

安全逻辑学

郭振龙 朱兆华 编著



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

安全逻辑学/郭振龙, 朱兆华编著. —北京: 化学工业出版社, 2004. 12
ISBN 7-5025-6362-8

I. 安… II. ①郭…②朱… III. 安全学-逻辑-研究
IV. X91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 123573 号

安全逻辑学

郭振龙 朱兆华 编著
责任编辑: 杜进祥 郭乃铎
文字编辑: 刘志茹
责任校对: 陈 静 周梦华
封面设计: 关 飞

*

化学工业出版社 出版发行
安全科学与工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
[http:// www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销
北京市彩桥印刷厂印刷
三河市海波装订厂装订

开本 787mm×960mm 1/16 印张 16 $\frac{3}{4}$ 字数 288 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6362-8/X · 561

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

保障职工的安全与健康，是我们党和政府的一贯方针，是事关经济发展和社会稳定的大事，也是贯彻“三个代表”重要思想的具体体现。安全生产的实践告诉我们，安全生产是永恒的主题，不仅要有完善的法律法规，还要有先进的、科学的安全管理和安全技术。近几年来，随着社会主义市场经济的建立和不断完善，安全生产工作也在不断探索中创造了许多宝贵的经验，安全科学技术也得到进一步发展。

由郭振龙、朱兆华两位安全技术专家编著的《安全逻辑学》一书，是逻辑学应用领域和安全科学领域的一个组成部分、一个新的成果。他们将自己在安全技术战线上数十年的工作经验与安全科学、逻辑科学理论结合在一起，经过近几年的艰苦努力和刻苦钻研，编著了《安全逻辑学》一书，这在我国尚属首创，填补了安全生产科学技术交叉边缘学科的空白，对我国安全工程学科体系和安全科学理论的发展乃至逻辑理论应用领域的不断拓展做了有益的探索。

《安全逻辑学》将逻辑学原理和职业安全健康理论紧密结合，实现了多学科的交融，推动了逻辑学理论的发展与应用；将逻辑学和职业安全健康内容及方法紧密结合，运用大量实例，回答了安全与逻辑的关系，阐述了逻辑学理论在安全生产工作中的应用等问题，具有较丰富的学科内涵。

《安全逻辑学》的问世，对安全科学技术的发展，对安全生产工作的实践是一个宝贵的贡献。同时，作为逻辑学应用领域和安全科学领域的一个分支学科，必须在实践中不断研究、不断探索、不断完善。我们希望有更多的同志关心和支持安全生产工作，解放思想，实事求是，与时俱进，为建立健全适应社会主义市场经济和中国国情的安全科学体系做出新的贡献，为新世纪的安全生产工作做出新的更大的努力。



2004年10月

序 二

科技规划处杨涛处长送来了郭振龙、朱兆华先生编著的《安全逻辑学》，直观感到这是一本理性认识安全生产，科学探索安全生产本质规律的好书。

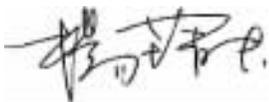
多年来我一直认为，用科学知识升华安全理念，用先进生产技术保障安全，是我们的根本追求。借助于此书，可以给予我们新的启迪。

从事安全生产管理的同志，都处在安全与不安全的矛盾对立体之中来处理两者关系，如果从思维规则到行为准则上把握事物的连续与发展，就需要我们不断地学习与提高。

希望从事安全生产综合监督管理的同志们，认真读一读此书，定能够认识到——虽然事故总量、事故发生概率与经济社会发展水平直接相关，但安全生产的可控空间仍然很大。只要我们理性地认识安全生产的逻辑规律，把握安全生产的基本要求，就能够控制江苏的安全生产事故逐步下降。

郭振龙、朱兆华先生积累的工作经验和学识的沉淀，成于此书，向你们致敬与感谢。

江苏省安全生产委员会副主任
江苏省安全生产监督管理局局长



2004年10月

前 言

逻辑学是一门具有两千多年历史的古老学科，长期以来久盛不衰，随着岁月的推移而日益发展。逻辑学使人们的思维更敏捷、清晰，使人们能更有效地去对事物进行思考、分析、推理，作出正确的判断，使人们准确地表达自己的思想。因此学习逻辑学大有裨益，它是帮助人们进行正确思维的工具。

当前人口、资源、安全、环境是人类面临的最为突出的问题。火灾、爆炸、中毒、窒息、飞机空难、船舶海事、交通事故等严重威胁人类的生命安全和财富，环境污染严重影响人类的健康，要预防事故和保护环境需要运用正确的思维规律和方法，对此逻辑学可以帮助我们进行正确思考、分析、综合、推理、论证上述问题。20世纪80年代国内有些学者开始研究探讨逻辑与安全问题。

