获取公司的信用价值，这其中包含着常见的经济周期的影响。“时点法”评价的是公司在未来几个月(通常是一年)的信用质量。由于使用的时间范围不同，用“贯穿

周期法”做出的评级比用“时点法”做出的评级更为稳定。

此外,内部评级模型能够产生增强周期循环效应(procyclical effect)。增强周期循环意味着资本需求和违约概率之间的联系可能会增强信用和经济的周期。用“时点法”衡量短期违约率往往在经济增长期间低估风险而在经济衰退期间高估风险。因此,运用“时点法”计算违约概率将会使期望损失变得极其不稳定。在衰退期内,短期违约概率会急剧增加,银行为了维持稳定的预期损失将不得不大量减少贷款暴露,公司从而将由于信用配给的原因而面临流动性不足的处境,导致的结果是真实的经济周期可能会被放大(延长)。

18.2.3 评级在投资组合中的应用

金融工程的很大部分都是关于金融工具的重新组合,以使其对投资者更具吸引力,并在此过程中创造出价值。在 20 世纪 80 年代,抵押担保证券(collateralized mortgage obligations, CMOs)通过重新组合抵押贷款支持证券(mortgage-backed securities)的现金流,从而构成具有不同特征的“投资档”(tranches)向公众出售。债务抵押证券(collateralized debt obligations, CDOs)也是通过类似魔术般的手法形成的,是指将不同公司债券和贷款池作抵押发行的证券。债券抵押证券(collateralized bond obligations, CBOs)和贷款抵押证券(collateralized loan obligations, CLOs)则分别以债券和贷款作为抵押。图 18-1 说明了一个典型的债务抵押证券的结构。

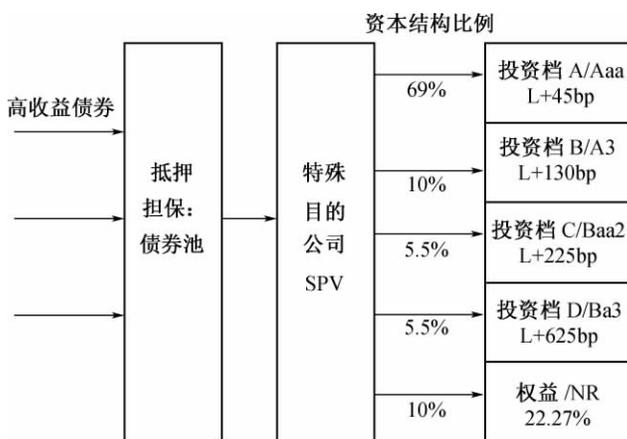


图 18-1 债券抵押证券结构

第一步,将高收益债券打包放入一个特殊目的公司(special purpose vehicle, SPV)中。第二步,将该“水瀑”(waterfall)更加具体化,即具体给出不同级别的偿付优先权。这里,69%的资本被分配入 A 投资档,该部分偿付优先权最高,因此评级级别为最高的 Aaa 级;该投资档支付的报酬为 LIBOR(伦敦同业拆借利率)加上 45 个基点。其他投资档偿付优先权较低,评级也较低;位于中间的部分通常称为夹层部分(mezzanine)。位于最下面的是权益投资档,该部分没有进行评级。在支付了其他各投资档和成本之后,剩余收益约为 2.5%~3%,在 10 比 1 的杠杆下,权益部分的投资者将得到 25%~30%的回报。与此相应,组合中的权益投资档的投资者将承担第一个美元的损失。因此,通过对现金流优先权的分配,一

部分求偿权较高债券的评级可以得到提升。评级机构已经开发出了内部模型,根据违约导致的现金流不足的概率,来给较高等级的债券进行评级。

不管发生什么样的变化,根据 CMO 结构所构造出的投资组合必须遵循一些基本的守恒定律。对于基础证券和最终构造出的证券,在任意时点所得到的现金流都必须相等。其结果表明:①总的市场价值相同;②无论对利率还是信用风险,预期风险应当都是相同的。最终组合的加权久期必须和基础证券的加权久期相等,用市场价值平均的预期违约率也必须相同。所以,如果一些投资档风险较小的话,其他投资档就必须承担较大风险。与 CMO 相似,CDO 的构造使得大多数投资档的风险通常都较小。剩余(residual)投资档就不可避免地要承担较大风险。有时,这被称为“有毒废物”(toxic waste)。但是,若剩余投资档的价格足够低的话,有些投资者还是愿意购买它们。

CDO 交易通常分为资产负债表因素支持(balance sheet driven)或套利因素支持(arbitrage driven)两大类。资产负债类 CDOs(balance sheet CDOs)的主要目的是将贷款从商业银行的资产负债表中转移,以降低其资产受监管的要求。相反,套利类 CDO(arbitrage CDOs)是为了获取基础证券组合与上层证券中评级较高组合构成部分的差价而设计的。这些 CDO 充分利用了资产和负债融资成本的差异。根据历史资料,高收益债券的差价足以补偿投资者所承担的信用风险。这些信用风险反映了流动性效应,或风险溢价。因为 CDO 的高级部分可以通过分散化创造更多流动性较好的资产,所以投资者所要求的风险溢价也较低。套利利润就由权益部分的投资者得到了(当然,在这当中管理层和投资银行费用也分走了部分套利利润)。

信用风险的转移可以通过现金流或合成结构来实现。与此不同,合成 CDOs 的信用风险将通过信用衍生品来规避。

最后,根据 CDO 在资产池管理方面的不同,可分为静态 CDO 和有管理的 CDO。在静态 CDO(static CDOs)中,资产池基本上是固定不变的;相反,在有管理的 CDO(managed CDOs)中,证券组合管理者可以积极地参与基础资产的交易。这可以使基金管理者在信用质量下降的情况下卖出一部分基础资产,从而释放资金,并将赎回债券后获得的资金进行再投资。

18.2.4 评估国家与公司的信用等级

18.2.4.1 公司违约

在学术界和实业界一直存在这样一个问题,即评级是不是根据公开信息所能得出的对违约概率的最好预测呢?很多学术文献研究了这个问题,并普遍得出这样的结论:评级可以根据会计信息进行合理的预测,而会计信息提供了关于一个公司生存能力的重要信息。

信用风险分析师主要关注的是资产负债表的财务杠杆比率(leverage,即负债与权益资本之比)和偿债比率(debt coverage,即收入与负债偿还之比)。在其他条件相同的情况下,高财务杠杆公司比低财务杠杆公司违约的可能性要大。但实际情况是,会计信息只能反映过去的情况。在评估信用风险时,一个公司的经济前景更为重要,这主要包括市场发展潜力、市场竞争性以及能承受的金融风险的大小。这些因素具有前瞻性,因而基于市场变量的

债券信用价差和股票的价格能比评级更好地预测违约的概率。

目前所用到的违约率数据都是基于美国工业公司的。问题是这一历史经验性结论对其他国家是否适用。我们可以预计到,由于以下一些因素的存在将导致各个国家在评级方面出现差异。

1) 不同国家金融稳定性的差别。不同国家有不同的金融市场结构,如银行系统的实力和不同的政府政策。例如,本来只是较小幅度的贬值问题,但由于经济政策的操作不当,它可能变成一个会导致衰退的大问题。

2) 法律体系的差异。不同国家对债权人的保护差别很大,有些国家甚至还没有建立破产程序。

3) 产业结构的不同。仅仅由于产业结构的不同也可能造成不同国家违约率的差异。有证据表明,即使信用等级相同,美国不同行业的违约率也大不一样。

18.2.4.2 国家违约

评级机构仅在最近才开始对国家债券进行评级。在1975年,标准普尔公司只对7个国家进行了评级,这7个国家都是投资级别的。到1990年,样本池扩大到了31个国家,其中只有9个是新兴市场国家。目前,标准普尔对约90个国家进行评级。但由于历史上国家违约的情形很少,因此很难从如此小的样本中得出评级是否准确的结论。

评估国家的信用风险比评估公司的信用风险要困难得多。当一个公司借款人违约,其债权人可以采取法律行为。比如说,无担保的债权人可以起诉债务人,并根据“没收令”得到被告的资产。这使债权人得到了债务人资产的留置权(lien),或对偿还债务资产的要求权。与此不同,如果国家违约了,却不可能没收一个主权国家的国内资产,这就意味着国家债券的回收率通常低于公司债券的回收率。因此,国家信用风险的评估不仅涉及经济风险(到期偿还债务的能力),而且还涉及政治风险(political risk)(即进行债务偿还的意愿)。

国家债务是以本国货币还是外国货币发行的也会造成同家信用评级的不同。表18-3显示出考虑了本币和外币因素的评级。

表 18-3 信用评级因素

项 目	本 币	外 币
政治风险	X	X
价格稳定性	X	X
收入和经济结构	X	X
经济增长前景	X	X
财政灵活性	X	X
公债负担	X	X
国际收支平衡的灵活性		X
外债和流动性		X

政治风险因素(例如政治认同度、在国际贸易和金融体系中的融合性,以及内外安全风

险)在国家信用风险评级中起了重要的作用。影响本币债务的因素包括经济风险、财政风险,尤其是货币风险。高的通货膨胀率通常反映了经济的管理不善,而且总伴有政治的不稳定性。例如,评级为 AAA 的国家通货膨胀率一般为 0%~10%,评级为 BB 的国家通货膨胀率为 25%~100%。

影响外币债务的重要因素包括一个国家的国际投资地位(即公共和私人的外债)、外汇储备存量、国际收支平衡的方式,尤其是受到密切关注的外债利息支付额与出口的比率。

在亚洲金融危机中,评级机构似乎忽略了信用风险的其他重要方面,如国债的发行货币和期限结构。亚洲的很多债权人借了短期美元进行本币投资,导致了严重的流动性问题。不可否认的是,某些国家不愿按时提供信息会阻碍信用评估的进程。在阿根廷的案例中,很多观察家都预期到了其政府会违约,这是由于其外债比率很高,经济增长缓慢,不愿做出政府支出方面的必要调整,最终,违约成为了政治决策。

由于本币债务有政府的税收实力作保证,因此通常认为本币债务比外币债务的信用风险要低。表 18-4 显示了一些国家和地区的本币和外币债务的评级。外币债务的评级与本币债务是相同的,或仅比本币债务低一个级别。类似地,同一国家的国家债券评级通常要高于其公司债券。例如,政府可以通过控制资本流动或外汇储备来支付外币债务。

表 18-4 标准普尔公司所选取的国家和地区的长期国家信用评级(2003 年 3 月)

发行人	本 币	外 币
阿根廷	SD	SD
澳大利亚	AAA	AAA
比利时	AA+	AA+
巴西	BB	B-
加拿大	AAA	AAA
中国		BBB
法国	AAA	AAA
德国	AAA	AAA
中国香港地区	AA-	A+
日本	AA-	AA-
韩国	A+	A-
墨西哥	A-	BBB-
荷兰	AAA	AAA
俄罗斯	BB+	BB
南非	A-	BBB-
西班牙	AA+	AA+
瑞士	AAA	AAA
中国台湾地区	A-	A-
泰国	A-	BBB-
土耳其	B-	B-
英国	AAA	AAA
美国	AAA	AAA

注:阿根廷评级为选择性违约(SD)。

总的来说,普遍认为国家债务评级可信度要低于公司债券评级的可信度。实际上,国家发行的债券价差大于公司发行的公司债券的价差。例如,1999年,美元标价的BB级国家债券的平均价差比相同评级的公司债券的平均价差要高出160个基点。不同的评级机构对国家评级的差异也大于对公司的评级。国家信用风险的评估过程似乎比公司风险的评估更取决于评级机构的主观判断。

18.3 违约率(PD)

18.3.1 历史违约率

表18-5和表18-6分别显示了穆迪和标准普尔公司公布的历史违约率数据。这些数据描述了违约的公司所占的比重 X ,该数据是真实违约概率的统计估计量。

$$E(\bar{X}) = p. \quad (18-7)$$

例如,穆迪公司评级为Baa的借款人在第二年发生违约的概率平均为0.34%,在随后的十年里,发生违约的概率为7.99%。类似地,标准普尔公司评级为BBB的信贷在第二年里违约的概率平均为0.36%,而随后十年里违约概率平均为7.60%。

表 18-5 穆迪公司累积违约率 % (1920~2002 年)

级别	年份																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aaa	0.00	0.00	0.02	0.09	0.19	0.29	0.41	0.59	0.78	1.02	1.24	1.40	1.61	1.70	1.75	1.85	1.96	2.02	2.14	2.20
Aa	0.07	0.22	0.36	0.54	0.85	1.21	1.60	2.01	2.37	2.78	3.24	3.77	4.29	4.82	5.23	5.51	5.75	5.98	6.30	6.54
A	0.08	0.27	0.57	0.92	1.28	1.67	2.09	2.48	2.93	3.42	3.95	4.47	4.94	5.40	5.88	6.35	6.63	6.94	7.23	7.54
Baa	0.34	0.99	1.79	2.69	3.59	4.51	5.69	6.25	7.16	7.99	8.81	9.62	10.41	11.12	11.74	12.33	12.95	13.49	13.93	14.39
Ba	1.42	3.43	5.6	7.89	10.16	12.28	14.14	15.99	17.63	19.42	21.06	22.65	24.23	25.61	26.83	27.96	29.13	30.24	31.14	32.05
B	4.79	10.31	15.59	20.14	23.99	27.12	30.00	32.36	34.37	36.10	37.79	39.39	40.85	42.33	43.62	44.94	45.91	46.68	47.32	47.60
Caa-C	14.74	23.95	30.57	35.32	38.83	41.94	44.23	46.44	48.42	50.19	52.30	54.4	56.24	58.22	60.08	61.78	63.27	64.81	66.25	67.59
投资 级别	0.17	0.50	0.93	4.41	1.93	2.48	3.03	3.57	4.14	4.71	5.30	5.90	6.46	7.00	7.48	7.92	8.30	8.65	8.99	9.32
投机 级别	3.83	7.75	11.41	14.69	17.58	20.09	22.28	24.30	26.05	27.80	29.47	31.08	32.64	34.07	35.36	36.58	37.72	38.78	39.69	40.46
汇总	1.50	3.09	4.62	6.02	7.28	8.41	9.43	10.38	11.27	12.14	13.01	13.85	14.66	15.40	16.07	16.69	17.24	17.75	18.21	18.64

表 18-6 标准普尔公司累积违约率%(1920~2002年)

级别	年份															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
AAA	0.00	0.00	0.03	0.07	0.11	0.20	0.30	0.47	0.54	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.75	0.92
AA	0.01	0.03	0.08	0.17	0.28	0.42	0.61	0.77	0.90	1.06	1.20	1.37	1.51	1.63	1.77	
A	0.05	0.15	0.30	0.48	0.71	0.94	1.19	1.46	1.78	2.10	2.37	2.60	2.84	3.08	3.46	
BBB	0.36	0.96	1.61	2.58	3.53	4.49	5.33	6.10	6.77	7.60	8.48	9.34	10.22	11.28	12.44	
BB	1.47	4.49	8.18	11.69	14.77	17.99	20.43	22.63	24.85	26.61	28.47	29.76	30.98	31.70	32.56	
B	6.72	14.99	22.19	27.83	31.99	35.37	38.56	41.25	42.90	44.59	45.84	46.92	47.71	48.68	49.57	
CCC	30.95	40.35	46.43	51.25	56.77	58.74	59.46	59.85	61.57	62.92	63.41	63.41	63.41	64.25	64.25	
投资级别	0.13	0.34	0.59	0.93	1.29	1.65	1.99	2.33	2.64	2.99	3.32	3.63	3.95	4.30	4.75	
投机级别	5.56	11.39	16.86	21.43	25.12	28.35	31.02	33.32	35.24	36.94	38.40	39.48	40.40	41.24	42.05	
汇总	1.73	3.51	5.12	6.48	7.57	8.52	9.33	10.04	10.66	11.27	11.81	12.28	12.71	13.17	13.69	

注:静态综合平均累积违约率(经过了“未评级”债权人调整)。

因此,较高的信用级别违约率较低,可以利用该信息来为初始评级的违约概率进行估计。另外,表 18-5、表 18-6 也表明,在给定的初始评级级别下,违约率随年份的增加而上升,信用风险也随时间而增加。然而,这些历史信息存在的一个问题是数据相对较少。信用级别较高的借款人在长期发生违约的例子并不多。例如,标准普尔公布的违约率最长为 15 年的违约率的历史信息。标准普尔用的数据覆盖了 1981~2002 年范围。对于一年期的违约率而言,它收集了 23 年独立的数据,即 1981 年,1982 年,直到 2002 年。然而对于 15 年期的违约率而言,它只有 8 个独立的数据,即 1981~1995 年,直到 1988~2002。因此,其对估计长期违约率而言样本空间太小(且有重叠,不能保障其独立性)。如果是这样,遗漏或添加一些借款人就可以彻底地改变公布的违约率的数字,这将导致表中所示数据会有出入,例如,级别为 CCC 的借款人从 11 年到 13 年的违约率都是一样的,为 63.41%。这意味着 11 年之后就没有进一步的违约风险了,但这与实际其实是不符合的。此外,如果将级别进一步划分(如 Aaa1, Aaa2, Aaa3),违约率有时并不随信用级别单调递减,这就是小样本的影响。

我们可以通过计算其标准差来衡量这些违约率的准确性。例如,考虑标准普尔公司 AA 级别的债券,第一年的违约率平均为 $\bar{X} = 0.01\%$ 。这是通过对总的 $N = 8000$ 个样本进行观察得到的,我们假设其相互独立。根据二项分布,我们得到其均值的方差为:

$$V(\bar{X}) = \frac{p(1-p)}{N} \quad (18-8)$$

据此计算出其标准差约为 0.011%。这与平均的 0.01% 基本相同,表明该平均违约率实际上并不精确。所以,我们并不能真正地据此将 AA 级别的债券和 AAA 级别的债券区分开来。

如果样本量更小,如在非美国市场的情形,或 p 随时间不断变化的话,问题会更加严重。例如,如果在 100 次观察中,我们观察到 5% 的违约率,标准差变为 2.2%,这一标准差是非常大的。因此,信用风险的一个主要问题是,对违约率这一低概率事件的估计可能很不准确。

18.3.2 累积违约率和边际违约率

表 18-5 和表 18-6 公布的违约率是初始信用评级的累积违约率(cumulative default rates),即它衡量的是从起始日开始到 T 年内任何时间发生违约的总次数。边际违约率(marginal default rate)也非常有用,该指标衡量的是 T 年内发生违约的次数。

违约的过程在图 18-2 中作了阐述。这里, d_1 表示第一年的边际违约率, d_2 表示第二年的边际违约率。要在第二年中违约,该公司必须在第一年中继续存在下来,然后在第二年中违约。因此,第二年违约的概率为 $(1-d_1)d_2$ 。那么,到第二年累积的违约概率为 $C_2 = d_1 + (1-d_1)d_2$ 。减去 1 再加 1,得到 $C_2 = 1 - (1-d_1)(1-d_2)$ 。该式的解释也许更直观一些,它表示 1 减去在整个期间内继续存在下来的概率。

我们定义 $m[t+N | R(t)]$ 为在 t 年末评级级别为 R 而在 $T = t+N$ 年违约的债券发行人的数量; $n[t+N | R(t)]$ 为在 t 年末评级级别为 R 而在 $T = t+N$ 年年初未违约的债券发行人的数量。

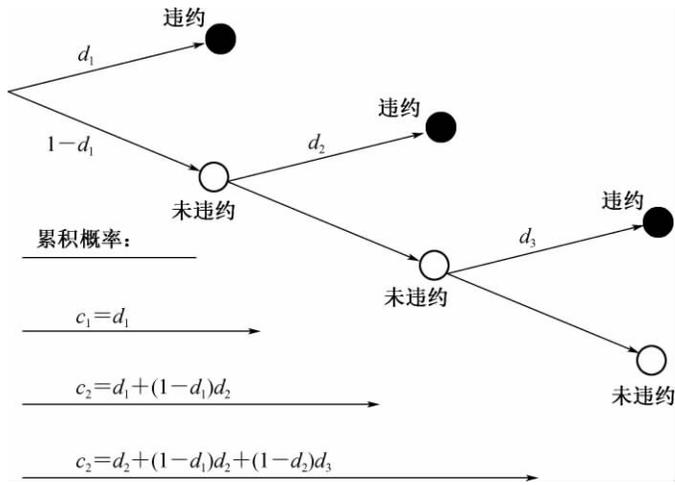


图 18-2 违约的过程

T 年的边际违约率,即初始 t 时评级为 R 级而在 T 年违约的债券发行人数量占 T 年年初所剩债券发行人数量的百分比。

$$d_N(R) = \frac{m[t+N | R(t)]}{n[t+N | R(t)]} \quad (18-9)$$

生存比率(survivor ratio),即初始评级级别为 R 而 T 时并未违约的债券发行人所占百分比。

$$S_N(R) = \prod_{i=1}^N (1 - d_i(R)) \quad (18-10)$$

从开始到第 T 年的边际违约率,即初始评级级别为 R 级而在 T 年违约的债券发行人占 t 年总发行人数的百分比。要使该事件发生,债券发行人必须继续存在直到 $t+N-1$ 年,那么,下一年的违约率为:

$$k_N(R) = S_{N-1}(R)d_N(R) \quad (18-11)$$

累积违约率,即初始评级为 R 到 T 之间任何时刻违约的债券发行人所占的百分比。

$$C_N(R) = k_1(R) + k_2(R) + \dots + k_N(R) = 1 - S_N(R) \quad (18-12)$$

关于平均违约率,我们可以将总的累积违约率表达成平均违约率。其中 d 为每个时期的违约率为:

$$C_N = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - d_i) = 1 - (1 - d)^N \quad (18-13)$$

当我们将衡量违约的频率从年到半年,一直变为按照连续复利计算,平均违约率为:

$$C_N = 1 - (1 - d^a)^N = 1 - (1 - d^s/2)^{2N} \rightarrow 1 - e^{-d^c N} \quad (18-14)$$

其中, d^a 、 d^s 、 d^c 分别为利用年、半年和连续复利计算的违约率。

例 18-1 计算边际和累积的违约率

考虑一个 B 级的公司,其违约率为 $d_1=5\%$, $d_2=7\%$ 。

答案:在第一年里, $k_1=d_1=5\%$,

一年后,生存率为 $S_1=0.95$;

第二年后的违约率为 $K_2=S_1 \times d_2=0.95 \times 0.07=6.65\%$,

两年后,生存率为 $(1-d_1)(1-d_2)=0.95 \times 0.93=0.8835$;

第一年和第二年的累积违约率为 $5\%+6.65\%=11.65\%$ 。

18.3.3 转移概率

正如我们所看到的,长期违约率的衡量在样本容量较小时存在很多问题。可以为信用级别的迁移假设一个马尔柯夫过程(Markov process),从而简化这些违约率的计算,级别的迁移是通过一个转移矩阵来描述的。迁移(migration)是一个离散的过程,是从一个时期到下一个时期信用级别的变化构成。

转移矩阵给出了从期初的信用级别转移到期末信用级别的概率。通常假设这些转移服从一个马尔柯夫过程,或者说从一个时期的状态到下一个时期状态的迁移是相互独立的。这种运动没有记忆的效果。用更加专业的术语来说,马尔柯夫链描述了离散时间下的一个随机过程。如果给定今天的值,它的条件概率分布是不随时间改变的,而只与当前的值相关。

表 18-7 给出了一个简化的转移矩阵例子,其中只有四种状态 A、B、C、D,最后一个表示违约。考虑一个在零时刻 B 级的公司。该公司可能违约的情形如下。

在第一年,概率是:

$$D[t_1 | B(t_0)] = P(D_1 | B_0) = 3\% \quad (18-15)$$

在第二年,违约路径可以为:在经过第一年由 B 到 A 后,在第二年由 A 到 D,或者由 B 到 B,再到 D,或者由 B 到 C,再到 D。总概率为:

$$\begin{aligned} & P(D_2 | A_1)P(A_1) + P(D_2 | B_1)P(B_1) + P(D_2 | C_1)P(C_1) \\ & = 0.00 \times 0.02 + 0.03 \times 0.93 + 0.23 \times 0.02 = 3.25\% \end{aligned} \quad (18-16)$$

表 18-7 信用级别的转移概率

初始 状态	期末				总概率
	A	B	C	D	
A	0.97	0.03	0.00	0.00	1.00
B	0.02	0.93	0.02	0.03	1.00
C	0.01	0.12	0.64	0.23	1.00
D	0	0	0	1.00	1.00

那么过去两年的累积违约率为 $3\%+3.25\%=6.25\%$ 。

18.4 违约损失率(LGD)

信用风险也取决于违约损失率(loss given default, LGD)。这可以用 1 减去回收率(recovery rate)(或违约后回收的比例)来衡量。

18.4.1 破产程序

通常,违约是一个会对债券发行人所有责任都会产生同样影响的状态,尤其是当伴随有破产诉讼时。在大多数国家,为解决公司所涉及的所有求偿权,正式的破产程序提供了一个集中的法庭,并为公司的债权人安排了优先顺序(pecking order)。它清楚地说明了支付债权人的顺序,因此造成了不同债权人回收率的不同。然而,属于同一级别的债权人都应受到同等对待。

在美国,不能对要求的金额进行支付的公司可以根据破产章程申请其“第七章”破产,这将会导致对公司资产的清算;或者根据破产章程申请其“第十一章”破产,这将会导致公司重组。重组期间,公司在法院的监督下可以继续运营。

按照章程,清算的收入要根据绝对优先权原则(absolute priority rule)分配,该原则规定首先要对拥有最高优先权的债权人进行偿付。

表 18-8 描述了破产程序偿付的先后顺序。在表中,位于最上面的是担保债权人(secured creditors),因为他们的财产权是由抵押证券的价值完全支付的。位于其后的是优先债权人(priority creditors),主要由破产后债权人构成。最后,如果资金分给其他人后还有剩余,将支付给一般债权人(general creditors)。

表 18-8 美国联邦破产法的优先顺序

优先级别	债权人类型
最高(首先得到支付)	(1) 担保债权人(有担保抵押的)
	(2) 优先债权人
	——在破产期间提供贷款的公司
	——在破产期间商品和劳务的供应者 (如员工、律师、经销商等)
	交付税收
最低(最后得到支付)	(3) 一般债权人
	——破产前未担保的债权人 股东

重组也适用相同的规定。在这种情况下,甲公司必须提交一份重组计划(reorganization plan),具体阐明对公司资产新的财务要求权。可是,在重组解决中常常违反绝对优

先权规则。即使高级债券持有者没有得到全额支付,次级债券持有者和股东也经常得到一些收益。允许这样是为了促进破产的及时解决,并避免未来的法律纠纷。即使这样,在不同的优先级之间,回收率依然存在明显的差别。

18.4.2 回收率

决定回收率的两个关键因素是债务级别及抵押品。

1) 债务级别。级别是公司在违约时资产求偿人的优先顺序。债务的等级越高,其回收率也就越高。

2) 抵押品。抵押品由违约时充当担保的一系列资产所组成。抵押品的价值和流动性越高则债务回收率就越高。

其他一些因素也会对回收率产生影响。

3) 行业。清算资产的价值取决于发行者所处的行业。某些行业诸如公共事业行业,通常拥有大量能够在市面上出售的不动产,则其可能拥有较高的回收率;而那些劳动密集型的部门则与较低的回收率联系在一起。

4) 宏观经济和商业周期。GDP 增长率、工业生产或其他商业周期的因素都与平均回收率有紧密的联系。

5) 法律。当违约最终导致破产时,债务回收通常由法庭、私人接收者或由主要担保债权人(secured creditors)指定的专业人员所决定。因此,破产法令的国际差异对回收率产生影响。

6) 投资者的议价能力。很多违约结算发生在法庭之外,通过债权人之间进行协商解决。那些拥有大额求偿权的银行自然而然拥有更大的议价能力并得以获取比债权分散的投资者更多的价值。

贷款合约的本质以及抵押担保品的存在对银行的行为和贷款回收率具有重要的影响。一般地,以下四个因素被认为可能导致低效行为和非最优回收率。

1) 公司的债务结构。当缺乏债权人协调的情况下,债权人的运作存在风险。

2) 债务人在寻求债权人让步时的议价能力。

3) 道德风险。拥有高资历级别或额外控制权追索的债权人可能会降低其对公司的监管。这一行为常常被称作是“懒惰的银行”,并可能导致过早、过于频繁的破产。

4) 紧密的银企关系。这一问题常常与特定的“自家银行”(home bank)现象有关。

18.4.3 回收率函数

回收率函数给出了违约后损失的分布情况而不是仅仅给出单一价值。Beta 分布和核函数(kernel function)是最常见的方法。

18.4.3.1 Beta 分布

Beta 分布是参数的统计分布。它仅需要输入两个标准,即均值和方差,因此是相当灵

活和吸引人的。Beta 分布的形状可以是不对称、对称或是凸起的。如果校准输入只有一个, Beta 分布在 $0 \sim 1$ 之间是均匀的。

尽管如此, Beta 分布作为回收分布时, 其假设有两个主要的不足:

- 1) 当考虑到最终回收时, 模型无法处理大量聚集在 0 点和 100% 的点;
- 2) 双峰分布超过了 Beta 分布的范围, 但这在经验研究中出现过。

18.4.3.2 核函数建模

核函数模型是一种非参数技术, 比之前 Beta 分布能够更好地描述双峰分布。标准的核函数估计常常运用到概率密度函数, 如拥有无界限 (non-bound) 支持的高斯概率密度函数。为了与观察到的数据相一致, 我们常常需要依赖于非标准化的核函数估计。一种方法是转换回收率数据以便我们在 $(-\infty, +\infty)$ 上拥有支集, 并通过转换后的数据运用标准核函数来完成估计, 最后运用逆转换获取在 $[0, 1]$ 范围上的密度。

18.4.3.3 条件回收率的建模

条件回收率的建模 (conditional recovery modeling) 是另一种对最终回收率的最优概率密度函数进行估计的参数方法。但这一方法在某些解释性变量上是有条件的。最常用的变量是抵押品质量、低于等级的债务、高于等级的债务以及总违约率。

这一模型的优点之一是在多因素的基础上对有条件回收率的整体分布进行估计。其基本步骤如下:

- 1) 在广泛的类别之外选择概率密度函数以便在选定的优先分布下最小化相对熵 (entropy);
- 2) 在某些矩 (回收率和解释性变量之间的协方差) 上加入约束条件。一旦模型的矩偏离实证的矩, 则施加极大的惩罚。

18.5 个人贷款风险衡量

18.5.1 贷款的契约承诺总收益与实际收益

美国商业银行提供的三种主要贷款类别是商业及工业贷款 (C&I)、不动产贷款和个人贷款。对金融机构来说, 发放贷款收益主要有:

- 1) 贷款的利息;
- 2) 与贷款有关的费用;
- 3) 贷款的信用风险溢价;
- 4) 贷款的任何形式担保;
- 5) 其他与价格无关的收益 (主要是补偿性最低存款额和存款准备金)。

补偿性最低存款额是发放贷款的金融机构要求借款人在账户中保留的最低存款平均余额。企业使用贷款期间, 不得取回任何金额的补偿性最低存款额。例如, 一份 1 000 美元的

贷款补偿性余额比率为 20%，意味着借款人必须在发放贷款的金融机构账户中保留 200 美元($20\% \times 1\,000 = 200$)的存款额。注意保留的比率是对总贷款金额 1 000 美元而言的，而不是针对借款人收到的 800 美元而言，所以贷款的实际成本高于留存比率。尽管这 200 美元的存款能够获得利息，但因为存款利息率正常比贷款利率低，因此，补偿性最低存款额增加了金融机构的收益，使其收益率高于贷款的固定利率。除了固定的利息率、风险溢价以及信用金额限制之外，较高的手续费和贷款担保也经常用来补偿金融机构的贷出风险。

对每一美元的贷款额，贷款契约承诺总收益可以计算如下：

$$1 + k = 1 + \frac{f + (L + m)}{1 - [b(1 - R)]} \quad (18 - 17)$$

其中： f 为贷款费用； L 为基础贷款利率； m 为风险溢价； b 为补偿性最低存款比率； R 为准备金要求。让我们通过一个例子来看非利息项目是如何改变贷款的收益的。

例 18-2 计算贷款总收益率

假设银行发放了一份金额为 5 百万美元、期限为 1 年的工商业(C&I)贷款。银行设定的贷款利率等于基础贷款利率加上一定的风险溢价。假设基础贷款利率为 10%，风险溢价为 4%，则规定的贷款利率为 $L + m = 14\%$ 。同样假定以下其他收费也使用于该贷款：

(1) 最初贷款费用为 1/8%。

(2) 补偿性最低存款比率为 5%，该存款额不计利息。

(3) 准备金率为 15%，由银行支付。这是联邦储备系统对所有存款的需求，包括补偿性存款规定的准备金。

答案：

这一贷款的总收益率可以计算如下：

$$1 + k = 1 + \frac{0.00125 + (0.10 + 0.04)}{1 - [0.05(1 - 0.15)]} = 1 + \frac{0.14125}{0.9575}$$

所以， $1 + k = 1.1475$ ，或者 $k = 14.75\%$ 。

注意，这一收益率大于简单的承诺收益率 14% (即 $L + m$)。在今天的市场环境中，由于金融机构之间的竞争，借款人的费用包括手续费和补偿性最低存款额都在降低，这使得这些因素在计算贷款总成本中变得比较不重要；一旦基础贷款利率设定后，风险溢价 m 则趋向于成为承诺收益的决定性因素。

在例 18-2 中的基础贷款利率 L 反映了银行资金的边际成本，如伦敦银行间拆借利率(LIBOR)、商业报刊上的利率、联邦资金利率(Fed-funds rate)或者最优惠贷款利率(prime lending rate)，这些利率经常被用来作为基础贷款利率。LIBOR 是银行之间在海外市场或欧洲市场的固定期限的美元贷款利率(如三个月期的 LIBOR)。最优惠贷款利率或者最优惠利率是银行定期规定的基础贷款利率，最优惠利率通常用于长期贷款，而联邦资金利率则用于短期贷款的基础利率。

贷款承诺收益是贷款制定时双方同意的利率。实际上，如果借款人不愿意或者不同意贷款协议的任何条款(最主要的是支付条款)，金融机构的实际收益率就会不同于承诺收益率。因此，每一美元贷款的期望收益 $E(r) = p(1 + k)$ ，其中 p 为贷款将被偿还的可能性。注意， k 和 p 不是独立的。如果风险溢价 m 和其他与贷款相关的收费被定得太高，贷款偿

还的概率 p 就会下降。

18.5.2 评估违约风险所需考虑的因素

金融机构使用数量模型所取得的用来评估违约概率的信息量与贷款的规模和收集数据的成本有关。虽然如此,两个必须评估的重要部分包括借款要素和市场要素。金融机构的经理做信用决策时,利用他们的经验和知识来权衡这些要素。由于模型高度依赖于经理人员的判断,它们经常作为专业系统被提到。违约风险模型有一个复杂的范围,从相对简单的数量模型到高度复杂的数量模型。此外,在做信用决策时,不止一个模型的结果可以被使用。

利用数量模型做决策所使用的个人借款者的要素包括:

- 1) 担保品。由于债券和贷款担保赋予了债权人(贷款人)对借款人特别资产的第一求偿权,担保降低了违约的可能性。但是,它并不能消除违约的可能性,除非担保品的市场价值超过债务的账面价值。
- 2) 财务杠杆。超过一定的债务权益比,违约的可能性就会大大上升。因为一个相对较大的债务负担会使得企业用于支付利息和本金的现金流枯竭。
- 3) 收入的波动性。随着收入波动性的变大,借款人不能偿还债务的可能性也将上升。
- 4) 个人声望。借款人过去的信用表现被假定将会延续到将来。一个经常能够按时还款的借款人更有可能从贷款人那里获得有利的条件。隐性合约代表着借款人和贷款人之间长期的商业关系。声望要素对一个拥有较少信用历史的新的借款人来说是一个不利因素。

利用数量模型做决策所使用的市场要素包括:

- 1) 商业周期。商业周期的状态对违约率有重要的影响,它对违约率的影响范围取决于借款者所在的产业。比如,在经济不景气时,汽车制造业比食品杂货业更有可能受损。
- 2) 利率水平。如果利率水平普遍较高,贷款人会发觉投资资金缺乏并且成本相对较高。随着贷款人资金成本的上升,他们提供给借款人的承诺利率也跟着上升。正如前面所讲的,较高的承诺利率可能增加违约的可能性。

18.5.3 信用评分模型

利用所选择的关于借款人的经济和财务信息,信用评分模型可以用来计算个人借款者违约的可能性或者将借款人分离成不同违约风险种类。信用评分模型能够很好地确定各个级别借款人违约风险的主要经济和财务标准。对于消费贷款,信用评分模型将包括收入、资产、年龄、职业和住址等。公司贷款适用的信用评分模型使用财务比率。

18.5.3.1 线性概率模型和 logit 模型

如果一份贷款计划被制定出来,线性概率模型和 logit 模型可以计算出违约概率的期望值。线性概率模型利用财务指标的线性回归来解释历史的偿还情况。这些财务指标的重要性,正如回归结果所指示,将被用来预测新贷款的偿还概率 p 。

例如,假设有两个用来解释过去违约行为的借款者特征——固定成本比率 ($FC =$

固定成本/销售收入)和财务杠杆($D/A = \frac{\text{债务}}{\text{资产}}$)。现在假设借款人 i 的违约概率的线性概率模型用等式 $Z_i = 1 - p_i$ 来表示,预测如下:

$$Z_i = 0.45(FC_i) + 0.2(D/A_i)。$$

因此,如果借款人的固定成本为销售收入的 35%,财务杠杆比率为 25%,则其违约概率可以估计如下:

$$Z_i = (0.45 \times 0.35) + (0.2 \times 0.25) = 20.75\%。$$

这一程序的一个问题是它有可能导致违约概率大于 1。logit 模型通过限制违约率的估计范围(比如 $0 \leq Z_i \leq 1$)来克服这一问题。

18.5.3.2 线性辨别分析模型

线性概率模型和 logit 模型计算了借款人违约的期望概率。与这两个模型对比,辨别分析模型依靠借款者的财务特征,将借款人划归于高或低的违约风险级别。

美国制造业公司使用的 Altman 模型是线性辨别模型应用的主要例子。Altman 模型用数个财务指标来表达一个借款人的违约风险级别衡量标准 Z 。 Z 值越大,借款人的违约风险级别越低。Altman 模型的辨别方程为:

$$Z = 1.2X_1 + 1.4X_2 + 3.3X_3 + 0.6X_4 + 1.0X_5。$$

其中: X_1 为营运资本占总资产比率; X_2 为留存收益占总资产比率; X_3 为息税前利润占总资产比率; X_4 为权益市场价值与长期债务账面价值比; X_5 为销售收入占总资产比率。

通过 Altman 信用得分模型,如果一个公司的 Z 值小于 1.81,将被划分为高违约风险借款人级别。

注意:在这一模型中 Z 是偿还能力的衡量标准,而在这一专题的其他应用中, Z 代表违约概率。

利用辨别分析模型来评估信用风险的缺点包括以下几点:

- 1) 两种状态世界。该模型只有两种结论——违约或不违约,这不能很好地反映现实情况,可能存在不同程度的违约情况。
- 2) 要素权重的固定性。没有经济原因来相信这一模型所使用的权重将保持不变。
- 3) 不可计量的变量。该模型中没有包括一些难以计量的要素,如借款人的声望和商业周期的状态就属于不可计量变量。
- 4) 数据。没有现存的集中商业贷款的数据库。

18.5.4 运用债券价格来衡量违约风险

18.5.4.1 计算一年期公司债务的边际违约可能性

较新的信用风险模型利用财务理论和金融市场数据来推论贷款和其他债务工具违约的可能性。这些模型主要是关于大的公司借款人的信用风险评估。

模型利用无风险政府债券和有风险公司债券之间的价差来构建信用风险衡量的方法。零息债券和国债经常被使用于这一模型。零息债券是没有利息支付的固定收益的债券,是通过对其票面金额和到期支付额的折现来发行的。

使用利率结构形式的违约风险衡量的最简单的应用方法是考虑一年期的贷款和债券。一般来说,金融机构要求一年期公司债券发行的期望收益至少要等于一年期国债的期望收益。用于决定一年期公司债券违约可能性的关系式为 $p(1+k) = 1+i$, 其中 p 为公司债务本金和利息能被偿还的可能性。有风险的一年期公司债券和无风险一年期国债的承诺收益分别为 $1+k$ 和 $1+i$ 。

给定国债和公司债券的利息率,偿还的可能性可以计算如下:

$$p = \frac{(1+i)}{(1+k)}。 \quad (18-18)$$

违约的可能性为 $1-p$ 。任一年度的违约可能性指的是边际违约概率。

例 18-3 计算违约率

如果一年期国债的利率为 9%, 一年期零息公司债券的利率为 15.5%, 计算违约可能性。

答案:

违约可能性为:

$$1-p = 1 - \left[\frac{(1+i)}{(1+k)} \right] = 1 - \frac{1.09}{1.155} = 5.63\%。$$

到目前为止我们假设,如果违约发生,金融机构将得不到任何东西。为了计算当违约时不希望伴随着全部损失的风险溢价,令代表在违约时能收回的本金和利息比例, $\gamma > 0$ 。在这种情况下,一年期公司债券(贷款)的风险溢价为:

$$k-i = \phi = \frac{(1+i)}{(\gamma+p-p\gamma)} - (1+i)。$$

在违约的情况下如果贷款人仍能够收回 80% 的承诺金额,则所需的风险溢价为:

$$\phi = \frac{1.09}{0.8+0.9437-(0.8 \times 0.9437)} - (1.09) = 0.0124,$$

或者 1.24%。

18.5.4.2 计算多年期债务工具的违约可能性

为了推导到期期限超过一年的债券的违约概率,必须知道借款人的边际违约概率。累积违约概率是借款人在多年期间将会违约的可能性。

$$C_p = 1 - (p_1 \times p_2 \times \cdots \times p_n)。 \quad (18-19)$$

其中: C_p 为累积违约概率; p_n 为第 n 年没有违约的边际概率。

注意在第一年,累积和边际违约概率是相等的。为了说明这一观点,我们来计算一个两年期债务的累积违约概率。

例 18-4 计算累积违约概率

给定第一年的边际违约概率 $1 - p_1 = 0.06$,

第二年的边际违约概率 $1 - p_2 = 0.08$ 。

答案:

在两年期间违约可能发生的累积概率为:

$$C_p = 1 - (p_1 \times p_2) = 1 - (0.94 \times 0.92) = 13.52\%$$

这意味着在这两年期间有 13.52% 的可能性借款人会违约。注意 $(p_1 \times p_2)$ 为在这两年期间的任何时候借款人都不会违约的概率。

回想先前我们用收益曲线来推导一年期债券的边际违约概率。利用远期利率(这一利率可以从收益曲线得出),收益曲线也可以用来计算超过一年期间的边际违约概率。远期利率是将在未来某一时间发行的债券的一段期限的期望利率。假定无套利机会(没有无风险的收益),一年期远期利率可以计算如下:

$$(1 + i_2)^2 = (1 + i_1)^2(1 + f_1) \quad (18-20)$$

其中: $(1 + i_2)^2$ 为持有一份两年期债券两年获得的收益; $1 + i_1$ 为一年期债券的收益; $1 + f_1$ 为一年后一年期的期望利率(即一年期远期利率)。

现在,一年后一年期债券偿还的可能性(p_2)可以由一年期的远期利率 f_1 , 和一年期公司债券的远期利率 c_1 得出。

$$p_2(1 + c_1) = 1 + f_1 \quad (18-21)$$

例 18-5 计算边际违约概率

假设一年期和两年期国债利率分别为 11% 和 12%, 一年期和两年期公司债券的利率分别为 16.5% 和 17%, 求公司债券在第二年的边际违约概率。

答案:

一年期国债远期利率可以计算如下:

$$1 + f_1 = \frac{(1 + i_2)^2}{(1 + i_1)} = \frac{(1.12)^2}{(1.11)} = 1.1301, \text{ 或者 } f_1 = 13\%$$

可以用同样的步骤来求公司债券的远期利率。给定的一年期公司债券的利率(k_1)为 16.5%, 两年期公司债券的利率(k_2)为 17%, 则一年期公司远期利率 c_1 可以计算如下:

$$1 + c_1 = \frac{(1 + k_2)^2}{(1 + k_1)} = \frac{(1.17)^2}{(1.165)} = 1.175, \text{ 或者 } c_1 = 17.5\%$$

利用之前得出的远期利率公式重新整理公式:

$$p_2(1 + c_1) = 1 + f_1,$$

则第二年偿还的概率为:

$$p_2 = \frac{(1 + f_1)}{(1 + c_1)} = \frac{1.1301}{1.175} = 0.9617。$$

因此,在第二年期望违约概率(第二年的边际违约概率)为:

$1 - p_2 = 1 - 0.9617 = 0.0383$, 或者 3.83%。利用期限结构来评估信用风险的一个不足之处是,只有大的公司借款者的公司债券收益曲线才能够取得。

18.6 信用风险：贷款组合和集中风险

18.6.1 贷款集中风险模型

度量信用风险集中度时广泛应用的模型有：转移分析、个人或者部门贷款者贷款额度上限的外部限制条件。

转移分析使用一个贷款迁移矩阵(也称为转换矩阵)，此矩阵可以给出一项贷款在一定时间内(通常为一年)，信用质量从一个信用等级转换为另外一个信用等级的概率。例如，转移矩阵中的某一个方格表示年初评级为 AAA 级的贷款到年末变为 AA 级的概率。转移矩阵中的概率也被称为转换概率，它们是基于信用质量迁移的历史平均数据得到的。转移矩阵能够提供有关贷款池业绩的有用信息，因此，它通常被当作基准来评估新贷款池的业绩。

管理者经常采用的另外一种度量和控制集中风险的方法，是给个人贷款人或者企业设置一个贷款额度上限。此风险集中上限是对特定部门内的个人贷款人所允许的最大贷款数额，表示如下：

$$\text{集中风险上限} = \text{允许的最大资本损失率/违约率。}$$

18.6.2 在贷款组合上应用现代投资组合理论

现代投资组合理论(MPT)可以度量和控制投资组合的总体集中风险。运用现代投资组合理论时，需要已知投资组合中每项资产的期望收益、方差和任意两资产间收益的相关系数。若已知投资组合中贷款或者债券的期望收益，投资组合的期望收益计算如下：

$$\bar{R}_p = \sum_{i=1}^N X_i \bar{R}_i \quad (18-22)$$

其中： \bar{R}_p 为投资组合 p 的期望收益； \bar{R}_i 为投资组合中 i 资产的期望收益； X_i 为投资组合中 i 资产的权重。

组合风险用方差形式表示时，组合风险便与组合中各单项资产的收益相关性直接联系起来。当组合中各资产的收益相关性变小时，组合风险降低。因此，通过配置相关系数较低或者为负值的资产，可以降低组合风险。为避免混淆，对于贷款组合的收益相关系数和违约相关系数看做相等。

MPT 的核心思想是在任意特定的风险水平下，都可以构建一个能够取得最高期望收益的投资组合，这样的投资组合被称为有效投资组合。假定一个贷款组合是通过各单项贷款

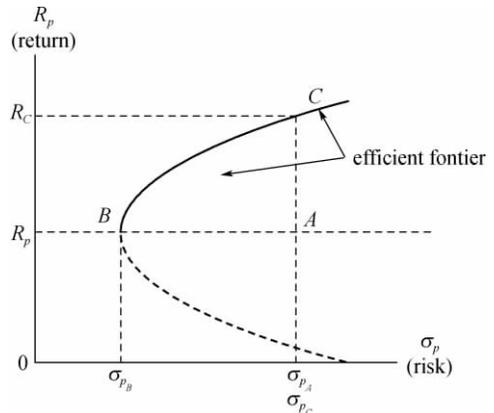


图 18-3 有效边界——金融机构组合分散化

的价值加权组成,这样可以使得投资组合在任意收益水平都有最低可能风险。大量的这种组合就可以得到如图 18-3 所示的曲线。在 MPT 中,BC 段曲线为有效前沿。

在图 18-3 中,通过分析投资组合 A 可以看出多样化的优点。投资组合 A 并没有充分多样化,主要集中于相对少量的贷款和债券。通过添加与投资组合 A 中现有资产相关性低或者相关性为负的资产,就可以在保持投资组合期望收益不变的情况下,将组合的信用风险从 σ_{P_A} 降低到 σ_{P_B} 。图中的投资组合 B 为最小风险组合,即资产的合理搭配将整个组合的方差最小化。

同理,如果财务机构愿意接受跟投资组合 A 相同的信用风险,则可以将投资组合重新搭配,使得在相同的风险下得到更高的期望收益,如图中的投资组合 C,投资组合 B 和 C 均比投资组合 A 有效。从以上分析可以看出,财务机构可以通过调整贷款或者债券的比例以达到任意风险(收益)组合,并且得到相应的最小方差投资组合。在有效疆界以下的投资组合都是无效的,并且所形成的风险(收益)组合不是最优的。

18.6.3 投资组合理论的应用模型

由于市场信息的不完整,对于贷款投资组合要完全利用 MPT 理论将会存在缺陷,但是 MPT 的很多概念在修改后经常被用来度量集中风险和信用风险。

18.6.3.1 贷款额度(loan volume)模型

贷款额度数据可以用来计算 MPT 模型的方差,并且管理者运用贷款额度数据可以评估投资组合的集中和信用风险暴露。从商业银行财务报告或者国家共享信用数据库中可以得到贷款额度数据。

商业银行财务报告是银行为联邦储备局提交的,这些报告将贷款按照借款人种类进行分类,如商业类、工业类、房地产类和农业类等。收集所有银行的财务报告,可以估计国家对于不同类型贷款的额度分配。

国家共享信用(shared national credit, SNC)数据库是有关工商业贷款的数据库,它根据贷款者的两位标准工业分类代码对贷款进行加总。从此数据库中可以看出国家 C&I (commercial and industrial)贷款投资组合是如何在各个行业中分配的。SNC 数据库完全是 C&I 贷款的市场组合。

根据这些数据源形成的加总投资组合提供了一个国家基准,银行根据此基准来比较自己的投资组合。如果与市场配置相比,银行贷款大幅度偏向特定的工业部门或者种类,表明此时存在潜在非预期贷款集中风险。当区域更加有用时,运用同样的数据源可以构建区域投资组合基准。

18.6.3.2 基于贷款损失率的模型

基于历史贷款损失率构建的 MPT 模型同样也可以用于度量和控制贷款的集中风险。该模型提供了一个在给定 SIC 部门贷款损失的估计值占 SIC 部门贷款总额,和银行整体贷款组合的损失率之间关系的模型。该模型用于估算贷款损失系统风险的时间序列回归方程如下:

$$\frac{\text{SIC 中部门 } i \text{ 的损失}}{\text{SIC 中部门 } i \text{ 的贷款总额}} = \alpha + \beta_i \left(\frac{\text{贷款总损失}}{\text{贷款总额}} \right) \quad (18-23)$$

其中： α 为中间变量； β_i 为部门 i 贷款额的系统性损失敏感系数。

假定回归估计房地产的 β 值等于 $0.25(\beta_R)$ 和一个 C&I 部门的 β 值等于 $1.6(\beta_{C\&I})$ 。按照定义，整个银行贷款组合的损失率 β 就是 $1.0(\beta_P)$ 。由于 $\beta_{C\&I}$ 比 1 大，可以得出结论：C&I 部门的贷款损失相比银行整体组合的贷款总损失要高。这一结论反过来也可以用于解释房地产部门的贷款损失——既然 β_R 小于 1，则相对于整体组合的贷款损失来说，房地产部门的贷款损失对系统性因素比较不敏感。

18.6.3.3 监管模型

1994 年，联邦正式采用该模型用于度量信用集中风险。该模型高度依赖于观察员的判断力。联邦拒绝采用技术分析模型是由于测量集中风险有难度以及数据存在局限性。

然而，最近创建的模型如 KMV、Credit Metrics 以及 Credit Risk+，可能会让监管者改变他们的想法。

保险行业的风险与越来越多的产业部门和借方风险暴露相联系。幸运的是，这些银行业用于度量集中风险的模型也可以较好地适用于保险组合。

18.6.3.4 KMV 组合管理器模型

KMV 公司发明了一种模型——KMV 组合管理器模型，利用 MPT 概念来度量贷款组合的信用风险。对设计用于筛选最有效贷款组合的模型而言，三个主要的输入变量是：预期贷款收益、贷款风险、组合中贷款之间违约风险的相关性。

按照 KMV 的方法，这三个变量是通过下述方法进行度量的。

1) 预期贷款收益

KMV 描述借款人 i 贷款的预期收益为：

$$R_i = AIS_i - E(L_i) = AIS_i - [EDF_i \times LGD_i]$$

其中： AIS_i 为全年差额， AIS 是金融机构的资金成本与借款人 i 支付利率的差额加上金融机构赚取的贷款手续费； $E(L_i)$ 为借款人 i 贷款的预期损失； EDF_i 为借款人 i 下一年度的预期违约率； LGD_i 为假定借款人 i 违约将会产生的损失。

2) 贷款风险 σ_i

KMV 描述借款人 i 贷款风险为：

$$\sigma_i = U L_i = \sigma_{D_i} \times (LGD_i) = [EDF_i(1 - EDF_i)]^{1/2} \times (LGD_i)$$

其中： $U L_i$ 为借款人 i 贷款的非预期损失； σ_{D_i} 为借款人 i 贷款违约率的标准差。

假定世界上只有两个国家，贷款只有违约或偿还（不违约），借款人 i 贷款违约率的标准差 σ_{D_i} 等于 $[EDF_i(1 - EDF_i)]^{1/2}$ 。这是通过假定只有违约或偿还这两种可能结果所能得到的违约率的二项式分布。

3) 相关性 ρ_{ij}

KMV 模型利用借款人 i 和 j 权益收益与系统收益形成的相关性来度量两个借款人不

可观察违约风险的相关性,即 ρ_{ij} 。当很多家银行采用 KMV 模型或者相似模型,而其他银行如果由于该模型包括贷款销售或交易信息而犹豫不决的话,则有可能会损害其与现有客户的关系。

18.7 从市场价格中衡量违约风险

18.7.1 运用债券价格衡量违约风险

为了评估一项与某一交易方进行交易的信用风险,考虑该交易方发行的信用敏感 (credit sensitive) 债券。这里我们假定,违约是会等地影响到所有权益人 (stake holder) 责任的一种状态。

18.7.1.1 价差和违约风险

为了简单起见,假设债券在一期内只一次性支付 \$100。我们可以从 P^* 计算市场的收益率 y^* 为:

$$P^* = \frac{\$100}{(1+y^*)} \quad (18-24)$$

这可以与相同时期的无风险收益率 y 相比较。债券的收益可以用一个简化的违约过程来描述,如图 18-4 中阐释的那样。在到期时,债券可能违约也可能不违约。如果没有违约,其价值为 \$100;如果发生了违约,其价值为 $f \times \$100$,其中 f 为所能回收价值的比重。我们定义 P 为该期间的违约率。我们该如何评估该债券的价值呢?

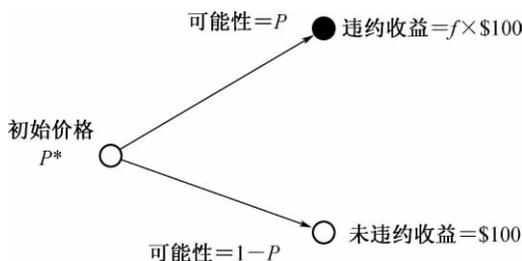


图 18-4 一个简化的违约过程

运用风险中性定价 (risk-neutral pricing), 将两种状态价值的数学期望用无风险收益率折现, 就可以得到债券的当前价格。因此:

$$P^* = \frac{\$100}{(1+y^*)} = \left[\frac{\$100}{(1+y)} \right] \times (1-\pi) + \left[\frac{f \times \$100}{(1+y)} \times \pi \right] \quad (18-25)$$

注意,折现用的是无风险回报率 y ,因为在风险中性估价中没有风险溢价。重新整理后得到:

$$(1+y) = (1+y^*)[1-\pi(1-f)] \quad (18-26)$$

其中,违约率为:

$$\pi = \frac{1}{(1-f)} \left[1 - \frac{(1+y)}{(1+y^*)} \right] \quad (18-27)$$

忽略二阶项,可以简化为:

$$y^* \approx y + \pi(1-f) \quad (18-28)$$

(18-28)式说明信用价差 ($y^* - y$) 衡量了信用风险,具体而言,就是违约率 π 乘以违约造成的损失 $(1-f)$ 。

现在,让我们考虑多期的情形,设期限为 T 。我们在每一期中都复利计算利率和违约率。换句话说,现在 π 是平均年违约率。假设一次性进行支付,现值为:

$$P^* = \frac{\$100}{(1+y^*)^T} = \left[\frac{\$100}{(1+y)^T} \right] \times (1-\pi) + \left[\frac{f \times \$100}{(1+y)^T} \right] \times [1 - (1-\pi)^T] \quad (18-29)$$

也可以写为:

$$(1+y)^T = (1+y^*)^T \{ (1-\pi)^T + f \times [1 - (1-\pi)^T] \} \quad (18-30)$$

但(18-30)式并未进一步简化。

当我们有不同期限的风险债券时,(18-30)式也可用来计算不同期限债券的违约率。例如,我们考虑两期,可以用(18-26)式来得到第一期的违约率 π_1 ,用(18-28)式来得到头两期的年平均违约率 π_2 。正如我们在前一章中所看到的那样,第二期的边际违约率 d_2 可以通过下式得出:

$$(1-\pi_2)^2 = (1-\pi_1)(1-d_2) \quad (18-31)$$

这将使我们可以从一系列零息票债券隐含违约率中得出远期违约率的期限结构。在实际应用中,如果我们只有支付息票的债券,计算将变得更加复杂,因为我们需要考虑在每一期中违约和没有违约的支付额。

18.7.1.2 风险溢价

有必要强调一下,上述计算方法是基于风险中性的假设条件的。正如在期权定价中那样,我们假定任何资产的价格以无风险利率增长,并且可以用相同的无风险利率进行贴现。因此, π 表示的概率标准是风险中性的标准,并不一定与客观、实际的违约概率相等。

定义客观概率为 π' 贴现率为 y' ,那么目前的价格也可以表示为以风险利率 y' 贴现的真实期望价值:

$$P^* = \frac{\$100}{(1+y^*)} = \left[\frac{\$100}{(1+y')} \right] \times (1-\pi') + \left[\frac{f \times \$100}{(1+y')} \right] \times \pi' \quad (18-32)$$

(18-28)式只可以让我们得到一个风险中性的违约率。通常情况下,如果投资者要求补偿其所承担的风险的话,债券价格中应该包括一个风险溢价 rp 。

$$y^* \approx y' + \pi'(1-f) + rp \quad (18-33)$$

其中： rp 为风险溢价(risk premium)。

为了使之有意义，该风险溢价必须与债券风险的程度及投资者的风险规避程度相联系。另外，风险溢价还可能包括一个流动性溢价(liquidity premium)和税收效应。

重要概念

公司债券和没有信用风险的无风险债券的收益率的差异反映了预期损失的大小，即年违约率乘以违约造成的损失，再加上一个风险溢价。

例 18-6 违约率的推导

我们希望比较一份 10 年期的美国国债和一份 IBM 公司发行的 10 年期债券，标准普尔公司和穆迪公司给 IBM 的评级均为 A 级。用半年复利计算国债和 IBM 债券的收益率分别为 6% 和 7%。假定回收率为面值的 45%，信用差价反映的违约率是多少？

用(18-27)式，我们可以得到 $\pi(1-f) = 1 - (1+y/200)^{20} / (1+y^*/200)^{20} = 0.0923$ 。因此， $\pi = 9.23\% / (1 - 45\%) = 16.8\%$ 。所以，在之后的十年中(在风险中性的情况下)累积违约率是 16.8%。该数字要高于相同信用级别历史记录的数据。

如果将这些历史违约率看作为未来的违约率，那么信用价差的很大部分反映了风险溢价。例如，假定信用价差 100 个基点中的 80 个基点反映风险溢价，我们将收益率从 7% 改为 6.2% 时，得到 3.5% 的违约率。这更符合该级别的债券发行人的真实违约率。

18.7.1.3 收益率变动的横截面分析

现在我们转向真实的市场数据。图 18-5 描绘了 1998 年 12 月不同信用级别的债券的收益率曲线。利用上一章中标准普尔公司的累积违约率，将这些收益率曲线根据信用评级，从 AAA 级到 B 级进行划分，我们可以看到违约率随到期时间的上升和信用级别的下降而上升。

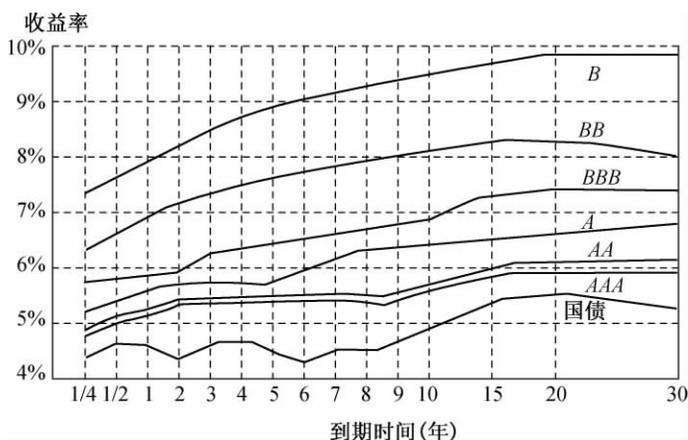


图 18-5 不同信用级别的收益率曲线

表 18-9 信用价差

到期时间 (年)	信用评级					
	AAA	AA	A	BBB	BB	B
3 个月	46	54	74	116	172	275
6 个月	40	46	67	106	177	275
1	45	53	74	112	191	289
2	51	62	88	133	220	321
3	47	55	87	130	225	328
4	50	57	92	138	241	358
5	61	68	108	157	266	387
6	53	61	102	154	270	397
7	45	53	95	150	274	407
8	45	50	94	152	282	420
9	51	56	98	161	291	435
10	59	66	104	169	306	450
15	55	61	99	161	285	445
20	52	66	99	156	278	455
30	60	78	117	179	278	447

国债的收益率曲线最低,代表了无风险债券的收益率。AAA 级的债券价差变动范围较小,从短期的 46 个基点起到较长期的 60 个基点。B 级债券价差变动范围大很多,增长也较快,从 275 个基点到 450 个基点。最后,尽管从 AAA 级到 AA 级债券违约率上升了近 2 倍,但其收益率的变化范围却非常接近。从国债到 AAA 级债券的转变不仅反映信用评级,更反映了其他因素,如流动性和税收效应等。

前述部分表明,我们可以利用公司债券收益率方面的信息来推导出隐含信用风险的大小。实际上,债券价格是交易者用来评估信用风险最好的来源,或者说是信用风险的真实“反映”。同样地,我们可以认为,债券价格是信用风险的最好预测,其效果胜过信用评级。评级机构利用公开信息进行评级时,市场价格应该包括在其中。但是因为债券价格变动比评级要频繁,容易导致的结果是公司债券的价格变动将导致其评级的变化。

18.7.1.4 信用价差的时间变化

信用价差的时间变化反映了违约风险导致的潜在损失或风险溢价。有些违约风险是该发行人所特有的,需要对其未来的财务状况进行详细的分析。但是,有些信用风险是由于共同的信用因素而造成的。这些因素非常重要,因为它们无法通过构造足够大的债券投资组合将引发的信用风险分散掉。

这些因素中的第一个因素是宏观经济情况:经济增长与信用价差的变动呈负相关的关

系。经济发展缓慢时,更多的公司将会出现现金流方面的问题,不能偿还其债券,实际上在衰退时期价差波动较大。下降的利率期限结构说明,货币紧缩政策和低增长率的预期与扩大的信用价差相联系。

波动性也是一个需要考虑的因素。在一个波动性较大的环境中,投资者会要求一个较高的风险溢价,这样会扩大信用价差。当发生了这种情形,市场流动性资产也会慢慢枯竭,然后投资者会为了持有流动性较差的债券而要求更高的价差。

此外,波动性还有另外一个影响。与国债指数不同,公司债券指数中包括了很多可赎回的债券条款(相当于一种期权),因此债券信用价差也反映了这个期权成分。由于该期权的价值随债券价格波动性的增加而增加,因此较大的波动性会扩大信用价差,所以可赎回债券的购买者通常会要求一个较高的收益率。

18.7.2 运用权益价格衡量违约风险

不幸的是,只有当债券市场数据较可靠时,用市场模型的方法计算信用价差才有用。因为下面一些情况,实际的债券市场数据并不可靠。

- 1) 许多国家都没有一个发展完善的公司债券市场。美国的公司债券市场是目前为止最大的。这意味着其他国家流通在外的债券较少,而且债券市场通常不够活跃。
- 2) 对方可能没有流通在外公开交易的债券,即使有,该债券也带有可赎回条款。
- 3) 债券的交易不够活跃,公布的价格可能仅仅是矩阵价格(matrix prices),即根据其他债权的当前收益外推得到的。

18.7.2.1 Merton 模型

另一种方法是转向以股票价格为基础的违约风险模型,因为更多公司的股票价格都可以得到,而且股票交易比债券交易活跃。Merton 模型(1974)将股票视为公司资产的一个看涨期权,而以债券的面值为执行价格。

为了最大限度地简化问题,考虑一个总价值为 V 的公司发行了一期面值为 K 的债券,如果该公司的价值超过规定的偿还额,那么该债券将得到全额偿还,股东将得到剩余的部分。然而,如果 V 小于 K ,那么该公司就会违约,债券持有人只能得到 V ,股东的价值变为零。在此过程中,我们假设没有交易成本。因此,到期时股票的价值为:

$$S_T = \max(V_T - K, 0)。 \quad (18-34)$$

因为债券和股票价值总和就是公司的价值,所以债券的价值为:

$$B_T = V_T - S_T = V_T - \max(V_T - K, 0) = \min(V_T, K)。 \quad (18-35)$$

因此,当前的股价体现了对违约率的预测,正如期权价格体现了对执行期权的概率的预测一样。图 18-6 和图 18-7 表明公司的价值可以划分为债券价值和股票价值之和。

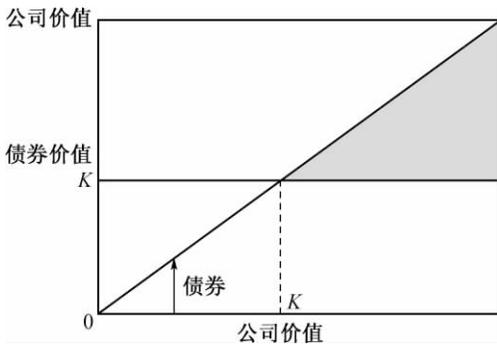


图 18-6 股权作为公司价值的期权

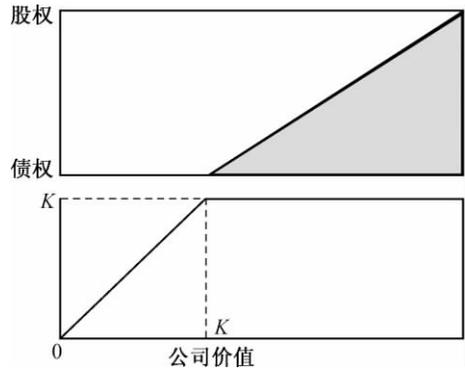


图 18-7 公司价值的构成

注意,债券的价值也可以表示为:

$$B_T = K - \max(K - V_T, 0). \quad (18-36)$$

换句话说,风险债券的多头头寸相当于无风险债券的多头头寸加上一个看跌期权的空头头寸,实际上是一个信用衍生品。

重要概念

可以把股权看做一个公司价值的看涨期权,其执行价格为债券的面值。同时可以把公司债权看做是无风险债券减去一个对公司价值的看跌期权。

这种方法非常有用,因为它阐明了公司债券的收益相当于一个期权的空头头寸,也解释了信用损失分布为何会有左偏的特征。相反,由于股权有有限责任的特征,股权相当于一个期权的多头地位,即投资者的最大损失为其股权投资。

18.7.2.2 权益和债务的定价

我们延续了 Black-Scholes(BS)模型通常的分析框架来进行阐述。假定公司价值服从几何的布朗运动过程:

$$dV = \mu V dt + \sigma V dz. \quad (18-37)$$

如果我们假定市场是完美的,并且没有破产成本,那么公司价值就是公司股权价值和债权价值的简单相加: $V = B + S$ 。

为了给公司价值所有权定价,我们必须求解在恰当边界条件下的偏微分方程,从而得到公司债券的价格为:

$$B = F(V, t), \quad F(V, T) = \min[V, B_F]. \quad (18-38)$$

其中: $B_F = K$ 为到期时将要偿还的债券面值,即执行价格。

类似地,股权的价值为:

$$S = f(V, t), \quad f(V, T) = \max[V - B_F, 0]. \quad (18-39)$$

1) 股票定价

由 BS 公式可以得到股票的价值:

$$S = Call = VN(d_1) - Ke^{-r}N(d_2). \quad (18-40)$$

其中, $N(d)$ 为标准正态分布的累积概率分布函数。

$$d_1 = \frac{\ln(V/Ke^{r\tau})}{\sigma\sqrt{\tau}} + \frac{\sigma\sqrt{\tau}}{2}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{\tau}. \quad (18-41)$$

其中, $\tau = T - t$ 表示离到期日还剩的时间。如果我们定义 $x = Ke^{-r\tau}/V$ 为负债的价值比, (18-41) 式表明此期权的价值仅取决于 x 和 $\sigma\sqrt{\tau}$ 。

注意, 其实际应用与 BS 模型有所不同, 我们需要在价值 V 中加入了波动性 $\sigma = \sigma_V$, 然后解出期权价值。而在这里, 我们可以观察到公司的市场价值 S 和股权的波动性 σ_S , 但必须推断出 V 的价值和其波动性公式 (18-41) 式才能满足。这只能通过迭代进行计算。定义 Δ 为对冲比率 (hedge ratio), 我们可以得到:

$$dS - \frac{\partial S}{\partial V} dV = \Delta dV. \quad (18-42)$$

定义 σ_S 为 dS/S , 我们得到 $\sigma_V = \Delta\sigma_S(S/V)$ 。

2) 债券定价

下面根据 $B = V - S$, 我们可以得到债券的价值:

$$B = Ke^{-r}N(d_2) + V[1 - N(d_1)], \quad (18-43)$$

$$B/Ke^{-r} = [N(d_2) + (V/Ke^{-r})N(-d_1)]. \quad (18-44)$$

3) 风险中性违约的动态研究

在 Black-Scholes 模型中, $N(d_2)$ 也是执行该看涨期权的概率, 否则债券就会违约。相反, $1 - N(d_2) = N(-d_2)$ 是风险中性下的违约概率。

4) 信用风险的定价

在到期时, 信用损失为无风险债券的价值减去公司债券的价值, $CL = B_F - B_T$ 。另外, 期望的信用损失为:

$$\begin{aligned} B_F e^{-r} - B &= Ke^{-r} - \{Ke^{-r}N(d_2) + V[1 - N(d_1)]\} \\ &= Ke^{-r}[1 - N(d_2)] - V[1 - N(d_1)] \\ &= Ke^{-r}N(-d_2) - VN(-d_1) \\ &= N(-d_2)[Ke^{-r} - VN(-d_1)/N(-d_2)]. \end{aligned} \quad (18-45)$$

(18-45) 式的分解非常有用。乘以终值因子 e^r , 就可以得到到期的预期信用损失 ECL:

$$ECL_T = N(-d_2)[K - Ve^{r\tau}N(-d_1)/N(-d_2)] = p \times [\text{Exposure} \times \text{LGD}]. \quad (18-46)$$

(18-46) 式包括两项: 第一项是违约的概率 $N(-d_2)$; 第二项是发生违约时的损失, 该项可以用债券的面值 K 减去发生违约时可回收的价值得到 $Ve^{r\tau}N(-d_1)/N(-d_2)$, 该项也

是在违约状态下公司的期望价值。注意,此处回收率是内生的,因为它取决于公司的价值、时间和负债率。

5) 信用期权定价

该方法也可以用来对债券的看跌期权部分定价。发生违约时,该期权支付 $(K - B_T)$ 。信用债券加上看跌期权的组合的价值等于无风险债券的价值,即 $Ke^{-r} = B + Put$ 。因此,利用(18-45)式,看跌期权的价值为:

$$Put = Ke^{-r} - \{Ke^{-r}N(d_2) + V[1 - N(d_1)]\} = -V[N(d_1)] + Ke^{-r}N(-d_2)。$$

(18-47)

18.7.2.3 Merton 模型的应用

在给定日前股权和名义债权价值的条件下,可以用这些定价公式来评估公司的价值和违约率。图 18-8 阐释了公司价值的演变。如果公司价值低于负债水平的话,公司就会违约。我们用 $N(-d_2)$ 来衡量在风险中性情况下的违约率。

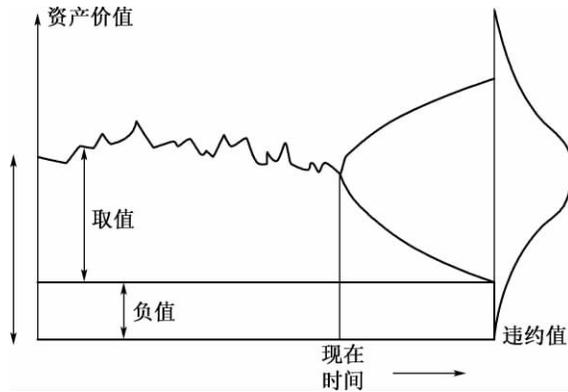


图 18-8 Merton 模型中的违约

在实际中,违约过程要比图 18-8 表示的要复杂得多。我们必须收集关于公司名义价值、负债价值及其到期时间的所有信息。违约也可能发生在任何中间时刻,比这样一个单期的模型要复杂得多。所以,我们可以将违约率看做一个函数,它的自变量是相对于代表债务的“移动地板”(moving floor)的距离,而不是认为违约只在目标日期发生。该方法是 KMV 公司主要采用的方法。该公司将各个发行债券公司的预期违约频率(estimated default frequencies, EDF)出售给全世界的公司。

Merton 方法有很多优点:第一,它依赖于股票价格而不是债券价格。很显然,公司股票的交易活跃度要高于债券的交易。第二,通过对股票价格相关性的估计可以推出违约的相关性,而用别的方法很难估计。该模型最大的优点是给出了 EDF 的变化,该变化似乎会比评级的变化更领先一步。

图 18-9 在同一表中显示了 KMV 公司利用 Merton 模型计算出的世界通信有限公司的 EDF 和信用评级的变动。世界通信有限公司拥有 104 亿美元的资产,该公司于 2002 年 7 月 21 日破产,这是美国迄今为止最大的破产案。直到 2002 年 4 月,该公司的机构评级都是

BBB 级,没有任何要发生破产的征兆。相反,从破产前一年开始,其 EDF 开始上升。在 2002 年 4 月份时,EDF 达到 20%,预示了破产将会发生。

这些模型也有缺点。该模型的一个明显的局限就是不能对国家的信用风险进行定价,因为国家没有股票价格。这个问题对信用衍生品尤为突出,因为衍生品的市场风险的很大部分是由于国家风险导致的。

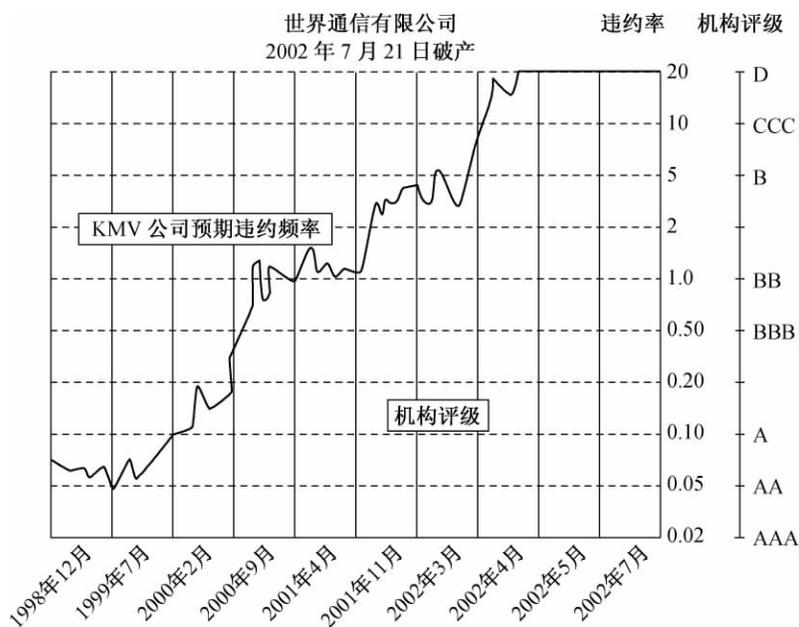


图 18-9 KMV 公司利用 Merton 模型计算的世界通信有限公司的 EDF 和信用评级

更致命的缺陷是,该模型依赖于公司资本和风险结构的静态模型。对负债水平的假定是,它是不随时间变化的。然而实际中,债券可以在任何时刻到期,所以该模型需要扩展得更符合实际情况,但这种扩展研究看起来并不能轻易取得突破。

另一个问题是,管理层可能会发展不仅增加股权价值而且也增加其波动性的新项目,这会扩大信用价差。这与 Merton 模型的基本思想是背道而驰的。Merton 模型认为,在其他条件相同的情况下,较高的股票价格反映了较低的违约率,因此信用价差应该较小。

最后,这类模型没能解释我们观察到的信用敏感债券(credit-sensitive bonds)的信用价差大小。最新的研究试图加进其他的风险来源进行解释,如利率风险,但都未能解释这些价差。因此,这些模型在跟踪 EDF 随时间变化方面最为有用。

18.7.2.4 示例

通过一个简单的例子就能说明很多问题。考虑一个公司,资产价值 $V=100$ 美元,波动性 $\sigma_V=20\%$ 。实际中,必须通过观察到的股票价格和波动性迭代得到 σ_V 。到期时间 $\tau=1$ 年,无风险利率 $r=10\%$,用连续复利计算。我们假定公司的财务杠杆 $x=0.9$,它意味着债券面值 $K = \$99.46$,无风险的现值 $Ke^{-r\tau} = \$90$ 。

经过 Merton 模型的分析,假设可以得到目前股票价格 $S = \$13.59$ 。所以,目前债券价格为:

$$B = V - S = \$100 - \$13.59 = \$86.41。$$

即收益率为 $\ln(K/B)/\tau = \ln(99.46/86.41) = 14.07\%$ ，或者收益率价差 4.07% 。信用看跌期权的现值为：

$$P = Ke^{-r\tau} - B = \$90 - \$86.41 = \$3.59。$$

该分析也得出了 $N(d_2)$ 和 $N(d_1)$ 的值， $N(d_2) = 0.6653$ ， $N(d_1) = 0.7347$ 。因此，风险中性的违约率为 $EDF = N(-d_2) = 1 - N(d_2) = 33.47\%$ 。注意这可能与其真实的或客观的违约率不同，因为股票很可能以比无风险利率 10% 更高的速度增长。

最后，让我们分解到期的期望损失，可得到：

$$\begin{aligned} & N(-d_2)[K - Ve^{r\tau}N(-d_1)/N(-d_2)] \\ &= 0.3347 \times [\$99.46 - \$110.56 \times 0.2653/0.3347] \\ &= 0.3347 \times [\$11.85 - \$3.96]。 \end{aligned} \quad (18-48)$$

(18-48)式将违约率和预期违约造成的损失 $\$11.85$ 结合起来。未来预期损失 $\$3.96$ 也就是看跌期权的终值， $\$3.59e^{r\tau} = \3.96 。

注意，在该模型中，要得到一个较大的信用价差，本例中是 4.07% ，需要很高的杠杆率，这里 $x=90\%$ 。这意味着负债权益比为 $0.9/0.1=900\%$ ，高得不切实际。

如果杠杆较低，当 $x=70\%$ ，信用价差收缩得很快，变为 0.36% ；当 $x=50\%$ ，信用价差将更低。虽然杠杆率看起来正常，该模型却不能得出可测定的信用价差。也许该模型在跟踪预期违约频率的时间变动方面最为有效。



第 19 章 交易对家的信用风险衡量

19.1 交易方信用风险的经济资本

19.1.1 交易对手(对家)风险分析

19.1.1.1 区别借贷风险和交易对家风险

成功进行衍生品交易的一个关键因素是风险管理。银行和证券商是金融衍生品市场的主要参与者,这就使得他们必须考虑在衍生品市场所遇到的风险(如交易对手风险)是否与传统的业务风险(如借贷风险)有何异同。事实上,交易对手风险完全不同于借贷风险并且要比借贷风险复杂得多。

借贷风险是指借款人单方不偿付贷款的一种可能;

交易对手风险是指衍生品交易中,交易双方可能违约。

借贷风险与交易对手风险的几个重要区别:

1) 交易对手风险是双边的。即交易中的任一方都可能要承受另一方的违约损失。但是银行只考虑贷款的信用风险,因此实际使交易方风险单边化。

2) 在合同期,衍生品的价值对任一方都是不确定的,可能为正也可能为负。但对银行而言,从契约生效日起,其贷款数额和偿付日期都是确定的。所以当交易商有很多交易

对手时,其所面临的风险就可能相互抵消。但对于银行而言,每笔贷款在得到完全偿付之前始终是存在信用风险的。因此,在银行的投资组合中,贷款之间没有风险相互抵消。

为了降低信用风险,衍生品市场的主要成员开始使用各种各样合法的限制性条款,如净额结算协议(netting agreements)、抵押(collateral)和提前结算等条款。但由于贷款合同是单边风险,所以银行无法抵消贷款人的违约风险。

19.1.1.2 定义交易对手的当前风险头寸

1) 对家的当前风险暴露(CEC)

当前风险暴露是所有衍生交易合同经过合法的限制性条款降低风险之后,以盯市为基础的现值之和。它是指当交易对手违约时企业需要重置合同的成本。CEC的计算过程如下:

$$CEC = \sum_d \max(MV_d, 0) + \sum_b \max(\sum_d MV_{d,b}, 0)。 \quad (19-1)$$

其中: $\sum_d \max(MV_d, 0)$ 等于在净值结算协议下所有合同都没有违约时的现值和;

$\sum_b \max(\sum_d MV_{d,b}, 0)$ 指在净值结算协议下所有合同都不违约时的现值和。

2) 交易对方的总风险暴露(TCEC)

有些衍生品交易合同要求保证金以现金或者市场化的证券形式发放以降低交易风险。因此,当计算交易对方的总风险时,需要考虑保证金的发放方式。交易对方的当前总风险是下面三项的现值和:

TCEC的计算公式如下:

$$TCEC = \sum_d \max(MV_d, 0) + \sum_b \max(\sum_d MV_{d,b}, 0) + \sum_a \{ [\max(\sum_d MV_{d,a}, 0) - \text{margin}_a], 0 \}。 \quad (19-2)$$

其中: $\sum_d \max(MV_d, 0)$ 为不考虑净值结算协议和保证金的发放形式时所有合同的现值;

$\sum_b \max(\sum_d MV_{d,b}, 0)$ 为考虑净值结算协议但不考虑保证金的发放形式时所有合同的现值和;

$\sum_a \{ [\max(\sum_d MV_{d,a}, 0) - \text{margin}_a], 0 \}$ 为有保证金要求和净值结算协议时所有合同的现值和减去保证金要求的现金价值。

从 CEC 和 TCEC 两个等式(19-1)式和(19-2)式中可以看出,(19-2)式的三个部分始终大于或者等于零。如果企业的合同现值为负,则交易对方风险必定为零,因为交易对方没有对企业的负债,所以就不存在违约风险。

19.1.1.3 简单交易法和投资组合模拟方法

1) 简单交易法

此方法用下列公式定义每份合同的交易对手风险：

$$\begin{aligned} \text{单份合同的交易对方风险} &= \text{市场现值} + \text{名义面额} \times \text{信用风险系数}; \\ \text{投资组合的交易对方风险} &= \text{所有单个投资风险的和。} \end{aligned}$$

在上述公式中，信用风险系数是一个单独的数，它代表在既定的时间段内，单位面值的增加量。各种可能的市场状况的信用风险系数可以从信用风险系数标准表中查到。

这种简化的单一数值方法没有考虑净值结算的影响，也忽略了合同期内市场利率的变化，同时也没有考虑交易风险的抵消，并且高估了投资组合风险的可能最大值。这种方法不能精确地度量投资组合效应，但对于同向的限制性交易很适用。此方法的另外一个优点是易于实施并且能快速得出一个近似的风险值。对于包含很多交易的复杂投资组合，此简单交易模型并不能准确计算组合的信用风险。

2) 投资组合模拟方法

为了更好地评估交易风险，投资机构逐渐开始使用投资组合模型法。随着计算能力的显著提高，投资组合模型方法的计算精确性得到了很大的改善，因为很强的计算能力使得模拟检测各种不同的市场情境成为可能。这种投资组合模型方法能够模拟得出不同风险在相关的时间范围内会增长多少。换言之，此方法能够度量整个交易期内交易对方的可能风险，模型使用者能够确定具体的置信水平。这个方法假设模拟期没有任何新交易发生，所有可行的风险规避方法都已使用，并且合同现金流实时结算。以下为投资组合模拟方法的具体步骤。

第一步：通过给未来各具体日期确定市场利率来建立各种不同的情景，以模拟市场利率的变化。此分析应该包括市场利率、长期波动性和相关性的评估。

第二步：基于模拟的各种情景，测量每个合同随时间变化的潜在市场价值。根据假设的市场价值、所选定的算法及合同未实现的现金流等，可以得出每种情景下的市场价值。

第三步：根据各个模拟情景，将第二步中评估出的潜在合同市场价值转化为整个投资组合的潜在风险（根据可行的净值结算协议、保证金条款和提前结算条款）。此过程需要用到第一步中的大量模拟情景。

第四步：基于以上的模拟，用比较高的置信水平可以算出交易对方的风险状况。

投资组合模拟方法克服了简单交易法的缺陷，但由于它在运用时比较复杂，所以限制了其使用范围。

19.1.1.4 计算交易方违约风险的经济资本

经济资本度量的是在特定时间段内经济价值的潜在非预期风险。模型使用者确定具体的置信水平，置信水平越高，所需要模拟的情境数量越多。经济资本实际是企业必须持有的资本的估计值，以确保发生违约损失时企业能正常运转。因此，我们这里将企业界定为银行、证券交易商或者其他进行金融衍生品交易的组织。

经济资本依赖于违约损失概率分布和指定的置信水平，而经济资本的估计依赖于潜在的违约损失分布范围。违约损失分布范围越大，经济资本越高。影响潜在损失分布范围的一些因素已经被模拟，包括投资组合的多样性、所度量的风险类型、所测量的损失类型、一些基础假设和时间范围。经济资本可以通过使用完全违约模型，模拟完整的损失分布情况而得到度量。

经济资本模拟利用了从完全违约模型得出的贷款投资组合的损失分布,并通过以下几个步骤得以测量。

第一步:给未来特定日期确定市场利率而建立一种情景,从而模拟市场利率的变化。此分析应该包括市场利率、长期波动性和相关性的估计。

第二步:基于每种模拟的情景,度量随着时间的变化每份合同的潜在市场价值。利用假定的市场利率、所采用的算法和合同未实现的现金流等可以得出每种情景下的价值。

第三步:根据各个模拟情景,将第二步中评估出的潜在合同市场价值转化为整个投资组合的潜在风险(根据可行的净值结算协议、保证金条款和提前结算条款)。

第四步:以每种模拟的情景为基础,通过模拟违约和偿付来度量潜在的损失分布。随机情景确定了风险值为正或者为负时有多少交易对手发生违约。根据未来各种可能的利率,需要建立大量的模拟情景,从而对违约和偿付进行循环模拟。换言之,整个模拟过程是不断循环的,从第一步开始就进行了大量的循环情景模拟。

第五步:基于以上的模拟,可以得出完整的模拟损失分布。依据上面的计算,交易对方风险的模拟经济资本被限制在一个特定的置信水平。

19.1.2 信用价值调整和估计模型

信用对衍生品投资组合有什么影响呢?为了帮助解决这个问题,银行提出了一个信用价值调整(CA)的概念以度量风险。信用价值调整是以信用准备为基础的,而信用准备是以预期损失来定义。预期损失是下列四项因素的乘积之和——违约概率、预期风险暴露、违约损失和适当的折扣系数。CA通过使用波动性和相关性的预期值而非历史值调整预期损失,并且用当前价差来替代历史损失(违约概率和违约损失的乘积)。CA等于无信用风险时金融衍生品投资组合的市场价值减去信用风险调整后衍生品投资组合的市场价值。

$$CA_{\text{交易对手投资组合}} = \sum \text{市场价值}_{\text{无信用风险时折现}} - \text{市场价值}_{\text{交易对手投资组合}}。 \quad (19-3)$$

换言之,信用价值调整法考察投资组合中所有交易对手目前和潜在的未来现金流量,并通过各种风险规避方法进行调整,以此测量交易对手的信用价值。正确地给交易对手的信用风险进行定价是非常重要的,错误地评估交易对方的风险将低估企业所面临的潜在交易风险,这样就可能有某些无法预知的不利事件产生很大的损失。重新整理CA公式可以算出交易对方投资组合的价值。(19-3)式中, $\sum \text{市场价值}_{\text{无信用风险时折现}}$ 包含了市场风险,而 $CA_{\text{交易对手投资组合}}$ 包含了交易对方的信用风险。

目前,CA的恰当测量方法应该是单边还是多边,仍然是一个值得讨论的话题。

19.1.2.1 单边CA模型

从前文所述我们可以看出,单边模型测量企业的预期值。我们用公式形式将单边模型定义如下:

$$CA_{\text{交易对手投资组合(单边)}} = CA_{\text{企业预期值}}; \quad (19-4)$$

$$CA_{\text{交易对手投资组合(单边)}} = \sum_a EXI_a \times CS_a \times T_a \times D_a \quad (19-5)$$

其中： EXI_a 为基于潜在波动性和相关性的期望风险； CS_a 为交易对方的信用价差； T_a 为预期事件间隔； D_a 为折现系数。

19.1.2.2 双边 CA 模型

双边模型用交易对方企业的预期信用价值减去企业自身对于交易对方的信用价值来度量投资组合的信用价值。其数学公式如下：

$$CA_{\text{交易对手投资组合(双边)}} = CA_{\text{企业面临的预期风险值}} - CA_{\text{企业给交易对手的预期风险值}}; \quad (19-6)$$

$$\begin{aligned} CA_{\text{交易对手投资组合(双边)}} &= \sum_a EXI_a \times CS_a \times T_a \times D_a - \sum_a EXI''_a \times CS''_a \times T_a \times D_a \\ &= \sum_a [(EXI_a \times CS_a) - (EXI''_a \times CS''_a)] \times T_a \times D_a. \end{aligned} \quad (19-7)$$