南京师范大学[黄浩森]教授和第724研究所郭振龙研究员等专家根据国内外有关资料，经多年悉心研究，在分析、比较、综合的基础上，探索性地首先编著了《劳动保护与安全逻辑》一书，并由南京大学出版社于1989年正式出版，十多年来该书得到了推广应用，并受到好评。国内安全、逻辑专家和有关人士共同认为：此书需进一步修改、补充和完善。

鉴于上述原因，经十多年的研究和艰苦工作，作者决定编著《安全逻辑学》一书。

在1999年《中国安全科学学报》上郭振龙发表了《安全逻辑在安全生产中的应用》学术论文，2000年朱兆华、郭振龙在《化工劳动保护》（工业卫生与职业病分册，第21卷第6期）发表了《浅谈新兴交叉学科——安全逻辑学》，这是国内最早有关安全逻辑学的学术论文之一。2001年在《中国安全科学学报（第11卷增刊）》上郭振龙、朱兆华发表了《浅谈新兴的安全逻辑学》学术论文，在国内引起许多专家学者的关注。

在编著《安全逻辑学》的过程中，作者曾得到国家安全生产监督管理局、江苏省劳动和社会保障厅、中国石化集团公司、中国船舶工业总公司、江苏省安全生产

监督管理局、南京化学工业有限公司、《中国安全科学学报》、南京师范大学、南京大学、第724研究所、江苏省劳动保护科学技术学会、江苏省安全生产管理协会、中国石化集团安全工程研究院、南京市安全生产监督管理局、南京兆元安全环境科技服务有限公司、江苏厚意安全科技服务有限责任公司、上海健联电子有限公司等单位的积极支持。

2001年8月国家安全生产监督管理局副局长闪淳昌为本书作序一，这是对《安全逻辑学》编著和出版工作的亲切关怀和有力支持。

2004年9月江苏省安全生产委员会副主任、江苏省安全生产监督管理局局长杨增夫审读了《安全逻辑学》并撰写序言二，这是对作者的鞭策和鼓励，也是对新兴学科——安全逻辑学的热情扶持。本书在编著过程中得到了郁慕镛教授、任建国高工和**黄浩森**教授的指导及郭亮、王建华的帮助。

对于为《安全逻辑学》的诞生和出版工作献出爱心并给予关心和支持的各位专家、学者、领导、同行和朋友，作者谨在此表示由衷的谢意！本书不妥之处，敬请批评指正。

编著者

2004年9月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 逻辑学简述	1
一、逻辑学的定义	1
二、逻辑学研究的对象	2
三、逻辑学的性质	2
四、逻辑学的意义	3
五、逻辑学发展简史	4
第二节 安全逻辑学概述	6
一、安全逻辑学的定义	6
二、安全逻辑学研究的对象	6
三、安全逻辑学的性质	8
四、安全逻辑学的意义	8
五、安全逻辑学的产生背景与学科内容	9
第三节 正确学习与应用安全逻辑学	10
第二章 明确安全生产及事故概念的逻辑方法	11
第一节 概念概述	11
一、什么是概念	11
二、概念和语词	12
三、概念的作用	13
四、概念的基本逻辑特征	13
第二节 概念的种类	14
一、普遍概念、单独概念和空类概念	14

二、集合概念和非集合概念	15
三、正概念和负概念	15
第三节 概念外延间的关系	16
一、相容关系	16
二、不相容关系	18
第四节 明确概念的逻辑方法	19
一、正确使用多义词明确概念	19
二、明确概念的内涵和外延	20
三、概念的限制和概括	20
第五节 明确概念内涵的定义法	22
一、什么是定义	22
二、定义的方法及其种类	22
三、定义的规则	24
第六节 明确概念外延的划分法	24
一、什么是划分	24
二、划分的种类	25
三、划分的规则	27
四、分类	27
第三章 判断、推理与安全生产	28
第一节 简单判断及其推理与安全生产	28
一、判断的概述	28
二、推理的概述	31
三、判断推理与分析认识事故	34
第二节 简单判断与直接推理	35
一、性质判断	35
二、性质判断的直接推理	37
三、模态判断与模态方阵对当推理	42
四、规范判断与规范方阵对当推理	45
五、关系判断与关系推理	47
第三节 三段论	50
一、三段论的概述	50
二、三段论的公理	52

三、三段论的规则	53
四、三段论的格与式	56
五、三段论的省略式	59
六、安全生产与三段论	60
第四节 复合判断及其推理与认识事故	62
一、复合判断及其推理的基本概念	62
二、联言判断与联言推理	62
三、选言判断与选言推理	66
四、假言判断与假言推理	72
第四章 归纳逻辑概述	94
第一节 归纳逻辑概述	94
第二节 观察	95
一、什么是观察	95
二、观察力的培养	97
第三节 实验	98
一、什么是实验和科学实验	98
二、实验的类型	98
三、实验方法的优点	99
第四节 比较	100
一、什么是比较	100
二、比较的要求	100
三、比较的形式和方法	101
第五节 分析和综合	102
一、分析	102
二、综合	104
第六节 抽象和概括	104
第五章 归纳推理	106
第一节 概述	106
一、什么是归纳推理	107
二、归纳推理与演绎推理的联系与区别	108
三、归纳推理的种类	110
第二节 完全归纳推理	110

一、什么是完全归纳推理	110
二、完全归纳推理的特点	111
三、完全归纳推理的要求与作用	112
第三节 不完全归纳推理	113
一、不完全归纳推理的定义	113
二、不完全归纳推理的特点及与完全归纳推理的区别	113
三、不完全归纳推理的种类	114
第四节 简单枚举归纳推理	115
一、什么是简单枚举归纳推理	115
二、简单枚举归纳推理的特点与性质	115
三、提高简单枚举归纳推理结论可靠性的方法	116
四、简单枚举归纳推理的作用	116
第五节 科学归纳推理	118
一、什么是科学归纳推理	118
二、科学归纳推理与简单枚举归纳推理的区别	119
三、科学归纳推理的作用	120
第六节 概率推理	120
一、什么是概率推理	120
二、概率推理的特点及提高其可靠性的方法	121
三、概率推理的应用	122
第七节 统计推理	125
一、统计推理的定义	125
二、统计推理的特点及提高可靠性的方法	125
三、统计推理的应用	126
第八节 判明现象因果联系五法	127
一、契合法	128
二、差异法	131
三、契合差异并用法	135
四、共变法	139
五、剩余法	144
六、探求因果联系五种方法的综合运用	146

第六章 类比推理	149
第一节 类比推理概述	149
一、什么是类比推理	149
二、类比推理的特性	150
三、类比推理的类型	152
第二节 类比推理在科学技术中的作用	154
第三节 类比推理在安全生产中的应用	158
一、类比推理与事故的预防	158
二、类比推理在预测、评价技术中的应用	162
三、应用与安全评价	166
第四节 模型方法	166
一、模型方法概述	166
二、模型方法的发展过程	167
三、模型、模型方法的分类及其优点	170
四、模型方法在安全生产中的应用	178
第七章 假说	181
第一节 假说概述	181
一、什么是假说	181
二、科学假说的一般特征	182
第二节 假说的形成	184
第三节 假说的验证	185
第四节 假说和科学理论	187
第五节 假说与安全生产	189
第八章 回溯推理	194
第一节 回溯推理概述	194
一、什么是回溯推理	194
二、回溯推理的特点	196
第二节 回溯推理的种类	200
一、归纳回溯推理与非归纳回溯推理	200
二、前进回溯推理与后退回溯推理	203
第三节 回溯推理的应用	205
一、回溯推理应用于假设验证	205

二、回溯推理应用于医疗卫生	205
三、回溯推理应用于事故分析	206
第四节 科学解释的多元性、多层次性和事故原因的多元性、多层次性	208
一、科学解释的多元性、多层次性	208
二、事故原因的多元性、多层次性	209
第九章 逻辑规律与安全生产	211
第一节 逻辑规律概述	211
一、普通逻辑基本规律的客观基础及其作用	211
二、辩证逻辑规律	212
第二节 同一律	214
一、什么是同一律	214
二、违反同一律要求的逻辑错误	215
三、同一律在安全生产中的应用	216
第三节 矛盾律	218
一、什么是矛盾律	218
二、违反矛盾律的逻辑错误	218
三、矛盾律的作用	219
第四节 排中律	221
一、什么是排中律	221
二、违反排中律的逻辑错误	222
三、排中律的作用	222
第五节 充足理由律	224
一、什么是充足理由律	224
二、违反充足理由律的逻辑错误	225
三、充足理由律的作用	227
第十章 证明与安全生产	229
第一节 论证	229
一、什么是论证	229
二、论证的组成	230
三、论证与推理的关系	231
第二节 证明的方式	231
第三节 证明方法	236