其中： EXI''_a 为企业所面临的交易对方预期违约风险； CS''_a 为企业的信用价差。

正如前面提到的，市场利率和信用价差的变化都会影响 CA，CA 的变化又会引起衍生品投资组合的经济价值发生变化：市场利率的变化影响 EXI_a 、 EXI''_a ，而信用价差的变化影响 CS_a 、 CS''_a 。

信用价值调整与市场利率的变化水平、市场利率的潜在波动性和交易对手的信用价差密切联系，信用价差对 CA 的影响尤为重要。从经济损失角度来看，必须计算投资组合期限内的有效期限，以充分解决市场利率和信用价差变动对经济价值测量的影响。有效期限说明了交易对手信用价差的变化与交易对手衍生品投资组合的经济价值变化之间的关系。

19.1.2.3 单边 CA 模型的变化量

为了解单个交易对手平均信用价差的变化对由单边 CA 模型得出的一年内预期风险的影响，将 CA 公式做了修正。CA 的变化量考虑了有效期限，用公式表示如下：

$$\Delta CA_{\text{单边}} = EXI \times \Delta \overline{CS} \times EM; \quad (19-8)$$

$$\Delta \overline{CS} = \frac{\sum_{a=1}^N \Delta CS_a \times \Delta T_a}{\sum_{a=1}^N \Delta T_a} \quad (19-9)$$

其中： EM 为有效期限； EXI 为一年的预期风险； $\Delta \overline{CS}$ 为整个合同期内信用价差的平均变化量。

19.1.2.4 双边 CA 模型的变化量

为了计算双边 CA 的变化量，双边 CA 公式的 $(\sum_a EXI_a \times CS_a \times T_a \times D_a)$ 部分用前面计算单边 CA 变化量的同样方法来进行修正。对 $(\sum_a EXI''_a \times CS''_a \times T_a \times D_a)$ 部分调整以反映企业自身的信用价差变化量。其数学公式表示如下：

$$\Delta CA_{\text{双边}} = [(EXI \times \Delta \overline{CS} \times EM) - (EXI'' \times \Delta \overline{CS}'' \times EM'')]. \quad (19-10)$$

$$\text{其中: } EM'' = \frac{\sum_{a=1}^N EXI''_a \times \Delta CS''_a \times \Delta T_a \times D_a}{EXI'' \times \Delta \overline{CS}''};$$

EXI'' 为一年内交易对方的预期风险值; $\Delta \overline{CS}''$ 为整个合同期内企业信用价差的平均变化量。

下面是对单边模型和双边模型在计算有效期限时进行对比:

- 1) 如果 $\Delta \overline{CS}$ 和 $\Delta \overline{CS}''$ 有很高的相关性并且 EXI'' 与 EXI 近似相等时,单边模型的 EM 小于双边模型的 EM ;
- 2) 如果 $(EXI \times \Delta \overline{CS}) > (EXI'' \times \Delta \overline{CS}'')$,则单边和双边模型的有效期限相似;
- 3) 双边 CA 要小于单边 CA ;
- 4) 当 $\Delta \overline{CS}$ 与 $\Delta \overline{CS}''$ 的相关性增强时,双边模型的有效期限价值将减小。

19.1.2.5 描述单边估计和双边估计时,规避信用价值调整变化的因素

在单边 CA 模型中,企业能够规避 CA 的变化,这将使交易对手风险有效地转换为市场风险。在单边模型中, CA 的变化量为:

$$\Delta CA_{\text{单边}} = EXI \times \Delta \overline{CS} \times EM。$$

在使用单边模型时,通过结合利率互换期权和不同交易对手的违约互换来规避信用风险调整的变化。

但对于双边模型,要规避 CA 变化将会比较复杂。双边模型中 CA 的变化量为:

$$\Delta CA_{\text{双边}} = [(EXI \times \Delta \overline{CS} \times EM) - (EXI'' \times \Delta \overline{CS}'' \times EM'')].$$

$(EXI \times \Delta \overline{CS} \times EM)$ 的规避如同单边模型,但是 $(EXI'' \times \Delta \overline{CS}'' \times EM'')$ 部分理论上要求出售利率互换期权和本身防护,但事实上企业出售本身防护是不可能的。要使得企业出售自身防护,必须在企业自身违约的情况下,存在有效的资金支出保证,但是违约企业不可能有这样的资金支出保证。因此,需要找到衡量 $EXI'' \times \Delta \overline{CS}'' \times EM''$ 价值的有效方法。企业在运用双边 CA 模型之前,应该仔细评估资产负债表存在的内在矛盾。

19.2 信用暴露(credit exposure)

信用风险暴露是指那些在发生违约时处于风险之中的资产金额,也叫做违约暴露(exposure at default, EAD)。在银行业务只包括贷款的时候,风险暴露实际上就是贷款或者其他债务的面值,这个数值可以粗略地被认为是不变的。

随着互换市场的发展,信用风险暴露的衡量也变得越来越复杂。这是由于互换如同很多衍生工具一样,有一个远小于名义金额的内在价值。实际上互换的初始价值一般来说为零,这意味着在交易初期,对交易双方而言都没有信用风险,因为没有什么可损失的。但是,当互换协议到期时,它会变成一个正值或是负值。违约处理的不对称是指信用损失只可能

发生在交易方所拥有的资产价值是正值的情况下。所以,信用风险暴露是资产价值为正值时的数值,就一点非常类似期权的信用风险。

本章着重介绍信用风险暴露的定量衡量方法。

19.2.1 信用风险暴露工具

信用风险暴露是资产价值大于零的部分。特别地,当前风险暴露(current exposure)等于资产在当前的价值(如果其为正值的话):

$$\text{Exposure}_t = \max(V_t, 0)。$$

潜在风险暴露(potential exposure)表示了在未来某时刻或者某个时间集合的风险暴露。基于这个定义,我们可以刻画出不同种类的金融工具的风险暴露。当前风险暴露和未来风险暴露的衡量也和信用风险的监管资本计提要求紧密联系。

贷款或债券是列在公司资产负债表中的一项,它的当前和潜在风险暴露都是根据名义价值决定的,也就是贷款和投资的的名义价值数额。事实上,如果给出当前利率,就应该计算此资产的市场价值。但是,我们知道,按照比例衡量,这个值和面值相差不大。对于应收账款(receivables)、贸易信贷(trade credits)来说,风险暴露也是名义值,因为其潜在的损失就是到期应当收回的金额。

担保(guarantees)是一种表外协议,银行承保或者同意承担第三方的责任。风险暴露是名义金额,因为当发生违约时,这部分金额将全部损失。担保合约是不可撤回的(irrevocable),即在任何情况下,都具有无条件的约束力。

承诺(commitments)也是一种表外协议,银行对一项未来交易做出承诺,该交易在未来某个时间可能造成信用风险暴露,比如,一个银行可能对公司提供票据发行的融资便利保险(note issuance facility),即对某个借款人定期发行的票据保证一个最低的价格。如果票据无法以这个最低价格在市场上发行,银行承诺用固定的价格买下。这种承诺比担保的风险小,因为银行不一定需要提供支持。

我们还应该区分不可撤回的承诺(irrevocable commitments)(对银行具有无条件的约束力)和可撤销的承诺(revocable commitments)(当对方的信用质量恶化时银行有权废除合约)。是否拥有这个选择权显著地决定了公司的信用风险暴露。

互换和远期(swap and forward contracts)是表外项目,可以被看做不可撤回的承诺,要求根据事前安排的条款购买或出售一些资产。根据潜在风险因素的变化,这些项目的当前和潜在风险暴露会从零变到一个很大的值。相似的协议是销售回购协议(sale-repurchase agreement),即银行售出一项资产,并保证过一段时间再将它买回。

期权多头(long option position):期权也是一种可能产生信用风险暴露的表外项目。当前风险暴露和潜在风险暴露也都是根据潜在风险因素的变化而变化,这里不会出现负值,因为期权价值总是大于零的。

注意,期权空头(short option position):与期权多头不同,期权空头的当前风险暴露和潜在风险暴露都是零。这是因为银行出售期权只能产生一个负的现金流,假设全部期权费都已被支付。

风险暴露还与内嵌期权的特征有关。比如,内嵌美式期权的实值互换的持有者会在对方的信用评级开始恶化的时候执行期权,这显然比对等的欧式期权的风险暴露要小。

19.2.2 信用暴露的分布

就如我们前面所述,信用风险暴露既包括当前可以观察到的(当前风险暴露),又包括潜在风险暴露,也叫做未来风险暴露。定义 x 为资产在目标日的潜在价值。我们用概率密度函数 $f(x)$ 来描述这个变量,它综合反映了市场风险和信用风险。

19.2.2.1 期望风险暴露和最差风险暴露

期望信用风险暴露(expected credit exposure, ECE)是指当 x 为正值时,资产重置价值 x 的期望价值,在目标日:

$$ECE = \int_{-\infty}^{+\infty} \max(x, 0) f(x) dx. \quad (19-11)$$

最差风险暴露(worst credit exposure, WCE)是在某个置信度下最大(最差的)的信用风险暴露,定义为在险信用(credit at risk, CAR)。它的含义是在某一置信度 p 下不会被超过的数值。

$$1 - p = \int_{WCE}^{+\infty} f(x) dx. \quad (19-12)$$

为了给潜在信用风险暴露建模,我们需要:① 给各项风险因素建模;② 给定这些风险因素后对工具做出评估。这个过程与风险价值(VaR)极为相似。除了在计算总值时,要首先在交易对手的层次求和,然后在投资组合的层次求和。

在最简化的情况下,假设收益 x 服从均值为零、方差为 σ 的正态分布。期望信用风险暴露为:

$$ECE = \frac{1}{2} E(x | x > 0) = \frac{1}{2} \sigma \sqrt{\frac{2}{\pi}} = \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}}. \quad (19-13)$$

应该注意到,我们除以 2 是因为数值大于零的概率为 50%。最差信用风险暴露在置信度为 95% 的情况下可以表达如下:

$$WCE = 1.645\sigma.$$

图 19-1 说明了对于收益为正态分布的情况下,如何衡量 ECE 和 WCE。应该注意到,图中并不考虑 x 为负值时的情况。

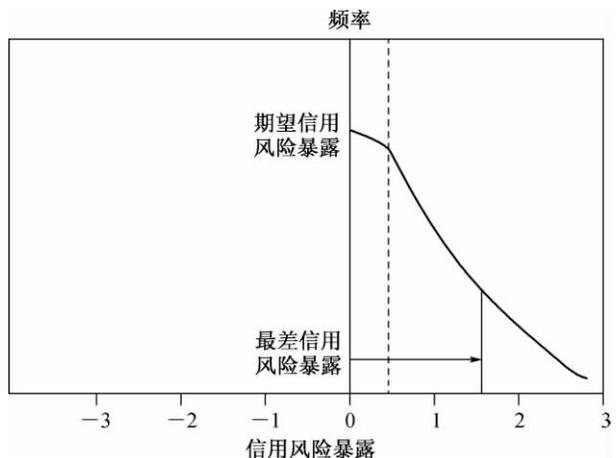


图 19-1 期望信用风险暴露和最差信用风险暴露——正态分布

19.2.2.2 时间曲线

可以通过每个时点的期望信用

风险暴露和最差信用风险暴露来得到信用风险暴露的分布。甚至,我们还可以利用金融工具的整个期间的简单的算术平均来表示平均信用风险暴露。

平均期望信用暴露(average expected credit exposure, AECE)是期望信用暴露从现在到到期日 T 这段时间内的平均值。

$$AECE = (1/T) \int_{t=0}^T ECE_t dt. \quad (19-14)$$

平均最差信用暴露(average worst credit exposure, AWCE)的定义如下:

$$AWCE = (1/T) \int_{t=0}^T WCE_t dt. \quad (19-15)$$

19.2.2.3 利率互换的风险暴露

现在我们考虑如何计算利率互换中的风险暴露。一般来说,我们需要定义:① 市场风险因素的数量;② 复合随机过程的方程和参数;③ 互换的定价模型。

第一步,我们从只包含一个风险因素(利率)的随机过程入手,定义 t 时刻利率 r_t 的运动为:

$$dr_t = k(\theta - r_t)dt + \sigma r_t^\gamma dz_t. \quad (19-16)$$

其中: θ 为利率的长期均值水平。

第一项包含了均值回归(mean reversion)过程。当 r_t 的当前数值比长期趋势值高时,括号里的数值为负数,会产生一种下降的趋势。一般来说,均值项可以反映远期利率的隐含路径。

第二项定义了扰动项,可以由正态分布给出。一个很重要的观点是扰动的波动率必须是不变的或者是利率 r_t 的当前值的 γ 次方。如果时间跨度较小,这点并不重要,因为当前利率与初始利率非常接近。

当 $\gamma=0$ 时,扰动项变成了正态分布,也就是 Vasicek 模型(1977)。收益率的绝对变动一般为每年 1%。但这又有个问题,无论收益率是以 2% 开始还是以 1% 开始,波动率都是一样的。这样,由初始点和均值回归的强度所决定的收益率都可能出现负值。

当 $\gamma=1$ 时,则是另一类模型,即对数正态模型。模型可以重新写成 $dr_t/r_t = d\ln(r_t)$ 。这种形式保证了当发生波动时, r 会趋近于零,而不会出现负值。收益率的相对变动一般为

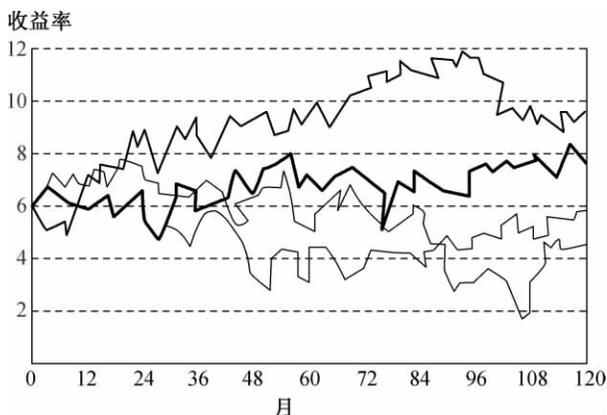


图 19-2 利率的模拟路径

每年 15%，也就是用收益率的变动率 1% 除以初始收益率 6.7%。

为了便于说明，我们选择正态过程($\gamma=1$)为例，其中均值回归 $k=0.02$ ，每月波动率 $\sigma=0.25\%$ ，这些参数都是以美国近期数据为基础的。初始数值和长期趋势值的 r 都为 6%。图 19-2 表示了模拟数值。我们应该注意利率是如何偏离初始数值，而又是如何被拉到长期趋势值 6% 的。但是，我们需要每个时刻的数值分布。

这个模型非常容易使用，因为它有解析解。图 19-3 总结了 r 未来值的分布，给出了它的均值和置信度为 90% 的双尾置信区间(也叫做最大值和最小值)。在图 19-3 中，均值为 6%，也是长期趋势值。分布的置信区间开始由于时间跨度的增加而变宽，而后又由于均值回归效果而收敛到一个固定的值。

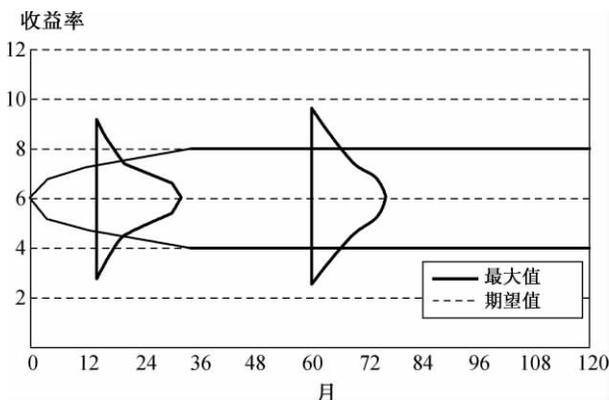


图 19-3 利率的分布曲线

下一步为互换估价。在每个时点，互换的当前市场价值都等于固定利率债券和浮动利率债券的差值。

$$V_t = B(\$100, t, T, c, r_t) - B(\$100, FRN)。 \quad (19-17)$$

其中： c 为年息票利率； T 为到期日。互换的风险来自固定的息票利率与现行的市场利率的差值。而对于利率互换而言，本金不需要进行交换。

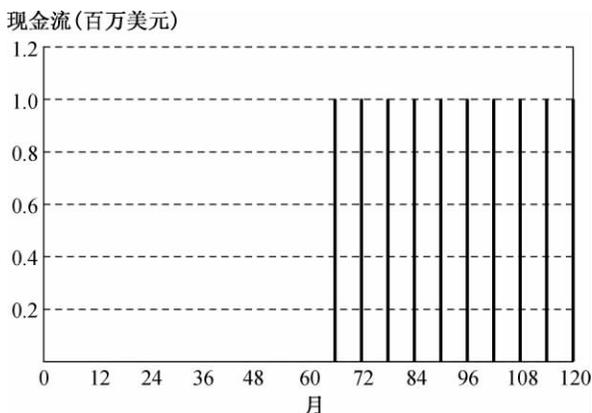


图 19-4 5年后利率降到 4% 的净现金流

图 19-4 表示了由于 5 年后利率由 6% 下降到 4% 而产生的现金流的变化。收取固定利息的一方有正的收益, 每 6 个月交易对家欠下一笔金额, 对于半年支付的互换金额为 1 百万美元 ($100 \times (6\% - 4\%) \times 0.5 = 1$), 直到互换的到期日。如果还有 10 笔金额需要支付, 那么加总之后就是 1 千万美元的正信用风险暴露。在剩余支付期内折现, 在评估日的价值为 810 万美元。

接下来, 我们假设互换收取的固定利息采用连续支付方式而不再是半年一次 (这样的目的是为了简化模型)。同时, 我们使用连续复利。定义 N 为剩余的年数, 固定利率债券的价值为:

$$B(\$100, N, c, r) = \$100 \frac{c}{r} [1 - e^{-rN}] + \$100e^{-rN}. \quad (19-18)$$

其中, 第一项是固定息票现金流以现行利率 r 折现的现值。第二项是本金的偿还。特别地, 当息票利率与现行的市场利率相等时, 即 $c=r$, 这种平价债券市场价值是 100 美元; 如果 $c>r$, 市场价值就会高于面值。

浮动利率票据可以采用相同的方式定价。但不同的是, 息票利率始终等于现行市场利率。所以, 它的价值始终等于面值。

为了更好地理解付息债券的风险暴露曲线, 我们需要考虑两个相反的效应。

- 1) 扩散效应(diffusion effect)。随着时间的推移, 利率的不确定性将增加。
- 2) 摊销效应(amortization effect)。随着到期日的临近, 债券的久期将降低为零。

图 19-5 描述了第二种效应, 表示出债券的久期收敛于零。这也解释了为什么无论到期日时的现行市场利率如何, 债券市场的价值都收敛于票面价值。

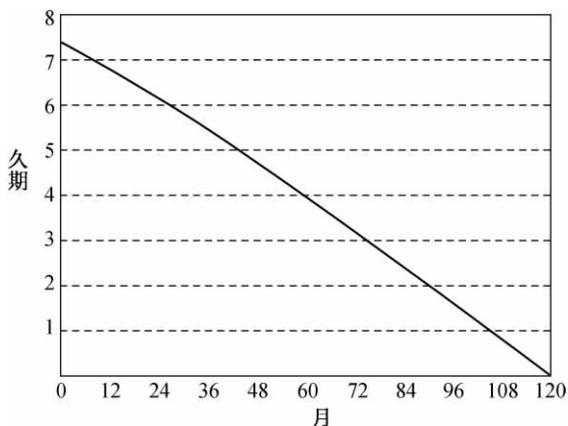


图 19-5 10 年期债券的久期曲线

因为债券是关于当前收益率的严格单调函数, 我们可以用在每个时点的极值利率范围来为债券估价, 从而计算置信度为 90% 的置信区间。我们对图 19-3 中的每个时点使用等式 $B(\$100, N, c, r) = \$100 \frac{c}{r} [1 - e^{-rN}] + \$100e^{-rN}$ 来为该债券估价。图 19-6 展示了这种风险暴露曲线。

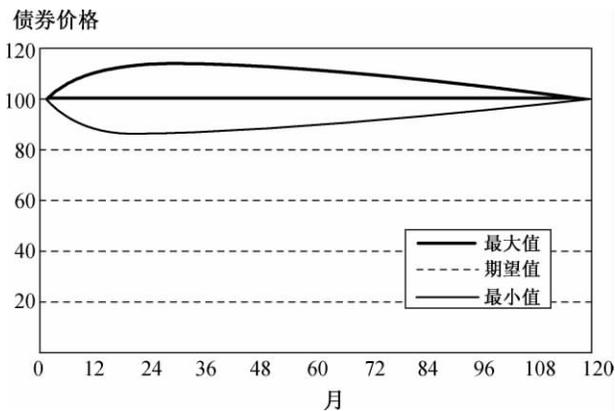


图 19-6 10 年期债券的风险暴露曲线

一开始,债券的市场价值为 100 美元。2~3 年后,价值的波动范围将达到最大,从 87 美元到 115 美元。然后,波动范围收敛到面值 100 美元。但是整体上来看,扰动相对于面值还很小。考虑在衡量信用风险时的其他近似方法,比如违约概率和回收率的不确定性,假设债券有一个稳定的风险暴露并不是坏的近似。

但是,对于利率互换来说,这并不成立。利率互换的价值可以由附息债券减去 100 美元(浮动利率票据的价值)得到。一开始,它的价值为零。然后,它可能出现正值或负值,而信用风险暴露只可能是正值。图 19-7 表示了置信度为 95% 下的期望风险暴露的曲线和最大(差)风险暴露的曲线。它也表示了在整个互换过程中,平均最大风险暴露的曲线。

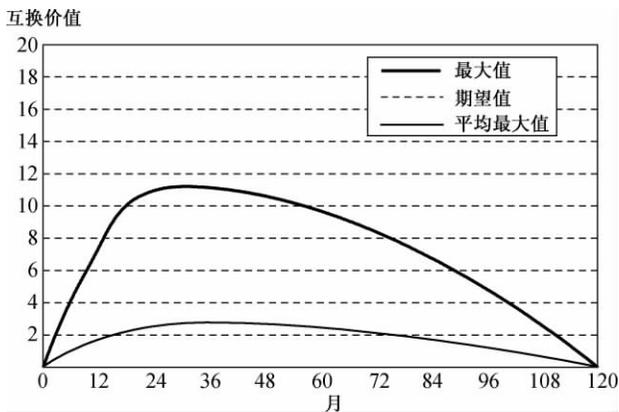


图 19-7 10 年期利率互换的风险暴露曲线

直觉上,互换的价值来自于固定利息和浮动利息的现金流之差。考虑一笔还剩下两次利息交换且名义金额为 100 美元的互换。它的价值为:

$$\begin{aligned}
 V_t &= \$100 \left[\frac{c}{(1+r)} + \frac{c}{(1+r)^2} + \frac{1}{(1+r)^2} \right] - \$100 \left[\frac{r}{(1+r)} + \frac{r}{(1+r)^2} + \frac{1}{(1+r)^2} \right] \\
 &= \$100 \left[\frac{(c-r)}{(1+r)} + \frac{(c-r)}{(1+r)^2} \right]. \quad (19-19)
 \end{aligned}$$

注意在(19-19)式中本金支付是被抵消的,因此我们只需要支付固定利率和现行浮动

利率的差额现金流($c-r$)。

这些信息可以用来评价在目标日的期望风险暴露和最差风险暴露。最大风险暴露常出现在互换的第二年,或者互换期间的 1/4 处。在那个时点,期望风险暴露是名义金额的 3%~4%,这要比债券的期望风险暴露小很多。最差风险暴露达到峰值时是名义金额的 1%~15%。值得注意的是,实际上,这些值都依赖所使用的随机过程。

为了评估互换价值中的潜在波动,我们基于久期做出近似。首先考虑短期风险暴露,它的均值回归和久期的变动都不太重要。利率变动的波动率随着时间的平方根成比增加。给定每月波动率为 0.25%,初始久期为 7.5 年,我们可以将下一年的互换价值的波动率近似地计算为:

$$\sigma(V) = \$100 \times 7.5 \times [0.25\% \times \sqrt{12}] = \$6.5 \text{ million.}$$

再乘以 1.645,我们得到在 95%置信区间下的 VaR 值 1 070 万美元,这与图 19-7 中 1 年后实际的置信度为 95%的最差风险暴露 940 万美元非常接近。

我们可以根据一个更加现实的例子来看如何在下降的久期和增加的风险之间做出权衡时刻的。假设债券的(修正)久期与剩余期限成线性比例关系,即在 t 时刻 $D = k(T-t)$ 。从 0 到 t 时刻的波动率可以写成 $\sigma(r_t - r_0) = \sigma\sqrt{t}$,所以互换的波动率为:

$$\sigma(V) = [k(T-t)]\sigma\sqrt{t}. \quad (19-20)$$

为了找到波动率何时达到最大值,我们将(19-20)式对 t 求导,得到:

$$\frac{d\sigma(V)}{dt} = [k(-1)]\sigma\sqrt{t} + [k(T-t)]\sigma\frac{1}{2\sqrt{t}}. \quad (19-21)$$

然后使它等于零,得到:

$$\sqrt{t} = (T-t)\frac{1}{2\sqrt{t}},$$

或者

$$2t = (T-t),$$

或者

$$t_{\max} = (1/3)T.$$

因此,最大风险暴露出现在互换期限的 1/3 处。这比我们前面提到的 1/4 要晚一些,这是因为在(19-20)式的假设中没有均值回归项。

在那点(即互换期限的 1/3 处),最差信用风险暴露为:

$$1.645\sigma(V_{\max}) = 1.645k(2/3)T\sigma\sqrt{T/3} = 1.645k(2/3)\sigma\sqrt{1/3}T^{3/2}. \quad (19-22)$$

可以看出,最差信用风险暴露与 $T^{3/2}$ 成比例增加,这比与到期 T 成线性比例的速度还快。

图 19-8 表示 5 年期互换的风险暴露曲线。这里,最大风险暴露出现在互换期限的 1/3 处。正如想像的那样,幅度减少,最大期望风险暴露只占名义金额的 1%左右。

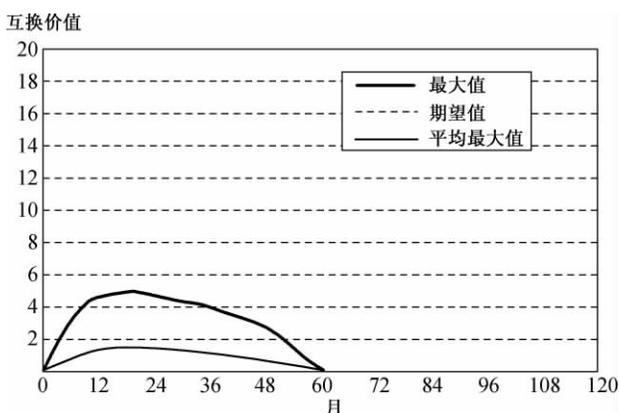


图 19-8 5 年期利率互换的风险暴露曲线

图 19-9 表示了初始利率为 5%、息票利率为 6% 时的风险暴露曲线。这时, 互换处于实值状态, 市价为 790 万美元。如果我们假设长期利率为 6%, 总风险暴露曲线将从一个正值开始, 在两年后达到最大, 然后收敛于零。

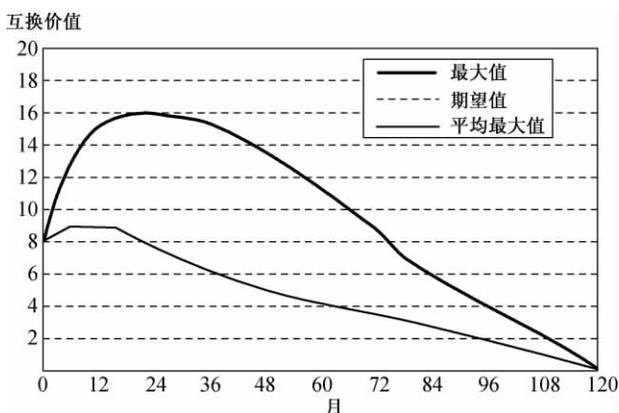


图 19-9 10 年期实值互换的风险暴露曲线

19.2.2.4 货币互换的风险暴露

其他互换的风险暴露有很大的不同。比如, 一个面值为 1 亿美元兑 5 000 万英镑的货币互换, 其初始汇率为 $S(\$/\pounds) = 2$ 。

这种收取外国货币的货币互换的市场价值为:

$$V_t = S_t(\$/\pounds)B^*(\pounds 50, t, T, c^*, r^*) - B(\$ 100, t, T, c, r)。 \quad (19-23)$$

按照惯例, 星号表示外国货币的价值。

一般来说, 这种互换要同时面临国内和国外利率风险。假设当我们还剩两次息票需要支付时, 互换的价值可以表示为:

$$V = S \times 50 \left[\frac{c^*}{(1+r^*)} + \frac{c^*}{(1+r^*)^2} + \frac{1}{(1+r^*)^2} \right] - \$ 100 \left[\frac{c}{(1+r)} + \frac{c}{(1+r)^2} + \frac{1}{(1+r)^2} \right]。 \quad (19-24)$$

注意, (19-24) 式中本金不能相互抵消, 因为它们需要用不同的货币进行支付。

接下来, 我们简单地假设没有利率风险, 或者说互换的价值只面临货币的汇率风险。此外, 我们还假设两种货币的息票是相同的。正如以前一样, 我们为利率选择一个随机过程, 即一个方差不变且没有长期趋势项的对数正态过程。

$$dS_t = \sigma S_t dz_t \quad (19-25)$$

我们取每年的 $\sigma = 12\%$, 这比较实际, 并且此过程可以保证利率不会出现负值。

图 19-10 表示了一个 10 年期货币互换的风险暴露。这里, 由于没有摊销效应, 风险暴露随着时间而不断增加。最大风险暴露出现在互换期间的最后。在那一时点, 平均风险暴露为面值的 10% 左右, 这要比利率互换高很多。最差风险暴露则更高一些, 为面值的 45%。

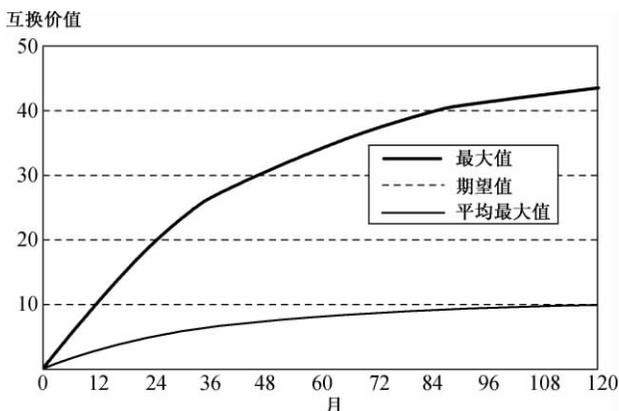


图 19-10 10 年期货币互换的风险暴露状况

尽管上面计算出来的这些价值基于所使用的随机过程及其参数, 这个例子还是可以说明, 即使具有相同的到期时间长度, 货币互换的信用风险比利率互换的信用风险要高得多。

19.2.2.5 不同息票的风险暴露

到目前为比, 我们一直假定一个水平的期限结构, 不同货币息票支付义务的对家支付相同的息票, 这使多头方和空头方的风险暴露是对称的。但是现实中, 这些条件是不成立的, 从而造成了不对称的风险暴露情况。

比如考虑下面等式中的利率互换。

$$\begin{aligned} V_t &= \$100 \left[\frac{c}{(1+r)} + \frac{c}{(1+r)^2} + \frac{1}{(1+r)^2} \right] - \$100 \left[\frac{r}{(1+r)} + \frac{r}{(1+r)^2} + \frac{1}{(1+r)^2} \right] \\ &= \$100 \left[\frac{(c-r)}{(1+r)} + \frac{(c-r)}{(1+r)^2} \right] \end{aligned}$$

如果期限结构是向上倾斜的, 息票率 (固定利率) 比浮动利率大, $c > r$, 并且固定利息收入方会在近期收到净支付。互换的价值可以用远期利率预测浮动利率方的支付金额得到。

$$V_t = \frac{(c-s_1)}{(1+s_1)} + \frac{(c-f_{12})}{(1+s_2)^2} \quad (19-26)$$

其中： s_1 、 s_2 为一年期和两年期的即期利率； f_{12} 为第一年到第二年的远期利率。

而对于两个息票利率不同的货币互换，较低的名义利率意味着较高的远期汇率。收取低息票货币支付的那方将在随后交换本金的时候获得更高的支付金额。因此如果对方违约，即使利率保持不变，也会产生信用损失。

表 19-1 给出了一个固定利率互换的例子。其中，一方收取 6% 的美元利率而支付 9% 的英镑利率。我们假设两种货币都具有水平的利率期限结构，且初始的即期汇率为 2 美元/英镑。第一个表给出了折现因子和远期利率。由于英镑利率的升高，英镑的远期汇兑价值由 2 美元/英镑降到 10 年后的 1.5129 美元/英镑。第一个表中最右边的两列给出了支付余额的现值，用本身的货币利率折现。它们加总之后分别为 1 亿美元和 5 千万英镑，再根据当前即期汇率 2 美元/英镑，两者合计为零，即互换的初始价值为零。

表 19-1 6%1 亿美元对 9%5 千万英镑货币互换

时间	市场数据			互换价值	
	现值(美元)	现值(英镑)	汇率(\$/£)	净现值(美元)	净现值(英镑)
1	0.9434	0.9174	1.9449	\$5.66	-£4.13
2	0.8900	0.8417	1.8914	\$5.34	-£3.79
3	0.8396	0.7722	1.8394	\$5.04	-£3.47
4	0.7921	0.7084	1.7887	\$4.75	-£3.19
5	0.7473	0.6499	1.7395	\$4.48	-£2.92
6	0.7050	0.3963	1.6916	\$4.23	-£2.68
7	0.6651	0.5470	1.6451	\$3.99	-£2.46
8	0.6274	0.5019	1.5998	\$3.76	-£2.26
9	0.5919	0.4604	1.5558	\$3.55	-£2.07
10	0.5584	0.4224	1.5129	\$59.19	-£23.02
总计				\$100.00	-£50.00

表 19-1 续 6%1 亿美元对 9%5 千万英镑货币互换

时间	现金流			暴露	
	收到	支出	pay in \$	差异	净现值(差)
1	\$6.00	-£4.50	-\$8.75	-\$2.75	-\$2.60
2	\$6.00	-£4.50	-\$8.51	-\$2.51	-\$2.24
3	\$6.00	-£4.50	-\$8.28	-\$2.28	-\$1.91
4	\$6.00	-£4.50	-\$8.05	-\$2.05	-\$1.62
5	\$6.00	-£4.50	-\$7.83	-\$1.83	-\$1.37

(续表)

时间	现金流		暴露		
	收到	支出	pay in \$	差异	净现值(差)
6	\$ 6.00	-£4.50	-\$ 7.61	-\$ 1.61	-\$ 1.14
7	\$ 6.00	-£4.50	-\$ 7.40	-\$ 1.40	-\$ 0.93
8	\$ 6.00	-£4.50	-\$ 7.20	-\$ 1.20	-\$ 0.75
9	\$ 6.00	-£4.50	-\$ 7.00	-\$ 1.00	-\$ 0.59
10	\$ 106.00	-£54.50	-\$ 82.46	\$ 23.54	-\$ 13.15
总计					-\$ 0.00

第二个表列出了每种货币的现金流。右边的三列描述了信用风险暴露。首先,英镑支付的现金流根据远期汇率被转换成美元。比如,第一次支付金额为 4.5 英镑,可转换为 $4.5 \times 1.9449 = 8.75$ 美元。收入 600 万美元,支出 875 万美元,合计为净支出 275 万美元。表格中列出了前 9 年的现金流出,并且最终由第 10 年的一笔现金流入 2 354 万美元冲销。最后一列将不同时点的期望信用风险暴露折算为现值,折现采用美国利率 6%。净现值(NPV)加总为零,正如要求的那样。但是,表 19-1 说明,如果交易对手在第 9 年违约,剩下的信用风险暴露仍将会非常高。

19.2.3 信用风险暴露的管理

为了不断降低信用风险暴露,金融业发展了多种方法来对其进行限制。本节将具体分析盯市、保证金、抵押、息票再调整和净额结算协议给信用风险暴露的影响。

19.2.3.1 盯市(marking-to-market, MTM)

降低信用风险暴露的最根本形式是盯市(MTM)。盯市需要定期对合约价值的变化进行清算,例如每天一次。对于 OTC 合约,交易双方可能协定以更长的周期为基础对合约价值进行计算,例如按照月度或者季度。

如果盯市条款对双方是对称的,则称为双向盯市(two-way marking-to-market);如果只设定对单方损失进行计算,则称为单向盯市(one-way marking-to-market)。

盯市早已被有组织的交易所用来应对信用风险。这是因为各种各样的投资者都可以参加交易所的交易,包括很多小的个人投资者。而在 OTC 市场中,大型金融企业是主要的交易者,他们相互熟悉,而且保持着长期关系。正如观察家所评论的:期货市场就是要被设计成允许陌生人之间进行交易的,而其他的 OTC 市场只允许熟人之间进行交易。

在每日盯市的体系下,当前风险暴露降为零。但是,由于合约价值可能在下一次清算前改变,潜在风险暴露仍然存在。潜在风险暴露可能会由:① 盯市时间之间的间隔;② 当交易对手违约时进行清算所需的时间而导致。

对于一个零售客户,经纪人通常可以在一天之内很快对头寸进行清算。当头寸很大时,例如当经纪人处理和长期资本管理公司(LTCM)之间的交易时,清算周期可能会长得多。

关于盯市的另一个问题是它引入了其他类型的风险,特别是:

- 1) 经营风险。这是由于需要追踪合约的价值,并进行每日收支;
- 2) 流动性风险。这是由于机构需要保持充足的现金以应对合约价值的波动。

3) 保证金制度。潜在风险暴露可以通过保证金制度来保护。保证金(margins)是指为了建立头寸而需要提前预付的现金或者证券。这些资金的存在是为潜在风险暴露提供一个缓冲。例如,交易所需要客户在建立一个新的头寸时预先支付初始保证金(initial margin)。这些保证金被当作绩效债券(performance bond),以抵消由于用户违约而可能导致的未来损失。合约的收益和损失会被记入权益账户(equity account)的保证金中。一旦权益账户的价值低于一个临界值,即低于维持保证金(maintenance margin),就应当提供新的资金。

保证金设定的依据是价格的波动和头寸类型,即根据交易的目的主要是投机还是对冲来决定。合约价格变化越大,保证金越大。对于对冲者,保证金通常要低一些。假设没有基差风险(basis risk),期货头寸的损失可以用现货的盈余进行补偿。某些交易所设置的保证金可以覆盖 99% 的最差日价格变化,这被称为信用风险的日 VaR 系统。

4) 抵押。OTC 市场允许使用证券代替现金作为抵押(collateral)。这种抵押保护了当前风险暴露和潜在风险暴露。抵押的价值超过所欠资金的那部分金额称为扣减(haircut)。

扣减的差异是市场风险和信用风险的函数。例如,现金的扣减可以为零,这意味着对当前暴露给予了完全保护。政府债券针对短期、中期和长期各种不同期限的债券分别提出了 1%、3% 和 8% 的扣减。如果价格波动增加,交易对手违约和抵押品损失价值的可能性会增加,因此也就被要求更高的扣减。

19.2.3.2 头寸限制(position limits)

信用暴露可以通过设定对一个交易对手暴露的头寸限制来进行。理想的情况是,应该根据投资组合对此进行评估,同时要考虑到一个机构和一个交易对手之间的所有合约。

为了加强限制,交易信息应该集中在中间办公系统,它为每一个交易对手生成一个暴露曲线。这些暴露曲线可以用于对几个任意设定的到期日区间内的信用状况进行管理。每次与同一个对手进行新的交易时,都应该考虑对总暴露产生的增量效应。

这些限制也可以在工具的层面上设定。例如,对于互换来说,暴露上限(exposure cap)要求一旦合约价值超过了某一数量,就需要进行支付。假如,两年后合约价值突然

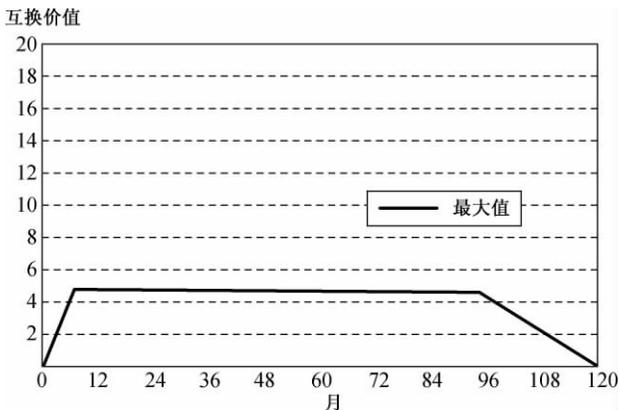


图 19-11 暴露上限的效果

上升到 11 百万美元,交易对手就需要支付 6 百万美元,以使交易的未清偿价值降到 5 百万美元。这样就把最差风险暴露限制为 5 百万美元,并降低了平均风险暴露。

19.2.3.3 息票调整

控制风险暴露的另一种方法是息票调整。息票调整 (recouping) 是合约中的一项条款, 要求合约在某些固定的日期盯市。这包括: ① 通过现金交易使得盯市价值回到零; ② 根据当时的市场价值重新设定息票利率或者汇率。

图 19-12 表示了 5 年息票调整对 10 年互换所产生的效果。暴露在 5 年后截断为零。此后它与一个还有 5 年到期的互换的暴露曲线相同。

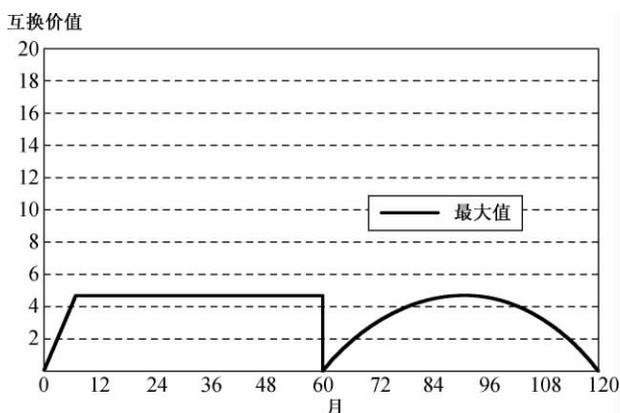


图 19-12 5 年期息票再调整的效果

19.2.3.4 净额结算协议

净额结算协议 (netting agreements) 可能是最强有力的控制风险暴露的方法。这是迄今为止标准化的主互换协议 (master swap agreements) 的共同特征。它是由国际互换和衍生品协会 (ISDA) 于 1992 年提出来的。

这些协议的目的是为一组合约的支付提供净额结算。发生违约时, 交易方不能在对具有负价值的合约停止支付的同时, 却要求收到具有正价值合约的支付。因此, 该系统将风险暴露降低到以净额结算协议覆盖所有合约的净支付值的水平上。

表 19-2 给出了一个包含四个合约的例子。如果没有净额结算协议, 前两个协议的暴露是每个正值部分之和, 即 100 百万美元。相反地, 如果前两个合约处于净额结算协议中, 它们的价值将互相抵消, 得到净暴露是 40 百万美元 ($100 - 60 = 40$)。假如合约 3 和合约 4 不处于净额结算协议中, 暴露将增加为 125 百万美元 ($100 + 25 = 125$)。

表 19-2 使用和不使用净额结算的暴露比较

单位: 百万美元

合约	合约价值	没有净额结算	有净额结算 1 和 2
1	+100	+100	+100
2	-60	+0	-60
总计: 1 和 2	+40	+100	+40

(续表)

合约	合约价值	没有净额结算	有净额结算 1 和 2
3	+25	+25	+25
4	-15	+0	-15
总计:1 到 4	+50	+125	+50

而如果合约 3 和合约 4 处于净额结算协议中,暴露将增加为 50million 美元(40+25-15=50)。

总之,在净额结算下,净暴露(net exposure)为:

$$\text{净暴露} = \max(V, 0) = \max\left(\sum_{i=1}^N V_i, 0\right)。$$

如果没有净额结算协议,总暴露(gross exposure)是所有正值合约之和:

$$\text{总暴露} = \sum_{i=1}^N \max(V_i, 0)。$$

请注意这两式中的加和号位置的不同。

总暴露值通常大于至少等于在净额结算协议下的风险暴露。

净额结算的好处依赖于合约的数目 N 和各合约之间的相关程度。 N 越大,相关性越小,净额结算的好处就越大。如果所有的合约同时都变为正值,或者具有更大的相关性,则不能从净额结算中获得好处。

图 19-13 和图 19-14 分析了与同一个交易对手签订的包含两个互换的投资组合的净额结算效果。每一种情况下,利率升高或者下降的概率是相同的。

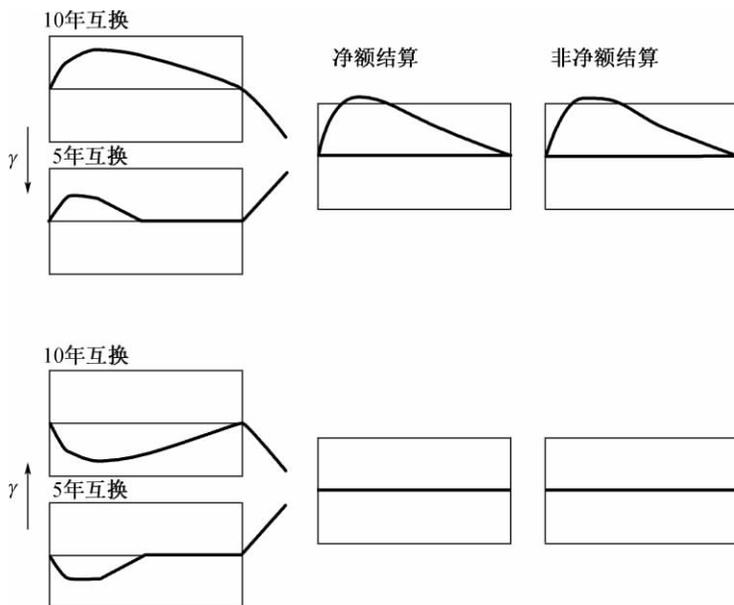


图 19-13 两个长期的头寸的净额结算

在图 19-13 中,银行买入 10 年期和 5 年期的互换。上图表示利率下降时的最差风险暴露。在这种情况下,对于每一个合约都存在正的暴露,将两者相加就可以得到总的组合的风险暴露。是否存在净额结算没有差别,因为这两个头寸都为正。下图表示的是当利率上升时的最差风险暴露。两个头寸各自的风险暴露以及它们的组合的风险暴露都为零。

在图 19-14 中,银行买入 10 年期、卖出 5 年期互换。当利率下降时,第一个互换是正值,第二个互换是负值。如果有净额结算,最差风险暴露则会降低。相反地,如果没有净额结算,那么风险暴露与 10 年期互换的风险暴露相同。当利率上升时,第一个互换的价值为负而第二个互换的价值为正。如果有净额结算,风险暴露曲线是零。如果没有净额结算,那么风险暴露与 5 年期互换的风险暴露相同。

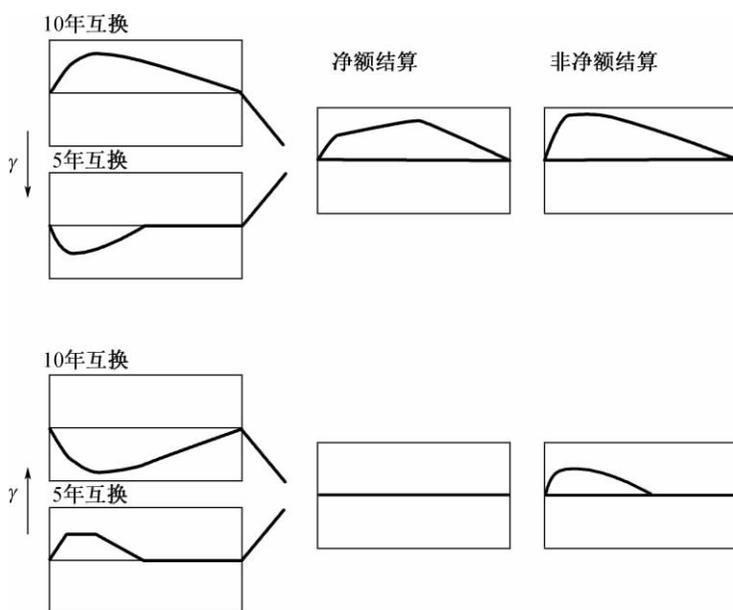


图 19-14 多头和空头的净额结算

银行会在他们的年度报告中提供一些信息,说明净额结算给他们的当前风险暴露带来的好处。如果没有净额结算协议或者抵押。一旦所有的交易对手(K 个)同时违约,总重置价值(gross replacement value, GRV)是最差情况下的风险暴露之和:

$$GRV = \sum_{k=1}^k \text{总暴露}_k = \sum_{k=1}^k \left[\sum_{i=1}^{N_k} \max(V_i, 0) \right]. \quad (19-27)$$

如果有净额结算协议和抵押,最终风险暴露可以定义为净重置价值(net replacement value, NRV)。它是交易各方净的正暴露减去持有的抵押价值(collateral)之和:

$$NRV = \sum_{k=1}^k \text{净暴露}_k = \sum_{k=1}^k \left[\max\left(\sum_{i=1}^{N_k} V_i, 0 \right) - \text{collateral}_k \right]. \quad (19-28)$$

19.2.4 信用风险修正因子

信用风险修正因子用于处理信用风险暴露或违约风险以及它们的组合。本节讨论影响违约风险的修正因子。

19.2.4.1 信用触发因子

信用触发因子(credit triggers)是指当交易的任意一方的信用评级低于某一水平时,另外一方有权将互换结算为现金。这种做法的目的在于降低违约的概率。例如,如果当交易对手的信用评级低于 A 时,所有的未结清的互换合约都可以终止,则违约概率将会降低至当对手的评级为 A 或是高于 A 时违约的概率。

当一个公司的信用评级逐渐恶化时,这些触发因子非常有用。这是因为很少有公司会从投资级别一下子变为破产。通过分析转移概率可以估计出增加此类触发因子带来的保护。例如,一个具有 AA 级信用的借款人在过去 10 年中的累计违约概率为 0.81%。信用评级一日下降到 BB 或者更低级就可以中止合约,那么概率将降为 BB 级以上债券的累计违约概率。

19.2.4.2 时间看跌期权

时间看跌期权(time puts),或者称为共同终止期权(mutual termination options),指合约的任意一方都可以无条件地在合约中规定在将来一个或多个日期终止交易。这一特性降低了双方的违约风险和风险暴露。如果风险暴露较大,而一方的信用评级开始下降,它允许另一方去终止合约。

但是,触发因子和看跌期权都属于一种或有要求权(contingent requirements),这可能会对困境中的公司造成严重的后果。当这些公司恰恰处于困境之时要求更强的流动性,这些要求权的行使对公司的流动性会造成进一步的压力。确实,安然公司(Enron)某些证券中的触发因子迫使公司支付大量的现金,加速了公司的破产,这些条款与其说是提供保护,不如说是触发了破产,对所有债权人都造成了不利影响。

19.3 交易对手风险的度量与标识

19.3.1 与交易对手风险相关的定义

1) 交易对手风险是指场外交易衍生合约的一方不能履行合约义务给另一方造成价值上损失的可能性。损失是双边的并且可以用违约合约(default contract)的重置成本来度量,这一成本包括了低流动性资产头寸的市场影响(the market impact of illiquid positions)。

2) 交易对手暴露,是指如果对手违约且没有进行补偿而造成的损失金额。

3) 货币风险(CE),是指对手风险的货币价值。

4) 未来潜在风险(PFE_t),是指在给定的置信水平下,预期将来某一天 t 可能发生风险的最高或最大值。未来潜在风险(PFE)曲线在距到期交易的期间内不断变化。在合约期限

内, PFE 的最高点就是最大潜在风险(MPFE)。

5) 预期风险(EE_t), 是指将来第 t 期的潜在风险。跨期的 EE_t 图就形成了预期风险曲线, 可以用于定价和判定对手的组合。预期风险曲线也被认为是“信用等值”或者“贷款等值”的风险曲线。

6) 预期正暴露(expected positive exposure, EPE), 是指在一具体期间的平均预期风险。

7) 正面(right-way)风险, 是指与对手资信质量积极(正面)相关的风险。正面的风险可以降低预期信用损失。正面风险的一个例子就是一名采油者在交易中卖出石油。

8) 负面风险, 是指与对手资信质量消极(负面)相关的风险。负面风险会加大预期信用损失。一个例子就是一家公司在所持股票中卖出认沽期权(put option)。

9) 信用风险防范, 是指场外交易衍生合约中设定的用于降低信用风险的条款。诸如净额结算权力(netting rights)、流动性卖出期权(liquidity puts)、担保协议、信贷触发以及其他提前偿付或终止的条款。

10) 结算协议, 是指补偿性支付要求只需协议的一方进行支付。例如, 如果 A 要付给 B 60 美元, 而要向 B 收取 70 美元, 则进行单项交易结算时只需由 B 向 A 支付 10 美元(有结算协议的话)。如果 B 不履行结算义务且没有结算协议, A 会损失 70 美元, 但有了结算协议, 则 A 只损失了 10 美元。

11) 担保协议, 是指要求当一方的风险超过一定限度时应向对方转移一定金额的资产的协议。

12) 流动性选择, 是指在提前偿付协议中规定对方有权在某一特定交易日偿付和终止交易。

13) 信用触发, 是指在提前偿付协议中规定, 当一方的信用等级降至某一特定水平时, 可以要求对方提前偿付和终止交易。

14) 交叉结算, 是指允许交易双方在不同类型的衍生品交易中交叉结算。

19.3.2 估计未来潜在风险(PFE)

衍生品交易商已经发明了一些用于估计未来潜在风险的模型。这些模型的构成要素有:

- 1) 交易的历史数据、协议、法人、法律意见、抵押股份(collateral holdings)及风险限额;
- 2) 蒙特卡洛(Monte Carlo)模拟;
- 3) 交易定价模型;
- 4) 风险评估者;
- 5) 报告方式。

下面我们将阐述用蒙特卡洛模拟机制模拟对手未来潜在风险的步骤, 并讨论在不同市场中应用该模型的考虑因素。

PFE 模型的关键点之一就是对未来不同的市场情景进行风险模拟。模拟机制的规则要求对各个输入变量诸如利率、汇率、商品价格及期权等随机过程进行筛选。各变量的随机

过程可能会由于模拟的市场工具及市场因素(如表 19-3 所示)的特点而有所影响。

表 19-3 蒙特卡洛(Monte Carlo)模拟中市场工具的随机过程

	正态分布	非正态分布	跳跃式
发达国家利率	低利率	高利率	—
汇率	—	主要货币	新兴国家货币
物价	—	高流动性	低流动性
权证	—	高流动性	低流动性

在 PFE 的模拟机制中还应考虑:风险因素、平均反转率、参数的设定以及市场风险各因素的相关性。一些风险因素可能是一系列价格或者比率(如,收益曲线弧度)。平均反转率在长期风险的估计过程中显得尤为重要。采用历史数据建模可能会产生估值滞后的风险,并且模型要求对参数进行一致性假设。相应地,使用以市场为基础构建的模型不能反映市场参与者的纯预期,因为这些价格包括了风险溢价、执行成本,等等。市场风险各因素之间的相关性对于分散投资组合来说是最重要的。高度的相关性会提高信用风险。

19.3.3 PFE 模型的应用

PFE 模型的应用包括交易信用的证明、信用风险的估值以及经济资本与监管资本(economic and regulatory capital)的决策。风险限额取决于期限的长短。如果风险与信用质量不相关,则无条件预期风险曲线可以用来估算信用风险。经济资本可以用来预测抵御对手组合风险所需的资本数额。某一风险因素波动性或集中度的增强会提高组合的信用风险。

19.3.4 场外交易衍生组合的信用估值调整

信用估值调整就是通过调节支付来反映对手信用风险的变化。这一调整同样也会影响市价的收益。

假定 A 收到一笔英镑,欲与 B 进行英镑换美元的场外交易。B 按市场中间价应支付 150 美元给 A,这一价值已经包括了在有效市场情况下收到英镑一方 3 美元的违约风险价值。也就是说,这 150 美元已经包括了 B 方承担的 3 美元信用风险。

如果在 A 与 B 的实际交易中违约风险市场净值为 8 美元,则信用风险调整应向下调整 5 美元(8-3=5)。因此,支付给 A 的公允价值为 145 美元(150-5=145)。

19.3.5 平均损失率

平均损失率是指由于违约风险而导致风险债券的预期损失。平均损失率是违约可能性(PD)与 1 减回收率的差的乘积。

$$\text{平均风险损失率} = PD \times (1 - \text{回收率})。$$

因为市场价值的减少幅度通常大于保险精算预期损失折现值的减少幅度,投资者在承担更高风险时必需主观地提高平均损失率以体现风险溢价。

风险中性平均损失率是指投资者作为风险中立者时可能遭遇的损失率,这一损失率包含了由于接受较高违约风险所要求的风险溢价。

信用差额(风险债券利率与无风险利率的差额)可以看作是对风险中性年损失率的预测。然而,债券收益与国库券收益的差额异常接近,这主要是由于国库券收益可以免税,以及其较高的流动性。

风险中性平均损失率的另一个代理变量是由在信用违约互换协议中受保护的买方支付信用违约互换所支付的费用。

19.3.6 信用风险的市场价值

信贷衍生工具以及其他场外交易衍生工具是揭示双方面临信用风险的双边协议。已经有一些模型可以用来调整信用风险的价值,这些模型假定信用风险的市场价值可以由下式进行计算:

$$\text{信用风险的市场价值} = (EE^*) \times (L^*)。$$

其中: EE^* 为风险中性平均风险; L^* 为风险中性损失率。

衍生工具合约通常可以延展至不只一期,因此,假定只有一方具有信用风险(单边违约风险),则信用风险市场价值是对合约期限内各个时期风险中性平均违约损失进行折现后的总和。

以下四个步骤概括了估计单边信用风险的过程。

第一步,计算第 t 期风险中性预期风险 EE_t^* 。 EE_t^* 等于将风险按所有可能情况下的风险中性概率进行加权平均。

第二步,计算各期风险中性违约损失率 L_t^* ,这里的 L_t^* 是中性风险违约概率与在违约情况下风险中性平均风险损失率的乘积。

第三步,取得期限为 t 的无违约、零息债券的价格 C_t 。

第四步,计算各期 t 的信用风险价值: $V_t = (EE_t^*) \times (L_t^*) \times (C_t)$,则信用风险的市场总价值 T 为 $\sum V_t$,其中 T 是风险期限的最后一期。

这种计算方法没有调整风险与利率之间的相关性。例如,负面利率风险会提高平均损失率,要求进行较大幅度的信用风险调整。信用风险调整可以调高也可以调低,例如,衍生交易工具合约的一方拥有较好的资信情况对交易商来说具有价值。当交易商签订合同时,成交价格会反映签订合约者的资信质量。如果资信质量较差,相比资信好的合约,交易商卖出合约的价格要低。

双边违约风险的情形则需要更为复杂的模型来进行信用风险估算。

风险中性蒙特卡洛模拟可以用于计算贷款与衍生工具合约组合信用风险的市场价值,该模拟允许其中任何一方违约。结算协议和担保协议以及违约风险与利率、市场价格变动的相关性对市场价值的影响也被考虑在这一模型当中。

最基本的步骤是计算各方未来违约总损失的市场价值,则:

$$A \text{ 的违约损失的市场净值} = V(B) - V(A)。$$

其中: $V(B)$ 为由于 B 的违约造成 A 未来潜在总损失的市场价值; $V(A)$ 为由于 A 的违约造成 B 未来潜在总损失的市场价值。

具体步骤如下:

- 1) 开始选定一个新的独立的模拟情景;
- 2) 在步骤 1 选定的情景中逐日模拟由于 B 违约给 A 造成的净风险损失;
- 3) 每日假定 A 或者 B 违约进行逐日模拟;
- 4) 假定 A 不违约,通过模拟 B 违约时的损失率来估计 A 的损失;
- 5) 模拟短期利率的走势;
- 6) 计算 A 损失的折现价值;
- 7) 返回步骤 1 开始另一种情景;
- 8) 把可能产生的各种情景下步骤 6 中的结果进行平均。



第 20 章 国家主权风险

20.1 信用风险与国家主权风险

信用风险被定义为借款人因不能及时支付利息或偿还本金而违约的风险。当面临信用风险时,贷方可能会与借款人制定新的条款。例如,设想有一家美国公司不能偿还他的贷款。在这种情况下,贷方通常会重新制定贷款的条款来推迟偿还日期。如果借款人不能偿还债务,则其资产会被变现,变现所得将用于偿债。

国家主权风险是指国外政府可能对贷款违约或由于国家政策变更而不能实现其义务的风险。当面临国家主权风险时,贷方的法律补救措施是很有限的。例如,一家巴西企业信用记录很好,但是当巴西处于战乱并且货币急剧贬值时,巴西政府可能会禁止巴西企业偿还债务,这就会使得巴西企业违约,即使其本身信用风险较低。此时的拒付并不是企业的问题,而构成了国家主权风险事件。由于没有国际破产法庭,贷方几乎没有追索权。

这种情形适用于当贷方给外国公司提供借款时应实行的两步骤决策:

第一步,诊断公司所在国家的主权风险的品质;

第二步,评估公司的信用质量,包括选择合适的信用风险溢价或者信用额度。

当制定国际贷款决策时,国家主权风险因素应主导个别信用风险因素。如果预测公司的信用风险是有利的,而国家主权风险是不利的,则不能提供贷款。

由于国家风险的不同度量方法并不相互排斥,所以各种模型和资料都可以一起用于评估国家风险。金融机构可能会通过外界估值服务部门或开发他们自己的内部模型或两者兼用来进行风险评估。

投资者通常用到的三种外部风险评估服务是:

1) 欧洲货币指数:欧洲货币指数最早一次的印刷是在 1979 年,该指数是基于欧洲市场根据债务规模及到期日调整伦敦同业拆借利率得到的针对某国债务的利率分布而制定的。由于其范围限制,欧洲货币指数已经被包含更多经济和政治因素的度量方法所取代。

2) 经济学家情报局(EIU):EIU 综合了经济与政治风险对个别国家的风险从尺度 1(最低风险)到 100(最高风险)进行评级。

3) 机构投资者指数:机构投资者指数每年印刷两次,是通过调查跨国银行贷款负责人的调查得到的。对给定国家的信用风险进行主观的评分,0 表示肯定违约而 100 表示不会违约。机构投资者指数通过从被询问的银行贷款负责人那里得到的评分,并根据各自银行在调查的国家中面临的风险暴险值的大小来进行加权计算。

内部统计估值模型可以通过选择一系列重要的能够解释一国重组其债务可能性的宏观和微观变量及比例来构建。然后分析师在历史数据的基础上通过区分能够有效识别债务重组国家的模型方法与不能有效识别的模型方法来对这些模型进行评价。一旦分析师得到能够可靠度量债务重组风险的一系列指标,分析师就可以得到一个计分体系(Z 得分)来测定一国对其债务进行重组的可能性。

国家风险分析(CRA)包括很多步骤,许多分析师选择了 40 多种变量。这个阶段识别了国家主权风险概率模型中最普遍包含的变量。

20.2 债务废除与债务重组

20.2.1 国家主权风险事件的发生

国家主权风险事件的发生有以下两种形式。

① 债务废除(repudiation):国家明确拒绝履行协议,从而借方的外国债务和股权义务都被取消;

② 债务重组(rescheduling):当一国或该国的贷方集团宣布吊销或推迟目前和将来的债务寻求贷款合约条款如利率及到期日的调整时,就应进行债务重组。

债务废除在二战前比较普遍,因为当时国际债务主要采用国外债券的方式;而二战后主要是以债务重组的做法为主,因为此时的债务主要是采用银行贷款的形式。

国际债务重组相比债务废除更可能出现的原因有以下几个:

1) 相比分布于不同国家的数以千计的债券持有者而言,通过国际信用机构发行银行贷款涉及的贷方人数较少,这就意味着与银行重新协商比说服数以千计的债券持有者改变债券条款要容易得多也更经济。

2) 大多国际辛迪加贷款都是由相同或相似背景的银行组成的银团发放的,这有利于在贷款重新协商时产生一致性。

3) 许多国际贷款合同中都采用了交叉违约(cross-default)条款,该条款指明当一国有一笔贷款违约,则所有其他的大额贷款也自动违约。交叉违约条款可以避免一国对弱势贷方集团违约并且极大地提高了任何一笔贷款的违约成本。

4) 国内政府可能会寻求政治和经济手段来降低国外借方对他们债务的违约或废除。

20.2.2 债务重组概率度量中的五个主要经济变量

1) 偿债率(DSR)

$$DSR = \frac{\text{利息} + \text{债务摊销}}{\text{出口额}} \quad (20-1)$$

出口是不发达国家(LDC)获得美元和其他硬通货的主要手段。如果出口收入少于应以硬通货偿还的债务,则该国需要债务重组的可能性就越大。因此,偿债率与一国重组其债务的可能性存在正相关关系。从而,越穷的国家,如那些拉美的国家,偿债率就越高。

2) 进口比率(IR)

$$IR = \frac{\text{进口总额}}{\text{外汇总储备}} \quad (20-2)$$

由于生产能力的限制,不发达国家要进口许多他们不能够自行生产的产品,有时甚至食物都会成为主要的进口。不发达国家利用他们的外汇储备支付进口。一个国家进口越多,外汇储备就会消耗得越快。由于提供必需品被认为比偿还国外债务更重要,比其他国家进口更多货物的国家更有可能要对其债务重组,因此,IR 与债务重组概率存在正相关关系。

3) 投资比率(INVR)

$$INVR = \frac{\text{产权投资额}}{\text{国民生产总值}} \quad (20-3)$$

INVR 衡量一个国家用于产权投资(如厂房和设备)而不是用于消费的资本数量。该比率越高意味着将来更具有生产能力,则需要重组其债务的可能性就会降低,即 INVR 与债务重组概率之间存在负相关关系。

然而,一个反面的观点认为,越高的 INVR 允许不发达国家进行投资基础设施建设并且也使得这个国家相比国外贷方处于更有利的讨价还价的地位,因为将来不发达国家的贷款金额更不可靠,并且他们比较不关心无法能够从其他国家得到贷款的可能。这个观点认为,INVR 与债务重组的概率也是正相关的。如果不发达国家大量投资于进口竞争行业的话,这个观点尤其正确。

4) 出口收入方差(VarEX)

$$\text{VarEX} = \sigma_{EX}^2 \quad (20-4)$$

VarEX 反映了出口收入可能因数量与价格风险而剧烈变动。数量风险是不发达国家

出口至其他国家的初级产品的数量取决于盈余或缺口的风险。价格风险是不发达国家出口的国际美元价格可能具有不稳定性的风险。不发达国家出口收益越不稳定,贷方将来得到偿付的不确定性越高。因此, σ_{ER}^2 与债务重组存在正相关关系。

5) 国内货币供给增长率(MG)

$$MG = \frac{\text{货币供给变动额}}{\text{货币总供给}} \quad (20-5)$$

如果货币的完整币值(integrity of a currency)被削弱,会对实际产出有负面的作用。国家在进行国内与国际支付时就会更加依赖于硬通货。不发达国家货币供给国内增长率会对通货膨胀产生直接影响。当通货膨胀上升,该国的货币在国内和国际市场上就会贬值,这就意味着 MG 与一国重组债务的概率存在正相关关系。

(20-6)式反映了上述五个变量与一个国家债务重组概率之间的预期关系。各变量下面的“+”“-”表示变量对债务重组概率的影响,给定一变量增量。

$$\text{债务重组概率} = f(\underset{+}{\text{DSR}}, \underset{+}{\text{IR}}, \underset{-/+}{\text{INVR}}, \underset{+}{\text{VarEX}}, \underset{+}{\text{MG}}) \quad (20-6)$$

这些国家就可以分成两组:

第一组不具有吸引力,意味着有可能债务重组;

第二组具有吸引力,意味着没有必要进行债务重组。

金融机构的经理为了识别哪些变量最好地区分了借款人的分布,可以利用统计方法来区别这两组。这种方法与信用计分模型很类似。

20.3 国家风险分析(CRA)模型的问题

之前讨论的传统方法有很多问题,尽管它可能是最常用的国家风险分析方法之一。金融机构的经理应该了解这些模型潜在的缺陷。下面是利用传统 CRA 分析技术存在的六个问题。

1) 主要变量的时效性或者预测性问题。主要变量的数据系列很可能已经过时或者有误。例如,国际清算银行的数据通常是 6 个月之后才出版。当通过模型估计或直接预测(projections)变量时,预测时的错误可能会使度量的结果更糟。

2) 使用的分布集合太过于宽泛。在需要细分的地方,分布集合有时是混在一起。例如,一个国家可能宣布仅仅取消利息支付,而另一个国家可能宣布同时取消利息和本金的支付,但是在多数模型中这两个国家都被归为一组。

3) 不包括政治风险因素。因为 CRA 统计模型仅考虑经济变量,而政治风险因素(如罢工、竞选、腐败)没有被列为模型因素。为了得到更好的预测效果,需要对包括政治风险的因素进行定量测量(如罢工的持续时间)。

4) 没有考虑组合的分散效应。组合的总风险是由系统风险和非系统风险构成的。如果不发达国家的贷款组合被充分地分散了,则可以不用考察非系统风险。然而,组合的系统风险应该考虑,因为其不能被分散。如果相比系统风险一个组合包含更多的非系统风险,则对贷方来说总风险就变得不那么重要了,因为可以通过扩大对不发达国家贷款的分布来分散风险。

5) 评估债务重组的激励因素。一般认为债务重组的激励因素可以决定不发达国家对债务重组的需求和金融机构对债务重组的供给。下面分组考虑债务重组对双方的收益和成本:

借方的债务重组收益:

- ① 降低未来偿还硬通货的现值,因而增加了对国外进口的消费;
- ② 相比违约,提高了国内投资的利率;
- ③ 借方的债务重组成本;
- ④ 可能将自己拒之未来贷款的门外;
- ⑤ 可能阻止借方进行国际商务;
- ⑥ 可能会增加借方获得系列信用的难度。

贷方的债务重组收益:

- ① 可能会得到比借方违约有利的情形;
- ② 费用、担保及其他期权条款可能会重新协商;
- ③ 如果对不发达国家的贷款组合降低了其债务账面金额,可能会产生税收方面的

收益:

- ④ 贷方的债务重组成本;
- ⑤ 贷款变得与长期债券或股权相似;
- ⑥ 金融机构可能会陷于某一特定的贷款组合结构;
- ⑦ 大额的债务重组需要更详细的监管审查。

6) 模型中变量的稳定性。用 CRA 模型难以衡量稳定性。主要变量在将来所起的作用可能会不一样,因此,会与预测的不一致。金融机构必须不断更新其模型,加入现有的尽可能多的变量数据。

20.4 国家主权风险的应对方法

应对国家主权风险共有四种可选择的方法。

1) 债务-股权互换(debt-equity swap)

债务-股权互换就是外币贷款与某些特定类型投资的外币股权互换。

2) 多年债务重组(multi-year restructuring agreements, MYRAs)

当一个国家不能履行其还贷计划且金融机构又要把该贷款保留在其资产负债表中不进行出售或与股权互换时,可以采用多年债务重组。金融机构的主要问题是其在进行国家贷款重组时愿意让利多少。收益与成本取决于构成多年债务重组的各个因素,包括:

- ① 重组的银行费用。
- ② 重组后贷款的利率。按照惯例,一般新的利率都会比原来的利率低。这有助于缓解借方的资金流状况。
- ③ 本金及利息支付的宽限期,给予借方进行资本积累的时间。
- ④ 到期日展期,有助于在更长的时间内降低借方本金偿付额。
- ⑤ 选择权、担保等条款,这会降低将来违约风险。

多年债务重组的净损失(让利, concessionality)可以如下定义:

$$\text{让利额} = \text{原贷款现值} - \text{重组后贷款现值} = PV_O - PV_R。$$

与原贷款相比,重组后贷款的现值越低,则银行的让步越大,债务重组的成本越高。

假定有一笔两年期的贷款 200 万美元,要求借方每年偿还本金 100 万美元,原利率是 8%,银行的折现率为 6%。则贷款的原现值为:

$$PV_O = \frac{(A_1 + I_1)}{1 + d} + \frac{(A_2 + I_2)}{(1 + d)^2}。 \quad (20-7)$$

其中: $A=i$ 年偿还的本金, $i=1,2$; $I=i$ 年支付的利息, $i=1,2$; d =银行折现率。

因此, $PV_O = (\$100 + \$200 \times 0.08)/1.06 + (\$100 + \$100 \times 0.08)/1.06^2 = \205.55 。
即贷款现值为 \$205.55。

如果现在借方不能按期还款,为了避免违约,银行实行了多年头债务重组,条款如下:

期限——5 年;	预付费用——1%;
本金分摊——4 年分摊,每年 25%,	银行折现率——9%;
宽限期——1 年;	担保用期权——无。
贷款利率——7%,单利;	

$$\begin{aligned} PV_R &= \$200 \times 0.01 + (0 + \$200 \times 0.07)/1.09 + (\$50 + \$200 \times 0.07)/1.09^2 + \\ &\quad (\$50 + \$150 \times 0.07)/1.09^3 + (\$50 + \$100 \times 0.07)/1.09^4 + (\$50 + \\ &\quad \$50 \times 0.07)/1.09^5 \\ &= \$190.58。 \end{aligned}$$

贷款的现值降为 \$190.58,因而,银行的让利额为 \$14.97 ($205.55 - 190.58 = 14.97$),为了简单说明,这个题目没有包括期权条款。但是请记住,在同等条件下,汇率的波动性越大,贷方的期权价值就越大,借方的成本将越高。

3) 在二级市场出售欠发达国家债务(sale of LDC loans on the secondary market)
出售欠发达国家债务对于卖方有下列好处:

- ① 他们将贷款从资产负债表中删除了,从而释放出资金用于其他投资;
- ② 打折出售贷款意味着银行有足够的实力以资产负债表的其他资产来吸收这笔费用;
- ③ 债务损失给贷方带来的税收损失实际上是由政府补贴的;
- ④ 债务互换(debt for debt swap)。

布雷迪债券就是债务互换,银行将美元贷款与国家发行的美元债券互换。新的债券比原来的债券具有更长的期限及更低的利率。国家通过购买美国国库券为贷款提供担保。布雷迪债券把不发达国家贷款变成具有流动性并且高度市场化的证券。保留这些布雷迪债券通常比保留不发达国家贷款或该不发达国家的债券更为有利,因为它具有全额(或部分)美元账户作为担保。

第 21 章 信用风险的组合模型

银行发展信用组合模型(CRPMs)的原因主要有以下四点:

- 1) 调整目的。CRPMs 将成为巴塞尔协议 II 内容的一部分。
- 2) 经济资本计算和配置。CRPMs 有助于决定基于经济资本计算的储量。被众多贷款所消耗的经济资本的分离有助于设定交易对手的信用额度,也有助于进行基于风险收益权衡原则的资产选择。
- 3) 定价目的。CRPMs 能够为金融工具例如 CDOs(债务抵押类证券)进行定价,同时评级机构也需要这一信息来对金融工具进行评级。
- 4) 基金管理。CRPMs 在总风险和分散化上提供了全球视角,这有利于资产的配置。

21.1 Credit Metrics(CM)模型

CM 模型是基于评级的单一期限模型,通过模拟多重正态分布风险因素来生成信用风险价值(VaR)。CM 模型中的三个驱动因素是违约概率、违约损失率及其相关系数。

CM 模型运用外部评级和转移矩阵方法来计算违约概率。通过运用与行业相关联的特定 Beta 分布来模拟违约回收率,CM 提取随机回收率并计算违约后损失。至于相关系数,CM 采用传统因素模型,通过计算因素的相关系数矩阵以及资产的特定风险方差来得到。

CM 模型的四个步骤如下:

1) 收集输入变量。收集所有必需的输入变量,包括违约概率、转移概率、违约损失率、收益曲线和信用暴露情况。

2) 生成相关的信用迁移事件(migration events)。衡量债务级别在经历了相似级别改变或迁移后的变化。

3) 衡量“账面/市值”损失。计算第二阶段模拟转移所产生的收益或损失。对于所有的违约资产,回收率的随机价值来源于 Beta 分布。对于那些“存活着”的债务人,资产的最终价值通过远期利率曲线(forward curves)来计算得到。

4) 计算组合损失分布。加总所有工具的远期价值,并将总额的贴现值与组合的当前的价值进行比较。重复上述过程以获取完整的组合损失分布,这被用来计算风险价值(VaR)、预期不足(expected shortfall)以及其他风险统计量。

21.2 Portfolio Manager(PM)模型

表 21-1 PM 模型与 CM 模型的比较

比 较	PM 模型	CM 模型
相似之处	二者都是基于多元正态分布	
不同之处	单因素模型 仅关注违约损失	多因素模型 三个风险驱动量

对估计过程,组合经理模型(PM)较为简单,因为其忽视了向其他评级的转移。其基本步骤如下:

- 1) 绘制大量对多元正态分布的复制;
- 2) 记录下在每次模拟运算中违约的公司;
- 3) 在假定违约后损失的 Beta 分布下,加总各个损失;
- 4) 计算组合的损失分布和风险价值。

21.3 Portfolio Risk Track(PRT)模型

PRT 是标准普尔的基础评级模型。在这一模型中有众多的改进:

1) PRT 是动态的,对于多重区域,风险因素在区域前的每年末进行模拟,PRT 模型能够处理例如衍生品和 CDOs 的在险信用价值的计算;

2) PRT 包括随机利率,因而能够在不依赖借贷等价的情况下处理浮动利率债券和其他利率敏感型工具;

3) PRT 同样包括随机价差(spread),这使得 PRT 是唯一一个能够捕捉信用风险三个来源(违约、信用迁移和价差改变)的模型。

PRT 的其他创新之处包括:

- 1) 在从价差、权益或经验违约相关系数中提取的相关矩阵内进行概率选择;
- 2) 在 PD 和 LGD 之间的相关系数建模;
- 3) 加入了增加权益、国债和利率期权进入组合的可能性。

21.4 Credit Portfolio View(CPV) 模型

CPV 模型是模拟连接有条件信用迁移分布和违约概率的多因素模型。它可以适用于不同国家或单一国家的众多评级团体。由于迁移和违约概率往往与宏观变量相联系,该模型的主要特征便是通过宏观经济和经济周期数据来模拟转移矩阵。其运用的变量包括失业率、GDP 增长率、长期利率、汇率以及总存款率。

模型的四个步骤如下:

- 1) 建立宏观经济变量的自回归过程;
- 2) 将变量与部门指数予以组合;
- 3) 基于指数价值来估计违约率;
- 4) 将模拟价值与历史价值进行比较以决定所采用的转移矩阵。

21.5 Credit Risk+ (CR+) 模型

CR+ 模型是信用违约风险的统计模型,模型将违约率作为一个持续的随机变量,综合了违约率的不稳定性以获取违约率级别的不确定性。模型采用精算的统计方法预测在特殊部门和所分析的投资组合中违约的债务人的比例。在指定时间区间内的违约事件数量近似于泊松分布,这一过程提供了多风险度量和经济资本的计算的相对快速分析方法。

然而,CR+ 模型尚有一些不足之处:

- 1) 采用泊松分布时需要一些假设;
- 2) 忽视由于信用迁移的所造成的组合损失;
- 3) CR+ 模型假定持续的 LGDs,并没有明确计算相关系数。

21.6 组合风险的指标

1) 预期损失

银行的平均暴露损失级别为:

$$EL_i = EAD_i \times PD_i \times LGD_i. \quad (21-1)$$

其中: EL_i 是期望损失; EAD_i 是违约暴露; PD_i 是违约概率; LGD_i 是违约后损失。

N 个资产组合的预期损失是组合中各个资产预期损失的加总:

$$EL_p = E(L_p) = \sum_{i=1}^N EL_i. \quad (21-2)$$

2) 非预期损失

投资组合损失的标准差为:

$$UL_i = \sqrt{E[L_p - E(L_p)]^2}. \quad (21-3)$$

如果投资组合损失是正态分布的,利用预期和非预期损失将能完全表现出损失分布的特征。然而,实际上投资组合损失与正态分布相距甚远,因此我们需要利用其他的度量方式。

3) 风险价值

在给置信水平(confidence level) α 的风险价值通常被用来衡量组合的潜在损失程度,超过这一损失的概率在整个范围内平均来看仅仅为百分之 $1-\alpha$,当组合损失并不是正态分布时, VaR 是最好的衡量潜在损失程度的方法。

$$VaR = \min\{j \mid P(L_p > j) \leq 1 - \alpha\}. \quad (21-4)$$

4) 经济资本

资本必须吸收非预期损失,这部分损失与诸如违约或信用迁移事件相关。

$$EC_p(\alpha) = VaR(\alpha) - EL_p. \quad (21-5)$$

其中: EL_p 是预期损失; $VaR(\alpha)$ 是给定置信级别 α 下的风险价值。

5) 预期不足(expected shortfall)

这是另一个可供选择的度量方法,其关注的是损失分布的尾部。计算在 $VaR(\alpha)$ 等级之上的有条件平均损失,类似于保险溢价。

$$ES(\alpha) = E[L_p \mid L_p > VaR(\alpha)]. \quad (21-6)$$

6) 非预期损失的个体贡献

组合损失的方差是所有个体金融工具协方差的总和。

$$UL_p = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N UL_i \times UL_j \times \rho_{ij}}. \quad (21-7)$$

其中: ρ_{ij} 表示在不同金融资产 i 和 j 上的损失的相关系数。

金融工具对组合的非预期损失的个体风险贡献 RC 为:

$$RC_i = \frac{\partial UL_p}{\partial UL_i} UL_i. \quad (21-8)$$



第 22 章

运用信用衍生工具 管理信用风险

22.1 信用衍生工具概述

信用衍生品是投资组合信用风险管理的最新工具。1996~2002 年,信用衍生品市场规模估计从大约 400 亿美元增长到 23 000 亿美元以上,而且这些年来这个市场每年都在成倍地增长。

信用衍生品(credit derivatives)是将信用风险从交易的一方转移到另一方的合约。这种合约允许把信用风险从贷款和债券中剥离出来,并放在不同的市场上进行交易。它们的市场价格以信用价差、信用级别或违约状况为基础。和其他衍生工具一样,信用衍生品既可以单独交易,又可以作为其他一些金融工具的组成部分,嵌于诸如信用联系票据这样的金融产品。

信用衍生品可以用来对债券或贷款的头寸进行套期保值,或对信用风险的变化进行套利。违约互换的作用相当于信用保险,它的购买者支付费用以达到当参考负债发生信用事件时获得偿付。TROR 支付资本利得或损失和债务工具的息票收入以获得基于 LIBOR 的偿付。信用价差看跌期权的价值当债券的价差高于执行价差时会增长,并且可以用来对债券的多头进行套期保值。当实际价差下降到低于执行价差时,信用价差看涨期权产生价值,并且可以用来对债券的空头进行套期保值。信用价差远期可以有正或负的收益,因为交易双方都须在合同条款的规定下履行义务。对于信用价差互换,一个固定的信用价差在合同

的整个过程中需被支付。

22.2 信用衍生工具的类型

信用衍生品是允许信用风险在各方之间进行交易的场外交易合约,可以按照以下因素进行分类:

- 1) 标的信用,可以是一组经济实体或是任一经济实体的信用;
- 2) 执行条件,可以以某种与信用有关的事件发生为支付条件(如违约、信用级别降低或者信用价差上升);
- 3) 收益函数,可以为某个固定值,也可以是由一个线性或非线性收益产生的变量。

22.2.1 信用违约互换

22.2.1.1 信用违约互换的简介

违约互换(又称信用违约互换,credit default swap)实际上是一份保险合同。如果参考债务发生违约,互换的购买方将从卖出方处得到偿付。参考债务即互换合同所基于的债券或贷款。为了获得这种风险覆盖,互换的买方将事先一次性或一段时期内支付费用给卖方。互换的买方购买了保护,而卖方则出售了保护并承担了风险。违约互换费用也被称为违约互换价差。

违约互换对于互换购买方的作用相当于基于参考债务的一份看跌期权。如果违约发生,则买方将接受偿付,这样就限制了买方的不利风险。因此,违约互换为互换购买者创造出了基于参考债务的空头。假如互换的费用在事前支付,则违约互换在参考债务的质量和价值下降时变得更有价值。在这种情况下,违约互换可以被出售以获得收益。注意信用违约互换只提供信用风险保护,而不对市场利率风险进行保护。

当没有交易对手风险(互换卖方违约风险)或流动性风险,并且假设风险与无风险债券的利率敏感性相同,拥有一份风险债券并且购买一份信用违约互换提供了与拥有一份无风险债券相同的头寸和收益。

从互换卖方的角度而言,违约互换创造了基于参考债务的多头。如果参考债务价值或信用质量提升,则违约互换的价值将下降到初始售价之下。这样卖者就可以将互换购回,从而实现收益。

违约互换较之总比率收益互换(TROR)更为普遍,因为违约互换的制定可以根据国际互换与衍生工具协会(ISDA)的标准化合同模板。ISDA 协议中规定的引发违约的基本事件将在下面讨论。

22.2.1.2 ISDA 触发事件

ISDA 是国际互换与衍生工具协会。触发信用违约互换支付的信用事件可以在 ISDA 的网站 www.isda.org 上查找到,具体如下:

- 1) 破产在这种情况下不是实际上的必要条件,但是可以是一个公司开始此过程所采取的步骤;
- 2) 债务加速是指由于参考主体的违约而使其债务在计划时间前转变为应付;
- 3) 债务违约与债务加速都是由于参考主体的违约而引发的,此处债务仅是可以被公布到期而非实际到期;
- 4) 未能支付是指参考主体不能进行所需的支付;
- 5) 拒付履行债务或延期偿付是指它的发行者否认支付的义务;
- 6) 重组是指令人不快的时间的发生,如偿付额的减少、优先偿付的减少或偿付的延迟。

信用违约互换需要小心地详述,因此信用事件需被清楚地描述。大部分合同包含重大性条款。如,ISDA 建议违约额少于 1 000 000 美元的事件不构成信用事件。

22.2.1.3 信用违约互换的支付

如果信用事件发生,信用违约互换可以通过现金交割,也可以通过实物交割。如果采用实物交割,则互换的买者将债券卖于互换卖者。在现金交割的情况下,互换卖者支付给互换买者的金额计算式为:

$$\text{交割额} = NP \times [\text{参考额} - (\text{最后价格} + \text{应计利息})]。$$

其中: NP 为互换的名义本金;参考额为在初始合同中载明的数额(一般为 100%);应计利息为基于上一次息票支付计算的利息百分比;最终价格(又称回收率)为由参考以五个证券交易商组成的出价池所决定的买方价格决定的价格比率。

例 22-1 计算现金交割

假设自上次息票支付后 60 天,互换的名义本金为 20 000 000 美元,并且参考额为 100%。最后回收价值估计为 30%,并且息票年利率为 8%。计算现金交割额。

答案:交割额 = $\$20\,000\,000 \times \{100\% - [30\% + (8\% \times 60/360)]\} = 13\,733\,333(\text{美元})。$

这种计算很简单,但估计最终回收价值通常比较困难。固定收益证券价格可能变得非常易变。因为互换买者通常持有会以交易商出价出售的参考资产,所以买方所出价格会被接受。

22.2.1.4 多样化的信用违约互换

违约互换有一些品种。下面几种是最富有流动性的:

1) 二进制或数字违约互换(binary default swap)。这种互换的最终价格是在合同一开始就设定的,它通常基于历史的回收比率。开始设定价格就避免了使用交易商所出价格,并且使最后的价格免于违约发生后固有的变动性。二进制违约互换已经变得更为流行,部分是由于其的简单性。

2) 一篮子信用违约互换(basket default swap)。对于这种互换,参考债务是一篮子债务证券。一篮子违约互换有一些品种。一种是始自第 n 次违约互换。这种互换,其支付是由第 n 参考债务违约所引发的。注意如果资产是高度相关的,任一(或第 n)参考主体的违约可能性会下降,相反,相关性较低时,可能性会上升。因此,当一篮子中的资产的相关性较

低时,一篮子违约互换费用就比较高。另一种一篮子信用违约互换是加总信用违约互换。这种互换,又称为线性信用违约互换,投资者承担一篮子中所有债务的风险。

3) 可取消违约互换。这种互换,其买者、卖者或双方都有取消互换的权利。例如,如果参考债务的发行者取消了负债,则基于此债务的信用保护就不再需要。如果互换的买者拥有取消它的权利,则这种互换被称为可收回违约互换。如果互换的卖者拥有取消它的权利,则互换被称为可卖回违约互换。可收回违约互换比可卖回违约互换更为普遍。

4) 或有违约互换。在这种情况下,支付仅在基于除了参考负债的信用事件外的另一事件发生时才进行偿付。如,另一事件可以是基于另一债务的信用事件。基于这种互换的信用保护比较弱,因此此互换也以一个较低的价格交易。

5) 杠杆违约互换。基于这种违约互换的支付将是购买者相对于其负债参考损失的若干倍(有杠杆效应)。这种互换价格较高,并且被用来进行套利。它们也可能由于其简单性而被采用。例如,投资者可以购买一份杠杆违约互换,而不用对几份负债进行套期保值。如果在投资组合上的损失与互换的覆盖额不等,则这种套期保值将使其购买者暴露于基本风险。

6) 分档组合与分档一篮子违约互换。在这种情况下,一项贷款被特殊目的体购买,并将其转换为不同风险级别的票据。投资者可以选择适合其风险水平的级别作为信用违约互换的标的债务。

22.2.2 总收益互换

对于总收益互换(TROR),TROR的支付者将风险债券的风险(息票支付加价格变动)转移到了TROR的接收者。相应地,TROR的接收者支付等于LIBOR加减一些价差的回报。因此,信用风险从TROR的支付者转移到TROR的接收者处。通过使用TROR,支付者将参考债务合成地卖给接收者。

TROR支付者可以拥有也可以不拥有参考债务本身。在图22-1中,支付者对参考债务的头寸通过卖出它的总回报换取LIBOR的回报以进行套期保值。在图22-2中,TROR的支付者并不拥有参考债务。TROR支付者创造一个基于债券(或贷款)的合成空头,因为他相信此债务信用风险不久将上升。这种头寸具有投机性,因为如果债券的价格上涨,支付者则欠接收者息票收入和基于参考债务市场价格变化的资本利得。



图 22-1 当支付者拥有参考债务时,利用 TROR 对头寸进行套期保值



图 22-2 当支付者不拥有参考债务时,利用 TROR 创建一个空头

注意在参考债务发生价格下降的情况下,TROR 的接收者欠 TROR 的支付者价格下降部分。如果价格下降部分高于息票支付,则 TROR 接收者欠 TROR 支付者净额(价格下降减去息票收入)加上 LIBOR 加减利差。价格的下降可能由于信用风险的上升、市场利率的上升或两者。结果,TROR 为支付者提供了对信用和利率风险两者的套期保值。

正如前文所述,TROR 为其接收者创造了一个基于资产的多头。其接收者可以选择去购买债券或贷款本身。然而,TROR 对于其接收者有下述的好处:

- 1) 它不需要对资产事先购买,因此它节约了融资成本。这一点在接收者的信用风险高,要为融资支付高利率时是十分重要的。然而注意,这种交易对手信用风险也较易以高于 LIBOR 的价差形式计入互换的价格。
- 2) 它允许持有有一个杠杆头寸,如果需要的资产较少。
- 3) 它允许在资产负债表外进行,因此无需因监管的原因而为风险头寸持有经济资本。
- 4) 它比基础工具更具有流动性。

对于支付者而言,TROR 为其持有的参考债务提供了套期保值(如图 22-1 所示)。并且它创造了对于证券的空头(如图 22-2 所示)。对于支付者而言,其 TROR 头寸也是在资产负债表外的。

基于 TROR 的头寸相当于一份违约互换和无风险债券。

1) TROR 的接收者承担信用和利率风险。因此,假如合同条款相同(如期间和数额),从 TROR 处获得的收入同卖空一份违约互换并且持有一份无风险债务是相同的。

2) 支付者的头寸是刚好相反的。它实际上是买入一份违约互换并且卖空一份无风险债务。

22.2.3 信用价差远期和期权

在一个远期合约中,一项资产在将来交易的价格在初始的合同中已载明。不同于期权,合同的双方均需履行他们的义务。在一份信用价差远期合约(credit spread forward)中,资产即信用价差。收益基于实际的基础资产的信用价差 AS_t ,将来时间 t ,合同初始载明的相关信用价差 IS 。 AS_t 和 IS 以百分比表示,在信用价差期权合同中,名义本金、 NP 和期间被用来将百分比的价差区别转变为美元收益。

$$\text{信用价差远期收益 } t = NP \times \text{期间} \times [IS - AS_t]$$

如果基于基础债券的实际价差下降到低于初始的价差,信用价差远期的购买者将获利。在这种情况下,债券的价格将上升。实际上,远期合约的购买者创造了一个基于债券的多头。合同的卖者持有了一个基于基础债券的空头,因为卖者期望实际价差扩大(即债券的价

格下降)。卖者的收益即为买者的损失。

例 22-2 基于信用价差远期合约的收益

名义本金额为 10 000 000 美元。基于初始合同的价差被定为 2%。债券期间为 4.38 年。合同的购买者希望债券的信用风险下降,从而基于债券的价差在将来下降。

假设基于债券的信用风险恶化,实际价差将上升到 3%。计算合同购买者的损失。

答案: 信用价差远期收益 $t = \$10\,000\,000 \times 4.38 \times (2.0\% - 3.0\%) = -\$438\,000$ 。

买者的损失 438 000 美元即为卖者的收益。

注意我们此处并未提及远期合约的费用。实际上,如果合同约定的价差不同于现实价差,远期合约将有费用附加。这不同于期货合同,因为它们在交易所交易,它们的合同条款是由市场力量定价的。注意,当市场利率上升,基础债券和国库券的收益率将上升相同的数额(即价差应当保持不变),信用价差远期合同如同信用价差看跌期权合同一样也不提供对利率风险的保护。

信用价差是风险债券和无风险债券收益率的差额。对于信用价差期权,期权的购买者拥有权力,但不承担义务,他在信用价差与所载明的执行价差不同时行权。

对于信用价差看跌期权,当债券的信用价差比执行价差大时,看跌期权获得收益;对于信用价差看涨期权,当信用价差小于执行价差时,看涨期权是有价值的。对于两种情况,当期权卖出时,卖者都收取期权费用。

对于看跌和看涨期权收益价值的计算要用到债券的期间。回忆,如果债券收益率的变动给出,期间被用来估计价格变动。对于信用价差期权,在期权到期时(t),通过使用期间和期权的名义本金 NP ,执行和信用价差之间的差别被转化为美元收入:

$$\text{信用价差看跌期权 } t = NP \times \text{期间} \times \max[\text{信用价差 } t - \text{执行价差}, 0];$$

$$\text{信用价差看涨期权 } t = NP \times \text{期间} \times \max[\text{执行价差 } t - \text{信用价差}, 0]。$$

期权的价值不可能为负,因为此时其购买者就不需行权。因此,在上面的公式中,期权的价值是由价差差别和零中较大的那个决定的。

因为当债券的信用价差变大,价格下降时,看跌期权会变得有价值,因此信用价差看跌期权为债券的多头提供了套期保值。信用价差看跌期权的购买者为了对违约风险和基础债券增长的信用风险(见图 22-3)进行套期保值而支付期权费用。需要注意,信用价差看跌期权由于债券的收益率与无风险债券的收益率将随市场利率增长(即信用价差将不变,其他一切相同),因此不提供对市场利率风险的保护。

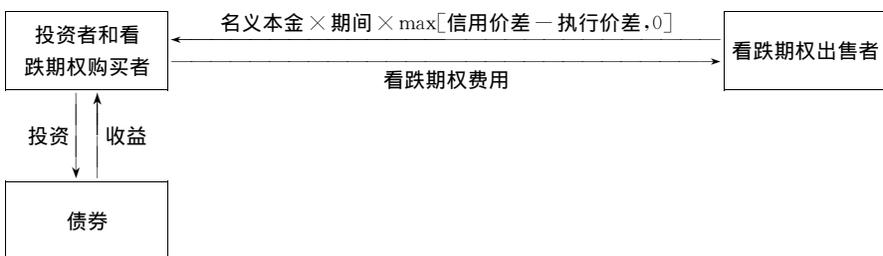


图 22-3 利用信用价差看跌期权,对债券多头进行套期保值

买入信用价差看涨期权能够对债券的空头进行套期保值。如果信用价差下降到执行价差以下并且债券价格上升,看涨期权将有价值。基于债券的空头也能够通过卖出信用价差看跌期权进行套期保值。

例 22-3 信用价差期权收益的计算

假设一个投资者拥有 100 000 美元年票息率为 7%,5 年到期的债券。由于收益率为 7%,所以债券平价销售(100 美元)。债券的总名义金额为 10 000 000 美元,4.38 年到期,现行国库券收益率为 6%。

信用价差看跌期权的到期期为 180 天,并且执行价差为 2%。看跌期权的名义金额为 10 000 000 美元。假如价差的变动率为 125%,看跌期权的价格将被定于约 61 000 美元。

假如 180 天后看跌期权到期,债券的价格下降到 83 美元,收益率为 12.09%,假设国库券的收益率不变仍为 6%。

计算信用价差看跌期权到期时的收益并且指明投资者是过度还是未完全套期保值。

答案:投资者在债券头寸上的损失为 $(\$83 - \$100) \times 100\,000 = -\$1\,700\,000$ 。

因为信用价差 $(6.09\% = 12.09\% - 6\%)$ 比 2% 的执行价差高,看跌期权将进行支付。看跌期权的利得计算如下:

信用价差看跌期权收益 $t = \$10\,000\,000 \times 4.38 \times (6.09\% - 2\%) = \$1\,791\,420$ 。

因为基于看跌期权的利得高于债券的损失,因此投资者是过度套期保值的。其原因在于,看跌期权收益公式中使用的期间仅提供了对债券价格变动的大致估计,因此获得的并非为精确的套期保值。

22.2.4 信用联系票据

信用联系票据(credit linked notes, CLN)提供了随基础债券信用风险变化的支付。CLN 的结构通过图 22-4 中的举例将得到很好的解释。CLN 的发行者购买一份票息为 9% 的息票。发行者同时对 CLN 的购买者支付票息为 11% 的息票,相应地获取现金投资。除非发生信用降级,否则 11% 的息票是有效的;当发生降级,CLN 的发行者将支付给 CLN 的购买者一个低于 6% 的息票收入;如果发生违约,发行者则支付恢复率(从违约票据发行者处得到的恢复额)。

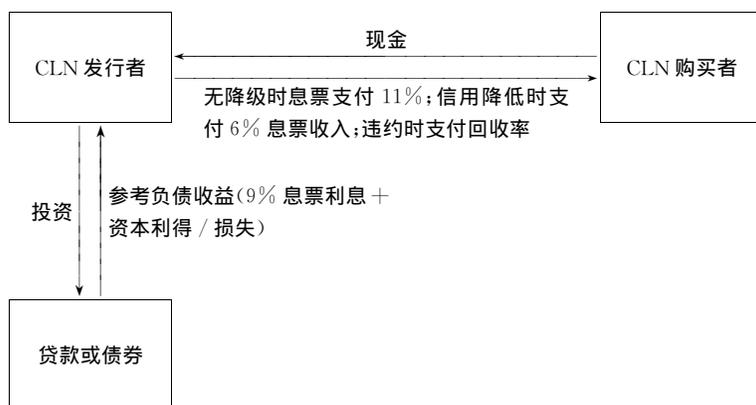


图 22-4 信用联系票据的结构

如果发生信用降级但不违约,则 CLN 的发行者将获得如图 22-4 的 3% 的价差收益。另外,发行者将债券的信用和违约风险转移给 CLN 的购买者。如果不发生降级,这种转移的代价是较高的收益率(11% 减去 9%)。如果发生违约,则 CLN 发行者仅欠 CLN 购买者回收率。注意由于发行者购买债券,CLN 发行者并不承担交易对手风险。

CLN 发行者另一种转移债券信用风险的选择是购买前面讨论的信用违约互换。需要注意,对于违约互换,购买者是要承担交易对手风险的。因为 CLN 的发行者不承担交易对手风险,所以 CLN 的收益率通常高于违约互换的收益率。

对于 CLN 购买者的好处是在没有降级的情况下,其将获得高的收益,并且被限制投资于合成证券衍生品的投资者也可以投资于 CLNs。再者,购买者是有交易对手风险的,因为 CLN 的发行者可能发生债务违约。并且,当 CLN 发行者的违约风险与债券发行者的违约风险高度相关时会有相关风险。相关性越强,CLN 购买者要求的收益越高。最后,CLN 通常私下交易并且不流通,因此 CLN 的投资者在到期前将其卖出较为困难。

CLN 也是可以构造的。如果 CLN 的发行者实际上并不购买风险债券,而是将违约互换卖给拥有债券的另一方,这种 CLN 也被称为合成 CLN。在图 22-5 中,CLN 卖空信用违约互换,并且发行 CLN 以获取现金,然后将这些现金投资于无风险债券,发行者不承担信用风险。当债券的信用风险上升时,则支付给 CLN 购买者的数额将下降。

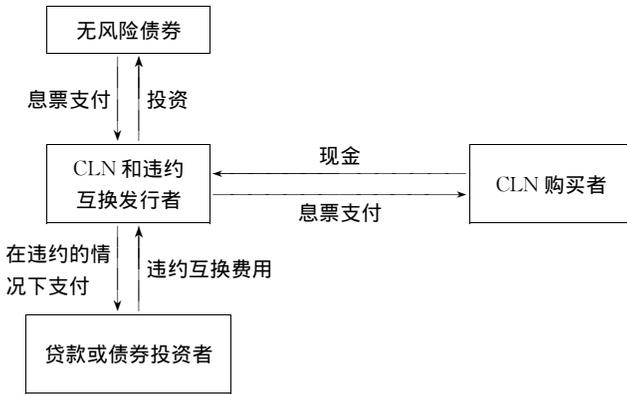


图 22-5 选择(合成)结构信用联系票据(CLN)

为了使这种结构有意义,CLN 的发行者必须从无风险利息与互换费用中获得高于支付给 CLN 购买者的数额。

$$\text{CLN 发行者的收益} = (\text{无风险债券息票率} + \text{违约互换费用}) - \text{付给 CLN 购买者的息票率。}$$

除了基础债券或贷款的风险,CLN 的购买者同时承担交易对手 CLN 发行者的风险,因此应为此得到一个较高的收益补偿。

22.2.5 抵押负债债务(CDOs)

在发行者转移信用风险收益于投资者方面,抵押负债债券与 CLNs 是相似的。然而,它们在以下方面是不同的。

第一, CDOs 的发行者将风险转移到更多的证券, 大约 200 种或更多。

第二, CDOs 通常由特殊目的公司或特殊目的实体发行。这些实体从法律角度与其母公司是分离的, 因此不承担母公司的信用风险。它们通常也是 AAA 级的。

第三, CDOs 通常提供分级收益, 投资者可以选择最适合自身的风险水平与收益档。

在图 22-6, 特殊目的公司投资于一些资产, 然后将支付最少三个独立档的收益: 高级档, 一个或多个中级档和一个初级档。初级档遭受大部分的信用风险, 并且损失也最先分配到此档。因此, 初级档有时也被称为始自第一违约档。它们有时有一个起点, 只有在一定数量的违约发生后, 损失才被执行。初级档也可以由 SPV 发行股票来融资, 这种情况下它们被称为权益档。

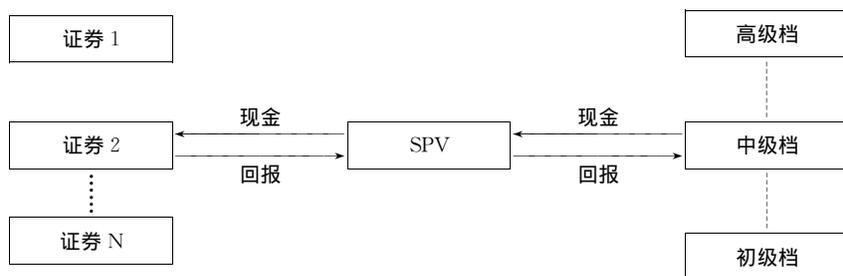


图 22-6 n 项基础证券的现金 CDOs

由于它们的高风险, 初级档将要求一个同股票证券相同的收益。尽管它们的收益很高, 初级档也往往由于其高风险而难于销售。CDOs 成功与否也往往依赖于初级档的适销与否。因此, 初级档有时也被母公司或特殊目的公司保有。

CDOs 的绝大部分通常为信用级别为 AA 或 AAA 的高级档。中级档由于在初级档后承担损失, 它们的信用级别通常为 B 或 AA 级。

CDOs 的发行者将因发行、组织、管理 CDOs 而收取一定费用。在 CDOs 的基于资产负债表的发行目的中, 特殊目的体已经拥有了资产并且希望转移它的风险, 且通过将这些资产移出资产负债表而融资。此类 CDOs 也避免了通知债务人 SPV 已经将其债务合成卖出。通知债务人 SPV 已出售债务会损害其与债务人的关系。另外, 这种 CDOs 更为便捷, 因为没有实际出售发生且协议是定制的。

由于 CDOs 被积极地管理, CDOs 投资者应当获得比较高的收入, 然而较高的 CDOs 费用会抵消这种收入。

22.2.5.1 现金 CDOs 与合成 CDOs

对于现金 CDOs, 特殊目的体投资于现实证券以用来生成对各投资等级档的支付。合成的 CDOs 是更为近期的创新, 并且已经较现金 CDOs 更为流行。对于合成的 CDOs, SPV 不投资于基础证券(见图 22-7), 而是通过卖出违约互换来创造对这些证券的风险暴露。从违约互换处得到的费用和从出售档级债券得到的资金用来购买无风险债券。需要注意的是, 合成 CDOs 与在图 22-7 中演示的 SLN 结构是相似的。

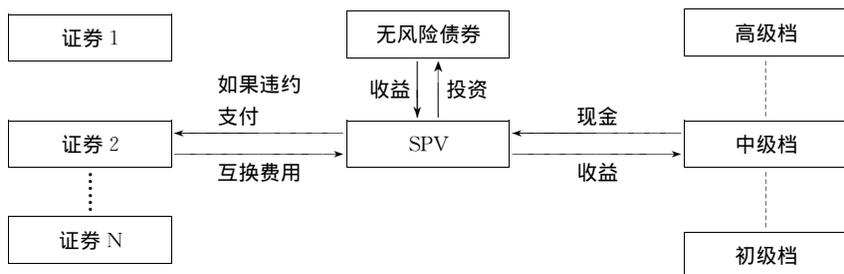


图 22-7 n 项基础证券的合成 CDOs

合成 CDOs 对于 SPV 的好处在于资产是表外的。SPV 同时也不承担相对于初始资产的操作性风险。

CDOs 有其他一些较为不寻常的变异体。例如，CDOs 可以部分为现金 CDOs，部分为合成的 CDOs。由于特殊目的体进行货币互换，因此外汇风险被进行了套期保值，CDOs 可以投资于国外证券。如果 SPV 购买违约互换，高级档的违约风险可被保护。

22.2.5.2 CDOs 的多种类型

CDOs 的主要种类有：分档组合违约互换 (TPDS)、分档一篮子违约互换 (TBDS) 以及四方抵押债券。

分档组合违约互换 (TPDS) 与合成的 CDOs 相似。SPV 用互换费用和从出售分档给投资者获得的现金购买无风险债券。然而不同于合成的 CDOs，SPV 的违约互换风险是分级的 (见图 22-8)。绝大部分的分档被称为超高级档，通常对于超高级档 SPV 无风险暴露。SPV 其他级别的风险损失被传递给了投资者。对于 SPV (和违约互换购买者) 而言，TPDS 的好处在于，它将风险分成个体愿意承担 (卸载) 的级别。

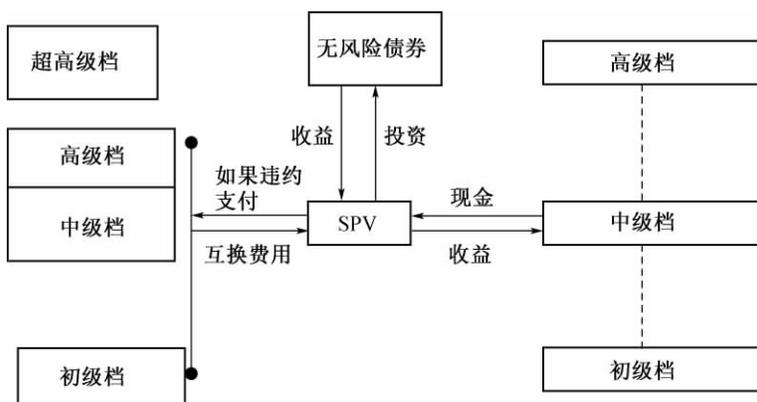


图 22-8 当 SPV 对于超高级档无风险暴露时的分档组合违约互换 (TPDS)

对于 CDOs，在中级档受险前，初级档所遭受的损失数额是依据违约的数额而定的。而对于 TBDS，投资者的级别是依据违约数量，而不是违约金额而定的。因此 TBDS 是始自第 n 违约一篮子互换与 CDOs 的混合体。例如，如果中级档的附属点为 4 而分点为 7，则初级档的风险暴露为前三个违约，而中级档的风险暴露为第 4、第 5、第 6、第 7 违约。如果高级

档的附属点为 8, 而分点为 12, 则其风险暴露为第 8 到第 12 违约。这个例子在图 22-9 中说明。

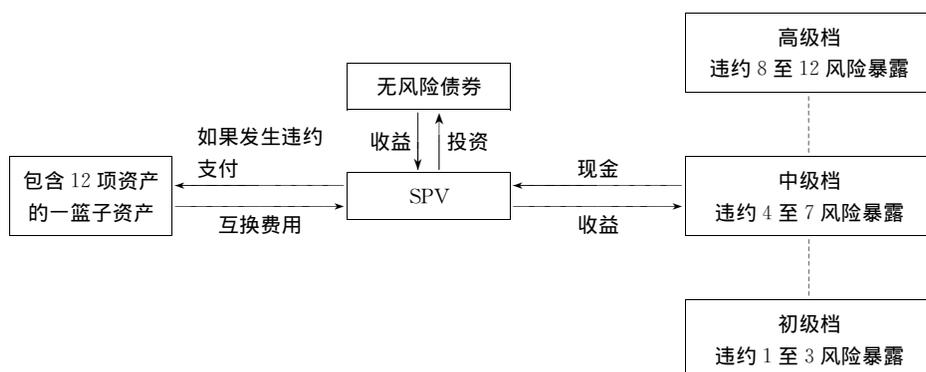


图 22-9 SPV 风险暴露于 12 项资产的分档一篮子违约互换(TBDS)

注意资产的相关性与数量会影响互换的违约风险: 资产数量越大, 违约相关性越低, 投资者的风险越大。TBDS 可以包含几百种证券。

四方抵押债券(CDO²)是一种投资于其他 CDOs 的 CDO。正如图 22-10 所示, CDO² 投资于内部 CDOs 和资产支持证券 (ABS), ABS 代表了对其他资产的头寸。实际上, 内部 CDO 分档数目与基础证券的数目要高很多。ABS 是一种建立于应收资产组合的证券, 如信用卡应收贷款。

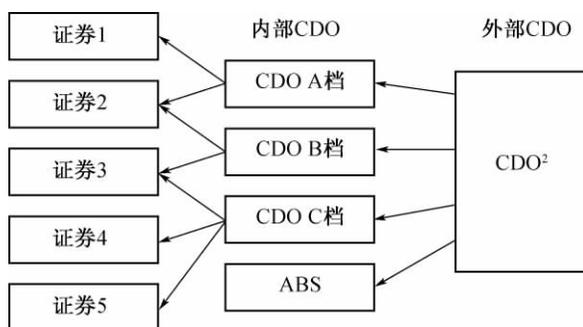


图 22-10 持有内部 CDO 和 ABS 证券的 CDO²

CDO² 投资者的优势在于它的收益率通常比普通的 CDOs 所提供的收益率高。而对于 CDO² 投资者的不利之处在于, 它的投资非常复杂。CDO² 是相对较新的证券, 并且其风险并未被很好理解。CDO² 的风险也考虑到了资产的违约相关性, 并且内部 CDOs 所持有的资产经常有重叠。

传递给外部 CDO 的违约风险依赖于附属点(当发生违约风险时, 外部 CDO 开始承担的违约事件起始数额)和分点(当发生违约风险时, 外部 CDOs 覆盖的违约事件数额)。附属点越低, 分点越高, CDO² 的风险越高。

22.3 信用衍生工具的定价和套利

22.3.1 方法

第一种方法为精算统计法,使用历史违约率来推导信用衍生品的客观期望损失。例如,我们可以利用转换矩阵和对可回收率的估计来得到精算的期望损失。然而这种方法只能帮助我们计算出所需要的准备金水平,且这一水平在大样本情况下是足以吸收平均水平损失的,但却因为它不依赖于风险中性方法,得不到一个包含风险溢价下的公平价格,因而无法向我们提供为风险暴露进行对冲的方法。

第二种方法依赖于债券的信用价差,而且需要标的信用者所发行的流动债券完整的收益率曲线,这种方法允许我们推导出信用衍生品的公平价格,以及利用标的信用者的交易债券来建立对冲机制。

第三种方法依赖于股权价格并且要求标的信用者的普通股具有流动市场,以及有关负债结构的信息。例如,Merton 模型使我们能够推导出信用衍生品的公平价格,以及利用标的信用者发行的普通股来对冲的机制。

22.3.2 例子:信用违约互换

我们要给这样一份两年期的本金为 1 000 万美元的信用违约互换合同约定价:其中 A(保护的购买者)同意每年向 B(担保者,或称保护的出售者)支付一笔固定的费用,从而得到对两年期的 XYZ 债券的违约风险的保护。支付额为名义值乘以 $(100-B)$,其中 B 为发生信用事件时债券的到期价格。

现在,XYZ 债券为 A 级债券,且交易价为 6.60%的收益率。二年期的国债的交易价则为 6.00%的收益率。

22.3.2.1 精算法(actuarial method)

这种方法从债券目前的信用等级和 XYZ 公司违约的概率来计算信用风险。我们使用的是简化的转化矩阵,如表 22-1 所示。

表 22-1 简化的转化矩阵

初始情况	期 末 情 况				合 计
	A	B	C	D	
A	0.90	0.07	0.02	0.01	1.00
B	0.05	0.90	0.03	0.02	1.00
C	0	0.10	0.85	0.05	1.00
D	0	0	0	1.00	1.00

从目前的 A 级出发,XYZ 公司可能违约的概率:

第一年为 $P(D_1 | A_0) = 1\%$;

第二年为 $P(D_2 | A_1)P(A_1) + P(D_2 | B_1)P(B_1) + P(D_2 | C_1)P(C_1) = 0.01 \times 0.90 + 0.02 \times 0.07 + 0.05 \times 0.02 = 1.14\%$ 。

如果可回收率为 60%,第一年的期望成本就是 $1\% \times (1 - 60\%)$,第二年则为 $1.14\% \times (1 - 60\%)$ 。不考虑折现,则年平均成本为:

$$\text{年成本} = \$10\,000\,000 \times (1\% + 1.14\%) / 2 \times (1 - 60\%) = \$42\,800。$$

这种方法实际上假定信用评级总是恰当的而转换概率和可回收率的计算也是精确的。

22.3.2.2 信用价差法(credit-spread method)

此处我们将 XYZ 债券的收益与无违约风险的资产(如国债等)进行比较。如果所有的债权被同等对待,同期限的债权的收益率应相等。风险保护的年成本就为:

$$\text{年成本} = \$10\,000\,000 \times (6.60\% - 6.00\%) = \$60\,000。$$

这个数字大于用精算法计算得到的成本。其差别可以解释为风险溢价,例如由于信用风险与经济行为的一般水平相关的产生。这种方法还假定所有收益率差的不同都是由于信用风险不同所致,但实际上这种不同也可能是由于其他诸如流动性或税收影响等因素引起的。

为了对冲,保护出售者应该卖空公司债券并且持有等效的国债。发生信用事件所造成的违约互换合约上的任何损失都可以由对冲组合上的收入来抵消。如果公司违约,保护购买者会将债券交付给保护出售者,后者再用其来给公司债券的空头头寸平仓。

22.3.2.3 股权定价法(equity price method)

这种方法更加复杂。我们需要知道 XYZ 公司股票的市场价值、其负债的总价值以及股权价格的波动率。

使用 Merton 模型一章的符号,看跌期权的公平价值为

$$Put = -V[N(-d_1)] + Ke^{-rT}[N(-d_2)]。$$

为了对冲,保护的出售者应按这个数量卖空公司股票,即

$$\frac{\partial Put}{\partial V} \times \frac{\partial V}{\partial S} = -[N(-d_1)] \times \frac{1}{N(d_1)} = 1 - \frac{1}{N(d_1)}。$$

22.4 信用衍生工具的优缺点

信用衍生品市场的迅速增长是其有用性的最好证明。作为更优良的风险管理工具,它使得投资者可以通过交易将风险转移给那些承担能力更强的人。许多观察者,包括一些银行监管者指出,正是通过利用信用衍生品分散了银行承担的信用风险,使得银行经受住了 2001 年的经济衰退以及伴随而来的违约的增加,而没有出现严重问题。这一期间发生了有史以来最大

的公司破产事件(世通公司与安然公司)和最严重的国家违约(阿根廷),但全球金融市场仅仅发生了一点波动。损失在大范围中被分散掉了,这使得美国银行业免于遭受过去衰退中常见的灾难性失败。例如,在安然事件中,有大约 27 亿美元的风险暴露被转移到了信用衍生产品上。

信用衍生品的另一个有用的功能就是价格发现。通过创造或扩展信用衍生产品市场,市场观察者可以通过新的市场对信用风险成本进行更好的度量。

由于信用衍生品的交易成本低于现货市场的交易成本,因此它们也使得市场交易更有效率;另一方面,交易双方也可以利用贷款和债券定价的不合理来套利,贷款市场和债券市场因而就更富有效率。

从不利方面来看,信用衍生品市场可能相对缺乏流动性。这是因为,这种衍生产品不同于利率互换,参考信用没有被标准化。从定义来看,信用风险本身就是极其特殊的。

并且,市场上存在不同的定价方法,这是由基本参数数据的缺乏造成的,如违约概率和可回收率等。由此产生的结果是,信用衍生品的公平定价相对于其他衍生品工具而言,缺乏一致性。

信用衍生品还引入了一种新的风险因素——法律风险。实际上,交易各方有时候可能会为了某种信用事件的定义而争论不休。这种不一致在俄罗斯政府违约事件和著名的债务重组和拆分事件中都曾经发生过。无疑这也说明了为什么银行监管者都在用警惕的眼光关注着这个市场的发展。问题在于,当存在普遍的违约时,这些合约是否都还是有效的。

当衍生品市场是由于监管套利而得到发展时,问题就更加显著。监管套利(regulatory arbitrage)是指试图规避银行监管者规定的繁复的资本金要求而采取的行为。通过利用信用衍生品来剥离贷款的信用风险,商业银行已经系统性地降低了其资本金要求。如果经济上等效的信用风险暴露确实具有较低的资本金要求,这就可能对银行是有利的,而对市场的风险管理是不利的,究竟是利是弊,则是一个见仁见智的问题。

22.5 信用衍生工具的应用

22.5.1 利用信用衍生品进行风险的套期保值

当一个投资者投资于一单项资产时,面临三种主要风险:市场风险、信用风险和经营风险。市场风险包括利率风险、权益风险、流动性风险和商品风险;信用风险包括违约风险和信用恶化风险;经营风险包括技术风险、灾害风险、会计风险、知识风险、政治风险、犯罪风险和法律风险。

信用风险的一个组成部分就是信用违约风险,指的是交易对手对其债务全部或部分违约的风险。国际交易及衍生商品协会(ISDA)定义了导致信用违约交换赔偿的信用事件,包括破产、债务加速到期(obligation acceleration)、债务违约、拒付或延期偿付和债务重整五种情况。在信用恶化风险中,由于发行者风险的增大,信用价差也会增大。

各种各样的经营风险由外界事件或内部程序、人员及系统故障导致,包括:

- 1) 技术风险指的是公司的技术失败(如由于电脑黑客的原因),或者公司与它的竞争对手相比较而言没有足够的技术力量;
- 2) 灾害风险指恐怖袭击或者自然灾害对公司有形财产造成的破坏;

- 3) 美国公司发生的一些著名的会计风险事件;
- 4) 知识风险指的是公司没有充分理解其职工所带来的损害;
- 5) 政治风险包括外国政府违约、查封资产以及不利的货币或财政政策;
- 6) 犯罪风险是由可能的公司员工的犯罪行为所导致的;
- 7) 法律风险包括较不发达地区的较弱的法律体系以及其他一些损害公司利益的法律条款。

信用衍生品是如何有效地规避市场风险、信用风险以及经营风险的? 信用衍生品的种类主要包括: 信用违约互换(credit default swap)、总收益互换(total rate of return swap, TROR)和信用价差衍生品(credit spread derivative)。

如果互换是按市场价格计价的, 信用违约互换可以规避违约风险和信用恶化风险。但是它却不能规避市场风险, 因为互换的价值是根据前述的信用事件来确定的。对于经营风险, 如果经营问题严重足以导致相关资产信用水平的降低, 信用违约互换将会提供风险规避。但是经营风险的少量增加不会影响债券或者互换的价值。

在总收益互换(TROR)中, 套期保值者转移了有风险债券的风险暴露。债券价格的下降可能是由于信用风险的上升和(或)市场利率的上升, 所以 TROR 提供了对信用风险和利率风险的套期保值。如果经营问题严重足以导致相关证券价格的下降, 则 TROR 同样能够规避经营风险。

信用价差衍生品包括信用价差期权(credit spread option)、信用价差远期(credit spread forward)和信用价差互换(credit spread swap)。当一项资产的信用价差变化时, 这些衍生品就会具有价值, 规避信用违约风险和信用恶化风险。但是它们却不能规避由于利率变化产生的市场风险, 因为当市场利率上升时标的债券和无风险债券的收益会同量增加。它们对经营风险的规避能力与其他信用衍生品类似, 如果经营问题严重足以导致相关证券资产的下降, 就能提供风险规避。

总之, 所有的信用衍生品都能规避信用风险。TROR 可以规避市场风险(主要是利率引起的), 但信用违约互换和信用价差衍生品则不能。它们对经营风险的规避程度取决于经营问题, 有可能提供对全部或部分经营风险的规避。

22.5.2 归因于操作风险的 TROR 支付

例 22-4 用总收益互换(TROR)对经营风险进行套期保值

假设一个投资者购买了一家公司 100 000 美元的债券, 年票面利率为 7%, 5 年期。由于收益率为 7%, 所以债券平价出售。债券总额为 10 000 000 美元, 该投资者通过购买 TROR 合约为其投资的 75% 套期保值。

这家公司是一家有着重大网络的零售商, 不幸的是该公司的信息系统被犯罪分子攻击, 从公司的数据库偷走了信用卡号码。公司债券的价格因此从 100 美元跌到 85 美元。

计算在这一经营风险增大的情况下 TROR 的收益情况。

答案: 在这一例题中的经营问题是技术风险, 投资者的资本损失将会通过 TROR 被补偿, 所以 TROR 接收者(TROR receiver)将会补偿投资者的资本损失直至投资者套期保值的数额。投资者债券的损失为 $(\$85 - \$100) \times 100\,000 = -\$1\,500\,000$ 。由于其保值比率为 75%, 因此投资者将从 TROR 接收者(TROR receiver)那里得到 75% 的资本损失补偿, 即 $75\% \times \$1\,500\,000 = \$1\,125\,000$ 。

22.5.3 收益增加和信用衍生品

信用衍生品除了能规避信用风险外,还能用于增加收益。在下面要介绍的例子中,如果预期信用期权不被投资者执行,投资者将卖出信用价差期权以获得收入和利润。

在覆盖信用价差看跌策略(covered credit spread put option)中,投资者拥有标的债券并且卖出一份信用价差看跌期权。回顾之前的讨论,如果相关资产的信用价差超过合约规定的价差,信用价差看跌期权到期时就具有价值。信用价差看跌期权的收益可以利用债券的久期、期权到期时间(t)以及期权的名义本金(notional principal, NP)来计算。

$$\text{信用价差看跌期权收益} = NP \times \text{债券久期} \times \max[t \text{ 时刻的信用价差} - \text{协议价差}, 0]$$

卖出看跌期权,是因为投资者相信债券的信用质量将会提高,从而信用价差变小,因此看跌期权到期就变得没有价值并且不会被执行,投资者便能从债券价值的增加和期权费用而获利。

注意在“覆盖信用价差看跌策略”里的“覆盖”是误称,因为如果出现对投资者不利的情况即信用价差增加,投资者债券的价值将会下降,看跌期权将会被执行变成现金,投资者将遭受双重损失。

例如,假设投资者拥有一份4年期的债券,票面价值为1000万美元,目前信用价差为2%。投资者相信该债券的信用质量将会提高,并且信用价差会减小。为了获得收入,投资者卖出一份信用价差看跌期权,协议价差为2%,期限6个月,名义本金为1000万美元。假设无风险利率为4%,内含波动性为140%,债券久期为3.4,该看跌期权的售价大约为25万美元。

如果信用价差减小或者保持不变,看跌期权就会没有价值,投资者就会获得25万美元,从而增加了债券的收益。如果2个月后价差扩大到3.25%,看跌期权的价值将会上升。例如,假设期权价值增加到53万美元,投资者这份看跌期权的损失为28万美元($530\,000 - 250\,000 = 280\,000$),并且投资者所拥有的债券的价值也会下降。

利用信用衍生品增加收益的第二个途径是覆盖信用价差看涨(covered credit spread call option)策略。在这种策略中,投资者拥有标的资产并且卖出信用价差看涨期权。回顾信用价差看涨期权中,到期时如果信用价差低于协议价差,则期权就将具有价值。信用价差看涨期权的收益可以计算如下:

$$\text{信用价差看涨期权收益} = NP \times \text{债券久期} \times \max[\text{协议价差} - t \text{ 时刻的信用价差}, 0]$$

在覆盖信用价差看涨期权策略中,如果信用价差减少到协议价差之下,期权就将具有价值并且将被执行。但是,这将通过标的资产价值的上升而被抵消。如果信用价差增加,标的资产价值下降,但是期权变得没有价值,投资者获得期权费用。

需要注意的是,这里的覆盖信用价差看涨策略与权益交易中的覆盖看涨期权策略相似。投资者拥有标的资产并且卖出其价值上升的可能性。投资者相信标的资产的价值没有太多的可能性会上升。与覆盖信用价差看跌期权策略对比,覆盖信用价差看涨期权是真正的“覆盖”,因为所出售的期权价值的上升将被标的资产的位置抵消。

第三种策略,覆盖信用价差期权双限(a covered credit spread collar),指的是拥有标的资产的多头,购买信用价差看跌期权,同时卖出信用价差看涨期权。这一策略不仅提供收

入,而且提供了对标的资产多头的套期保值。投资者对将会为信用价差看涨和看跌期权选择较高的协议价差。

通过选择高协议价差,看跌期权将比较便宜,而看涨期权将较为昂贵,因此看涨期权的销售将比看跌期权带来更多的收入。如果标的债券或贷款价格突然下降,看跌期权提供了套期保值;而如果债券价格上升,投资者将放弃上升的债券价值。

最后一种投资策略结合了信用价差期权和标的物,对于一个覆盖信用利差跨式期权组合的卖方(the sale of a covered credit spread straddle)而言,投资者相信标的资产的价格不会有太大改变。在这种策略中,债券的持有者以相同的协议价差售出平价看涨期权和看跌期权。

例如,假设投资者拥有 10 000 份 4 年期、票面利率为 7%、总额为 100 万美元的债券,当前信用价差为 3%。投资者以 3% 的协议价差卖出信用价差看涨和看跌期权。期权的期限为 60 天,名义本金为 100 万。假设无风险利率为 4%,内含波动率为 120%,债券久期为 3.62,两种期权的售价都大约为 21 000 美元。

如果 60 天后价差基本上没有改变,在期权到期日债券的价格不会有多少改变。如果价差保持 3% 不变时,看涨和看跌期权都没有价值,投资者将获得总的期权费用 42 000 美元加上这些期权费用再投资的利息。

假设期权到期日债券的信用质量改善,信用价差缩小为 1.8%,则投资者的收益将由三部分构成:

1) 看涨期权的损失。信用价差看涨期权此时将变得有价值并且将被执行,投资者损失为: $\$1\,000\,000 \times 3.62 \times (3\% - 1.8\%) = \$43\,440$ 。

2) 期权费用再投资的终值。假设在期权的两个月的期限内,投资者在期权费用上获得无风险利率的收益,投资者将获得: $\$42\,000 \times (1 + 0.04)^{60/360} = \$42\,275$ 。

3) 债券价值的上升。假设收益率为 $4\% + 1.8\% = 5.8\%$,在期权到期时债券的价值将为 104.07 美元,总的债券价格的变化为: $10\,000 \times \$4.07 = \$40\,700$ 。

$$\text{投资者的总收益} = -\$43\,440 + \$42\,275 + \$40\,700 = \$39\,535。$$

22.5.4 通过信用衍生品降低成本

除了提供套期保值和增加收益外,信用衍生品还可以用来降低交易成本,主要是对对冲基金和投资银行而言。

22.5.4.1 利用 TROR

举一个利用 TROR 的例子。假设一个投资银行希望卖空一份平价出售且利率为 LIBOR 浮动利率的债券。卖空债券的一个方法就是进入到一个债券逆回购协议中(enter into a reverse repo)作为担保品为债券交换提供融资,然后在资金市场卖出债券。假设债券再回购利率为 LIBOR 减去 30 个基点利率。如果在回购到期时债券的价格保持不变,银行可以以 LIBOR 出售该债券。银行实际上将支付 30 个基点利率来保证该交易。另外一种选择是,银行可以使用 TROR。银行将为债券支付 LIBOR 加资本利得,同时可能获得 LIBOR 减 10 个基点利率。在资金市场使用 TROR 的优势为 40 个基点,每 100 万美元名义本金的

成本优势将为 4 000 美元 ($1\,000\,000 \times 0.4\% = 4\,000$)。

22.5.4.2 利用信用价差期权

同样可以利用信用价差期权来卖空债券。为了建立空头仓位,投资者将卖出一份信用价差看涨期权,协议价差为 LIBOR 加上 35 个基点,同时以相同的价差和价格买入一份信用价差看跌期权。投资者最初的成本为零,因为可以用看涨期权的出售来为看跌期权的购买融资。当投资者对债券做多时,他预期看涨期权不会被执行。如果债券的价格下降,例如其价格为 60 个基点价差,则看跌期权的收益将依赖于实际价差与协议价差之差(即 60 基点 - 35 基点),空头仓位的收益为协议价差减去 35 个基点。

22.5.4.3 利用 Repo

作为信用价差期权策略的另外一种选择,投资者可以利用逆回购合约。投资者可能需要在资金市场支付 LIBOR 加 45 个基点利率。因此,投资者在期权市场的成本将便宜 10 个基点。但这存在一个时间差别,即投资者在资金市场卖空会立即获得现金,而在期权市场收益将在将来获得。然而,期权的价格将通过使用无风险利率作为贴现率来反映这一时间差别。

22.5.4.4 利用其他信用衍生品

投资机构也许会发现其他信用衍生品也同样有吸引力。例如,对冲基金可能利用信用违约互换,因为基金的成本在资金市场较高。假设一垃圾债券的收益率为 LIBOR 加 450 个基点,如果对冲基金的借款利率为 LIBOR 加 250 个基点,则该基金的净收益将为 200 个基点。但是,如果银行持有该垃圾债券并且希望信用保护,则该基金可以 275 个基点出售信用违约互换合约给银行。基金将获得 275 个基点收益,而不是在资金市场的 200 个基点收益。注意,在信用衍生品交易中,基金只暴露于信用风险。在资金市场,基金同时承受着信用风险和利率风险。

假设银行的基金成本为 LIBOR,则其收益为垃圾债券的 450 个基点减去互换溢价的 275 个基点,即 175 个基点。虽然银行规避了信用风险,但仍然承受着利率风险和套期保值的债券的交易对手风险。

除了节省成本,信用衍生品的使用也比在资金市场以逆回购利率借入债券更容易管理。由于法律、税收和会计规则,信用衍生品也更加便利。与资金市场的空头仓位相比,信用衍生工具能提供更大的流动性。最后,银行可以不需通知委托人而卖空委托人的债券或贷款,从而避免了对银行和债券人关系的破坏。

22.5.5 套利与信用衍生品

交易者之间套利的使用意味着发现相对错误定价的资产并实现一定的收益。套利在这里被定义为试图发现证券之间的错误定价以获得收益同时最小化风险。信用衍生工具可以用来创造套利利润,因为许多仓位可以用其他信用衍生品和(或)资金市场的证券来复制。通常能够发现信用衍生品市场错误定价的金融机构是对冲基金和投资银行,他们拥有资本、信息以及专家知识来发现这些错误定价。

22.5.5.1 利用违约互换套利

无风险债券、风险债券和违约互换必须保证下面的关系组合,以避免套利行为:

$$\text{无风险债券收益} = \text{风险债券收益} - \text{违约互换价格(费用)}。$$

考虑一个发展中国家的风险债券(LDC),收益率为 25%。如果美国国债的收益为 3%,LDC 债券违约互换的价格为 20%,则投资者可以通过卖空国债,然后利用所得来为购买 LDC 债券筹资,这样他就有 2% (即 $25\% - 3\% - 20\% = 2\%$) 的潜在套利利润。通过购买违约互换可以为 LDC 债券套期保值。图 22-11 显示了这一交易过程。

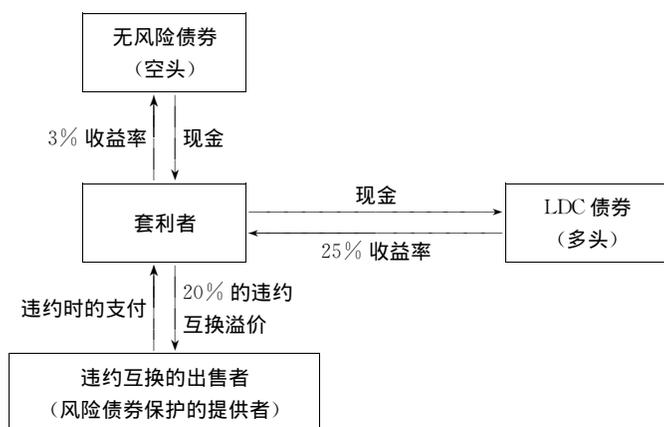


图 22-11 当债券收益率太高时利用违约互换实现套利

需要注意的是,套利者在这里仍然存在一些风险暴露。套利者存在与互换合约出售者相关的交易对手风险。同样,这里假设利率的改变对 LDC 债券和无风险债券的影响相同。更进一步,这里假设没有流动性风险,没有应计利息以及没有卖空国债的成本。

如果互换合约的价格与 LDC 债券的收益率比较相对太高,投资者可以进行相反的交易。如果 LDC 收益率为 21%,套利者将购买一无风险债券,卖空 LDC 债券,同时卖出违约互换合约(以获得互换价格),从而创造 2% (即 $3\% - 21\% + 20\% = 2\%$) 的利润。

这两个例子说明了前面提到的公式的应用。重新整理公式,我们可以得到,无风险债券收益+违约互换价格=风险债券收益。不等式将告诉投资者该持有哪一仓位。在第一个例子中,不等式为 $(3\% + 20\%) < 25\%$,因此,套利者需要卖空左边(即卖空国债同时支付 20% 的互换价格)投资于右边(即持有风险资产多头)。在第二个例子中,不等式为 $(3\% + 20\%) > 21\%$,因此套利者需要持有左边空头(即投资于国债和通过承受信用风险暴露获得 20% 的互换合约价格)同时卖空右边(即卖空风险债券)。

风险债券和违约互换价格的关系也可以用资金来源(funding source)代替无风险债券来表示。让我们考虑风险债券的收益高于 LIBOR 的情况。由于套利者的低信用风险,资金来源(funding source)提供了低利率的融资。在图 22-12 中,套利者以 LIBOR 加 10 个基点利率借入资金,并支付 LIBOR 加 30 个基点的互换价格作为信用保护。利用这些资金,套利者投资于利率为 LIBOR 加 90 个基点的风险债券,因此他所获得的收益为 50 个基点(即 $90 - 10 - 30 = 50$)。再次需要注意的是,套利者暴露于违约互换合约出售者的交易对手风险。

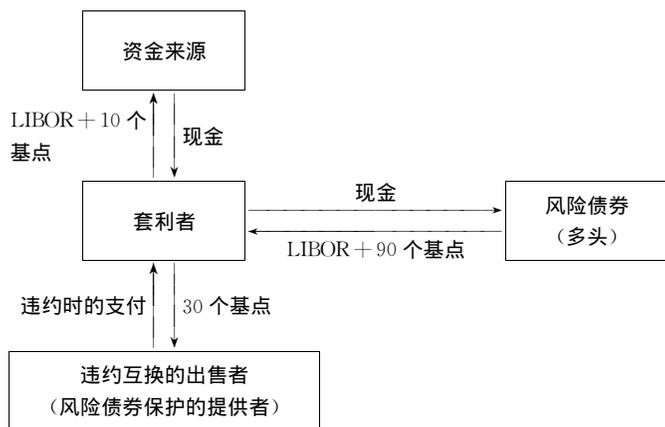


图 22-12 利用风险债券、违约互换和资金来源进行套利

22.5.5.2 利用 TROR 套利

在下面的例子中，套利者将利用低成本的资金购买风险债券。套利者在 TROR 中支付风险债券的收益，并获得 LIBOR 加一定价差。在 TROR 合约中，如果 LIBOR 的价差大于资金的成本，则套利者将获得套利利润。在图 22-13 中，套利者在风险债券上获得 90 个基点的价差，然后在 TROR 合约中支付该价差。作为回报，套利者获得高于 LIBOR+30 个基点的价差。资金的成本为 LIBOR 加 10 个基点，因此收益为 20 个基点。再次需要注意的是，套利者同样暴露于交易对手信用风险。

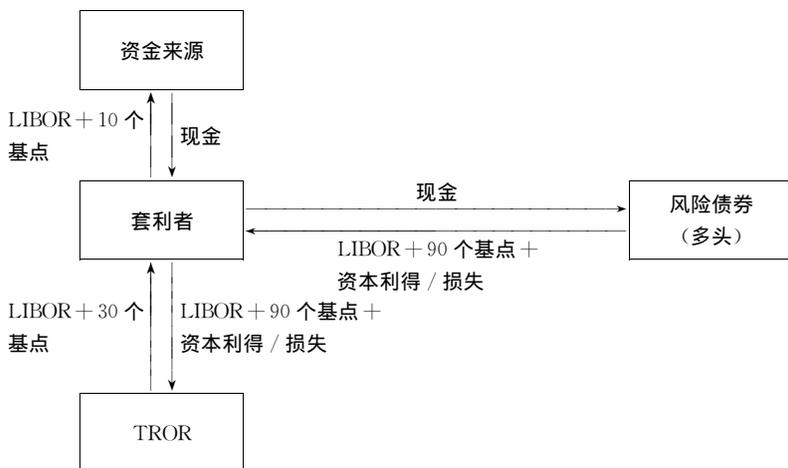


图 22-13 利用资金来源、风险债券和 TROR 合约套利

为了获得套利利润，我们也可以将 TROR 合约、无风险债券和违约互换合约的关系表示为： $TROR = \text{无风险债券} + \text{违约互换}$ 。作为一个例子，我们假设套利者为 TROR 合约受保护者，其获得 LIBOR 加 40 个基点再加上资本利得或损失。作为交换，在 TROR 合约中，套利者支付为 LIBOR。因此，套利者暴露于信用风险和市场风险。为了规避信用风险的暴露，套利者将购买违约互换合约，如果债券违约，他将获得支付。套利者可能将为这一保护支付 25 个基点。为了消除市场风险，套利者将卖空无风险债券，这可以简单地通过卖空国

债远期合约来实现,只需要很少的初始投资。图 22-14 说明了这一交易过程。这一情况下的套利利润为 15 个基点。需要注意的是,套利者同样暴露于 TROR 和违约互换合约的交易对手风险。

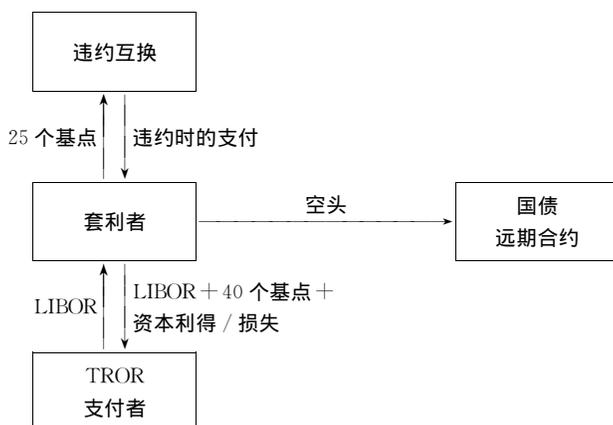


图 22-14 利用 TROR、违约互换和国库券远期合约套利

同样的情况是当回购利率等于 TROR 合约中获得的支付加上债券的出售。例如,在图 22-15 中,假设再回购的利率为 LIBOR 加 75 个基点,如果 TROR 合约的接受者(receiver)必须支付 LIBOR 加 50 个基点,则可能实现 25 个基点的套利利润。套利者通过反向回购协议获得债券,然后卖出债券,利用出售所得的 100 万美元来建立回购合约。套利者现在在卖空债券的信用风险和市场风险,因为在回购合约到期他最终将交付债券。这可以通过成为 TROR 合约的接受者(receiver)来规避。同样,套利者承受着 TROR 的交易对手风险。

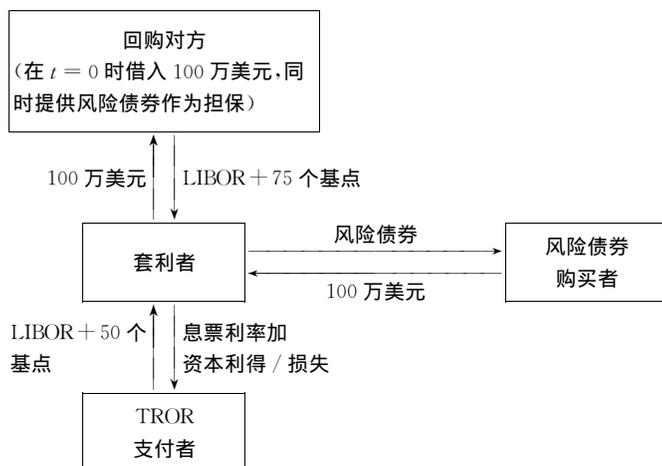


图 22-15 利用再回购协议、TROR 和风险债券的出售套利

如果回购协议的利率(LIBOR+价差)低于 TROR 合约的利率,前面的交易将相反。套利者将成为 TROR 支付者,在 TROR 中获得更高的利率,购买债券,提供债券作为担保品,然后在回购协议中支付较低的利率。TROR 合约中债券空头的仓位将通过将来回购债券而套期保值。

22.5.5.3 利用信用价差期权套利

在利用信用价差期权的情况下,一个虚构的远期多头仓位可以通过卖出信用价差看跌期权和买入信用价差看涨期权来构造。如果协议价差高于债券的远期售出利率,就可以获得套利利润。假定期权溢价和协议价差相同。例如,如果看跌期权和看涨期权的协议价差为高于 LIBOR 40 个基点,债券今后可以高于 LIBOR 25 个基点的利率出售,套利者可以卖出信用价差看跌期权,买入信用价差看涨期权,并且卖出债券远期合约。套利利润将为 15 个基点(即 $40 - 25 = 15$)。如果远期市场的利率比期权的协议价差高,则相反的交易可以获得套利利润(买入信用价差看跌期权,卖出信用价差看涨期权,且在远期市场持有债券多头)。

22.5.6 新巴塞尔协议的风险权重

在最初的巴塞尔协议中,金融机构的风险分类取决于其是否在世界经济合作组织(Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD)的成员国内。非成员国机构必须比成员国机构持有更多抗信用风险的资本金,这为 OECD 银行创造了不公平的优势。因为他们与信用衍生品的提供者交易时,套期保值者可以利用保护提供者替代了对标的资产的风险管理。而由于 OECD 机构有较低的风险水平,他们可以更高的价格来构建更多的信用衍生工具。

在最近提议的巴塞尔协议 II 中,一个银行必须持有的资本金数额与其信用风险资产的风险、协议所划分的机构类型、相关银行的要求情况以及这些资产的期限有关。这些新的规则是对原巴塞尔协议的重新修订。表 22-2、表 22-3、表 22-4 中显示的风险权重乘以 8% 来计算最低资本要求。

关于银行的要求,全国性的监管者有两种选择来决定银行必须持有的资本数额。第一种选择是,选用低于银行所在国家(或者高信用质量资产)的风险权重,对于较低等级或没有评级的资产的风险权重都相同;第二种选择中,银行可以采用外部的信用评级并利用它来决定风险权重。需要注意的是,短期资产通常得到更优惠的待遇,可以持有较少的资本金。

表 22-2 巴塞尔协议 II 关于主权国家及其中央银行的最低风险权重

信用评级	AAA 至 AA-	A+ 至 A-	BBB+ 至 BBB-	BB+ 至 B-	低于 B-	无评级
风险权重	0%	20%	50%	100%	150%	100%

表 22-3 巴塞尔协议 II 关于银行的最低风险权重

选择权 1						
信用评级	AAA 至 AA-	A+ 至 A-	BBB+ 至 BBB-	BB+ 至 B-	低于 B-	无评级
风险权重	20%	50%	100%	100%	150%	100%

(续表)

选择权 2						
信用评级	AAA 至 AA-	A+ 至 A-	BBB+ 至 BBB-	BB+ 至 B-	低于 B-	无评级
风险权重	20%	50%	50%	100%	150%	50%
短期求偿权的 风险权重	20%	20%	20%	50%	150%	20%

表 22-4 巴塞尔协议 II 关于公司的最低风险权重

信用评级	AAA 至 AA-	A+ 至 A-	BBB+ 至 BB-	低于 BB-	无评级
风险权重	20%	50%	100%	150%	100%

银行将它们的资产划分为在银行账户持有或在交易账户持有。银行账户的资产通常是持有至到期日,并且是以历史成本记账。交易账户的资产则是短期持有,按市场价格计价,具有较短的期限和较高的流动性,它们价值的变化记录为银行的利润或损失。前面所讨论的要求适用于银行账户资产。

22.5.7 运用违约互换降低银行账户资产的资本要求

如果银行利用信用衍生工具来为银行账户资产套期保值,则对其资本要求 C_b 可以利用下面的公式计算:

$$C_b = NP \times [(w \times r_u) + (1 - w) \times r_{ps}] \times 8\% \quad (22-1)$$

其中: NP 为名义本金; w 为信用衍生品常数 0.15; r_u 为标的资产风险权重; r_{ps} 为保护出售者风险权重。

需要注意的是,这里保护提供者的风险权重(0.85)高于标的资产的权重(0.15),以决定其所必须持有的资本。因此,通过找出具有低于标的资产风险权重的保护提供者,投资者可以减少其所必须持有的资本量以对冲标的仓位。

例 22-5 银行账户资产的资本要求

假设一家银行对一家公司发放 10 000 000 美元的长期贷款,该公司信用评级为 CCC。从表 22-4 得出,风险权重为 150%。该银行参与违约互换合约,另一家银行提供信用保护。保护出售者的评级为 A,从表 22-3 可以得出,其风险权重为 50%。该银行必须持有多少的资本以对抗贷款风险?

答案: $C_b = \$10\,000\,000 \times \{(0.15 \times 150\%) + [(1 - 0.15) \times 50\%]\} \times 8\% = \$52\,000$ 。

(22-1)式中的 w 被假定用来说明剩余经营风险。一些学者建议 w 应该设为零。如果是这种情况,金融机构必须持有的对抗信用风险的资本金额将会降低。

回顾之前所讨论的交易账户资产具有较高的流动性,以市场价格计价,并且比银行账户

资产的期限短。由于这些原因,交易账户必须持有的对抗风险的资本额通常低于银行账户资产。

对于利用与标的资产具有相同本金、期限和流动性的信用违约互换或信用关联票据进行套期保值的交易账户资产,其所必须持有的资本金额将会减少。对这种情况,巴塞尔二号协议提供了相对于未套期保值资产可减少 80% 的资本金要求。利用与(22-1)式相同的符号,套期保值交易账户必须持有的资本金额 C_t 计算如下:

$$C_t = NP \times r_u \times 8\% \times (1 - 0.80)。 \quad (22-2)$$

例 22-6 交易账户资产的资本要求

假设一家银行对一家公司发放 10 000 000 美元的短期贷款,该公司信用评级为 CCC,贷款被划分为交易账户资产。从表 22-4 得出,风险权重为 150%。该银行参与了与标的贷款具有相同本金、期限和流动性的信用违约互换。银行对这笔贷款应持有多少资本金?

答案: $C_t = \$10\,000\,000 \times 150\% \times 8\% \times (1 - 0.8) = \$240\,000$ 。

需要注意的是,如果仓位没有套期保值,那么 80% 的资本额减少就不会提供,资本要求额将会增加到:

$$C_t = \$10\,000\,000 \times 150\% \times 8\% = \$1\,200\,000。$$

如果用具有相同期限和流动性的 TROR 合约进行套期保值,则减少额度为 100%。因为 TROR 合约能规避信用风险和利率风险,而违约互换只能规避信用风险。

22.6 运用衍生品进行信用风险管理

22.6.1 风险价值 VaR

VaR 度量的是一定时间范围内特定概率下的损失。例如下周 VaR 值为 1 000 美元的概率为 5%,其含义为,对给定的资产收益标准差和收益分布,下周资产损失值超过 1 000 美元的概率为 5%。换言之,损失低于 1 000 美元的置信度为 95%,同样也可以用百分比形式度量损失。例如,一个 VaR 值也可以表示为在特定时间内,损失等于投资组合价值的 9.6% 或者以上的概率为 5%。

对于单一资产,计算 VaR 时需要的值有:期望收益、与利率相一致的时间区间内收益的标准差和显著水平。

VaR 仅考虑收益分布的下端或者低尾。区别于统计学中典型的双侧检验,VaR 的显著水平仅仅是指低尾部分,如 5% 的 VaR 说明落于低尾中的概率为 5%。对于置信水平为 95% 的 VaR 我们用 1.65 的 Z 值,对置信水平为 1% 的 VaR 用 2.33 的 Z 值。

一般计算 VaR 时使用标准差并且假定其分布为正态分布。例如在计算日 VaR 时,先要计算过去的日收益标准差,并假设此值适用于将来;然后,利用资产的期望日收益和标准差,便可以预测特定的显著水平下的日 VaR 值。

例 22-7 计算 VaR 值并用百分比表示

一个投资组合的期望日收益为 0.383, 日收益的标准差为 0.58%, 试计算显著水平为 5% 时的日 VaR 值, 并用百分比形式表示。

$$\begin{aligned} \text{答案: VaR} &= [\hat{R}_p - (z)(\sigma)] \\ &= [0.00383 - 1.65(0.0058)] \\ &= -0.00574 \\ &= -0.574\% \end{aligned}$$

其中: \hat{R}_p 为投资组合的期望日收益; z 为与指定置信水平的相对应的 z 值; σ 为日收益的标准差。

这个显著水平为 5% 的 VaR 值说明预期的日收益为 -0.574% 或者更差。也就是说, 在 95% 的置信水平下, 损失不会超过 -0.574%。

例 22-8 计算 VaR 并用绝对数表示

已知总值为 \$100 000 000 的投资组合期望日收益为 0.00085, 历史日标准差为 0.0011。计算显著水平为 5% 时的 VaR 值, 并用绝对数表示。

解: 如前所述, 显著水平为 5% 的适当 Z 值为 1.65。计算 VaR 如下:

$$\begin{aligned} \text{VaR} &= [\hat{R}_p - (z)(\sigma)]V_p \\ &= [0.00085 - 1.65(0.0011)](\$100\,000\,000) \\ &= -0.00965(\$100\,000\,000) \\ &= -\$96\,500 \end{aligned}$$

其中: \hat{R}_p 为投资组合的期望日收益; V_p 为投资组合的价值; z 为对应于显著水平的 z 值; σ 为日收益的标准差。

此 VaR 值的含义是日损失大于等于 \$96 500 的概率的 5%, 即日损失低于 \$96 500 的置信水平为 95%。

如果已知收益的日标准差, 要求计算一段时间内的 VaR 值时, 可以用日标准差乘以这段时间内日期数目的平方根求得这段时间的标准差。例如给定一个日标准差, 10 天的标准差计算如下:

$$\sigma_{\text{日}} \times \sqrt{10} = \sigma_{10\text{天}}$$

同理, 年 VaR 值可以用每天的 VaR 值乘以一年中交易日数目的平方根。

22.6.2 期权的 VaR

期权投资组合的投资收益是非线性的, 所以在估计期权投资组合的 VaR 值之前, 有必要先了解两个概念。

首先, 要了解股票期权 O 的价值变化和基准股票 S 价值变化间的关系, 表示如下:

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{\Delta O}{\Delta S}; \\ \gamma &= \frac{\Delta^2 O}{\Delta S^2} \end{aligned} \quad (22-3)$$

在实际中, 当已知股票价格的变化时, 用 δ 和 γ 来估计期权价格的变化量。例如当 δ 为

0.3\gamma 即 0.03 时, 股票价格每改变 \$1, 期权价格将改变 \$1.00 \times (0.30 + 0.03) = \\$0.33。

第二个重要概念与投资组合理论相关。具体而言, 投资组合的标准差不是组合中各个资产标准差的简单和, 在计算组合的标准差时还要考虑投资组合中各个资产之间的相关性。

同理, 在计算投资组合的 VaR 值时, 也必须考虑各个资产间的相关性, 即投资组合的 VaR 并不是各个资产的 VaR 值的简单和。当估算包含两个期权的投资组合 VaR 值时, 两期权间的相关系数在计算组合的标准差时是非常重要的因素。用两资产的方差和两者间的相关系数就可以算出由两资产组成的投资组合的方差, 将投资组合的方差开平方就可以得出组合的标准差。当计算包含两个期权的投资组合标准差时, 可以用下面的公式:

$$\begin{aligned}\sigma_p^2 &= (NP_A\sigma_A^2 + NP_B^2\sigma_B^2 + 2NP_A NP_B\sigma_A\sigma_B\rho_{A,B}); \\ \sigma_p &= \sqrt{\sigma_p^2}.\end{aligned}\quad (22-4)$$

其中: σ_p^2 为投资组合的方差; NP_A 为资产 A 的名义资本 (notional capital); σ_A 为资产 A 的标准差; NP_B 为资产 B 的名义资本; σ_B 为资产 B 的标准差; $\rho_{A,B}$ 为资产 A 与 B 的相关系数; σ_p 为投资组合的标准差。

已知基准股票的名义资本, 用期权的 δ 和 γ 可以估算出两个期权的名义资本, 计算如下:

$$NP_O = NP_S \times (\delta + \gamma).\quad (22-5)$$

其中: NP_O 为期权的名义资本; NP_S 为基准股票的名义资本。

例 22-9

期权 A 的 δ 为 0.30, γ 为 0.03。基准股票的价格为 \$50, 每一百股股票有一份期权。期权 B 的 δ 为 0.40, γ 为 0.04, 基准股票的价格为 \$70, 每两百股股票有一份期权。资产 A 的日收益标准差为 1.5%, 资产 B 的日收益标准差为 2.5%。两资产收益的相关系数为 0.6。假设投资组合的期望日收益为零, 计算显著水平为 1% 的 10 天 VaR 值。

答案: 首先计算期权的名义资本。

$$\begin{aligned}NP_A &= (\$50 \times 100) \times (0.30 + 0.03) = \$1\,650; \\ NP_B &= (\$70 \times 200) \times (0.40 + 0.04) = \$6\,160.\end{aligned}$$

下面利用算出的名目面额计算期权投资组合的方差和标准差。

$$\begin{aligned}\sigma_p^2 &= (1\,650^2 \times 0.015^2) + (6\,160^2 \times 0.025^2) + 2(1\,650)(6\,160)(0.015)(0.025)(0.60) \\ &= 612.5625 + 23\,716.0000 + 4\,573.8000 \\ &= 28\,902.3625; \\ \sigma_p &= \sqrt{28\,902.3625} = \$170.0069.\end{aligned}$$

由于已经有投资组合的日标准差, 在 1% 的显著水平下, 使 z 值为 2.33 就可以计算出 10 天的 VaR 值。在下面的计算中, 我们假定一天的期望收益 \hat{R}_p 为零, 则:

$$VaR_{10\text{天}} = \sigma_p \times z \times \sqrt{10}.$$

其中: σ_p 为日收益的标准差; z 为对应显著水平的 z 值。

$$VaR_{10\text{天}} = 170.0069 \times 2.33 \times \sqrt{10} = \$1\,252.63.$$

从计算可以得知, 投资组合的预期损失大于等于 \$1 252.63 时显著, 即日损失不超过 \$1 252.63 的置信度为 99%。

22.6.3 在险信用 CAR

在险信用(CAR)和风险价值(VaR)相似,区别在于 CAR 专门用于度量违约风险或者信用恶化。和 VaR 相同,CAR 是度量特定置信度下特定时间段内的风险价值。在计算 CAR 时存在两个问题:首先,计算一天的信用质量变化比较困难;其次,信用风险的变化不服从正态分布。

投资级证券的信用质量变化分布近似服从对数正态分布。在 95% 的置信水平下,信用质量改变的分布曲线临界值为 4.175。

CAR 的计算公式与 VaR 的相似,不同在于使用的是信用质量变化的年波动率。多年波动率的计算方法是年数的平方根乘以年波动率。同时假设信用质量变化服从对数正态分布而不是正态分布。将 CAR 以绝对数表示,这样名义资本(notional principal)可以包含在计算过程中:

$$CAR_t = NP \times \sigma \times z \times \sqrt{t}。 \quad (22-6)$$

其中: CAR_t 为 t 年内的 CAR; NP 为债券的名义资本(notional principal of position); σ 为年信用波动率(annual credit volatility); z 为相应置信度的临界值; t 为年数。

22.6.4 投资组合的 CAR

计算债券投资组合的 CAR 值,步骤与计算期权投资组合类似。首先,用债券的 δ_C 和 γ_C 来测算债券价格随其信用质量的变化是如何改变的;然后,利用两债券信用质量变化的相关系数计算债券组合的波动率。

信用质量 C 的变化和债券价格 B 的变化之间的关系用 δ_C 和 γ_C 表示如下:

$$\delta_C = \frac{\Delta B}{\Delta C}; \quad (22-7)$$

$$\gamma_C = \frac{\Delta^2 B}{\Delta C^2}。 \quad (22-8)$$

知道 δ_C 和 γ_C 就可以算出债券价格的变化。

1) 投资组合的 CAR:用违约互换规避投资组合的信用风险

国际清算银行(Bank for International Settlement)规定每个金融机构必须保有一定的资金,用来应付信用风险的状况,此资金额度取决于银行是否将资产分为银行账户(Banking book)及交易账户(Trading book)。交易账户的资产为短期持有、逐日结算、持有期很短并且流动性较强。因此交易账户资产(trading book assets)所需资金的限制比银行账户的低。相对于无对冲情况(unhedged position),用违约互换保值的风险型交易账户的资产,BIS 设定的资金使用额度是 80%,即银行必须持有的最低资金额度为 20%。

2) 投资组合:用 TROR 规避信用风险

如果用 TROR 规避风险,并且 TROR 的期限和货币与标的资产(underlying assets)的

相同,则风险被完全规避,资产可用额度为 100%。原因就在于 TROR 既可以规避信用风险也可以规避市场利率风险,而违约互换只规避信用风险。

在计算两债券的名义资本的同时,可以计算出风险规避后债券的名义资本。因此,投资组合的 CAR 值就减小为其他未进行风险对冲债券的 CaR 值。



第 23 章 运用资产证券化管理信用风险

23.1 证券化市场

资产证券化过程开始于将各种金融和非金融资产打包成证券再出售给投资者,然后利用从那些资产中取得的现金来支付利息与本金、或仅支付本金部分,同时支付与证券化打包相关的交易费用。这些出售的证券被称为资产支持证券(ABSs),因为是这些被打包的资产提供了投资者所预期的收益。

证券化市场中的参与者主要有以下几类。

1) 发起人

发起人提供了被用于资产证券化打包的资产。发起人参与到证券化市场的原因是多方面的:

通过出售一揽子资产,发起人将将来从资产生命周期中获得的现金流转变为今天现实可得的现金。

证券化过程提供了令那些愿意投资于 ABSs、排斥投资于非证券化资产(如,汽车原始贷款)者感兴趣的多样化投资来源。

鉴于交易结构,当然还有打包资产的质量,发起人可以相对以非证券化交易融资成本更低的成本来进行融资。

小的或融资能力较差的融资经营活动可以获得先前不能获得的资金。通过将非证券化

资产转变为资产特性表明的资产,减少了关于相对陌生经营的不对称信息量。因此,证券化提供了先前不可能的资金来源。

金融机构可以将表内资产转化为表外资产,这样就可以降低经营的监管资本金需求量。

证券化打包可以为发起人提供更好的资产和负债搭配,这样可以降低基于传统资产负债结构的利息率和流通性风险。

将基于资产投资组合的风险转移给 ABSs 的投资者同样也可能是参与到证券化市场的动因。然而,信用风险的降低依赖于 ABSs 打包的结构。

2) 中间人

中间人是那些通过对发起人的资产打包成适销 ABSs,并创造证券化结构的机构。中间人利用他们创造证券的专业知识获取将证券化资产打包成适销证券的费用。中间人通常比发起人或投资人有更为广阔的客户基础,能够更好地对资金需求者和希望投资者进行搭配。

3) 投资者

投资者是那些从中间人处购买 ABSs 的人。因为 ABSs 结构是多种多样的,所以投资者可以将他们的投资需求转化成多样的可投资选择。投资于不同信用质量、不同到期期限的资产,从而增加通过多样化投资获得的潜在收益。以相似资产集合支持的投资方式可以减少不对称信息量,从而提高交易的质量。

23.2 贷款是如何被证券化的

正如前文所述,证券化可以将资产的信用风险从发起人处转移到投资者处。遵循一个特殊的过程可将打包资产转化为适销证券。

步骤一:发起人向他们的客户贷款。这些贷款将转变为发起人资产负债表上的资产。一旦积累到相当多那样的贷款,一揽子资产将被出售给特殊目的体(special purpose entry, SPE)。

步骤二:SPE 通过“真实购买”交易从发起人处购得一揽子资产,这样可以使这些打包资产从发起人的其他资产分离出来。这些一揽子资产将被从发起人的资产负债表处移出,取而代之以从 SPE 处转移来的现金。这些资产现在就成为 SPE 资产负债表的一部分。如果发起人发生破产,它的借款人将不再有与转移资产相关的现金流或本金的求偿权。

步骤三:SPE 接着创造基于转移资产中的打包贷款的现金流和价值的 ABSs。多样化 ABSs 结构,也被称为投资档,能够创造出许多信用或到期期限的特性。那些投资档可以被出售给喜欢它们的风险暴露的投资。投资者并不直接投资于那些初始的贷款,而仅投资于从初始资产处产生的期望现金流。投资者的求偿权仅是基于 ABS 的,而和发起人不再相关。

23.3 信用支持对证券化部分的影响

因为 ABSs 的投资者不再拥有向发起人的求偿权,因此发起人提供的违约保护常常是非

常重要的。保护通常是以信用支持的,或是增益形式提供的,它可以影响 ABS 的发行等级。

证券化需要从资产池中获得现金流来创造各种投资档,这些投资档能够产生不同利息率和信用风险水平的收益流。高级对资产池的现金流拥有优先求偿权,而次级则有较低等级的求偿权。因此,次级通过先吸收资产池的损失来为高级提供信用支持。

提供信用支持的另一种方法就是在接收到的基于资产池的利息支付和给 ABSs 投资者的利息支付之间生成超额利差。这个利差将在投资者遭受基于资产池的损失前被释放出来。发起人也可能被要求建立现金储备,可以用来补偿基于资产池的损失。超额抵押担保也是信用支持的一种,通过发行低于资产池价值量的 ABSs 而被创造出来。信用支持可以由发起人提供,如在现金储备的情况下,或者被发起人保留,如其持有次级的情况下。

证券化对发起人的财务状况是有影响的。这个影响是直接由发起人保留的风险量和来自转移资产的现金如何被使用决定的。

23.4 证券化及发起人的财务状况

风险转移的问题必须基于经济风险和证券化过程的收益来分析。发起人可能通过持有最具风险性的次级头寸或提供别的信用支持,来保留与资产池相关的风险量。在这种情况下,发起人的财务状况可能不变,甚至变得更糟。例如,假设发起人将质量最高的资产卖给了 SPE,而保留了资产池中质量最低的资产,这样经济收益就被转移而风险就被保留了。

衡量证券化是如何影响发起人的财务状况的另一种方法就是去追踪从资产出售中产生的现金收入是如何使用的。如果这些现金收入被用来购买国债,那么发起人仅是简单地将其证券化资产与国债进行了互换。如果发起人仍然通过持有次级实质性的风险头寸,实际上,其风险结构没有被改变。如果现金收入被用来减少债务,那些用证券化收入支付的债权人情况将转好。那些没有被支付的债权人,特别是那些无担保负债的债权人,也许情况会更糟,特别是发起人保留的资产比被证券化出售的资产质量低时。如果现金收入被用来购置新资产,然后进行证券化,那么仍然列于资产负债表上的质量高的资产将开始增加。保留次级的过程倾向于集中现存债权人的第一损失头寸,从而开始损害发起人资产基础的整体质量。



第 24 章

贷款出售和其他信用 风险管理技术

24.1 贷款出售介绍

贷款合同安排传统上是被借款机构用来控制信用风险的。这些安排中的一些包括向高风险借款人索取高费用、抵押品、契约书、费用、基于不同类型的借款人的多样化、对任何一个借款人的风险暴露量限制和对特定借款者借款量的限制。越来越多地贷款出售和其他更新的技术被金融机构的经理人当作工具用来管理信用风险。

这种贷款出售起源于代理银行。代理银行涉及一个小银行和一个大银行之间的协议，在这个协议下，大银行为小银行提供多样的服务，包括购买那些对于小银行过于大额的贷款，这种行为被称为参与。这种贷款出售在 19 世纪 80 年代经历了一次成长迸发，当时高杠杆交易 (HLT) 变得寻常。高杠杆交易贷款被广泛地应用到这个时代以之为特色的、相对大量的杠杆收购和并购的融资中去。

需要意识到的是，我们讨论的贷款出售并不涉及新证券工具的创造，如通过资产证券化过程创造的债券。然而，贷款出售确实为贷款创造了二级市场，同样地，可以被视为证券化的雏形。

24.1.1 附追索权和无追索权的贷款出售

当银行进行贷款，并且将其以无追索权的方式出售，贷款将从银行的资产负债表上移

出,而它的购买者将承担所有的信用风险;但一项贷款以有追索权的方式出售,那么它的购买者将有权将其卖给原贷款银行,贷款仍然以或有信用负债的形式保留在销售银行的资产负债表上,而银行也某种程度上保留了当借款人违约时的信用风险。大多数在贷款市场上出售的贷款是无追索权的,因为这是将贷款(和信用风险)完全从贷款银行资产负债表移出的唯一途径。

24.2 贷款出售市场

贷款销售市场分为三个主要市场,前两个市场是基于销售和交易国内贷款的,分别为传统短期贷款市场和 HLT 贷款市场。第三部分涉及新兴市场贷款的市场。我们将先考虑前两种市场。

传统短期贷款是那些在短期贷款市场交易的贷款,并且通常是那些投资级借款者的抵押贷款。它们的到期期限为 90 天或者更短,其收益率同商业票据的利率是紧密相关的,并且是以不小于 1 000 000 美元为单位出售的。许多美国大公司的短期商业贷款销售可以用来做商业票据的替代品,除了那些收益率通常高于相当质量商业票据收益率一至十个基本点的贷款销售。然而,由于商业票据市场的增长,这个市场的重要性在近些年有所减退。

正如前面所述,作为 19 世纪 80 年代特征的并购启发了 HLT 贷款销售市场的产生和成长。这些贷款被定义为涉及并购、收购或者重组的贷款,并且它们显著提高了那些杠杆率已经很高的借款者的杠杆率。

HLT 贷款主要区分为廉价的和非廉价的。如果 HLT 贷款出价为面值的 95% 或更高,其被认为是非廉价的;当其出价低于面值的 95%,或者借款者违约,其被认为是廉价的。廉价 HLT 贷款通常是和遭遇融资困境的借款者联系在一起的,此时借款者不能向其债权人和出借者进行借款偿付。几乎所有的 HLT 贷款都是浮动利率,具有抵押条款的贷款,其到期期为三至六年,有显著的契约保护。

24.2.1 参与和分配

贷款销售的两条基本途径是通过参与协议,或者更为普通地,基于分配基础。

当一项贷款是通过参与基础出售的,实际上参与购买者购买了一项高额贷款的一部分(参与)。被称为发起人的贷款出售者和借款人的信用协议仍然有效。参与购买者对初始借款人的控制通常仅限于对贷款合约的重要变更的投票权,如抵押支持或者利息率的变更。这意味着参与购买者暴露于借款者和贷款出售者的双重风险之中。这个双重风险伴随着重重的监督成本,这是贷款参与的一项显著缺陷。

在美国销售的超过 90% 的贷款都是以分配为基础的。这个可归因于与贷款参与相联系的相对大的风险和监督成本。与参与相比,分配的购买者有对借款者的直接求偿权。然而,通常分配销售需要借款者的允许,同时或者需要购买者满足一定的财务标准。很显然的原因是,最易交易的贷款是那些无需任何购买者限制就可进行分配的贷款。

分配可以基于固定或者浮动贷款。浮动利率贷款的分配销售通常发生于贷款的利息率

的重设日,它可以是以每半年或者每季度为期进行的。这项惯例是由除了重设日外其他时间计算和转移销售贷款已获得的利息的复杂性所导致的,特别是根据浮动利率贷款指标的非标准组成的。固定利率贷款分配市场由于对已获得利息支付的非标准问题而变得复杂。同固定利率贷款合同的其他问题和成本一起,已获得的利息问题导致了贷款分配交易延迟完成的可能。

24.2.2 传统贷款和 HLT 贷款的购买者与出售者

24.2.2.1 购买者:非廉价 HLT 和传统的美国国内贷款

传统美国国内贷款和非廉价 HLT 贷款的五类主要购买者和其他国内银行、外国银行、保险公司和养老基金、封闭式银行贷款共同基金和非金融公司。

1) 其他国内银行。作为构成代理银行关系整体不可缺少的一部分,银行同业贷款销售传统上构成了贷款销售市场的最大组成部分。银行间的贷款销售使银行可以购买其他地区的贷款并且可以实现收益的多样化,否则由于全国性银行的限制这将是不可实现的。银行间的贷款销售市场已经在萎缩,这是由于三个趋势的结果:增长了竞争和银行合并,增长了交易对手风险水平和道德危险,许多全国性银行监管障碍的取消。

2) 外国银行。近些年,外国银行已经购买了超过 40% 的美国国内银行的贷款出售。这个需求由于外国金融机构资产的萎缩而正在减弱。

3) 保险公司和养老基金。保险公司和养老基金购买高质量和长期的银行贷款。

4) 封闭式银行贷款共同基金。封闭式银行贷款共同基金是在二级市场上购买贷款的杠杆共同基金。随着自身的增长,很多大型的基金已经发展为初级的贷款辛迪加组织。

5) 非金融公司。非金融公司大多是美国或欧洲最大公司(如 GE 资本)的金融服务单位,他们购买了不到 5% 的美国国内贷款。

24.2.2.2 购买者:廉价 HLT 贷款

廉价 HLT 贷款的购买者是投资银行、对冲基金和兀鹫基金(vulture fund)。

1) 投资银行对 HLT 贷款感兴趣的原因是:

- ① 他们可以利用与交易垃圾债券相同的交易技巧和策略来获利;
- ② 由于他们在 HLT 交易构成时的承销参与,他们通常对 HLT 借款者有特殊的了解。

2) 兀鹫基金是一种特殊的对冲基金类型。它们的贷款通常被用作重组交易的交易工具。这些基金也利用 HLT 贷款投资作为多样化、高收益的廉价证券投资组合的一部分。

24.2.2.3 销售者:廉价和非廉价 HLT 贷款和传统美国国内贷款

主要的货币中心银行(那些控制主要金融中心的大型银行)、外国银行、投资银行和美国政府及其机构是传统美国国内贷款和 HLT 贷款的购买者。

1) 主要的货币中心银行。大的货币中心银行已经是贷款的初始销售者。货币中心银行有时创立不良银行去帮助销售他们不能履行的贷款。不良银行是持有违约贷款投资组合

的特殊目的体。非常重要的一点是，一个拥有好的和坏的贷款的银行会创立一个不良银行去管理不良贷款，而保留好的贷款于好银行中。好银行和不良银行的安排预期会增加价值，因为：

- ① 不良贷款被专家管理，用于重组表现不良的贷款；
 - ② 好银行的名誉由于其将不良贷款移除得以巩固，这使其对于存款者和投资者更具吸引力；
 - ③ 坏银行没有短期存款，不会被短期流动性约束，并且可以自由地运用长期存款政策；
 - ④ 特殊的管理激励可以被创造，这样将使来自不良贷款销售的价值最大化。
- 2) 外国银行。美国国内的贷款通过外国银行在美国的分支被销售。
 - 3) 投资银行。投资银行作为活跃的交易者，可以将销售贷款作为他们完成做市功能的一部分来进行。
 - 4) 美国政府及其机构。美国政府及其机构通过 1996 年颁布的联邦债务改良法案也参与到贷款的销售活动中。在法案中允许联邦机构销售拖欠和已违约贷款。联邦存款保险公司(FDIC)在其接管失败银行时出售贷款。住房和城市发展部是多户家庭公寓抵押贷款的主要销售者。

到此为止，我们认为贷款销售(loan sale)是银行通过将资产表外化这一过程提供管理银行信用风险的工具。然而，贷款销售还有经济上和监管上的动机。

- ① 满足准备金需求。销售无追索权的贷款可以减少在中央银行中要求存贮的无利息存款量。
- ② 作为本期利润来报告贷款费。通过迅速发起和销售贷款，一个银行可以巩固其本期收入，而基于贷款的利息收入则一定是跨期的。
- ③ 减少资产，满足资本充足要求。同准备金要求类似，过多的资本充足要求往往导致银行不必要的负担。贷款销售可以减轻这个负担。
- ④ 减少流动性风险。持有贷款会降低银行整体的流动性，贷款销售可以用来避免流动性困境。



第 25 章

信用风险管理和战略资本配置

战略资本配置是指给银行的业务单位安排收益目标,以确定要给个体业务单位分配的最佳经济资本。银行业务单位的性质千差万别,所以收益目标应该随业务单位的不同而不同。但是各种方法必须考虑如下两点:银行业务单位的内在风险、银行的资产负债表风险。

在实际的运用中,还需要更多额外的信息,如业务单位的成长率和市场财务数据等。管理者们在战略资本配置时,更喜欢使用自上而下的方法。

25.1 战略资本配置的方法

25.1.1 自上而下法和自下而上法

在进行资本配置时,自上而下法评估每个业务单位的风险和收益,并相应地将银行总资本进行分配。其具体步骤如下:

- 1) 每个周期开始,为每个业务单位设定一个资本限额;
- 2) 在周期中控制每个业务单位的经济资本耗费;
- 3) 评估结果并确定下一周期的最佳资本配置。

而自下而上的方法首先考察投资组合的构成,然后决定相应投资组合的损失分布。所得到的投资组合分布决定临界利率,然后以此临界利率来决定投资项目的取舍。自下而上

方法的具体步骤如下：

- 1) 评估每个投资组合的损失分布；
- 2) 设定极限；
- 3) 基于临界利率选择投资项目。

自下而上的方法在某一给定点及时地检验项目池，但并不考虑个体业务单位的变化。这种方法主要关注生产风险，如信用、市场和运营风险等，但是仅仅考虑这些风险并不能保证成功，因为这种方法并没有考虑外部因素如产品的销售等。例如，开发一种像网络财务服务这样的低生产风险产品仅仅是第一步，然后企业家要考虑很多问题，包括如何使潜在客户改变他们的消费习惯并且开始接收新的产品。业务风险主要关注这种外部限制条件，这决定了业务单位的收益和成功与否。

25.1.2 各种方法的比较

自上而下的方法是配置经济资本方法中最为推崇的一种，因为这种方法考虑了业务单位的变化性和价值信息，这种价值信息也即在现有基础上业务单位所具有的风险。这种动态方法会用到市场数据、公允价值定价、历史走势和业绩与宏观经济因素之间的关系。配置经济资本有六种方法，根据各种方法采用数据的不同可以将其进行区分。表 25-1 是根据各种方法是否采用内(外)部数据还是仅仅基于标准进行的分类。

表 25-1 配置经济资本各方法的比较

	数据来源	方 法	途 径
独立法	外部	价值基础	自上而下
缩放法	内部	RAROC	自下而上
内部 beta 法	内部和外部	业务单位、收益回报	自上而下
边际资本法	内部	业务单位、价值基础	自上而下
套利定价法	外部	业务单位、价值基础	自上而下
公允价值法	内部和外部	业务单位、收益回报	自上而下

下面将对各种方法进行更为详细的讨论。

1) 独立法或称独立市场基础配置规则

假设每个业务单位是自主经营、自负盈亏的企业。其经济资本为：

$$\text{业务单位 } j \text{ 的经济资本} = (\text{平均 } P/E)_j \times \text{销售收入} \times \text{调整系数} \quad (25-1)$$

其中，调整系数是个常数，由它引入比例尺度。银行的经济资本是所有业务单位的经济资本简单加总。这种方法的缺点在于，它忽略了所有业务单位的多样性，没有考虑不同业务单位的信用价值区别，并且是建立在估计的市场市盈率基础上的。

2) 基于 RAROC 的比例缩放法

这种方法常对应于自下而上的过程,其经济资本是根据对应业务单位的同质投资组合计算得来的。这种计算是基于风险价值方法或者其他一些自下而上的方法。为了说明多样化的影响,每个业务单位的经济资本被乘以一个适当稳定的乘数。与独立法相同,所需经济资本是所有业务单位调整经济资本的和。这种方法的缺陷在于,它假设所有业务单位的乘数都是稳定的,不同时刻业务间的风险水平相关性是稳定的。

3) 内部 beta 方法

这种方法是基于多样性原则来分配资本。它给每个业务单位计算一个 beta 值。beta 值等于业务单位的价值与银行价值的协方差除以银行价值的方差。beta 值越高,该业务单位的风险和经济资本越高。

这种方法的不足之处在于它仅能适用于已有业务,并且当价值分布是倾斜的时候,如典型的借款时的价值分布形状,这种方法将不适用。

4) 边际资本法或称增量资本配置原则

这种方法先测算银行的经济资本,然后估计当去除其中一个业务单位时的经济资本大小。

$$IC_i(t) = EC(t) - EC_{-i}(t)。 \quad (25-2)$$

其中: $IC_i(t)$ 是业务单位 i 的增量经济资本; $EC(t)$ 是所有业务单位都存在时的银行经济资本; $EC_{-i}(t)$ 是去除业务单位 i 时的银行经济资本。

总边际经济资本成本可以定义为:

$$IC(t) = \sum_{i=1}^n IC_i(t)。$$

5) 套利定价方法

这种方法采用了银行面板收益的因素分析法。它假设所有银行是由一系列标准的业务单位组合而成,则银行收益为:

$$R^j(t) = \sum_{i=1}^n a_i^j(t) R_i(t) + u_i^j。 \quad (25-3)$$

其中: $\sum_{i=1}^n a_i^j(t) = 1$ 。

当银行间的相关性已知,给银行内部各业务单位进行经济资本分配时, $a_i^j(t)$ 可以被用来当作分配权重。所以:

$$EC_i^j(t) = a_i^j(t) EC^j(t)。 \quad (25-4)$$

这种方法考虑了银行的多样性,但由于所需数据太多而限制了其使用。

6) 公允价值法或称公允价值配置原则

这种方法利用折现现金流量或者其他方法来评估每个业务单位的净资产价值 $NAV_i(t)$ 。因此这种方法需要两个值:① 在既定水平 $NAV_i(t)$ 的波动性;② 适当的置信水平。考虑两个输入量,每个单位的经济资本本质上就是 $NAV_i(t)$ 的风险价值。银行的经济资本就是这些 VaR 的和。但是此方法并没有考虑各个 VaR 之间的相关性和业务单位的经济资本配置。但是仍然有很多种方法通过用宏观变量来模拟 $NAV_i(t)$, 试图计算相关性。