第四节	论证的规则	239
第五节	论证在安全生产中的作用	240
第十一章	反驳与安全生产	241
第一节	什么是反驳	241
第二节	反驳的方式	242
一、	演绎反驳	242
二、	归纳反驳	245
三、	类比反驳	245
第三节	反驳方法	245
一、	直接、间接反驳方法	245
二、	反驳论题、反驳论据与反驳论证方式	247
第四节	反驳与安全生产	248
主要参考文献		250

- ☆ 第一节 逻辑学简述
- ☆ 第二节 安全逻辑学概述
- ☆ 第三节 正确学习与应用安全逻辑学

绪 论

第一节 逻辑学简述

一、逻辑学的定义

逻辑学有广义和狭义之分，广义的逻辑学指逻辑科学，包括“辩证逻辑学”等；狭义逻辑学指“形式逻辑”或“普通逻辑”。

逻辑学是一门科学。以前，人们曾把逻辑学称为“论理学”、“理则学”、“辨学”或“名学”。这些名词有的过于宽泛，有的又过于狭窄。

逻辑学中“逻辑”一词是希腊文 $\lambda\omicron\gamma\omicron\varsigma$ 的音译，逻辑的含义原来主要指思想、概念、理性或言辞等。古希腊学者用这个词来命名研究概念、判断、推理、论证的学问，建立了逻辑学（逻辑科学），逻辑这个词后来就指逻辑学。这个词在拉丁词中的拼法是 *logica*，英文译成 *logic*，汉语用的是音译法。

后来人们就改用了“逻辑”这个音译外来词，就可以不受字面意义的限制，并在运用过程中有一定的灵活性，增加了通用性。

在我国汉语中，逻辑是多义词，逻辑一词在不同的场合具有不同的含义，主要有以下四点。

第一，表示客观事物相互联系和发展的规律性，以及反映这种规律性的人的思

维发展的规律性。

第二，泛指思维的规律。

第三，在贬义上，指某种特殊的观点、理论或看问题的方法。例如，“‘只许州官放火，不准百姓点灯’，这真是奇怪的逻辑”，这里的“逻辑”就是作观点、理论讲。

第四，是指研究思维的形式结构以及基本规律的逻辑科学，一般是指普通逻辑。

二、逻辑学研究的对象

逻辑学作为一门学科，它的研究对象就是思维。恩格斯指出“在以往的全部哲学中还仍旧独立存在的，就只有关于思维及其规律的学说——形式逻辑和辩证法。”形式逻辑着重从思维的逻辑结构方面来研究思维及其规律，这是形式逻辑研究的特殊领域，并把它和辩证法区别开来。

逻辑学研究的对象是思维，那么什么是思维呢？

思维是一种认识活动，人的认识包括两个阶段。

认识的低级阶段表现为感性的。感性认识阶段通过感觉、知觉、表象等各种形式直接反映客观事物，它的显著特点是具有直观性和表面性。感性认识是认识的起点，认识始于感觉，没有感觉就无法进一步认识客观事物。但是感性认识只能把握个别，不能把握一般；只能把握现象，不能把握本质和规律。

认识的高级阶段表现为理性的。人的认识活动从感性认识到理性认识是一次飞跃，是认识的再深化。人们在实践中积累了大量的感觉材料，通过大脑进行加工制作，进行比较、分析、综合、抽象、概括，对感觉材料进行去伪存真，去粗取精，由此及彼，由表及里的加工改造，使人的感性认识上升到理性认识，理性认识能够认识事物的本质和事物内部规律性的联系。

理性认识就是思维。

思维有形象思维和抽象思维两种，亚里士多德以来的逻辑所研究的是抽象思维中的逻辑；关于形象思维中的逻辑近代已有不少学者正在研究。

思维的主要特点是具有概括性、间接性，思维与语言密不可分。

思维的形式结构就是思维形式自身各个组成部分之间的关系，思维中存在着一些共同的因素。

三、逻辑学的性质

逻辑学是一门全人类性的科学，它所研究的推理形式及其规律是全人类共同

的。不管民族、地区、国别，任何一个人只要进行思维、推理，表述思想，建构理论，分析、论证就要运用全人类共同的逻辑规律和逻辑规则。

逻辑学是一门工具性质的科学。它类似语法、数学等学科，是学习其他科学知识的工具，进行科学研究、生产活动、社会活动的工具。逻辑学是使思维准确性的工具。人们进行任何活动时都需要借助逻辑来进行正确的思维。