25.2 波动性和信息对战略资本配置的影响

下面是几条关于波动性影响的结论：

1) 研究人员建议银行在公平市场的前提下, 首先应该去除资产负债表中的流动性风险, 并且将精力集中于保持传统的非现金资产管理活动。一旦可交易风险被规避掉, 它们的潜在资产将不会产生成本费用。

2) 在不改变成本的情况下, 减少银行投资组合的规模将产生正面影响, 因为它等价于在保持投资组合不变的前提下增加资本的量。

3) 不要把银行所有的经济资本全部分配给业务单位, 保留一些专门用于进一步降低银行的风险。

在银行信息不对称和管理分散的假设下, 银行会分配更多的经济资本。一般步骤是, 先计算完全信息时业务单位的所需经济资本, 然后乘以一个比例系数放大, 这个系数与业务单位现金流量的标准差成比例。有一种标准的方法是, 与波动性同比例增加经济资本。由于存在信息不对称, 比例乘数应该增大, 所以现金流量波动性的固定增长使得经济资本以更大的比例上升。

25.3 RAROC 和 EVA 相联系建立动态经济资本配置模型的优缺点

建立动态资本配置模型是为了将来更好地应用于银行。经济附加值(EVA)是动态资本优化的一种传统方法, 它强调股东价值。所有动态资本配置模型的一个重要指标是银行每个业务单位的适当必要报酬率。

EVA 等于投资资本的名义收益减去风险调整后的收入。将资本的风险调整收入和 EVA 联系起来的一个显著优点是: 它们间的关系使得在下面公式里可以简单直观地引入 EVA 的概念。

$$EVA = \text{调整后收益} - \text{权益资本的机会成本} \times \text{权益资本}。 \quad (25-5)$$

如果我们假定 RAROC 为调整后收益除以经济资本, 并使权益资本等于经济资本, 则结果变为:

$$EVA = (\text{RAROC} - \text{权益资本的机会成本}) \times \text{权益资本}。 \quad (25-6)$$

同样也可以写为:

$$EVA = (\text{RAROC} - \text{权益资本的机会成本}) \times \text{经济资本}。 \quad (25-7)$$

管理者可以通过改变等式右边的变量来最大化 EVA。

此方法的缺点在于 EVA 和 RAROC 的联系并非是直接的。首先, EVA 是一个自上而

下的过程,但RAROC是一个自下而上的过程;其次,EVA更多地使用市场信息,而RAROC主要依赖于会计信息。如果银行用固定必要报酬率来评估RAROC,那么就会产生周期性行为之类的问题。



第三篇

操作风险的测量与管理篇

- ◆ 第 26 章 操作风险
- ◆ 第 27 章 其他风险
- ◆ 第 28 章 经济资本管理
- ◆ 第 29 章 公司范围风险管理





第 26 章 操作风险

近年来发生的许多银行案都显示,对操作风险的忽视会导致股东价值的下降,而适当的关注则能为公司各方面带来质的(而非量的)提高,包括公司信誉的提高、经营损失的减少,并且还可以使公司在市场竞争中处于有利的地位。本章首先介绍了 BIS 对操作风险的定义,之后分别对操作风险的计量和管理进行了分析。

26.1 操作风险的定义

26.1.1 国际清算银行对操作风险的定义

巴塞尔银行业务条例和监管委员会是国际清算银行(Bank for International Settlements, BIS)下属的委员会。该委员会认为,操作风险的主要类型包括公司治理和内部控制的失灵,其他操作风险包括信息技术运作的失败和自然灾害风险等。根据巴塞尔委员会 2001 年发布的监管条例,操作风险的定义为:“由于不完善或失灵的内部程序、人员和系统或外部事件导致损失的风险”。

可以看出,BIS 的定义关注的是损失的来源以及经营损失的影响。根据其定义,引起操作风险的原因主要包括以下几个方面:人员、内部程序、系统和外部因素等。任何与这些领域有关的问题都可能导致直接或间接的损失,这些损失有的可以预期,有的则无法预期。

在包含的风险类型方面,BIS 对操作风险的定义很明确地包含了法律风险,但并没有包

括战略风险(strategic risk)和声誉风险(reputational risk)。巴塞尔委员会之所以这样规定,一个可能的原因就是声誉风险、战略风险是难以量化的。这也是许多人对 BIS 定义进行批评的一个重要原因,他们认为 BIS 定义只强调直接或间接的实际损失,存在着重大的遗漏,应该将战略风险和声誉风险,尤其是声誉风险,包括在操作风险的范围之内。例如,声誉的好坏对财务公司而言是至关重要的,管理上对声誉风险的忽视会为公司带来重大的影响。

BIS 对操作风险的定义区分了经营风险的直接影响和间接影响。经营损失对于任何业务都会产生影响,而操作风险对于规模和交易额大的业务的影响最大。直接损失是指当前收入的损失,而间接损失是相对于潜在收入而言的,例如,由于经营障碍无法拓展业务,或者与消费者的摩擦导致的信誉问题(在新的定义中,已经不区分直接或间接损失了)。

26.2 操作风险的计量

操作风险来源的复杂性、重大损失的小概率特征,都使得操作风险的计量不同于其他风险,较之其他风险的计量也更加困难。在近些年金融业出现的与操作风险相关的案件中,操作风险都带来了灾害性的后果,这使得人们不得不关注操作风险的计量和管理。至目前为止,已经出现了多种计量操作风险的方法。

26.2.1 两类与操作风险有关的损失事件

结合发生的频率和严重程度,与操作风险有关的损失事件可以分为两类:高可能性-低严重性(high-frequency, low-severity, HFLS)的损失事件(高频低损事件)和低可能性-高严重性(low-frequency, high-severity, LFHS)的损失事件(低频高损事件)。HFLS 事件是指那些发生频率较高但损失程度较小的一般损失事件,而 LFHS 事件则是指那些很少发生但一旦发生就会给公司带来灾害性后果的事件。操作风险管理者最为关注的是 LFHS 事件带来的风险,因为在这些事件发生的低概率特征,一般很难获得有关这些事件的足量的信息,但一旦发生了这样的事件,公司所有的方面(甚至能否存续下去)都会受到重大的影响。

为了能够较为可靠地计量公司的操作风险,有必要对这两种事件进行区分,并给予不同的处理。在本节以下部分介绍计量和诊断操作风险的不同模型时,我们应该了解这些模型如何处理 HFLS 事件和 LFHS 事件。

26.2.2 操作风险计量的自上而下法和自下而上法

根据 BIS 对操作风险的定义,我们已经知道了操作风险的范围。这样,我们就可以识别出各种操作风险。接下来的工作就是对操作风险进行衡量,但是这项工作并不像信用风险和市场风险那样易于测算,需要对其进行估计。操作风险的计量方法可以粗略地分为自上而下法和自下而上法两大类。

26.2.2.1 自上而下法

自上而下法(top-down approach)试图在最广泛的层面上,即用企业层次或行业层次的数据来衡量操作风险。通过估计经济变量(如股票价格回报、收入和成本)的变异程度中外部宏观因素没有解释的部分,自上而下法就可以对不完善内部程序所造成的总体影响做出评估。通常情况下,自上而下法基于收入波动性、资本资产定价模型(CAPM)和参数计量方法来计量风险。评估的结果将用于决定缓释风险所需预留的资本量,并将资本在各业务单位之间分配。

自上而下法的一个主要特点就是操作风险管理是集中进行的,一般由一个风险管理小组来负责,这样有利于对风险和发生的事件进行集中分析。另外,自上而上法在评估操作风险时并没有区分 HFSL 事件和 LFHS 事件并分别进行不同的处理。因为自上而下法仅仅依靠历史数据对操作风险进行评估,所以该方法是后视的(backward-looking)。

该方法假定公司会暴露在直接损失和间接损失之下。为了便于分析,可以对风险进行分类,相应的“损失事件”可以根据不同的风险种类进行分组。损失事件包括:

- 1) 产品/定单延迟传递;
- 2) 协调方面的失误;
- 3) 沟通失败;
- 4) 未经授权的交易;
- 5) 不正当的定价;
- 6) 记录错误。

自上而下法还可以根据评估方法的不同,分为定性的自上而下法和定量的自上而下法。

1) 定性的自上而下法(qualitative top-down approaches)

定性的自上而下法侧重于使用多种风险指标来评估公司的风险,这些指标包括业绩指标(key performance indicators, KPIs)和控制指标(key control indicators, KCIs)。KPIs 衡量经营方面的不足,如客户抱怨、交易失败以及人员流动等。KCIs 衡量内部控制的效力,如未授权的交易,坏账数目等。结合 KPIs 和 KCIs 就构成了风险指标体系(key risk indicators, KRIs)。

2) 定量的自上而下法

定量的自上而下法运用量化方法对风险进行计量,包括:

- ① 结合每天的交易对收入的波动性进行计量,但要排除市场风险因素的影响。
- ② 评估商业风险(business risk)。商业风险是由于收入变动和固定(变动)费用所占比例的变动引起的经营收入的波动性。
- ③ 评估事件风险(event risk)。事件风险是指由于经营过程引起的直接财务损失。例如,为一个灾难事件建立偶发事件方案(contingency plan)的费用以及事后恢复费用。

26.2.2.2 自下而上法

自下而上法(bottom-up approach)是从单个业务单位或者从业务流程的层面入手,之后将测量结果汇总,用以判断机构面临的风险概况。该方法在分析操作风险时会评估各个

业务单位的操作风险,这样就可以区分 HFLS 事件和 LFHS 事件并进行不同的处理。通过将各种相互关系建模,自下而上法可以说明新操作风险控制措施的潜在效果。因此,自下而上法可以诊断出特定经营过程中的薄弱环节,并提出改进建议。因此,自下而上法是前视的(forward-looking)。自下而上法较自上而下法更为复杂,所需数据也更为深入(intensive)和复杂。

自下而上法侧重于识别公司损失的原因(来源)。为了实施自下而上法的分析,公司必须对业务流程(process)进行分类,区分出核心业务流程。核心业务流程用以完成公司的战略目标和使命。公司核心业务流程可以再分解为子业务流程。这样,就可以识别各业务流程(sub-processes)对应的风险暴露。之后,对相应的次级事件(sub-events)进行分析,以识别这些事件对公司实现战略目标的能力的影响以及这些事件引起的损失。

根据评估方法的不同,自下而上法也可以分为定性的自下而上法和定量的自下而上法两类。

1) 定性的自下而上法(qualitative bottom-up approach)

定性的自下而上法使用与定性的自上而下法相同的指标对操作风险进行计量。二者的不同点在于,自下而上法注重损失发生的原因,而不仅仅是损失指标。评估中,公司必须把重点放在 KPIs(业绩指标)上。

2) 定量的自下而上法(quantitative bottom-up approach)

定量的自下而上法主要有两种:

① 模拟理论。量化模拟模型可以模拟现实世界的情况。这样,就可以得到经营过程的模型,以便预测损失发生的可能性。

② 内部因果模型。这一类型的建模涉及到建立不同损失事件的联合概率分布,由此就可以得出预期损失和非预期损失发生的概率。

26.2.2.3 自上而下法与自下而上法的比较

通过以上的分析,我们已经知道自上而下法比较简单,容易实施,对数据的要求也不高。而自下而上法相比之下就较为复杂,对数据的要求也较高,实施起来也不如自上而下法容易,但是该方法也具有自上而下法没有的优点。二者的区别概括如表 26-1 所示。

表 26-1 自上而下法与自下而上法的区别

项 目	自上而下法	自下而上法
复杂程度	简 单	复 杂
数据要求	不 深	深 入
是否区分 HFLS 和 LFHS	不区分	区 分
诊断能力	没 有	有
提出解决方法	不 能	可 以
视 角	后 视	前 视

26.2.3 操作风险的计量模型

近年来,以自上而下法和自下而上法为理论基础出现了多种操作风险计量模型。以自上而下法为理论基础的模型有:多因素模型、收入基础模型、费用基础模型、经营杠杆模型、情景分析和风险剖面模型;以自下而上法为理论基础的模型有:过程法、精算法和专有模型。下面我们将对这些模型进行简单的介绍。

26.2.3.1 多因素模型(multifactor models)

在标准的因素模型下,股票回报可以表示为:

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_{1i}I_{1t} + \beta_{2i}I_{2t} + \beta_{3i}I_{3t} + \cdots + \epsilon_{it} \quad (26-1)$$

其中: R_{it} 表示股票*i*在时期*t*的回报, I_{jt} 表示时期*t*的风险因素*j*, β_{ji} 表示股票*i*的回报对因素*j*的敏感程度, ϵ_{it} 是通过最小二乘法(OLS)或其他回归技术得到的残差。

在多因素模型下,操作风险以残差的方差来计量,或者 $\sigma_\epsilon^2 = (1 - R^2)\sigma_i^2$ 。这里, σ_i^2 表示公司*i*证券回报的方差。因为 R^2 计量了证券回报方差中可以被因素 I_j 解释的那一部分,所以 $(1 - R^2)$ 就计量了方差中没有被解释的那一部分,即操作风险。LFHS事件的发生会扭曲回归的结果。

26.2.3.2 收入基础模型(income-based models)

收入基础模型,又叫收益风险模型(earnings risk models),也是使用回归模型来解释收入的变异程度,如:

$$NIC_{it} = \alpha_i + \beta_{1i}I_{1t} + \beta_{2i}I_{2t} + \beta_{3i}I_{3t} + \cdots + \epsilon_{it} \quad (26-2)$$

其中: NIC_{it} 表示公司*i*在时期*t*报告的收入。

该模型也是以残差的方差来计量的操作风险对收入的影响。将该模型拓展就可以用来解释历史收入,但不不管是哪一个模型,都忽视了资本的机会成本和声誉风险。声誉风险不仅对当期的收入有影响,对未来的收入也会有重大的影响。通过使用不同业务单位的收益,可以使该模型具有一定的诊断能力,但非常有限。LFHS事件的出现同样会扭曲该模型的回归结果。

26.2.3.3 费用基础模型(expense-based models)

不同于收入基础模型将收入与风险因素建立相关关系,费用基础模型以标准化的历史费用数据作为回归的自变量。该模型很简单,容易应用,但是它忽视了影响收入的风险因素、声誉资本和资本的机会成本。

另外,该模型也没有合理考虑为降低操作风险而发生的附加费用。如果公司因实施降低操作风险的战略而导致费用增加,费用基础模型只是简单地认为操作风险增长了,这是不正确的。

26.2.3.4 经营杠杆模型(operating leverage models)

经营杠杆指的是可变成本的变动程度与总资产变动程度之间的比例。经营杠杆风险是指二者之间关系发生改变的风险,即变动经营费用的增长幅度会超过根据资产增长率和历史上的相互关系计算出来的变动成本的增长幅度。同样,经营杠杆模型也没有考虑声誉风险和资本的机会成本。

26.2.3.5 情景分析(scenario analysis)

情景分析的本质就是假定灾难事件(如监管要求改变、关键员工流失、重大计算机系统故障、政治变革以及立法行动)的性质和程度,然后评估这些事件对公司价值的影响。该模型主要关注那些以前没有发生过的 LFHS 事件,并且较之使用历史数据的模型有着更大的优势,因为历史数据中没有包括这些事件的信息。因为要设定每一重大事项发生的可能性非常困难,所以该方法在实际中并不经常使用。该方法主观性很强。

26.2.3.6 风险剖面模型(risk profiling models)

风险剖面模型在经营绩效指标(operational performance indicator,如失败交易的数量、交易错误的数量、意外事件的数量(the number of incidence reports)以及系统故障时间等)与经营控制指标(operational control indicators,如培训支出、员工闲置率、高管-员工比率以及员工平均工作年限)二者间建立了联系。通过分析绩效指标可以发现经营中的薄弱环节,再通过绩效指标与控制指标之间的关系就可以找出相应的解决方法。但是,如果操作风险与各指标并没有直接的关系,风险指标可能就无法合理地计量操作风险。

26.2.3.7 过程法(process approaches)

过程法主要有三种模型:因果网络、关联模型和可靠性模型。

1) 因果网络(causal networks)

因果网络(又叫计分卡)将总体业务(如交易的执行和结算,在图 26-1 中列示)分解为多个连续的步骤,构成业务地图。分析者收集有关每一步骤的经营业绩数据,据此识别出那些高风险的步骤,而这些步骤就是管理者需要关注的地方。例如,在图 26-1 中,以消费者为起点的交易(customer-initiated trades)的高风险步骤是场内执行(floor execution),并据此而成为风险控制的关键点。对高风险步骤的识别依赖于经营业绩的计量指标,在本例中为错误率。当然,对于某一步骤还可以将其分解为其他的业务地图,如交易结算。

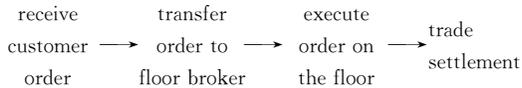


图 26-1 客户引发交易的步骤图

各阶段错误率依次为:2.5%,1.5%,3.4%,2.3%。

因果网络的另一种形式是事件树(event trees),即识别组织对外部事件的反应。按照时间的先后顺序会出现一系列不同的反应,并且每一步骤的反应都依赖于在此之前组织做

出的反应。对于成功的业务和失败的业务,都会有不同的反应路径,管理者应该关注关键风险因素和业务可能出现的问题。

2) 关联模型(connectivity modes)

如同鱼骨图分析法(fishbone analysis)一样,关联模型要识别总体业务中每一步骤错误的可能原因。例如,图 26-1 中的第二步,即将指令传递给交易所经纪人的过程中出现错误的可能原因是视线误判、电子通讯工具的不可靠或者人员配备不足。通过将不同的错误和失败的业务构造成事件树,并为每一潜在错误分配发生的可能性,分析师就能够进行错误树分析(fault tree analysis)。该方法最大的优点就是它考虑了复杂业务各步骤之间的相互关系。

3) 可靠性模型(reliability models)

可靠性模型要对一定时期内风险事件发生的可能性进行估计。因为 LFHS 事件和 HFLS 事件发生的频率不同,所以要分别估计二者发生的可能性。尽管如此,该方法依然没有关注事件的严重程度。

26.2.3.8 精算法(actuarial approaches)

精算法主要有三种模型:经验损失分布、参数损失分布和极值理论。

1) 经验损失分布(empirical loss distributions)

经验损失分布是一种保险方法模型,不同于之前提到的那些模型,它既考虑事件发生的可能性,也考虑事件的严重程度。该模型基于历史上的经验数据构造出一个简单的、关于操作风险成本发生可能性的分布,例如图 26-2 中列示的每日交易错误的总成本。交易错误总成本的大小依赖于错误发生的频率及其严重程度。

由于该模型使用损失分布的历史数据,所以可能会过于强调公司过去的经验,这一方面可能会高估那些过去发生过的、已被公司记录的 LFHS 事件的影响,另一方面也可能会低估那些未被公司记录的 LFHS 事件的影响。

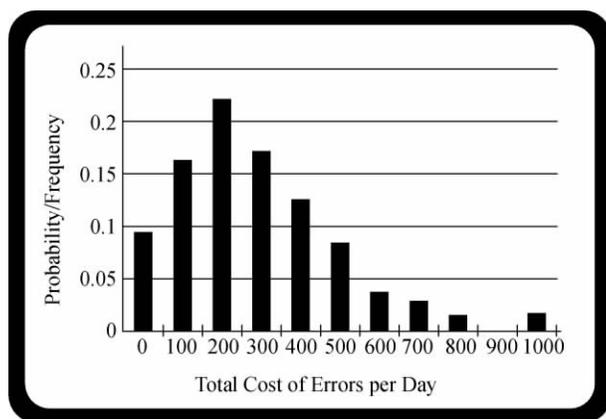


图 26-2 Empirical Loss Distribution

2) 参数损失分布(parametric loss distributions)

因为风险由发生频率和严重程度构成,所以分析师可以分别确定损失事件发生频率的分布和损失事件严重程度的分布。通常情况下都假定操作风险事件发生的频率服从泊松分

布。图 26-3 列示了交易错误日发生次数的频率分布,它服从泊松分布,均值为每天 1.2 个错误。

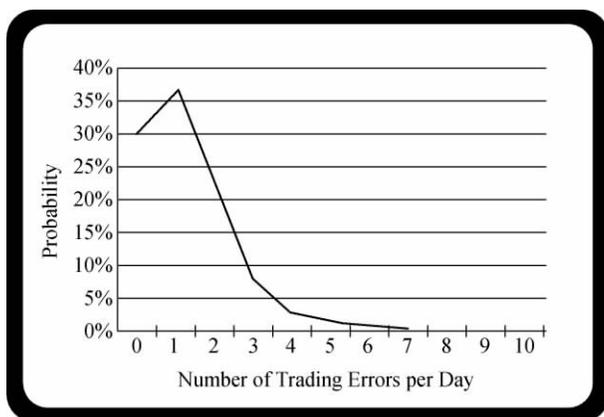


图 26-3 Event Frequency Distribution

事件的严重程度可能也服从参数分布,例如对数正态分布。图 26-4 给出了一个关于每一交易错误成本的例子,它服从对数正态分布。通过一个称作卷积(convolution)的过程之后,就可以将损失事件发生频率的分布与严重程度的分布组合成单一的操作损失分布,该分布与图 26-2 类似。分别识别损失事件发生频率和严重程度的分布能够使分析师对风险到底是起源于发生频率还是严重程度有一个更好的认识。

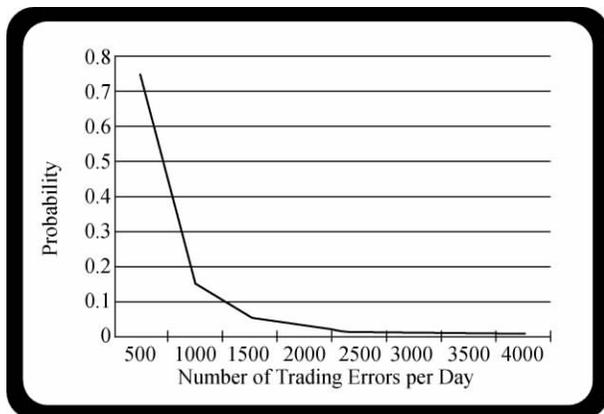


图 26-4 Event Severity Distribution

操作风险计量的自下而上法要求在公司多种业务中重复这种分析,之后分析师需要考虑这些不同业务之间的相互关系。

这种综合分析(aggregate analysis)需要大量的数据。这也是自下而上法所有模型的一个特点。

3) 极值理论(extreme value theory, EVT)

通常情况下,极端损失并不服从标准分布(如对数分布),因为 LFHS 事件会扭曲经验分布。换句话说,经验分布的右侧通常大于参数分布的右侧,即存在的所谓的“肥尾”,如图 26-5 的黑线所示。

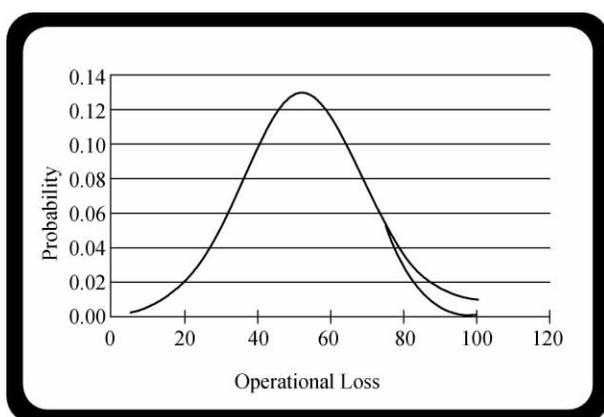


图 26-5 Example of a Fat-Tail Distribution of Unexpected Losses

在这种情况下,要使用不同的分布来描述右侧尾部的 LFHS 损失事件。这种用不同的分布来描述分布尾部信息的做法就是极值理论(extreme value theory, EVT),并且通常认为尾部信息服从广义 Pareto 分布(generalized-pareto distribution, GPD)。

极值理论使用肥尾分布(如 GPD)估计超出第 99%分位数的 LFHS 事件带来的预期损失。即使是使用肥尾分布,超出 99%分位数的预期损失值通常仍会比第 99%分位数本身大出很多。

使用这种方法估计出的操作损失通常会大大超过标准 VaR 法所估计的损失。标准 VaR 法关注的是分位数,而不是超过该分位数的预期损失值。

26.2.3.9 专有模型(proprietary models)

一些提供商(vendors,如 OpVantage)会提供关于操作风险事件的数据库。这些数据库一般都拥有十年以上的数据,金融机构可以在这些数据的辅助下对操作风险进行计量。通过使用 Monte Carlo 模拟增补数据的不足,该数据库可以补充经验分布数据使其服从参数分布,进而帮助建立因果网络模型和风险轮廓模型。

26.3 操作风险管理

近年来,操作风险管理在金融机构的地位日显重要,金融机构对操作风险的管理也越来越老练。现在,操作风险管理一方面要满足巴塞尔协议的要求,另一方面就是要实现股东价值的最大化、降低收益的波动性及优化资本的使用。

26.3.1 操作风险管理发展的五个阶段

操作风险管理发展经历了五个阶段,分别为:传统法、知晓、监督与控制、量化、整合。

传统法(traditional approach)。这一阶段并没有正式的操作风险框架。传统法是一种基本的方法,包括内部控制和审计。

知晓(awareness)。在这一阶段,高层管理者在基于经营战略制定操作风险政策时必须使用积极的方法。

监督与控制(oversight and monitoring)。设定操作风险管理的目标,建立业务指标。这一阶段要求实施控制系统,并且要追踪经营损失的原因。

量化(quantification)。在量化阶段,将分析学引入了公司风险管理系统之中。分析学在这里用以评估操作风险的财务影响。在实务中已开始使用预期收入和资本模型,还出现了负责评价分析结果的委员会。

整合(integration)。在整合阶段,操作风险管理必须与战略制定过程和质量改进(quality initiative)建立联系,以便可以更好地理解操作风险对股东价值总体的影响。

26.3.2 操作风险管理框架

操作风险管理框架通常包括一系列综合的程序、工具以及减释策略(mitigation strategies)。其中一些组成部分在框架中起关键的作用,它们反映了公司的文化,包括决策制定模式、核心业务的特点,等等。操作风险管理框架的基本因素包括:

- 1) 风险管理策略(目标)。风险管理策略是基于公司整体(包括业务单元和产品)的角度制定的。风险应该是可以量化的,并应制定风险的可承受程度。
- 2) 风险管理政策。公司需要制定其自身对风险管理的定义,识别操作风险管理的方法和重要性。公司还要建立风险管理程序和控制方法。
- 3) 风险管理过程(自我风险评估、风险计量和报告的过程)。风险政策是否得到遵循的计量标准要包括财务和非财务指标。管理层应该获取信息以保证有足够的资源来进行风险管理。
- 4) 风险缓释(risk reduction)。在降低风险暴露程度、频率和严重程度方面做出了哪些努力。
- 5) 运营管理过程。将操作风险管理具体到公司每一项日常运营过程之中,例如后台的功能、技术和管理层报告。
- 6) 文化。要在公司形式(formality)与公司价值之间取得平衡,这是首要的工作。

此外,金融机构建立的风险管理框架应该解决以下问题:

- 1) 管理层的支持。如果一家公司想实施新的操作风险管理方法,就一定需要管理层的支持。
- 2) 操作风险的显著增加。投资机构、客户和监管组织现在都越来越关注公司对操作风险管理的管理。
- 3) 对重大问题和损失事件的反映。管理层应该建立一套操作风险管理程序以应对内部损失及其他问题。
- 4) 基于公司范围进行风险管理。结合市场风险和信用风险的管理程序制定操作风险的管理程序。
- 5) 监管组织的检查。对公司来说,最好是在监管组织要求之前主动实施操作风险的管理过程和程序。

26.3.3 操作风险减释方法

操作风险是由于不完善或失灵的内部程序、人员和系统或外部事件而使公司遭受损失的风险。并且,近些年发生的银行案件显示,操作风险会使银行遭受巨大的甚至灾难性的损失,如巴林银行破产案很大程度上就要归咎于操作风险。虽然这些灾难性损失发生的几率很低,但一旦发生就会有极强的破坏性。又由于所需要的资本量过于庞大,所以不太可能通过资本分配来冲抵这种损失。因此,就出现了一些可以用以对冲(hedge)灾难性操作损失的方法,主要有以下三种。

- 1) 保险(insurance)。
- 2) 自保险(self-insurance):
 - ① 现金储备(cash reserves);
 - ② 流动资产储备(reserves of liquid assets);
 - ③ 外部信贷额(contingent credit line);
 - ④ 专属保险公司(off-shore insurance subsidiary);
 - ⑤ 风险预防和控制(risk prevention and control)。
- 3) 衍生工具:
 - ① 巨灾期权;
 - ② 保险损失衍生工具(underwriting derivatives);
 - ③ 天气衍生工具(weather derivatives);
 - ④ 巨灾债券。

下面我们对这些方面进行具体的介绍。

26.3.3.1 保险

公司可能会希望将操作风险转嫁给保险公司,特别是那些没有资本应对 LFHS 事件影响的公司。保险公司针对不同类型的操作风险提供不同的保险政策。例如,忠诚险(fidelity insurance)保护公司免受员工欺诈行动带来的损失,而董事高管险(directors' and officers' insurance)会向公司支付有关董事高管受托责任的履行带来的法律诉讼的费用。通过持有不同政策的保险组合,或者将风险的一部分在再保险市场上出售,保险公司就可以将风险分散。

但是在投保之后,代理人就可能从事有风险的行动,至少其防范风险的动机就会减弱,因为他知道保险政策会使其免受这些行为带来的损失,这就是所谓的道德风险。这种现象使得保险费用增大,也使得保险公司制定防范道德风险的政策,即规定扣除限额,或由投保人分摊其遭受损失的一部分。带有这些特征的保险政策不负责低于扣除限额的损失以及超过了共同保险限额的损失部分。

然而,公司所面临的操作风险的范围要超出保险公司保险政策所涵盖的范围。因为保险费用一般都非常贵,所以保险只用于那些公司最容易遭受的目标风险。

26.3.3.2 自保险

一项可能的、成本更低的措施就是在公司内部进行风险管理,这就是所谓的自保险。这种风险控制方法需要公司增加现金储备,并因此而增加权益资本来对冲操作风险带来的损失。出于同样的目的,一个变通的做法就是公司储备一些流动资产的组合,如有价证券。另一个选择就是公司建立一个贷款线,使公司在大额损失发生时可以贷到款。

有些公司在国外建立全资子公司或专属自保公司(captive insurers)。这种安排可以带来税收优惠,因为国外专属自保公司计税时可以扣除保险期内(通常为几年)预期损失的现值。相比之下,公司自身计税时则只能扣除当年实际发生的损失。这一税收优惠使得公司在自保险过程中获利。

风险防范与控制也是自保险的一种形式。

26.3.3.3 使用衍生工具减释操作风险的影响

衍生证券(如互换、期货和期权)可以提供保险的作用,即在损失事件发生后,它们可以像保险政策一样为公司提供补偿。不同于金融产品的衍生工具市场,操作风险衍生工具市场目前还没有大的发展,流动性也较差。但不管怎样,现在确实已经出现了对冲操作风险的证券。目前可用以对冲操作风险的衍生工具主要有巨灾期权和巨灾债券。

1) 巨灾期权(catastrophe options)

当相应的证券或指数低于或高于某一特定水平时,期权就会为其持有人带来盈利。理论上,期权适用于任何结果可查的情况。芝加哥交易所(the Chicago Board of Trade, CBOT)可以进行巨灾期权的交易,其巨灾期权基于一个大规模保险政策组合的保险损失指数来确定损益。不同于传统的买入期权,CBOT的巨灾期权是真正意义上的价差期权(spread option),即盈利有上限,如图 26-6 所示。

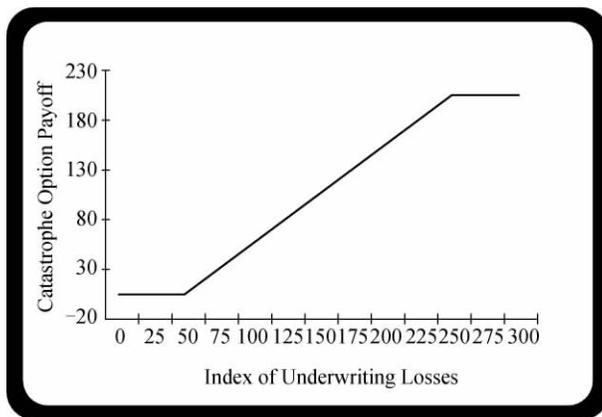


图 26-6 Catastrophe Option

在巨灾期权下,如果公司的经营损失与保险损失指数正相关时,其套利损失如图 26-7 所示。巨灾期权并没有对冲所有的风险。除了那些与保险损失指数不相关的基本损失,对于其他损失巨灾期权提供的保险限定在特定水平之内,超过该水平的损失只能由公司吸收。同样,巨灾期权也不对冲小的损失。

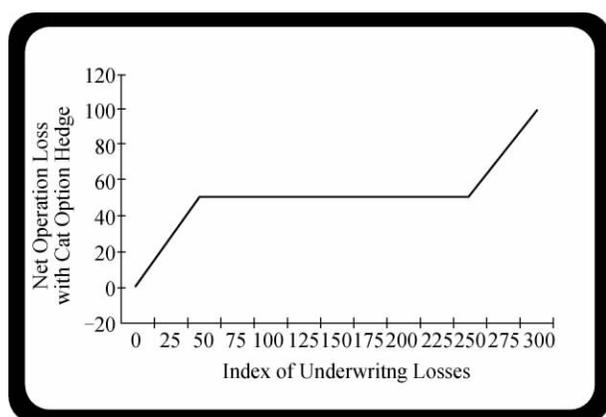


图 26-7 Firm Loss with Catastrophe Option Hedge

我们可以注意到,图 26-7 中的套利损失与带有扣除和共同保险特征的保险政策下的损失具有相似性。在带有扣除和共同保险特征的保险政策下,低于扣除标准的损失和超过共同保险限额的损失部分都不在保险范围内,而是由投保公司承担。

另一类与公司操作风险有关的衍生工具是天气衍生产品。天气衍生产品是一个正在迅速发展的市场,该工具与天气情况指数有关,如平均温度、降雨量和风速等。这些期权的估价模型不同于金融证券期权使用的模型,因为天气指数间存在着自相关关系。

2) 巨灾债券(catastrophe bonds)

债券可以规定基于内部事件、外部事件或某种指数的选择权。巨灾债券可以有三种类型,它们都可以缓释公司的操作风险。

① indemnified notes。该债券有债务减免条款,即当公司发生内部事件(internal events)时可以减免公司的债务。这种债券容易受到道德风险的影响,需要对公司特定的风险暴露进行详细的分析。

② parametric notes。该债券将公司现金流量与外部风险事件(如特定地区飓风的严重程度)建立关联。例如,USAA 保险公司就发行了一种这样的债券,如果墨西哥海湾或美国东海岸发生飓风,公司就不再支付其债券的本金及利息。

③ indexed notes。该债券将公司现金流量与某一指数(如天气指数或者保险损失指数)建立联系。因为 parametric note 和指数债券与外部事件有关,所以这两种债券不会受到道德风险的影响。

对于同一家公司来说,这些所谓的“巨灾债券”(cat bonds)的风险要高于普通债券(straight debt),因此这些债券通常都是非投资级债券(non-investment grade bonds)。但是从另一个角度来讲,灾害性风险与市场风险的低相关使得巨灾债券对于投资者来说又具有潜在的吸引力。

26.3.3.4 减释操作风险的局限性

由于其复杂性,操作风险减释存在着一些特殊的难题。其局限性表现在以下四个方面:

1) 识别潜在风险。识别操作风险是一项困难的工作。

2) 主观性。自下而上法通常需要分析师对不可观测或难以预测的风险做出假定。这样,操作风险的计量就成为一项主观性很高的工作,需要对如何识别和计量操作风险做出判断。

3) 难以预测的相互关系。尽管可以识别各种不同的操作风险,但是这些风险对公司的总体影响却需要分析师对这些风险的相互关系做出假定。很多时候,操作风险事件之间的相互关系与历史上的经验数据是背离的,特别是当某些因素会影响那些表面上不相关的因素时更是如此。

4) 数据的可得性和可靠性。识别和计量操作风险的数据通常都难以取得。尽管卖方市场数据库(商业性质的提供商所提供的数据库)中包含了操作风险事件发生的频率和严重程度,但是这些数据可能并不适用于其他的公司,也不适用于对未来的情况进行推断。

26.3.4 巴塞尔协议 II 对操作风险的规定

在巴塞尔协议 II 中,委员会试图对操作风险进行单独的处理。委员会认为,金融机构的目标之一就是量化操作风险,建立适当的银行资本以应对操作风险。巴塞尔委员还建议了三种评估操作风险的方法,并提出了对操作风险管理的要求。

26.3.4.1 操作风险管理水平与预留资本比例的关系

一般而言,与操作风险对应的预留资本比例标准为银行总资本的 20%。但是,巴塞尔委员提出的渐进法(evolutionary approach)建议,如果一家银行已经在规避操作风险做出了积极的努力,那么预留的资本金额的比例就可以适当降低。

这样,金融机构在管理和控制操作风险方面取得了进步之后,就可以大大降低其监管资本的比例。

26.3.4.2 巴塞尔协议 II 中计算操作风险预留资本要求的方法

与信用风险和市场风险相比,操作风险的量化更加困难。但是,巴塞尔委员会认为,在计算银行资本时考虑操作风险会促进操作风险评估方法的发展,并确保银行持有的资本足以应对这些风险。委员会建议了一系列计算操作风险预留资本要求的方法,分别为基础指标法、标准法和内部衡量法。

1) 基础指标法(basic indicator approach, BIA)。或称单一指标法,是为小银行设计的方法。银行首先要识别单一的风险指标,如总收入;之后,根据这一简单的、并不总是符合现实情况的指标来计算其应该预留的资本。基础指标法下计算出的预留经济资本通常较高。

2) 标准法(the standardized approach)。巴塞尔委员会建议,大型的、国际化的银行应该使用标准法。这种方法更为复杂一些,需要银行将其业务线划分为标准模式的业务线单元。这样监管者就可以知道每一业务或风险类型的暴露指标(exposure indicator, EI)。

3) 内部衡量法(internal measurement approach, IMA)。该方法适用于已经具有复杂的风险管理系统和控制的银行。以内部损失数据和某类特定损失事件发生的可能性为基础,银行必须结合每一业务,提出每一风险类型的 EI。

26.3.4.3 巴塞尔委员会对操作风险管理的要求

巴塞尔委员会认为,银行在操作风险的管理方面要做到以下几点:

- 1) 审计与风险控制功能应该分离,建立风险报告系统。
- 2) 操作风险管理和控制过程应该分离。操作风险控制过程包括设计和实施操作风险计量方法,并对这些方法进行评价。
- 3) 定期进行内部审计。
- 4) 制定特定的标准,将业务线和活动反映在这一框架之下。

另外,巴塞尔委员会推荐银行使用内部衡量法来计算预留资本。并且还建议,操作风险管理中不仅使用量化方法,还要考虑使用一些定性的计量方法,如建立正式的风险报告系统(a formal risk reporting system)以及建立独立的管理和控制过程。

26.3.4.4 对操作风险监控和业界讨论的总结

从 1975 年开始,巴塞尔委员会就开始针对操作风险和监管资本制定实务指南。下面是不同的监管者关于操作风险管理的一些要点。

1) 美国。美国有一个负责风险管理的巴塞尔委员会的附属委员会,由美国联邦储备委员会(the Federal Reserve System,简称 FED)主持。与 FED 和美国财政部倾向监理署(OCC)一样,所有银行的检查也都要关注操作风险和操作风险种类。

2) 英国。在英国,一个新的监管组织——英国金融业管理局已开始着手分析有关操作风险的问题。

3) 德国。由于对监管执行能力的关注,德国在操作风险管理方面没有什么进步。

4) 日本。监管者开始使用盒形计分法来评估操作风险。

5) 澳大利亚。澳大利亚审慎监管局(APRA)关注对操作风险进行管理的问题,在未来将采用海外监管者提供的方法。

6) 瑞士。瑞士国家监管组织与巴塞尔委员会密切配合,其监管的力度正在逐步加强。由于瑞士联合银行(UBS)的长期资本管理问题,瑞士的监管组织非常谨慎。

总之,基本上所有人都认为银行业对操作风险进行管理是必须的,但是对于是否要为操作风险分配资本的问题却意见不一。事实上,没有人对建立超过 8% 的资本要求感兴趣。



第 27 章 其他风险

本章主要介绍市场风险、信用风险和操作风险以外的其他风险,包括流动性风险、模型风险、技术风险和日间透支风险。虽然人们对这些风险不像对市场风险和信用风险那么熟悉,但并不代表这些风险不重要,对这些风险管理的疏忽会带给公司或金融系统带来很严重的后果,如果流动性风险管理不当可能会使公司遭受灾难性的损失,而日间透支风险的爆发则可能会使整个金融系统出现危机。因此,在公司风险管理中应该对这些风险给予足够的重视。

27.1 流动性风险

近年来,金融业发生的重大案件中有许多都与流动性风险管理不当有关,如 LTCM 和德国金属发生的财务危机有很大一部分原因就是流动性风险管理的不力。所有其他的风险最终都有可能转化为流动性风险,而且流动性风险还具有连动效应,一旦爆发将导致金融系统的混乱。所有这些,都使得流动性风险管理变得倍加引人注目。

27.1.1 流动性风险的组成部分

流动性(liquidity)衡量将某些资产出售(即变现)而不遭受大额损失的能力。其最佳标准最终取决于相应资产的内在价值。如,市场深度(depth of the market)和买卖价差

(bid-ask spread)是衡量股票流动性的常用指标,而时间长度(length of time)和当即价格让步(immediate price concession)则可以用来衡量房地产的流动性。在公司层面,流动性反映其不花费财务困境成本(distress cost)进行筹资的能力。

对于不同的人来说,流动性风险(liquidity risk)意味着不同的东西。对于银行家或普通公司的 CFO,流动性风险是指现金余额意外地下降(unexpectedly fall)而威胁到公司支付当前经营费用和债务的能力的风险。而对于资本市场或其参与者来说,流动性风险更大程度上是指对价值迅速下降的头寸的清算和对冲问题。前者称作筹资风险(funding risk),而后者是市场流动性风险(market liquidity risk)。

筹资风险和市场流动性风险并不是相互独立的。事实上,资金风险在很大程度上决定于市场流动性风险。因此,在公司层面的风险管理框架(enterprise-wide risk management, EWRM)下,公司可以将这些风险结合起来,统称为流动性风险。

27.1.2 流动性风险的计量方法

通常情况下,流动性风险的计量可以使用流动性缺口或流动性风险弹性。在实践中,有时也根据某种债券的买卖价差来判断流动性风险的大小,但是以该指标计量市场流动性存在着一些问题。下面我们将对 t 种流动性指标分别进行介绍。流动性缺口和 LRE 主要针对筹资流动性风险,买卖价差或 LVaR 主要针对市场流动性风险。

27.1.2.1 流动性缺口

流动性缺口(liquidity gap)类似于银行业计量净流动资产(net liquid assets)的利率缺口(interest gap)。当净流动资产为负时,公司的活跃负债(volatile liabilities)超过了其资产。这时,公司需要特别注意其现金余额以及现金余额的不正常变动。但是,流动性缺口只是一个简单的计量指标,它是静态的,即流动性缺口没有显示出当公司的边际资金成本(marginal funding cost)增加时缺口会如何变化。

27.1.2.2 流动性风险弹性

流动性风险弹性(liquidity risk elasticity, LRE)克服了流动性缺口的不足,它是一种期间指标。对于一组风险暴露来说,其 LRE 是银行边际资金成本的流动性溢价上升很小的程度时,净流动资产的变动程度。换句话说,流动性风险弹性计量了净流动资产对资金流动性溢价的敏感性程度。表达公式如下:

$$\text{LRE} = \left[\frac{\partial \text{NA}(t)}{\partial \varepsilon} \right] \frac{\varepsilon}{\text{NA}(t)} \quad (27-1)$$

其中: $\text{NA}(t)$ 代表时期 t 的净流动资产; ε 代表基于当前资金成本的流动性溢价。

通常,净流动资产是指流动资产减去以这些资产为基础融入的流动负债的差额。对于银行和金融机构来说, ε 是相对于伦敦同业拆放利率(LIBOR)和联邦资金利率(Fed Funds Rate)计算得出的,而对于非金融机构则是相对于商业本票(commercial paper)计算而来的。如同久期(duration)一样,LRE 也有些局限性。第一,该指标只有在资金成本发生很小的变

动时才有效；第二，该指标假设公司各种到期日的资金成本发生同方向的变动。

27.1.2.3 买卖价差

买卖价差(bid-ask spread)是指在同一时点上,对于同一资产,市场参与者愿意买入的价格和愿意卖出的价格之间的差额。买卖价差是衡量市场流动性的一个简单指标,它可以解释为立即完成交易的成本,即参与者因以报价立即买入或卖出资产而遭受的损失。在交易者市场上,买卖价差是显而易见的,可以被观察到。

但是,以买卖价差作为市场流动性的衡量指标存在着几个问题。

第一,我们必须假定在既定的价差下,买与卖的行为同时发生,或者价差没有任何变化。这当然是不现实的,也是买卖价差作为市场流动性指标最大的局限。

第二,假定价差能够反映交易成本与报价数量之间的关系。换句话说,给定的价差只有在特定的报价数量下才是正确的。大量的出售(购买)报价会使市场出清价格上升(下降)。

第三,在做市商市场中,交易价格往往在买卖价差之间进行,因此通常使用的是另外一种价差计量指标——有效价差(effective spread)。特别地,有效价差是指交易价格与买入价和卖出价的中点之间的差额。

最后,买卖价差会使交易商发生其他成本,包括存货持有成本(inventory carry costs)、管理和指令处理成本(administrative and processing costs)以及非对称信息成本。

27.1.3 影响资产清算成本的因素

流动性风险管理的核心问题是资产清算需要的时间。影响资产清算成本(liquidation cost)的因素主要有:清算时限、资产类别、资产的可替换性和市场微观结构。在掌握了这些因素的影响后,公司就可以通过资产清算成本来衡量其流动性风险。

27.1.3.1 清算时限(liquidation time horizon)

在其他条件相同的情况下,一项资产越是需要尽快出售,其清算成本就越高。公司不仅来不及实施降低清算成本的销售措施,而且还有可能被认为是在进行 fire sale,这有可能会使价格进一步下降。还有,单纯从供求的角度来讲,在同一时间大量地售出资产也会使得资产的价格下跌。因此,应该降低出售的速度,特别是金额特别巨大的头寸,更要如此。

27.1.3.2 资产类别

交易对象(counterparty)对资产的了解程度越高,其相应的清算成本就会越低。同样,如果人们熟悉某项资产的定价方法,其清算成本也会变低,如国库券(Treasury bonds)的清算成本是最低的。另一方面,对于复杂证券(complex securities)而言,如奇异期权(exotic options)和结构化信用产品(structured credit products),由于人们不了解其定价方法,就可能会在购买时产生犹豫。

27.1.3.3 资产的可替换性(fungibility of assets)

能够容易地以相抵持仓(offsetting position, 如期权和期货合同)方式进行清算的头寸

的清算成本较低。但是,互换(swaps)一类金融工具的清算必须要通过双方的直接协调。这意味着,交易对手如果知道卖主的行为是被迫进行的,就可能会停止协商(hold up the negotiation)或寻求更多的价格让步。

27.1.3.4 市场微观结构(market microstructure)

市场微观结构可以显示出一些特定的交易规则对资产价格及其分配的影响。通常情况下,以两个维度来描述市场的状况:交易者结构(dealer structure)和定价惯例(pricing conventions)。在交易商市场(dealer market)下,购买者和出售者会找出对方,并且在价格上达成一致后交易。对于交易者来说,其在任何时候都没有买入或卖出的义务,因此无法保证交易完成的直接性或即时性(immediacy in execution)。在集中市场(centralized market)上,做市者(specialist)会报出买入价和卖出价,并且有义务在一定深度下以任意一方的身份进行交易。因此,集中市场提供了一定程度的直接性。其他市场都介于交易者市场和集中市场之间。互换和外汇(foreign exchange)交易者的身份经常会在买方与卖方之间转换。但是,如果市场波动性(volatility)很高,互换交易者和外汇交易者就会选择限制其交易。

交易机制(trading mechanism)也是市场微观结构的一个重要特征。在集合市场(call market)上,交易发生的次数是预先确定的,并且在汇总买方报价和卖方报价(buy and sell orders)后就可以确定市场出清的价格。在竞价市场(auction markets)上,尽管交易期可能很短,但是其报价却是连续的。

能够将流动性风险降到最低的市场结构取决于公司特定的需要。例如,如果公司需要直接性,则交易者市场无法保证交易的实现。然而,连续市场(a continuous market)虽然能够保证交易的实现,但是其价格却可能受到了不利的影响。由于交易次数的确定性,集合市场(Call market)可以隐藏公司急于出售资产的动机,使得公司可以抵消清算的不利影响。

27.1.4 计算经流动性调整的 VaR

Joron(2000)提出了一个衡量风险的总体指标(summary risk measure)——流动性调整的 VaR (liquidity-adjusted VaR, LVaR)。LVaR 与通常的 VaR 很相似,不同点就在于 LVaR 包含买卖价差,从而考虑了流动性风险。

如果资产 j 的买卖价差为常量 $S_{i,j}$,则其 LVaR 的计算公式如下:

$$\text{LVaR}_j(\alpha) = V_{i,j} \left[\mu_j - \lambda(\alpha)\sigma_j + \frac{1}{2}S_{i,j} \right]. \quad (27-2)$$

其中: $V_{i,j}$ 是资产的价值, μ_j 和 σ_j 是资产回报的平均值和标准差, $\lambda(\alpha)$ 是置信系数, $(1-\alpha)$ 是估计的置信水平。我们可以注意到,买卖价差乘以 $1/2$,这是因为一项清算只构成一笔单向交易,而不是双向交易,但是计量的实际价差是立即实现双向交易的成本。

当买卖价差随着时间而发生变化时,可以以最坏情况下实施交易的价差(worst-case execution spread)对 LVaR 进行调整。因为 VaR 是在 $(1-\alpha)$ 的置信水平下对市场风险的最坏估计,因此最坏情况下的买卖价差可以在 $(1-\alpha^*)$ 的置信水平下估计为:

$$\frac{1}{2}S_{i,j} = \frac{1}{2} \{V_{i,j} [\mu_s + \lambda(\alpha^*)\sigma_s]\}. \quad (27-3)$$

其中： μ_s 和 σ_s 是价差的平均值和标准差 (volatility)。这样，LVaR 可以定义为：

$$LVaR_j(\alpha, \alpha^*) = V_{t,j} \left\{ \mu_j - \lambda(\alpha) \sigma_j + \frac{1}{2} [\mu_s + \lambda(\alpha^*) \sigma_s] \right\} \quad (27-4)$$

27.1.5 公司最小化流动性风险暴露的方法

有两种方法可以实现公司流动性风险暴露的最小化。第一种方法是实现流动性来源的分散化。通过在不同的供应商之间分散流动性风险，可以降低与任何一个供应商相关成本的变化带来的影响。例如，来自于几家银行的多重信用限额 (multiple lines of credit) 降低了对任何一家特定银行的依赖。除此之外，以情景分析为基础的偶发事件计划 (scenario analysis-based contingency planning) 也可帮助公司控制其流动性风险。例如，在建立套期保值头寸之前 (该头寸的建立需要交纳保证金抵押品)，公司会希望保证能够融到超过保证金的资金。否则，公司就存在这样一种风险，即为了偿付建立该头寸而形成的短期债务，而需要将其他可获利的长期策略头寸提前清算。

27.1.6 流动性风险管理中净额结算和抵押担保的作用

净额交易和抵押担保增强了衍生工具市场上对交易对手风险的管理，并且还增加了市场的流动性和深度。具体到最终用户，它们降低了套期保值工具的成本，并且还增加了这些工具的流动性。

27.1.6.1 净额结算协议、抵押担保等合同安排

1) 净额结算协议

净额结算协议是一种可以让交易对手 (counterparties) 以衍生合同 (derivative contracts) 冲抵其债务的法律协议。对于每一项交易来讲，净额结算协议使得交易双方不再需要进行大额的资金传递，降低了信用风险和流动性风险。在这种协议下，交易双方不再需要大额的资金传递，而只须由承担净债务的一方支付交易的差额。

2) 抵押担保

抵押担保是一种降低衍生合同信用风险 (credit risk) 的方法。通过抵押担保，可以进一步降低信用风险，并把市场扩展到信用较差的交易对手那里。在净额交易迅速发展的同时，抵押担保作为降低信用风险的一种机制也迅速发展起来了。

根据 ISDA 的统计，现在市场上用作抵押担保的大部分都是现金 (大约占 79%) 其中 51% 是以美元为单位的，23% 是以欧元为单位的。政府债券 (government securities) 占抵押担保的 16%。抵押担保大部分都是现金意味着其不仅可以保证流动性，其价值也不会出现大的波动。

ISDA 指出，抵押担保的迅速发展是因为经济资本和信用风险的下降。放松对信用等级 (lines of credit) 的限制可以使交易量增加，这是抵押担保迅速发展的另一个原因。所有这些都促进了衍生工具市场的发展。

3) 终止(close-out)

终止允许衍生工具市场的参与者在交易对家破产或出现主协议中规定的违约情形时,可以冻结自己的风险暴露。

这样做的好处就是可以及时地将应付金额冻结在一个固定的水平上,因此债务是固定和可知的。如果市场参与者在交易对家发生破产时没有能力清算其头寸,他们会发现自己陷在了价值极不确定的合同之中,而无法抽身出来。

如果未宣告破产的一方是债权人,在破产公司清算过程,他将处在与其他的债权人相同的位置之上;如果未宣告破产的一方是债务人,那么他需要立即向破产的交易对家支付净额。

4) 终止净额结算(close-out netting)

终止净额结算结合了 close-out 和净额交易的特点。终止净额结算是相对单一主协议中的交易而言的,在对个别合同进行互抵之后建立了终止协议。由于净额头寸的波动性,需要持续地对其进行监控和调整。

净额结算协议、抵押担保和终止条款增强了市场的流动性,使得市场更加繁荣。

27.1.6.2 净额结算协议、抵押担保和终止协议对系统风险的影响

对于系统风险(systemic risk),净额交易和抵押担保可能都会增加系统风险,也有可能都会使系统风险减少。由于可以使交易者更加集中,所以净额交易和抵押担保可能会增加系统风险。另一方面,由于它们提供了对交易对家风险管理的方法,所以又可能会使系统风险减少。

27.1.7 对衍生工具无力清偿的特别法律处理

近年来,许多国家对衍生工具和一些相关金融工具发生无力清偿时,法律处理的规定不同于对其他债权人申请公司破产时法律处理的规定。这些特别的法律处理包括:相关合同进行净额结算或交易者头寸相互抵消的能力,立即利用担保偿付(access collateral promptly),迅速 close-out 或终止头寸。这些处理使得衍生工具和相关金融工具发生无力清偿时的法律处理不需要经历普通破产那么长的法律延迟,从而使得相关合同不需要经过通常适用于其他债权人的破产程序。这种法律处理上的例外规定是非常重要的。很多人都认为,这些市场上的违约行为会给金融市场和宏观经济带来严重的系统性破坏。这种会带来系统性风险的观点是在立法和监管规定中对这些有价证券给予特殊保护的最主要根据。

27.2 模型风险

Emanuel Derman 对模型曾经做出这样的评价:“即使是最好的模型,它也只是相应现象的一个模型,而不是真正的事物。尽管有时模型会因构建得很完善而被称为一种理论,但模型终归只是一种工具。一个优秀的科学模型并不能做任何事,甚至是试图变得更加真实。它应该尽量自然地反映出系统中的关键变量以及这些变量之间的关系”。

因此我们可以这样讲,在一定程度上,所有的模型都是不正确的,通过模型得出的估计值与实际值相比,总是会有一定程度的偏差。

27.2.1 模型风险的定义

27.2.1.1 模型风险的一般定义

模型风险(model risk)是指模型得到的估计值与实际情况相比存在偏差的风险。模型的结构是高度简化的,因此不能期望模型可以提供完美的答案。模型优劣的判别标准是其对相关过程关键特征的预测能力,而不是建立模型的假设。

在处理模型时,我们要注意这两点:第一,并不是所有的错误结果都是由模型的不完善引起的;第二,即使是那些理论上存在缺陷、不完善的模型,有些时候也可以得出令人满意的估计值,例如,当某些假设条件与现实不符时,简单的期权定价模型往往比复杂模型表现得更好。

在金融学方面,大部分模型的输出结果都是一个价格(或与价格的关系),所以误差的大小依赖于相关金融工具的结构。例如,国债定价模型的误差会小于复杂结构化(complex structured)票据或奇异衍生品(exotic derivatives)。这一方面是因为不同金融工具价格变动的机制(price dynamics)不同,另一方面也与复杂金融工具的定价方法需要更多地输入变量有关。

对于简单的金融工具如债券来说,模型风险构不成什么问题。但是,对于那些复杂的金融工具来说,由于透明度的缺乏、难以观测的变量以及风险因素之间的相关性等问题的存在,模型风险就成为了值得关注的问题。

27.2.1.2 Rebonato 对模型风险的定义

Rebonato 对模型风险的定义为:对于复杂的或者流动性差的金融工具而言,根据模型得到的金融工具的价值(mark-to-model value)与其市场价值的不一致性。该定义中有以下几个要点。

第一,如果能够随时观察到金融工具的可靠价格,那么将不存模型风险。市场价格可能是不合理的、与直觉相反的,甚至可能是随意的(arbitrageable),但它们是按市场价格计价的唯一基础。

第二,复杂的或者是流动性差的金融工具通常更有可能导致模型风险。这两种工具的共同点就是通过报价或市场交易信息难以确定它们在市场中的交易价格。

第三,模型风险的产生并不是因为模型价值和金融工具真实价值之间的不一致性,而是由于模型价值和会计入账价值的不一致。因此,按照 Rebonato 的定义,模型风险产生的前提是逐日盯市,所以对于交易账户和银行账户的分析应该使用不同的方法。

27.2.2 模型风险的来源

在一定程度上,所有的模型都是不正确的。因此最好的做法是找出模型错误的来源

(sources of model risk), 而不是掩盖模型结构中存在的潜在错误。模拟风险的来源主要包括以下几个方面。

27.2.2.1 模型设置的错误(incorrect model specification)

模型设置错误是出现模型风险最主要的原因, 因为模型本身就是不完善的。模型设置错误有多种原因: 第一, 对相关随机过程的分布类型的不正确划分。例如, 模型可能假设相关变量服从正态分布(normal distribution), 而实际上是对数正态分布(lognormal distribution)更为合适。这种类型的错误很难发现。第二, 模型可能会忽略一些重要的风险因素。这种情况可能是忽略了一个应该包含的自变量, 也可能是包含了一个不合适的假设。第三, 对变量之间的关系估计错误, 例如当变量之间存在着重要的相互关系时, 假设变量间是相互独立的。第四, 许多模型都假设处在完美市场条件下, 忽略交易成本和流动性因素等一些因素。这些假设一方面使得模型更容易处理, 但另一方面也降低了模型结果的可靠性。1987年10月的市场崩溃(the October 1987 Crash)就是一个很好的例子。当时的交易策略以动态对冲(dynamic hedging)理论为基础, 但市场下滑使得头寸的对冲成本变得更高。

27.2.2.2 模型的错误应用

即使是结构完善的模型, 如果在不合适的情况下应用, 也同样会产生模型风险。例如, 使用标准债券定价模型(standard bond pricing models)而不是使用包括提前还款因素的模型(models that include a prepayment factor)来估计住房抵押贷款支持债券(mortgage backed securities)的价值, 很明显就错误地应用了模型; 模型错误应用在模型变得陈旧过时也会发生; 在使用 Monte Carlo 模拟生成经验分布时, 如果包括的观察值数量不足, 或者是使用了有偏的随机数生成程序(random number generator), 也有可能就会出现错误。

27.2.2.3 实施风险(implementation risk)

模型风险也会由于模型的实施方法而发生。不管是多么完善的模型, 在实施时总是需要一定的判断, 如估值时是否使用买卖价差的平均值。在金融界, 许多模型都允许用户自己定义输入变量, 这一方面使模型的应用范围非常广泛, 但另一方面, 模型也可能会因为用户定义的变量问题而出现误差。

许多研究都显示, 当不同的使用者使用相同的模型时, 得到的结果经常会有很大的差距。

27.2.2.4 刻度度量风险(calibration risk)

输入模型的参数可能是过时的、计量上有错误的, 也可能是根据不恰当的样本期间得出的。例如, 如果模型中需要无风险投资回报率(return on a risk-free investment), 并且该变量是根据 2001~2005 年的相关数据求得的, 这样模型得到的估计值就会比以更长期间为基础计算无风险投资回报率得出的估计值要差。

27.2.2.5 程序错误(programming errors)

程序的缺陷会导致这类错误的发生。程序缺陷包括: 程序漏洞(programming bugs)、

逻辑错误(incorrect logic)、算法错误(unacceptable rounding error in algorithms)和低劣的随机数生成程序(poor random number generation),等等。另外,当程序代码太过复杂,其他程序员难以理解、更新和修改时,程序代码本身也会带来风险。

27.2.2.6 数据问题

数据也会带来一些问题,当数据是从第三方获取时,情况更是如此。在这种情况下,还需要对数据的收集过程做出假设。例如,如果获取了一系列关于收盘价格(closing prices)的数据,那么其价格是最后一笔交易的价格呢,还是最后的买进价和卖报价的平均数?

27.2.3 模型风险的量化

识别模型中的错误是较为容易的,但是要量化相应的错误则要困难许多。当模型使用的参数难以观测时,要量化其模型风险非常困难。在量化模型风险时,或多或少地都要对模型本身、输入参数或者是错误性质做出假设。因此,模型风险的量化模型都有一个隐含的条件,即忽略了模型风险的其他组成部分。正因为这一点,任何对模型风险的预期都低估了实际的模型风险。

当金融模型中存在着未知的组成部分时,根据未知组成部分的数量以及分布类型的假设,有以下四种评估模型风险的方法。

27.2.3.1 单一未知参数(single unknown parameter)

假设未知参数服从这样一种分布,即可以建立一个置信区间(confidence interval)以限制模型误差(bound the error)。下面的例子是该过程的一般步骤。

假定相应的系数服从正常分布,其均值为零,标准差 σ 未知。 σ 和 s 的估计值可以通过容量为 n 的样本计算求得。这样,在95%的显著水平(significance level)下, σ^2 的置信区间为:

$$\frac{(n-1)S^2}{\chi_{0.95}^2} < \sigma^2 < \frac{(n-1)S^2}{\chi_{0.05}^2} \quad (27-5)$$

其中: χ_{α}^2 是显著水平 α 下卡方分布(chi-square distribution)的分界值。假设可以根据VaR基本计算公式($VaR = -\alpha Z_{\alpha}$)生成VaR的置信区间:

$$-\sqrt{\frac{(n-1)}{\chi_{0.95}^2}} \times sZ_{\alpha} < VaR < -\sqrt{\frac{(n-1)}{\chi_{0.05}^2}} \times sZ_{\alpha} \quad (27-6)$$

27.2.3.2 两个未知参数

如果我们不确定模型是否只有一个参数,我们同样也无法确定模型还有其他多少个参数。但是,因为要找出两个未知参数的确切的闭合解决方案(closed-form solutions)非常困难,也不太现实,所以通常都是使用模拟的方法(simulation methods)。如同存在一个未知参数一样,我们需要假定每一个未知参数的分布类型。通过描绘两个参数的联合分布就可

以得到 VaR 的经验分布,进而得到其置信区间。

27.2.3.3 未知的相关性(unknown correlations)

上述的方法可以引申到多个未知参数的情况,从而生成更为复杂的模型。还有,根据正态分布中得到的每一参数的平均值以及 χ^2 分布中得到的每一项方差和标准差,就可以得到这些未知参数之间的相关系数。

27.2.3.4 混合参数和分布风险(mixing parameter and distribution risk)

如果我们无法确定参数的分布类型,那么使用混合分布可能更为合适。当已知的概率分布对应于一些预先确定的分布时(例如正态分布的概率为 p ,对数正态分布的概率为 $1-p$),可以直接通过模拟得到相应的混合分布。针对每一分布,仍然要估计出其参数值,因此混合分布并没有消除参数估计误差(parameter estimation error)。重复混合分布生成的过程就可以得出 VaR 的经验分布和相应的置信区间,这样就可以对模型风险加以计量。

27.2.4 模型风险管理

至目前为止,还没有出现一种方法可以完全将模型风险消除,但是,现在有很多方法可以减小模型风险的影响。例如,可以在模型实施前对模型进行诊断和评价,还有一系列的程序可以让风险管理者规避模型风险。还有一点值得注意,模型风险的管理要得到高层管理者的支持,这一点非常重要。

27.2.4.1 高层管理者在模型风险管理方面的作用

虽然高层管理者不需要是专业的建模家,但是他们必须理解模型风险的基本原理,并建立实施风险管理程序的框架。模型风险管理与其他风险的管理一样,管理者需要审查模型的特征(model features),检查内部协议(internal protocol),还要听取下级的意见和建议。除此之外,管理者必须监督头寸的建立,并向公司传递这样一种理念:风险管理可以提高公司的稳定性,它并不是进行风险性投资的障碍(尤其是将风险管理与报酬挂钩时)。管理者必须跟踪模型的表现、执行以及不当的应用。

27.2.4.2 模型实施前的诊断和评价程序

规避模型风险的一个有效方法就是在模型实施前对其完整性(completeness)进行验证,并建立一套完善的验证程序。完整的验证程序包括以下四个步骤。

1) 文件(documentation)。风险管理者首先应该获取有关模型完整规格的信息,包括其数学推导、组成部分、计算机程序代码和执行特征(implementation feature)等。这些信息应该足够详细,以便管理者可以从这些信息中重新推导出相应的模型。

2) 合理性(soundness)。风险管理者应该检查模型对于相应的金融工具或组合是否合理。

3) 基准建模(benchmark modeling)。风险管理者应该建立一个基准模型,并且用常用的估计或模拟方法来验证该模型。

4) 核查结果和测试建议使用的模型。在最后一个步骤,风险管理者使用基准模型来测试建议使用的模型的表现。相应的模型还需要经过无套利性质 zero-arbitrage properties (如 put-call parity) 的检验,随后进行压力测试,以帮助确定能够得出合理估计值的参数的取值范围。

27.2.4.3 风险管理者规避模型风险的方法

有许多程序可用以规避模型风险。这里我们给出风险管理者规避模型风险一些指导方针(guidelines),列示如下。

- 1) 确保自己对模型风险的正确认识。风险管理者应该清楚模型风险是无法避免的,因而要了解特定模型的局限性,并且还要确保在合适的情况下应用模型。
- 2) 分析模型是否对关键假设敏感。
- 3) 根据已知简单问题的解决方法验证模型的正确性。
- 4) 如果有多个模型可以提供正确结果,选择其中最简单的模型,只有确有需要时才增加模型的复杂程度。
- 5) 更多地采用经过压力测试和回溯测试的模型。
- 6) 定量地估计模型风险。风险管理者应该定量地估计模型风险,并通过模拟方法提供有关模型表现的有用信息。不足之处就是无法反映全部的模型风险,因此实际的模型风险会超过估计值。
- 7) 注意小问题,这些小问题的背后可能是模型中存在的大问题。
- 8) 分析残差,以便指出模型的预测能力,识别数据中存在的离群值(outliers)和其他的异常值(abnormalities)。如果合适,则进行非参数测试。
- 9) 定期对模型进行评估和更新,以便使模型与当前的趋势和变化的市场情况保持一致。

27.2.5 在有效市场假说的前提下,模型风险的来源与管理

在有效市场假说下,所有的问题都只会变得更好更快:市场总是有效的,流动性充足,建立的模型与现实情况一致,模型确定的价值也很快就能得到确认。因此,模型风险的唯一来源就是当前使用的模型不够好。

对于相信 EMH 的人来说,为了管理模型风险,应使金融工具入账价值与(有效)市场价格保持一致,更好的方法就是找到一个最好的模型。如果可以找到一个更好的模型使估计的复杂证券的价值与有效市场价格一致,那么模型风险就会被消除或大大减少。这种观点的一个重要推断就是,前台的交易员使用的模型与出于记录目的的模型是一致的。

27.2.6 在非有效市场假说前提下,模型风险的来源与管理

不管是在金融领域还是其他领域,许多研究起初都会假定在理想市场条件下模型会有怎样的表现,即都有一个有效市场假说的假设。这样做的好处就是可以使问题简化,便于操作,也可以使人们识别出相关问题的核心内容。但是,理想与现实毕竟会有差距,现实中的

市场不可能满足有效市场假说的所有条件,为了能够使模型(理论)尽量贴近现实,研究中通常要一步步放开有效市场假说的假设,进而修正相应的模型或理论。

27.2.6.1 在非有效市场假说下影响金融工具定价的因素

EMH 假设资产的价格与其内在价值一致,并且证券的价格都是公允的;超额回报率(excess returns)反映的只是相应的资产存在着超额的风险(excess risk)。但是事实上,有多种因素会影响市场价格向资产内在价值的回归。这可能是因为套利者(arbitragers)没有能力使资产的价格与其内在价值保持一致,也可能是因为金融工具定价中基本的相关性发生了改变。

1) 限制套利者将价格与资产内在价值保持一致的因素

① 时间框架的局限性(limitations on timeframes)

通常情况下,准套利者 pseudo-arbitrageur(对冲基金、相对价值交易商等)并不用自有资金进行投资,而是作为投资者或股东的代理人进行投资。如果投资的产品很复杂而需要依靠模型来确定其价格,那么基金的最终所有者可能就没有足够的知识、专业技术以及兴趣来评估相应资产的公允价值(fair value),而只能依靠代理人的判断。但是,这种信任并不能延伸到很长的时期,当然更不可能到许多年。因此,有价值证券向其内在价值回归的时间跨度必须较短(几乎可以确定不能超过下个红利发放日)。如果供求关系机制(supply-and-demand dynamics)使得错误定价的金融工具的价格进一步背离其内在价值,那么准套利者的头寸将出现亏损,并且 pseudo-arbitrageur 的“信任我,我是 pseudo-arbitrageur”的口号也可能会迅速失去对投资者和股东的吸引力。

② 监管和风险管理的限制

对于相对价值交易商来说,还有一种危险来自于机构或监管的限制,这些限制可能会使头寸在回复到其内在价值之前而被迫清算。EMH 假设并没有考虑止损限制(stop-loss limits)、VaR 限制、集中程度限制等限制性条件。

③ 流动性差

差的流动性通常都伴随着市场对相对价值交易商(relative-value player)的质疑,也会给 pseudo-arbitrageurs 带来困难。例如一个 pseudo-arbitrageur 根据完善的模型得出结论,股票交易的证据显示出波动性非常高,因此该交易商进行了大量波动性较低的交易,希望能从市场的不规则性中获利。如果市场识别出了这些头寸,又如果因为来自机构的限制,这些 pseudo-arbitrageur 不得不在头寸带来收益之前对其进行清算,这种情况使得 pseudo-arbitrageur 在短期内承受了巨大的压力。

④ 高信息成本(high information costs)

最后,非常高的信息成本也会限制 pseudo-arbitrageurs 的进入,或者限制其数量。可靠的模型需要数量专家组(teams of quants)来设计它们,大量的程序员来实施它们,强大的计算机来运行它们,还需要昂贵的数据来验证它们。因此,认知上,市场的无效率要足够高,允许赚取买卖价差之外的、与风险调整不相符的额外利润,并且使初始投资获利。即感觉上,只要市场的无效率足够大,不仅可以获得买卖价差以外的风险调整收益,而且还可以证明初始的投资行为是正确的。

2) 定价关系的变化(changes in pricing relationships)

① 市场对流动性需求的变化

EMH 认为,市场价格会自动与最有信息效率的价格(the informationally most efficient price)保持一致,它并不关注流动性的影响。但是,从定义上看,流动性差的金融产品(即交易和可观察到价格的频率都非常低)的模型风险最为严重。在市场出现困难(distress)时,投资者更愿意支付一部分额外的费用从而持有那些容易出售且价格确定的证券。当市场突然关注流动性时,原来那些正常的资产定价关系可能不再正确。尽管在金融危机(financial distress)时,那些高质量证券的内在价值没有发生变化,但是,这些证券的定价方法却会由于市场对流动性的需求而发生改变。

② 随机的风险厌恶(stochastic risk aversion)

我们知道,根据考虑了风险厌恶的折现率来对未来的现金流量折现,就可以得到相应资产的价值。但是,如果风险厌恶可以随着时间发生随机变动,那么未来的风险厌恶就会处在一个未来的水平(目前并不知道)之上,并且对未来价格的精确处理需要以该风险厌恶为基础。这意味着与当前风险厌恶程度吻合的模型在当前可以完美地估计出资产的内在价值,但是在未来得出的价格可能就是不正确的,因为风险厌恶程度已经发生了改变。

③ 采用模型发生的变化(changes in adopted models)

新技术和学术界的证据都有可能改变在资产定价方面已被接受的模型。事实上,交易商使用的模型一直都在不断地变化。当然,改变采用的模型会引起资产定价过程的决定关系发生改变。还有,关于模型质量判别标准的看法也在不断地发展。

27.2.6.2 在非有效市场假说下模型风险的来源

在市场非有效假说下,模型风险的来源从寻找最佳模型转向了现在的定价方法在未来可能发生变化,不再适用的可能性。在非有效市场假说下,现在最先进的模型在未来并不一定能够最准确地推断出证券的市场价格。事实上,能够在未来准确地推断出证券价格的模型可能并没有今天的模型先进。1998年俄罗斯危机之后的证据显示,简单模型(如 Black-Derman-Toy 模型)比那些复杂的、以 LIBOR 为基础模型,在为百慕大互换定价方面更有效率。市场非有效性还意味着并不能保证市场价格不会进一步背离相应资产的内在价值。

27.2.6.3 在非有效市场假说下的模型风险管理

在市场非有效性假说下,模型风险管理过程不再是寻找能够计算出正确价格的最佳模型,而是估计证券定价方法在未来会发生什么变化。风险管理者的重点也不再是试图寻找更为精密的模型,而是预测未来的环境。

在市场非有效性假说下,交易者和风险管理者的目标不再一致。当建立了一项头寸之后,交易者必须坚持这样的理念:市场当前证券的定价是错误的,而自己的模型是正确的。但是,风险管理者不再认为存在完善的模型可以用以计算出资产的内在价值。因此,风险管理者会根据不同于交易者使用的假设进行计算,并设定风险限制。这样很可能造成他们对风险调整业绩的评价不同,并且风险管理部门也会为交易者制定不同的激励措施(incentives)。这些因素很有可能使得交易者在非市场有效性条件下行为完全不同于其在市场有效性条件下的行为。例如,在市场有效性条件下,交易者可能会增大一个目前对其不利的头寸,但是在非市场有效性条件下,因为风险管理部门的质疑,他可能会很快地将头寸清算。

27.2.6.4 在非有效市场假说下模型风险管理者的任务

在非有效市场条件下,风险管理者在模型风险管理工作中有两个主要的目标:

① 首要,识别出当前市场定价中使用的模型可能是正确的,也可能是错误的。

② 其次,风险管理者要预测今天的定价方法在未来会发生什么变化。风险管理者不能假设这种变化过程一定会越变化越好,模型更加真实,流动性更强以及市场更加有效等。例如,对于模型风险管理者来说,一个有意义的问题可能是:如果某个套期保值工具在未来不再存在,复杂金融工具的价格会发生什么变化。

为了达到上述目标,风险管理者有两项关键工作要做:

1) 收集市场信息

通过观察大量的交易以及交易的水平,可以使风险管理者获取有关市场交易水平和交易性质的信息。另外,风险管理者还要获知目前市场的最新发展和学术界的最新研究成果,这些在推测市场演进方向方面有很大的帮助。专业讨论会在这方面也很有帮助,可以帮助风险管理者了解市场对新观点的反应以及这些观点成为未来市场标准的可能性。

2) 价格的逆向工程分析(reverse engineering of price)

逆向工程是寻找最佳定价方法的过程,即寻找能够最好地解释观察到的市场价格的定价方法。该过程应该从简单开始,理解普通金融产品(plain-vanilla products)的定价方法,逐渐向更为复杂金融工具的评估过渡。风险管理者还应该说明假设之间的差别,如有关相关性和不确定性的假设等。即使是使用相同的定价方法,不同的假设也会对结果产生不同的影响。

27.3 技术风险

技术先进与否对金融机构的收入和经营成本(operating costs)有着重大的影响。虽然新技术可以提高公司运营的速度、效率,促进创新,增加业务量,但是要公司衡量新技术的回报是否与相应的风险匹配却是非常困难的。大型银行的证据表明,规模经济(economies of scale)确实能为银行带来利益。而在范围经济(economies of scope)层面,综合型金融机构(multi product financial institutions)和专业公司(boutique firms)在市场竞争中并没有显著的差异。随着银行系统技术的发展,出现了一些新型的风险,如日间透支风险、技术转让风险(technology transfer risk)以及以新技术为基础的犯罪和欺诈(technology-based crime and fraud)等。

27.3.1 实施技术创新的两项风险

对于金融服务公司(financial service firms)来说,为了增强其在市场中的竞争力,实施使用新技术的系统 and 程序是至关重要的。但是,新技术的实施并不是没有风险的。实施技术创新(technological innovation)的风险如下。

1) 净现值为负(negative net present value, NPV)。新技术的成果可能并不能创造股

东价值。有两个原因会导致这种情况的发生：一是由于收入与费用的不确定性；二是竞争对手在短时间内模仿或复制本公司的新技术。

2) 代理冲突(agency conflict)。金融机构的管理者可能会选择那些与股东价值最大化目标冲突的技术项目。金融机构管理投资的技术项目可能只是有助于机构规模的扩大(empire building),与股东权益的增长却毫无益处。

27.3.2 技术创新对金融机构收入和成本的影响

金融机构实施技术创新的目的可能是为了增加收入,也可能是为了降低成本,又或者是二者的结合。因此,要衡量技术创新对金融机构的影响可以从收入和费用入手,进而判断技术创新对相关的金融机构是否有利。

37.3.2.1 技术创新对收入的影响

实施技术创新可以使金融机构的利润增加。技术创新可能会通过以下途径对收入产生影响:

1) 先进技术(technology)促进了产品的联合销售(joint sales of products),或称交叉营销(cross marketing)。先进技术使得金融机构可以交叉销售其新产品或现有产品。这种联合销售并不需要金融机构某一支或部门提供所有的服务。例如,一家商业银行可能与一家保险公司联合起来销售各自的贷款、信用卡和保险产品。这种做法在德国非常流行,大型银行和大型保险公司联合起来进行交叉营销。在欧洲和美国,金融机构在向同一客户销售保险产品的同时,还会向其提供银行服务和证券服务。

2) 先进技术促进了产品的创新,近年来不断出现的新产品就证明了这一点。但是,这些新产品中有的成功了,但有的却是失败的。例如,美国银行在新产品 POS/debit 卡方面投入了大量的资金,但是这些信用卡并没有得到普及。另一方面,金融机构在电子交易、电话账单支付(bill paying via telephone)等方面却又是成功的。

3) 技术对金融机构服务质量的影响。有些技术创新虽然提高了经营效率,减低了经营成本,但是却使服务质量有所下降。例如,ATM 柜员机和网络银行(internet banking)与雇佣出纳员相比,降低了银行的运营成本,并为客户提供了方便;但是,机器并不能灵活地处理客户的意见和问题,这可能会造成客户的流失。也就是说,收入的减少可能会完全抵消甚至超过成本的节约。

27.3.2.2 技术创新对金融机构费用的影响

技术创新通常会使金融机构的经营效率提高、人员精简,使人员与资本达到更有效的组合,从而使机构的经营成本下降。如前面提到 ATM 柜员机和网络银行,它们都会使金融机构的经营成本下降。对技术创新在这个层面对成本的影响,金融机构在实施技术创新的通常都会认真地加以考虑。我们还可以在一个更深的层次上分析技术创新对金融机构成本结构的影响,即技术创新可以使金融机构达到规模经济或范围经济,也可能相反。这些内容将在本书的以下章节进行具体介绍。

27.3.3 规模经济

在 19 世纪 80 年代和 90 年代,由于新技术的引进、银行监管地域限制的突破以及银行合并,银行的规模迅速扩大。这个时期见证了银行业规模经济的发展。

27.3.3.1 规模经济的定义

规模经济在产业经济学中又叫做规模利益,是指伴随着企业生产能力的扩大而出现的生产批量扩大以及由此而带来的单位制成品生产成本的下降和企业盈利的递增现象。对于金融机构来说,规模经济就是指随着机构规模的扩大,其提供服务的单位成本会逐渐减少。

技术创新可以使金融机构实现规模经济和范围经济的最大化,进而带来成本的下降。金融机构的规模越大,它能进行的技术项目也就越大。当金融机构的规模扩大时,其提高服务的平均成本会逐渐减小,这就是规模经济的优势所在。金融机构达到的规模经济程度可以这样表述:当所有产品的产量水平变动 1% 时,产品成本变化的百分比。

为了进一步对规模经济进行分析,我们现在回顾一下微观经济学(microeconomics)中的有关内容。平均生产成本(average cost of production)的计算公式如下:

$$AC_i = \frac{TC_i}{S_i} \quad (27-7)$$

其中: AC_i 表示金融机构的平均成本, TC_i 表示金融机构的总成本, S_i 表示金融机构的规模,其计量的基础可以是资产、存款或者贷款。

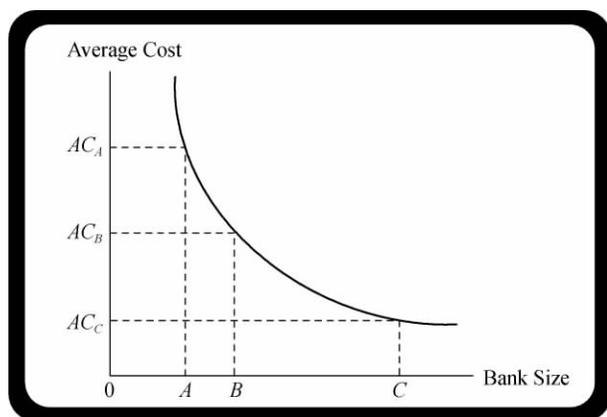


图 27-1 Average Cost Curve

图 27-1 描述了三种不同类型的金融机构:A 点代表小规模银行(smaller-sized banks),B 点代表中等规模银行(medium-sized banks),C 点代表大规模银行(larger-sized banks)。从图 27-1 中我们可以看出,随着银行规模的不断扩大,其平均成本也在不断地下降。

27.3.3.2 银行业平均成本曲线的形状

图 27-1 描述了一个金融机构通过技术创新而使公司达到规模经济的例子,但是,并不

是所有技术创新都是可以成功的。其风险包括以下几个方面：

- 1) 未来收入不足以弥补研究成本；
- 2) 可能会出现生产能力过剩的问题；
- 3) 新旧系统间可能会出现整合问题(integration problems)；
- 4) 成本超支(cost overrun), 需要进行成本控制。

因此,除了图 27-1 中描述的平均成本曲线形状,平均成本曲线还有其他一些形式,如图 27-2 所示。

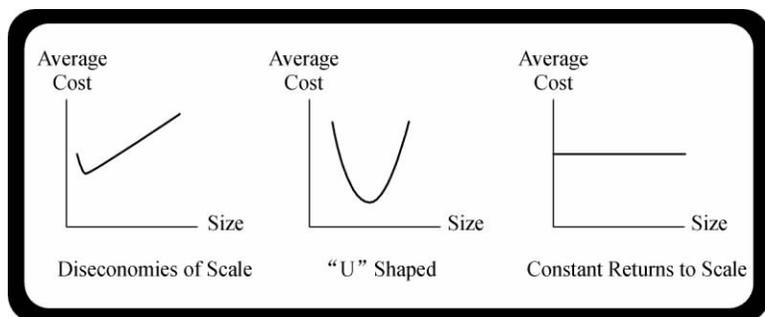


图 27-2 Shapes of the Cost Curve

图 27-2 中的第一个图形描述的是规模不经济的情况。规模不经济(diseconomies of scale)是指小型金融机构的平均成本更低,并且更有成本效率(cost efficient)。

图 27-2 中的第二个图形是金融机构的平均成本为 U 形曲线的情况。U 形平均成本曲线是指存在一个规模点,当规模超过该点时,起初的规模经济效应就会消失,变成规模不经济。研究显示,银行业的平均成本结构是一条扁平的 U 形曲线(a relatively flat U-shape)。技术投资过多与过少一样,对银行都是有害的。最佳支出金额就是能够使平均成本最小的额度。

图 27-2 中最后描述的是金融机构规模报酬不变(constant returns to scale)的情况。在这种情况下,技术的影响与公司规模没有关系。

27.3.4 范围经济

范围经济是指合并生产两种产品,而不是分别生产,会带来的协同效应(synergy)。范围经济也是技术创新的一项重要组成部分,因为对资源的合并使用可以节约成本。如果 A 银行 A 产品的总成本(TC_A)是 1 百万美元,相应的交易(S_A)为 100 百万美元,那么:

$$AC_A = \frac{TC_A}{S_A} = \frac{\$1 \text{ million}}{\$100 \text{ million}} = 0.04 = 1\%.$$

如果 A 银行还有一种产品——B 产品,其总成本 TC_B 为 \$1 million,相应的交易额 S_B 为 \$20 million。分别生产 A 产品和 B 产品的总平均成本为:

$$AC_{A+B} = \frac{\$2 \text{ million}}{\$120 \text{ million}} = 0.0167 = 1.67\%.$$

如果合并生产这两种产品的实际平均成本由于协同效应而小于 1.67%，那么我们就认为存在着范围经济。

投资产品和保险销售都可以很好地说明存在着范围经济。合并生产这些产品的平均成本小于分别生产这些产品的平均成本。但是，如果合并生产的平均成本超过了分别生产的平均成本之和，我们就认为出现了范围不经济。

27.3.5 关于规模经济与范围经济的实证证据

1996 年的一项研究(样本期间为 1978~1990 年)显示,大型区域银行和超级区域银行可能存在着范围经济。这些银行的资产通常都在 100 亿~250 亿美元之间。但是关于传统银行产品之间、资产负债表表内产品和表外产品之间存在范围经济的证据并不显著。

关于 19 世纪 80 年代的储蓄机构(thrifts)、保险公司(insurance firms)、证券公司(securities firms)等非银行金融机构的研究表明,并没有证据显示存在规模经济和范围经济。这些研究还分析了成本的分布,发现相同规模的机构间成本存在着很大的差异,并且这些差异并不能归因于规模经济和范围经济。成本无效率(称为 X 无效率)与管理能力(managerial ability)和难以量化的因素(hard-to-quantify factors)有关。

这些研究的结果汇总如下:

- 1) 并没有明显的证据显示“规模越大越好”,或者大型的多元产品公司比小型的专业公司有成本优势;
- 2) 规模经济和范围经济并没有解释相同规模公司间的成本差异;
- 3) 技术创新的回报较低。

证据显示,大型金融机构是通过创造收入提高效率,而不是通过降低成本。金融服务业通过合并或兼并(merger and acquisition)活动而获得的高效率,可以归因于产品组合的改进和多样化(improved product mix and diversification),而不是盈利效率(profit efficiency)。

27.4 日间透支风险

在美国,由于美联储规定银行的准备账户在一天之中是可以为负的,所以就产生了日间透支风险(daylight overdraft risk)。日间透支风险一旦爆发,会对金融系统带来巨大的打击。但是,并不是每个国家的金融系统都存在日间透支风险,该概念在我国就不适用。

27.4.1 日间透支风险的定义

日间透支风险是由于日间透支的产生而使金融系统遭受破坏的风险。

在一天之中,银行在美联储准备账户(reserve accounts)的余额是允许为负的,这就是所谓的日间透支。但是,在每天的最后,准备账户的余额必须达到指定的水平。低借款成本和美联储的担保(Fed guarantees)使得该系统对银行很有吸引力。

直至 1993 年,美联储对日间透支都没有要求支付明确利率的利息或酬金。即使是现在,相关的利息率和酬金也还都很低。另外,因为 J 条款要求美联储必须保证每笔电汇信息(wire transfer message)的支付,所以,如果银行发生破产时其准备账户余额为负,美联储就必须承受相应的透支损失。因此,银行最小化日间透支的动机很弱。

一些专家认为日间透支是银行系统最大的风险所在,一次失败就可能动摇整个金融市场。例如,1985 年 11 月,由于软件系统瘫痪,纽约银行(Bank of New York, BONY)无力支付其在政府债券交易中的相关款项,美联储对此不仅延长了联邦储备系统通讯网络的营业时间(Fedwire hours)以帮助支付的进行,并且还向纽约银行提供了相当于其一级权益资本的 24 倍、总资产 2/3 的贷款。

在纽约银行同业清算系统(the Clearing House Interbank Payments Systems, CHIPS)内,日间的转账(intraday transfer)都是临时的,只有在日终结算发生后才能确认。一旦有银行出现问题,CHIPS 可能就不得不冲销(unwind)该银行当天所有的交易。其他银行间的金融系统也可能会因为连锁反应(ripple effect)而出现系统危机(systemic crisis)。

27.4.2 日间透支风险可能的解决方法

为了降低这种风险,CHIPS 成员从 1990 年 10 月起,开始建立一个特殊账户。如果有一家银行发生了失败,该基金就可以代替失败银行支付相应的款项。该基金在额度上可能只能覆盖其两个最大的成员,并且还需要美联储和其他中央银行的介入。



第 28 章 经济资本管理

28.1 经济资本

28.1.1 经济资本的含义

经济资本(economic capital)用于防范风险,一定程度上用来让股东对其投资资金的安全性保持信心。在一定的置信水平下,经济资本对未预期损失起缓冲作用。置信水平指在特定期间,某公司承受的未预期损失发生的可能概率。例如,如果银行设定经济资本在 95% 的置信水平上,则实际损失小于经济资本的可能性为 95%,大于经济资本的可能性为 5%。特别注意的是,将置信水平设定在 100% 将给金融机构带来高昂的成本。经济资本所必需的总额和市场风险、信用风险以及操作风险程度相关。从公司股东的角度来看,经济资本十分重要。经济资本的数量以及经济资本在业务部门之间的分配对各业务部门以及公司整体的业绩至关重要。

以 A_t 和 D_t 分别表示 t 时点资产的市场价值和负债的市场价值,则 $t=0$ 以及 $t=1$ 时的可用资本 C_t 可表示为:

$$C_0 = A_0 - D_0; \quad (28-1)$$

$$C_1 = A_1 - D_1。 \quad (28-2)$$

如果资产和负债的名义回报分别为 r_A 和 r_D , 那么所有来源的最坏可能的损失为 L , (如在给定的置信区间中, 当 $C_1 = 0$ 时), 使得 $t=1$ 时的资产价值正好足以支付此时的负债。即:

$$C_1 = 0 = A_0(1+r_A)(1-L) - D_0(1+r_D)。 \quad (28-3)$$

在最坏的情形下, 为保持偿付能力, 负债额最多不能超过:

$$D_0 = A_0(1+r_A)(1-L)/(1+r_D)。 \quad (28-4)$$

EC_0 为承受损失所需要s的最小资本额, 定义如下:

$$EC_0 = A_0(1 - (1+r_A)(1-L)/(1+r_D))。 \quad (28-5)$$

金融机构持有的 EC 的最小额必须足以避免由于最坏可能损失的增大而增加的破产可能性。

为了方便叙述, 我们将信用风险视为公司唯一的风险来源, 在这一简化假设下, 资产和负债名义回报之间的差额大致等于预期违约损失 u , 即

$$\begin{aligned} EC_0 &= A_0\{1 - (1+r_D)(1+u)(1-L)/(1+r_D)\} \\ &= A_0\{1 - (1+u)(1-L)\}。 \end{aligned} \quad (28-6)$$

忽略二阶项的影响, 上述等式可以简化为以下表示经济资本常见的表达式:

$$EC_0 \approx A_0(L-u)。 \quad (28-7)$$

以上关系显示, 从定义上, EC 只能承受一定置信水平(如 $A_0(L-u)$)下的未预期损失(UL)。

经济资本和风险调整收益(RAROC)之间的关系可以进行如下检验。

假定有 10 亿美元的贷款, 且在 99% 的置信水平下,

最坏可能损失(WCL)=175bp(basis point, 万分之一点, 用以测量票据间的收益差值);
估计的损失(EL)=25bp;

$$\begin{aligned} \text{未预期损失} &= (WCL - EL) \times \text{贷款总额} \\ &= (175\text{bp} - 25\text{bp}) \times \$100\,000\,000 = \$1\,500\,000。 \end{aligned}$$

要求的经济资本=150 万美元; 即, 承受未预期损失对经济资本的要求为 150 万美元。

28.1.2 如何为市场风险分配经济资本

银行业市场风险的主要来源为缺口风险(gap risk), 这类风险由银行中对利率敏感(interest-rate-sensitive)的资产和对利率敏感的负债之间错配引起。采用风险调整资本收益(RAROC)构建损失分布时, 必须将缺口风险及其他类型的市场风险加以考虑。

以风险调整资本收益(RAROC)对市场风险进行资本配置, 是指根据风险价值(VaR)计算得到的风险量进行 RAROC 资本的分配。在特定置信水平下估计得到 VaR, 市场风险下的 RAROC 资本要求表示如下:

$$F_1 \times \text{VaR} + F_2 \times [\max(\text{VaR limit} - \text{VaR}, 0)] + F_3 \times [\max(\text{VaR} - \text{VaR limit}, 0)]。$$

F_1 : 为常量, 用于调整 VaR 模型中未能体现的日常项风险(day-to-day event);

F_2 : 为乘数, 用于确定 VaR 范围中未使用部分的要求;

F_3 : 为乘数, 用于确定超过 VaR 范围的要求。

对于 $F_2 \times [\max(\text{VaR limit} - \text{VaR}, 0)]$ 或 $F_3 \times [\max(\text{VaR} - \text{VaR limit}, 0)]$, 如果没超过 VaR 的范围, 对范围内未使用部分有所要求, 且第三项为零; 反之, 如果超过 VaR 的范围, 对超过部分有所要求, 则第二项为零。

28.1.3 如何为信用风险分配经济资本

为信用风险分配资本的过程采用标准化因素, 能够以风险评级及程度(tenor)的功能表示信用风险总量。在特定风险评级下, 资本要素随着风险程度的增强而增加。类似地, 在特定风险程度下, 资本要素随着信用质量的下降而增加。信用风险的信用资本要求确定为:

信用资本要求 = 资本要素 × 头寸的市场价值;

$$(\text{credit capital charge} = \text{capital factor} \times \text{market value of position}) \quad (28-8)$$

维持头寸所需的资本 = (支取总额 + 支取数量 × 贷款等价因子) × 资本要素因子。

$$(\text{the capital required to support the position} = (\text{the sum of the drawn amount} + \text{drawn amount} \times \text{loan equivalents factor}) \times \text{the capital factor}) \quad (28-9)$$

28.1.4 计算贷款的风险调整资本收益

贷款的风险调整资本收益(risk adjusted return on capital, RAROC)可以计算为风险调整收益除以风险调整资本, 其最早是基于事前预测来进行资本配置的工具, 有时也可以作为事后总结来进行业绩评价。

$$\text{RAROC} = \text{RAR} / \text{economic capital}; \quad (28-10)$$

$\text{RAR} = \text{税前收益} - \text{预期损失} - \text{费用} + \text{经济资本的回报} \pm \text{转移价格}$

$$(\text{RAR} = \text{revenues} - \text{expected loss} - \text{expenses} + \text{return on economic capital} \pm \text{transfer price}) \quad (28-11)$$

(28-10)式中, 分子 RAR 为贷款总收益减去预期损失和其他的贷款费用。经济资本(EC)通常投资于高流动性的证券, 因此经济资本投资收益必须加到预期贷款收入上。同时, 需要对和贷款相关的营业收入及支出做出调整。

28.1.5 第一代风险调整资本收益的局限及第二代风险调整资本收益(ARAROC)

28.1.5.1 第一代风险调整资本收益的局限

许多银行采用RAROC法对经济资本进行配置,主要通过计算业务部门或产品的RAROC,而后与预先设置的RAROC目标收益率(hurdle rate)对比。只有当计算出的RAROC高于目标收益率的项目,才能为股东财富带来正效益。而实际上,在这种方法下做出的决策减少了股东收益。

对第一代风险调整资本收益法的运用隐含着如下假设:股权收益率与违约率同时保持不变。但这一假设在CTW的论文中被证明是错误的。如,在保持违约率不变的情况下,融资结构会发生变化,高风险的业务需要更多的股权资本,股权资本随着业务风险的提升要求更多的风险补偿,仍用固定的目标收益率会对决策产生干扰。

28.1.5.2 第二代风险调整资本收益(adjusted risk-adjusted return on capital, ARAROC)

第二代风险调整资本收益法旨在克服第一代风险调整资本收益的缺陷,将风险调整资本收益与变化的股权收益率相比进行决策,主要是将公司资产的风险和业务风险相结合。利用资本资产定价模型(CAPM)可以推导出第二代风险调整资本收益。即:

$$\text{RAROC} > R_E = R_F + \beta_E(R_M - R_F); \quad (28-12)$$

$$\text{ARAROC} = (\text{RAROC} - R_F) / \beta_E > R_M - R_F. \quad (28-13)$$

其中: β_E 为公司的系统风险; R_F 为无风险收益率。

28.2 监管资本

28.2.1 对银行业的监管

28.2.1.1 银行业监管的目的

监管是由能够对行业的法律及操作机制有影响力的外部组织提供的,需要在监管的成本及收益之间做出权衡。在银行业中,监管的必要性仍然存在争论。一部分人认为,银行和金融机构需要同其他行业的公司同等对待(如,允许破产);更多的人认为银行破产的潜在成本很大,因此监管极其必要。监管的范围很广,从系统层面(如保证世界银行业的稳定)直至微观层面(如保护消费者和投资者)。

监管资本的数量是根据监管指南制定的,目的在于保证银行系统中有足够的资本。大多数金融机构持有的经济资本数量大于监管资本的数量。

对银行监管有以下几个目的:

1) 避免储户因银行破产而遭受损失

银行业的组织结构使得个体储户微不足道,且彼此不为所知,不存在动机对银行进行直

接管理或在花费甚大的银行业务监管上投入资金等。因此,在银行破产的情况下,为保证存款的重获,需要为储户提供外部的保证或担保。

2) 保证交易的稳定性

经济活动能否有效进行取决于银行提供的交易服务及传统的贷款发放。毋庸置疑,货币的可获得性、支付过程以及结算功能很重要。

3) 避免骨牌效应引发的系统风险

对于不存在监管的银行系统的最大威胁可以这样表述:某家机构的破产会引致其他机构的破产,并一直蔓延下去。某家银行破产引发其他机构的信誉问题以及金融机构交易间存在着的相关联的本质,这些都导致骨牌效应的发生。当美联储觉得银行业的崩溃将影响整个经济时,将介入其中。

4) 在经济活动中保持高的金融效率(Maintain a high level of financial efficiency in the economy)

情况恶化的银行对当地及地区经济影响重大,必须有其他银行能够迅速填充进来。如果缺乏监管的话,其他银行可能无法根据具体问题对情况恶化的银行进行支持。

28.2.1.2 巴塞尔协议的发展

1) 巴塞尔协议 I (The Basel I Accord)

1988 年的巴塞尔协议从 1992 年开始执行,最初目的是为商业银行设定一个最低的风险资本要求,主要目标是提高全球金融体系的安全性和稳定性,为国际银行提供一个公平竞争的环境。风险基础的资本要求(risk-based capital charge)旨在对具有较大风险的资产设定更严格的惩罚。

2) 1996 年的修正(The 1996 Amendment)

1996 年,巴塞尔委员会对资本协议进行修正,加入了市场风险。修正案于 1997 年底开始执行,增加了对市场风险的资本要求。基于自身风险管理系统,银行可以选择采用标准化模型,或内部模型法(internal models approach, IMA)。

修正案将银行资产分为两类——交易账户和银行账户。交易账户(trading book)指银行有意短期持有准备再出售的金融工具组合,通常采用每日结算制度;银行账户(banking book)包括其他金融工具,主要为持有到期的贷款。

1996 年的修正案为交易账户的市场风险和银行账户的货币和商品风险设立资本要求。信用风险的资本要求去掉了交易账户中的债券和股票以及商品的头寸;修正案仍然包括所有交易账户和银行账户内的 OTC 衍生工具。

3) 巴塞尔协议 II (The Basel II Accord)

资本市场一直在变化着,1988 年巴塞尔协议的信用风险资本要求已不适应新情况,更糟糕的是可能促使银行采取一些不安全的行为。

2004 年 6 月,巴塞尔委员会确定了对巴塞尔协议的全面修正案。考虑到各国制定规则的过程以及新规则的准备时间,修正案的执行时间定在 2006 年底。其中,高级信用风险及操作风险方法的生效日稍微迟些,为 2007 年底。

28.2.2 1988 年巴塞尔协议

1988 年的巴塞尔协议(*Basel Accord 1988*)旨在增强全球银行系统并对其标准化。每个国家在巴塞尔协议基本框架的基础上、结合本国的特征进行必要修正,而后具体实施。1988 年巴塞尔协议的主要贡献在于,基于对资本进行风险定义(不同资本有不同风险)的基础上,建立起标准的资本水平。相应地,资产根据其风险暴露分为四种。经济合作与发展组织(OECD)国家的公司被认为具有最低的风险,而其他公司被认为具有较大的风险。承担的风险越大,银行需要持有越多的资本。协议规定风险加权化资产必须超过 8%。考虑到不同的市场风险以及允许以内部模型计量市场风险,对巴塞尔协议进行了修订。修订后的协议能够对风险进行更为精确的计量并更有效地配置资本,因此银行在资本水平下可以持有更多的资本或提供更多的借贷。

1988 年的巴塞尔协议作为世界性的银行业资本规则,早在 20 世纪 90 年代中期便受到批评,主要原因是它对信用风险的资本要求计算方式单一,因而常常无法真实反映实际风险程度。另外,这一监管框架忽视了许多重要的金融工具及信用风险管理方法,资本要求也仅仅涉及信用风险,而没有将银行实际面临的市场风险加以考虑。

- 1) 银行的风险加权化资产的标准比率设为 8%,这一要求没有令人信服的理由;
- 2) 采用相当严格的标准计算信用风险,但仍未准确反映资本的真实风险;
- 3) 假设所有的机构借款人都面临相同的信用风险;
- 4) 未能采用最新的风险管理工具对信用风险进行管理,对信用风险缓释工具的采用没有任何激励机制;
- 5) 未能考虑到市场/操作风险,无法描述大部分银行风险概况的重要组成部分;
- 6) 协议未能对诸如投资组合风险管理此类复杂事项提出解决方案,同时,信用风险部分被发行者、行业以及地理位置的多样化所抵消;
- 7) 偿债能力比率过于简单因而未能准确评估到期债务的偿还能力。

28.2.3 新巴塞尔协议

巴塞尔协议在提高银行业资本比率方面被认为很成功,但随着时间的发展,巴塞尔协议的缺点逐渐呈现。1996 年 6 月,巴塞尔委员会提出新巴塞尔协议(*The New Basel Accord*),新协议于 2004 年底最终完成。

28.2.3.1 资本的定义

巴塞尔协议将银行资本划分为一级资本、二级资本、三级资本。

1) 一级资本(tier 1 capital),也称核心资本

包括权益资本和公开储备以及大部分税后留存收益。这类资本被认为是质量最好的风险缓冲器。它包括:

- ① 权益资本(equity capital)包括公开发行完全支付的普通股以及不可赎回的非累积优

先股：

② 公开储备(disclosed reserves)指的是股本溢价、留存收益以及储备基金。

2) 二级资本(tier 2 capital),也称补充资本

由资产负债表中提供一定保护性的项目组成,但这些项目最终必须被赎回或减少固定金额的未来收入,包括:

① 非公开储备(undisclosed reserves),也称隐性储备。按照某些国家的会计制度,这类储备是被允许的。这类储备经过损益表,但并不公开。由于缺乏透明度,很多国家并不承认非公开储备的合法性,因此不能成为核心资本的一部分。

② 资产重估准备(asset revaluation reserves),产生于以历史成本计价的长期持有权益性证券。在持续经营的基础上,这类资本可承受损失,但考虑到市场的波动性以及实现销售后需要缴税的因素,需要进行一定的折扣。

③ 普通准备金/普通贷款损失准备金(general provision/loan loss reserves),此类准备金是为了防备未来的未确认损失,是贷款损失准备(loan loss allowance)的结果,为预期可能信用损失的利息收入的抵减额。这些抵减额降低了一级资本的留存收益,某种程度上可能成为二级资本,因为并未反映某项资产的恶化(某些情况下是“特殊的”),因为发生信用损失时,它们将抵消这类储备而非利益,以平滑盈余。

④ 混合型债务资本工具(hybrid debt capital instruments),兼具权益资产和债务的某些特征,当其为无担保、次级已支付的证券时,可作为补充资本,如累积优先股(cumulative preference shares)。

⑤ 次级定期债券(subordinated term debt),指初始成熟期大于 5 年,并在最后 5 年内折扣率为 20%的债券。发生清算时,次级债券的等级比其他债务的等级都要低。

3) 三级资本(tier 3 capital),只针对市场风险

由到期日大于 2 年的短期次级债务构成,只能用来抵御市场风险。

不同级别资本的相对数量有特定的限制。用于市场风险 8%的资本支出至少有 50%为一级资本;三级资本的金额不得超过用于抵御市场风险的一级资本的 250%(如必要,二级资本可以替代三级资本)。对于不同级别资本的具体项目还有其他的限制。有一些项目要从资本中减除,包括商誉及对金融机构的投资,后者是为了揭示交叉持股及避免资本的重复计算。

对于信用风险,符合要求的资本必须超过监管资本,即

符合要求的抵御信用风险的一级资本+允许的二级资本 \geq 信用风险资本;

(eligible tier 1 capital for CR+allowed tier 2 capital \geq CRC)

同样的限制也适用于市场风险资本,即

符合要求的抵御市场风险的一级资本+允许的三级(或二级)资本 \geq 市场风险资本。

(eligible tier1 capital for MR+allowed tier 3 (or 2) capital \geq MRC)

28.2.3.2 新巴塞尔协议的框架

新巴塞尔协议的目的是对巴塞尔协议进行完善,关注大型国际银行及其所有的分支机构、控股公司和在母公司下运行的证券公司。监管者进行风险度量将更贴近银行风险管理方法。由于各个银行风险度量步骤的范围及发展的程度不同,针对这一现象,新巴塞尔协议通过渐进的方式进行不同程度的整合:对于三种主要的风险(市场风险、信用风险、操作风险),信贷机构(credit institutions)可以在标准法和更为综合的内部程序及模型中进行选择。更为综合的风险衡量程序将用来缓和资本需求。

除了维持世界金融体系稳定外,新巴塞尔协议的目的还包括:提高金融体系的安全及稳定性,加强竞争的公平性,对由银行的地位和活动所涉及的风险进行资本充足率的评估,专注于国际业务的银行可以申请较为灵活的监管以适应多样化的业务,鼓励银行内部风险评估能力的不断改进,确保银行对风险的监管有足够的重视。

新巴塞尔协议由三大支柱组成:最低资本要求,监督审查过程,市场监管。

支柱1:最低资本要求。包括了信用风险、市场风险和操作风险。与1988年巴塞尔协议相比,在计算风险要求时,银行有更为广泛的选择。对于全球银行业系统,巴塞尔银行监管委员会保持一致的总的资本水平,即8%的风险加权资产。

支柱2:监督审查过程。与之前的框架相比,监管者的责任范围扩大了,必须保证:银行具有恰当的程序估计风险资本要求;银行切实执行了上述的最低监管资本比率;当问题出现时,银行能够及时采取修正措施。

支柱3:市场监管。新资本协议强调了财务报表中风险披露的重要性。风险披露使市场参与者能够评价银行的风险状况以及资本头寸的充足性。新的框架列示了风险披露要求及参考建议。如果银行不能满足披露要求,则不具有运用内部模型法的资格。内部模型法的运用一般能够降低资本要求,因此激励银行遵守风险披露要求。从本质上看,更依赖内部模型的银行信息会更加透明。

表 28-1 风险计量的方法

信用风险	市场风险	操作风险
标准法(修改版)	标准法	基本指标法
↑	↑	↑
Standardized Approach (modified version)	Standardized Approach	Basic Indicator Approach
基本内部评级法	内部模型法	标准法
↑	↑	↑
Foundation Internal Rating Based Approach	Internal Models Approach	Standardized Approach
高级内部评级法		内部衡量法
↑		↑
Advanced Internal Rating Based Approach		Internal Measurement Approach

28.2.3.3 信用风险下标准法的风险权重要求

表 28-2 信用风险下标准法的风险权重要求

	信 用 评 级					未评级
	AAA/AA-	A+/A-	BBB+/BBB-	BB+/B-	B-以下	
国 家	0%	20%	50%	100%	150%	100%
银行——第一方案	20%	50%	100%	100%	150%	100%
银行——第一方案下短期 债权优惠待遇	20%	20%	50%	50%	150%	50%
银行——第二方案	20%	50%	50%	100%	150%	50%
银行——第二方案下短期 债权优惠待遇	20%	20%	20%	50%	150%	20%

在第一方案下,银行评级根据其所在国家进行评级;在第二方案下,银行评级根据外部评级。短期债务指期限低于三个月的债务。

对非中央政府公共部门(public sector entities)的债权,可以从对银行债权风险权重的两个方案中选择一个。选择第二个方案时,不能对短期债权给予优惠待遇。

对多边开发银行债权的风险权重建立在外部评级的基础上,采用的是处理银行债权的第二方案,但是不能对短期债权给予优惠待遇。

对国际清算银行、国际货币基金组织、欧洲中央银行和欧盟债权的风险权重可以为零。

表 28-3 公司债权的风险权重

	信 用 评 级				
	AAA/AA-	A+/A-	BBB+/BB-	BB-以下	未评级
公司债权	20%	50%	100%	150%	100%

各国监管当局可自行决定,允许银行不采用外部评级,公司债权的风险权重都是 100%。

28.2.3.4 IRB 初级法和 IRB 高级法的数据要求

表 28-4 IRB 初级法和 IRB 高级法的数据要求

数 据	IRB 初级法	IRB 高级法
违约概率(PD)	银行提供的估计值	银行提供的估计值
违约损失率(LGD)	委员会规定的监管指标	银行提供的估计值

(续表)

数 据	IRB 初级法	IRB 高级法
违约风险暴露(EAD)	委员会规定的监管指标	银行提供的估计值
期 限(M)	委员会规定的监管指标或者由各国监管当局自己决定允许采用银行提供的估计值(但不包括某些风险暴露)	银行提供的估计值(但不包括某些风险暴露)

通过内部评级法(internal rating based approach),银行可以根据监管标准利用内部方法估计信用风险价值。在基本 IRB 法下,银行估计出违约概率(probability of default, PD),监管部门提供基于标准法得到的其他输入变量。

通过高级内部评级法(advanced internal rating based approach),银行可以提供其他输入变量,包括违约后损失(loss given default, LGD)和违约风险暴露(exposure at default, EAD)。对于可能的风险暴露,综合所有的违约后损失和违约风险暴露可以得出监管需要的其他风险权重。

28.2.3.5 信用风险缓释的单一法和综合法

新巴塞尔协议的目的之一在于对信用风险缓释提供更多的监管,同时银行也采用各种方法对其面临的信用风险进行缓释,通常采用的方法包括以下三种:抵押交易(collateralized transactions)、表内净额结算(on-balance sheet netting)、担保及信贷衍生工具(guarantees and credit derivatives)。针对抵押交易,标准银行有两种方法可以采用,即简单法和综合法。

在简单法下,用来担保或部分担保的抵押工具风险权重可以被用来替换原来交易对手的风险权重。在综合法下,发生抵押时,银行需要就资本充足率计算其对于交易对手的经调整风险暴露(或称为敞口, exposure),目的在于将抵押的影响加以考虑。当采用折扣率时,银行被要求就以下两个方面进行调整——对于交易对手的风险暴露总额,及收到用于支持交易对手的抵押品的价值,由于存在市场运作,需要考虑未来可能的价值波动。这将对风险暴露(exposure)及抵押的经调整总额产生波动性。

简单法不允许期限错配(maturity mismatch),且抵押品的价值需每六个月盯市;综合法允许期限错配,享有更多被认可的抵押品。

在综合法下,抵押交易在风险缓释后的风险暴露总额计算如下:

$$E^* = \max \{0, [E \times (1 + He) - C \times (1 - Hc - Hfx)]\}。 \quad (28-14)$$

其中: E^* 为风险缓释后敞口的价值; E 为敞口的现值; He 为适合于敞口的折扣率; C 为收到的抵押品的现值; Hc 为适合于抵押品的折扣率; Hfx 为适合于抵押品和敞口间进行当期错配的折扣率。

28.2.3.6 巴塞尔协议 II 对证券化的处理

资产证券化是增长最为快速的业务之一,与此同时,也是一个极其复杂的领域。新巴塞

尔协议框架首次提出世界范围内统一的标准,以指导这类交易。这大大降低了资本套利的动机,在过去,进行证券化(或资本化)的重要原因是资本套利,现在风险管理和再融资将发挥更为重要的作用。

对于银行而言,自有资产的证券化(或资本化)及资本释放是可能对风险转移产生重要影响的偶然性事项。除了重大风险转移暴露(exposure)外,证券化没有其他显著的不足之处。对风险转移进行监督确认的操作要求在标准法以及内部评级法(IRB法)下证券化的风险是一样的。但考虑到初始交易者和投资者面临的证券化风险对资本要求之后,还是有所不同的,因为各个机构在风险管理方面的程度及经验有所不同。

证券化风险暴露的标准法通常基于信用风险标准法建立模型,但是当外部评级低于BBB-时,需要用更高的风险权重;未进行评级的,将被要求进行资本的扣减。这是一种较为保守的方法,考虑了较高的风险集中度,避免外部评级对较差信用级别的不实评测。

证券化风险暴露在IRB法下和通常的信用风险不一样,因为信用风险下IRB法未将违约概率(PD)和可能的违约损失(LGD)等加以考虑。证券化风险的基本法和高级法并没有区别。有三个方法可以计算证券化风险对资本的要求:外部评级法(external ratings-based approach, RBA),监管公式法(supervisory formula, SF)以及内部评估法(internal assessment approach, IAA)。内部评估法只允许在一定范围内采用,如在资产支持性商业票据上(asset-based commercial paper, ABCP)可以使用此类方法。

1) RBA法。所有的IRB银行都必须采用RBA法,对风险进行外部评级。RBA法对于初始交易者和投资的处理方式是一样的,对于不同的评级分类,有一定范围的风险权重。

2) SF法。对未进行证券化的潜在资产,风险暴露是基于资本要求的。但是,银行需要就信用增强及加权平均LGD进行风险暴露的调整。

3) IAA法。只在特定的情况下允许使用。银行通过自身内部风险评估对主要的外部评级进行运用,以计算资本要求。而后,银行通过RBA计算风险权重。IAA法和SF法可以运用于未评级的风险暴露,这些方法也可以降低为评级证券对资本要求方面的负面影响。

银行必须将证券化框架运用于公司,以确定风险暴露的监管资本要求。风险暴露由传统及综合或兼具二者特征的证券化所产生。证券化可能通过不同途径实现,因此证券化风险的资本处理必须基于经济实质而非法律形式确定。进行风险转移监管确认的操作要求同标准法和IRB法下的证券化风险要求是一样的。

表 28-5 标准法下长期评级类别

外部信用评估	AAA 至 AA-	A+ 至 A-	BBB+ 至 BBB-	BB+ 至 BB-	B+ 及以下或未评级的
风险权重	20%	50%	100%	350%	扣减资本

表 28-5 列出了标准法下长期评级的类别和对资产分配的风险权重。从中可以看到,当银行承担第一损失责任时,其承担第一损失责任的暴露按照 B+ 或以下评级,将直接扣减资本。同时协议规定,在一般情况下,如果有外部评级或推测评级的话,发起银行在确定资

本要求时应当使用以评级为基础的方法。如果没有外部评级或推测评级的话,就要使用监管公式法。

28.2.3.7 市场风险的内部模型法(IMA 法)

IMA 法以日为基础计算市场风险要求:

$$MRC_t^{IMA} = \max\left(K \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} VaR_{t-i}, VaR_{t-1}\right) + SRC_t。$$

其中: VaR_{t-i} 为 99% 的置信水平下, 某银行 10 日内的 VaR; K 同时反映乘数及正效应(the plus factors); 观测期间至少涵盖一年, 因此需要获得一年的历史数据, 这些数据至少是每季更新的。

SRC 表示特殊风险要求, 对特别因素起缓释作用, 包括违约及特定事件风险, 与私人债券及股票发行者相关。

巴塞尔回溯检验框架包括对日常例外事件的记录, 这些例外是过去一年中 99% 的 VaR。过多的例外显示模型低估 VaR 或银行的情况令人失望。根据巴塞尔委员会的判定, 最多不超过 4 个的例外是可以接受的, 定义为绿色区域; 如果例外数量达到 5 个或是更多, 则落入黄色或红色区域, 这将引致渐进的惩罚, 即乘数因子将从 3 增加到 4。

28.2.3.8 巴塞尔协议中用于计算操作风险的三种方法

下述提到的框架为计算操作风险要求的三种方法, 这些方法日趋完善, 并与风险敏感性实现统一。

1) 基本指标法(BIA)。基于公司范围衡量资本要求。银行应持有对操作风险的资本等于过去三年年平均总收益的固定比例。巴塞尔委员会建议以 150% 作为操作风险的初始比例。

2) 标准法(SA)。在 BIA 的基础上, 允许银行按业务标准划分经营活动, 每种业务总收益乘以固定比例。这一比例因业务不同而不同, 操作风险的资本要求按业务进行总和。

3) 高级衡量法(AMA)。如果银行可以达到更为严格的监管标准, 可采用 AMA 进行操作风险资本的计算。AMA 与确定信用风险的 IRB 法相似, 即银行运用自己的方法对操作风险进行评估。对于 AMA 巴塞尔协议的要求相当灵活, 只要能够对操作风险进行综合研究, 并能够系统地实现这一过程就可以。

28.2.3.9 巴塞尔协议 II 第二支柱的四个原则

新巴塞尔协议第二支柱为监督审查过程, 涉及银行业监管者如何同银行管理层及其内部管理程序相互作用。第二支柱的主要目的是内部程序能够对资本充足率进行适当估计。根据第二支柱, 银行业监管者的职责包括确定银行就资本要求进行风险评估的情况如何。资本充足率并不能取代某些必要的程序。第二支柱不仅包括风险的评估, 也提出下述概述, 包括: 机构如何识别其经营活动的不足之处, 为了减低风险和持续经营基础上恢复资本需要采取哪些措施。第二支柱包括四个重要原则:

原则 1——程序制定。银行应具备一整套程序, 用于评估与其风险轮廓相适应的总体资本水平, 并制定保持资本水平的战略。

估计资本充足率的步骤包括：确保能够识别相关风险的政策和程序；将银行战略和承担风险的资本水平相联系的程序；内部控制；保证管理系统完整性的检查和审计。

原则 2——检查。监管当局应检查和评价银行内部资本充足率的评估情况及其战略，监测并确保银行有监管资本比率的能力。若对检查结果不满意，监管当局应采取适当的监管措施。

这一原则的目的是为了给监管部门履行监管职责提供指导。确切地说，监管部门应该做到：将敏感性分析和银行资本的敏感性测试相联系；对如何处理预期、未预期事件及其对资本的影响进行评价；评价内部管理程序及高层管理是否对目标资本水平进行适当管理和监督。

原则 3——鼓励措施。监管当局应鼓励银行保持其资本水平下高于监管资本比率，应该有能力要求银行在满足最低资本要求的基础上，另外持有更多的资本。

监督人员应该能够保证银行在足够的资本水平下运营，鼓励对不同的操作型定义设定目标。各国及其监管部门设定的资本比例可能高于新协议中规定的最小资本额。

原则 4——干预措施。监管当局应尽早采取干预措施，防止银行的资本水平降至防范风险所需的最低要求之下；如果银行未能保持或补充资本水平，监管当局应要求其迅速采取补救措施。

为保持最小资本充足率，新协议建议监管部门做到：增加银行监管活动的频率和强度；严格限制股利支付；要求银行准备并完成资本恢复计划；要求银行能够及时增加额外的资本。

随着银行内部控制程序有效性的加强，新巴塞尔协议认为需要根据第二支柱对利率风险进行分析并评价。确切地说，银行评估利率风险的内部程序并不包含于风险评估之中。银行必须提供敏感性测试或压力测试的结果以显示资本水平，这一资本水平需在利率发生不利变动时保持不变。

28.2.3.10 监督审查的具体问题

委员会对银行和监管当局监督检查过程中的重要问题做出了规定，这些问题包括在第一支柱中未直接涉及的主要风险以及监管当局应确保第一支柱在某些方面切实发挥作用的重要评估。

银行账户的利率风险。考虑到不同的国际银行在利率风险的性质和监测管理程序方面都存在明显的差异，新协议将银行账户中的利率风险纳入到新框架中第二支柱。若监管当局认为银行所持资本与其利率风险水平不相称，必须要求银行降低风险或增持一定数量的额外资本。例如银行如果在标准利率的冲击下，其经济价值下降幅度超过其一级资本、二级资本之和的 20%，此类“异常值银行”（outlier banks）的资本充足情况必须被监管当局特别关注。

操作风险基本指标法和标准法中用于计算操作风险的总收入，只是计量银行操作风险的一个代用指标，在某些情况下，如银行的利润或收益低，则会低估操作风险的资本要求，根据辅助性文件“操作风险管理与监管的稳健做法”，监管当局应考虑，第一支柱计算出的资本要求是否与单个银行操作风险相符，比如通过与其他在规模和业务上类似的银行进行比较。

其他问题主要涉及信用风险，包括 IRB 法的压力测试、剩余风险、贷款集中风险和资产证券化。

28.3 金融集团资本管理

28.3.1 当前金融集团监管的不足

金融集团(financial conglomerates)的业务包括保险、证券服务及银行服务。每一业务部门对监管资本的需求不同。对金融集团监管资本的计算主要有两种方法,分别是“silo”法和模块化法。“silo”法简单地加总各业务部门的资本要求以达到总体资本要求,这一方法有三个方面的局限性:① 未根据不同业务汇总风险,可能由于多样化好处而降低资本需求或由于风险集中而增加资本需求;② 操作风险水平一致,但根据规定不同业务部门的处理方法不一样;③ 未将非许可的贷款或租赁业务活动的资本要求考虑在内。

表 28-6 “silo”法的局限性

处理上的不一致性	汇 总	不 完 整
资本要求取决于风险被记录的方式(where risk is booked)	风险集中于法律边界	未获许可经营公司的资本要求
壁垒由于创新被打破	法人实体内部风险种类多样化	控股公司的资本要求/资金结构
套利监管的要求/潜在要求增加	商业活动和经营公司风险多样化	对非财务公司的战略投资

28.3.2 基于模块化方法聚合金融集团的风险

通过模块化(building-block)方法可以将金融集团的信用风险、市场风险、商业风险、事件风险及保险风险综合为一个单独的累计损失分布。模块化法对风险的汇总是基于财务集团的三个层次:投资组合、业务部门、控股公司。

层次Ⅰ:独立经营部门内单一风险因素下独立风险的汇总。例如,商业贷款组合中信用风险的聚合、寿险组合中投资的风险以及财产和人身意外伤害保险承销业务的风险。

层次Ⅱ:独立的经营部门内不同的风险因素下的风险汇总。例如银行信用、市场/生命周期管理以及经营风险的汇总,或对资产、负债及寿险、财产和人身意外伤害保险的经营风险的综合汇总。

层次Ⅲ:不同的业务下的风险的汇总,如银行业务、保险业务。这是最高层次(控股公司)的综合性描述,或可以说是损失的累积概率分布。

28.3.3 金融集团达到风险汇总的三个层次的多样化优势

表 28-7 风险汇总的三个层次所具有的主要特点

次一级	相关因素			多样化优势
	数量	集中度	相关性	
层次 I (投资组合)	大	低	低	50% 及以上的信用风险
银行业务			中	15%~28%
寿险业务			中	19%~38%
层次 II (业务)	中	中	低	27%~46%
财产和人身 意外伤害保 险业务			低	27%~46%
层次 III (公司)	小	高	高	5%~10% 综合了 银行业务、财产和人身 意外伤害保险业务 以及与多样化优势最 大化相当的规模

28.3.4 金融集团的“星型”组织模式

“星型”(hub and spoke)组织模式对应于模块化法的三个层次。

层级 I 及层次 II 为节点(spoke),与业务部门的风险管理相关。例如银行业务的信用活动、保险分部或集团的精算活动,由第一线管理人员对大多数交易活动进行决策。层次 II 的风险管理——业务部门中多风险因素——发生在节点的位置上,通常为财务部门,其职责是对分部的资金运用以及对部门经营活动进行报告。

层次 III 为中心,在集团水平上对风险及资本进行集中监督。中心的风险报告独立于层级 I 及层次 II,大多情况下也对综合经济资本框架相关方法的发展提供指导,综合经济资本框架由节点实施。中心的作用呈多样化,包括进行集团层次的风险报告,参与集团资本结构、资金运用以及目标负债比例的确定,与监管者联系以及为代理评级,对诸如抵押贷款债务 CLOs(collateralized loan obligations)的风险转移交易进行指导,在一些情况下还对资产负债表进行管理。

28.3.5 新巴塞尔协议中金融集团资本监管的“3+1”支柱方法的框架

金融集团的飞速增长给监管者带来挑战,监管者需要就持股公司特定的环境建立相关程序。“silo”法在现行监管规定中得到确立,这要求就金融集团需求进行修正。新巴塞尔协议确定了三个监管支柱:① 资本——金融机构货币缓冲要求;② 监管——对不合格的金融

机构加强监管；③ 披露——对重大损失、风险管理实务及其他重要信息向所有团体报告。基于现存的支柱，表 28-8 中经过修正的政策可以对金融集团特定的环境进行更好的监督。

表 28-8 修正后的政策

规 则	监 督	市场机制	法律界限
明确的最低资本要求 最低通用标准 监管者的强制执行 非可选、非可判断	内部资本法的检查 特殊机制 内部驱动 灵活性	资本充足率的市场评估 多种观点的综合判断 外部驱动 公开披露信息的限制	分散风险的法律机制 具体的权限与制度 按照法律进行的确认 法律及契约规定

“3+1”支柱将基于规则、基于指导、基于市场及基于法律机制的方法综合运用于资本监管。重要的是，这些支柱相辅相成，任何单独一个都是不充分的。第四个支柱是对风险可能引起的骨牌效应的解决方案。

第 29 章 公司范围风险管理

金融行业已经意识到,风险管理应该在全球范围内展开,涵盖不同的业务过程和不同的风险类型。风险管理受到一系列因素的影响:① 随着各类业务的扩展,全球性的风险暴露越来越多;② 各种风险因素之间互相影响;③ 不同产品市场的风险和不同金融市场的风险互相关联,这些关联使得考虑风险和-product之间的相关性显得非常重要。

不同风险之间的相互影响需要得到重视,但常常被忽略。近年来,在衡量市场风险及信用风险方面,金融行业有很大的进展,即通过 RAROC 法(风险调整资本收益法)对风险衡量,而后进行风险补偿。但这可能促使公司将风险转移至无法对风险进行很好的衡量和控制的领域。金融行业也意识到,为了得到分散化带来的好处,必须对不同的风险进行衡量和比较,这正说明了公司范围风险管理整合的趋势。综合的风险管理为机构整体的风险情况提供可靠且全局的描述;采用统一的方法、系统及数据,对所有业务部门及所有风险因素进行计量。

29.1 公司范围风险管理框架

29.1.1 公司范围风险管理的三大支柱

可以这样认为,公司范围风险管理建立在三个重要性相当的支柱上——策略、方法以及结构。

29.1.1.1 最佳实务策略(best-practices policies)

最佳实务策略建立在组织的最高级别上,即董事会和高级管理层,且应当能够反映公司的任务说明。在许多情况下,策略的目的是为了增加股东价值,即既定风险水平下得到与之相一致的回报。因此,是否进入或退出一项业务,需要在考虑预期回报和风险之后再慎重做出决策。

在实务中,机构还需确定其所能承受的风险范围及对内、对外披露的范围。上述的风险承受范围可以转化为目标信用评级,由此得到的风险承受额度为公司整体风险管理策略提供基本体系。这些策略通过 VaR 或压力测试得到的最大损失额来设定市场风险限额;同样地,这些策略需要连同内部风险控制一起转换为信用风险及操作风险的 VaR。

29.1.1.2 最佳实务方法(best-practices methodologies)

如果不存在适当的分析方法来衡量、控制和管理金融风险,则无法执行最佳实务方法。因此,需要采用先进的方法对投资组合进行估价并衡量其风险。很显然,通过最合适的方法可以在投资组合的水平上进行风险衡量和定价。

风险衡量方法也为交易员和业务部门提供设定和管理风险限额的工具,同时也基于风险资产成本对利润和损失进行调整。

29.1.1.3 最佳实务结构(best-practices infrastructure)

只有具有适当的结构,最佳实务策略和方法才能顺利执行。最佳实务结构包括反映公司范围风险管理基本体系的组织设计以及支持风险管理决策的系统。其中组织设计包括人员培训、专门知识和激励制度。

29.1.2 组织结构

为了更有效率,组织结构(organizational structure)的设计必须反映有效的公司范围风险管理策略。

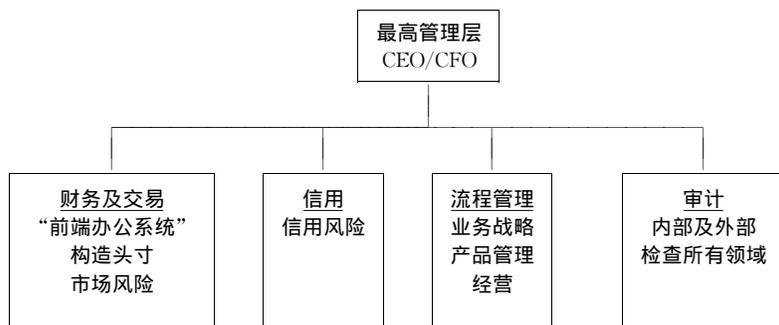


图 29-1 旧式商业银行典型的组织结构

图 29-1 所示的这种结构下,风险主要由业务流程控制。风险经理批准交易、设置及监控风险暴露限额,并监控交易对手的财务状况;财务和交易部门进行专有交易和对冲,同时

对头寸或 VaR 限额进行衡量和管理；流程管理制定业务和产品战略，同时也对经营活动进行控制；外部及内部的审计功能对业务过程进行独立的检查。

上述结构存在许多问题。最大的问题在于市场风险管理部门向交易部门报告，这违背了风险管理的独立性原则。另外，独立流程之间风险管理的分散化导致缺乏协调性，未能考虑不同类型风险之间的相关性。例如，信用风险经理可能倾向于运用能够把信用风险转化为操作风险的金融工具，因为操作风险由其他风险经理管理。信用风险和市场风险将相互影响并进一步恶化的情形（如 LTCM 的案例）可能被忽略。不同业务流程的模型和数据库可能不一致。

为保持独立性，风险管理经理不应该向交易部门报告，而是直接向最高管理层报告。理想状态下，风险管理模式应该具有整体性的功能，涵盖市场风险、信用风险和操作风险；以避免风险从一个可以得到很好控制的领域推向其他领域；同时，公司范围的风险管理要考虑不同类型风险之间的相互作用。

不同功能分离以及风险管理独立性的理念必须在机构的组织结构中具体化。图 29-2 描述的流程图就是这样的结构，最重要的在于风险管理部门独立于交易部门。

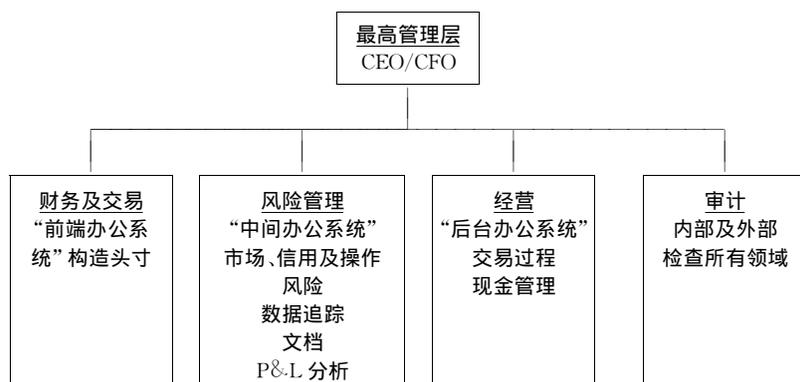


图 29-2 流程图

前端办公系统(front office)关注的是根据风险管理设定的头寸和 VaR 限额进行头寸构造，或进行一些局部的对冲；后台办公系统(back office)关注的是交易过程和现金管理的协调；中间办公系统(middle office)具有一些扩展的功能，包括风险衡量和控制。

首席风险官(chief risk officer)的职责为：

- 1) 设定与公司整体策略一致的风险管理政策、方法以及过程；
- 2) 检查和改进定价及风险衡量模型；
- 3) 从全局出发衡量风险、控制风险暴露及风险因素变动情况；
- 4) 加强交易部门风险限额的管理；
- 5) 与高层管理者进行风险管理结果的沟通。

图 29-3 描述了由执行副总裁或首席风险官领导下的集中风险管理机制及新机制下的各个部门。报告的内容包括市场风险管理，即控制交易账户的风险；信用风险管理，即控制银行和交易账户的风险；操作风险管理，即控制操作风险以及系统。最后一个部门涉及风险管理信息系统(MIS)，包括硬件、软件和数据追踪；分析，包括开发和测试风险管理方法以及

RAROC, 保证经济资本根据风险进行配置。

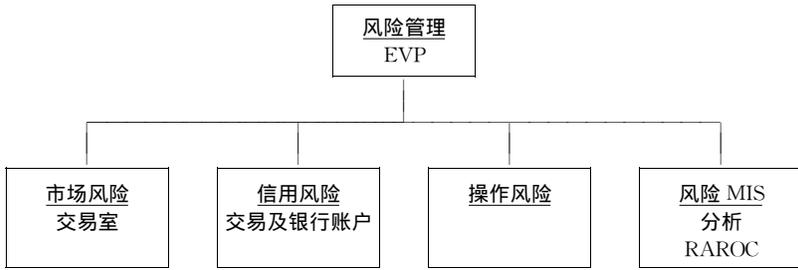


图 29-3 集中风险管理机制及新机制下的各个部门

29.1.3 控制交易风险

交易员的薪酬结构应当仔细设计,通常情况下,交易者得到的奖金和他们的业绩直接相关,例如利润的 20%。需要注意的是,同期权一样,薪酬契约的设计是非对称的。如果交易员的表现好,可能年纪轻轻就成为百万富翁;如果出现亏损,交易员仅仅被解雇。多数情况下,他们因为已经具有丰富的经验,能够再找到一份工作。

薪酬契约的设计是为了吸引最优秀的人才从事交易,但薪酬契约的缺陷在于交易员作为期权多头,存在通过提高头寸的风险来增加期权价值的动机,这对公司可能不利。这种趋势可以通过以下方法进行控制:

- 1) 调整薪酬契约的结构使交易员的利益和公司的利益更好地结合(例如以公司的股票支付股利或以长期的表现制定考核标准);
- 2) 从交易利润中扣除基于风险的资本要求额度,如 RAROC 系统;
- 3) 任命独立的风险经理。

为保证效率,很重要的是做到风险经理的薪酬结构与交易者的表现无关,同时也要保证风险经理的薪酬能够吸引到优秀的人才。

一定程度上,可以通过调整对交易员的激励更好地管理交易风险。设定限额也可以控制这类风险,限额分为事后和事前两种,前者包括止损限额(stop-loss limit),后者包括风险暴露限额(exposure limit)和 VaR 限额(VaR limit)。

止损限额为当交易员出现累计损失后对其头寸设定的限制。因为是事后限额,所以无法避免损失的发生;但是能够阻止出现损失的交易员通过“双倍下注”以期弥补损失,即投入更多的资金希望未来得到足够多的收益弥补之前的损失。当市场出现惯性时,如不及时调整头寸,损失将更大,此时这类限额也能起到减少亏损的作用。

风险暴露限额系统性地作用于交易员,在损失发生前对其进行控制,以名义本金表示。例如,一名日元交易员的最大损失头寸可能设定为 1 000 万美元。这类限额的设定通常考虑一个部门能够承担的最大损失以及风险因素变动的极端情况。

这类限额的问题在于没有考虑市场风险的分散化和变动情况。同时,对于复杂的金融产品,本金额并不能代表最大的损失,从而产生头寸限额“套利”,此时交易员遵守了限额的表面规定,而未遵守本质上的要求。例如,交易员在票据方面的限制可能是 1 000 万美元,

到期期限不超过 5 年。这类票据的久期通常是 4 年。实质上,这样的限额是为了控制利率风险暴露,但交易员可以通过投资久期是 12 年的反向浮动票据绕开规定。

VaR 限额由于对风险的分散化和时间的变化有所关注,正成为传统限额的常见补充。例如,由于分散化,业务部门的 VaR 限额可能比所有单个交易员 VaR 限额的总和小。在实务中,VaR 限额也会受到套利活动的影响,因此常常和风险暴露限额结合使用。

VaR 限额潜在的缺陷在于,其效果很大程度上受到基础风险因素波动的影响。假设债券交易员的限额为头寸 1 000 万美元,久期 10 年。如果 10 年期零息债的日波动率为 0.41%,在 95%的置信水平下,VaR 大约为 67 000 美元($\$10\,000\,000 \times 0.41\% \times 1.65 = \$67\,000$)。假设 VaR 限额设定为 70 000 美元。第二天,市场波动性增加,利用 EWMA 模型预测的波动性为 0.60%。此时头寸的 VaR 变为 99 000 美元,比限额高出 29 000 美元。如果不提高头寸,交易员不得不减低头寸以满足 VaR 的要求。

这样的机制可以有效地预测波动率的增加,但需要注意一些问题。首先,波动率的增加并不能被精确地确定,GARCH 模型可能产生不一样的结果,即波动率增加到 0.50%而非 0.60%。如果统计模型不能区分二者,又怎能确定正确的数字为 0.60%? 同样地,较高的 VaR 可能为较高的收益所抵消。事实上,波动率高的时期,较高的风险溢价会使资产的价格下降,换言之,资产未来的预期收益会升高。但是,必须仔细考虑交易员的这种解释。最后,降低头寸可能会由于较高的流动性成本而不现实和不可接受。

29.2 风险管理和公司价值

29.2.1 在完美市场假设下如何增加公司价值

在完美市场假设下,套利风险(系统风险、分散化或产出价格风险)无法增加公司价值。因为承担风险的成本等于平衡点利润,而平衡点的利润是市场参与者承受等价风险时所要求达到的,所以在金融市场上无法通过套利获得净收益。

1) 降低公司的非系统风险无法增加公司价值。

公司的股票价值是未来预期现金流量的现值,其中,折现率为通过 CAPM 模型确定的预期回报率,取决于系统风险、贝塔系数、现金流量。预期回报率即必要回报率,是投资者由于购买公司股票而承担的系统风险的必要补偿。

CAPM 模型中,系统风险将由较高的预期回报得到补偿,因此模型的结论认为,公司可能采取对冲(hedging)或降低风险的策略。降低公司股票的分散化风险并不会改变股东所要求的回报,因为股东要求的回报率仅仅与公司股票的系统风险相关。

2) 通过金融交易降低公司的系统风险无法增加公司价值。

3) 无套利机会的金融市场,使得对冲价格风险无法增加公司价值。

无套利机会排除了通过系统风险对冲增加公司价值的可能性。公司进行系统风险对冲的成本等于投资者进行系统风险对冲的风险。如果不是这样的话,投资者就有进行无风险套利的机会,市场价格将脱离均衡点。如果由公司支付的或是资本市场支付的风险的价格若是一样的,则风险对冲就无法产生价值。

4) 经营战略的改变可以降低公司股票的贝塔系数,若采取该措施的成本较低,可能增加公司价值。

29.2.2 在现实市场中如何增加公司价值

现实市场是不完美的,存在着税收、交易成本、信息不对称等情形。不完美市场下的风险管理可能增加公司价值。下面列示了较低风险的战略增加公司价值的情形。

1) 风险管理通过降低破产(bankruptcy)以及财务困境(financial distress)的可能性进而降低破产成本和财务困境成本的方法来增加公司价值

当公司的资本结构中有负债时,经营收入可能由于不足以支付债权人而导致破产;进一步地,需要雇佣律师和顾问对破产事宜进行处理,同时,需要将时间和精力分配到破产程序上,这些都降低了公司的价值。研究表明,破产导致的直接成本的平均值为公司资产价值的3%(Weiss 1990)。公司破产的可能性与发生的成本的乘积等于发行风险债券公司预期的破产成本。

有些公司可能由于经营不佳而破产,这类公司将陷于财务困境,承担这方面的成本。即使公司逃过破产的厄运,也需要承担额外的成本,包括对债务重新谈判、将所有资源押在能够创造价值的项目上、更加苛刻的条款、销售的减少(来自对公司能否提供产品的怀疑)、投入在这些问题上的管理资源以及相关的现金流动等。

不同于贝塔风险和产出价格风险,股东无法就破产和财务困境的风险进行对冲;因此,公司通过风险管理以降低或消除这类成本可以增加公司价值。如果风险管理是不需成本的,那么公司可以避免由于破产可能性和财务困境成本而引起价值的降低。而事实上对冲(hedge)是一项极其耗费成本的活动,只有当公司增加的价值大于风险管理的成本时,进行风险管理显然才是合适的。通过风险管理或对冲策略的运用,可以增加公司的价值。

2) 风险管理可以平滑各年的税前收益,降低税收负担,进而增加公司价值

较高的公司收益将被征以较高的税款,通过风险管理平滑应税收益可以降低总的应纳税额。对收益进行平均是不允许的,但任一期间的损失可以冲抵上期的税款或减轻未来的纳税负担。税款损失的延后及提前并不改变货币的时间价值。冲抵的以前期间税款在以前期间支付时已经流出公司,而当期损失降低未来税款的支付额只有实际支付时方能实现。

税法中存在许多复杂的因素,如利息支付和折旧的税盾作用。即使考虑所有的因素,分析显示,通过风险管理降低应税收益的不稳定性确实能够降低所支付税款的现值,从而增加公司价值。总而言之,风险管理策略通过将一美元应税收益从高税率年份转移至低税率年份而减少总的应纳税款,增加公司价值。

3) 通过降低资本的加权平均成本以实现公司价值的增加

最优资本结构的权衡模型中,负债带来的税收收益会增加公司价值,因为公司进行融资时可以采用较多的负债,直到财务困境潜在成本的增加额超过负债带来的税款的节约额时为止。通过风险管理,公司可以降低财务困境风险,提高债务融资的比例,增加负债的节税效应,以达到增加公司价值的目的。

4) 管理公司层面的可分散风险,能够降低大股东对于公司的收益率要求,增加大股东数目,从而增加公司价值

投资者通过持有多样化的投资组合消除特定公司风险(firm-specific),针对特定公司风

险进行对冲(hedge)的风险管理并不能增加公司价值。大股东可能从降低公司不对称风险中获利,特别是当大股东在公司的财富为其财富的很大一部分时。当可分散风险或公司特定风险较低时,投资者更愿意持有公司的大量股票。

大股东的出现能给公司带来多方面的好处:大股东的经验可以给公司管理者提供很好的建议;大股东更有动力对公司经营进行监督并影响公司决策,防止管理当局出现不恰当的行为。因此,大股东的存在增加了公司价值。

5) 风险管理可以降低过度负债(debt overhang)的可能性,增加公司价值

由于过度负债,公司价值降低;因为债权人的利益可能降低股东价值,因此阻碍股东对具有正净现值的项目进行投资。在这种情形下,管理当局无法对能够增加公司价值的项目进行投入,因为通过发行股票融资将减低现存股票的价值。

为了更好地理解过度负债的含义,假设存在一个正经历较差经营业绩的公司,很可能公司价值不足以满足偿还到期的债务要求,公司股票是没有价值的。在这种情况下,管理层可能接受高风险的项目,因为项目将减低公司预期价值但增加期末权益为正的可能性。如果项目的业绩表现不好,债权人将承担损失;如果项目的业绩表现理想,股东将获得大部分的收益。因此,过度负债下的管理决策可能有损公司价值。

倘若公司负债率已经很高,无法再进行债务融资,管理层对净现值为正的项目无法进行投资可能给公司价值带来负面影响。在这种情况下,发行新的股票为项目进行融资能够增加公司价值,但增加的大部分价值被债权人获得。股票价值的增加非常小,以至于无法满足新增加的股东所要求的回报;这一回报不能被满足的部分将由通过对原股东利益的摊薄所实现。从而,过度负债导致管理当局放弃增加价值的机会,使得公司价值降低。

由于种种原因,过度负债降低公司价值。风险管理降低陷入过度负债的可能性,当增加的成本小于由于降低过度负债而增加的价值时,即增加了公司价值。

6) 风险管理可以改善公司与投资者之间的信息不对称程度,降低融资成本,提升公众对管理层的信任度,增加公司价值

信息不对称,指的是内部人或公司管理者较之外部投资者而言,掌握更多关于公司经营业绩和未来前景的信息。信息不对称在两个方面影响资本筹集的成本。其一,公司面临成长机会而进行外部资金筹集时,投资者必须依赖管理当局对该机会的质量及盈利性做出的评价,才能做出决策;其二,公司业绩多大程度上受到较差的管理决策影响或是受到非管理层可控因素的影响,外部投资者无法确知。风险管理可以降低筹集资金的成本并增加公司价值。面临成长的机会,降低风险可以使得筹资基于资产或项目进行,从而降低筹集资金的成本。对公司管理业绩的评价可能的问题通过减少对不由管理层所控制的因素进行评价得到解决,能够增加外部投资者的信心,因为公司业绩反映了管理的质量、降低筹资成本、增加公司价值。投资者所需的回报取决于投资者对公司管理质量的预期以及管理上的激励与公司价值最大化之间结合的好坏。

29.3 案例分析

近年来,金融机构发生危机甚至崩溃的例子层出不穷。这些事件的背后,有些是因为机

构内部操作风险管理的不完善,有些则与整个行业有关。这些金融案件最突出的特点就是其破坏的严重性,一旦发生就使机构濒临破产的边缘。也由于这一点,媒体和监管者对这些事件都倍加关注。为了尽量避免这些情况再度发生,监管机构一直在不断地改进监管规定。

这里我们选取了德国金属公司、美国长期资本管理公司、住友银行和巴林银行进行分析。这几家公司失败的原因各异,但又存在着一些共同点,如德国金属公司和美国长期资本管理公司在财务方面都出现了现金流的中断,导致战略无法执行;而住友银行和巴林银行在操作问题上有许多共同点,如对管理监督的忽视。

29.3.1 德国金属公司(Metallgesellschaft)

29.3.1.1 背景

德国金属精炼及市场公司(Metallgesellschaft Refining and Marketing)从事国际贸易、工程和化工,是德国金属公司在美国的分公司。1991年,该公司实施了一项市场战略——以收费的形式来帮助使客户免受石油市场价格变动的影响。

德国金属向客户提供一种合同,使客户可以在5到10年的时间里按照固定的价格购买一定数量的燃油和汽油。这一固定价格每桶比未来12个月将到期合同的平均价格高3到5美元。用户被授予了一个选择权,如果现货价格高于合同规定的固定价格,则客户有权提前中止合同,这种情况下德国金属就需要向客户支付未来价格与合同价格差额的一半。如果一个客户不再需要这种产品,或者他出现了财务困难,那么他都就会行使这种选择权。德国金属后来的合同中规定了更高的固定价格,客户则可以获得未来价格超过固定价格差额的全部。

与客户的合同使得德国金属在长期远期契约上形成了空头。为了进行套期保值,德国金属使用成批——滚动(stack & rolling)的策略在短期期货合同上形成多头。在这种策略下,公司购入一系列的到期日相同的期货合同,这就是成批。在交割之前,公司对成批的合同进行清算,然后再购入其他的到期日最久的成批合同,这就是滚动。

德国金属使用短期期货合同进行套期保值是因为,一是在远期市场上没有其他短期工具可以利用,二是长期远期合同的流动性很差。事实上,1993年秋天,德国金属在无铅汽油合同上的未平仓合约(open interest)为55百万桶,而该合约每天的平均交易量是15到30百万桶。

1993年油价大幅下跌,造成了德国金属在短期远期合约多头头寸的损失。由于期货合同采用盯市的原则,所以这些损失要马上确认。但是,与客户签订的合同中形成的可以抵消损失的收益在短期内无法实现。1993年12月,德国金属兑现了其头寸,并报告了大约15亿美元的损失。

29.3.1.2 德国金属失败的原因

尽管有些市场观察员提到德国金属在与客户长期远期合同的空头与其短期期货合同的多头的期限搭配不合理,但许多经济学家认为这种套期保值策略并没有不合理之处。在合理设计的套期保值期限内,远期合同和期货合同产生的现金流会相互抵消,使得套期保值公

司可以抵御因为盯市(mark-to-market)损失引起的现金流中断、保证金要求、信用风险和不利市场因素引起的流动性风险。德国金属最大的问题就是现金流的问题,这一问题限制了其履行套期保值合约的能力。现金流问题的产生有以下几个原因。

1) 盯市(marking-to-market)和追加保证金要求(margin calls)

远期合同的收益或损失要在合约终止时才能确认,而期货合同采用盯市原则为基础确认实现的收益或损失,即以日为基础。在德国金属的例子中,与客户合同的收益和损失要在货物交付时才能确认,也就是要在 5 到 10 年的时间里确认。

1993 年,油价从最高时的每桶 21 美元下降到每桶 12 美元的最低点,造成了德国金属短期合约多头头寸的损失。由于期货合同采用盯市的原则,所以这些损失要马上确认。但是,与客户签订的合同中形成的可以抵消损失的收益在短期内无法实现,这就造成了潜在的短期内现金流出,引发了融资的流动性风险。下降的油价使得德国金属要追加交纳足量的保证金,这也加剧了其现金流问题。

按固定价格与客户定期进行结算可以缓解其现金流问题。另一方法就是购入看跌期权(put options),由此产生的现金流也可以抵消现货价格下降时由于盯市所产生的损失以及保证金。

2) 期货折价市场向期货溢价市场的转化(backwardation to contango)

历史上,石油的期货市场呈现出期货折价市场(又称逆价市场)的特点,即期货价格低于现货价格。合同期限越长,期货价格与现货价格之间的差额越大。理论上,当便利收益(convenience yield)大于持有成本(cost of carry)时,就会形成期货折价市场。持有成本计算的简单模型为 $F = S_0 e^{(r-c)t}$, 这里 F 代表期货价格, S_0 代表现货价格, r 表示持有成本, c 表示便利收益, t 则是至到期日的时间。当持有成本小于便利收益(即 $r < c$)时,期货价格小于现货价格,形成期货折价市场,如图 29-4 所示。

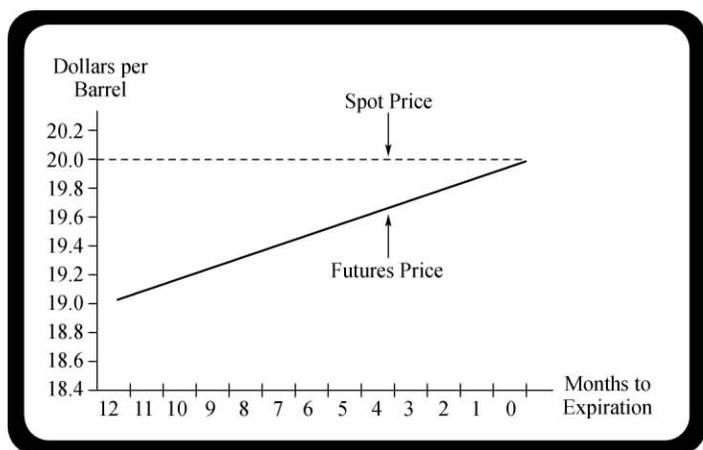


图 29-4 Normal Backwardation of Future Price

期货价格与现货价格之间的差额叫做基差(basis),随着到期日的临近,基差会变得越来越小。在逆价市场上,通过以较高的价格卖出具有较小基差的短期合同,再以较低的价格买入具有更大基差的长期合同,一个利用成批—滚动套期保值策略的多头就可以获利。

不幸的是,在 1993 年的大部分时间里,石油市场由期货折价(逆价)市场转入了期货溢

价(顺价)市场(即期货价格高于现货价格)。由于石油输出国家组织没有能够控制石油的供给量,使得便利收益下降,期货价格高于现货价格($r > c$),如图所示。在期货溢价(顺价)市场的情况下,一个成批—滚动套期保值的多头对套期保值者是不利的,因为短期合同只能在一个较低的价格水平下卖出,而要在一个较高的价格水平下买入长期合同。实际上,从期货折价(逆价)市场向期货溢价(顺价)市场的转换过程是基差风险(basis risk)的一种形式。滚动买入长期合同的成本会超出卖出短期合约的收益,最终使得公司出现现金流问题。

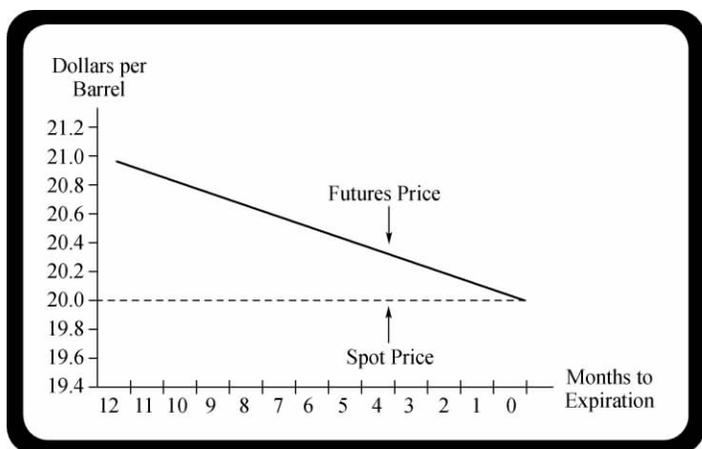


图 29-5 Contango of Futures Price

3) 财务报告

根据德国会计准则,德国金属需要报告期货套保合同的损失,但是对于期货合同所要套保的那部分收益,即与客户合同中形成的收益却不能确认。这样,由于损失的增大,德国金属的信用等级下降,使人们认为其信用风险增加了,限制了公司的融资渠道。这种损失也导致了交易对家(counterparties)对德国金属的信任危机,他们认为德国金属是在进行投机行为,而非套期保值。进而,他们要求德国金属为履行合同提供担保。纽约商品交易所(New York Mercantile Exchange, NYMEX)因此提高了德国金属的保证金要求。通过这一系列事件,我们会注意到一件有趣的事情,德国金属的现金流恶化并不是由其公司的套期保值项目引起,而是由于过度保守的财务报告准则。这些准则无法确认套保损失与可与之对冲的收益之间的关系,而带来这些收益的头寸起初就是建立套期保值项目的动机。

4) 头寸额度(position size)

如果仅从头寸的额度上来看,盯市、保证金、向顺价市场的转化过程以及会计准则引起的德国金属的现金流问题,通过与套保期限内的现金流入相抵,是可以承受或可能平衡的。德国金属套保头寸的流动需要 10 天,如果要不影响市场价格,则需要 22~50 天。结果,德国金属无法在不产生重大市场影响的条件清算头寸,使其遭受交易的流动性风险。更糟的是,德国金属负有沉重的债务,没有额外资本可以缓释额度这么大的头寸带来的损失和现金流问题。

29.3.1.3 对德国金属案件的总结

这里我们对德国金属交易失败的总结从两个方面入手,分别是交易策略和存在的风险。接下来对其他三家公司的总结也采用这种结构。

1) 德国金属的交易策略

- ① 大量卖出长期远期合同,并在远期合同中添加选择权;
- ② 买入短期期货合同,采用成批-滚动套期策略对冲风险。

2) 主要风险

- ① 基差风险。由期货市场结构变化引起。
- ② 流动性风险。主要有以下几点原因:第一,期货仓位过大,超过市场深度;第二,追加保证金要求;第三,母公司潜在的筹资风险。
- ③ 操作风险。主要有以下几点原因:第一,披露机制不完善,庞大仓位的讯息没有及时告知管理层;第二,美国与德国会计制度的不同。

29.3.2 住友银行(Sumitomo Bank)

29.3.2.1 背景

住友银行首席交易员滨中泰男(Yasuo Hamanaka)试图通过一种古老的市场操纵策略对铜市场进行操纵。因为铜市场较小,滨中泰男有控制市场、对其施压的潜力。

他建立了一个占主导地位的期货合同多头头寸,同时在现货市场中购入大量的铜。当期货合同临近交割时,持有空头的各方会发现现货市场中没有铜可用于交割,只能支付非常高的价格来购入铜,或者通过对冲长期期货头寸的方式对持有的空头平仓。不管哪一种方式,都会使铜和(或)铜期货的价格上升,并为滨中泰男带来巨大的利润。

当然,这样做的风险就是铜价格下跌不可避免地带来了巨额损失。同时为了形成其铜多头头寸,滨中泰男不顾将公司置于重大市场风险之下,售出了商品铜的看跌期权(put options)。这一交易策略也使得公司暴露于铜价格下跌的风险之下。

由于缺乏对滨中泰男的监督以及其拥有的广泛权力,使得他可以实施这一欺骗性的交易策略而不被发现。直到 1995 年 12 月,美国商品期货交易委员会(Commodity Futures Trading Commission, CFTC)对市场操纵进行检查时才发现,住友银行有故意影响铜价格的行为。住友银行运用的头寸并非商业需要,存在重大的操纵市场的动机。

1996 年 5 月,伦敦铜价已经跌至 2 500 美元/吨以下,有关滨中泰男将被迫辞职的谣言也四处流传。这诱发大量恐慌性抛盘,使得铜价在几周内连遭重挫,最终给住友银行造成了 26 亿美元的交易损失和来自 CFTC 1.5 亿美元的罚款。滨中泰男被解雇、起诉,最后进了监狱。住友银行持有的商品铜的头寸连同市场的头寸的解除加剧了铜价格的继续下降。在这一点上,住友银行与德国金属有些类似。

29.3.2.2 原因与可能的预防措施

住友银行对滨中泰男的监督缺失带来了高度的操作风险。要是适当的内部控制,这种风险是可以规避的。例如,由于滨中泰男几乎拥有所有的自主权,他可以授权经纪公司进行大量的杠杆交易,为其铜头寸计划融资。还有,缺少监督使其拥有两本交易记录,一本记录的是大量的利润,而另一本记录的则是巨额的损失。但是这种损失是隐蔽的,使得这种非法交易难以被发现。

大额交易应该经过高级管理层的多重批准,这些高层管理者也需要理解这些交易策略。但是,在住友银行的案例中,任何交易批准都不是必需的,并且其高层管理者也根本就没有能力理解这些复杂的交易。

29.3.2.3 对住友银行案件的总结

1) 滨中泰男的交易策略

① 囤积居奇(corner the market)。大量买入实物铜的同时,买入期货铜,以推高期货和现货的价格。随着交割期限的临近,以逼迫交易对手高价买入实物铜以结算合约或高价买入期货进行对冲。

② 同时,为了扩大现货价格预期上涨带来的益处,卖出看跌期权,赚取权利金。

2) 主要风险

① 市场风险。产生的原因:第一,铜市场价格下降;第二,期权空头的负凸度会低估 VaR。

② 操作风险。产生的原因:第一,伦敦金属交易所监管不利;第二,公司过于信任滨中泰男,使其权力过于集中,同时控制了前后台;第三,公司内控机制薄弱,缺乏监督。

29.3.3 美国长期资本管理公司(Long-Term Capital Management, LTCM)

29.3.3.1 背景

LTCM 是一家成立于 1994 年的对冲基金。在经营的前几年,LTCM 取得了骄人的回报率:1995 年为 43%,1996 年为 41%。LTCM 成长非常迅速,在全球各地都拥有权益(equity)、固定收入(fixed income)和衍生工具(derivatives)市场的头寸。1998 年初,LTCM 拥有的资产为 1 250 亿美元,相应地权益资本为 47 亿美元,杠杆比率(leverage)为 28:1。尽管这一资产负债表上的杠杆与其他大型投资银行处于同一水平上,但由于忽视了 LTCM 的头寸的经济杠杆,实际上低估了真正的杠杆比率。例如,LTCM 的头寸代表的名义本金(notional principal)超过了 1 万亿美元。

LTCM 的大部分投资策略可以分为:相对价值(relative value)、信用利差(credit spreads)和权益波动性(equity volatility)。相对价值策略包括类似证券间的价格差额套利,当类似证券价格开始收敛时就可以获得盈利。这种收敛交易策略的一个好处就是同时持有类似证券的多头与空头,从而对冲了风险暴露,降低了不确定性。

LTCM 认为,尽管在不同时期有风险和无风险固定收入工具产生的价差是不同的,但是风险溢价倾向于向其历史均值回归。可以观察到,信用利差比较高时,它们投资抵押类债券(mortgage spreads)和国际高收益债券(international high-yield bond spreads),当信用利差降低到历史水平时就可以获得盈利。

同样,它们的权益波动性套利策略假定普通股期权的波动性倾向于向其长期平均水平回归。对于一项波动性很高的期权,当其波动性回归到正常水平,LTCM 就售出该期权。

1998 年 8 月,俄罗斯意外地无法偿还其债务,使其利息率提高到了 200%,卢布迅速贬值。这一经济震荡使得投资者开始关注已经步履艰难的太平洋区域的经济,发展中国家债

券的收益率迅速扩大,同时公司债券的收益率,不管是优质还低质的,也都急剧地增大。换句话说,债券的信用利差没有下降,而是提高了,这使得债券信用利差策略给 LTCM 带来了巨额的损失。不久,巴西也宣布其货币贬值,进而使利息率和风险溢价提高。同时,权益波动性的提高也使得 LTCM 在权益波动性策略上遭受损失。

最终,纽约联邦储备银行(Federal Reserve Bank of New York)出面组织安排,由 14 家具有领导地位的银行和投资机构注资 36.5 亿美元购买了 LTCM 90% 的股权,从而使 LTCM 避免了倒闭的厄运。

29.3.3.2 美国长期资本管理公司巨亏的多方面原因

美国长期资本管理公司经营失败的背后有着多方面的原因,列示如下:

1) 模型风险

LTCM 面临的一个基本风险就是模型风险,即定价模型(valuation models)和交易模型(trading models)存在缺陷的风险。LTCM 的模型假定历史上的关系可以用来预测未来的关系,这在没有经济震荡的正常情况下是成立的。但是,经济震荡经常会使历史上不太可能出现的相关性急剧增加。在俄罗斯无法偿还其债务后,在世界范围内,信用利差、风险溢价、流动性溢价以及权益产品的波动性都变大了。对此 LTCM 进行了部分调整,使用高于历史水平的相关性关系。然而,这些调整并不能充分反映因经济滑坡而造成的相关性出现的峰值(spike)。

其模型还假定那些低可能性-高严重性事件在各个时期发生的概率是不相关的,即在时间序列上不相关。但事实上,一个经济震荡往往引发另一个,使得那些低概率的极端情况一周就发生几次。因此,传统的 VaR 模型低估了尾侧分布的风险。

2) 多样化(diversification)

表面上,LTCM 的投资实现了多样化,其持有的资产包括世界各地的、不同类别的资产,也运用了多种交易策略。但是在本质上,其所有的交易策略都是基于一种观念,即风险溢价和市场波动性会最终下降。由于交易策略都是基于同一个简单的经济预测,所以 LTCM 的投资并没实现多样化,因而暴露在市场风险之下。

3) 头寸额度

LTCM 极端水平的杠杆比率,使其可以进行大数额、高头寸的投资。这吸引了许多模仿者的注意,他们开始进行与 LTCM 类似或相同的交易,这在某种程度上也加大了 LTCM 头寸的额度。当要对此类头寸进行清算时,LTCM 发现自己是一个市场的制造者,而不像传统定价模型假定的那样是价格的接受者。除了要承受自己巨额头寸清算带来的价格影响,LTCM 发现自己还在同自己的模仿者(他们也在进行类似头寸的清算)竞争。因此,市场价格在很大程度上决定于市场对 LTCM 采取何种行动的预期。

LTCM 头寸的被迫清算引起了相关资产价格的下降,使其蒙受了更多盯市损失和更高的保证金要求,而这又会引起更多头寸的被迫清算,从而形成一个自我加强循环(self-reinforcing cycle)。LTCM 在短期风险计量上一定程度地考虑了此类市场影响的可能性,但是低估了其对市场价格影响的幅度,尤其是被迫清算事件所带来的影响。同样,交易流动性风险的问题在德国金属和住友银行中也都存在。

4) 保证金、杠杆比率和现金流量

尽管证券价格有时会与 LTCM 的相对价值套利策略背离,使公司在这些证券价格最终

收敛前蒙受暂时的损失,但是信用利差的大幅提高才是使公司遭受巨额损失、造成严重现金流问题的主要原因。信用利差提高,根据盯市原则公司需要确认损失,还要满足保证金的要求。LTCM 高水平的杠杆比率使得其损失的影响和现金流量危机更加严重。仅仅在 8 月份一个月的时间内,LTCM 就损失了其 44% 的资本。权益资本的缺乏使公司面临严重的现金流危机,LTCM 被迫将其头寸变现以满足追加保证金的要求。

如果 LTCM 有足够的权益资本可以应付面临的现金流量危机,它可能最终能实现价格收敛过程带来的利润。但是,权益资本的不足,使 LTCM 在价格收敛之前面临着无力偿付的风险。在融资流动性问题上,LTCM 与德国金属有着相似性。

5) 操作风险

作为一个对冲基金,LTCM 向监管者报告的义务是有限的。虽然要针对其持有的头寸报告财务报告和每日头寸报告,但这些报告是不完全的,不能充分披露关于衍生头寸和交易策略的信息。

29.3.3.3 对美国长期资本管理公司经营失败的总结

1) LTCM 的交易策略

① LTCM 始终遵循所谓的“市场中性”原则,即不从事任何单方面交易,仅以寻找市场或商品间效率落差而形成的套利空间为主,通过对冲机制规避风险,使市场风险最小。

② LTCM 在具体操作中,通过电脑精密计算,比较历史价差和现实价差,若发现不正常市场价格差,则利用资金杠杆将其放大,以入市图利。

2) 主要风险

① 市场风险。产生的主要原因:第一, VaR 以历史数据为基础;第二,没有对 VaR 进行流动性调整;第三,没有进行压力测试。

② 流动性风险。主要是因为资金杠杆过大,增加了保证金压力。

③ 模型风险。交易模型只遵循“市场中性”原则,而一旦发生危机,市场中性原则将不复存在。

④ 操作风险。对冲基金向监管者的信息披露不充分。

此案例在附录中还将进行详细的阐述。

29.3.4 巴林银行(Barings Bank)

29.3.4.1 背景

1994 年,巴林银行在新加坡的交易员里森(Lesson)在交易活动中损失了 2.96 亿美元,但其向管理层报告的却是 0.46 亿美元的盈利。据推断,里森主要有两个交易策略:出售日经 225(Nikkei 225)的跨式期权(straddles);利用在不同交易所日经 225 期货合同的价格不同进行套利。一个跨式期权策略的空头包括:出售一个看涨期权(calls)和一个看跌期权(puts)。如果在跨式期权的期限内相应的指数没有什么变化,那么看涨期权和看跌期权到期后就没有任何价值,使得售出的人赚取提供期权的收益。在日经 225 的套利活动包括:在价格较低的交易所买进期货头寸,形成多头;在价格较高的交易所卖出期货头寸,形成空头。

其实,在先前的交易活动中,里森已经造成了巨额损失,如果被发现,他将被解雇。为了尽量弥补这些损失,他放弃了原来在不同交易所日经 225 指数期货合同上同时持有多头与空头进行套利的策略,开始在两个交易所都购入期货合同同时成为多头,希望能通过日经 225 指数上涨而盈利。这一举动使公司暴露于巨大的市场风险和事件风险(事件风险是指不可预期的重大事件对市场的影响)之下。

1995 年 1 月 17 号,日本神户发生了大地震。日经指数大幅下跌,不管是在跨式期权空头,还是在两个交易所的期货多头头寸,都遭受了巨额损失。但是由此增加的保证金里森还是立即支付了,因为里森在 1994 年从伦敦总部申请到了 3.54 亿美元的保证金。当时总部认为理森的策略是没有风险的。一些天后,他又购入 10 814 手期货合同,使公司暴露在更大的风险之下。在日经指数持续下跌的情况下,监管的缺失最终造成了巴林银行失败。

29.3.4.2 巴林银行破产的原因

不同于德国金属和 LTCM,巴林银行的失败不是因为劣质的套利策略,而是因为不完善的内部控制,即操作风险管理的不完善。巴林银行在新加坡的交易员里森,运用了投机性的衍生头寸用以弥补他以前造成的损失(这些损失是隐藏的,而里森有能力做到这一点)。不完善的内部控制使得公司高层无法发现这些损失。其不完善的内控主要表现在以下几个方面:

1) 职责划分不恰当

里森具有双重责任,他不仅是巴林银行在新加坡货币交易所(SIMEX)的基层经理,而且还负责巴林银行在新加坡的结算业务。这一职位使得他可以影响后台雇员,帮他向伦敦总部隐藏交易损失。通过使用一个旧的错误账户以及对后台的影响,里森就可以隐藏其交易活动,而不为伦敦总部所发现。

为了向总部报告利润,里森在 SIMEX 制造交叉交易,即同一家公司以当前市场价格同时买入又卖出同一证券。依靠对后台的影响,他让结算员修改执行价格,使一边获利,一边亏损。尔后,将获利交易记录到标准交易账户上。标准交易账户的交易会向总部报告。而对于亏损的交易,则记录到错误账户上以避免向高级管理层报告。

2) 管理监督的缺失

里森之所以能够用不合法的手段记录虚假的交易是因为巴林银行缺乏对结算过程的监管。在巴林银行繁琐的组织机构中,里森负责向多个管理者进行报告。这种情况使得到底是谁在执行监管职能变得非常模糊。还有,行政权力之争以及高级管理层对里森职位理解的不足,使得交易损失被隐藏起来成为可能。

在职务上里森进行投机交易的是有额度限制的,但事实上他无视这些限制而进行的交易大大超过了这些限额。巴林银行对风险管理监督的缺乏也使得这些越权交易难以被发现。巴林银行的风险管理监督是如此之弱,以致伦敦总部没有提出任何疑问就给了里森 3.54 亿美元的保证金。总之,巴林银行不健全的管理机构在建立信息系统、报告系统和控制系统方面都是失败的。这一问题在住友银行案例中也存在。

29.3.4.3 可以使巴林银行避免破产的风险管理措施

如果有以下措施,巴林银行也许就可以避免破产:

1) 所有交易者都要遵守伦敦国际金融期货交易所(London International Futures Ex-

change, LIFFE)制定的标准;

- 2) 交易和结算职能分离;
- 3) 实施精确的、可理解的信息系统;
- 4) 管理层要实施更加严格的监督。

若是在 LIFFE, 因为里森在历史上有一些法律问题, 他并没有资格成为一名交易员。即使他有资格成为一名交易员, 如果所有巴林银行交易员都必须遵循 LIFFE 标准的要求, 也会使个人出现欺诈行为的可能性降低。

如果将交易和结算的职责分配给不同的人, 那么想要通过合作来隐藏上述的交易损失也会困难很多。如果巴林银行建立了一个检查和核对的系统, 也许就可以阻止里森进行这种巨额的投机行为。

因为里森可以操纵报告给管理层的会计信息, 所以管理层没有必需的信息来实施有效的监督。信息系统是有缺陷的, 因为管理层无法得到有关盈利和损失的完整的会计信息。管理层有责任对信息进行审计, 并确保获取的会计信息的质量。

信息系统也是有缺陷的。没有足够的信息来监督里森的交易动机, 因此管理层无法做到提高控制。如果管理层可以很好地理解里森的交易策略, 即使没有精确的信息系统, 他们也能够意识到里森报告的利润与其所谓的无风险交易是不相称的。

29.3.4.4 对巴林银行破产案的总结

1) 里森的交易策略

- ① 不按照套利要求, 在不同市场同方向购买或出售期货进行投机交易;
- ② 认为日经 225 指数将会在小幅度内变动, 因而出售跨式期权。

2) 主要风险

① 操作风险。主要原因: 第一, 公司过于信任里森, 使其同时控制了前台和后台; 第二, 公司内控机制薄弱, 缺乏监管, 使里森得以操纵账户, 瞒天过海, 报喜不报忧; 第三, 公司审计制度不完善, 使得里森得以编造假账, 骗取交易保证金。

② 市场风险。主要原因: 第一, 日经指数大幅波动; 第二, 期权空头的负凸度会低估 VaR; 第三, 期货投机交易未作对冲。

29.4 行业组织与风险管理监管组织

金融行业里有很多行业组织和风险管理监管组织, 但这里我们主要介绍国际互换与衍生产品协会和交易对手风险管理政策小组。

29.4.1 国际互换与衍生产品协会

29.4.1.1 协会概况

国际互换与衍生产品协会(International Swap and Derivatives Association, ISDA)是

专门负责规范国际金融交易的机构,是国际上最为著名的关于金融衍生产品交易的自律组织之一。协会成立于 1985 年,目前,拥有来自六大洲 46 个国家的 600 家成员,涵盖了全球从事衍生工具业务的主要机构以及使用这些衍生工具的主要企业客户。这些成员包括世界上从事衍生交易的主要机构和最终用户,还包括相关的咨询机构。ISDA 包括三级会员,即主要会员、辅助会员和定购者。只有主要会员具有投票权,可以成为 ISDA 的官员,主要会员限于交易商,ISDA 的是由大型交易商主导的。金融衍生产品市场的最终用户可以成为会员,但没有投票权,不能在 ISDA 任职。目前,我国的中国银行、中国工商银行、中国建设银行、中国农业银行等国内大型金融机构均是 ISDA 的会员机构。

29.4.1.2 协会的作用

ISDA 的目标是促进所有成员金融衍生业务的高效发展,制定和维持金融衍生产品的标准化文本。协会最主要的目的是鼓励场外衍生交易稳健而高效地发展:① 提高交易效率,包括衍生交易文件的完善和维护;② 促进风险管理业务的发展;③ 鼓励提高商业行为的标准;④ 提高国际公众对这项业务的理解;⑤ 对成员和立法、司法、文件、会计、税务、操作、技术和其他部门人员的教育;⑥ 创造一个代表成员共同利益的论坛。

因此,ISDA 负责调整业内的文档管理实务(documentation practices),起草合同模板以及游说政府建立增强合同执行力的立法。ISDA 制定的主协议(master agreement)促进了行业的发展。根据该协议,交易各方可以对他们的衍生头寸进行互抵。在促进互换交易和衍生性金融商品风险管理方面,ISDA 一直是业内的领导者之一。另外,ISDA 还影响着相关方面的立法行动。

ISDA 的主协议是一个用以管理交易者之间的交易的合同。制定主协议的目的就是为了降低合同术语(terms of the contract)的法律不确定性以及降低交易对家的信用风险。主协议对涉及一般协议问题的术语进行了规定,如信用支持协议(credit support arrangement)、净额结算、抵押担保、违约和其他终止事件的定义(definition of default and other termination events)、损失计算和文档管理,等等。

29.4.2 交易对家风险管理政策小组

交易对家风险管理政策小组(CRMPG)是一个民间组织,主要为交易对家风险管理和金融稳定性提供一些建议和指导原则,并且在行业发展中也起到了积极的作用。

29.4.2.1 CRMPG I 及 CRMPG II 的概况

1999 年 1 月,由于美国 LTCM 公司濒临破产事件的影响,12 家国际银行和证券组成了交易对家风险管理政策小组(CRMPG I),其主席由前美联储纽约银行的行长 E. Gerald Corrigan 担任。成立该小组的目的是为了处理与交易对家有关的信用风险和市场风险,并向金融市场参与者提供关于完美风险管理实务的建议。1999 年 6 月,政策小组发布了他们的第一份报告,名为“提供交易对家风险管理实务”。CRMPG I 报告提供了有关四个关键领域风险管理的原则,分别为:① 交易对家信用评估;② 风险管理、计量和报告;③ 市场实务和惯例;④ 监管报告。

自从1999年开始,CRMPG I报告的准则在应用方面有了很大的进步,与以前相比,公司管理交易对家信用风险的能力有了很大的提高,并将抵押担保作为抵御风险的一种工具,还通过压力测试评估潜在的风险。许多文档管理标准也更新;以便能在不同的产品间达到一致。但是,环境也发生了很大的变化,最明显的一点就是对冲基金有了巨大的发展,但是其交易活动和策略的透明度还是依然不如其他市场参与者。与此同时,衍生金融工具市场也有了非常大的发展,其中发展最快的就是信用衍生产品。

1999年以来,金融市场成功地抵御了几次金融骚乱,如20世纪90年代末爆发的科技股泡沫(technology bubble)、9·11恐怖袭击以及一些公司的破产等。长时期的低利息率以及宽松的信用限额(availability of credit)为金融市场带来了新的潜在风险和挑战。这段低利率的时间,连同经济环境变化所带来的风险、重大事件以及市场的发展,使得金融界都考虑要修订和更新CRMPG I的建议。

2005年1月,CRMPG II在纽约召开了第一次会议。CRMPG II的成员包括投资银行、商业银行、投资基金以及投资管理团体的代表,其主席依然由Gerald Corrigan担任。CRMPG II是在CRMPG I的基础上建立起来的,其目标是提高全球金融系统的效率、效果和稳定性。政策小组成员认为金融骚乱在以后还是会发生,但并不一定会导致大范围的系统风险。他们还指出,在没有什么预兆的情况下,那种罕见的、但影响巨大的金融震荡也有可能发生。这种金融震荡会带来一系列的不利影响,如资产价格急剧下跌、对交易对家信用的关注增加,头寸的清算以及对抵押担保是否足额的关注。所有这些都使得市场流动性变弱。

政策小组指出,有十条基本原则有助于帮助预测金融震荡并减弱其严重程度(如果发生了)。这些基本原则是:交易对家风险、市场流动性蒸发、复杂金融工具价值的变化、金融工具的定价、更大范围风险管理技术的应用、金融机构的完整性和可靠性、非流动资产的估价与压力测试、分配足够的资源给风险管理和控制部门、使用信用违约互换以及行业组织、行业领导者和监管者为了金融稳定进行协作。

基于这些基本原则,CRMPG II于2005年7月27日发布了题为“交易对家风险管理政策小组II报告——向更好的金融稳定性前进:一个看法”的报告。

29.4.2.2 CRMPG对过去重要金融案件特点的总结

CRMPG认为,过去发生的重大金融震荡主要有三个特点,列示如下:

1) 触发事件(triggering event or events)使得一种或更多类别资产的价格迅速下降。由于资产价格下降的幅度非常大,许多交易对家或者机构都出现了信用可靠性问题(creditworthiness)。在这种情况下,市场风险和信用风险相互影响,在分析上很难分清二者之间的界线。

2) 资产价格连同信用可靠性的下降(erosion of creditworthiness)使得市场参与者开始采取风险减释措施,如清算头寸。这种做法在微观层面上无可非议,但是在宏观层面,却给资产价格带来了巨大的压力,这种情况又反过来引发了一种或多种资产的市场流动性问题。资产流动性的恶化使得市场风险和信用风险增加,并且一些机构的资产负债表流动性(balance sheet liquidity)也开始出现问题。投资者对头寸的清算也加剧了这种压力。

3) 发生金融震荡后,以前看上去足额的保证金和抵押担保也开始出现问题,从而引发了对信用的高度关注。而对信用关注的增加又进一步影响到金融市场参与者采用的防御措

施,所有这些都使市场处于一个不利的循环之中。在这种情况下,具有潜在系统性风险的金融危机随时都会爆发。

29.4.2.3 预测金融震荡以及控制其严重程度的十条基本原则

CRMPG 认为,预测金融震荡以及控制其严重程度有以下十条基本原则:

第一,金融骚乱(financial disturbances)会不会转化为具有潜在系统性特征的金融危机以及其转化的速度,主要取决于信用风险,尤其是交易对家的信用风险。