逻辑学是一门独立的工具性科学，并不断向前发展。

四、逻辑学的意义

学习逻辑学具有重要意义，主要表现在以下几个方面。

1. 逻辑学是获得新知识的必要条件

人们要正确地认识世界，获得关于客观世界各个方面的知识，就要进行深入细致的调查研究，把握事物的规律性。在调查研究过程中要使用概念进行判断和推理。逻辑学所研究的关于思维的逻辑结构及其规律和规则的知识，这对于人们做到概念明确，判断正确和推理合乎逻辑来说，是一个必要条件。这里所说的必要条件应该这样理解：人们只是应用了逻辑学的有关知识，遵守了逻辑学的规律和规则，它不一定能使人获得新知识，但违反了逻辑学的要求，就一定不能获得新知识。

逻辑学提供了推理过程所必须遵守的规律和规则的知识，但它并不解决推理前提的真假问题，即，一个正确的推理需要遵守两个必要条件：①前提是真实的；②推理形式是正确、有效的。可见，逻辑学只是获得推理知识的一个必要条件。例如：

相传曹操的儿子曹冲在五六岁时就聪明过人。有一次孙权送给曹操一只大象，曹操想了解大象的体重，问了许多人都想不出称大象体重的方法。曹冲说，把大象牵上船，船被压下去后在船边刻下吃水线，然后把大象牵上岸，再把石头装到船上，使船沉到装大象时的吃水线，再称船上石头的重量就应是大象的体重。

这个故事告诉我们，不能直接获得的知识可以运用逻辑推理的方法去取得。人所谓聪明就是指具有敏捷的逻辑思维能力。

2. 逻辑学是人类交流思想的共同的逻辑工具

不论哪个民族和哪一个人，都借助于共同的逻辑结构及其规律和规则交流思想，达到互相了解、认识客观世界的目的。没有这样一个共同的逻辑工具，人类在实践中就难以交流思想，就不能协同步调用高效率获得人类精神文明和物质文明成果，社会大生产就难以进行，人类社会就难以前进和发展。

3. 逻辑学是揭批逻辑错误的有力工具

逻辑学的规律和规则是人们思维论断的起码要求，违反了这些要求，人们交流

思想和认识客观事物都不能取得预期的效果。在讲话、演说，写文章或做报告时，人们有时会违反逻辑学的规律或规则，造成各种逻辑错误，逻辑学就是发现和揭露各种逻辑错误的有力工具。

谬论和诡辩总是不符合事实的。事实胜于雄辩，摆事实，讲道理，一定能驳倒谬论。说理的过程就是运用逻辑工具的过程。

五、逻辑学发展简史

早在 2000 多年前，逻辑学就在古代中国、古代印度和古代希腊逐步萌发产生了。但在古代，这门学科并不单独称做逻辑，而是涵盖在哲学范畴之中。自古以来，围绕逻辑学基本理论问题，一直存在着唯物主义和唯心主义的斗争。

中国是文化古国，我国古代文化到了春秋末年和战国时期得到了较大发展，当时百家争鸣，诸说并起，学术论辩之风盛行，对于现今逻辑学中的一些问题展开热烈争议。在中国古代逻辑学的发展史上较有学术建树的有墨翟（约公元前 480～公元前 420 年）和他的后继者以及荀况、韩非等人。墨家的逻辑当时最为突出，其逻辑学说主要载于《经上》、《经下》、《经说上》、《经说下》、《大取》、《小取》等 6 篇学术著作中，《小取》篇重点讨论了逻辑问题。

中国古代研究逻辑的思想家把概念和概念所反映的事物之间的关系问题作为重点研究对象，而墨家则全面地研究了概念（名）、判断（辞）、推理（说）以及逻辑规律问题，他们主张以名举实，以词抒意，以说出故。意即人们在思维、认识和论断过程中，是用概念来反映事物，用判断来表达思想，以推理的形式来推导和论证事物的因果关系。在墨家的逻辑学说中，关于逻辑学所涉及的概念、判断、推理问题，以及逻辑思维规律等问题，都有精辟的、独到的论述。

墨家之后的荀子和韩非子对于逻辑尤其是概念问题，提出了有价值的见解，在中国逻辑学发展史上做出了自己的贡献。

公元前五世纪前后，在古代印度也产生了逻辑学说。印度的逻辑学说，中国学者译为因明。印度的逻辑学著作主要是《因明正理门论》和《因明入证理论》，我国唐代著名的佛学经典翻译家玄奘翻译了这些学术著作，这些学术著作是论证佛学教义的工具。印度的因明，作为东方的一种逻辑学说，和西方的逻辑、中国古代名辨之学之间，有共性的东西，也有个性的特点。