第二,市场流动性的恶化是决定金融骚乱会不会和以什么速度转化为金融危机的第二位的重要变量。

第三,许多复杂金融工具的价值或发生急剧的变化,在几天甚至几个小时内就可能发生。而具有内含杠杆(embedded leverage)的金融工具的价值急剧变化最为明显。

第四,即使在正常情况下,许多金融工具的估价也非常困难,通常要依赖复杂所有权(专有)模型(complex proprietary models)。许多金融机构在评估外部事件对金融产品价格的影响时,使用的都是类似的分析工具。当发生挤兑交易(crowded trades)时,这种情况会使得资产价格发生更加急剧的变化。因此,估价的最终权威(决定权)(final authority for valuations)必须隶属于与收入实现业务不相关的业务单位。

第五,大部分统计模型和风险计量指标(如风险价值)都没有考虑“尾侧事件”(tail events)的影响。因此,使用这些工具时,必须再辅以其他的风险管理技术,如对市场流动性进行压力测试,计算其混合 VaR 值(hybrid VaR)等。

第六,金融机构“基础设施”(financial infrastructure)各要素的完整性(integrity)和可靠性(reliability),如付款、结算、净额结算和 close-out 系统以及后台运行的稳定性(尤其是在有压力的时候),对于减释风险都是至关重要的,所以要给予适当的管理和资金支持。

第七,现在,许多金融机构都持有大量的流动性非常差的投资(即使是在正常的情况下流动性差也很差)。这些金融机构包括银行、投资银行、对冲基金和私募股权基金等。

第八,对于金融中介机构(financial intermediaries)来说,综合风险管理(comprehensive risk management)和风险控制的日常成本是非常高的。

第九,在过去,金融系统的一项重大能力就是帮助那些虽有困难但可以解决的公司或者国家组织和实施重组。这些重组通常在主要债权人(creditors)之间进行,因为他们可以从重组结果中获得重大的财务利益。但是,由于现在的主要债权人中很多都通过信用违约互换市场处理其信用风险,所以在未来要进行重组会变得非常困难。

第十,我们知道金融骚乱(甚至是金融震荡)在未来会发生,并且没有哪种风险管理方法和监管方法是自动防止障碍(fail-safe)的,因此我们必须保持和加强机构安排,以便在危机发生时,行业团体、行业领导者以及监管者能够共同协作,为金融市场的稳定做出贡献。

29.4.2.4 CRMPG II 对相关方面问题的建议和指导原则

CRMPG II 在其报告中,针对四个方面提出其建议和相应的指导原则。这四个方面分别为:风险管理和相关披露实务、金融基础设施、复杂金融产品以及一些特殊问题。

1) 关于风险管理和相关披露实务的建议和指导原则

CRMPG 提供了一些关于风险管理和相关披露实务的建议和指导原则,列示如下。其

中,①~③与提高透明度(transparency)和交易对家信用评估(counterparty credit assessment)有关,④~⑩与提高风险计量、管理和报告水平有关,而⑪与机构经纪业务(prime brokerage)有关。

① 评估信用水平所需的机密信息(confidential information for assessing credit quality)。CRMPG II 建议,如果市场参与者在做出信用决策时缺乏相关的信息,他们可以在私自和保密的基础上,寻找关于交易对家的实体层次投资组合的信息和其他信息,以便可以正确地评估信用水平。

② 机密信息文档管理标准(documentation standards for confidential information)。CRMPG II 建议,诸如国际文档管理指导委员会(Global Documentation Steering Committee, GDSC)等一些商业组织(trade associations)应该继续致力于推广机密信息的文档管理标准。单个的公司也应该独立地建立和完善管理客户数据的内部政策和程序,并尽力解决由于交易对家关于机密信息使用同样的政策和程序而引起的保密性问题。

③ 理解投资组合层次的风险因素。CRMPG II 建议,市场参与者应该继续致力于提高他们对持有的投资组合的理解程度,并识别出投资组合是否集中于一支证券或一个市场因素。

④ 优先考虑对风险管理系统的投资(prioritizing investment in risk management systems)。对风险管理系统的投资要继续占有优先权,并且在未来也将需要更高的资源。模型在投入使用前要进行全面测试(full testing)和确认,并且注意模型的验证要独立于业务单位。

⑤ 抵押担保的重要性。CRMPG II 建议,应该将抵押担保作为解决信息透明度和信用水平存在重大差异的方法,并将其作为存在风险暴露不对称的一种指示。另外,CRMPG II 还建议,市场参与者应该不断地评论自身的抵押担保政策、实务和系统以及需要制定纠正计划的方面。

⑥ 杠杆水平增加的可能性。CRMPG II 建议,金融机构应该注意整体杠杆水平(overall leverage)增加的可能性,密切监控其实际和潜在的信用风险水平,还应该确定自己因为单个交易对家风险和部门风险而采取的措施中哪些是适当的。CRMPG II 建议,金融机构要了解交易对家如何分析其自身的资金流动性和杠杆水平,还应该考虑抵押担保的水平是否与相应的资金弹性(funding flexibility)相符。

⑦ 评估实际和偶发的信用风险(credit exposure)。CRMPG II 建议,金融机构应该确保他们的风险计量和分析涵盖了所有实际和偶发的风险,例如 committed funding arrangements。

⑧ 信用定价模型(credit pricing models)。如同 CRMPG I 一样,CRMPG II 建议,金融机构使用功能强大的信用定价模型,并且要计量和报告经信用成本(credit cost)调整的回报。公司应该对模型进行扩展,使模型包括交易对家违约的风险(the risk of counterparty default)、投资组合的波动性,并且还要评估风险暴露与交易对家失败可能性之间的相关性。抵押担保的影响也应该加以考虑,抵押担保水平的提高会降低预期的交易对家损失(expected counterparty loss)以及相应的信用成本。

⑨ 提高信用风险评估方法的复杂程度(sophistication)。压力测试(stress tests)、情景分析和流动性调整计量指标都可以用来评估信用风险,这些模型和方法的可靠性应该不断

地提高。

⑩ 雇员知识(employee knowledge)。金融市场参与者应该注重熟练信用分析师和市场风险管理师的招聘、培训和留用。这些人员对客户和客户所使用的策略以及压力条件下复杂投资组合的机制应有着很好的理解。

⑪ 机构经纪业务的交易量增长非常迅速。适当地提供机构经纪业务有可能会降低系统风险的总体水平,但与此同时,机构经纪业务也面临着法律风险、操作风险、信用风险和其他风险挑战。为了降低这些方面的影响,CRMPG II 建议大型的行业参与者应该在定义对冲基金和其他用户之间、执行交易商(executing dealers)和机构经纪人(prime brokers)之间相互关系方面做出更大的努力。另外,机构经纪市场的每个参与者,不管是执行交易商、客户,还是机构经纪人,都应该始终保持对各种风险(如信用风险、市场风险和操作风险等)全面、清晰的认识。

2) 有关金融基础设施的建议和指导原则

CRMPG 还提供了一些有关金融基础设施(financial infrastructure)的建议和指导原则,将在下面进行介绍。其中,①~②是针对文档管理政策和实务提出的,③~⑥与经营效率和完整性有关,⑦~⑨与净额结算、close-out 和相关问题有关,⑩~⑬与信用衍生商品(credit derivative)有关。

① 使用主协议。市场参与者应该查看 GDSC 发表的文章“如何改进主协议和相关的交易协议协商——从业者最佳实务指南”,以此作为协商制定主协议的指南。

② 主协议的开放性(access to master agreements)。CRMPG II 建议,市场参与者还应该确保信用、法律、文档管理以及相关的业务部门可以接近主协议,并理解其中的内容。市场参与者还应该考虑建立一个识别那些需要更新的协议的程序。

③ 记录未经确认的信用衍生工具(backlog of unsigned confirmations for credit derivatives)。市场参与者意识到,需要立即在行业基础上对未经确认的信用衍生工具进行处理,同时投入资源研究解决方案。CRMPG II 建议,作为紧急事件,市场参与者应将额外的资源应用于此,并参与其中,与贸易委员会合作,就电子交易匹配、confirmation generation system 的发展发现并找出解决方案。

④ 行业力量正致力于降低 confirmation backlog。市场参与者也应积极加入行业力量,着手在符合政策要求的情况下,识别并发展对 backlogs 监控及处理的有效方法,使用内部审计及其他独立机制来识别监督和管理控制的缺陷,促使其完善。

⑤ 电子交易(electronic trading)。电子交易服务(electronic assistance services)提高了市场的效率和信心。不管是市场参与者还是商业组织(trade associations),都应该鼓励场外交易(OTC transactions)的自动化。

⑥ OTC 交易的直通型过程(straight-through processing of OTC transactions, STP)。CRMPG II 建议,商业组织和市场参与者都必须使用和发展 OTC 交易的直通型过程,在现有的巨大市场下,这种做法是一种关键的风险缓释措施。STP 减少了商业争议(trade disputes)的数量和发生频率,并且还可以最大化市场效率、机会和开放性。因此,STP 提高了法律、信用、市场和经营的确定性。

⑦ a close-out 方法。市场参与者应该共同决定 ISDA 的三种 close-out 方法中哪一种在他们的交易中最为合适。

⑦ b 净额结算条款(netting provisions)。市场参与者应该争取那些可以使用净额结算方式的机会。这意味着系统和经营能力会持续发展。同等重要的是,当行业标准将净额结算作为一种可选择的方式时,市场参与者应该选择这种结算方式并在实务中广泛应用,以充分发挥这种结算方式可以降低风险的优势。

⑦ c 监管者对净额结算的支持。关于资本计算的规定对金融市场的广度和深度以及金融产品交易活动有着重大的影响。对于净额结算(如跨产品净额结算),很重要的一点就是监管规定应该给予支持,而不是以一些与风险减释目标不相关的条款来限制它们。当存在证据表明使用净额结算协议是合法时,就应该允许制定相同产品内(intra-product)、跨产品(cross-product)和跨会员(cross-affiliate)净额结算和抵押担保协议,以充分发挥抵押担保的优势。监管者不应该再做出附加的要求限制这些净额结算协议的使用。

⑦ d 商业组织(trade associations)和净额结算。对于商业组织和市场参与者来说,应该将在管理场外交易的相互关系(OTC trading relationships)的主协议中包括跨实体(cross-entity)净额结算、跨产品净额结算方式以及交叉违约条款(cross-default provisions),以作为一项最佳实务。有效地利用这些条款(provisions),可以使效率提高,并且由于可以确保当交易对象违约时立即中止跨产品交易,所以这些条款还可以降低市场风险和交易对象风险。

⑦ e 定义终止权力(termination rights)。由于现在的行业文件(industry documentation)中并没有包括关于终止权力的条款,因此商业组织和市场参与者应该在实务中清晰终止权力的定义,即当法律条文、税收法规和监管发生变化或政府采取某种行动时,有关各方的终止权力。

⑦ f 不可抗力条款(force majeure provisions)。市场参与者应该在他们的主协议中清晰地说明不可抗力事件的后果(包括任何形式的延迟履约),以便使市场崩溃的可能性和不确定性最小化。

⑦ g 加强交易对象信用风险评估。市场参与者应该继续协调交易对象信用风险的评估,并实行集中管理。市场参与者还应该努力提高识别不同产品线交易对象风险暴露的速度和效率。

⑧ 文档管理标准的协调。1999年,CRMPG I提出了有关文档管理协调的建议,这些建议现在应该进一步加强。作为CRMPG I的一项成果,GDSC的本质任务就是协调文档管理标准,并降低文档管理相关的风险(documentation basis risk)。市场参与者应该将促进文档管理标准的协调和一致作为一项最佳实务。

⑨ 抵押担保管理。抵押管理者和其他市场参与者应该致力于发展有关“vanilla”OTC产品的结算、清算和组合调整的标准化的自动过程。

⑩ 理解信用衍生产品交易。CRMPG II建议,信用衍生商品的中间商(intermediaries)和最终用户(end-users)应该付出更多的努力,确保能够理解信用衍生产品交易的性质,以及这些交易之间、与其他信用头寸和暴露之间的相似之处和不同点。

⑪ 关于信用衍生产品的疑惑。行业参与者应该继续识别市场中可能存在疑惑和误解的领域,并力图发展和改进市场中的实务(或惯例)和相关的文件,从而消除和减少对这些领域的疑惑和误解。

⑫ 执行和结算(exercise and settlement)。CRMPG II建议,行业参与者应该通过最近

那些特别的多边结算(multilateral initiatives)积累经验,并致力于研究出关于信用衍生品交易的行使和结算的标准化多边结算过程。

⑬ 交易转让(trade assignment)。如同新交易一样,交易转让也需要严格的控制。对于市场参与者来说,很重要的一点就是要了解其交易对家,并在交易转让前征得他们的同意。特别地,CRMPG II 还建议,如果没有得到三方的认可,市场参与者就不能转让或接受交易转让。所有的市场参与者都应该为事先确认(prior consent)的推广做出努力。

3) 关于复杂金融产品的建议和指导原则

政策小组还提供了一些有关金融基础设施(financial infrastructure)的建议和指导原则,这些原则将在下面进行介绍。其中,①是最基本的的原则,②~⑤条是针对管理提出的,⑥~⑫是针对金融机构与客户关系提出的,⑬~⑯条与风险管理与监督有关,而⑰~⑱条则用来指导透明度的提高。

① 可靠的专业判断和丰富的经验(第一位的指导原则)。金融中介机构(financial intermediaries)的高层管理者和交易经理必须根据自身的经验和市场风险的基本原理做出合理的专业判断。

② 新产品批准过程(new produce approval process)。新产品和现有产品大的改动都应该经过一个高层委员会或类似机构的系统性评价与批准。新产品批准过程至少应该具有以下特点:

- 对评价过程中各类活动的有效内部交流;
- 独立控制人员的参与;
- 对新产品需要的必要运营设施和其他基础设施(infrastructure)是否已经存在做出合理的预期;
- 销售培训和相关人员配备;
- 严格的文档管理。

③ 会带来声誉风险问题的交易。对于那些会带来特定声誉问题的交易,尤其是那些是会给客户带来诸如会计、税收、监管或商业意图等方面问题的交易,高级管理层和委员应该根据合理的框架对其进行评价。

④ 控制人员的独立性。由于新产品和特定交易的批准过程(select individual transactions approval processes)都会涉及到独立控制人员的参与,高级管理层必须确保独立控制人员是真正独立的。

⑤ 过程评价。新产品和特定交易的批准过程的有效性每年至少由最高管理层进行一次评价。

⑥ 确定客户的专业程度(determining client sophistication)。金融中介机构应该合理确定潜在交易对家(有购买意向的交易对家)在复杂商品交易方面的经验和专业程度,以便针对相应的交易,合理地调整其在交流中使用的术语、相应的风险和机会。

⑦ 术语表的使用。当交易特殊的复杂性可能会带来对相关术语的误解时,金融中介机构应该向客户提供术语表或类似的文件。

⑧ 披露实务。金融中介机构应该确保提供给潜在交易对家的任何与相关复杂交易的风险有关的书面材料,都公允地披露了所包含的主要风险。

⑨ 交易前的评价。在复杂交易实施之前,金融中介机构应该与潜在交易对家一起评价相关复杂交易的主要方面。

⑩ 确认(confirmations)。不管是金融中介机构,还是交易对家,都应该及时地确认复杂交易的实施。

⑪ 估价的要求。如果交易对家要求对实施的复杂交易进行估价,那么金融中介机构应该清楚交易对家对估价的目的。

⑫ 与客户的交流。在实施了一项复杂交易之后,金融机构应经常继续与交易对家保持联系,以便维持良好的客户关系。

⑬ 模型验证小组(model verification group)。CRMPG II 建议,金融中介机构应该由具有奉献精神的、完全保持独立性的专业人员组成一个小组,负责模型验证所有方面的工作,包括对所有模型设计变化和规格变化的最终批准。

⑭ 模型改进和发展。公司应该继续他们在增强风险计量能力方面的投资,特别是与新产品和复杂产品相关模型的不确定性方面的改进。

⑮ 增加压力测试的价值。CRMPG II 建议,为了发现所持有的投资组合价值的潜在变化,公司应该进行压力测试,即改变新产品和复杂产品的定价和风险计量模型的关键输入变量。

⑯ 头寸限制。一旦金融中介机构持有一种复杂产品的累计头寸达到一定额度后,就应该售出一部分。这种做法是有利的,金融中介机构据此可以提高价格发现(price discovery)的能力,减小模型价格与市场价格之间的差额,尤其是当公司已经持有类似风险的头寸时更是如此。

⑰ 向监管者提供信息。大型的和复杂的金融产品中介应该定期向主要的监管者提供及时的、与风险有关的定性和定量信息,并做好(在环境需要时)在特定的基础上提供这些信息的准备。

⑱ 公开披露。为了与政策小组重视风险管理方面专业判断的核心指导原则一致,公司应该增加披露与复杂金融产品有关的信息。

4) 有关金融市场出现的特殊问题的建议和指导原则

CRMPG II 还针对金融市场上出现的一些特殊但又有代表性的问题提供了建议和指导原则。这些问题分别为销售复杂产品给零售投资者、冲突管理、机构投资者的风险管理以及官方对对冲基金的监督。

销售复杂产品给零售投资者(retail investors)的建议和指导原则

① 声誉风险。金融中介机构应该对有关新产品的内部控制进行再评估,以确保已经对将销售给零售投资者的复杂结构证券有关的声誉风险和其他风险进行了充分的管理。为了做到这一点,金融中介机构在实务中应该考虑以下因素:

- 金融中介机构应该确保已对新产品进行描述,这也是新产品批准过程的一部分。
- 披露文件的评价和批准。金融中介机构应该将披露文件和营销资料的评价与批准的责任分配给那些有复杂金融产品专业知识的人员以及那些独立于建议和交易部门的人员。
- 金融中介机构应该考虑是否在披露中增加金融产品潜在到期价值与特定市场因素相互关系的量化描述或图表描述。

- 金融中介机构应该考虑披露中已经适当地描述了那些会使金融产品到期前在二级市场的价值(secondary market value)与到期价值在相同的市场条件下存在重大差异的因素。特别地,这些产品包括那些具有本金保护特征的产品。

- 在发行日或其附近,金融产品在二级市场的价格会低于其发行价格,这是因为二级市场的价格反映了与销售机构(selling institutions)有关的费用和收入因素的影响。金融中介机构应该考虑是否已经适当地披露了这些信息。

- 产品批准除了要进行资产或净值基础的测试,还要指出对合格投资者(有资格购买该产品)的要求。在产品批准过程中,通过内部监管人员的逐一分析,应该识别出产品的复杂性能够保证投资者资质的情况。

- 金融中介机构应该对营销人员进行培训,确保他们熟悉和理解出售产品的业绩表现和风险的特点,从而能与客户进行有效的交流,并且可以进行适当的价值评估。

- 高级管理层应该定期评价与向零售投资者出售产品相关的内部控制。

② 第三方行为(third party conduct)。当金融中介机构产品的分配和营销中涉及到第三方的行为,并且该公司可能会进行披露,也可能不披露时,即使第三方的行为不会带来法律责任,金融中介机构还是可能会面临声誉风险和其他相关的风险。金融中介机构应该通过合适的途径评估这些风险,熟悉其他交易方的情况,并确保已在当前条件下对这些风险进行了有效的管理和处理,或根据其对相关条件的评估,确定这些风险是可以接受的。

冲突管理(conflict management)的建议和指导原则

③ 商业评价过程(business review process)。金融中介机构应该制定一个商业评价过程,用以帮助识别一般类型的冲突(generic categories of conflicts),并加强冲突管理的政策和程序。其指导原则如下:

- 商业评价过程应该能够识别不同类型的潜在冲突;
- 商业评价过程应该考虑所有相关的法律和规章;
- 商业评价过程应该考虑与不同类型潜在冲突有关的声誉风险和金融风险的水平;
- 商业评价过程应该考虑由于新产品的引进和监管要求的改变而引起的潜在冲突问题;
- 商业评价过程应该识别那些用以降低金融风险和声誉风险以及特定类别潜在冲突的计量指标,并整理形成目录;
- 对商业评价过程的描述要强调有一个允许事后评价(ex-post review)的框架;
- 商业评价过程应该包括这一程序——每年,由高层管理者组成的委员会对冲突管理过程的有效性进行评估。

机构投资者(institutional fiduciaries)尽职风险管理的建议和指导原则

④ 机构投资者的尽职调查(due diligence)。CRMPG II 建议,那些因持有其他类投资和复杂金融产品而面临新风险和附加风险的机构投资者,应该继续进行并加强对其投资和投资经理的尽职调查。CRMPG II 还建议,投资经理、机构投资以及行业组织要共同努力,就识别风险特点的通用技术达成共识,以便为机构投资者分析信用风险和市场风险提供足够的信息(ERISA 就是这样要求的)。

⑤ 提高透明度、风险管理、市场纪律(market discipline)和金融市场稳定性(financial stability)的行动。市场参与者应该采取行动,进一步提高提高透明度、风险管理、市场纪律和金融市场的稳定性。

官方对对冲基金监督(official oversight of hedge funds)的建议和指导原则

⑥ 采用最佳实务(adopting best practices)。CRMPG II 建议,对冲基金可以在自愿的基础上采用该报告中提出的建议和指导原则以及 MFA 在 2005 年报告中提出的最佳实务。为了保持一致,对冲基金的高层管理者应该系统地监控根据这些标准建立的过程。

⑦ 大额头寸暴露报告框架(framework for large exposure reporting)。CRMPG II 建议,私人部门和官方部门应该紧密合作,组成一个高层次的讨论小组,进一步考虑为对冲基金建立大额头寸暴露报告框架的可行性、成本和紧迫性,考虑金融中介机构的大额头寸暴露报告框架是否可以直接或间接地扩展到对冲基金。

5) CRMPG 指出监管面临的四项挑战

依赖其工作底稿(working paper)以及其成员的经验 and 专业知识,风险政策小组指出了他们认为的监管政策在未来将面临的四项挑战。风险政策小组认为公共部门和私人部门应该共同协作,以能更好更全面地确保公众利益和金融系统工作效率(workings of the financial system)的最大化。在这种观点下,风险政策小组提出监管在未来将面临的四项挑战。

① 原则还是准则(principles versus rules)

现在,几乎监督、监管和会计政策的所有方面都处在由原则向准则逐渐转变的过程中。这种趋向于制定详细准则的趋势是难以逆转的,也反映出了公共部门和私人部门都存在的一种紧张局势,即会计人员、律师和监管者都有必要预期到几乎所有的或有事项,而由此而来的详尽程度会使得管理者难以进行管理,也不利于监管者的监督。更坏的是,对细节的强调不可避免地会使从业者出现利用当前系统套利的动机,而为了应对这一问题就需要制定更加详细的准则。

② 金融中介机构与客户之间职责的划分

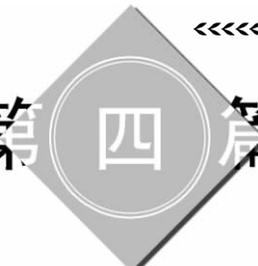
在出现了一系列公司丑闻和金融丑闻之后,金融中介机构开始在销售结构化金融产品(structured products)时详细地指出自己的责任,即使其客户是非常专业的机构客户也是如此。很少有人质疑金融中介机构应该制定与客户/交易对家关系相关的高标准内部控制和纪律。还有,几乎所有的观察员都同意这样的看法——近年来发生的案例中,金融机构对客户关系的管理没有达到应达到的严格标准。

③ 会计准则与风险管理的协调

现在有必要加快进行会计要求、监管要求和披露要求在国内和国际上的协调,并确保它们与合理的风险管理动机保持一致。在金融工具的计量上,由于风险管理的目的、资本监管的目的和根据 GAAP 向股东报告的目的是各不相同,相应地其对金融工具的计量基础也各不相同,这样就会出现不正当的风险管理动机,并且还会使财务报告编制成本高昂、难以理解。因此,会计界权威必须加强在国际会计准则协调方面的努力,并与监管者共同协作,致力于降低会计准则和监管资本要求对相同产品规定的差异。

④ 监管协调与趋同(Regulatory Coordination and Convergence)

不同层次的监管者应该共同协作,为制定和应用统一的国际标准做出努力。



第四篇

风险管理定量分析篇

- ◆ 第 30 章 概率论基础
- ◆ 第 31 章 数理统计基础
- ◆ 第 32 章 随机变量和概率分布
- ◆ 第 33 章 抽样和估计
- ◆ 第 34 章 假设检验
- ◆ 第 35 章 一元线性回归
- ◆ 第 36 章 多元线性回归
- ◆ 第 37 章 估计波动率和相关系数





第 30 章 概率论基础

30.1 基本概念

试验是一种可以多次重复的行为。如果在试验条件基本不变的情况下,试验的结果会不同,我们称这种试验为随机试验。例如,我们掷一枚硬币,试验的结果可能是“正面”,也可能是“反面”。又如,我们掷一枚骰子,试验的结果可能是“1,2,3,4,5,6”。

随机试验产生的一切可能的结果的集合称为样本空间,记为 S 。例如,掷一枚硬币,试验的结果是“正面”记为 1,“反面”记为 0,那么样本空间即为 $\{0,1\}$ 。又如,掷一枚骰子,试验的样本空间可以是 $\{1,2,3,4,5,6\}$,也可以是 $\{\text{奇数}, \text{偶数}\}$ 。随机试验的每一种可能的结果称为样本点。

事件是样本空间 S 的子集或样本点的集合,记为 A 。当一个事件的结果是 A 的一个元素时,就称事件 A 出现了。例如,“掷一枚硬币,结果是正面”称为一个事件,“掷一枚骰子,结果可以被 3 整除”也是一个事件。我们后面要计算概率,就是要计算事件发生的概率。

样本空间 S 本身可以被看作一个特殊的事件,它必然发生,称为必然事件。集合 S 也称为全集。而空集 \emptyset 必然不会发生,称为不可能事件。

A' 表示“事件 A 没有发生”的事件,称为事件 A 的补集。

30.2 集合论基础

30.2.1 集合的运算

如果 A 和 B 为随机事件,那么 $A \cap B$ 表示“事件 A 和事件 B 同时发生”的事件,称为 A 交 B 。通过图 30-1 可以更为直观地了解交集的概念。通常用大矩形表示全集 S ,事件 A 和 B 为全集的子集,以圆形表示。那么,图中黑色部分即为 A 与 B 的交集。

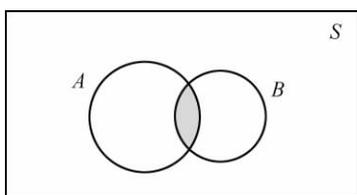


图 30-1 A 与 B 的交集

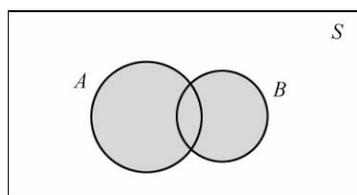


图 30-2 A 与 B 的并集

如果 A 和 B 为随机事件,那么 $A \cup B$ 表示“事件 A 发生或者事件 B 发生或者两者同时发生”的事件,称为 A 并 B 。还是用图来直观地表示,图 30-2 中黑色部分即为 A 与 B 的并集。

如果事件 A 和事件 B 的交集为空集 \emptyset ,那么称事件 A 和事件 B 为互斥事件,即事件 A 和事件 B 不会同时发生。

如果几个互斥事件的交集为全集,那么称这几个互斥事件为划分(partition)。图 30-3 表示将全集 S 划分为 A_1, A_2, A_3, A_4 和 A_5 。

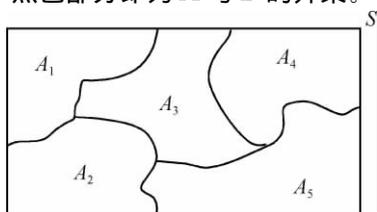


图 30-3 划分

30.2.2 概率的定义和性质

概率(probability)表示事件发生的可能性。我们通常用 $P(A)$ 来表示事件 A 发生的概率。概率有以下几条简单的性质。

性质 1:任何概率的取值范围为 0 到 1。

$$0 \leq P(A) \leq 1.$$

性质 2:必然事件的概率为 1,不可能事件的概率为 0。

$$P(S) = 1, P(\emptyset) = 0.$$

性质 3:事件 A 与其补集 A' 的概率之和为 1。

$$P(A) + P(A') = 1.$$

性质 4:互为划分的几个事件的概率之和为 1。

$$P(A_1) + P(A_2) + \cdots + P(A_n) = 1.$$

性质 5: 对事件 A 和 B , 有 $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$ 。

特别地, 对于两个互斥事件 A 和 B , 有 $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$ 。

30.3 条件概率

条件概率(conditional probability)指的是在一个事件已经发生的条件下, 另一个事件发生的概率。条件概率记作 $P(A|B)$, 表示在事件 B 发生的条件下, 事件 A 发生的概率。既然事件 B 发生已经是先决条件, 那么条件概率 $P(A|B)$ 根据图 30-1 就是 $A \cap B$ 面积占圆形 B 面积的百分比。因此, 条件概率的定义为:

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)},$$

或表示为:

$$P(A \cap B) = P(A|B) \times P(B)。$$

其中, $P(B) \neq 0$ 。

30.4 独立事件

如果事件 A 是否发生与事件 B 是否发生没有关系, 那么称事件 A 和事件 B 独立。根据定义:

$$P(A|B) = P(A) \quad \text{或} \quad P(B|A) = P(B)。$$

由条件概率的定义, 如果事件 A 和 B 为独立事件, 那么:

$$P(A \cap B) = P(A) \times P(B),$$

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A) \times P(B)。$$

例如, 我们掷一枚均匀的骰子, 连续掷出两个 1 的概率是多少? 我们知道, “连续掷出两个 1”这一事件等于“第一次掷出 1”和“第二次掷出 1”这两个事件同时发生。这两个事件发生的概率都为 $1/6$, 且这两个事件是独立的, 因为第一次是否掷出 1 并不影响第二次掷出 1 的概率。因此, “连续掷出两个 1”这一事件的概率为 $1/6 \times 1/6 = 1/36$ 。

30.5 全概率法则

如果事件 A 和事件 B 的交集为空集 \emptyset , 那么称事件 A 和事件 B 为互斥事件, 即事件 A 和事件 B 不会同时发生。

如果全集 S 划分为 S_1, S_2, \dots, S_n , 那么事件 A 的概率为:

$$P(A) = P(A | S_1) \times P(S_1) + P(A | S_2) \times P(S_2) + \dots + P(A | S_n) \times P(S_n)。$$

这一全概率公式看似复杂, 其实就是分情况讨论。我们通过一道例题可以很容易地理解。

例 30-1

有两个口袋, 装有红球和黄球。A 口袋装有 4 个红球, 6 个黄球。B 口袋装有 2 个红球, 7 个黄球。现从 A 口袋中随机抽取 1 个球放入 B 口袋, 再从 B 口袋中随机抽取 1 个球, 问这个球是红球的概率是多少?

- A. 0.12; B. 0.24; C. 0.30; D. 0.72。

答案: B

从 A 口袋中随机抽取的 1 个球可能是红球, 也可能是黄球, 因此我们要分两种情况讨论。

1. 若从 A 口袋中抽的是红球, 那么从 B 口袋中抽的球是红球的概率为 0.3。从 A 口袋中抽的是红球的概率为 0.4。

2. 若从 A 口袋中抽的是黄球, 那么从 B 口袋中抽的球是红球的概率为 0.2。从 A 口袋中抽的是黄球的概率为 0.6。

根据全概率公式: $0.3 \times 0.4 + 0.2 \times 0.6 = 0.24$ 。

30.6 贝叶斯公式

在统计学中, 贝叶斯统计占有重要的地位。对许多学友来说, 贝叶斯公式显得太难。本书希望通过一种全新的方式来阐释贝叶斯公式, 让贝叶斯公式显得简单一些。

贝叶斯公式是基于条件概率定义的变形而得到的:

$$P(A | B) = \frac{P(B | A) \times P(A)}{P(B)}。 \quad (30-1)$$

其中, 分母 $P(B)$ 常用全概率公式展开:

$$P(B) = P(B | A_1) \times P(A_1) + P(B | A_2) \times P(A_2) + \dots + P(B | A_n) \times P(A_n)。 \quad (30-2)$$

贝叶斯公式的作用是根据新信息来更新我们先前对事件概率的判断(先验概率)。如果事件 A 是我们要判断概率的事件, 事件 B 是新信息, 那么贝叶斯公式可以表示为:

$$\text{后验概率} = \frac{\text{新信息发生的条件概率} \times \text{先验概率}}{\text{新信息发生的无条件概率}}。 \quad (30-3)$$

以上是对贝叶斯公式的传统解释, 我们在这里要用一种全新的方法来解释贝叶斯公式。我们认为, 贝叶斯公式的含义是天地阴阳的关系。早在两千年以前, 道家理论就已经解释了贝叶斯公式。知道道家的标志是怎么样的吗?

我们将用图 30-4 这个太极图来解答贝叶斯公式的题目。是否有点不可思议? 我们先要对太极图作一些小小的调整。

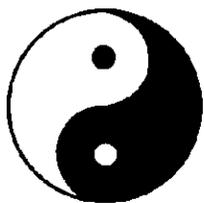


图 30-4 道家太极图

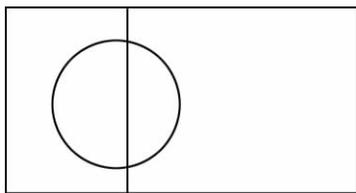


图 30-5 “天地万物分阴阳”图

图 30-5 与太极图其实是一样的。太极图的大圆就是我们的大长方形,太极图的两个小圆就是我们图里面的两个半圆,太极图中间弯曲的曲线就是我们图中间的直线。

我们现在来解释一下这个图的意思。大长方形代表“天”,里面的圆代表“地”,中间的直线表示“分阴阳”。我们可以把左半边叫做“阴”,右半边叫做“阳”。我把这个图命名为“天地万物分阴阳”图。

通过掌握这种新方法,它能让你在一分钟之内解决贝叶斯公式的题目。首先,你要记得这张“天地万物分阴阳”图。先把先验概率标在阴阳两侧,再把新信息概率标在图内。然后,将图内的四个概率分别乘以各自的先验概率,求得全部四部分的面积。最后,你就很容易得到答案了。

我们下面将用传统方法和全新方法来解答以下例题,使读者能有感性的认识。

例 30-2

现在新发现了一种隐性疾病,在所有人群中,30%的人患有这种疾病,70%的人没有这种疾病。由于是新发现的疾病,诊断比较复杂,耗时很长。现在有人发明了一种快速诊断仪,其优点是可以在很短的时间内作出诊断,但其缺点是:诊断不是 100%正确的。如果被测者真的有病的话,那么诊断仪说有病的概率为 0.8,说没病(误诊)的概率为 0.2。如果被测者真的没病的话,那么诊断仪说有病(误诊)的概率为 0.1,说没病的概率为 0.9。

	机器说有病	机器说没病
如果人真有病	0.8	0.2
如果人真没病	0.1	0.9

现有一人被快速诊断仪诊断为有病,问其真有病的概率是多少?

- A. 0.300; B. 0.487; C. 0.774; D. 0.920。

答案:C

解法 1. 传统方法

我们定义事件 A 为“人真的有病”,事件 B 为“机器说有病”,那么 $P(A|B)$ 就是我们所要求的概率(机器说有病的情况下,人真有病的概率)。

根据题意, $P(A) = 0.3, P(B|A) = 0.8$ 。分子上这两个概率都是已知的,问题是分母 $P(B)$ 怎么求?

如前所述, $P(B)$ 要用全概率公式展开。 $P(B)$ 表示机器说有病的概率,要分两种情况讨论:①人真的有病;②人真的没病。因此:

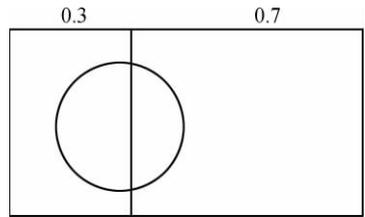
$$P(B) = P(B|A) \times P(A) + P(B|A') \times P(A') = 0.8 \times 0.3 + 0.1 \times 0.7 = 0.31,$$

我们终于得到答案: $P(A|B) = 0.3 \times 0.8 / 0.31 = 24/31 = 77.4\%$ 。

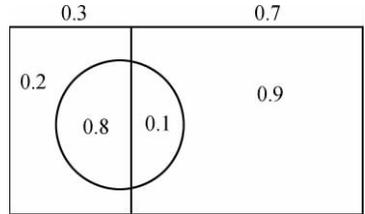
解法 2. 全新方法

终于轮到我们的“天地万物分阴阳”图登场了。首先要说明的是，“天”的概率为 1，也就是大长方形的面积为 1。“天”代表“全部”，而“1”在中国古代也代表“全部”的意思。在本题中，“天”代表所有的人。

然后，我们要把先验概率写在左右“阴”“阳”两处。如果我们用“阴”代表“人真的有病”，“阳”代表“人真的没病”，那么左半边的面积为 0.3，右半边的面积为 0.7。如右图所示。

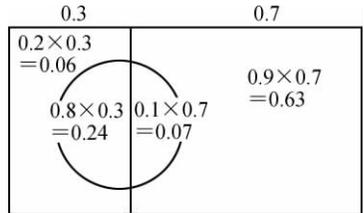


接下来，我们用“地”代表新信息，就是“机器说有病”。也就是说，在圆中表示“诊断仪说有病”，在圆外表示“诊断仪说没病”。那么，我们可以将剩下的四个概率在右图中表示为：



如果被测者真的有病的话，那么诊断仪说有病的概率为 0.8，即左面的圆内的概率（面积）是 0.8。如果被测者真的有病的话，那么诊断仪说没病的概率为 0.2，即左面的圆外的概率（面积）是 0.2。右边同理。

但是，我们知道，圆的左边的概率（面积）并不是 0.8，因为整个左面的面积只有 0.3，左半边圆的面积只不过是整个左面面积的 80%而已。所以，左半边圆的面积为 $0.8 \times 0.3 = 0.24$ 。其他依此类推，如图所示。



好了，现在我们已经有了全部四块的面积。我们要求的是：在机器说有病的条件下，人真 having 病的概率。也就是“在‘地’中的条件下，在‘阴’中的概率”。再换句话说，就是“在圆中的条件下，在左半边的概率”。已知圆的面积为 0.31（ $=0.24+0.07$ ），那么“在圆中的条件下，在左半边的概率”即为 $0.24/0.31=77.4\%$ 。

30.7 计数问题

我们在高中学过排列组合，这些都属于计数问题(counting problems)。本书将系统地讲述计数问题，首先我们从计数问题的乘法法则讲起。

30.7.1 乘法法则

计数问题的乘法法则是指：把 n 个物品放到 n 个位置上，有 $n! = n \times (n-1) \times \cdots \times 1$ 种放法。因为对于第一个位置，我们有 n 个物品可以选；对于第二个位置，由于已经放了一个物品，我们只剩 $n-1$ 个物品可以选；依此类推，到最后一个位置，只剩一个物品可以选。 $n!$ 表示 n 的阶乘(factorial)。

30.7.2 标号问题

标号问题(labeling)是指：我们有 n 个物品需要标上标签，标签共有 k 种，第一种有 n_1

个,第二种有 n_2 个,依此类推,且总标签数为 n 个($n_1 + n_2 + n_3 + \cdots + n_k = n$)。那么,我们总共有多少种贴标签的方法呢?

根据计数问题的乘法法则, n 个物品标上 n 个标签,共有 $n!$ 种标法。但是请注意,同种标签是相同的,同种标签互相调换视为同一种贴法。那么对于第一种标签来说,共有 $n_1!$ 种标法是相同的。对于所有的标签来说,共有 $n_1! \times n_2! \times \cdots \times n_k!$ 种标法是相同的。于是我们得到计数问题的答案:

$$\frac{n!}{n_1! \times n_2! \times \cdots \times n_k!}。$$

30.7.3 组合

如果只有两种标签($k=2$),就称为组合(combination)问题。若第一种标签有 r 个($n_1 = r$),第二种标签有 n_2 ($n_2 = n - r$) 个。由上面的计数问题公式可以得到组合公式:

$${}_n C_r = \binom{n}{r} = \frac{n!}{(n-r)! \times r!}。 \quad (30-4)$$

可能有学友发现这和在中高里教的方法不一样。高中里我们说组合就是从 n 个物品中挑出 r 个,有几种挑法。我说这是一样的。我们可以把第一种标签定义为“要”,第二种标签定义为“不要”,那么“从 n 个物品中挑出 r 个”就变成“给 n 个物品贴上‘要’和‘不要’的标签”。

30.7.4 排列

如果挑出这 r 个物品要考虑顺序,也就是先挑和后挑有区别,那么这就是排列(permutation)问题。由于考虑顺序,所以公式为:

$${}_n P_r = \frac{n!}{(n-r)!}。 \quad (30-5)$$



第 31 章

数理统计基础

31.1 基本概念

统计能为我们做什么？对一般人而言，统计就是收集数据，让我们知道总体状况是怎样的。这完全正确，但这仅仅是统计的一部分而已。统计更重要的意义在于数据分析，数据分析的目的是作出判断和预测。

描述性统计量(descriptive statistics)是对数据性质的描述。例如我们后面要学到的均值，描述了数据的中心趋势；而方差则描述了数据的离散程度。

推断性统计量(inferential statistics)是用来作判断和预测的。例如我们后面要学到的假设检验，其中的统计量是用来作判断的；我们还要学回归分析，其中的统计量是用来作预测的。

总体(population)是我们所要研究的所有个体的集合。例如我们想要研究中国人的身高状况，那么所有中国人的身高的集合就是我们的总体。样本(sample)是从总体当中抽取出来的一个子集。例如抽取 100 个中国人，分别量了他们的身高，那么这 100 个身高的集合就是一个样本，这个样本的样本量(sample size)为 100。

我们研究一个总体，通常不是想要了解每一个个体的情况，而是想要知道某些总体参数(population parameter)。例如我想要研究中国人的身高状况，我并不是想要知道每一个中国人的身高是多少，我仅仅想知道中国人的平均身高而已(这样就可以与 10 年前的平均身

高作比较)。总体参数是总体中个体数值的函数,例如总体均值、总计方差等。在上例中,我们想了解总体均值,就是所有中国人身高加起来除以 13 亿等于几。

但是由于种种原因,我们通常不能得到总体中所有个体的数值,我们只能抽取一个样本,来计算样本统计量(sample statistic)。样本统计量是样本中个体数值的函数,例如样本均值、样本方差等。例如抽取 100 个中国人,分别量了他们的身高,计算了他们的平均身高,用来估计中国人的平均身高。

关于抽样和估计的具体内容,我们会在后面的章节详细阐述。在这里你需要记住:总体对应总体参数,样本对应样本统计量。

31.2 中心趋势的度量

拿到一组数据,我们往往首先会想知道这组数据的中心位置在哪里,即数据围绕什么中心数值波动,这被称为对中心趋势(central tendency)的度量。

31.2.1 中位数

如果我们有一组数据,把它们按从小到大的顺序排列,将这一列数列等分成两份,这个分位数就称为中位数(median)。对于由奇数个数组成的数列,中位数就是中间的那个数。对于由偶数个数组成的数列,中位数就是中间的那两个数相加除以 2。中位数就是一种衡量中心趋势的方法。

31.2.2 众数

还有一种衡量中心趋势的方法,称为众数(mode),众数就是一组数据中出现次数最多的数。

例如,

数列:1,1,2,2,3,3,3,4,5,其众数为 3;

数列:1,1,1,2,2,3,3,3,4,5,其众数为 1 和 3;

数列:1,2,3,4,5,其没有众数。

一组数据可能有一个众数,可能有多个众数,也可能没有众数。众数的这一性质使得其使用范围受到很大限制。

31.2.3 均值

最常用的衡量中心趋势的方法,毫无疑问,就是均值(mean)了。均值可以分为以下三种。

1) 算术平均(arithmetic mean)。如果一组数据共有 n 个数值,那么其算术平均为所有数值之和除以 n 。通常所说的均值即指算术平均。一般地,一个总体的均值和一个样本的

均值也是算术平均。

总体均值为：

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i;$$

样本均值为：

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i。$$

2) 几何平均(geometric mean)。如果一组数据共有 n 个数值,那么其几何平均为所有数值之积开 n 次方。

$$\text{几何平均} = \sqrt[n]{x_1 x_2 \cdots x_n}。$$

3) 加权平均(weighted mean)。为所有数值分别乘以各自的权重,然后相加。

$$\text{加权平均} = \omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \cdots + \omega_n x_n。$$

其中, ω_i 为 x_i 的权重($i=1, 2, \dots, n$),且权重之和为 1($\omega_1 + \omega_2 + \cdots + \omega_n = 1$)。

离散随机变量的期望值(expectation, expected value)等于随机变量的每一个可能的取值分别乘以各自的发生概率,然后相加。如果随机变量 X 有以下可能的取值 x_1, x_2, \dots, x_n ,那么随机变量 X 的期望值为：

$$E(X) = x_1 P(X = x_1) + x_2 P(X = x_2) + \cdots + x_n P(X = x_n)。$$

随机变量的期望值类似加权平均,其权重 $P(X=x_n)$ 为每一个可能的取值 x_n 发生的概率,且权重之和为 1。

随机变量的期望值有以下性质。

性质 1:如果 c 是一个常数,那么有：

$$E(cX) = cE(X);$$

性质 2:两个随机变量之和的期望值等于两个随机变量的期望值之和。

$$E(X + Y) = E(X) + E(Y);$$

性质 3:如果随机变量 X 和 Y 是独立的随机变量,那么有：

$$E(XY) = E(X) \times E(Y)。$$

31.3 离散程度的度量

在知道了一组数据的中心位置之后,我们往往会想知道数据距离中心位置是远还是近,这称为离散程度(dispersion)的度量。在金融分析中,我们常用离散程度来衡量风险,这使得离散程度变得至关重要。

31.3.1 极差

极差(range)是一种衡量离散程度的方法。极差定义为最大值与最小值的差:

$$\text{Range} = X_{\max} - X_{\min}。$$

根据定义,极差只用到了—组数据中的两个数据(最大值与最小值),忽略了数据的分布状况等许多有用的信息,因此在实践中较少使用。

31.3.2 四分位距

我们可以将—列升序排列的数列等分成四份,这三个分位数都称为四分位数(quarter),它们从小到大依次称作第一个四分位数、第二个四分位数和第三个四分位数。当然,第二个四分位数就是中位数。我们把第三个四分位数和第一个四分位数之差称为四分位距(interquartile range)。

31.3.3 方差

方差(variance)是所有数值到均值的距离的平方的算术平均。

总体方差为:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2;$$

样本方差为:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2。$$

值得注意的是,样本方差的分母为 $n-1$,而非 n 。这是因为,如果分母为 $n-1$,那么样本方差即为总体方差的无偏估计量。我们将在后面详细解释。

随机变量 X 的方差表示为 $\text{Var}(X)$,其定义为:

$$\text{Var}(X) = E[(X - E(X))^2] = E(X^2) - [E(X)]^2。$$

随机变量的方差有以下性质。

性质 1:如果 c 是一个常数,那么有:

$$\text{Var}(cX) = c^2 \text{Var}(X)。$$

性质 2:两个独立的随机变量之和(差)的方差等于两个随机变量的方差之和(差)。

$$\text{Var}(X+Y) = \text{Var}(X) + \text{Var}(Y),$$

$$\text{Var}(X-Y) = \text{Var}(X) + \text{Var}(Y)。$$

毫无疑问,方差是最常见的衡量离散程度指标之一。

31.3.4 标准差

方差确实是一个不错的指标,但是它有一个致命的缺陷:它的单位是平方的。例如我们调查一个学校中每个班级的人数,有的班级四十几人,有的班级五十几人,平均是五十人,方差是 25 平方人。平方人是什么?

为了解决这个问题,我们把方差开根号,称为标准差(standard deviation)。

总体标准差为:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2};$$

样本标准差为:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

31.4 协方差和相关系数

我们有时候需要考虑两个随机变量之间的关系,那么我们就需要使用协方差和相关系数。

31.4.1 协方差

协方差(covariance)度量的是两个随机变量变动的同向性。我们以 $\text{Cov}(X, Y)$ 来表示随机变量 X 和 Y 的协方差,其定义为:

$$\text{Cov}(X, Y) = E[(X - E(X))(Y - E(Y))] = E(XY) - E(X)E(Y).$$

协方差的取值范围为 $(-\infty, +\infty)$ 。

随机变量的协方差有以下性质。

性质 1: 随机变量自己与自己的协方差就是自己的方差,即:

$$\text{Cov}(X, X) = \text{Var}(X).$$

性质 2: 两个独立的随机变量的协方差为零,即:

$$\text{Cov}(X, Y) = 0.$$

性质 3: 任意两个随机变量之和(差)的方差为:

$$\text{Var}(X + Y) = \text{Var}(X) + \text{Var}(Y) + 2\text{Cov}(X, Y);$$

$$\text{Var}(X - Y) = \text{Var}(X) + \text{Var}(Y) - 2\text{Cov}(X, Y).$$

31.4.2 相关系数

相关系数(correlation coefficient)度量的是两个随机变量的线性相关性。我们常以 $\rho_{X,Y}$ 或者 $r_{X,Y}$ 来表示随机变量 X 和 Y 的相关系数,其定义为两个随机变量的协方差除以两个随机变量的标准差之积,即:

$$\rho_{X,Y} = \frac{\text{Cov}(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (31-1)$$

相关系数的取值范围为 $[-1, +1]$ 。相关系数的解释见表 31-1。

表 31-1 相关系数的解释

相关系数取值	解释
$\rho=1$	完全线性正相关
$0 < \rho < 1$	线性正相关
$\rho=0$	线性不相关
$-1 < \rho < 0$	线性负相关
$\rho=-1$	完全线性负相关

31.5 偏 度

偏度(skewness)衡量一组数据左右偏离的程度。一个左右对称的分布(symmetrical distribution)偏度为零;如果一个分布不对称(nonsymmetrical distribution),那么其偏度会大于零或小于零。大于零称为正偏(positively skewed, right skewed),小于零称为负偏(negatively skewed, left skewed)。

图 31-1 显示的是一个左右对称的分布,其均值、中位数、众数均一致。

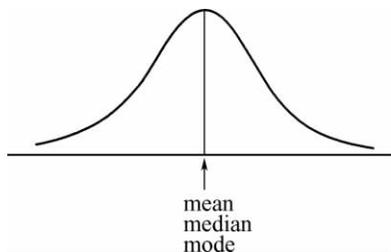


图 31-1 对称的分布

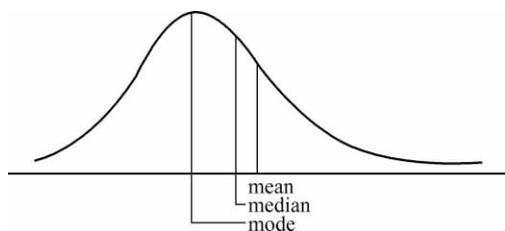


图 31-2 右偏的分布

图 31-2 显示的是一个正偏(右偏)的分布,其均值 $>$ 中位数 $>$ 众数。

图 31-3 显示的是一个负偏(左偏)的分布,其均值<中位数<众数。

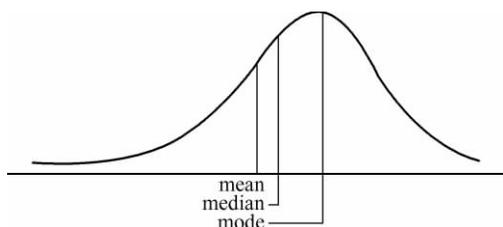


图 31-3 左偏的分布

例 31-1

如果一个分布是左偏的,那么其均值、中位数、众数的关系如何?

- A. 均值<中位数<众数; B. 众数<中位数<均值;
C. 均值<众数<中位数; D. 中位数<均值<众数。

答案:A

31.6 峰 度

峰度(kurtosis)衡量一组数据峰值高于或低于正态分布的程度。任何一个正态分布的峰度为 3;如果一个分布的峰度大于 3 称为高峰态(leptokurtic),小于 3 称为低峰态(platykurtic)。

我们常把峰度的数值减去 3,称为超额峰度(excess kurtosis)。同样,任何一个正态分布的超额峰度为零;如果一个分布的超额峰度大于零称为高峰态,小于零称为低峰态。

表 31-2

	leptokurtic	normal distribution	platykurtic
sample kurtosis	>3	=3	<3
excess kurtosis	>0	=0	<0

31.7 切比雪夫不等式

俄国伟大的数学家切比雪夫(1821~1894)断言:对任何一组观测值,个体落于均值周围正负 k 个标准差之内的概率不小于 $1-1/k^2$,对任意 $k>1$ 。这称作切比雪夫不等式(Chebyshev's inequality)。用概率表示为:

$$P(|X - \mu| \leq k\sigma) \geq 1 - 1/k^2, \quad \text{对任意 } k > 1. \quad (31-2)$$

例如我们有一组数据,不论它是总体还是样本,只要有均值 μ 和标准差 σ ,我们就可以断言,至少有 $1-1/k^2$ 的数据落于均值周围正负 k 个标准差之内(即 $\mu \pm k\sigma$),对任意 $k > 1$ 。

比如说,我们随便说了 100 个数,计算算术平均值 $\mu=1\ 000$,标准差 $\sigma=100$ 。我们可以断言,这 100 个数中至少有 75% 的数落于 800 到 1 200 之间($k=2$),至少有 88.9% 的数落于 700 到 1 300 之间($k=3$)。

例 31-2

对任何分布的随机变量,取值范围在均值周围正负 2.5 个标准差之内的概率至少为多少?

- A. 0.75; B. 0.84; C. 0.89; D. 0.95。

答案:B

根据切比雪夫不等式, $1-1/k^2=1-1/2.5^2=0.84$ 。



第 32 章

随机变量和概率分布

32.1 基本概念

随机变量(random variable)的取值是变化的,或者说不确定的。例如,我们掷一枚骰子,得到的结果就是一个随机变量。在掷骰子之前,我们不知道结果如何。但我们知道其可能的取值为 $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ 。像这样取值范围是离散数值的随机变量称为离散随机变量(discrete random variable)。

又如,明天中午 12 点时你家的温度也是一个随机变量。在明天中午 12 点之前,你不知道你家的温度会是多少。我们也无法穷举出所有可能的取值,因为其取值是连续的。像这样取值范围是连续的随机变量称为连续随机变量(continuous random variable)。

32.2 离散分布

32.2.1 概率函数

对于离散随机变量,我们可以用概率函数来表示其概率分布。假设 X 是离散随机变量,其有以下可能的取值 x_1, x_2, \dots, x_n , 并假设取到每个值的概率为:

$$p(x_i) = P(X = x_i), \quad \text{其中 } i = 1, 2, \dots, n.$$

我们就称 $p(x)$ 为随机变量 X 的概率函数。当 $x = x_i$ 时, 就有 $p(x) = P(X = x_i)$; 对于其他的 x , 有 $p(x) = 0$ 。

离散随机变量的概率函数有以下性质:

$$\textcircled{1} 0 \leq p(x) \leq 1;$$

$$\textcircled{2} \sum p(x) = 1.$$

下面, 我们要介绍三个离散的分佈: 离散均匀分佈、二项分佈和泊松分佈。

32.2.2 离散均匀分佈

离散均匀分佈(discrete uniform distribution)取到每一个可能的值的概率相等。前面举的掷骰子的例子就是一种离散均匀分佈, 如果骰子均匀的话, 其取到每一个可能的值的概率均为 $1/6$ 。用概率函数表示为:

$$p(x) = \begin{cases} 1/6 & x = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}.$$

32.2.3 二项分佈

要讲二项分佈(binomial distribution), 我们先要从贝努里分佈(Bernulli distribution)讲起。

如果一个离散的随机变量 Y 只有两个可能的取值: 0 和 1, 那么称这个随机变量 Y 为贝努里随机变量。假设取到 1 的概率为 p , 取到 0 的概率为 $1-p$, 即有:

$$P(Y = 1) = p, \quad P(Y = 0) = 1 - p.$$

例如, 我们掷一枚硬币, 只有两个可能的取值: 正面和反面。我们把正面记作 1, 反面记作 0, 那么, 这就构造了一个贝努里随机变量。我们就把“掷一次硬币”称为“做一次贝努里试验”, 得到的结果有离散的取值“0”或“1”。

同样, 我们掷一枚骰子, 也可以只有两种可能的取值: 奇数和偶数。我们把奇数记作“1”, 把偶数记作“0”, 这也构造了一个贝努里随机变量。

那么, 我们做 n 次贝努里试验, 正好得到 x 次“1”的概率为多少? 二项分佈就是表示 n 次贝努里试验中正好有 x 次“1”的概率, 其概率函数为:

$$p(x) = P(X = x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}. \quad (32-1)$$

其中: X 是服从二项分佈的随机变量; p 为每次贝努里试验取到“1”的概率, $\binom{n}{x}$ 为组合

$$\text{数: } {}_n C_x = \binom{n}{x} = \frac{n!}{(n-x)! \times x!}.$$

例 32-1

假设某股票在每一个交易日内上涨的概率为 0.65, 下跌的概率为 0.35, 那么, 其在一周之内(即连续 5 个交易日)至少有 3 天上涨的概率为多少?

A. 0.336 4; B. 0.648 8; C. 0.764 8; D. 0.994 7。

答案:C

正好有 3 天上涨的概率为:

$$p(3) = \binom{5}{3} 0.65^3 \times 0.35^2 = 0.336 4。$$

同样地, 正好有 4 天上涨的概率为 $p(4) = 0.312 4$, 正好有 5 天上涨的概率为 $p(5) = 0.116 0$ 。

因此, 至少有 3 天上涨的概率为 $p(3) + p(4) + p(5) = 0.764 8$ 。

贝努里随机变量和二项随机变量的期望值和方差见表 32-1。

表 32-1 贝努里随机变量和二项随机变量的期望值和方差

	期望值	方差
贝努里随机变量	p	$p(1-p)$
二项随机变量	np	$np(1-p)$

二项分布与正态分布的关系: 若 p 接近于 0.5 且 n 较大, 则二项分布接近于正态分布。

32.2.4 泊松分布

泊松分布(Poisson distribution)的概率函数为:

$$p(x) = P(X = x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}。 \quad (32-2)$$

其中: 参数 λ 为常数; e 为自然对数底 ($e = 2.718 28\dots$)。

泊松分布的期望值和方差都为 λ 。

二项分布与泊松分布的关系: 在二项分布中, 如果 p 接近于 0 ($1-p$ 接近于 1), 试验的次数不少于 50 次 ($n \geq 50$), 那么二项分布就趋近于 $\lambda = np$ 的泊松分布。

泊松分布与正态分布的关系: 当 λ 趋近于 $+\infty$ 时, 泊松分布趋近于正态分布。

32.3 连续分布

32.3.1 概率密度函数和累积分布函数

对于连续随机变量, 我们不能穷举其所有可能的取值, 因此, 我们不能像离散随机变量

那样,用概率函数来表示连续随机变量的概率分布。值得注意的是,对于连续随机变量,取到任何一个离散值的概率为零,因此,我们只能说连续随机变量取到某一范围内的值的概率为多少。我们常用概率密度函数(probability density function)来描述连续随机变量的分布情况。密度函数常用 $f(x)$ 来表示,连续随机变量 X 取值落在常数 a 与 b 之间的概率为:

$$\int_a^b f(x) dx = P(a < X < b)。 \quad (32-3)$$

由上述定义可知,连续随机变量 X 取值落在常数 a 与 b 之间的概率为密度函数 $f(x)$ 从 a 到 b 的积分,也即密度函数 $f(x)$ 从 a 到 b 的部分与 X 轴所夹的面积。

连续随机变量的概率密度函数有以下性质:

- 1) 概率密度函数在 X 轴上方或在 X 轴上,即 $f(x) \geq 0$;
- 2) $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1$ 。

我们定义累积分布函数 $F(x)$ 为概率密度函数从 $-\infty$ 到 x 的积分:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(u) du。 \quad (32-4)$$

如果已知连续随机变量 X 的累积分布函数,我们就很容易求得 X 取值落在常数 a 与 b 之间的概率为:

$$P(a < X < b) = F(b) - F(a)。$$

连续随机变量的累积分布函数有以下性质:

- 1) 累积分布函数在 X 轴上方或在 X 轴上,即 $F(x) \geq 0$;
- 2) $F(+\infty) = 1$;
- 3) $F(x)$ 是增函数。

下面,我们要介绍三个连续分布:连续均匀分布、正态分布和对数正态分布。

32.3.2 连续均匀分布

连续均匀分布(continuous uniform distribution)在取值范围 $[a, b]$ 内,概率密度函数与 X 轴平行;在取值范围 $[a, b]$ 外,概率密度函数与 X 轴重合。连续均匀分布的概率密度函数表示为:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a \leq x \leq b, \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

其累积分布函数表示为:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a < x < b。 \\ 1 & x \geq b \end{cases}$$

对任意满足 $a \leq x_1 < x_2 \leq b$ 的常数 x_1 和 x_2 , 服从连续均匀分布的随机变量 X 取值落在 $[x_1, x_2]$ 之内的概率为:

$$P(x_1 \leq X \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx = (x_2 - x_1) / (b - a)。$$

32.3.3 正态分布

32.3.3.1 正态分布的性质

正态分布(normal distribution)是最重要的概率分布。正态分布由德国数学家高斯发现, 因此又称为高斯分布。正态分布的密度函数图形如钟形, 如图 32-1 所示, 因此又称为钟形分布。

从图形上可知, 正态分布是对称的分布, 其均值、中位数、众数均相等。正态分布的取值范围为 $(-\infty, +\infty)$, 即正态分布的密度函数向左右两边无限延伸, 无限接近 X 轴但在 X 轴上方。

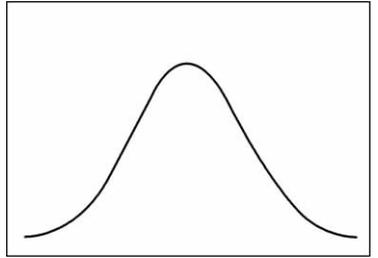


图 32-1 正态分布的密度函数

正态分布有以下几点重要性质:

- 1) 正态分布可以由其均值和方差完全描述, 记为: $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, 表示随机变量 X 服从均值为 μ , 方差为 σ^2 的正态分布;
- 2) 正态分布是对称的分布, 其密度函数关于均值左右对称, 随机变量落在均值两边的概率相等, 其偏度为零, 超额峰度为零;
- 3) 两个服从正态分布的随机变量经过线性组合得到的新随机变量仍然服从正态分布。

32.3.3.2 正态分布的置信区间

有了正态分布的概率密度函数, 我们可以知道正态随机变量取值落在某个区间的概率, 这称为正态分布的置信区间(confidence interval)。

设 \bar{x} 为样本均值, s 为样本标准差, 则如图 32-2 所示:

服从正态分布的随机变量 X 落在均值周围正负 1 个标准差的概率为 0.68, 我们称 X 的 68% 的置信区间为 $[\bar{x} - s, \bar{x} + s]$;

服从正态分布的随机变量 X 落在均值周围正负 1.65 个标准差的概率为 0.9, 我们称 X 的 90% 的置信区间为 $[\bar{x} - 1.65s, \bar{x} + 1.65s]$;

服从正态分布的随机变量 X 落在均值周围正负 1.96 个标准差的概率为 0.95, 我们称 X

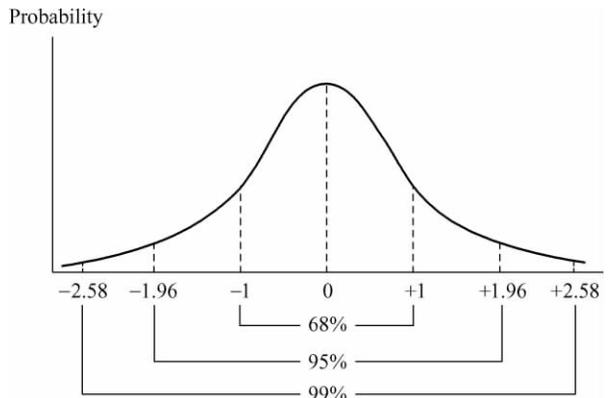


图 32-2 正态分布的置信区间

的 95% 的置信区间为 $[\bar{x} - 1.96s, \bar{x} + 1.96s]$;

服从正态分布的随机变量 X 落在均值周围正负 2.58 个标准差的概率为 0.99, 我们称 X 的 99% 的置信区间为 $[\bar{x} - 2.58s, \bar{x} + 2.58s]$ 。

正态分布的置信区间在后面假设检验和置信区间估计中都有很重要的作用。

32.3.3.3 标准正态分布

如果正态分布的均值为 0, 方差为 1, 则称为标准正态分布 (standard normal distribution), 记为 $N(0, 1)$ 或 Z 分布。

我们可以把服从任意正态分布的随机变量转变成服从标准正态分布的随机变量, 这个过程称为标准化 (normalization)。如果一个随机变量 X 服从正态分布 $N(\mu, \sigma^2)$, 那么我们把随机变量 X 减去均值 μ , 再除以标准差 σ , 即得到 $Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$ 。通过转换后的随机变量 Z 是服从标准正态分布的随机变量。

我们把随机变量标准化的目的是为了更方便我们利用标准正态分布表来解决我们面临的问题。

例 32-2

随机变量 X 服从 $N(3, 4)$, 求随机变量 X 落在 4 到 6.48 之间的概率。

A. 0.1915; B. 0.2676; C. 0.4591; D. 0.6506。

答案: B

先标准化, 将 4 和 6.48 分别标准化。

$$(4 - 3)/2 = 0.5, \quad (6.48 - 3)/2 = 1.74。$$

所以, 随机变量 X 落在 4 到 6 之间的概率, 就等于标准正态分布取值在 0.5 到 1.74 之间的概率。

$$P(0.5 < Z < 1.74) = F(1.74) - F(0.5),$$

查阅标准正态分布表, 得到 $F(1.74) = 0.4591$, $F(0.5) = 0.1915$ 。于是:

$$P(0.5 < Z < 1.74) = F(1.74) - F(0.5) = 0.4591 - 0.1915 = 0.2676,$$

即随机变量 X 落在 4 到 6.48 之间的概率为 0.2676。

32.3.4 对数正态分布

如果随机变量 X 的自然对数服从正态分布, 那么称 X 服从对数正态分布 (lognormal distribution)。对数正态分布的密度函数图形如图 32-3 所示。

你不需要知道对数正态分布的期望值和方差, 对于对数正态分布, 你只需要记住以下三点:

- 1) 如果随机变量 X 的自然对数服从正态分布, 那么 X 服从对数正态分布 (lognormal means “log is normal”);
- 2) 对数正态分布的取值范围大于零;

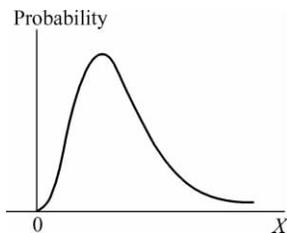


图 32-3 对数正态分布的密度函数

3) 对数正态分布是右偏的。

我们之所以要学习对数正态分布,是因为著名的期权定价模型 Black-Scholes model 假设标的资产价格是服从对数正态分布的。



第 33 章 抽样和估计

33.1 基本概念

我们再回顾一下我们前面学过的基本概念。总体(population)是我们所要研究的所有个体的集合。例如我们想要研究中国人的身高状况,那么所有中国人的身高的集合就是我们的总体。样本(sample)是从总体当中抽取出来的一个子集。例如我抽取了 100 个中国人,分别量了他们的身高,那么这 100 个身高的集合就是我的一个样本。这个样本的样本量(sample size)为 100。

我们研究一个总体,通常不是想要了解每一个个体的情况,而是想要知道某些总体参数(population parameter)。总体参数是总体中个体数值的函数,例如总体均值、总计方差,等等。

但是由于种种原因,我们通常不能得到总体中所有个体的数值,我们只能抽取一个样本来计算样本统计量(sample statistic)。样本统计量是样本中个体数值的函数,例如样本均值、样本方差等。例如我抽取了 100 个中国人,分别量了他们的身高,计算了他们的平均身高,用来估计中国人的平均身高。

抽样(sampling)是指从总体中抽取样本。估计(estimation)是指计算样本统计量来估计总体参数。

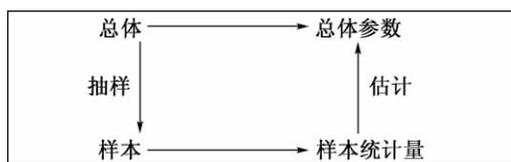


图 33-1 抽样和估计

33.2 简单随机抽样和分层随机抽样

最基本的两种抽样方法是简单随机抽样 (simple random sampling) 和分层随机抽样 (stratified random sampling)。

随机抽样是指总体中的每个个体被抽中的概率相同。

简单随机抽样是把总体中的所有个体放在一起抽, 要保证每个个体被抽中的概率相同。例如我们看到电视上彩票开奖, 把 10 个球放入大球内滚动, 随机抽取一个, 这就是简单随机抽样。

分层随机抽样先将总体分成几个子集, 然后分别在各个子集中进行简单随机抽样, 最后将抽到的个体合起来成为一个样本。例如我们要在 1 000 个股票中抽取 100 个股票构造指数, 我们先把所有股票按照市值大小分为大盘股、中盘股和小盘股三种, 然后每种里面再分为价值型和成长型两种, 见表 33-1。

表 33-1

	大盘股	中盘股	小盘股
价值型	280	120	190
成长型	140	170	100

表 33-1 中的数字代表该种股票的数量, 例如大盘价值型股票共有 280 个。那么, 由于我们要抽取 1/10 的股票, 所以大盘价值型股票共应抽取 28 个。同理, 大盘成长型股票共应抽取 14 个, 依此类推。使用分层随机抽样可以保证我们抽取的股票在各个格子 (cell) 中的分布情况与总体分布情况一致, 而如果使用简单随机抽样的话, 那么有可能我们抽取的 100 个股票在一个格子里, 例如, 全都是中盘成长型的股票。

33.3 抽样误差和抽样分布

由于抽样是随机的, 因此样本统计量不会正好等于总体参数, 用样本统计量来估计总体参数会产生误差, 这称为抽样误差 (sampling error)。

而且, 由于抽样是随机的, 因此计算出来的样本统计量也是随机变量。例如我们抽一个

样本,就得到一个样本均值;再抽另一个样本,就得到另一个样本均值。样本统计量既然是随机变量,那么它们就有自己的概率分布(称为抽样分布),也有自己的期望值和方差等。只有理解了样本统计量是随机变量,才能理解统计中重要的定理——中心极限定理。

样本统计量是随机变量,而总体参数是常数。例如中国人的平均身高是客观存在的常数,只是我们不知道等于多少。我们通过抽样,计算样本统计量,来估计这个常数。

33.4 中心极限定理

中心极限定理(central limit theorem)告诉我们:如果已知总体期望值为 μ , 方差为 σ^2 , 那么当样本量 n 很大($n \geq 30$)时,样本均值 \bar{x} 的抽样分布服从期望值为 μ , 方差为 σ^2/n 的正态分布。

简单地说,中心极限定理告诉我们三件事情:

- 1) 不管总体是什么分布,只要样本量够大($n \geq 30$)的话,样本均值 \bar{x} 就服从正态分布;
- 2) 样本均值的期望值等于总体均值($E(\bar{x}) = \mu$);
- 3) 样本均值的方差等于总体方差除以样本量($\text{Var}(\bar{x}) = \sigma^2/n$)。

我们依次来看这三句话。由第一句话,样本均值 \bar{x} 的抽样分布为正态分布。样本均值是一个样本统计量,样本统计量都是随机变量,因此样本均值是随机变量。只要样本量够大($n \geq 30$)的话,样本均值这个随机变量就服从正态分布。

由第二句话,样本均值的期望值等于总体均值。样本均值的公式为 $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ 。我们计算样本均值的目的是要估计总体均值,样本均值有可能大于总体均值,也有可能小于总体均值(这都是抽样误差),但其均值等于总体均值。如果一个估计量的期望值等于要估计的那个数,我们就称这个估计量为无偏估计量(unbiased estimator)。因此,样本均值是总体均值的无偏估计量。

无偏估计量可能有许多个,其中方差最小的那个无偏估计量称为最小方差无偏估计,又称有效估计量(efficient estimator)。

由第三句话,样本均值的方差等于总体方差除以样本量。随着样本量的增大,样本均值的方差减小,意味着估计的精度上升。如果随着样本量的增大,估计的精度会上升,这是估计量的一个优良性质,称为一致性(consistency)。

样本均值的标准差为: $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$ 。我们把样本均值的标准差称为样本均值的标准误(standard error of the sample mean)。如果总体标准差未知,那么我们可以用样本标准差来代替总体标准差: $s_{\bar{x}} = s/\sqrt{n}$ 。总而言之,样本均值的标准误就等于标准差除以样本量的开方。这条结论很重要,我们后面做假设检验和置信区间估计都要用到。

33.5 比例的抽样分布

假定一个无限总体服从二项分布,即对某一特定个体,成功(取到“1”)的概率为 p , 失败

(取到“0”)的概率为 $1-p$ 。从这个总体中抽取样本量为 n 的样本,可以计算一个样本统计量,即事件成功的比例 P 。

样本统计量 P 的期望值 μ_P 和方差 σ_P^2 为:

$$\mu_P = p, \quad \sigma_P^2 = \frac{p(1-p)}{n}。 \quad (33-1)$$

当样本量 n 很大($n \geq 30$)时, P 的抽样分布非常接近于正态分布。

33.6 差与和的抽样分布

假设有两个独立的总体,从第一个总体中抽取一个样本量为 n_1 的样本,计算一个样本统计量 S_1 , S_1 有其抽样分布,也有其期望值 μ_{S_1} 和标准差 σ_{S_1} 。同样地,从第二个总体中抽取一个样本量为 n_2 的样本,计算一个样本统计量 S_2 , S_2 有其抽样分布,也有其期望值 μ_{S_2} 和标准差 σ_{S_2} 。

从两个总体中抽取这两个样本的一切可能组合,计算样本统计量并相减,可以获得统计量差 $S_1 - S_2$ 的抽样分布,这个抽样分布的期望值为 $\mu_{S_1} - \mu_{S_2}$, 标准差为 $\sqrt{\sigma_{S_1}^2 + \sigma_{S_2}^2}$;

从两个总体中抽取这两个样本的一切可能组合,计算样本统计量并相加,可以获得统计量和 $S_1 + S_2$ 的抽样分布,这个抽样分布的期望值为 $\mu_{S_1} + \mu_{S_2}$, 标准差为 $\sqrt{\sigma_{S_1}^2 + \sigma_{S_2}^2}$ 。

以 S_1 和 S_2 为样本均值举例。假设两个总体的期望值和标准差分别为 μ_1, σ_1 和 μ_2, σ_2 , 那么这两个样本均值差的抽样分布的均值为 $\mu_1 - \mu_2$, 标准差为 $\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$ 。

33.7 样本方差的抽样分布

样本均值是随机变量,其抽样分布由中心极限定理给出。同样地,样本方差也是随机变量,其也有抽样分布。样本方差的公式为 $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ 。

直接求 s^2 的分布比较困难,我们可以求 $\frac{ns^2}{\sigma^2}$ 这一随机变量的分布。 $\frac{ns^2}{\sigma^2}$ 的分布服从自由度等于 $n-1$ 的卡方分布(χ^2 distribution, chi-square distribution)。记作:

$$\frac{ns^2}{\sigma^2} \sim \chi_{n-1}^2。$$

第 34 章 假设检验

34.1 基本概念

为了推断总体的某些性质,我们会提出关于总体性质的各种假设(hypothesis)。假设检验(hypothesis testing)就是根据样本提供的信息对所提出的假设作出判断的过程。

原假设(null hypothesis)是我们有怀疑,想要拒绝的假设,记为 H_0 ;备择假设(alternative hypothesis)是我们拒绝了原假设后得到的结论,记为 H_a 。

假设都是关于总体参数的,例如我们想知道总体均值是否等于某个常数 μ_0 ,那么

原假设是: $H_0: \mu = \mu_0$;

备择假设总是原假设的反面: $H_a: \mu \neq \mu_0$ 。

上面这种假设检验,我们称为双尾检验(two-tailed test),因为备择假设是双边的($< \mu_0$ and $> \mu_0$)。以下两种假设检验称为单尾检验(one-tailed test):

$$H_0: \mu \geq \mu_0 \qquad H_a: \mu < \mu_0;$$

$$H_0: \mu \leq \mu_0 \qquad H_a: \mu > \mu_0。$$

值得注意的是,无论是单尾检验还是双尾检验,等号永远都在原假设一边。

34.2 第一类错误和第二类错误

我们在做假设检验的时候会犯两种错误：① 原假设是正确的，而你判断它为错误的；② 原假设是错误的，而你判断它为正确的。我们分别称这两种错误为第一类错误(Type I error)和第二类错误(Type II error)。

第一类错误：原假设是正确的，却拒绝了原假设；

第二类错误：原假设是错误的，却没有拒绝原假设。

我们常把假设检验比作法庭判案，我们想知道被告是好人还是坏人。原假设是“被告是好人”，备择假设是“被告是坏人”。法庭判案会犯两种错误：如果被告真是好人，而你判他有罪，这是第一类错误(错杀好人)；如果被告真是坏人，而你判他无罪，这是第二类错误(放走坏人)。

记忆方法：我们可以把第一类错误记为“以真为假”，把第二类错误记为“以假为真”。但是，当然我们仍然可以将第一类错误记为“错杀好人”，把第二类错误记为“放走坏人”。

在其他条件不变的情况下，如果要求犯第一类错误概率越小，那么犯第二类错误的概率就会越大。这个结论比较容易理解，当我们要求“错杀好人”的概率降低时，那么往往就会“放走坏人”。

在做假设检验的时候，我们会规定一个允许犯第一类错误的概率，比如 5%，这称为显著性水平(significance level)，记为希腊字母 α 。我们通常只规定犯第一类错误的概率，而不规定犯第二类错误的概率。

检验的势(power of the test)定义为在原假设是错误的情况下正确拒绝原假设的概率。检验的势等于 1 减去犯第二类错误的概率： $\text{power} = 1 - P(\text{Type II error})$ 。

我们用表 34-1 来更清楚地表示显著性水平和检验的势。

表 34-1 假设检验基本概念

	原假设正确	原假设不正确
拒绝原假设	第一类错误 $\text{significance level} = \alpha$	判断正确
没有拒绝原假设	判断正确	$\text{power} = 1 - P(\text{Type II error})$ 第二类错误

34.3 检验统计量和关键值

要做假设检验，我们先要计算两样东西：检验统计量(test statistic)和关键值(critical value)。

检验统计量是从样本数据中计算得来的。检验统计量的一般形式为：

检验统计量 = (样本统计量 - 在 H_0 中假设的总体参数值) / 样本统计量的标准误。

关键值是查表求得的。关键值的计算需要知道以下三点。

- 1) 检验统计量是什么分布的。这决定了我们要去查哪张表, 我们后面会学四种检验 (z , t , χ^2 , F), 它们都是用检验统计量的分布命名的。
- 2) 显著性水平 α 。
- 3) 是双尾检验还是单尾检验。

关于检验统计量和关键值的具体计算方法, 我们会在后面详细讲述。

34.4 决策规则

34.4.1 基于检验统计量和关键值的决策规则

计算了检验统计量和关键值之后, 怎样判断是拒绝原假设还是不拒绝原假设呢?

首先, 我们要搞清楚我们做的是双尾检验还是单尾检验。如果是双尾检验, 那么拒绝域在两边。以双尾的 z 检验为例, 首先画出 z 分布 (标准正态分布), 在两边画出黑色的拒绝域, 如图 34-1 所示。

拒绝域的面积应等于显著性水平 α 。以 $\alpha=0.05$ 为例, 左右两块拒绝域的面积之和应等于 0.05, 可知交界处的数值为 ± 1.96 。 ± 1.96 即为关键值。

如果从样本数据中计算得出的检验统计量落在拒绝域 (小于 -1.96 或大于 1.96), 就拒绝原假设; 如果检验统计量没有落在拒绝域 (在 -1.96 和 1.96 之间), 就不能拒绝原假设。

如果是单尾检验, 那么拒绝域在一边。拒绝域在哪一边, 要看备择假设在哪一边。以单尾的 z 检验为例, 假如原假设为 $H_0: \mu \leq \mu_0$, 备择假设为 $H_a: \mu > \mu_0$, 那么拒绝域在右边, 因为备择假设在右边 ($\mu > \mu_0$)。首先画出 z 分布 (标准正态分布), 在右边画出黑色的拒绝域, 如图 34-2 所示。

拒绝域的面积还是等于显著性水平 α 。以 $\alpha=0.05$ 为例, 因只有一块拒绝域, 因此其面积应等于 0.05, 可知交界处的数值为 1.65。1.65 即为关键值。

如果从样本数据中计算得出的检验统计量落在拒绝域 (大于 1.65), 就拒绝原假设; 如果检验统计量没有落在拒绝域 (小于 1.65), 就

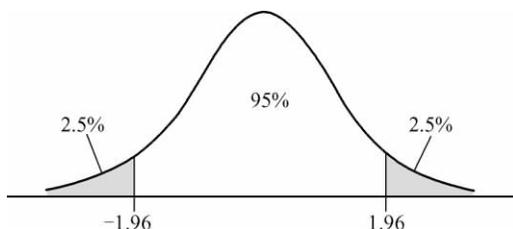


图 34-1 双尾检验的拒绝域

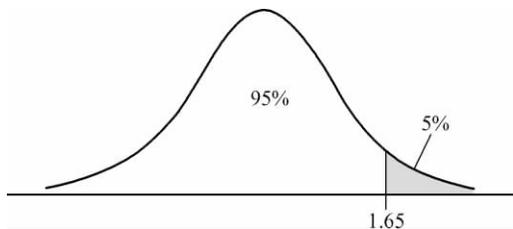


图 34-2 单尾检验的拒绝域

不能拒绝原假设。

以上就是双尾检验和单尾检验的决策规则。双尾检验和单尾检验计算的检验统计量是一样的,但注意查表求得的关键值是不同的。

34.4.2 基于 p 值和显著性水平的决策规则

上面讲了基于检验统计量和关键值的决策规则,这是考试最喜欢考的一种决策规则。但是在实际应用中,很少使用这一种决策规则。几乎所有统计软件都不要你输入显著性水平 α ,因此统计软件无法计算出关键值,而只能计算出检验统计量。统计软件在计算出检验统计量之后,进一步计算出 p 值,你可以将 p 值与显著性水平 α 作比较,以决定拒绝还是不拒绝原假设,这就是基于 p 值和显著性水平的决策规则。

首先,我们来看看 p 值究竟是什么。对于双尾检验,有两个检验统计量,两个检验统计量两边的面积之和就是 p 值。因此,每一边的面积都是 $p/2$,如图 34-3 所示。

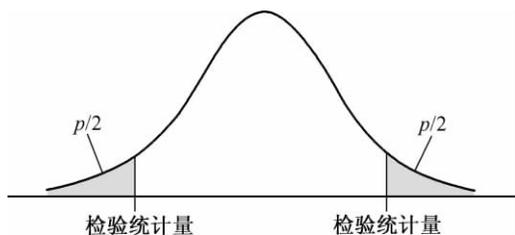


图 34-3 双尾检验的 p 值

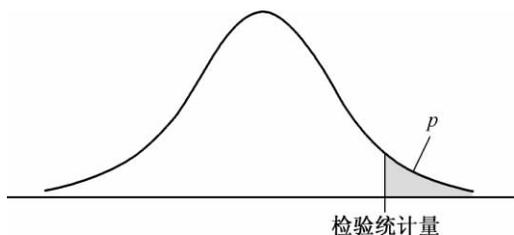


图 34-4 单尾检验的 p 值

对于单尾检验,只有一个检验统计量,检验统计量边上的面积就是 p 值,如图 34-4 所示。

计算 p 值的目的是与显著性水平 α 作比较。如果 p 值小于显著性水平 α ,说明检验统计量落在拒绝域,因此拒绝原假设。如果 p 值大于显著性水平 α ,说明检验统计量没有落在拒绝域,因此不能拒绝原假设。

p 值的定义为:可以拒绝原假设的最小显著性水平 α 。

以上就是基于 p 值和显著性水平的决策规则,本质上与基于检验统计量和关键值的决策规则是一致的。你需要同时掌握这两种决策规则。

34.4.3 结论的陈述

如果不能拒绝原假设,我们不能说“接受”(accept)原假设,我们只能说“fail to reject H_0 ”或者“cannot reject H_0 ”。记住:原假设是用来拒绝的。

在作出判断之后,我们还要陈述结论。如果拒绝原假设 $H_0: \mu = \mu_0$,那么我们说:总体均值显著地不等于 μ_0 (μ is significantly different from μ_0)。如果没有拒绝原假设,那么我们说:总体均值没有显著地不等于 μ_0 (μ is not significantly different from μ_0)。

下面我们就要具体地介绍各个假设检验。

34.5 总体均值的假设检验

34.5.1 单个总体均值的假设检验

我们想知道一个正态分布的总体的均值是否等于(或大于等于、小于等于)某个常数 μ_0 , 可以使用 z 检验或 t 检验。双尾和单位检验的原假设和备择假设如下:

$$\begin{aligned} H_0: \mu &= \mu_0 & H_a: \mu &\neq \mu_0; \\ H_0: \mu &\geq \mu_0 & H_a: \mu &< \mu_0; \\ H_0: \mu &\leq \mu_0 & H_a: \mu &> \mu_0. \end{aligned}$$

表 34-2 告诉我们什么时候使用 z 检验, 什么时候使用 t 检验。

表 34-2 z 检验和 t 检验

正态总体,	$n < 30$	$n \geq 30$
已知总体方差(σ^2)	z 检验	z 检验
未知总体方差	t 检验	t 检验或 z 检验

从表 34-2 中可知, 如果已知总体(population)的方差, 则用 z 检验; 如果未知总体的方差, 则用 t 检验。但如果未知总体方差而样本量又比较大($n \geq 30$)时, 也可以用 z 检验。

下面, 我们就要计算 z 统计量和 t 统计量。如果已知总体方差, 那么 z 统计量的公式为:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}}.$$

其中: \bar{x} 为样本均值; σ 为总体标准差; n 为样本量。

如果未知总体方差, 那么 z 统计量的公式中, 总体标准差 σ 用样本标准差 s 代替:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s / \sqrt{n}}.$$

t 统计量的计算方法和 z 统计量相似:

$$t_{n-1} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s / \sqrt{n}}.$$

下标 $n-1$ 是 t 分布的自由度, 我们在查表寻找关键值的时候需要用到自由度。

例 34-1

有一个机器,专门生产一种零件,零件的长度应该等于 10 厘米。如果机器出了问题,零件的长度就会大于或小于 10 厘米,我们就要停工检修机器。我们随机抽取了机器生产出的 100 个零件,得到其平均长度为 9.9 厘米,其标准差为 0.55 厘米。以显著性水平为 0.05,作假设检验,看机器是否需要修理,结果如何?

- A. 不能拒绝原假设,因为 z 统计量等于 -1.82 ; B. 拒绝原假设,因为 z 统计量等于 -1.82 ;
C. 不能拒绝原假设,因为 z 统计量等于 -2.02 ; D. 拒绝原假设,因为 z 统计量等于 -2.02 。

答案:A

① 首先,我们要写出原假设和备择假设: $H_0: \mu = 10$ $H_a: \mu \neq 10$ 。

② 其次,我们要决定使用哪种检验。由于未知总体方差(仅知道样本标准差为 0.55),但样本量较大($n = 100$),我们可以使用 t 检验,也可以使用 z 检验。在此以 z 检验为例。

③ 接着,就要计算 z 统计量: $Z = (9.9 - 10)/(0.55/\sqrt{100}) = -1.82$ 。

④ 接着,我们要查表计算 z 关键值。我们要查 z 表(标准正态分布表),我们知道显著性水平 $\alpha = 0.05$,由于是双尾检验,两边拒绝域的面积都为 0.025。我们要查找这样一个值,使得大于这个值的概率为 0.025。我们知道,标准正态分布在 1.96 右边的面积为 0.025,因为取值在 -1.96 到 1.96 范围内的概率为 95%。因此, ± 1.96 就是关键值。

⑤ 然后,我们比较 z 统计量和 z 关键值的大小。由于 $-1.96 < -1.82 < 1.96$, z 统计量没有落在拒绝域,因此我们不能拒绝原假设。

⑥ 最后,我们陈述结论:零件的长度并未显著地不等于 10 厘米,即机器不需要修理。

例 34-2

有一个机器,专门生产一种零件,零件的长度应该大于等于 10 厘米。如果机器出了问题,零件的长度就会小于 10 厘米,我们就要停工检修机器。我们随机抽取了机器生产出的 100 个零件,得到其平均长度为 9.9 厘米,其标准差为 0.55 厘米。以显著性水平为 0.05,作假设检验,看机器是否需要修理,结果如何?

- A. 不能拒绝原假设,因为 t 统计量等于 -1.82 ; B. 拒绝原假设,因为 t 统计量等于 -1.82 ;
C. 不能拒绝原假设,因为 t 统计量等于 -2.02 ; D. 拒绝原假设,因为 t 统计量等于 -2.02 。

答案:B

① 首先,我们要写出原假设和备择假设: $H_0: \mu \geq 10$ $H_a: \mu < 10$ 。

② 其次,我们要决定使用哪种检验。由于未知总体方差(仅知道样本标准差为 0.55),但样本量较大($n = 100$),我们可以使用 t 检验,也可以使用 z 检验。在此以 t 检验为例。

③ 接着,就要计算 t 统计量。 t 统计量的计算应与上题中的 z 统计量一样,为 -1.82 。

④ 接着,我们要查表计算 t 关键值。我们知道显著性水平 $\alpha = 0.05$,由于是单尾检验,拒绝域在左边,因为备择假设在左边($\mu < 10$),且拒绝域的面积 0.05。我们要查找这样一个值,使得小于这个值的概率为 0.05。我们知道自由度等于 99($= 100 - 1$),由于 t 表中没有 99 的自由度,我们找最近的 120 代替。因此, -1.66 就是关键值。

⑤ 然后,我们比较 t 统计量和 t 关键值的大小。由于 $-1.82 < -1.66$, t 统计量落在拒绝域,因此我们拒绝原假设。

⑥ 最后,我们陈述结论:零件的长度显著地小于 10 厘米,即机器需要修理。

t 分布有一个奇怪的名字,叫做学生氏 t 分布(student's t distribution),这是因为 t 分布的发现者戈塞特最初用 Student 这个笔名发表了这篇论文。我们现在来看看, t 分布究竟是一个什么样的分布。

t 分布与标准正态分布相似,它也是对称的分布,取值范围为 $(-\infty, +\infty)$,即 t 分布的密度函数向左右两边无限延伸,无限接近 X 轴但在 X 轴上方。

t 分布与标准正态分布的不同主要有以下几点。

1) 正态分布有两个参数:均值和方差。而 t 分布只有一个参数,就是 t 分布的自由度(degrees of freedom, df)。也就是说, t 分布由其自由度完全描述。

2) 与标准正态分布相比, t 分布在峰部较矮,在两边尾部较高。形象地说,标准正态分布中间有一些观察点跑到两边去了,就成了 t 分布。因此, t 分布又被称为“瘦峰肥尾分布”。

3) 随着 t 分布自由度的增加, t 分布的峰部增高,两边尾部降低。也就是说,随着 t 分布自由度的增加, t 分布就越来越接近标准正态分布。当自由度大于 30 时, t 分布就已经很接近标准正态分布。

34.5.2 检验两个总体均值是否相等

我们想知道两个相互独立的正态分布总体的均值是否相等,可以使用 t 检验来完成。双尾和单位检验的原假设和备择假设如下:

$$\begin{aligned} H_0: \mu_1 &= \mu_2 & H_a: \mu_1 &\neq \mu_2; \\ H_0: \mu_1 &\geq \mu_2 & H_a: \mu_1 &< \mu_2; \\ H_0: \mu_1 &\leq \mu_2 & H_a: \mu_1 &> \mu_2. \end{aligned}$$

下标 1 和 2 分别表示取自第一个总体的样本和取自第二个总体的样本。这两个样本是相互独立的。

在开始做假设检验之前,我们先要区分两种情况:① 两总体方差未知但假定相等($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$);② 两总体方差未知且假定不相等($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$)。

对于第一种情况,我们用 t 检验,其自由度为 $n_1 + n_2 - 2$ 。 t 统计量的计算公式如下:

$$t_{n_1+n_2-2} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s_p^2}{n_2}}}. \quad (34-1)$$

其中: s_p^2 为 $\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}$; s_1^2 为第一个样本的样本方差; s_2^2 为第二个样本的样本方差; n_1 为第一个样本的样本量; n_2 为第二个样本的样本量。

对于第二种情况,我们也用 t 检验,其自由度过于复杂,在此就不给出了。 t 统计量的计算公式如下:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}. \quad (34-2)$$

其中： s_1^2 为第一个样本的样本方差； s_2^2 为第二个样本的样本方差； n_1 为第一个样本的样本量； n_2 为第二个样本的样本量。

34.5.3 成对比较检验

上面我们讲了两个相互独立的正态分布总体的均值检验，两个样本是相互独立的。如果两个样本相互不独立，我们做均值检验时要使用成对比较检验 (paired comparisons test)。成对比较检验也使用 t 检验来完成，双尾和单位检验的原假设和备择假设如下：

$$\begin{aligned} H_0: \mu_d = \mu_0 & & H_a: \mu_d \neq \mu_0; \\ H_0: \mu_d \geq \mu_0 & & H_a: \mu_d < \mu_0; \\ H_0: \mu_d \leq \mu_0 & & H_a: \mu_d > \mu_0. \end{aligned}$$

μ_d 表示两个总体均值之差 ($\mu_d = \mu_1 - \mu_2$)，为常数； μ_0 通常等于零。 t 统计量的自由度为 $n-1$ ，计算方法如下：

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_0}{s_{\bar{d}}}.$$

其中： \bar{d} 是样本差的均值。我们取得两个成对的样本之后，对应相减，就得到一组样本差数据，求这一组数据的均值，就是 \bar{d} 。 $s_{\bar{d}}$ 是 \bar{d} 的标准误，即 $s_{\bar{d}} = \frac{s_d}{\sqrt{n}}$ 。

34.6 总体方差的假设检验

34.6.1 单个总体方差的假设检验

上面我们讲的都是关于总体均值的假设检验，下面我们要讲关于总体方差的假设检验。首先是关于单个总体方差是否等于 (或大于等于、小于等于) 某个常数 σ_0 的假设检验。我们要使用 χ^2 检验 (chi-square test)。 χ 是希腊字母，中文翻译为“卡方检验”。双尾和单位检验的原假设和备择假设如下：

$$\begin{aligned} H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2 & & H_a: \sigma^2 \neq \sigma_0^2; \\ H_0: \sigma^2 \geq \sigma_0^2 & & H_a: \sigma^2 < \sigma_0^2; \\ H_0: \sigma^2 \leq \sigma_0^2 & & H_a: \sigma^2 > \sigma_0^2. \end{aligned}$$

χ^2 统计量的自由度为 $n-1$ ，计算方法如下：

$$\chi^2 = \frac{(n-1)s^2}{\sigma_0^2}.$$

其中： s^2 为样本方差。

例 34-3

某股票的历史月收益率的标准差为 5%，这一数据是基于 2003 年以前的历史数据测定的。现在，我们选取 2004~2006 年这 36 个月的月收益率数据，来检验其标准差是否还为 5%。我们测得这 36 个月的月收益率标准差为 6%。以显著性水平为 0.05，检验其标准差是否还为 5%，结果如何？

- A. 不能拒绝原假设，因为 χ^2 统计量等于 50.4；
 B. 拒绝原假设，因为 χ^2 统计量等于 50.4；
 C. 不能拒绝原假设，因为 F 统计量等于 1.44；
 D. 拒绝原假设，因为 F 统计量等于 1.44。

答案：B

① 首先，我们要写出原假设和备择假设： $\sigma^2 = 0.0025$ $H_a: \sigma^2 \neq 0.0025$ 。

② 其次，我们要决定使用哪种检验。由于是对单个总体方差的假设检验，因此应使用 χ^2 检验。

③ 接着，就要计算 χ^2 统计量： $\chi^2 = (36 - 1) \times 0.0036 / 0.0025 = 50.4$ 。

④ 接着，我们要查表计算 χ^2 关键值。通过查 χ^2 表，我们知道显著性水平 $\alpha = 0.05$ ，由于是双尾检验，两边拒绝域的面积都为 0.025。自由度为 35。因此，关键值为 16.791 和 46.979。 χ^2 分布是不对称的分布，因此两个关键值也不是对称的。

⑤ 然后，我们比较 χ^2 统计量和 χ^2 关键值的大小。由于 $46.979 < 50.4$ ， χ^2 统计量落在拒绝域，因此我们拒绝原假设。

⑥ 最后，我们陈述结论：该股票的标准差显著地不等于 5%。

34.6.2 检验两个总体方差是否相等

我们想知道两个相互独立的正态分布总体的方差是否相等，可以使用 F 检验来完成。双尾和单位检验的原假设和备择假设如下：

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \quad H_a: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2;$$

$$H_0: \sigma_1^2 \geq \sigma_2^2 \quad H_a: \sigma_1^2 < \sigma_2^2;$$

$$H_0: \sigma_1^2 \leq \sigma_2^2 \quad H_a: \sigma_1^2 > \sigma_2^2。$$

下标 1 和 2 分别表示取自第一个总体的样本和取自第二个总体的样本。

F 统计量的自由度为 $n_1 - 1$ 和 $n_2 - 1$ ，计算方法如下：

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}。$$

其中： s_1^2 和 s_2^2 分别为第一个样本和第二个样本的样本方差。请记住，永远把较大的一个样本方差放在分子上（ $s_1^2 > s_2^2$ ），即 F 统计量永远大于 1。如果我们这样做了的话，我们就只需考虑右边的拒绝域，而不管 F 检验是单尾检验还是双尾检验。请记住，不管你做的 F 检验是单尾检验还是双尾检验，其拒绝域只在右边一边。

F 分布有两个自由度——分子自由度（ $n_1 - 1$ ）和分母自由度（ $n_2 - 1$ ）。哪个样本的样本方差在分子上，分子自由度就是哪个样本的样本量减 1；哪个样本的样本方差在分母上，分母自由度就是哪个样本的样本量减 1。

例 34-4

我们想检验 IBM 股票和 HP 股票的月收益率的标准差是否相等。我们选取 2004~2006 年这 36 个月的月收益率数据,我们测得 IBM 股票和 HP 股票的月收益率标准差分别为 5%和 6%。以显著性水平为 0.05,假设检验的结果如何?

- A. 不能拒绝原假设,因为 χ^2 统计量等于 50.4;
- B. 拒绝原假设,因为 χ^2 统计量等于 50.4;
- C. 不能拒绝原假设,因为 F 统计量等于 1.44;
- D. 拒绝原假设,因为 F 统计量等于 1.44。

答案:C

① 首先,我们要写出原假设和备择假设: $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ $H_a: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ 。

② 其次,我们要决定使用哪种检验。由于是对两个总体方差的假设检验,因此应使用 F 检验。

③ 接着,就要计算 F 统计量。因为 HP 股票的月收益率标准差较大,我们要把 HP 股票的月收益率方差放在分子上。 $F = 0.0036/0.0025 = 1.44$ 。

④ 接着,我们要查表计算 F 关键值。通过查 F 表,我们知道显著性水平 $\alpha=0.05$,虽然是双尾检验,但是我们只考虑右边的拒绝域,面积为 0.025。分子自由度和分母自由度都为 35(F 分布表中没有 35 的自由度,以最近的 30 或 40 查表均可,在此以 30 为例),因此,关键值为 2.07。

⑤ 然后,我们比较 F 统计量和 F 关键值的大小。由于 $1.44 < 2.07$, F 统计量没有落在拒绝域,因此我们不能拒绝原假设。

⑥ 最后,我们陈述结论:IBM 股票和 HP 股票的月收益率的标准差没有显著地不相等。

34.7 拟合优度的卡方检验

拟合优度检验是检验一个样本的频度分布是否与理论的频度分布相吻合。假设可能出现的事件有 k 个,记作 A_1, A_2, \dots, A_k ,其概率依次为 p_1, p_2, \dots, p_k 。从这个总体中抽取样本量为 n 的样本,以随机变量 X_1, X_2, \dots, X_k 来描述事件 A_1, A_2, \dots, A_k 的观测频数,而事件的期望频数依次为 np_1, np_2, \dots, np_k 。

例如,我们掷一枚均匀的骰子,可能出现的事件有 6 个,其概率都为 $1/6$ 。现在有一枚骰子,我们想知道它是否均匀。我们掷 600 次,理论上来说,掷出 1、2、3、4、5、6 的次数都应等于 100 次($np_k = 600 \times 1/6$),这就是期望频数。但实际上,掷出 1、2、3、4、5、6 的次数都不太可能正好等于 100 次,比如我们记录掷出 1、2、3、4、5、6 的次数分别为 108 次、112 次、97 次、93 次、87 次、103 次,这就是观测频数。

我们要检验这枚骰子是否均匀,也就是要检验观测频数是否拟合期望频数。原假设是:实际的频度与期望频度拟合。备择假设是:实际的频度与期望频度不拟合。这是一个 χ^2 检验, χ^2 统计量的自由度为 $k-1$,计算方法如下:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(X_i - np_i)^2}{np_i} \quad (34-3)$$

例 34-5

我们掷一枚骰子 600 次,记录掷出 1、2、3、4、5、6 的次数分别为 108 次、112 次、97 次、93 次、87 次、103 次。以显著性水平为 0.10,检验骰子是否均匀,假设检验的结果如何?

- A. 骰子是均匀的,因为 χ^2 统计量等于 4.44;
 B. 骰子不是均匀的,因为 χ^2 统计量等于 4.44;
 C. 骰子是均匀的,因为 χ^2 统计量等于 44.4;
 D. 骰子不是均匀的,因为 χ^2 统计量等于 44.4。

答案:A

① 首先,我们要写出原假设和备择假设: H_0 : 实际的频度与期望频度拟合; H_a : 实际的频度与期望频度不拟合。

② 其次,我们要决定使用哪种检验。由于是拟合优度检验,因此应使用 χ^2 检验。

③ 接着,就要计算 χ^2 统计量:

$$\chi^2 = \frac{(108-100)^2}{100} + \frac{(112-100)^2}{100} + \frac{(97-100)^2}{100} + \frac{(93-100)^2}{100} + \frac{(87-100)^2}{100} + \frac{(103-100)^2}{100} =$$

4.44。

④ 接着,我们要查表计算 χ^2 关键值。我们要查 χ^2 表,我们知道显著性水平 $\alpha=0.10$,是双尾检验,拒绝域在两边,面积各为 0.05。自由度为 $5(k-1=6-1=5)$ 。因此,关键值为 1.15 和 11.1。 χ^2 分布是不对称的分布,因此两个关键值也不是对称的。

⑤ 然后,我们比较 χ^2 统计量和 χ^2 关键值的大小。由于 $1.15 < 4.44 < 11.1$, χ^2 统计量没有落在拒绝域,因此我们不能拒绝原假设。

⑥ 最后,我们陈述结论:骰子的实际频度与期望频度相拟合,即骰子是均匀的。

34.8 置信区间估计

估计分为两种:点估计(point estimate)和置信区间估计(confidence interval estimate)。比如,我们估计明天中午 12 点的温度是 25 度,这就是点估计。如果我们估计明天中午 12 点的温度在 23 度到 27 度之间,这就是区间估计。

我们在估计总体均值的时候,用样本均值作为总体均值的估计,这就是点估计。现在,我们要计算总体均值的区间估计。

区间估计与假设检验其实是一样的,如果你已经掌握了以上的假设检验,那么你会很容易理解区间估计。

在作置信区间估计之前,我们必须先规定一个置信度(confidence level),例如 95%。置信度以概率 $1-\alpha$ 表示,这里的 α 就是假设检验里的显著性水平(significance level)。因此,95%的置信度就相当于 5%的显著性水平。

置信区间估计的一般公式为:点估计 \pm 关键值 \times 点估计的标准差。

对于总体均值的区间估计,公式为:样本均值 \pm 关键值 \times 样本均值的标准误。

这里的关键值就是以显著性水平 α 做双尾检验的关键值(注意:只取正的关键值)。

例 34-6

有一个机器,专门生产一种零件。我们随机抽取了机器生产出的 100 个零件,得到其平均长度为 9.9 厘米,其标准差为 0.55 厘米。零件长度的 95%置信度的置信区间是什么?

A. [9.792 2, 10.007 8]; B. [8.8, 11]; C. [9.845, 9.955]; D. [9.892 2, 10.107 8]。

答案:A

样本均值为 9.9。关键值即为例 32.1 中的关键值 1.96(只取正关键值)。样本均值的标准误也为例 32.1 中的标准误 $0.55/10=0.055$ 。

95%置信度的置信区间为 $9.9 \pm 1.96 \times 0.055$,即[9.792 2, 10.007 8]。

我们前面在例 34-1 中做零件长度均值是否等于 9.9 厘米的假设检验,我们没有拒绝原假设,即认为零件长度并未显著地不等于 9.9 厘米。同时我们发现,9.9 被包含在置信区间[9.792 2, 10.007 8]中。如果被假设的常数被包含在置信区间中,我们就不能拒绝原假设,即认为总体均值与该常数没有显著差异。

同样地,如果被假设的常数没有被包含在置信区间中,我们就可以拒绝原假设,即认为总体均值与该常数有显著差异。例如,我们可以检验零件长度均值是否等于 10.1 厘米。我们会拒绝原假设,即认为零件长度显著地不等于 10.1 厘米,因为 10.1 不在置信区间[9.792 2, 10.007 8]中。

因此,我们说置信区间估计与假设检验本质上是一样的,我们可以用置信区间估计来代替(双尾的)假设检验。



第 35 章 一元线性回归

35.1 线性相关性

35.1.1 函数关系和相关关系

变量之间的关系分两种：函数关系和相关关系。

函数关系是一种确定的关系。例如，我们在高中学过欧姆定律： $I=U/R$ ，解释为电流强度等于电压除以电阻。如果电阻为常数，那么电压和电流强度之间的关系就有以上严格的函数关系。

但是，世界上变量的关系更多的是相关关系。例如，人的身高和体重有相关关系，身高高的人往往重些，但身高和体重之间又没有什么严格的函数关系。

回归分析就是要用近似的函数关系来表示变量之间的相关关系。我们这里要学线性回归，就是要用近似的线性函数关系来表示变量之间的相关关系。要做线性回归，变量之间必须要有线性相关关系。线性相关关系是由相关系数来度量的，那么我们就来回忆一下我们前面学过的协方差和相关系数。

35.1.2 协方差和相关系数

协方差(covariance)度量的是两个随机变量变动的同向性。

协方差的定义为: $\text{Cov}(X, Y) = E[(X - E(X))(Y - E(Y))] = E(XY) - E(X)E(Y)$;

协方差的取值范围为 $(-\infty, +\infty)$ 。

相关系数(correlation coefficient)度量的是两个随机变量的线性相关性。

相关系数的定义为两个随机变量的协方差除以两个随机变量的标准差之积:

$$\rho_{X,Y} = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}。$$

相关系数的取值范围为 $[-1, +1]$ 。相关系数的解释如表 35-1 所示。

表 35-1 相关系数的解释

相关系数取值	解释
$\rho=1$	完全线性正相关
$0 < \rho < 1$	线性正相关
$\rho=0$	线性不相关
$-1 < \rho < 0$	线性负相关
$\rho=-1$	完全线性负相关

我们将变量 X 和 Y 的成对的取值 (X_i, Y_i) 在二维坐标轴上以一个个点标出, 这个图称为 X 和 Y 的散点图(scatter plot)。

从图 35-1 可以看出, 如果变量 X 和 Y 完全线性正相关, 那么其散点图上的点完全在一条直线上, 且直线的斜率大于零(注意直线的斜率并不一定等于 1); 如果变量 X 和 Y 完全线性负相关, 那么其散点图上的点完全在一条直线上, 且直线的斜率小于零; 如果变量 X 和 Y 线性正相关, 那么其散点图上的点基本(但不完全)在一条直线上, 且直线的斜率大于零; 如果变量 X 和 Y 线性负相关, 那么其散点图上的点基本(但不完全)在一条直线上, 且直线的斜率小于零; 如果变量 X 和 Y 线性不相关, 那么其散点图上的点可能毫无关系(如右上图), 也可能有其他函数(如二次函数)关系(如右下图)。也就是说, 如果变量 X 和 Y 的相关系数等于零, 意味着 X 和 Y 没有线性相关性, 但不代表 X 和 Y 没有关系。

我们要做线性回归, 变量之间必须要有线性相关关系, 即相关系数不等于零。如果变量之间没有线性相关关系, 但有其他非线性关系, 那么就要做非线性回归。如果变量之间没有任何相关关系, 那么不能用来做回归。

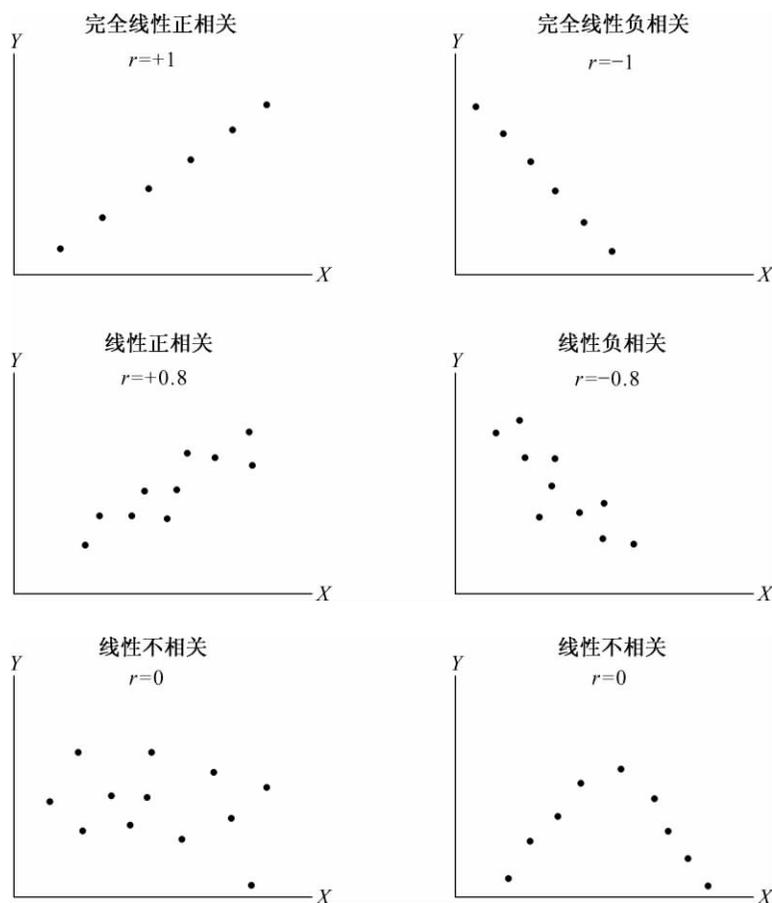


图 35-1 相关系数的散点图解释

35.2 相关系数的显著性检验

如前所述,要做线性回归,变量之间必须要有线性相关关系,即相关系数不等于零。我们如何能知道两个变量之间是否有线性相关关系呢?一种方法就是画出散点图来看,这种方法有点主观。另一种方法就是这里要介绍的相关系数的显著性检验(significance test of the correlation)。

我们的原假设是总体相关系数等于零($H_0: \rho=0$),备择假设是总体相关系数不等于零($H_a: \rho \neq 0$)。这个假设检验就称为相关系数的显著性检验。如果我们能够拒绝原假设,就说明两个变量之间有线性相关关系,我们就能继续做线性回归。如果我们不能够拒绝原假设,就说明两个变量之间没有线性相关关系,我们就不能做线性回归。因此,我们的目的是要拒绝原假设。

这是一个 t 检验, t 统计量自由度为 $n-2$, 计算公式为:

$$t = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (35-1)$$

其中： r 为样本相关系数； n 为样本量。我们常用 ρ 表示总体相关系数，用 r 表示样本相关系数。

例 35-1

为了检验随机变量 A 和 B 的相关系数，我们抽取了 38 对样本，计算其样本相关系数为 0.8。假定显著性水平为 10%，问相关系数的显著性检验结果是什么？

- A. 随机变量 A 和 B 线性相关，因为 t 统计量等于 8；
- B. 随机变量 A 和 B 线性不相关，因为 t 统计量等于 8；
- C. 随机变量 A 和 B 线性相关，因为 z 统计量等于 8；
- D. 随机变量 A 和 B 线性不相关，因为 z 统计量等于 8。

答案：A

- ① 首先，我们要写出原假设和备择假设： $H_0: \rho = 0$ $H_a: \rho \neq 0$ 。
- ② 其次，我们要决定使用哪种检验。由于是对相关系数的显著性检验，因此应使用 t 检验。
- ③ 接着，就要计算 t 统计量： $t = 0.8 \times 6 / 0.6 = 8$ 。
- ④ 接着，我们要查表计算 t 关键值。我们要查 t 表，我们知道显著性水平 $\alpha = 0.10$ ，自由度为 36（取最近的 40），因此，关键值为 ± 1.684 。
- ⑤ 然后，我们比较 t 统计量和 t 关键值的大小。由于 $1.684 < 8$ ， t 统计量落在拒绝域，因此我们拒绝原假设。
- ⑥ 最后，我们陈述结论：随机变量 A 和 B 线性相关，可以用来做线性回归。

小窍门： t 关键值的绝对值一般在 2 附近。如果你计算得到的 t 统计量的绝对值明显大于 2（例如大于 4），那么你不必查表就可以放心地拒绝原假设。如果你计算得到的 t 统计量的绝对值明显小于 2（例如小于 1.28），那么你一定不能拒绝原假设。考试的时候卷子上往往没有 t 表，你需要凭此判断。

35.3 一元线性回归基础

35.3.1 自变量和因变量

如前所述，线性回归就是要用近似的线性函数关系来表示变量之间的线性相关关系。一元线性回归的回归模型如下：

$$Y_i = b_0 + b_1 X_i + \epsilon_i。$$

我们把 X 称为自变量 (independent variable)， Y 称为因变量 (dependent variable)， ϵ 称为残差项 (residual) 或误差项 (error)。我们做回归的目的是要用 X 的变动来解释 Y 的变动。“一元”指的是只有一个自变量 X ，“线性回归”指的是回归方程是一条直线（即 X 是一次方的）。

35.3.2 回归方程：截距和斜率

我们可以画出两个随机变量 X 和 Y 的样本的散点图，图中的每一个点表示样本中的一

个个体 (X_i, Y_i) 。接下来,我们要找一条适当的直线来描述 X 和 Y 之间的关系,我们把找这条直线的方法称为最小二乘法。简单地说,最小二乘法就是找这样一条直线,使得每个点到直线的距离的平方和最小。

最终我们找到了这样一条直线,它的截距为 \hat{b}_0 ,斜率为 \hat{b}_1 ,符号上面的帽子“ \wedge ”表示“估计值”。因此,我们得到回归结果如下:

$$\hat{Y}_i = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 X_i。$$

在这里我们不要求你了解最小二乘法的具体估值原理,也不要求了解截距和斜率如何计算,你只需知道如何解释截距和斜率。截距(intercept)的含义是:当 X 等于零时, Y 的值。斜率(slope)的含义是:如果 X 增加 1 个单位, Y 增加几个单位。因此,斜率也被称为敏感度(sensitivity)。

35.3.3 因变量的预测值

回归的目的就是为了预测因变量 Y 。已知截距和斜率,如果得到了自变量 X 的预测值,我们就很容易求得因变量 Y 的预测值。

例 35-2

某公司的分析师根据历史数据,做了公司销售额增长率关于 GDP 增长率的线性回归分析,得到截距为 -3.2% ,斜率为 2。国家统计局预测今年 GDP 增长率为 9% ,问该公司今年销售额增长率预计为多少?

- A. 11.8% ; B. 14.8% ; C. 15.4% ; D. 18.6%

答案:B

$$Y = -3.2\% + 2X = -3.2\% + 2 \times 9\% = 14.8\%。$$

35.3.4 一元线性回归的假设

任何模型都有前提假设,一元线性回归模型有以下六条假设:

- 1) 自变量 X 和因变量 Y 之间存在线性关系。如前所述,这是最基本的前提条件。
- 2) 残差项 ϵ_i 的期望值为零。残差 ϵ 是真实的 Y 值与回归直线预测的 Y 值之差(即 $\epsilon_i = Y_i - \hat{Y}_i$),即预测的误差。如果真实的 Y 值大于预测的 Y 值(即散点图上该点在回归直线上方),那么残差就大于零;如果真实的 Y 值小于预测的 Y 值(即散点图上该点在回归直线下方),那么残差就小于零。残差的期望值为零,意味着有些点在回归直线上方,有些点在回归直线下方,且较均匀地围绕回归直线,这符合常理。如果残差的期望值不为零,而为某一常数 a ,那么回归直线的截距就应该改为 $\hat{b}_0 + a$,以使残差的期望值为零。
- 3) 自变量 X 与残差项 ϵ_i 不相关。残差项本身就是 Y 的变动中不能被 X 的变动所解释的部分。如果残差项与自变量 X 相关,例如 $\epsilon = 2X$,那么回归直线的斜率就应该改为 $\hat{b}_1 + 2$ 。
- 4) 残差项 ϵ_i 的方差为常数。这称为同方差性(homoskedasticity)。如果残差项的方差

不恒定,称为异方差性(heteroskedasticity)。

5) 残差项与残差项之间不相关。如果残差项与残差项之间相关,称为自相关(autocorrelation)或系列相关(serial correlation)。

6) 残差项 ε_i 为正态分布随机变量。

35.4 方差分析

35.4.1 方差分析表

做完了一个回归模型之后,我们通常想要知道回归模型做得好不好。方差分析(analysis of variance, ANOVA)就是用来评价回归模型的好坏。方差分析的结果是一张方差分析表(ANOVA table)。我们可以从方差分析表里求得决定系数和估计的标准误,用来评价回归模型的好坏。

一元线性回归的方差分析表如表 35-2 所示。

表 35-2 一元线性回归方差分析表

	自由度(degrees of freedom, df)	平方和(sum of squares, SS)	均方和(mean sum of squares, MS)
回归(regression)	$k=1$	回归平方和(SSR)	回归均方和(MSR) = SSR/k
误差(error)	$n-2$	误差平方和(SSE)	误差均方和(MSE) = $SSE/(n-2)$
总和(total)	$n-1$	总平方和(SST)	/

回归的自由度为 k , k 代表自变量的个数。我们在做一元线性回归,所以自变量的个数为 1。误差的自由度为 $n-2$, n 是样本量。总自由度为以上两个自由度之和。

你不需要知道回归平方和(SSR)、误差平方和(SSE)与总平方和(SST)具体是什么,但你需要记住它们的英文名称缩写。另外,你还需要知道,总平方和为以上两个平方和之和,即: $SST=SSR+SSE$ 。

均方和等于各自的平方和除以各自的自由度。回归均方和 $MSR=SSR/k$ 。由于 $k=1$, 所以在一元线性回归中, $MSR=SSR$ 。误差均方和 $MSE=SSE/(n-2)$ 。

几乎所有的统计软件都能输出方差分析表。有了方差分析表,你能很容易求得决定系数和估计的标准误。

35.4.2 决定系数

决定系数(coefficient of determination, R^2)等于回归平方和除以总平方和,公式为:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST} \quad (35-2)$$

决定系数的含义是: X 的变动可以解释多少比例的 Y 的变动。例如, R^2 等于 0.7 的含义是: X 的变动可以解释 70% 的 Y 的变动 (the variation of X can explain 70% of the variation of Y), 或者说 30% 的 Y 的变动不能被 X 的变动所解释 (30% of the variation of Y cannot be explained by the variation of X)。请记住, 我们是用 X 来解释 Y 。

$$R^2 = \frac{\text{可以被解释的变动}}{\text{总的变动}} = 1 - \frac{\text{不可以被解释的变动}}{\text{总的变动}}。$$

显然, 决定系数越大, 表示回归模型越好。

另外, 对于一元回归, 决定系数还等于自变量 X 和因变量 Y 的样本相关系数 r 的平方, 即: $R^2 = r^2$ 。

35.4.3 估计的标准误

估计的标准误 (standard error of estimate, SEE) 等于残差均方和的平方根, 公式为:

$$SEE = \sqrt{\frac{SSE}{n-2}} = \sqrt{MSE}。 \quad (35-3)$$

其中: SSE 是残差的平方和, MSE 就相当于残差的方差, 而 SEE 就相当于残差的标准差。显然, 估计的标准误越小, 表示回归模型越好。

例 35-3

我们做了一个线性回归模型, 得到如下方差分析表:

	df	SS	MS
regression	1	8 000	8 000
error	50	2 000	40
total	51	10 000	/

则确定系数和估计的标准误分别为多少?

- A. 0.8 40; B. 0.8 6.32; C. 0.2 40; D. 0.2 6.32。

答案: B

确定系数 $R^2 = 8\,000/10\,000 = 0.8$,

说明 X 的变动可以解释 80% 的 Y 的变动。

估计的标准误 $SEE = 40^{0.5} = 6.32$ 。

35.5 回归系数的假设检验

回归系数的假设检验是指检验回归系数 (截距和斜率) 是否等于某个常数。通常我们要检验斜率系数是否等于零 ($H_0: b_1 = 0$), 这称为斜率系数的显著性检验 (significance test of the slope coefficient)。如果不能拒绝原假设, 即斜率系数没有显著地不等于零, 那么就说明

自变量 X 和因变量 Y 的线性相关性不大,回归是失败的。

这是一个 t 检验, t 统计量自由度为 $n-2$,计算公式为:

$$t = \frac{\hat{b}_1}{S_{\hat{b}_1}}$$

其中: $S_{\hat{b}_1}$ 为斜率系数的标准误。

例 35-4

我们做了一个线性回归模型,得到 $Y=0.2+1.4X$ 。截距系数的标准误为 0.4,斜率系数的标准误为 0.2,问截距和斜率系数的显著性检验结果如何,假设显著性水平为 5%。

- A. 截距系数是显著的,斜率系数也是显著的; B. 截距系数是不显著的,斜率系数也是不显著的;
C. 截距系数是显著的,斜率系数是不显著的; D. 截距系数是不显著的,斜率系数是显著的。

答案:D

首先是截距系数的显著性检验:

计算 t 统计量: $t = 0.2 / 0.4 = 0.5$ 。

由于 t 统计量的绝对值明显小于 2,因此我们不能拒绝原假设,即认为截距系数没有显著地不等于零。

其次是斜率系数的显著性检验:

计算 t 统计量: $t = 1.4 / 0.2 = 7$ 。

由于 t 统计量的绝对值明显大于 2,因此我们拒绝原假设,即认为斜率系数显著地不等于零。这说明我们的回归做得还是不错的。

35.6 回归系数的置信区间

我们知道,置信区间估计与假设检验本质上是一样的,一般公式为:点估计 \pm 关键值 \times 点估计的标准差。回归系数的置信区间也不例外。

斜率系数 b_1 的置信区间为: $\hat{b}_1 \pm t_c S_{\hat{b}_1}$ 。其中: t_c 是自由度为 $n-2$ 的 t 关键值。

例 35-5

我们做了一个线性回归模型,得到 $Y=0.2+1.4X$ 。截距系数的标准误为 0.4,斜率系数的标准误为 0.2,求截距和斜率系数的置信度为 95%的置信区间。

- A. $[-0.6, 1.0] [1.2, 1.6]$; B. $[-0.6, 1.0] [1.0, 1.8]$;
C. $[-0.2, 0.6] [1.2, 1.6]$; D. $[-0.2, 0.6] [1.0, 1.8]$ 。

答案:B

首先是截距系数的置信区间:

虽然我们不知道样本量 n ,但我们可以假设样本量较大($n \geq 30$)。5%显著性水平的 t 关键值一般近似为 2。我们得到置信区间为: $0.2 \pm 2 \times 0.4$,即 $[-0.6, 1.0]$ 。

由于零包含在置信区间 $[-0.6, 1.0]$ 中,所以我们认为截距系数没有显著地不等于零。

其次是斜率系数的置信区间:

置信区间为: $1.4 \pm 2 \times 0.2$,即 $[1.0, 1.8]$ 。

由于零没有包含在置信区间 $[1.0, 1.8]$ 中,所以我们认为斜率系数显著不等于零。

第 36 章 多元线性回归

36.1 多元线性回归基础

多元线性回归就是要用多个自变量来解释因变量。多元线性回归的回归模型如下：

$$Y_i = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + \cdots + b_k X_{ki} + \varepsilon_i. \quad (36-1)$$

接下来,我们同样使用最小二乘法找这样一条直线,使得每个点到直线的距离的平方和最小。我们得到回归结果如下:

$$\hat{Y} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 \hat{X}_1 + \hat{b}_2 \hat{X}_2 + \cdots + \hat{b}_k \hat{X}_k. \quad (36-2)$$

如果已知截距 \hat{b}_0 和多个斜率 $\hat{b}_j (j=1, 2, \dots, k)$, 并得到了所有自变量 $X_j (j=1, 2, \dots, k)$ 的预测值,我们就很容易求得因变量 Y 的预测值。

例 36-1

某公司的分析师根据历史数据,做了公司销售额增长率关于 GDP 增长率和公司销售人员增长率的线性回归分析,得到截距为 -3.2% ,关于 GDP 增长率的斜率为 2,关于公司销售人员增长率的斜率为 1.2。国家统计局预测今年 GDP 增长率为 9% ,公司销售部门预计公司销售人员今年将减少 20% 。问该公司今年销售额增长率预计为多少?

- A. -9.2% ; B. -3.2% C. 14.8% ; D. 38.8%

答案:A

$$Y = -3.2\% + 2X_1 + 1.2X_2 = -3.2\% + 2 \times 9\% + 1.2 \times (-20\%) = 14.8\%.$$

36.2 方差分析

36.2.1 方差分析表

与一元线性回归相似,多元线性回归的方差分析表如表 36-1 所示。

表 36-1 多元线性回归方差分析表

	自由度 (degrees of freedom, df)	平方和 (sum of squares, SS)	均方和 (mean sum of squares, MS)
回归 (regression)	k	回归平方和(SSR)	回归均方和(MSR) = SSR/ k
误差 (error)	$n-k-1$	误差平方和(SSE)	误差均方和(MSE) = SSE/($n-k-1$)
总和(total)	$n-1$	总平方和(SST)	/

回归的自由度为 k , k 代表自变量的个数。误差的自由度为 $n-k-1$, n 是样本量。总自由度为以上两个自由度之和。

总平方和依然等于回归平方和(SSR)与误差平方和(SSE)之和,即: $SST = SSR + SSE$ 。

均方和依然等于各自的平方和除以各自的自由度。回归均方和 $MSR = SSR/k$, 误差均方和 $MSE = SSE/(n-k-1)$ 。

有了方差分析表,我们还是要计算决定系数和估计的标准误。

36.2.2 决定系数

决定系数(R^2)等于回归平方和除以总平方和,公式为:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST}。$$

和一元回归一样,多元回归的决定系数的含义仍然是:所有自变量 X 的变动可以解释多少比例的 Y 的变动。决定系数越大,表示回归模型越好。但是,对于多元线性回归,随着自变量个数 k 的增加,决定系数总是变大,无论新增的自变量是否对因变量有解释作用。因此,我们就要调整决定系数 R^2 如下:

$$\text{adjusted } R^2 = 1 - \left[\left(\frac{n-1}{n-k-1} \right) \times (1 - R^2) \right]。 \quad (36-3)$$

调整后的决定系数 (adjusted R^2) 不一定随着自变量个数 k 的增加而增大, 其是否增大取决于新增的自变量对因变量的解释作用如何。因此, 调整后的决定系数能更有效地评价回归模型的好坏。

关于调整后的决定系数, 你还需要记住两点:

- 1) 调整后的决定系数总是小于等于未调整的决定系数 (adjusted $R^2 \leq R^2$)。
- 2) 调整后的决定系数有可能小于零。

36.2.3 估计的标准误

估计的标准误 (SEE) 等于误差均方和开根号, 公式为:

$$SEE = \sqrt{\frac{SSE}{n-k-1}} = \sqrt{MSE}。 \quad (36-4)$$

显然, 估计的标准误越小, 表示回归模型越好。

36.3 回归系数的 t 检验和置信区间

与一元线性回归相似, 回归系数的 t 检验是指检验回归系数是否等于某个常数。通常我们要检验斜率系数是否等于零 ($H_0: b_j = 0$), 这称为斜率系数的显著性检验 (significance test of the slope coefficient)。如果不能拒绝原假设, 即斜率系数没有显著地不等于零, 那么就说明该斜率对应的自变量 X_j 和因变量 Y 的线性相关性不大。

这是一个 t 检验, t 统计量自由度为 $n-k-1$, 计算公式为:

$$t = \frac{\hat{b}_j}{S_{\hat{b}_j}}。$$

其中: $S_{\hat{b}_j}$ 为斜率系数的标准误。

回归系数 b_j 的置信区间为: $\hat{b}_j \pm (t_c \times S_{\hat{b}_j})$ 。其中: t_c 是自由度为 $n-k-1$ 的 t 关键值。

例 36-2

我们做了一个二元线性回归模型, 得到的结果如下表:

变量	系数	t 统计量
b_0	0.5	1.28
b_1	1.2	2.4
b_2	-0.3	0.92

斜率系数 b_1 的置信度为 95% 的置信区间为多少?

- A. $[0.7, 1.7]$; B. $[0.2, 2.2]$; C. $[-0.3, 2.7]$; D. $[-0.8, 3.2]$ 。

答案:B

由于 t 统计量 $= 2.4 = \frac{\hat{b}_1}{S_{\hat{b}_1}} = \frac{1.2}{S_{\hat{b}_1}}$, 因此 $S_{\hat{b}_1} = 0.5$ 。

虽然我们不知道样本量 n , 但我们可以假设样本量较大 ($n \geq 30$)。5% 显著性水平的 t 关键值一般近似为 2。我们得到置信区间为: $1.2 \pm 2 \times 0.5$, 即 $[0.2, 2.2]$ 。

由于零没有包含在置信区间 $[0.2, 2.2]$ 中, 所以我们认为斜率系数 b_1 显著地不等于零。

36.4 回归系数的 F 检验

回归系数的 F 检验是用来检验斜率系数是否全都等于零。其原假设是所有斜率系数都等于零, 备择假设是至少有一个斜率系数不等于零。

$$H_0: b_1 = b_2 = b_3 = \cdots = b_k = 0 \quad H_a: \text{at least one } b_j \neq 0 \quad (j = 1 \text{ to } k)。$$

F 统计量的分子自由度和分母自由度分别为 k 和 $n - k - 1$, 统计量的计算公式如下:

$$F = \frac{MSR}{MSE} = \frac{SSR/k}{SSE/(n - k - 1)}。 \quad 36 - 5$$

请记住, 虽然 F 检验看上去是双尾检验, 但请当作单尾检验来做, 其拒绝域只在分布的右边一边。

回归系数的 t 检验是对单个斜率系数做检验, 而回归系数的 F 检验是对全部斜率系数的检验。如果我们没有拒绝原假设, 说明所有的斜率系数都没有显著地不等于零, 即所有自变量和因变量 Y 的线性相关性都不大, 回归模型做得不好。如果我们能够拒绝原假设, 说明至少有一个斜率系数显著地不等于零, 即至少有一个自变量可以解释因变量 Y , 回归模型做得还可以。

例 36-3

我们抽取了一个样本量为 43 的样本, 做了一个三元线性回归, 得到 SSR 等于 4 500, SSE 等于 1 500。以显著性水平为 0.05 检验是否至少有一个斜率系数显著地不等于零, 假设检验的结果如何?

- A. 不能拒绝原假设, 因为 χ^2 统计量等于 39; B. 拒绝原假设, 因为 χ^2 统计量等于 39;
C. 不能拒绝原假设, 因为 F 统计量等于 39; D. 拒绝原假设, 因为 F 统计量等于 39。

答案:D

$$MSR = SSR/k = 4\,500/3 = 1\,500,$$

$$MSE = SSE/(n - k - 1) = 1\,500/(43 - 3 - 1) = 38.4,$$

$$F \text{ 统计量} = MSR/MSE = 39。$$

接着, 我们要查表计算 F 关键值。我们知道显著性水平 $\alpha = 0.05$, 利用单尾检验来做, 拒绝域在右边, 面积为 0.05。分子自由度为 3, 分母自由度为 39。因此, 关键值为 2.84。由于 $2.484 < 39$, F 统计量落在拒绝域, 因此我们要拒绝原假设。

最后, 我们陈述结论: 至少有一个斜率系数显著地不等于零。

36.5 多元回归假设的违反

36.5.1 多元线性回归的假设

多元线性回归模型有以下六条重要假设：

- 1) 所有自变量 X_j 和因变量 Y 之间存在线性关系。
- 2) 自变量不是随机变量,任意两个自变量之间都线性不相关。如果自变量和自变量之间线性相关,称为多重共线性(multicollinearity)。
- 3) 残差项 ε_i 的期望值为零。
- 4) 残差项 ε_i 的方差为常数。这称为同方差性(homoskedasticity)。如果残差项的方差不恒定,称为异方差性(heteroskedasticity)。
- 5) 残差项与残差项之间不相关。如果残差项与残差项之间相关,称为自相关(autocorrelation)或系列相关(serial correlation)。
- 6) 残差项 ε_i 为正态分布随机变量。

下面我们就要介绍,如果违反第二、第四、第五条假设的话,我们如何处理。

36.5.2 异方差性

异方差性是指残差项的方差不恒定。异方差性可以分为无条件异方差性和条件异方差性。

无条件异方差性(unconditional heteroskedasticity)是指残差项的方差虽然不恒定,但其与自变量 X 无关。虽然这也违反了第四条假设,但是无条件异方差性对线性回归的结论影响通常不大。

条件异方差性(conditional heteroskedasticity)是指残差项的方差不恒定,且其与自变量 X 相关。例如,随着 X 的增大,残差项的方差增大。条件异方差性通常给回归的结论造成问题,即我们很难通过最小二乘法找到一条残差平方和最小的直线。因此,我们需要检测条件异方差性。

检测条件异方差性的方法有两种:残差散点图和 Breusch-Pagen 检验。

画出残差的散点图(scatter plot of residuals),我们就能够看到残差与自变量 X 的关系。图 36-1 就是一个残差散点图的例子。

从图 36-1 可以看出,随着 X 的增大,残差项的方差增大,因此存在条件异方差性。

这种方法多少有点主观,因此我们需要借助客观的假设检验方法——Breusch-Pagen χ^2 检验。原假设为:

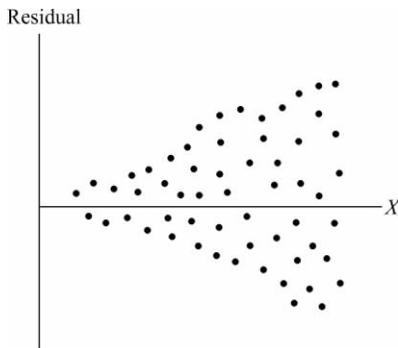


图 36-1 条件异方差性的散点图解释

不存在条件异方差性；备择假设为：存在条件异方差性。Breusch-Pagen χ^2 检验的 χ^2 统计量自由度为 k ，计算公式如下：

$$BP = n \times R^2。$$

这里的 R^2 不是该回归的决定系数，而是将残差的平方与自变量 X 重新做回归的决定系数。值得注意的是，Breusch-Pagen χ^2 检验是单尾检验，其拒绝域只在右边一边。

例 36-4

我们抽取了一个样本量为 50 的样本，做了一个三元线性回归。残差的平方与自变量 X 做回归的决定系数为 0.15。以显著性水平为 0.05 检验是否存在条件异方差性，结果如何？

- A. 不存在条件异方差性，因为 BP 统计量等于 7.5；
- B. 存在条件异方差性，因为 BP 统计量等于 7.5；
- C. 不存在条件异方差性，因为 DW 统计量等于 7.5；
- D. 存在条件异方差性，因为 DW 统计量等于 7.5。

答案：A

$$BP = n \times R^2 = 50 \times 0.15 = 7.5。$$

接着，我们要查表计算 χ^2 关键值。我们知道显著性水平 $\alpha=0.05$ ，单尾检验，拒绝域在右边，面积为 0.05。自由度为 3。因此，关键值为 7.815。由于 χ^2 统计量没有落在拒绝域，因此我们不能拒绝原假设。

最后，我们陈述结论：不存在条件异方差性。

条件异方差性通常造成回归系数的标准误偏小，回归系数的显著性检验 t 检验统计量偏大，这就会增大犯第一类错误的概率。纠正条件异方差性的方法有两种，称为稳健的标准误方法（例如，White adjusted robust standard errors）和广义最小二乘法（generalized least squares）。在此就不详细叙述了。

36.5.3 系列相关(自相关)

系列相关(serial correlation)，或称自相关(autocorrelation)，是指残差项与残差项之间相关。时间序列数据常出现系列相关的问题，系列相关分为正系列相关和负系列相关。

正系列相关(positive serial correlation)是指：如果前一个残差大于零，那么后一个残差大于零的概率较大。

负系列相关(negative serial correlation)是指：如果前一个残差大于零，那么后一个残差小于零的概率较大。

通过残差的散点图能够更直观地了解正系列相关和负系列相关。图 36-2 就是一个残差散点图的例子。

我们还是要借助客观的假设检验方法来检测系列相关，这种方法称为 Durbin-Watson 检验。原假设为：不存在系列相关；备择假设为：存在系列相关。

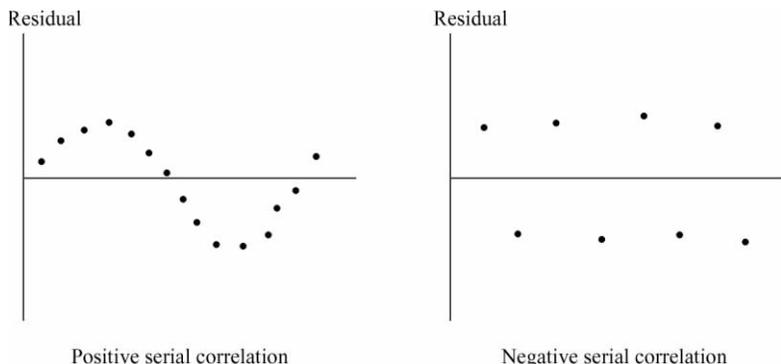


图 36-2 系列相关的散点图解释

Durbin-Watson 检验的统计量计算公式如下:

$$DW \approx 2 \times (1 - r)$$

其中: r 为残差的相关系数。如果残差之间不相关($r=0$),那么 DW 统计量等于 2;如果残差之间正相关($r>0$),那么 DW 统计量小于 2;如果残差之间负相关($r<0$),那么 DW 统计量大于 2。

我们需要查阅 Durbin-Watson 表,获取两个关键值 du 和 dL ,决策规则如表 36-2。

表 36-2 Durbin-Watson 检验决策规则

DW 统计量	决策规则	结论
$0 < DW < dL$	拒绝 H_0	正系列相关
$dL < DW < du$	不拒绝也不接受 H_0	不确定
$du < DW < 4 - du$	不能拒绝 H_0	不存在系列相关
$4 - du < DW < 4 - dL$	不拒绝也不接受 H_0	不确定
$4 - dL < DW < 4$	拒绝 H_0	负系列相关

例 36-5

我们抽取了一个样本量为 50 的样本,做了一个三元线性回归。残差的相关系数 r 为 0.4。以显著性水平为 0.05 检验是否存在自相关,结果如何?

- A. 存在正自相关,因为 BP 统计量等于 1.2; B. 存在负自相关,因为 BP 统计量等于 1.2;
C. 存在正自相关,因为 DW 统计量等于 1.2; D. 存在负自相关,因为 DW 统计量等于 1.2。

答案:C

$$DW \approx 2 \times (1 - r) \approx 2 \times (1 - 0.4) \approx 1.2。$$

接着,我们要查表计算 DW 关键值。我们知道显著性水平 $\alpha = 0.05, k = 3, n = 50$ 。因此,关键值为 $dL = 1.42$ 和 $du = 1.67$ 。由于 DW 统计量小于下关键值 dL ,因此我们拒绝原假设,结论是存在正自相关。

正系列相关通常造成回归系数的标准误偏小,回归系数的显著性检验 t 检验统计量偏大,这就会增大犯第一类错误的概率;负系列相关通常造成回归系数的标准误偏大,回归系数的显著性检验 t 检验统计量偏小,这就会增大犯第二类错误的概率。我们可以通过调整

系数的标准误(例如:Hanson method)来纠正系列相关,在此就不详细叙述了。

36.5.4 多重共线性

多重共线性(multicollinearity)是指两个或多个自变量之间线性相关。

最常用的检测多重共线性的方法是:如果回归系数的显著性检验 t 检验都不能拒绝原假设(即没有一个自变量能解释 Y),但回归系数的 F 检验拒绝原假设(即至少有一个自变量能解释 Y),且决定系数又比较大($R^2 > 0.7$),那就说明存在多重共线性。

另一种检测多重共线性的方法是:任意两个自变量拿来计算其样本相关系数,如果样本相关系数的绝对值较大($|r| > 0.7$),就说明存在多重共线性。

例 36-6

我们抽取了一个样本量为 50 的样本,做了一个三元线性回归,得到结果如下:

变量	系数	t 统计量
X_1	0.93	1.12
X_2	0.84	1.32
X_3	0.68	1.08
F 统计量	32.83	
R^2	0.87	

回归模型是否存在问题?

- A. 存在条件异方差性; B. 存在自相关; C. 存在多重共线性; D. 没有问题。

答案:C

t 关键值总在 2 附近,以上 3 个 t 统计量显然都较小,因此回归系数的显著性检验 t 检验都不能拒绝原假设,即没有一个自变量能解释 Y 。但 F 统计量 32.83 较大,说明回归系数的 F 检验拒绝原假设,即至少有一个自变量能解释 Y 。且决定系数又比较大($R^2 > 0.7$),说明存在多重共线性。

多重共线性通常造成回归系数的标准误偏大,回归系数的显著性检验 t 检验统计量偏小,这就会增大犯第二类错误的概率。我们可以通过去掉一个或多个相关的自变量来纠正多重共线性。但是在实际中,我们很难确定哪些自变量是相关的,该去掉哪些自变量。



第 37 章 估计波动率和相关系数

37.1 估计波动率和相关系数的目的

估计资产收益率的波动率(volatility)及两个资产的收益率的相关系数(correlation),可以用于 Var 的计算及期权等衍生产品的定价。

我们在这里要学习三种估计波动率和相关系数的方法:

- 1) 指数加权移动平均模型(exponentially weighted moving average, EWMA);
- 2) 自回归条件异方差模型(autoregressive conditional heteroskedasticity, ARCH);
- 3) 广义自回归条件异方差模型(generalized autoregressive conditional heteroskedasticity, GARCH)。

37.2 估计波动率

37.2.1 ARCH 模型

设 S_i 为资产在第 i 天结束时的价格,定义 u_i 为资产在第 i 天的持有期收益率(holding

period return):

$$u_i = (S_i - S_{i-1})/S_{i-1} \quad (37-1)$$

定义 σ_n 为第 $n-1$ 天结束时预测的第二天(从第 $n-1$ 天到第 n 天)的日波动率, σ_n 的平方称为方差(variance rate), 有:

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (u_{n-i} - \bar{u})^2 \quad (37-2)$$

其中: $\bar{u} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m u_{n-i}$, 为前 m 天的日收益率的均值。

可见, 方差为前 m 天的日收益率的方差。

资产的日收益率通常很小, 例如, 一个年平均收益率为 7% 的股票, 其日平均收益率不到 0.02%。因此, 我们可以假设前 m 天的日收益率的均值 $\bar{u} = 0$ 。模型简化为:

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m u_{n-i}^2 \quad (37-3)$$

简化的模型说明: 方差为前 m 天的日收益率平方的均值。

这一模型假设对每一个日收益率的平方(u_i^2)给予相同的权重 $1/m$ 。但如果我们的主要目的是要估计资产现在的波动率 σ_n 的话, 我们有理由给予较近的日收益率以较大的权重来显示它对现在波动率较高的影响。因此模型可以改变为:

$$\sigma_n^2 = \sum_{i=1}^m \alpha_i u_{n-i}^2 \quad (37-4)$$

其中: α_i 为 i 天前日收益率的权重, 有:

- ① $\alpha_i > 0$;
- ② $\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$;
- ③ 如果 $i > j$, 则 $\alpha_i < \alpha_j$ 。

通过以上变化, 我们就给予每个日收益率以不同的权重, 离现在较近的日收益率权重较大, 离现在较远的日收益率权重较小。

我们通常假设存在一个长期平均方差 V_L (long-run average variance rate), 方差有趋向于长期平均方差 V_L 的特性。因此, 我们给予长期平均方差 V_L 一个权重, 模型变化为:

$$\sigma_n^2 = \gamma V_L + \sum_{i=1}^m \alpha_i u_{n-i}^2 \quad (37-5)$$

其中: γ 为长期平均方差的权重, $\gamma > 0$ 且 $\gamma + \sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$ 。

如果记 $\omega = \gamma V_L$, 模型变化为:

$$\sigma_n^2 = \omega + \sum_{i=1}^m \alpha_i u_{n-i}^2 \quad (37-6)$$

这个模型就是著名的 ARCH 模型, 由罗伯特·恩格尔教授于 1982 年发明。2003 年,

罗伯特·恩格尔教授凭此成果获得了诺贝尔经济学奖。

37.2.2 EWMA 模型

在(37-4)式中,如果随时间的回溯,权重呈指数形式衰减,则模型就称为指数加权移动平均模型(exponentially weighted moving average, EWMA)。我们假设 $\alpha_{i+1} = \lambda\alpha_i$, 其中 λ 是 0 到 1 之间的常数。模型(37-4)变化为:

$$\sigma_n^2 = \lambda\sigma_{n-1}^2 + (1-\lambda)u_{n-1}^2. \quad (37-7)$$

(37-7)式说明,第 $n-1$ 天结束时估计的第 n 天的波动率 σ_n 只与第 $n-2$ 天结束时估计的第 $n-1$ 天的波动率 σ_{n-1} 和第 $n-1$ 天的日收益率 u_{n-1} 有关。因此,如果使用 EWMA 模型,我们只需要储存较少的数据,我们只需要知道最近一次的方差估计以及最近一天的日收益率数据,而不需要知道最近 $m(m>1)$ 天的日收益率数据。

EWMA 模型能够将波动率最新的变化吸收到预测中。假如在第 $n-1$ 天,资产价格发生了很大变化(即 u_{n-1}^2 很大),根据 EWMA 模型,这将使得我们估计的现期波动率变大。波动率变大的程度要视参数 λ 的大小而定。如果选择的 λ 较大,则最近一天的资产日收益率对现期波动率的影响较小;如果选择的 λ 较小,则最近一天的资产日收益率对现期波动率的影响较大。

J. P. Morgan 银行创建了 Risk Metrics 数据库,使用 $\lambda=0.94$ 的 EWMA 模型来预测日波动率。

37.2.3 GARCH 模型

在 EWMA 模型中引入长期平均方差 V_L ,就成为 GARCH(1,1)模型:

$$\sigma_n^2 = \gamma V_L + \alpha u_{n-1}^2 + \beta \sigma_{n-1}^2. \quad (37-8)$$

GARCH 模型是由波勒斯勒夫(Bollerslev)于 1986 年发明的。其中 γ 、 α 和 β 分别为长期平均方差 V_L 、第 $n-1$ 天的日收益率 u_{n-1} 、第 $n-1$ 天的波动率 σ_{n-1} 的权重。三个权重都大于 0,且权重之和为 1(即 $\gamma+\alpha+\beta=1$)。

如果 $\gamma=0$ 、 $\alpha=1-\lambda$ 、 $\beta=\lambda$,GARCH(1,1)模型就变成 EWMA 模型。因此,EWMA 模型可以看成是 GARCH(1,1)模型的一个特例。

同样地,记 $\omega=\gamma V_L$,模型变化为:

$$\sigma_n^2 = \omega + \alpha u_{n-1}^2 + \beta \sigma_{n-1}^2. \quad (37-9)$$

ω 、 α 和 β 是我们需要估计的三个参数。参数的估计方法为极大似然法(maximum likelihood methods),在此就不详细叙述了。一旦有了这三个参数,长期平均方差就为:

$$V_L = \frac{\omega}{1-\alpha-\beta}. \quad (37-10)$$

参数 β 与 EWMA 模型中的 λ 相似,被称为衰减率(decay rate)。如果 $\beta=0.9$,意味着

u_{n-2}^2 的重要性相当于 u_{n-1}^2 重要性的 90%, u_{n-3}^2 的重要性相当于 u_{n-1}^2 重要性的 81%。

37.2.4 EWMA 模型和 GARCH(1,1)模型的比较

GARCH(1,1)模型考虑了方差趋向长期平均的特性,而 EWMA 模型没有。事实上,方差确实具有趋向长期平均方差 V_L 的特性,因此,从理论上说,GARCH(1,1)模型比 EWMA 模型更适用。

如果估计参数 $\omega=0$,那么 GARCH(1,1)模型就变为 EWMA 模型。如果估计参数 $\omega<0$,那么 GARCH(1,1)模型就不适用,我们就应该使用 EWMA 模型。

37.2.5 使用 GARCH(1,1)模型预测未来波动率

根据 GARCH(1,1)模型,我们可以在第 $n-1$ 天结束时预测第 $n+k$ 天的日方差如下:

$$E(\sigma_{n+k}^2) = V_L + (\alpha + \beta)^k (\sigma_n^2 - V_L)。 \quad (37-11)$$

在 EWMA 模型中, $\alpha + \beta = 1$, (37-1) 式变为 $E\sigma_{n+k}^2 = \sigma_n^2$, 表示未来方差的期望值等于现在的方差。在 GARCH(1,1) 模型中, $\alpha + \beta < 1$, 随着 k 的增加, (37-11) 式的第二项就减小, 意味着未来方差的期望值趋近于长期平均方差 V_L 。正如上文所说, GARCH(1,1) 模型考虑了方差趋向长期平均的特性, 而 EWMA 模型没有。

37.3 估计相关系数

以上讲的都是如何估计波动率。在计算 VaR 的时候, 我们还要估计两个资产收益率的相关系数。

设 X_i 和 Y_i 分别为资产 X 和 Y 在第 i 天结束时的价格, 定义 x_i 和 y_i 分别为资产 X 和 Y 在第 i 天的持有期收益率:

$$x_i = (X_i - X_{i-1})/X_{i-1}, \quad y_i = (Y_i - Y_{i-1})/Y_{i-1}。$$

我们继续定义 $\sigma_{x,n}$ 和 $\sigma_{y,n}$ 分别为资产 X 和 Y 在第 $n-1$ 天结束时预测的第二天(从第 $n-1$ 天到第 n 天)的日波动率, 其平方称为方差(variance rate), 有:

$$\sigma_{x,n}^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{n-i}^2, \quad \sigma_{y,n}^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_{n-i}^2。$$

可见, 方差为前 m 天的日收益率平方的均值。

定义 cov_n 为资产 X 和 Y 在第 $n-1$ 天结束时预测的日波动率的协方差, 有:

$$cov_n = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{n-i} y_{n-i}。 \quad (37-12)$$

这里, 我们假设每一项 $x_{n-i} y_{n-i}$ 的权重都是相等的。当然像 EWMA 模型一样, 我们也

可以给予每一项以不同的权重,那么预测协方差的公式就变为:

$$cov_n = \lambda cov_{n-1} + (1 - \lambda)x_{n-1}y_{n-1}。 \quad (37 - 13)$$

我们也可以像 GARCH(1,1)模型一样,引入长期平均相关系数,那么预测协方差的公式就变为:

$$cov_n = \omega + \alpha x_{n-1}y_{n-1} + \beta cov_{n-1}。$$

当有了协方差的估计,我们就很容易计算出相关系数。相关系数的估计为:

$$\rho_{x,y} = \frac{cov_n}{\sigma_{x,n} \sigma_{y,n}}。 \quad (37 - 14)$$

在这里必须值得注意的是,估计波动率的方法必须与估计协方差的方法保持一致。也就是说,如果你用 λ 等于某个常数(例如: $\lambda=0.94$)的 EWMA 模型来估计波动率,那么你也必须用该模型来估计协方差。如果你用某种 ω 、 α 和 β 取值的 GARCH(1,1)模型来估计波动率,那么你也必须用该模型来估计协方差。



附录 1

经典风险管理案例分析

——长期资本管理公司(LTCM)的传奇

案例简介

长期资本管理公司(Long-Term Capital Management, LTCM)曾经和量子基金、老虎基金及奥马伽基金并称为国际对冲基金巨头。从它成立的那一天起,该基金就笼罩着一轮神秘的光环。由金融行业和学术界精英组成的管理团队和最初几年的高额利润都令整条华尔街惊叹。然而,国际金融市场的动荡,加上公司风险管理的失策,将这家基金一步步推向崩溃的边缘。长期资本管理公司的故事背后,其实是对金融学理论应用、金融交易策略和金融机构风险管理的深层思考。

背景介绍

对冲基金

对冲基金(hedge fund)是有别于共同基金的另一种基金形式,它主要有三个特点:第一,就投资策略而言,它主要是对投资组合中两种或多种证券进行不同获利方向的交易,从而对冲风险;第二,就投资主体而言,它的投资门槛较高,而客户数量较少,以大型投资者为主要客户;第三,它属于私募基金,不需要在 SEC 注册,受到的法律监管比较少,因此很少对外公布自己的投资组合。长期资本管理公司(LTCM)就是一家典型的对冲基金,不过这家对冲基金却闪耀着一种不同凡响的光环,因而备受瞩目。

管理团队

所罗门兄弟的债券套利部门可以说是 LTCM 的雏形,John W. Meriwether 这位华尔街最优秀的债券交易员一手创办了债券套利部门,并吸引到了学术界优秀人才的加盟,从事债券市场上的套利交易。通过这些学术精英的模型和计算机的精确计算,该部门的套利交易曾获得丰厚的收益。LTCM 的主要成员绝大多数是曾经在所罗门兄弟追随 Meriwether 的门徒,因此套利交易策略对于他们来说可谓驾轻就熟。这些人包括:Eric Rosenfeld、Victor Haghani、Gregory Hawkins、Lawrence Hilibrand;他们大都来自 MIT、哈佛等知名学府,拥有博士学位,擅长模型和计算机。但其中最知名的无疑是两位诺贝尔奖获得者:Robert C. Merton 和 Myron Scholes,他们的期权定价公式几乎掀开了现代金融学的崭新篇章。除此之外,美联储前副主席 David Mullions 也加入了这一明星阵容,并利用他的声望为 LTCM 获得许多国家的官方或半官方资金奠定了基础。几乎所有人都相信这将是一个会创造奇迹的对冲基金。

1994 年 LTCM 成立之初,其合伙人为 11 人,非合伙人的雇员有 30 人。到了 1997 年,合伙人增加到了 15 人,非合伙人的雇员则达到了 150 人。与此同时,LTCM 的办公室遍布在格林威治、伦敦和东京,这样的地理布局是为了方便信息的收集和交易的开展。当然,每当 LTCM 有重要事情商讨时,各地的合伙人都会集中到一起进行讨论和决策。

公司结构

长期资本管理基金(Long-term Capital Management Fund)的性质属于离岸有限合伙人制。这一形式避免了双重征税,但是仍能向投资者提供有限责任,所以比传统的公司形式更优越。事实上,投资者并不是直接向基金投资,而是通过一系列的投资载体进行的。LTCM 采用的是“中心辐射”的结构,也就是说,他创立了多个投资实体,来满足不同投资者在税收、监管和其他方面的特殊需要,而这些投资实体的资金最终流入 LTCM 基金。为了避税,长期资本投资组合在开曼群岛注册,而长期资本管理公司则注册于特拉华州,性质为合伙制企业,其所有人为 Meriwether 和其他 10 位合伙人。

发展历史

募集资金

1991年, Meriwether 因所罗门债券风波而被迫离开其所供职的投资银行。1993年, 他连同其他几位曾经在套利交易组共事的伙伴, 开始着手创办自己的对冲基金。

在美林证券的帮助下, LTCM 开始寻找潜在的投资者。相对于其他对冲基金, LTCM 的入股条件相当苛刻: LTCM 所收取的管理费用非常高, 每年 2% 的固定费用外加 25% 的利润分成, 而其他对冲基金为每年 1% 的固定费用和 20% 的利润分成。另外, LTCM 要求投资者的资金至少在 LTCM 保留三年, 这是为了防范可能发生的流动性危机, 因为在此之前的不少对冲基金都因客户撤资而破产。LTCM 为每位投资者设定的投资下限为 1 000 万美元, 主要面向的是富裕的个人和金融机构投资者。

即便是这样, LTCM 的光环仍然吸引到了不少客户, 其中包括: 各界重量级名人, 如耐克公司 CEO、麦肯锡公司的多位合伙人、纽约石油巨子等; 各类知名企业, 如日本的住友银行、欧洲的德累斯顿银行、纽约大陆保险公司、完美顾问公司。此外, LTCM 合伙人的学术背景让一些大学也慷慨相助。而 LTCM 的 11 位合伙人也将自己的所有家当投到了基金中, 就这样, LTCM 募集到了 12.5 亿美元, 创下了对冲基金的历史记录。

盈利记录

1994年2月 LTCM 正式开始交易时, 恰逢美联储开始紧缩银根。于是债券市场出现了混乱局面, 美国 30 年期国库券的收益率下跌, 欧洲债券市场也受到了极大的冲击, LTCM 极好地把握住了这次机会, 取得了巨大成功。在最初的两个星期, 就使资产增值了 7%。在此后的几年中, LTCM 的交易员们不停地在世界各个市场上寻找套利和盈利机会。在扣除高额的管理费用后, LTCM 的投资收益仍然高得惊人! 从 1994 年到 1996 年, 每年的投资回报率分别为 28.5%、42.8%、40.8%, 比同期的美国股市收益都要高许多。在 1997 年, 一方面受到市场环境的影响, 另一方面是由于资本扩大而导致的杠杆率缩小, LTCM 的收益率有所下降, 但也达到了 17%。

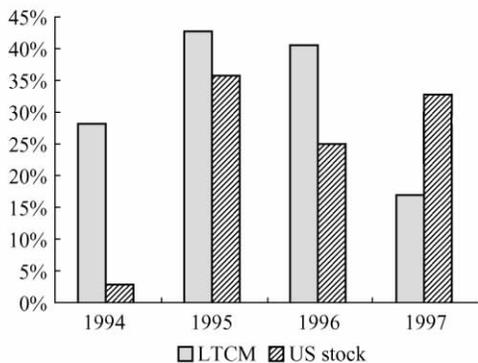


图 1

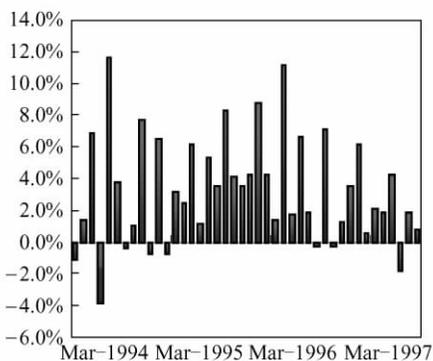


图 2 LTCM 各月的总收益(1994.3—1997.8)

图 2 列示了 LTCM 从 1994 年 3 月开始交易到 1997 年 8 月每个月未扣除管理费的总收益。从中不难发现,在 42 个月中,仅有 8 个月 LTCM 的收益率是小于零的,而且相对于其盈利的规模,这些损失也显得非常小。通常情况下,LTCM 都会在不同国家的不同市场上进行交易,一个交易的亏损往往可以由其他交易来弥补,这也就保证了在大部分时间内,LTCM 都是盈利的,而且盈利的波动性不大。

表 1 LTCM 各月收益的标准差

	σ (总收益)	σ (净收益)	σ (S&P 500)
1994	4.80%	3.46%	3.04%
1995	2.45%	1.80%	1.50%
1996	3.68%	2.68%	3.15%
1997	2.56%	2.02%	4.65%

注:总收益是指未计算管理费的收益率;净收益是指计算了管理费的收益率。

如果在 1994 年 3 月将 1 美元同时投资在 LTCM 和标准普尔 500 指数上,那么 LTCM 的投资收益将大大超过美国股市上的回报。仅仅用了不到两年的时间,LTCM 就可以把 1 美元的资产价值翻一番,而在 1997 年底,这 1 美元资产就能达到 4 美元。这样的盈利表现不得不让其他金融机构对 LTCM 羡慕不已,希望能与 LTCM 建立战略伙伴关系,这也为 LTCM 能够建立巨额头寸,获得低成本融资奠定了基础。

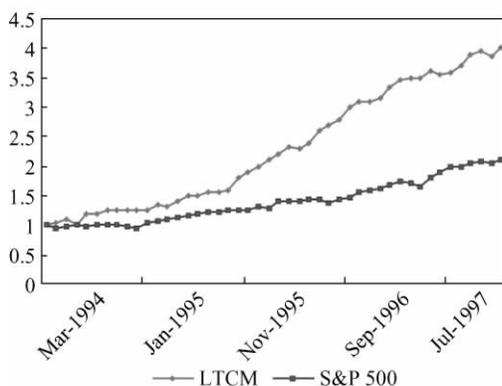


图 3 LTCM 的表现指数 (Mar - 1994 为起点)

资本增长

在获得高收益的同时,LTCM 的合伙人们很少将他们的盈利撤出,而是继续投入 LTCM 中。这样,LTCM 的自有资本也迅速增加,从成立初期的 12.5 亿美元资产净值迅速上升到 1997 年 10 月的近 70 亿美元。1997 年,由于杠杆率的下降和市场机会的减少,LTCM 感到要获得超出市场平均的收益率变得越来越困难。于是,LTCM 在 1997 年 12 月向投资者返回了 27 亿美元,使资产下降到了 48 亿美元,合伙人们认为现有的资本基础足以

维持基金的正常运转。虽然基金的投资者们对此十分恼火,但事实证明这一做法显然为他们在最后的危机中挽回不少损失。

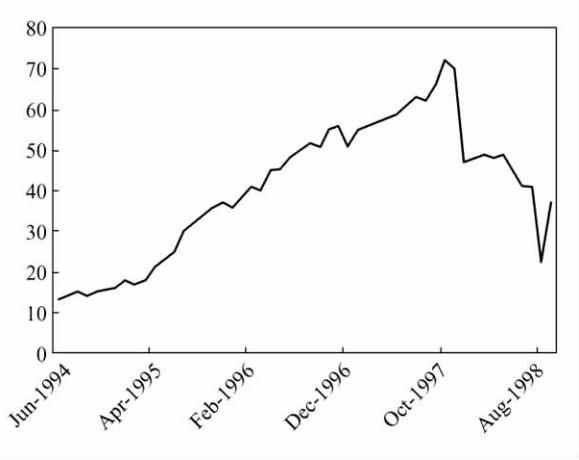


图 4 LTCM 的资本状况(单位:亿美元)

交易策略

表 2 LTCM 经典交易策略列举

- | | |
|---|---|
| • 当期国债与非当期国债交易
(one-the-run vs. off-the-run bond.) | • 风险套利交易
(risk arbitrage trades) |
| • 利率互换交易
(interest rate swap trades) | • 出售波动率交易
(selling volatility trades) |
| • 收益率曲线相对价值交易
(yield-curve relative value trades) | • 股票配对交易
(equity pair trades) |
| • 住房抵押债券交易
(mortgage-backed securities trades) | • 日本可转换债券交易
(Japanese convertible bonds) |

收敛套利交易

LTCM 主要从事的一类交易属于收敛交易(convergence trades),也就是利用两种金融工具之间价差的变化趋势来盈利。一般而言,有两种金融工具接近于完美的替代品,但在流动性和税收安排上有所不同,因此市场上的价格有所差异。对于债券来说,都会有一个特定的到期日,而在到期日这一时点上,它的市场价格一定会和它的票面价格趋于一致,所以在债券到期之前两者的价格将趋于一致。LTCM 采用的交易策略就是买入价格低的债券,卖出价格高的债券,并在两者价格收敛时终止交易。通过持有流动性稍差或税收安排稍微不利的资产,LTCM 获得的是价差缩小的收益。譬如,当期债券和非当期债券之间的套利交易就属于这一类。这是一种真正意义上的套利,风险很小。

另一种相似的套利交易属于相对价值交易(relative-value trades)。这类套利所涉及的两种或两种以上的资产并不一定是完全替代品,但是两者之间关系紧密,价格之间通常存在正的相关性。LTCM 通过对经济形势的把握和对市场情况的分析来对市场未来的走向做出预测,判断两者之间的价差是缩小还是扩大,并相应地对一种证券做多,并对另一种证券做空。当价格变化时,两个头寸必然出现一个盈利一个亏损的情况,这种交易避免了投资组合收益的大幅波动。

当期国债 vs. 非当期国债

利用当期(on the run)国债和非当期(off the run)国债进行套利是最基本的也是最早应用的一个套利策略。当期债券是指美联储新发行的债券,而非当期债券是那些已经发行了有一段时间的债券。通常当期债券在市场上容易买到,流动性较强,所以这些债券的收益率更高。而非当期债券的价格稍高,收益率稍低,因为这些债券往往被投资者保存起来,交易不频繁,流动性差。

在债券的期限内,随着新债券逐渐被投资者保存起来,当期债券和非当期债券之间的价

格差将逐渐缩小。也就是说,具有同样面值的 10 年期当期国债与 9 - 1/2 年期的非当期国债将在他们被偿还前收敛于同一价值。所以,可以采用的交易策略是卖出当期国债并买入相同数量的非当期国债,这相当于是在预测两者的价格差将缩小,而且这样就可以免受收益率曲线大幅波动的影响。

1994 年,LTCM 敏锐地察觉到当期国债和非当期国债之间的利差在扩大。1993 年 3 月发行的 30 年期国债的交易收益率是 7.36%,但在该债券发行后 6 个月,该期国债的收益率跌到了 7.24%,即下降了 12 个基点。LTCM 认为 29 - 1/2 年后到期的国债一定与 30 年后到期的国债价格相同,这 12 个基点的利差源于市场对高流动性资产的不正确需求所导致的市场的扭曲。LTCM 买进了 10 亿美元其他人急于脱手的呆滞债券,同时向市场提供 10 亿美元流动性高的国债。几个月后,如其所愿,LTCM 手中持有的非当期国债和抛空的当期国债之间的利差迅速缩小。仅这一交易,LTCM 就赚了 1 500 万美元!

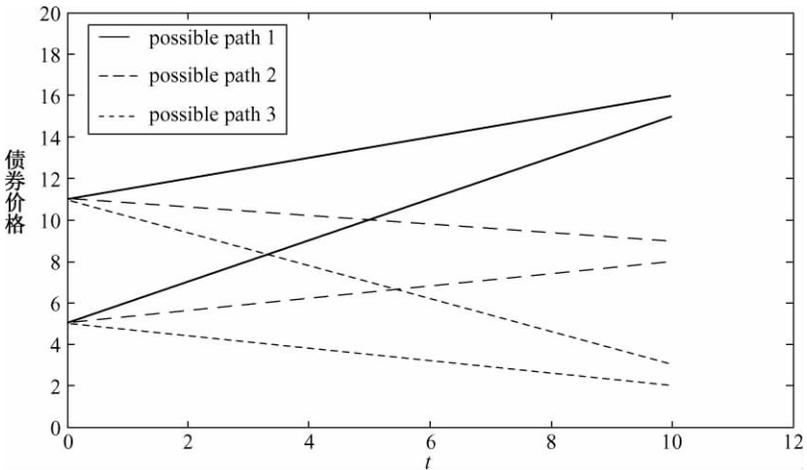
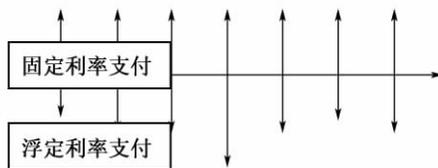


图 5 当期国债和非当期国债价格收敛路径

利率互换交易(IRS)

LTCM 所做的利率互换套利是利用国债、回购协议和利率互换协议的组合进行的。他的基本思想是找到两个相似的现金流,然后对便宜的现金流做多,对价格高的现金流做空。

利率互换是指合约一方向另一方支付固定利率的利息,同时接受对方支付的浮动利率的利息。一般而言,浮动利率采用的是伦敦同业银行拆借利率,即 LIBOR。利用利率互换可以规避利率风险,获得自己希望得到的现金流形态。对于一个收取固定利息、支付浮动利息的交易者来说,他的现金流如下。



利用回购协议进行融资相当于是一种抵押贷款。首先, LTCM 向一家银行比如高盛贷款, 通常这些贷款的利息是浮动的。LTCM 用这笔贷款购买资产, 并将资产作为抵押品抵押给高盛。当这些资产的价格上升后或 LTCM 认为时机成熟时, 他就会向市场上的其他交易者出售这些资产。LTCM 将出售资产得到的款项支付向高盛贷款的本金和利息, 并迅速从高盛那里拿回抵押的资产, 交给购买资产的对家。

用一个例子来说明 LTCM 是怎样构建它的组合并进行套利的。假设 20 年期国债的收益率为 6.77%, LIBOR 和回购利率之间的差为 0.20%, 即 20 个基点。互换协议的固定利率为 6.94%。已知互换利差为 17 个基点(6.94% - 6.77%), 同时 LIBOR 和回购利率之间的差很少变化。LTCM 所采用的交易策略是利用回购协议买入 20 年期的国债, 同时卖出相同名义金额的利率互换协议。

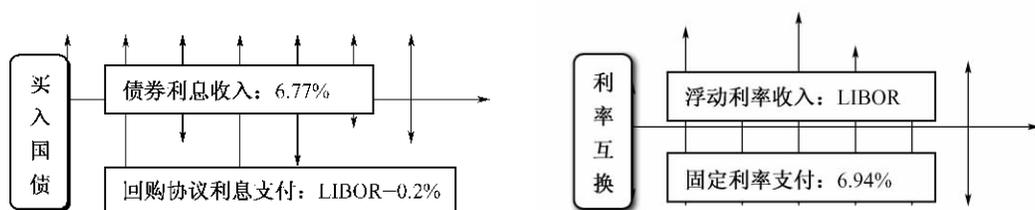


图 6 利率互换交易的现金流图

$$\begin{aligned}
 \text{净现金流} &= (\text{国债收益率} - \text{回购利率}) - (\text{互换利率} - \text{LIBOR}) \\
 &= (\text{LIBOR} - \text{回购利率}) - (\text{互换利率} - \text{国债收益率}) \\
 &= (\text{LIBOR} - \text{回购利率}) - \text{互换利差} \\
 &= 20 - 17 \\
 &= 3(\text{基点/年})。
 \end{aligned}$$

由于此时的互换利差比较小, 只有 17 个基点, 所以可以通过这一交易策略获得 3 个基点的利润, 再通过杠杆把盈利放大。如果互换利差提高到 20 个基点以上, 则 LTCM 可以进入一个相反的利率互换协议来抵消前一个利率互换; 此时债券的价值也会上升, LTCM 可以卖出这些 20 年期的国债来盈利。1997 年 7 月, 互换利差果然如期上升, LTCM 在整个夏天里结清了他在这一交易中的头寸, 最终获利 3 500 万美元。

意大利互换利差套利交易

互换曲线是不同期限利率互换的价格, 是债券市场的另一个基准。互换是大型投资银行在伦敦和纽约等地交易的衍生物合约。在美国, 由于银行被认为比政府风险更大, 互换所采用的利率要比国库券的收益率高, 也就是说互换曲线在国库券收益曲线上面, 这之间的差被称为互换利差(swap spread)。不过在 1994 年意大利政府的信用风险极高, 意大利政府只能为他的债务支付很高的利息, 因此当时意大利里拉的互换曲线位于意大利政府债券的收益曲线之下。

LTCM 认为, 与他们为其他风险所支付的价格来说, 市场过高地估计了意大利政府的违约风险, 因此可以从这种定价错误中牟利。原先, LTCM 希望通过买入意大利政府固定利率债券和抛空意大利固定利率互换合约来进行套利。但是, 这意味着 LTCM 要承担意大

利政府极高的信用风险。一旦意大利政府真的违约了，到期时意大利债券的价格将暴跌，LTCM 的风险太高了。

于是，LTCM 采用了资产互换协议，它能使债券持有者以固定利率息票换取标的资产的所有收益。首先，LTCM 在米兰意大利中央银行的债券拍卖中购买 BTP，然后通过另外一家银行将一揽子资产互换出售给一些欧洲零售银行，这样，LTCM 就能收取他所需要的 BTP 息票，并向买入资产互换的银行支付里拉 LIBOR 和资产互换利差，同时免除了账面上的信用风险。

与此同时，LTCM 通过另一家不同的银行加入一个里拉利率互换合约，支付固定利率，收取里拉 LIBOR，这将与他之前支付的浮动利率息票中的里拉 LIBOR 款项抵消。因此，LTCM 赚取的是 BTP 和互换利率及资产互换利差之间的差价。当这一差价收敛到一起时，LTCM 就终止利率互换和资产互换。

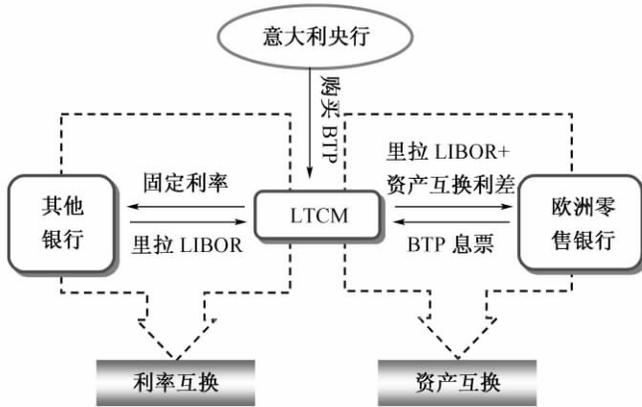


图7 意大利互换利差交易流程图

收益率曲线相对价值交易

收益率曲线是指不同期限的债券收益率所组成的一条曲线，反映了利率的期限结构。通常情况下，收益率曲线会呈现一定的形状，以此反映投资者对长期利率和短期利率的预期，也可以体现远期利率。但是，有时利率的期限结构中经常会出现凸起(bulge)或凹陷(dips)的现象，也就是说某一特定期限的利率会出现失衡现象，如中期利率会大大高于短期利率，而和长期利率非常接近。此时，LTCM 就会使用它非常擅长的套利交易，直至这种利率失衡现象最终消失。

譬如，相对于3年期利率，4~7年的远期利率会高出合理的范围。LTCM 认为这样的凸起并不是由于投资者对未来短期利率的预期引起的，而是由于投资者对某一特定期限的偏好造成的。因此，LTCM 通常会进行一个“蝶式”交易，即在一个三年期互换协议中支付固定利率的利息，在另一个七年期的互换协议收取固定利率的利息，并在一个十年期的互换协议中支付固定利率的利息。LTCM 所要做的是调整各个互换协议的金额比例使得该组合对于收益率的起伏不存在风险暴露。

LTCM 在英国、法国、德国和日本市场上一直进行着这种类型的交易。在他们眼里，欧

洲债券市场以及第三世界债券市场不具备美国债券市场的高效率(因为套利者较少),所以非常值得开拓。1994年美国发生的金融危机很快就波及到了欧洲,德国、法国以及英国的国债和国债期货之间的利差都扩大到了超出合理水平之外,LTCM极好地利用了这次机会,迅速获利。

事实上,蝶式交易不是真正意义上的收敛交易,因为最终能否盈利取决于短期利率的变化路径,而这一路径事前并不可知,也不确定。通常情况下,这些交易在比较短的时间内能够收敛并终止交易,但是也有例外情况发生。LTCM在法国进行的一次蝶式交易就因收益率曲线错误定价持续时间过长而蒙受巨额损失。

证券分解套利

LTCM涉足的另一类套利交易也是利用市场定价的错误进行的,但是它不是直接利用两种资产之间的价差,而是通过对债券的分解分别对冲债券所包含的风险,达到套利的目的。

日本可转换债券套利

可转换债券是一类和股票相关联的债券。当债券到期时,债券持有者有权选择将债券以事先约定的价格转换为该公司的股票;当然,如果债券持有者当前转换价格不合理,也可以选择到期日拿回债券的本金和利息,不转换股票。

在日本,由于政府希望将股价维持在一个较高的水平而限制日本公司发行新股再融资。不少企业不得不选择发行可转换债券来间接实现这一目的,但是投资者对日本的可转换债券的需求量很小,因此其价格很低。

LTCM在可转换债券中发现了一个隐形期权。如果到期时股票市场的价格高于可转换债券中隐含的股价,那么投资者就会执行该期权,将债券换成股票;否则,就不会执行期权。利用 Black-Scholes 期权定价公式,LTCM认为这些可转换债券的价格被低估了,所以他们买入了大量可转换债券,并将这种债券的所有组成部分分解出来,利用其他衍生品合约进行风险对冲。

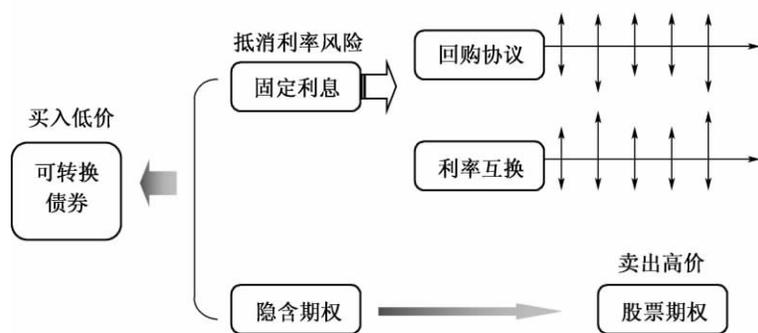


图 8 可转换债券套利策略图示

债券支付的利息可以用利率互换剥离出去,互换将债券支付的固定利息转换成浮动利率的支付。由于债券是用浮动利率借款支付购买的,这就消除了账面上的全部利率风险。同时,可转换债券还包含着隐性期权,所以,LTCM出售股票期权,它等同于债券所隐含的

期权。在公开市场上,股票期权的价格是用期权公式所决定的售价,所以保证了 LTCM 会收到一个公平合理的价格。

购买可转换债券的资金是通过回购协议得到的。LTCM 向高盛借钱,买入可转换债券,再将债券抵押给高盛。当 LTCM 出售债券时,他将现金归还给高盛,然后拿回债券立刻支付给债券买方。这就意味着在这笔交易中,LTCM 没有动用自己的一分现金,而高盛也没有任何风险。

住房抵押贷款债券 vs. 国债

住房抵押贷款证券(MBS)是一大堆以房屋抵押贷款集合资产池提供的现金流为担保的借贷合约。也就是说,住房拥有者每月偿还买房的贷款,然后这些还款被集中到一个基金中,用于向住房抵押贷款债券的持有者支付利息。

住房拥有者所偿还的抵押贷款可以被分成两个相互独立的集合,一个是住房拥有者为贷款支付的利息,另一个是支付的本金。因此,MBS 被拆分成了两个证券:仅付利息证券(IOs, interest-only securities)和仅付本金证券(POs, principal-only securities)。这两种证券的相对价值事实上是根据住房拥有者提前偿还贷款的比例而变化的。当利率下降时,大多数住房拥有者会选择提前还款,并以更低的利率重新借款,这就意味着利息的支付少了,而本金余额则被一次付清。此时仅付利息证券的价格就会下跌,而仅付本金证券的价格就会上升。当利率上升时,住房拥有者会继续按照约定的贷款协议进行还款,很少有人会一次付清贷款余额,所以仅付利息证券的价格就会上升。

1993 年,住房抵押贷款的利率第一次降低到了 7% 以下,因此对抵押贷款进行重新的融资安排可以使每月的还款额减少几百美元。正因为这个原因,美国开始了大规模的转贷款热潮,此时仅付利息证券的价格出现暴跌。1994 年,仅付利息证券的价格仍然很低,LTCM 设计了一个能够预测提前还贷的模型,并通过现实数据与模型分析进行对比,结果发现,仅支付利息证券的价格太低了。

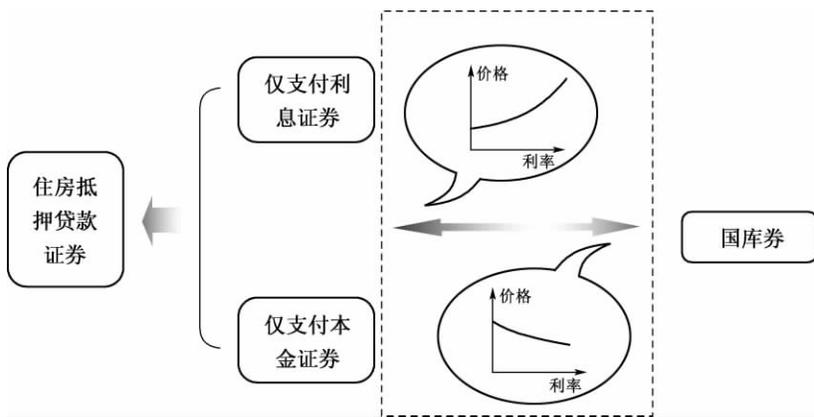


图 9 住房抵押贷款证券和国债的套利交易

事实上,仅支付利息证券的价格和利率呈正相关关系。LTCM 买入仅支付利息证券,实际上是在对利率将上升这一预测进行交易,这样做的风险显然比较大。为了对冲该证券

中的利率风险——利率下降导致的债券价值下跌的风险，LTCM 又买进了国债，因为国债的价格恰恰与利率呈负相关。这样一来，无论利率如何变化，LTCM 也不会暴露在风险之中，但却可以利用证券的错误定价来获利。