几乎在古代中国、古代印度产生逻辑学的同时，在古代希腊也逐步建立了内容较为丰富的逻辑学说。

公元前五世纪前后，古希腊的语法学和科学，尤其是数学和生物学等得到蓬勃

发展。由于政治斗争和生产活动的需要，辩论术、演讲术进入了新的发展时期。与此同时，作为思想认识方法和推理论证手段的逻辑学也随之迅速发展起来。

在古希腊逻辑学说的发展史上，古希腊第一个对逻辑学说进行全面系统研究的是亚里士多德（公元前384～公元前322年），亚里士多德在当时科学发展的基础上，总结了前人对逻辑问题的研究成果，建立了被称为形式逻辑的这门学科。

亚里士多德的逻辑学说主要集中在他的后继者编撰的《工具论》这部重要学术著作之中。它包括《范畴篇》、《解释篇》、《前分析篇》、《后分析篇》、《论题篇》、《辩谬篇》。其中《前分析篇》和《后分析篇》集中进行“讨论、推理和证明”，这是他逻辑著作中最为精华和精彩的部分。亚里士多德成功地把人类有着不同内容的具体推理形式加以抽象化、形式化和符号化，从而确定了规范有效的合乎逻辑的“格”和“式”以及它们的通用规则，这在人类思维史和逻辑学史中是一个重大贡献。在西方，亚里士多德被称为“逻辑之父”。

《形而上学》是亚里士多德的哲学著作。亚里士多德关于逻辑思维规律的学说，现在仍是形式逻辑这门学科的主要内容之一。在亚里士多德之后，形式逻辑不断得到发展。在中世纪，亚里士多德的逻辑曾遭到严重的歪曲。

在逻辑学的发展史上，另一个贡献较大的是17世纪英国唯物主义哲学家和经验科学奠基人弗兰西斯·培根（1561～1626年），他的《新工具》是十分著名的逻辑著作，他着重研究了经验科学的认识论和方法论，提出了三表法，即共存表、差异表和比较表。由培根建立起来的归纳逻辑，进一步充实和丰富了形式逻辑的内容，弥补了亚里士多德学说的不足之处，使形式逻辑基本上有了一个比较完备的内容。

在培根之后，法国哲学家笛卡尔（1596～1650年），德国哲学家莱布尼兹（1646～1716年）都在演绎逻辑方面做出了贡献，特别是莱布尼兹，他用数学方法来研究运用逻辑问题，为后来数理逻辑这门科学的建立打下了重要基础，被人们尊称为数理逻辑创始人。

19世纪末20世纪初，一些著名的数学家兼逻辑学家如布尔、施雷德、弗雷格、罗素、希尔伯特等人，在前人研究的基础上，进一步用数学方法研究逻辑问题，建立和发展了数理逻辑这门新兴学科。

任何科学也不能达到完美无缺、穷尽真理的地步，逻辑学也是这样。

18～19世纪，德国的古典哲学家们也研究了逻辑问题，试图建立起与亚里士多德的逻辑有所不同的另一种逻辑。康德（1724～1804年）和黑格尔（1770～1831年）是他们的代表人物。

近代，随着逻辑的研究及其应用的不断扩大、深入，逻辑得到了进一步的充实、丰富和完善。

联合国科教文组织公布了七大基础科学，即数学、逻辑学、天文学和天体物理学、地球科学和空间科学、物理学、化学、生命科学，其中逻辑学列为第二位。

逻辑学是一门工具性的基础学科，人们应用它来表述思想，论证观点，对事物进行思维分析，对错误观点进行批判；并可应用它来建立理论，探索人类社会活动和自然科学的客观规律。

第二节 安全逻辑学概述

一、安全逻辑学的定义

安全逻辑学是运用逻辑学原理来研究和解决生产、科研、试验及其他人类活动中安全问题的专门学科。安全逻辑学是用普通逻辑的原理来研究安全问题所涉及的思维形式结构、逻辑思维基本规律以及认识现实和使用逻辑方法的逻辑学。安全逻辑学是一门新型的应用逻辑学，它是应用逻辑学的分支学科，也是安全科学的一个新的重要组成部分。

二、安全逻辑学研究的对象

安全逻辑学研究的对象与逻辑学研究的对象是一致的。安全逻辑学作为一门应用逻辑学，它的研究对象就是人的思维，着重研究与安全问题有关的人的思维形式结构及其思维规律。

(1) 安全逻辑学要研究思维形式结构 感性认识是通过感觉、知觉、表象等形式来反映客观事物的过程；理性认识就是形成概念、做出判断、进行推理的过程。因此人们通常把概念、判断、推理叫作思维形式。

思维是思维内容和思维形式的对立统一。思维内容是反映在意识中的客观事物。例如关键装置、重大事故隐患、特大事故、事故应急预案等都可以成为人们思维的对象，反映到头脑中的客观事物就是人们思维的内容。

任何具体思维都反映一定的思维对象。例如数学是以数量和图形这些特定的对象作为思维内容的；企业安全管理是以贯彻国家安全生产方针、政策、法规、标准、制度，开展综合安全管理，全面落实安全生产责任制，强化关键装置、要害部位管理，不断整治事故隐患，提高设备本质安全度，防止人的失误，控制和消除物

的不安全因素，将事故控制在最低限度，推行 HSE（健康、安全、环境）一体化安全管理等作为思维内容的。

各个不同领域中的具体思维所涉及的对象各不相同，但是，在表述各个不同领域的具体思维中却往往采用某些共同的思维形式。概念、判断、推理是思维的基本形式。

那么什么是思维的形式结构呢？

思维形式结构是思维形式自身各个组成部分之间的关系，亦是思维中存在的一些共同的因素。为了说明什么是思维形式结构，下面举三个判断实例。

① 一切安全知识都是从直接经验发源的。

② 一切工伤事故都是不幸的。

③ 一切责任事故都是可以避免的。

这三个判断的具体思维内容各不相同，但是它们前后两部分内容间的联系方法是相同的，都运用了“一切……都是……”这种具体的思维形式。上述各个判断的前面部分是反映思维对象的概念，后面部分是反映思维对象具有某种属性的概念。可以把这种相同的联系方式概括成一个公式：

一切 S 都是 P

式中， S 表示反映思维对象的概念， P 表示反映思维对象属性的概念， S 、 P 所代表的思维内容是可变的，称之为逻辑变项。“一切……都是……”其逻辑含义是确定不变的，称之为逻辑常项。

(2) 安全逻辑学要研究逻辑思维基本规律 为了使思维形式结构能保证正确的联系，充分认识给定系统中的事故隐患并采取有效安全措施，确保系统运行安全，人们在研究思维形式结构时，还必须研究在思维形式结构中起作用的一系列逻辑思维的基本规律：同一律、不矛盾律、排中律、充足理由律等。遵循这些基本规律是正确思维的必要条件。安全逻辑学就是要研究安全工作中人们思维的基本规律，正确探索发生事故的规律性，并有效制订预防事故的安全对策措施。

(3) 安全逻辑学要研究认识现实的逻辑方法 安全工作既有辨识对象问题，更有认识对象的任务。为了实现安全生产，预防事故的发生，需要根据它的具体情况和特点，去分析辨识它的危险、有害性及其程度，据此提出正确、合理的安全对策措施，这既有辨识问题，也有认识和论证，需要运用安全逻辑学定义、分类、概括、限制、观察、实验、比较、分析、综合以及判明因果联系、论证的方法等。

(4) 提高人们的逻辑思维能力 安全逻辑学研究逻辑形式时，研究的不是某个具体概念、具体判断或具体推理，而是研究一般的思维形式结构。安全逻辑学全面研究安全工作过程中，在正确的思维中使用概念有些什么要求；明确概念有哪些方

法；判断的形式有多少种；每种判断有什么特点；各种判断形式之间有什么关系；什么是正确的推理形式；有哪些正确的推理形式；各种思维形式之间有什么联系；正确地运用概念、作出判断、进行推理须遵循哪些规律等。

从大安全观念出发，逻辑学是研究安全工作过程中思维形式结构及其他规律和认识现实的简单逻辑方法的科学。

三、安全逻辑学的性质

安全逻辑学是一门运用逻辑学原理研究安全问题的工具性质的科学。它是帮助人们正确认识与安全有关的各种事物，正确交流安全工作体会，正确分析事故原因，正确制定安全对策措施的工具，安全逻辑学是引导人们在处理安全问题时使思维准确性的工具。任何安全科学研究都要借助于准确的思维，因而任何安全科学都离不开安全逻辑学。

安全逻辑学不是一门哲学科学，它将作为一门工具性科学独立存在并不断完善和迅速发展。

四、安全逻辑学的意义

安全逻辑学作为一门新的学科崭露头角，学习研究安全逻辑学具有重要意义。

1. 安全逻辑学是获得与安全有关知识的必要条件

安全逻辑学提供了安全工作推理过程所必须遵守的规律和规则的知识，但它并不能解决推理前提的真假问题。一个正确的推理需要遵守两个必要条件：一个是前提与结论的内容真实；另一个是前提与结论之间有逻辑联系，即推理形式结构有效。而安全逻辑学只是人们获得推出知识的一个必要条件。