1994 年年初，美国利率开始猛涨，因此 LTCM 手中持有的仅支付利息证券的价格上涨，而国库券价格下跌，虽然在国库券上有所亏损，但总体上仍然赚了一大笔。1995 年利率下跌的时候，LTCM 所持有的国债价格大幅上升，但是这一次不像 1993 年那样，许多人并没有进行重新融资，所以仅支付利息证券的价格下跌较少，仅此一项，LTCM 就获利数亿美元。

股票市场套利

LTCM 除了在债券市场上进行套利交易，还开始涉足股票市场。虽然股票的特性与债券不同，但是 LTCM 的交易员们也在努力地寻找可能的套利交易。

配对股票交易

LTCM 的策略之一就是配对股票交易。在欧洲，有许多公司会同时有两种不同的股票在市场上挂牌。比如大众汽车公司有“普通股”和“优先股”两种股票，优先股所拥有的表决权更大一些。另外，业务相互关联公司的股票也能进行配对，比如意大利电信公司和意大利移动通信公司（意大利电信公司的子公司）的股票。由于种种原因，每一对配对股票中，会有一种股票的价格要比预期配对的另外一种股票的价格低一些，所以股票市场上也可以进行套利交易。

LTCM 曾做过的一次股票套利交易是关于荷兰皇家壳牌石油公司的。该公司是一家英荷合资的石油公司，由两家上市公司控制，即荷兰的荷兰皇家石油公司和英国的壳牌运输公司。荷兰皇家石油公司在阿姆斯特丹证券交易所交易，而壳牌运输公司在伦敦证券交易所交易。尽管这两家公司的收益都来自于荷兰皇家壳牌石油公司，但是历史上英国壳牌运输公司的股价一直要比荷兰皇家石油公司低 8% 左右；而且英国壳牌运输公司股票流动性也比荷兰皇家石油公司股票差很多。这种股价上的差异可能由多种原因造成。虽然两家公司的利润是相同的，但是红利的分发需要缴税，而荷兰和英国对于红利收税的方式不同。这种差异导致两个市场上的投资者对于该股票的偏好不同。

LTCM 认为英国即将进行税收结构的改革，因此皇家石油股票的吸引力很可能由此减弱，导致下跌。另外，随着欧洲一体化的发展，两个市场间的差异也可能趋于减小，所以英国壳牌运输公司和荷兰皇家石油公司股票价格之间的差异也将趋于一致。因此，LTCM 可以采用的交易策略是买进英国壳牌运输公司股票，同时抛空荷兰皇家石油公司股票。只要两者的价差缩小，LTCM 就能获利，同时也能规避股票市场的价格起伏。

但是，LTCM 仍然认为直接持有和卖空的交易风险较大，所以他们实际上是通过“总收益互换”（total return swap）达到目的的。

虽然也有其他公司在进行类似的股票套利，但是 LTCM 的交易规模却是惊人的，达到了 23 亿美金，相当于高盛交易规模的 10 倍。其实，这类股票套利交易的风险极高，因为它不像债券，没有任何理由相信这两家公司的股票价格会趋于一致，在很大程度上这只是一主观的判断。

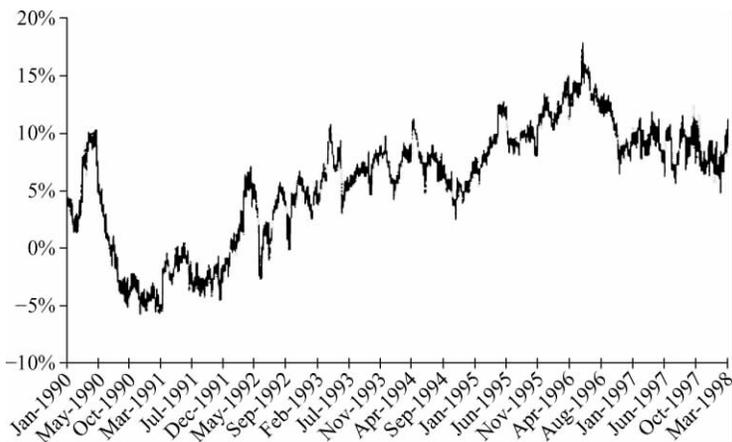


图 10 荷兰皇家股价对壳牌股价的溢价

并购套利

LTCM 在股票市场上的另一个交易策略是对并购题材的股票进行风险套利,也就是赌一宗已公开宣布的并购案最终会成功。通常情况下,当一家公司(称为“目标公司”)将被收购或兼并的消息公布后,目标公司的股价将比“收购公司”的报价低一些,而这一折扣很少能用金钱的时间价值或者并购风险来解释。如果并购交易是用收购公司的股票支付的,那么风险套利者可以通过买入目标公司的股票,并卖出收购公司的股票来赚取股价之间的差价。

1995年,西屋电气公司同意以82美元/股的价格收购哥伦比亚广播公司。当天一开市,哥伦比亚广播公司的股价就上涨了20%,达到78美元/股,但还是比西屋电器开出的收购价低了4美元。所以,如果这宗并购案最终获得成功,那么在消息宣布后立即买进哥伦比亚广播公司股票的话,就能不费吹灰之力得到5%的利润。但是如果这宗并购案最终不成功,哥伦比亚广播公司的股价就会下跌到原来的位置。

由于LTCM在预测并购结果方面毫无优势可言,而且事实上许多宣布过的并购案都没有最终成功,所以他们的策略是尽量参与到一些并购破裂风险比较小的交易中。一些恶意收购或者容易受到法规限制的收购活动很可能以失败告终,所以LTCM尽量规避。现金支付的收购活动也比股票形式的收购具有更大的谈判破裂风险,所以也不适合进行风险套利。LTCM相信对于大多数投资者来说卖空交易比较困难,成本也比较高,所以很少有人能像他们一样采取这种套利策略,其套利空间也会比其他交易更丰厚一些。

LTCM对风险十分忌讳,但是低风险伴随而来的通常是低收益,也就是说LTCM想要赚取的差价实际上非常小。不过,LTCM认为他的优势就在于他的融资成本非常低,通过总收益互换,LTCM无须支付任何扣减费(chaircut),所以他的成本只是互换协议中支付给对家的金额,通常为75个基点。而且,LTCM认为即使并购交易终止,由于他和其他交易的相关性极小,所以也不会给整个资产组合带来更加大的风险。

1997年,LTCM的投资组合中包含了30中不同的并购题材的股票,总价值达到50亿美元。这些头寸的持有取决于并购的最终完成,从几个月到一年不等。如果这些头寸能赚取5%的利润的话,整个预期收益就可达到2.5亿美元。

极高的杠杆率

虽然 LTCM 的模型和策略可以规避风险,产生盈利,但每次套利所能产生的单位收益非常小,当期债券和非当期债券之间的利差在几个月内缩小 2/3,盈利只有 1%,因此 LTCM 只能采用很高的杠杆率来获得高收益。

LTCM 主要是利用回购协议(repos)来提高杠杆率。需要现金的一方与商业银行或投资银行签订回购协议,同意将自己的一些资产抵押给银行,以此换取现金;同时他承诺将在未来以某个固定的价格买回这些抵押的资产。出于安全性的考虑,银行通常不会将相当于抵押资产 100%价值的现金借给回购协议的对方,而是只贷出一定的百分比。譬如,如果抵押资产的价值为 1 亿美元,利用回购协议得到的现金通常要小于这个数字,比如只有 99 800 万美元,这之间的差额 200 万美元成为扣减费(haircut)。这个扣减费的大小通常取决于抵押品的流动性和安全性。

由于 LTCM 用于抵押的资产通常是流动性极强的国债,而且它本身的光环效应让几乎任何一家银行相信将钱借给 LTCM 是非常安全的。另一方面,当时许多银行都以与 LTCM 进行交易为荣,并希望从与 LTCM 的合作中获利,因此,各家银行相互竞争,压低对 LTCM 收取的扣减费,最终各家银行都取消了扣减费,将与抵押品价值相当的现金全部贷给 LTCM,这也就意味着 LTCM 的杠杆率是无限的。LTCM 的对家似乎并不担心 LTCM 会违约,事实上 LTCM 也确实非常有信用,每天的盯市结束后,LTCM 都会根据当日的损益情况将相应的现金额存入账户中。

除了回购协议,LTCM 还可以利用其他手段提高杠杆率,譬如期货、互换。购买或出售期货合约只需要交纳一小笔保证金,所以其杠杆作用也十分明显。至于像利率互换这样的合约,双方只是交换利息支付,而不是虚拟的名义本金,也能提高杠杆率。

所以,LTCM 的资产结构就像是一个倒金字塔:其最核心的资产为 30 亿美元,通过向其他银行抵押借款等手段拥有 1 400 亿美元,而他所交易的资产负债表以外的衍生品价值达到了 12 500 亿美元。这样的杠杆率无疑是惊人的,其所蕴藏的风险也很大。

从 1994 年开始交易以来,LTCM 的杠杆率就一路上扬,在最高峰时曾超过 30 倍,但是随着越来越多的竞争对手了解并采用了与 LTCM 相似的套利策略后,LTCM 发现要在市场上寻找套利机会进行盈利变得越来越难。为了获得高于平均水平的收益率,LTCM 于 1997 年向投资者返还了 27 亿美元,由于头寸保持不变,其杠杆率被提高到了 28 倍。

LTCM 的极高杠杆率为它在 1998 年的巨额损失埋下了伏笔,一个小的利差变动可能就会给 LTCM 带来几百万的损失。虽然其他投资银行的杠杆率也非常高,但是不容忽视的是,相比 LTCM,投资银行的业务种类比较广泛,因此在面临危机时,不同的利润来源可以

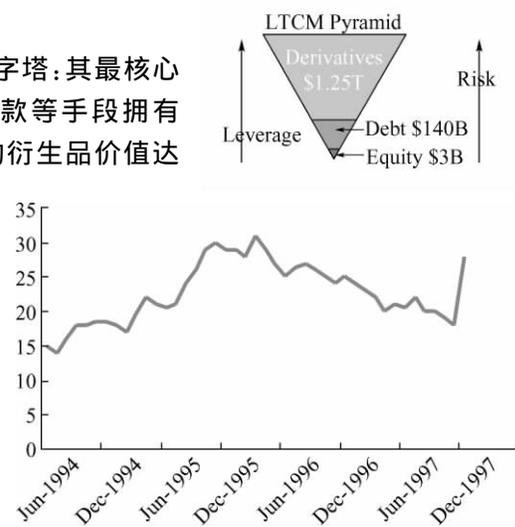


图 11 LTCM 的杠杆率变化(1994.3~1997.12)

帮助其渡过难关;但是 LTCM 唯一的盈利手段就只有通过套利交易盈利,一旦这一交易手段遭到破坏,就无路可遁。

表 3 LTCM 和其他金融机构比较(1998 年底)

机构	LTCM	高盛	摩根士丹利	雷曼兄弟	美林
杠杆率(%)	28	34	22	28	30
衍生证券名义本金(单位:亿美元)	14 000	34 100	28 600	23 980	34 700

特有的优势

LTCM 始终对自己的交易策略秘而不宣。他们一直将与之合作的其他投资银行视为竞争对手,因为这些投行的自营部门也在进行套利交易。套利交易实际上是在寻找市场上的无效行为,当越来越多的人发现套利机会并采用相同的战略技术时,市场就会变得越来越有效,而套利空间就会越来越小。所以,LTCM 坚持不向其他银行透露任何交易策略。

为了防止其他交易对家了解到 LTCM 交易的整个图景,他们通常将一组交易拆开,将不同的部分交给不同的经纪行来执行。譬如,与高盛进行垃圾债券交易,与 J. P. 摩根进行政府债券及日元互换交易,与雷曼兄弟进行抵押债券交易。LTCM 一共有大约 55 个交易对家,因此,很少有一家银行知道 LTCM 究竟在做什么,也不知道 LTCM 的风险到底有多大。

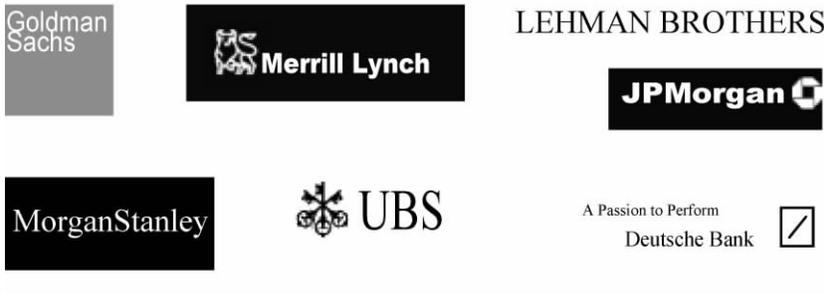


图 12 LTCM 的交易对家们(部分)

尽管 LTCM 小心翼翼地坚守着自己的交易秘密,但是趋同交易和相对价值交易的原理并不复杂,因此市场上其他的套利者还是可以模仿 LTCM 的基本交易方式,拥有和 LTCM 相似的头寸。但是 LTCM 比其他竞争者在套利交易方面更具优势,因为 LTCM 所执行的交易策略更加复杂,融资的方式更加有效,所持有的头寸更加大,分散化的程度更加高,涉足的区域、市场、金融工具更加多! 不过,交易策略被模仿终究是对 LTCM 的打击,也是 1998 年 LTCM 一步步走向崩溃的原因之一。

崩溃历程

开始亏损

1998年5月和6月,住房抵押贷款市场的下挫使LTCM首次蒙受了严重损失。5月的收益率为-6.42%,6月的收益率为-10.14%,在两个月里都超出了VaR的极限;LTCM的资产也从47亿美元下降到40亿美元。

与此同时,所罗门债券套利交易组的解散也对LTCM的损失起到了推波助澜的作用。自从Meriwether等人离开所罗门后,其债券交易组再也无法取得先前的战绩;相反,损失却时常发生。在所罗门被旅行者集团收购后,债券套利交易组面临被解散的命运。同时,所罗门决定尽快将套利交易组所持有的头寸清算掉。LTCM原本以为市场上总会有人接手这些头寸,但是事实却并非如此,没有人愿意购买这些资产。由于这些头寸和LTCM所持有的头寸非常相似,所罗门的急于出售导致了价格的急速下降,LTCM又遭遇了账面损失。

谨慎起见,LTCM决定缩减头寸。但是,LTCM似乎做出了一个不明智的选择:抛售最具流动性的头寸,如国债。1997年7月,LTCM的收益率恢复到了0.48%,但是这实际上是由出售国债的收益来弥补其他交易的亏损。

由于在整个资产组合中,其他衍生资产的盈利比国债等流动资产丰厚得多,所以LTCM不愿放弃这些头寸。但是,流动性头寸恰恰是LTCM面临危机时的最后一道防线,因为在紧要关头只有通过他们才能筹集现金。到了1998年8月和9月,LTCM损失最惨重的时候,他们庞大的资产头寸却无法剥离,陷入了流动性困境中。

导火线——俄罗斯

1997年,西方投资银行开始购买俄罗斯发行的一种叫做GKO的短期卢布国库券,年利率超过40%,但是这种债券有违约风险。对俄罗斯产生兴趣的LTCM认为可以通过他的交易策略规避掉信用风险。LTCM向拥有俄罗斯GKO债券的投资银行支付美元浮动利率,收取GKO卢布息票。与此同时,LTCM与另一家投资银行签订远期合约,约定在数月后以今天的汇率将收到的卢布利息兑换成美元。这样,即使俄罗斯的卢布贬值,LTCM也不会受到损失。

可怕的是,俄罗斯政府于1998年8月17日宣布卢布贬值、对GKO违约,而且禁止国内银行在一个月内履行外汇合约。这一消息不仅意味着LTCM在俄罗斯投资的损失,更重要的是它还波及到其他国家的交易。事实上,LTCM在俄罗斯投资所遭受的损失并不大,但问题在于,这次违约引发了一场“雪崩”。

在俄罗斯进行投资并遭受损失的西方银行或基金都开始削减他们的头寸。一家名为High-Risk Opportunities的对冲基金拥有大量的卢布债券,在这次市场冲击后被迫宣布破产,他的交易对象如银行家信托、瑞士信贷和雷曼兄弟为此蒙受损失。一时间,关于雷曼兄弟等投资银行将破产倒闭的传言在市场上弥漫开来,引起了不小的恐慌。

坠入深渊

受到亚洲金融危机和俄罗斯信用危机的影响,国际游资纷纷涌向高质量的金融工具(fly to quality),他们的首选是最具流动性的美国国债和 G-7 国的政府债券,由此导致的结果是交易员们惯用的金融工具之间的经济联系突然消失。美国当期国债和非当期国债的利差非但没有缩小,反而扩大了。类似的情况发生在 LTCM 的其他资产组合上:1998 年夏天,LTCM 在世界各地的市场上进行的大多为收敛交易,如意大利债券、丹麦抵押贷款、美国股票与抵押债券、拉丁美洲债券。这些原本关联性极小的市场之间却产生了联动效应,利差不降反升,导致 LTCM 损失增加。整个 8 月份,LTCM 一共损失了 18.5 亿美元。

1998 年 9 月 2 日,LTCM 向他的投资者传真了对 8 月份损失的估计。在信中,Meriwether 告诉投资者利差的扩大意味着更大的套利空间和盈利机会,由此希望他们能追加投资。这份传真立刻在华尔街上引起了轩然大波,LTCM 损失的阴影笼罩着整个市场。现在如果市场知道或相信 LTCM 会持有什么资产,该资产的价格就会急剧下跌。譬如,LTCM 持有少量的“飓风债券”,9 月 2 日该债券的价格就下降了 20%,可是当时没有任何关于飓风将来临的消息,仅仅是因为 LTCM 持有他们。

LTCM 的传真还引起了他的交易对家的恐慌。LTCM 的交易基本上采用的是“双向盯市”:当市场价格向有利于 LTCM 的方向运动时,国债等抵押品就会从他的对家转移到 LTCM 账户上;反之亦然。在正常市场下,诸如国债这样的债券价值可以从市场价格中得到,“盯市”是控制风险的有效手段。但是在 1998 年 9 月,市场流动性几乎丧失,市场上国债的价格就不能反映抵押品的真实价值,因为一旦 LTCM 清算这些头寸,他们在市场上能够卖出的价格将远远低于现在的市价。出于这种恐慌,LTCM 的对家在盯市中采用的抵押品价格往往非常低,是假设 LTCM 将破产时这些债券的价格。由此,他们向 LTCM 要求尽可能多的抵押品,LTCM 所面临的流动性压力与日俱增。可是,LTCM 却无法将手中的头寸削减,损失在所难免。9 月 10 日,LTCM 亏损了 1.45 亿美元,9 月 11 日,该基金又亏掉了 1.2 亿美元。在接下来的一个星期中,这种跌势丝毫没有停止的意思,星期一亏损 5 500 万美元,星期二亏损 8 700 万美元,到了星期三亏损额再次达到 1.2 亿美元。整个 9 月份的收益率达到前所未有的-83%!

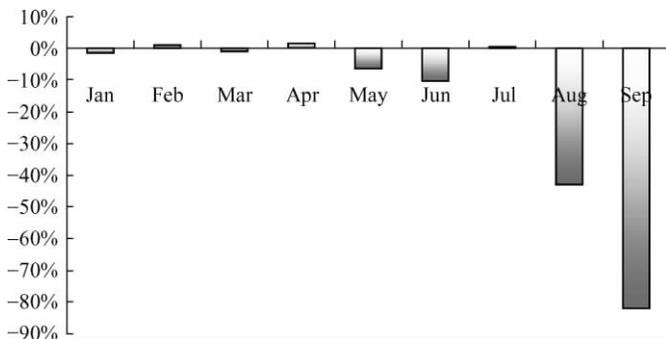


图 13 LTCM 在 1998 年各月的收益率

在过去,LTCM 也会在某项交易中蒙受损失,但他总可以通过其他市场上其他工具的交易盈利来弥补损失,但是这一次,LTCM 似乎陷入了一个怪圈,所有交易都不同程度地遭

遇“滑铁卢”。

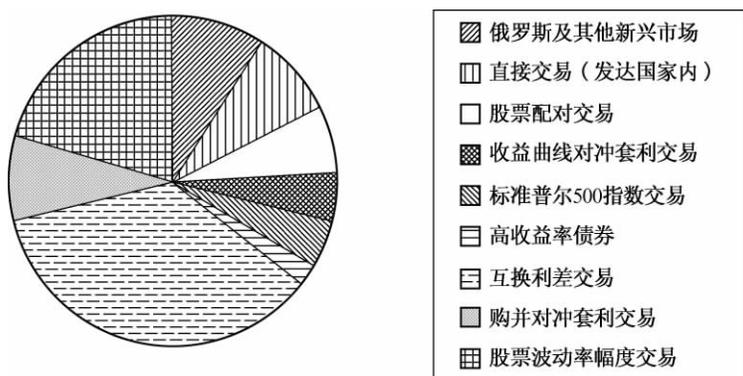


图 14 LTCM 在各项交易中的损失比例

LTCM 损失最剧烈的两类交易是互换交易和股票波动率交易。

LTCM 于 1997 年开始进行长期股指期货的交易。当股票指数上涨时，长期股指期货的多头就能盈利，而当股指下跌时，期权多头可以不执行这个期权，也就是说股指期货的投资者拥有一个止损的保证。期限较长的期权对于那些希望对冲风险的投资者来说相当有吸引力，但是这样的期权在市场上的供给却很小。期权的价格取决于标的资产的预期波动率，而市场预期的波动率（隐含波动率）可以用期权定价公式从市场期权价格中推出。所以对于期权价格的判断主要就是用波动率来表示。

1997 年，对于长期期权的需求导致隐含波动率被提高到了一个不可思议的水平。五年期标准普尔指数期权的隐含波动率为 22% 甚至更高，而指数本身数年中波动率都在 10% 到 13% 左右波动，短期期权的历史隐含波动率也在 20% 以下。LTCM 认为波动率迟早要跌回到历史水平，所以卖出了大量的五年期股指看涨期权和看跌期权，向市场提供了急需的期权和波动率，并因此被华尔街誉为“波动率中央银行”。为了对冲风险，LTCM 买入了指数期货和短期期权。这一交易被 LTCM 视为无本之利，该组合不受股指波动的影响，只要隐含波动率下降到正常水平，盈利就指日可待。

不幸的是，8 月份开始指数期权的隐含波动率不降反升，到 9 月份中旬，股票价格的波动幅度竟然达到了骇人听闻的 33%。这一数字每攀升一个百分点，LTCM 就要损失 4 000 万美元，而其整个投资组合的资产价值，也会同比例地减少！1998 年夏天，LTCM 仅在长期股票期权这一项交易中就亏损了 13 亿美元！

在互换交易中，LTCM 更是损失惨重，整个损失额达到了 16 亿美元！自 20 世纪 90 年代以来，美国的互换利差水平一直保持在 35 个基点左右。LTCM 一直以为在将来不会发生衰退，所以在美国互换利差交易中进行了巨额套利投资，预测互换利差将下降。然而，1998 年 4 月美国的互换利差已经上升到了 48 个基点。到了 7 月，这一利差水平升高到了 64 个基点，8 月则攀升到了 76 个基点。在正常的活跃市场中，美国互换利差的振幅通常在 1 个基点上下，但在 8 月中旬，该振幅达到了不可思议的 20 个基点。这种情况只在 1987 年和 1992 年发生过两次，但是 LTCM 电脑模型中所使用的数据库，根本就没有追溯到那么远。

其他债券的利差套利交易也不能幸免于难。6 月，不动产抵押债券与国库券收益率之间的利差从 96 个基点上升到了 113 个基点，公司债券与国债的利差也从 99 个基点上升到

Stock Market Indices

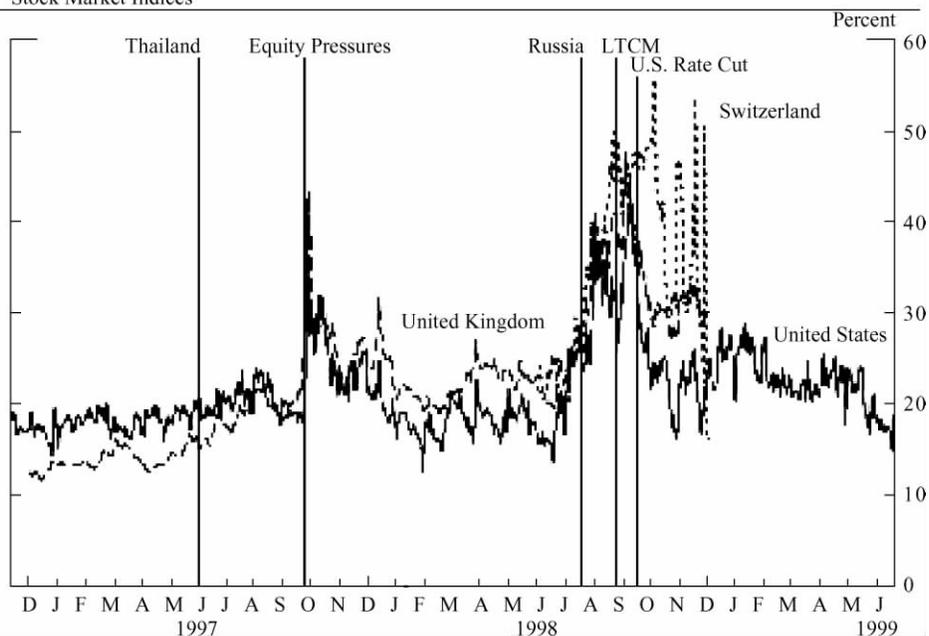


图 15 美国、英国和瑞士股票市场指数的波动率变化

了 105 个基点,垃圾债券与国债之间的利差水平更是从 224 个基点上升到了 266 个基点。非当期国债与当期国债之间的利差也从 6 个基点提高到了 8 个基点以上。总之,高风险债券的市场溢价全线上升,LTCM 在每个市场上都出现了大幅亏损。8 月底,抵押债券的利差再次扩大为 121 个基点,垃圾债券的利差水平也从 269 个基点上升到了 276 个基点,甚至连非当期国债的利差也达到了 13 个基点。考虑到 LTCM 所使用的杠杆率,就知道这些小小的数字变化对 LTCM 而言意味着巨额损失。

LTCM 的仓位实在巨大,迫使他无法将头寸削减。只要他们将某一持仓量巨大的交易品种中的一小部分向市场抛售,整个市场的价格就会大幅下挫,从而使这一品种剩余部分的价值也随之大打折扣。LTCM 终于要为自己的鲁莽行事付出代价了。

在股票市场上,股票配对交易也不能幸免。荷兰皇家石油股价对壳牌股价的溢价在历史上一直保持在 8% 左右,但在 1998 年的市场动荡中,这一溢价水平也偏离到了 15%。

在股票市场上的并购题材交易中,LTCM 也蒙受了损失。当时,市场传闻泰勒布斯公司即将与西耶纳公司合并,因此 LTCM 购买了大量的西耶纳公司股票,并将该股票一直握在手上。即使市场价格与收购价格的差额只剩下 0.25 美元时,LTCM 仍然没有将股票脱手。可是在 1998 年 8 月 21 日这个星期五,两家公司突然宣布,并购将被推迟,西耶纳公司的股价立即大幅下挫,从每股 56.75 美元的高位一路狂跌到每股 31.25 美元,整整跌去了 25.50 美元。在此交易中,LTCM 损失了 1.5 亿美元。随后,当并购最终被取消时,LTCM 又损失了 2 亿美元。

LTCM 手中还持有其他一些并购题材的套利交易,譬如花旗银行与旅行者集团的股票、MCI 和世通公司的股票,这类股票的价值大约相当于 50 亿美元。事实证明,这些购并案最终确实实现了。但是,在 LTCM 蒙受巨额损失时,合伙人们不得不在市场上出售这类资产,因为这是 LTCM 唯一可以套现的资产。

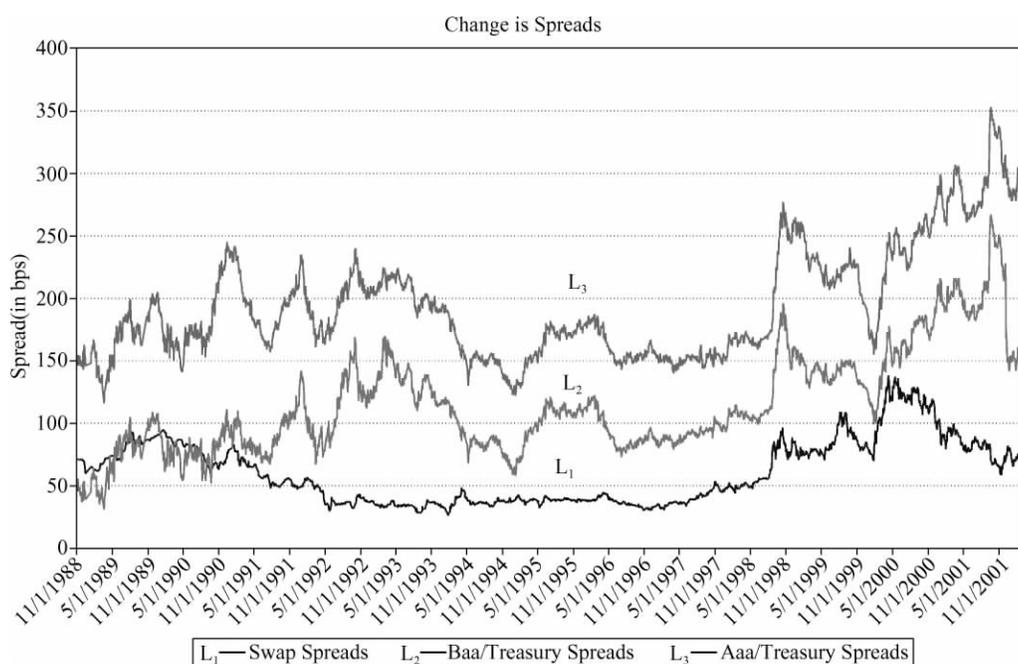


图 16 美国利差变化趋势(1988.11~2001.11)

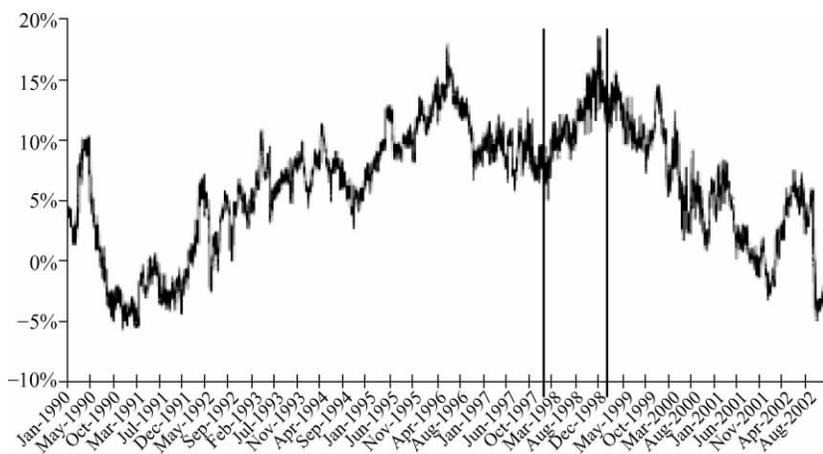


图 17 荷兰皇家股价对壳牌股价的溢价水平

援救行动

随着情况日益恶化, LTCM 向美联储报告了它的状况。美联储纽约银行主席 William McDonough 认为,如果 LTCM 违约的话,他的对家将立即对他的头寸进行平仓。这些资产的价格将迅速下跌,究竟价格会下跌到何种程度无人可知,而市场有可能在一段时间内停止交易的功能。当时的美联储主席 Greenspan 则认为 LTCM 的失败将引发市场的失控,极有可能影响到包括美国在内的许多国家的经济。

正因为此,美联储不得不出面挽救 LTCM,即所谓的“too big to fail”问题。1998 年 9

月 23 日,在美联储的主持下,包括旅行家、UBS、美林、J. P. 摩根在内的金融机构在美联储总部召开会议,商讨挽救 LTCM 的方案。最终,由 14 家公司组成的银行团,同意向 LTCM 注资 36.25 亿美元,条件是获得 LTCM 90%的股权。

援救行动结束后,事情并未发生好转。继 LTCM 的崩溃后,全球的债券和互换市场仍处于瘫痪状态。Greenspan 不得不将短期利率连降 2 个 0.25%。LTCM 的头寸也被大幅削减,曾经的资产组合被拆开抛售,到 1999 年 10 月,长期资本组合的规模已经被削减了 90%,其杠杆率也减小到 10 倍的水平。

《华盛顿邮报》将这一事件描述为“对华尔街造成有史以来最严重打击的金融失足”,LTCM 和其他众多的金融机构都在这场危机中损失惨重。所幸的是,LTCM 的投资人在 1997 年拿回了投入的资本,而后再逐步收回了现金,因此没有蒙受什么损失。不过 LTCM 的合伙人却几乎输得血本无归。以下是经披露的一些机构和个人的损失状况:

LTCM 合伙人: 11 亿美元;	UBS: 6.9 亿美元;
德累斯顿银行: 1.45 亿美元;	意大利银行: 1 亿美元;
住友银行: 1 亿美元;	瑞士信贷: 550 万美元;
Liechtenstein 环球信托: 300 万美元;	美林证券: 220 万美元;
贝尔斯登高管: 200 万美元;	麦肯锡高管: 100 万美元。

原因分析

模型风险

毫无疑问, LTCM 的合伙人们是学术界的精英, 但是擅长电脑模型和数据分析的他们却过于依赖金融理论中的模型, 而忽视了模型和现实世界的区别。在正常的市场环境下, 市场流动性的前提假设存在, 市场之间的相关性也比较小。但在异常状况下, 这些模型的假设被打破, 而巨额损失就在所难免。

LTCM 用于风险管理的手段是 VaR 模型, 但是历史数据表明, 金融数据的分布与正态分布相比存在“肥尾现象”, 也就是说, 损失发生的概率要大于 VaR 模型所反映出的。

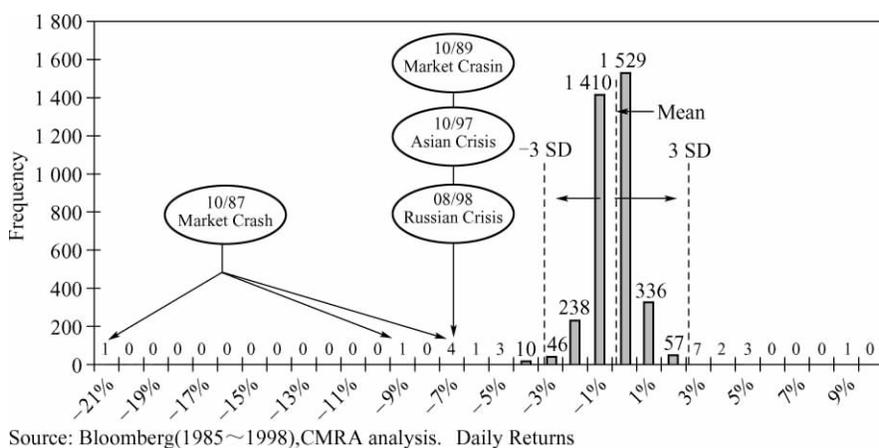


图 18 美国股市日收益率的分布情况(1985~1998)

与此同时, VaR 模型没有将流动性风险、主权债券违约风险等因素考虑进去, 其所用的历史数据时间又比较短, 所以在一定程度上 LTCM 实际上低估了损失的大小。

根据 LTCM 的经理所称, 他们也进行了压力测试。可是他们的压力测试只考虑最大的 12 笔交易, 这样算出来的最坏情况下的损失为 30 亿美元。其他一些交易, 尤其是投资性比较高或流动性比较差的交易却没有被考虑进去。事实上, 8 月 17 日当日盯市的损失就达到了 50 亿美元。另外, 由于压力测试不能给出最坏情景发生的概率, 所以 LTCM 虽然意识到灾难发生的可能, 但却并不认为这是一件即将发生的事。

相关性

LTCM 失败的另一个重要原因是历史相关性的突然改变, 不同国家不同市场之间的相关性突然增大趋于 1, 而资产组合中各资产的高度相关性却被打破。

LTCM 认为不同市场上的不同交易是无关联的或关联极小的, 因此只要将投资充分的分散化, 就能获得较小的波动率。的确, 根据历史数据, LTCM 在不同市场进行的交易关联性是比较小, 一般在 0.1 到 0.3 之间。在 1998 年之前, LTCM 在不同市场上利用不同金融工具所做的收敛交易也确实取得了颇为丰厚的收益。

但是,1998年8月俄罗斯信用危机使得市场状况发生了不小的变化,所有资金都急于从不安全和流动性差的资产上撤离,转向安全和具有良好流动性的资产。这种状况导致许多看上去并不相关的头寸都在向相同的方向运动,一个市场的下跌引发了其他市场的波动,不安情绪蔓延地非常快。而且,LTCM似乎忽略了这样一个问题,虽然LTCM在不同国家的不同市场上进行着分散交易,但是如果仔细研究他的交易策略的话,可以发现其实其他的交易手段寥寥无几,所以貌似分散化的投资实际上并非完全分散。

表4 各资产隐含波动率之间的相关性(1998年)

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A. 墨西哥股票指数	+0.7 +0.1		+0.4 +0.3	+0.6 +0.4	+0.6 +0.2	+0.7 +0.2	+0.1 +0.1	+0.5 +0.1	+0.6 +0.1	+0.4 -0.1
B. 美国股票指数 (S&P500)		+0.9 +0.4	0.6 +0.4	+0.9 +0.2	+0.8 +0.1	+0.8 -0.1	+0.4 +0.1	+0.3 -0.1	+0.6	+0.5 +0.3
C. 美国30年期国债			+0.4 +0.3	+0.7 +0.4	+0.5 -0.1	+0.7 +0.1	+0.3 +0.2	+0.2 +0.1	+0.5 +0.1	+0.3 +0.1
D. 美国3个月欧洲 美元				+0.7 +0.5	+0.6 +0.2	+0.8	-0.2 +0.1	+0.4 +0.1	-0.1 +0.2	+0.6 +0.4
E. 英国股票指数 (FTSE100)					+0.9 +0.2	+0.9 +0.3	+0.1 +0.1	+0.4 +0.1	+0.5 +0.2	+0.6
F. 英国长期国债						+0.7 +0.5	+0.2 +0.1	+0.5	+0.6	+0.6 +0.1
G. 英国3个月利率								+0.6 +0.1	+0.4	+0.7 -0.2
H. 法国10年期国债								-0.1 +0.2	+0.4 -0.3	-0.4 -0.1
I. 法国3个月利率									+0.1 -0.2	+0.3 -0.1
J. 瑞士股票指数										+0.3 +0.4
K. 瑞士法郎/美元 汇率										

表5 欧洲收益率之间的相关性(1998年)

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A. 美国5年期AA 级公司债券	+1 +0.8	+0.9 +0.7	+0.7	+0.2 +0.1	+0.5 +0.3	+0.4 +0.1	+0.4 +0.1	+0.3	+0.5 -0.2	+0.1 -0.2

(续表)

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
B. 美国 5 年期 Baa 级公司债券	+0.9 +0.7	+0.5 -0.1	+0.2 +0.2	+0.4 +0.2	+0.3 +0.2	+0.3 +0.1	+0.3 -0.1	+0.2 -0.1	+0.5 -0.1	+0.1 -0.2
C. 英国 5 年期银行债券		+0.7 -0.1	+0.2 +0.2	+0.5 +0.1	+0.3 +0.2	+0.4 +0.2	+0.3 -0.1	+0.3 -0.1	+0.5 -0.1	+0.1 -0.1
D. 英国 10 年期英镑互换			+0.1	+0.5 -0.1	+0.6 +0.1	+0.6 +0.1	+0.6 +0.4	+0.3		+0.2
E. 荷兰工业债券				+0.2 +0.2				0.1	+0.2	+0.1
F. 荷兰 10 年期银行债券						+0.4 -0.1	+0.4 -0.1	+0.3 -0.1	+0.2	+0.1
G. 德国 9~10 年抵押债券							+1 +0.8	+0.9 -0.1		+0.1 +0.1
H. 德国 9~10 年银行债券								+0.8 +0.1		+0.1
I. 瑞士公司债券									+0.1 +0.1	+0.1 +0.1
J. 瑞士 5~7 年瑞士法郎互换										+0.3 +0.3

上面的两张表格列示了部分市场上价格波动的相关性,第一排是 1998 年 6 月以后的相关性,第二排表示的是 1998 年 1 月到 6 月的相关性。从中可以看出,1998 年 6 月以后的相关性明显高于 1998 年 1 月至 6 月的。

另外,LTCM 采用的许多套利交易策略都是针对联系紧密的一组资产进行的,正因为组合中两种资产的相关性很高,才能保证他们的价格会在一段时间后趋于一致。但是,当市场发生变化时,这组资产之间的相关性却降低了,这意味着 LTCM 根据历史纪录构建的资产组合不再是最优的,资产价格没有收敛,因此损失不可避免。

流动性

流动性问题是导致 LTCM 走向灭亡的一个重要原因,也是历史上许多次市场危机的根本原因。如果市场流动性好,大宗交易就能在对价格没有太大影响的情况下进行,但是当市场流动性降低时,VaR 就可能会低估资产组合的风险。

事实上,LTCM 是一个流动性的出售者。纵观 LTCM 的投资策略,不少交易都是通过持有流动性差、安全性低的资产,同时出售市场青睐的流动性好的资产来进行的。其实,LTCM 是在利用他的融资优势赚取流动性的溢价。但是,当市场情况发生变化,LTCM 急需流动性时,却没有人可以向他提供流动性。

LTCM 一直认为自己的流动性管理没有问题。LTCM 通常采用的融资方式是抵押贷款加双向盯市。当头寸价值随着价格波动而出现盈利或亏损时,LTCM 和他的交易对家的账户上就会相应出现增加抵押品或抵押品盈余的情况。每日盯市结算时,如果 LTCM 当日发生亏损,就会进行抵押品的补充。由于 LTCM 的交易品种很多,在全部交易中亏损的情况极少发生,所以 LTCM 总可以用在盈利交易中获得的抵押品来补充亏损交易中的损失。如果抵押品不足以补充损失,LTCM 就用现金结算的方式进行。这样的双向盯市使得每日进出 LTCM 账户的现金流量实际上并不大,看上去似乎不会影响基金本身的资本金。但是在 1998 年的灾难中,不幸却发生了。每一项交易都发出指令要求 LTCM 不断补充大量的抵押品,巨额亏损侵蚀着 LTCM 的资本,以至于 8 月 21 日 LTCM 的清算银行贝尔斯登宣布如果 LTCM 账户上的资本少于 5 亿美金的话,就停止对 LTCM 的结算。

市场上的流动性问题主要反映在两个方面,一个是买卖价差的扩大,另一个是市场的单边交易。表 6 表明了 1998 年下半年市场的流动性状况。

表 6 1998 年十年期国债的平均流动性价差

	水 平		相对于上一期间的平均变化(%)		
	1.1~7.3	7.6~8.14	8.17~9.22	9.23~10.15	10.16~12.31
日本	-0	0	+1	+0	+1
英国	9	0	2	1	2
美国	4	+0	+5	+5	2
荷兰(相对于德国收益率曲线)	3	+6	+6	+2	7

表 7 1998 年各种资产的买卖价差

	1.1~7.3	7.6~8.14	8.17~9.22	9.23~10.15	10.16~12.31
墨西哥比索/美元汇率	100	82	317	222	105
加拿大三个月国库券	100	99	103	177	116
加拿大一年期国库券	100	93	86	184	117
美国 Aa 级公司债券	100	114	104	154	174
美国 A 级公司债券	100	115	137	200	217
美国 Baa 级公司债券	100	110	126	245	246
瑞士 5 年期互换利率	100	101	101	101	101

交易分散化

正如前文已经指出的,LTCM 虽然在不同国家的不同市场上进行了不同的套利交易,但就其交易策略来说,却没有实现真正的分散化。LTCM 的月收益很明显地随着信用利差

的变化而变化(见图 19),这说明单一的风险因素就可以解释 LTCM 收益变化的 90%。

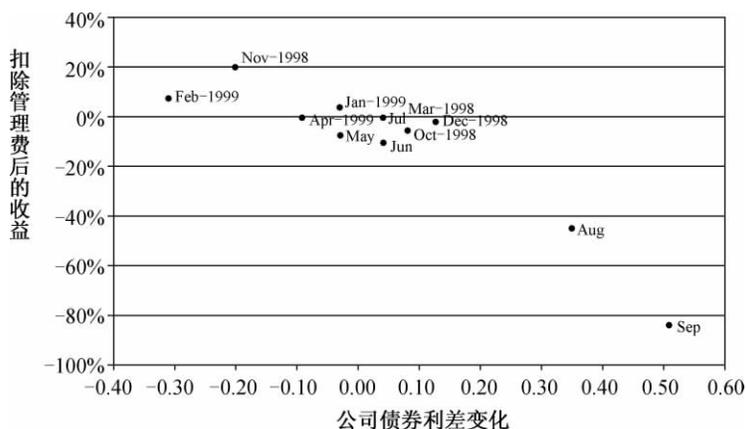


图 19 LTCM 月收益的解释

过于自信

LTCM 在头几年的辉煌战绩为合伙人越来越鲁莽的投资行为提供了理由,也正是由于这种过分自信的决策和操作风格,导致 LTCM 没有能够及时把握住挽救自己命运的时刻。

当 LTCM 的交易策略被越来越多的人模仿后,套利空间逐渐减小,这迫使 LTCM 返还资本,提高杠杆率。与此同时,为了获得高收益,LTCM 开始向不熟悉的市場,如新兴市场、股票市场进军。与以往不同的是,LTCM 过去经常召开例会讨论某个特定的交易策略,但是现在一些合伙人在对市场缺乏必要的了解和分析后就贸然采取行动。LTCM 本身就缺乏风险管理机制,采用的是自我监督的方式,这导致他们盲目地在多个市场进行交易,而且累积的头寸极其庞大。这一切都为 LTCM 的崩溃买下了伏笔。

1998 年 5~6 月,市场上开始有了躁动不安的情绪,美国长期国债的收益率已经跌到了一个很低的水平;而关于俄罗斯信用危机的担心也开始在市场上蔓延开来。其实,当时的损失已经为 LTCM 敲响了预警的信号,但是 LTCM 的合伙人认为如果俄罗斯真的发生违约,他们的模型一定会发出警告。盲目的乐观让 LTCM 甚至在这时候还加强了对俄罗斯的投资。

当市场状况越来越糟,利差逐渐开始拉大时,许多与 LTCM 持有头寸相似的机构投资者纷纷开始抛售头寸,但是 LTCM 却自信地认为市场总会恢复到正常状态,利差的扩大为他们提供了更大的套利空间。于是,在其他市场参与者迫不及待地想扔掉手中的“烫手山芋”时,LTCM 却没有行动。他们出售的是最具流动性的国债,保留的却是他们认为具有极大盈利能力的套利交易组合头寸。最终,当他们希望削减头寸的时候,市场上早已没有了流动性。

诚然,LTCM 的合伙人是极其聪明的,但是也正如 Maynard Keynes 所言: The market can stay irrational longer than you can stay solvent。

启示

LTCM 的风波虽然已经过去,但是仍然给人们带来许多教训和启示,如何避免历史重蹈覆辙是最值得思考的问题。

LTCM 的风险管理

虽然 1998 年的崩溃在一定程度上是市场的不正常状况造成的,但是 LTCM 也难逃其咎。LTCM 自称他们的交易策略可以将风险控制在较低的程度,1998 年的事件“超出了基金所能预料的范围之外”。但事实上,它未能很好地测量、控制和管理它所面临的风险。

表 8 描述的是 LTCM 各类交易所面临的风险因素,从中可以发现所有的交易都面临波动率风险,大多数交易面临流动性风险。LTCM 利用 VaR 和压力测试进行风险管理,但是对于可能发生的严重损失却没有引起他们的足够重视,因为没有人知道统计意义上的极小概率究竟会不会在现实中发生。

表 8 LTCM 主要交易所面临的风险

交 易	波动率风险	违约风险	流动性风险
利率互换多头	✓	✓	✓
股票期权空头	✓		
当期国债空头/非当期国债多头	✓		✓
住房抵押贷款多头	✓		✓
外国国债多头	✓	✓	✓

其实在 LTCM 的所有收敛交易中,只有几种可以被称为真正的套利交易,譬如当期国债和非当期国债。因为这两种债券违约的概率相同而且到期时两种资产的价格将趋于一致。对于其他交易而言,对冲的组合中隐藏着风险,其盈利和亏损并非对称,也就是说,在绝大多数时间内,交易可以获得较小的盈利(通过杠杆可以扩大许多),而在极小的概率下,交易的亏损将是巨大的。所以,要衡量发生灾难性事件如国债违约、市场中断的可能性,光看历史数据是不够的。图 20 描述的是从 LTCM 整个经营期限内的月收益的变化,从中可以

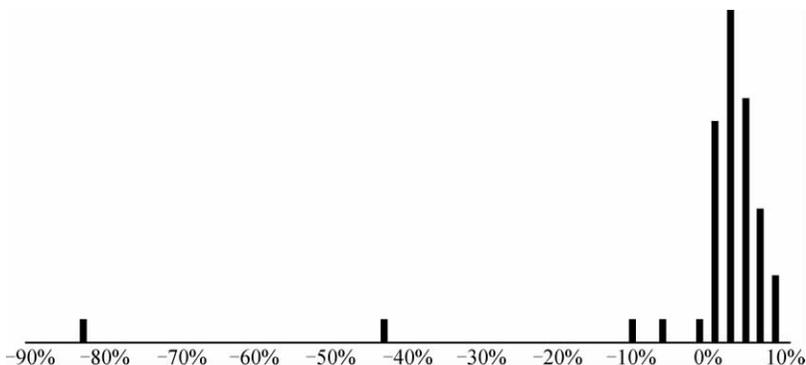


图 20 LTCM 月收益的分布

看出,绝大多数时间,它的收益率集中在 0~10%,但在偶然的的情况下,损失可以达到非常大。这种收益模式类似于期权的空头——盈利有限而损失无限。

如果 LTCM 能在对风险的识别和管理中拥有更强的意识并采取正确的措施的话,也许就能避免基金陷入如此大的困境中。

风险控制与监管

对于 LTCM 的交易对家以及监管部门来说,必要的风险控制手段本可以降低灾难事件发生的可能和损失程度。这也是本案例中最应当吸取的教训之一。

作为 LTCM 的交易对家,他们没有使用有效的风险管理工具,诸如在回购交易中要求初始保证金。他们对于 LTCM 的信用评估只是基于对抵押品的信任,却没有考虑 LTCM 的高杠杆率、与其他多个对家的交易以及最终的流动性问题。

根据总统工作组报告,LTCM 的债权人和交易对家没有在与 LTCM 的交易中采取合理的标准来估量风险,这些标准包括:① 对交易对家财务能力和管理能力(包括风险状况)进行尽职调查和评估;② 要求交易对家提供持续性的财务报告,以及关于头寸波动性和定量估价方面的信息;③ 当关于交易对家的信用记录不完整时,向交易对家要求能够抵御当前和潜在未来信用风险的抵押品;④ 对交易对家风险暴露的信用限额;⑤ 对交易对家的财务状况进行长期监控。

另外,监管部门还发现银行、证券公司和期货公司在评估 LTCM 的风险性时所采用的分析手段不正确。他们普遍认为 LTCM 的头寸遍布世界各个市场上,所以风险得到了充分的分散,但事实并非如此。他们也没有意识到可能的市场冲击对 LTCM 和整个金融市场的影响以及违约风险和流动性风险等一系列的问题。

自 1998 年金融市场动荡之后,一些工作组或监管机构相继出台了一些控制对家风险的文件,以此规范各个金融机构的风险控制行为。

表 9 1998 年后颁布的关于对家风险管理的文件

时 间	文 件	颁 布 机 构
1999 年 1 月	<i>Improving Counterparty Risk Management Practices</i>	Counterparty Risk Management Policy Group
1999 年 1 月	<i>Sound Practices for Banks' Interactions with Highly Leveraged Institutions</i>	巴塞尔委员会
1999 年 1 月	<i>Banks' Interaction with Highly Leveraged Institutions</i>	巴塞尔委员会
1999 年 1 月	<i>OCC Bulletin 99-2</i>	Office of the Comptroller of the Currency
1999 年 2 月	<i>Supervisory Guidance Regarding Counterparty Credit Risk Management</i>	美国联邦储备局
1999 年 7 月	<i>Broker-Dealer Risk Management Practices Joint Statement</i>	美国证监会、纽约证券交易所、NASD

对于监管部门来说,对 LTCM 这样的对冲基金的监管不力也促成了 1998 年国际金融市场的动荡。作为一家私募基金,LTCM 没有受到许多法律监管,他无须向美国证监会 (SEC) 提供任何交易信息或财务报表,只在一些情况下需要向商品期货交易委员会 (CFTC) 进行汇报。1997 年 CFTC 对 LTCM 进行了检查,结论是不存在合规问题,整个基金盈利能力很强。监管部门没有意识到 LTCM 的巨大头寸隐藏着严重的系统性风险。

由于在监管方面没有一个职能机构对 LTCM 进行直接的监督,SEC 等监管部门都是通过对其对家的监管来间接实现这种功能的。但是,这其中存在的问题是,从单个交易商的情况来看,LTCM 作为一个交易对家不存在问题。他的交易和其他交易没什么差别,而且抵押品也都是流动性最强的国库券。所以,LTCM 看上去是一家非常安全、不存在信用风险的交易者。但是,LTCM 的交易策略非常复杂,通常涉及到多个交易对家和多种金融工具,所以如果从整体的角度来观察 LTCM 的头寸规模的话,就会发现他的交易实际上潜伏着威胁整个市场的巨大风险。

另一方面,美国的监管机构传统上只对自己的监管范围负责,银行监管者只关注于银行的风险,证券和期货监管者只注意到投资者和市场的风险。但是,LTCM 的交易实际上已经超越了传统的金融机构的定义,而是跨越了多个行业。如果能够从全局的观点出发,各监管部门之间能进行更有效地协调,那么这一监管方面的漏洞就能得到弥补。在当前的市场环境下,银行、证券、期货等行业之间的界限已经非常模糊,一些主要公司的交易行为通常跨越多个行业,所以从监管的角度来说,这种协调性的混合监督将日趋重要。

从信息披露的角度来看,LTCM 作为一家私人的对冲基金,比起其他金融机构来说,受到的信息披露和监管要求要少很多。而且,对冲基金向其交易对家和投资者所披露的主要是资产负债表上的信息,这些信息通常只包含衍生品合约的名义本金和市场价格,但对于该基金交易活动的风险状况,譬如市场风险和信用风险仍然知之甚少。如何提高信息披露的有效性,尤其是金融衍生证券的信息披露可靠性,将是值得探讨的问题之一。

风险管理技术

有一些市场参与者将 1998 年的 LTCM 事件视为 VaR 模型以及其他风险管理手段的失败。他们认为市场的崩溃事件处于分布的尾部,所以 VaR 模型在此时是无效的。但是,这一事件也正表明了风险管理的重要性。LTCM 以及 1998 年后半年发生的金融市场波动为风险管理提出了许多新的课题。譬如,如何将流动性风险考虑到现有的模型中,如何提高压力测试的有效性,等等。现有的风险管理并不完美,但将在失败和教训中不断得到完善。

附录 2

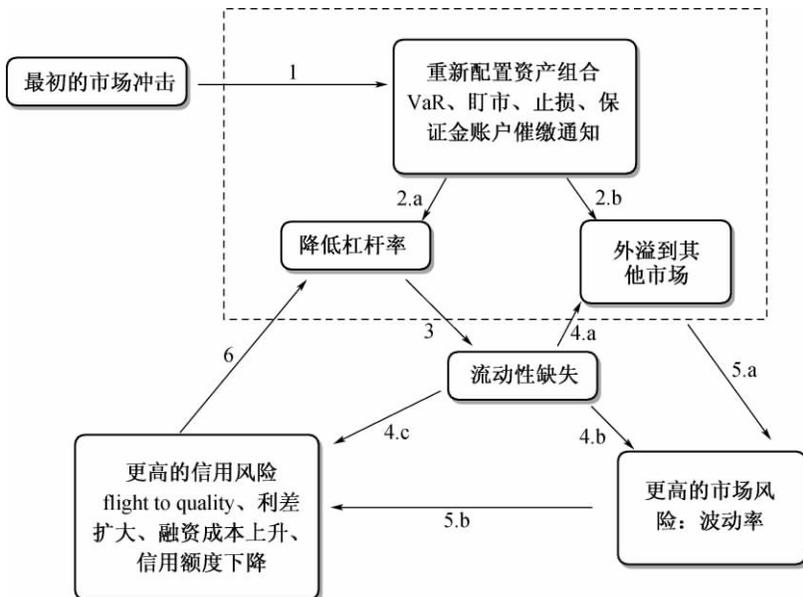
LTCM 大事记

- 1993 年 LTCM 开始募集资金
- 1994 年 2 月 LTCM 成立,正式开始交易
- 1997 年 12 月 31 日 LTCM 向投资者返还 27 亿美元,其净资产价值为 46.7 亿美元
- 1998 年初 LTCM 16 位合伙人在基金中的投资价值达到大约 16 亿美元(差不多相当于 1/3 的资产)
- 1998 年 7 月 6 日 所罗门在被旅行者集团收购后,解散了他的债权套利部门,以此降低风险
- 1998 年 7 月 17 日 所罗门宣布他正在出售部分交易头寸,导致某些市场的资产价值开始发散(divergence),对 LTCM 产生了负面影响
- 1998 年 8 月初 SEC 和 NYSE 对那些与大型对冲基金存在信用风险暴露的金融经纪商和交易商进行调查
- 1998 年 8 月 17 日 俄罗斯政府宣布卢布贬值,并对债券违约,导致投资者迅速将资金转移到高质量金融工具之上
- 1998 年 8 月 21 日 LTCM 一天的损失达到 5.5 亿美元
- 1998 年 8 月 24 日 LTCM 的合伙人开始募集资金
- 1998 年 8 月 31 日 LTCM 的净资产价值下降到 23 亿美元
- 1998 年 9 月 2 日 LTCM 向投资者发信,宣布他已于 1998 年 8 月 31 日损失了总资产的 52%。仅在 8 月一个月中,他就损失了 44%。同时,LTCM 希望投资者能够向基金投资

- 1998 年 9 月初 LTCM 合伙人联系美联储,告知他们的困难以及他们募集新资金的计划
- 1998 年 9 月 18 日 LTCM 的合伙人联系美联储官员并邀请他们去 LTCM 了解基金的头寸情况
- 1998 年 9 月 19 日 美联储纽约银行主席向美联储主席建议 LTCM 情况继续恶化,而且融资努力失败。美联储主席同意派一支队伍去 LTCM 了解情况
- 1998 年 9 月 20 日 美联储官员前往格林威治,LTCM 作了汇报
- 1998 年 9 月 21 日 美联储纽约银行联系高盛、美林、J. P. 摩根官员(即 LTCM 主要的债权人)。LTCM 一天的交易损失达到 5 亿美元。LTCM 的清算银行贝尔斯登要求 LTCM 追加抵押品
- 1998 年 9 月 22 日 高盛、美林、J. P. 摩根和 UBS(核心组)派遣两个工作组到达格林威治,考虑削减 LTCM 固定收益债券和股票的头寸。另一组在纽约讨论联盟方案。当日夜晚,美联储官员联系了 LTCM 其他的债权人,连同核心组召开会议
- 1998 年 9 月 23 日 美联储官员通知外国中央银行,告知 LTCM 状况。美联储官员终止了联盟方案,寻求其他方案。下午 12 点 30,没有其他的方案可被接受。财政部向 CFTC 通知了 LTCM 的问题,CFTC 向 LTCM、贝尔斯登和美林派出了审计人员,检查 LTCM 的账户。联盟的 14 位成员同意了协议的条款,而 LTCM 也接受了这个建议
- 1998 年 9 月 28 日 联盟的 14 位成员向 LTCM 注资 36 亿美元。协议的一个条件是管理公司统一向联盟的投资提供管理投资服务,一年的管理费为 1%加上 15%的激励费用
- 1998 年 9 月 30 日 LTCM 的净资产为 38.1 亿美元。监管委员会着手接管基金
- 1998 年 10 月 1 日 Greenspan 和 McDonough 就 LTCM 问题向国会陈述
- 1998 年 10 月 20 日 LTCM 互换头寸第一次拍卖
- 1998 年 11 月 2 日 LTCM 互换头寸第二次拍卖
- 1998 年 11 月 17 日 LTCM 互换头寸第三次拍卖
- 1998 年 11 月 16 位合伙人的股权价值为 3 000 万美元,而在年初该价值为 16 亿美元
- 2000 年 LTCM 终止

附录 3

金融危机的蔓延机制 (financial contagion)



1. 最初市场冲击,如俄罗斯信用危机,VaR 模型、盯市过程和止损订单导致资产组合进行重新分配。
2. a 资产组合降低杠杆率。

2. b 为应对一种资产的初始冲击,进行资产组合的重新安排,进而涉及到其他资产。而且为了满足保证金账户催缴通知,投资者不得不出售部分资产。“fly to quality”使得一个市场波动向其他市场外溢。
3. 降低杠杆率的过程减少了回购协议市场和套利交易活动,市场流动性逐渐消失。
4. a 交易者无法在缺乏流动性的市场上出售头寸,只能在相关流动性市场上削减其他头寸。
4. b 市场流动性的缺乏加剧了市场价格的波动性。
4. c 流动性不足导致金融机构无法从市场上获得融资,信用风险开始增加。面临高信用风险的金融机构不得不面对更高的融资成本和更低的信用额度。信用风险也导致投资者转移到安全性强的资产上,进一步扩大了信用利差。
5. a 波动性外溢到其他市场上,造成更高的市场风险。
5. b 在高度波动的环境中,为了满足盯市需要不得不低价出售资产,巨额损失加剧了金融机构的风险。
6. 更高的信用风险迫使金融机构削减头寸,这一举动使市场流动性更低。

附录 4 术语表

A

all or nothing option	全部或无价值期权	arbitrage CDOs	套利类 CDOs
Asset Backed Security, ABS	资产支持证券	arbitrage driven	套利因素主导
absolute priority rule	优先权原则	Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, ARCH	自回归条件异方差模型
accrued interest	应计利息	arithmetic mean	算术平均
actuarial approach	精算法	Asian option	亚式期权
advanced internal rating based approach	高级内部评级法	asset-or-nothing call	资产或无价值看涨期权
adjusted risk-adjusted return on capital, ARAROC	第二代风险调整资本收益	asset pool	资产池
advanced measurement approach, AMA	高级衡量法	asset revaluation reserves	资产重估准备
agency conflict	代理冲突	asset-based commercial paper, ABCP	资产支持性商业票据
alternative hypothesis	备择假设	asset-securitization process	资产证券化过程
American option	美式期权	asymmetric information	不对称信息
amortization effect	摊销效应	at-the-money option	平价期权
analysis of variance	方差分析	at-the-point approach	时点法
		autocorrelation	自相关
		autoregression	自回归

average cycle 平均周期
 Average Expected Credit Exposure, AECE
 平均期望信用暴露
 average price option 平均价格期权
 average strike option 平均执行价格期权
 Average Worst Credit Exposure, AWCE
 平均最差信用暴露

B

back office 后台办公系统
 backward induction 倒推法
 backwardation 现货溢价
 backward-looking (期货折价)后望的
 balance sheet CDOs 资产负债类 CDOs
 balance sheet driven 资产负债表因素
 主导
 balance sheet liquidity 资产负债表流动性
 Bank for International Settlement, BIS 国
 际清算银行
 Bank of New York, BONY 纽约银行
 banking book 银行账户
 Barings Bank 巴林银行
 barrier option 障碍期权
 Basel II 巴塞尔二号协议
 Basel Accord 1988 1988年巴塞尔协议
 Basic Indicator Approach, BIA 基础指
 标法
 basis 基差
 basis point 基点
 basis risk 基差风险
 basket credit default swaps 一篮子信用
 违约互换
 basket option 篮子期权
 bear spreads 熊市差价期权
 Bernulli distribution 贝努里分布
 best-practices infrastructure 最佳实务
 结构
 best-practices methodologies 最佳实务
 方法

best-practices policies 最佳实务策略
 bid-ask spread 买卖价差
 bilateral CA 双边 CA 模型
 bilateral netting 双边净额结算
 binary credit default swap 二元信用违约
 互换
 binary option 两值期权
 Binomial distribution 二项分布
 binomial tree 二叉树
 bond yield 债券收益率
 bootstrap method 息票剥离方法
 bottom straddle 底部跨式期权
 bottom-up approach 自下而上法
 box spreads 箱型差价期权
 break-even point 盈亏平衡点
 bull spreads 牛市差价期权
 butterfly spreads 蝶式差价期权

C

calendar spreads 日历差价期权
 calibration risk 刻度风险
 call option 看涨期权
 callable bond 可赎回债券
 cancelable default swap 可取消违约互换
 capital adequacy requirement 资本充足
 性要求
 capital management 资本管理
 Capital Asset Pricing Model, CAPM 资本
 资产定价模型
 CAPS 封顶期权
 captive insurer 专属自保公司
 cash and carry arbitrage 正向套利
 cash CDO 现金 CDO
 cash flow 现金流
 cash reserves 现金储备
 cash settlement 现金结算
 catastrophe bond 巨灾债券
 catastrophe option 巨灾期权
 cash-or-nothing call 现金或无价值看涨
 期权

causal networks	因果网络	contingency plan	偶发事件方案
central limit theorem	中心极限定理	contingent credit Line	临时贷款线
central tendency	中心趋势	contingent default swap	或有违约互换
Chebyshev's inequality	切比雪夫不等式	contingent requirements	或有要求权
cheapest-to-deliver bond	最便宜的交割 债券	continuous random variable	连续随机 变量
Chi-Square distribution	卡方分布	continuous uniform distribution	连续均 匀分布
chooser option	选择期权	continuous-linked settlement	连续结算 系统
clearing house	清算所/结算所	contract size	合约规模
close out a position	平仓	convenience yield	便利收益
close-out netting	终止型净额结算	convexity	凸度
coefficient of determination	决定系数	convertible bonds	可转换债券
collars	领子期权	conversion factor	转换因子
collateral	抵押担保	convolution	回旋
collateral holdings	抵押股份	core capital	核心资本
Collateralized Bond Obligations, CBOs	债券抵押证券	corner the market	囤积居奇
Collateralized Debt Obligation, CDOs	抵押债券契约	correlation coefficient	相关系数
Collateralized Loan Obligations, CLOs	贷款抵押证券	correspondent banking	代理银行
Collateralized Mortgage Obligations, CMOs	抵押担保证券	cost-of-carry model	持有成本模型
collateralized transactions	抵押交易	counterparty	交易对象
commodity forwards	商品远期	counterparty credit assessment	交易对象 信用评估
commodity futures	商品期货	Country Risk Analysis, CRA	国家风险 分析
compound option	复合期权	covariance	协方差
comprehensive risk management	综合风 险管理	covered call	有担保的看涨期权
concentration risk	集中风险	covered position	抵补期权头寸
conditional probability	条件概率	Credit at Risk, CaR	在险信用
confidence interval	置信区间	credit bureaus	信用机构
confidence interval estimate	置信区间 估计	credit capital charge	信用资本要求
confidence level	置信度	credit default swaps	信用违约互换
connectivity model	关联模型	credit derivative	信用衍生产品
consistency	一致性	credit event risk	信用事件风险
constant returns to scale	规模报酬不变	Credit Exposure, CE	信用暴露
contango	期货溢价	credit pricing model	信用定价模型
		credit rating	信用评级
		credit risk	信用风险

credit sensitive 信用敏感
 credit spreads 信用利差
 credit spread derivative 信用价差衍生品
 credit spread options 信用利差期权
 credit spread swap 信用价差互换
 credit triggers 信用触发因子
 credit value adjustment 信用价值调整
 credit-linked note 信用联系票据
 credit-sensitive bonds 信用敏感债券
 creditworthiness 信用可靠性
 critical value 关键值
 cross-default 交叉违约
 cross-default provisions 交叉违约条款
 CRPMs 信用风险组合模型
 cumulative default rates 累积违约率
 cumulative preference shares 累积优先股
 currency forwards 外汇远期
 currency futures 外汇期货
 currency option 外汇期权
 current exposure 当前风险暴露
 current exposure for a counterparty 对家
 当前风险暴露

D

daylight overdraft risk 日间透支风险
 day trader 当日结清的交易员
 dealer 交易商
 debt overhang 过度负债
 debt repudiation 债务废除
 debt rescheduling 债务重组
 debt service ratio, DSR 偿债率
 deep in-the-money 深度实值
 deep out-of-the-money 深度虚值
 default contract 违约合约
 default mode 违约模式
 default probabilities 违约概率
 default risk 违约风险
 default swap 违约互换
 deferred payment option 延迟支付期权

degrees of freedom 自由度
 delayed option 延后期权
 delivery option 交割选择
 delta neutral delta 中性
 dependent variable 因变量
 deposit rates 存款利率
 descriptive statistics 描述性统计量
 derivative markets 金融衍生产品市场
 derivative dealers 衍生产品交易商
 diffusion effect 扩散效应
 differential swap 差额互换
 Discrete Random variable 离散随机变量
 discrete uniform distribution 离散均匀
 分布
 diseconomies of scale 规模不经济
 dispersion 离散程度
 diversification 分散化
 dividends 红利
 due diligence 尽职
 duration 久期
 duration matching 久期匹配

E

early exercise 提前执行
 Economic and Regulatory Capital 经济资
 本与监管资本
 economic capital 经济资本
 economic exposure 经济风险
 economics of scale 规模经济
 economics of scope 范围经济
 efficient estimator 有效估计量
 efficient frontier 有效边界
 efficient market 有效市场
 Empirical Loss Distribution 经验损失
 分布
 employee knowledge 雇员知识
 end user 最终使用者
 enterprise-wide risk management 公司层
 面风险管理框架

equity account 权益账户
 equity forwards 远期股票合约
 equity option 股票期权
 equity swaps 股票互换
 equity volatility 股票波动性
 Estimated Default Frequencies, EDF 预期
 违约频率
 estimation 估计
 Eurodollar 欧洲美元
 Eurodollar future contract 欧洲美元期货
 合约
 Euromoney index 欧洲货币指数
 European option 欧式期权
 event risk 事件风险
 exponentially weighted moving average,
 EWMA 指数加权移动平均模型
 exchange option 资产交换期权
 exchange-traded market 交易所交易市场
 executing dealer 执行交易商
 executive stock option 管理层股票期权
 exercise limit 执行限额
 exercise price 执行价格
 exotic option 奇异期权
 expectation, expected value 期望值
 Expected Credit Exposure, ECE 期望信
 用风险暴露
 Expected Positive Exposure, EPE 预期
 正暴露
 exposure 风险暴露
 Exposure at Default, EaD 违约风险暴露
 exposure cap 暴露上限
 Exposure Indicator, EI 暴露指标
 exposure limit 风险暴露限额
 expiration date 到期日
 expire value 到期价值
 Extreme Value Theory, EVT 极值理论

F

face value 面值

fat-tailed 肥尾、厚尾
 fidelity insurance 忠诚险
 fiduciary call option 信托看涨期权
 financial conglomerates 金融集团
 financial distress 财务困境
 financial futures 金融期货
 financial intermediaries 金融中介机构
 financial service firms 财务服务公司
 financial shock 金融震荡
 financial statements 财务报表
 Firmwide Risk Management 公司范围风
 险管理
 flex option 灵活期权
 floating-rate loan 浮动利率贷款
 floor trader 场内交易员
 force majeure provisions 不可抗力条款
 foreign currency debt 外国货币
 forward contract 远期合约
 forward curves 远期曲线
 forward price 远期价格
 forward rates 远期利率
 forward start option 远期开始期权
 forward swap 远期互换
 Foundation Internal Rating Based Ap-
 proach 基本内部评级法
 forward rate agreement, FRA 远期利率
 协议
 framework for large exposure reporting
 大额头寸暴露报告框架
 front office 前端办公系统
 funding flexibility 资金弹性
 funding risk 资金风险
 fungibility 可互换性
 futures 期货
 Futures option 期货期权

G

gap risk 缺口风险
 Generalized Autoregressive Conditional

Heteroskedasticity, GARCH 广义自回归条件异方差模型
 general creditors 一般债权人
 general provision/loan loss reserves 普通准备金/普通贷款损失准备金
 Generalized-Pareto Distribution, GPD 广义Pareto 分布
 geometric mean 几何平均
 government securities 政府债券
 gross exposure 总暴露
 guarantees and credit derivatives 担保及信贷衍生工具

H

hedging 套期保值/对冲
 hedge ratio 对冲比率
 heteroskedasticity 异方差性
 High-Frequency, Low-Severity, HFSL 高可能性-低严重性损失事件
 historical default rates 历史违约率
 historical standard deviation 历史标准差方法
 high leveraged trading 高杠杆交易
 historical volatility 历史波动率
 homoskedasticity 同方差性
 Hub and Spoke 星型
 hurdle rate 目标收益率
 hypothesis testing 假设检验

I

immediate price concession 价格让步
 implementation risk 实施风险
 implied volatility 隐含波动率
 income-based model 收入基础模型
 independent variable 自变量
 index fund futures 交易所交易基金期货
 index option 股指期权
 individual risk 个体风险
 inferential statistics 推断性统计量

initial margin 初始保证金
 institutional fiduciaries 机构投资者
 institutional investor index 机构投资者指数
 insurance 保险
 intercept 截距
 interest gap 利率缺口
 interest rate parity theory 利率平价理论
 interest rate caps 利率上限
 interest rate collars 利率双限
 interest rate floor 利率下限
 interest rate sensitive 利率敏感
 interest rate swaps 利率互换
 internal causal model 内部因果模型
 Internal Measurement Approach 内部衡量法
 Internal Models Approach 内部模型法
 Internal Rating Based Approach 内部评级法
 international high-yield bond spreads 国际高收益债券
 International Swaps and Derivatives Association, ISDA 国际互换与衍生品协会
 interquartile range 四分位距
 in-the-money option 实值期权
 intrinsic value 内在价值
 inventory carry costs 存货持有成本
 inverse floater 反向付息票据
 inverted market 逆转市场
 investment grade/speculative grade 投资级别/投机级别
 investment ratio 投资比率
 irrevocable commitments 不可撤回的承诺

J

joint sales of products 产品联合销售

K

kernel function 核函数
 Key Control Indicators, KCIs 控制指标
 Key Performance Indicators, KPIs 业绩指标
 Key Risk Indicators, KRIs 风险指标
 knock-in option 敲入期权
 knock-out option 敲出期权
 kurtosis 峰度

L

Long-term Equity Anticipation Shares, LEAPS 具有提前偿还权的长期股权证券
 leveraged buyouts 杠杆收购
 Less-Developed Country, LDC 不发达国家
 leveraged default swap 杠杆违约互换
 limit down 跌停限制
 limit move 价格波动限制
 limit up 涨停限制
 liquidity gap 流动性缺口
 liquidity risk 流动性风险
 Liquidity-adjusted VaR, LVaR 经流动性调整的 VaR
 loan loss allowance 贷款损失准备
 loan portfolio 贷款组合
 loan sales 贷款出售
 loan volume 贷款额度
 local currency debt 本国货币发行
 lognormal distribution 对数正态分布
 London International Futures Exchange, LIFE 伦敦国际金融期货交易所
 long 多头
 Long-Term Capital Management, LTCM 美国长期资本管理公司
 look back option 回望期权
 London Interbank Offer Rate, LIBOR 伦

敦同业拆借利率

Loss Given Default, LGD 违约损失率
 Low-Frequency, High-Severity, LFHS 低可能性—高严重性损失事件
 lower bounds 价格下限

M

maintenance margin 维持保证金
 margin call 保证金催讨通知
 marginal default rate 边际违约率
 marginal funding cost 边际资金成本
 marginal probability 边缘概率
 market discipline 市场规则
 margin transaction 保证金交易
 mark to market 盯市
 market liquidity risk 市场流动性风险
 market microstructure 市场微结构
 market risk 市场风险
 marking-to-market 盯市
 Markov process 马尔柯夫过程
 master agreement 主协议
 materiality clause 重大性条款
 maximum likelihood methods 极大似然法
 multivariate density estimation, MDE 多元密度估计法
 mean 均值
 mean reversion 均值回归
 median 中位数
 merger and acquisition 并购
 Metallgesellschaft 德国金属公司
 middle office 中间办公系统
 minimum capital requirement 最低资本要求
 mitigation strategies 减释策略
 mode 众数
 model risk 模型风险
 model risk management 模型风险管理
 model verification group 模型验证小组
 Modern Portfolio Theory, MPT 现代投资组合理论

moneyness 期权货币性
 mortgages 抵押贷款
 mortgage rates 抵押贷款利率
 Mortgage Backed Securities, MBS 抵押
 贷款支持证券
 MSE 误差均方和
 MSR 回归均方和
 multicollinearity 多重共线性
 multi-factor option 多因素期权
 multifactor model 多因素模型
 multilateral netting system 多边净额结
 算系统
 multiplier 合约乘数
 mutual fund 共同基金
 mutual termination options 共同终止
 期权

N

naked position 裸露期权头寸
 net liquid assets 净流动资产
 Net Replacement Value, NRV 净重置
 价值
 netting 净额结算
 New York Mercantile Exchange, NYMEX
 纽约商品交易所
 nominal amount 名义本金
 nonsynchronous data 非同步的数据
 normal backwardation 正常现货溢价
 normal contango 正常期货溢价
 normal distribution 正态分布
 notice of intention to deliver 交割意向通
 知书
 notional amounts 名义数量
 Notional Principal, NP 名义本金
 null hypothesis 原假设

O

obligation cross-default 债务交叉违约
 Off-Balance-Sheet 资产负债表外

offset 抵消
 On-Balance Sheet Netting 表内净额结算
 one-tailed test 单尾检验
 one-touch option 单触式期权
 operating leverage model 经营杠杆模型
 operational risk 操作风险
 option 期权
 option class 期权类别
 options embedded bond 嵌入期权的债券
 option Greeks 期权希腊字母
 option series 期权系列
 options on futures 期货期权
 Organisation for Economic Co-Operation
 and Development, OECD 世界经济合
 作组织
 organizational structure 组织结构
 OTC transactions 场外柜台交易
 out-of-the-money option 虚值期权
 overnight index swap 隔夜指数互换
 overnight repo 隔夜回购

P

package 打包期权
 paired comparisons test 成对比较检验
 par yield 平价收益率
 parametric loss distribution 参数损失
 分布
 partition 划分
 path-dependent option 路径依赖型期权
 payer swaption 互换卖权
 payoff 损益
 pecking order 优先顺序
 pit trading 席位交易
 point estimate 点估计
 poisson distribution 泊松分布
 political risk 政治风险
 population 总体
 population parameter 总体参数
 portfolio insurance 证券组合保险

portfolio simulation method 投资组合模拟方法

position 头寸

position limit 头寸限额

potential exposure 潜在风险暴露

Potential Future Exposure, PFE 未来潜在风险

power of the test 检验的势

pre-investing 事前投资

premium 期权费

presettlement risk 结算前风险

price limit 价格限额

price quote 报价方式

prime broker 机构经纪人

prime borrowing rates 优惠借款基准利率

prime lending rate 最优惠贷款利率

prior consent 事先确认

priority creditors 优先债权人

probability 概率

probability density function 概率密度函数

Probability of Default, PD 违约概率

procyclical effect 正循环效应

protective put 有保护的看跌期权

protective put option 保护看跌期权

put option 看跌期权

puttable bond 可回售债券

put-call parity 期权平价关系

Q

qualitative bottom-up approach 定性的自下而上法

qualitative top-down approach 定性的自上而下法

quantitative bottom-up approach 定量的自下而上法

quantitative top-down approach 定量的自上而下法

quartile 四分位数

R

random variable 随机变量

range 极差

receiver swaption 互换买权

recouping 息票调整

recovery rates 回收率

recovery risk 回收风险

regime switching 状态转换

regulatory capital 监管资本

regulatory capital required 监管资本需求

relative value 相对价值

relative-value player 相对价值交易商

reorganization plan 改组计划

repo rate 再回购利率

repudiation/moratorium 拒付/延期偿付债务

repurchase agreement repo 再回购协议

reputational risk 声誉风险

reserves of liquid assets 流动资产储备

residual 残差

restructuring 债务重组

retail investor 零售投资者

return on a risk-free investment 无风险投资回报率

reverse cash and carry arbitrage 反向套利

reverse engineering 逆向工程

revocable commitments 可撤销的承诺

risk adjusted return on capital 风险调整资本收益

risk neutral 风险中性

risk prevention and control 风险规避和控制

risk profiling model 风险轮廓模型

risk-based capital charge 风险基础的资本要求

risk-neutral pricing 风险中性定价

risk weighted amounts 风险加权数量

S

- sample 样本
- sample size 样本量
- sample statistic 样本统计量
- sampling 抽样
- sampling error 抽样误差
- scalper 抢帽者
- scatter plot 散点图
- scenario analysis 情景分析
- scenario analysis-based contingency planning 以情景分析为基础的偶发事件计划
- seat 席位
- secured creditors 担保债权人
- securitization 证券化
- standard error of estimate, SEE 估计的标准误
- sensitivity 敏感度
- serial correlation 系列相关
- settlement risk 结算风险
- settlement price 结算价格
- short 空头
- shout option 呼叫期权
- significance level 显著性水平
- simple random sampling 简单随机抽样
- simulation theory 模拟理论
- skewness 偏度
- slope 斜率
- sovereign risk 国家主权风险
- Special Purpose Vehicle, SPV 特殊目的公司
- split 拆分
- spot price 现货(即期)价格
- spread 价差
- spread option 差价期权
- static option replication 静态期权复制
- stock index futures 股指期货
- stock option 股票期权
- stop-loss strategy 止损策略
- storage cost 储存成本
- straddle 跨式期权
- straddle purchase 买入跨式期权
- strangle 宽跨式期权
- straps 偏涨跨式期权
- strike price 执行价格
- strips 偏跌跨式期权
- structured note 结构化票据
- structured products 结构化产品
- Sum of Squared Errors, SSE 误差平方和
- Sum of Squared Regression, SSR 回归平方和
- Sum of Square of Total, SST 总平方和
- standard deviation 标准差
- standard error 标准误
- standard normal distribution 标准正态分布
- standardized approach 标准法
- stochastic risk aversion 随机风险厌恶
- stop-loss limit 止损限额
- straddles 跨式期权
- stratified random sampling 分层随机抽样
- stress test 压力测试
- strike price 执行价格
- structured credit products 结构化信用产品
- subordinated term debt 次级定期债券
- Sumitomo bank 住友银行
- supervision 监督审查过程
- supply-and-demand dynamics 供求关系
- swaps 互换
- synergy 协同效应
- synthetic CDO 合成 CDO
- systemic crisis 系统危机
- systematic risk 系统风险
- swap futures 掉期期货
- swap spread 互换利差
- swaption 互换期权

systematic risk 系统性风险

T

tail events 尾侧事件

technology risk 技术风险

technology transfer risk 技术转让风险

termination rights 终止权力

term repos 期限回购

test statistic 检验统计量

the Basel I accord 巴塞尔协议 I

the Basel II accord 巴塞尔协议 II

the Chicago Board of Trade, CBOT 芝加哥交易所

the Clearing House Interbank Payments Systems, CHIPS 纽约银行同业清算系统

the Commodity Futures Trading Commission, CFTC 美国商品期货交易委员会

the Counterparty Risk Management Policy Group 交易对家风险管理政策小组

the external ratings-based approach 外部评级法

the Federal Reserve 美联储

the Internal Assessment Approach, IAA 内部评估法

the risk of counterparty default 交易对家违约风险

the Singapore International Monetary Exchange, SIMEX 新加坡货币交易所

the standardized approach 标准法

the Union Bank of Switzerland, UBS 瑞士联合银行

third party conduct 第三方行为

Through-the-Cycle approach 贯穿周期法

tick size 最小价格变动

tier 1 capital 一级资本

tier 2 capital 二级资本

tier 3 capital 三级资本

time horizon 时间周期

time value 时间价值

time value decay 时间价值损耗

top straddle 顶部跨式期权

total return index 完全收益指数

total rate of return swap, TROR 总收益互换

tracking error 追踪误差

trading book 交易账户

trading floor 交易厅

tranching basket default swap 分档一篮子违约互换

tranches 投资档

transaction exposure 交易敞口

translation exposure 兑换敞口

transition matrix 转换矩阵

transition probabilities 迁移概率

treasury bonds 国库券

treasury rate 国债利率

tree analysis 决策树分析

two-tailed test 双尾检验

two-way marking-to-market 双向盯市

type I error 第一类错误

type II error 第二类错误

U

unbiased estimator 无偏估计量

underlying assets 标的资产

underwriting derivatives 保险损失衍生工具

undisclosed reserves 非公开储备

V

Value at Risk, VaR 风险价值

VaR limit VaR 限额

variance 方差

variance-covariance matrix 方差-协方差矩阵

variation margin 变动保证金

volatility 波动性

vulture fund 兀鹫基金

W

warrant 认股权证

weighted mean 加权平均

without recourse 无追索权,无要求权

Worst Credit Exposure, WCE 最差风险
暴露



参考文献

- [1] Basel Committee on Banking Supervision Publication. Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks[C]. January 1996.
- [2] Anthony Saunders, Marcia Millon Cornett. Financial Institutions Management[M]. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2003.
- [3] Arnaud de Servigny, Olivier Renault. Measuring and Managing Credit Risk[M]. New York: McGraw-Hill, 2004.
- [4] Basel II: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: A Revised Framework[C]. November 2005.
- [5] Bruce Tuckman. Fixed Income Securities[M]. 2nd ed. New York : Wiley, 2002.
- [6] Christopher L. Culp. The Risk Management Process: Business Strategy and Tactics [M]. New York : John Wiley & Sons. Inc. , 2001.
- [7] David Hsieh, William Fung. The Risk in Fixed-Income Hedge Fund Strategies[J]. Journal of Fixed Income, 2002, 12 : 6—27.
- [8] Dowd, Kevin. Measuring Market Risk[M]. New York : John Wiley & Sons, 2005.
- [9] D Servigny, Arnauld, Olivier Renault. Measuring and Managing Credit Risk[M]. New York : McGraw-Hill, 2004.
- [10] Gunter Meissner, Credit Derivatives. Application, Pricing and Risk Management [M]. Malden : Blackwell Publishing, 2005.
- [11] John Hull. Options, Futures, and Other Derivatives[M]. 6th ed. New York:

Prentice Hall, 2006.

- [12] Lars Jaeger, ed. . The New Generation of Risk Management for Hedge Funds and Private Equity Investments[M]. London; Euromoney Books, 2003.
- [13] Lars Jaeger. Through the Alpha Smoke Screens: A Guide to Hedge Fund Return Sources[M]. New York. Euromoney Institutional Investor, 2005.
- [14] Leo M. Tilman, ed. . Asset / Liability Management of Financial Institutions[M]. London; Euromoney Institutional Investor, 2003.
- [15] Leslie Rahl. Risk Budgeting: A New Approach to Investing[M]. London; Risk Books, 2000.
- [16] Linda Allen, Jacob Boudoukh, Anthony Saunders. Understanding Market, Credit and Operational Risk : The Value At Risk Approach[M]. Oxford; Blackwell Publishing, 2004.
- [17] Michael Crouhy, Dan Galai, Robert Mark. Risk Management[M]. New York : McGraw-Hill, 2001.
- [18] Murray R. Spiegel, John Schiller, R. Alu Srinivasan. Probability and Statistics, Schaum's Outlines[M]. 2nd ed. New York; McGraw-Hill, 2000.
- [19] Neil D. Pearson. Risk Budgeting : Portfolio Problem Solving with Value-at-Risk [M]. New York; John Wiley & Sons. Inc. 2002.
- [20] Basel II. New capital requirements for credit institutions[C]. Deutsche Bundesbank, Monthly Report, September 2004,
- [21] Noel Amenc, Veronique Le Sourd. Portfolio Theory and Performance Analysis [M]. West Sussex ; John Wiley & Sons. Inc. 2003.
- [22] Basel Committee on Banking Supervision Publication. Overview of the Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks[C]. January 1996.
- [23] Jorion Philips. Financial Risk Manager Handbook[M]. 3rd ed. West Sussex ;John Wiley & Sons, 2005.
- [24] René Stulz. Risk Management & Derivatives [M]. Mason Ohio; South-Western, 2003.
- [25] Reto Gallati. Risk Management and Capital Adequacy[M]. New York ; McGraw-Hill, 2003.
- [26] Robert L. McDonald. Derivatives Markets[M]. Boston ; Addison Wesley, 2003.
- [27] Saunders, Cornet. Financial Institutions Management[M]. 4th ed. New York ; McGraw-Hill, 2003.
- [28] Sohail Jaffer, ed. . Funds of Hedge Funds [M]. London : Euromoney Books, 2003.
- [29] Spiegel, Murray R. , John Schiller, R. Alu Srinivasan. Probability and Statistics, Schaum's Outlines[M]. 2nd ed. New York ; McGraw-Hill, 2000.
- [30] [美]M. R. 斯皮格尔, J. 希勒, R. A. 斯里尼瓦桑著. 概率与统计[M]. 第 2 版. 北京: 科学出版社, 2002.

- [31] [美]Keith Cuthbertson, Dirk Nitzsche 著. 金融工程——衍生品与风险管理[M]. 北京:中国人民大学出版社, 2004.
- [32] [美]Michel Crouhy, Dan Galai, Robert Mark 著. 风险管理[M]. 北京:中国财政经济出版社, 2005.
- [33] [美]Philips Jorion 著. 金融风险管理师手册[M]. 第 2 版. 北京:中国人民大学出版社, 2004.
- [34] [美]John C. Hull 著. 期权、期货和其他衍生产品[M]. 第 3 版. 北京:华夏出版社, 2003.
- [35] [美]Philips Jorion 著. 风险价值 VaR[M]. 第 2 版. 北京:中信出版社, 2005.
- [36] 王春峰著. 金融市场风险管理[M]. 天津:天津大学出版社, 2001.