安全逻辑学可以帮助人们获得间接知识，为探求新知识提供必要的逻辑工具，在处理安全问题时，不能直接获得的知识可以运用逻辑推理的方法去取得知识，有些人员在分析事故时显得聪明，就是指他们具有敏捷的逻辑思维能力。

2. 安全逻辑学是人类交流安全思想、安全管理和安全技术的共同的逻辑工具

从大安全的观念出发，安全工作内涵广泛、思想丰富，安全是一门科学，是一项系统工程，因此人们普遍关注研究安全系统工程，不管哪个民族和哪一个人去研究安全问题，都要借助于共同的逻辑结构及其规律和规则去交流安全思想、安全体会、安全技术及安全方法，达到认识事故、预防事故、实现安全的目的。

3. 安全逻辑学是揭露安全工作中逻辑错误的有力工具

安全逻辑学的规律和规则是人们对安全问题进行思维论断的起码要求，违反了

这些要求，人们在分析安全时，就不会达到预期的效果甚至发生错误。人们在进行安全管理时容易产生各种逻辑错误，安全逻辑学则是发现和揭露各种逻辑错误的有力工具。在分析事故时要以丰富的安全专业知识来立论，并运用安全逻辑学进行论证。例如在通常情况下人们认为 36V 电压是安全电压，安全电压应是安全的，不会电死人。然而，1980 年 5 月 16 日，绍兴漓渚铁矿就发生了一起 36V 触电死人的事故案例。

当时有个采矿工在井下作业，他左手拉着 36V 装有电灯的照明线去照明。照明线的零线和火线拧在一起，且多处破损。当他右手去抓电线时，触到一根线的裸露处，此时他的左手也恰巧捏着另一根线的裸露处，这样，电流在他身上形成回路。只听他惊呼一声，双手仍紧抓着电线仰面跌倒，在场有个工人忙去叫人，等抢救人员赶到，他已死亡。

分析事故时，电力部门有关人员说，安全电压是相对的，36V 电压对一般正常的工作环境来说是安全的，而在恶劣的工作环境下，如金属容器内或潮湿地区，安全电压应为 12V。因为，正常人的电阻在工作环境潮湿、皮肤出汗时，会降低到 500~1000Ω。这时如果接触 36V 电压，触电者的身体可能有 36mA 以上的电流通过，时间长了必然会有生命危险。所以一般规程中规定：在金属容器内或潮湿地区工作时，行灯电压为 12V。

上述分析有理有据，逻辑论证十分严密，因而说理令人信服。通过上述严密的说理分析，将事故原因分析得很透彻，同时批判了有人提出的 36V 电压应是绝对安全的错误观点。

4. 可以提高人们的逻辑思维能力

主要反映在如下两种能力上。

① 别同异的能力，特别是能在极相似的对象之间看出其不同，在极不同的对象之间看出其相同或相似。别同异能力强的人，可以很快地识别隐患，找出事故发生的原因，提出预防措施，总结出安全生产的经验规律，预测预防事故，其思维就清晰。

② 推理的能力，指由已知推未知的能力。如欧氏几何，由 23 个名词定义、5 条公理、5 条公设推出了 467 条定理。危险、有害因素的分析、辨识，预防措施的提出，事故原因的分析等都需要进行正确的推理。

五、安全逻辑学的产生背景与学科内容

逻辑学的原理和方法在安全工作中得到了广泛运用，运用逻辑学的原理分析各类事故，运用逻辑学的方法指导安全工作已有数十年的历史，对此，人们积累了丰

富的经验和知识。

长期以来，由于安全逻辑学内容丰富，在该专业学科领域中其专业内容已形成体系，可作为独立的安全逻辑学科。

第三节 正确学习与应用安全逻辑学

安全逻辑学是应用逻辑学，学习是为了运用。那么人们应该怎样学习和运用安全逻辑学呢？

安全逻辑学是应用普通逻辑。首先人们要重视学习逻辑学和逻辑知识。逻辑学有一个比较抽象的理论体系，它研究抽象思维的形式及其规律，有人认为它很神秘、很深奥，担心学不进、学不成、学不好。之所以产生这种想法，主要是因为逻辑学运用还不普及，对安全逻辑学还不熟悉和不了解，使初学者感到神秘和畏难。如果大家学得多、运用多，人们也就容易掌握，也就不觉难了，而且会有兴趣。

人们时刻在进行思维。普通逻辑是从人们思维中概括出来的形式、结构及其规律，从而建立起系统的理论体系。在安全工作中人们的思维活动就要运用这些思维形式，遵循这些思维规律，将抽象的理论和安全工作具体的思维十分紧密地联系并结合起来，始终坚持理论联系实际的思想方法，始终坚持实事求是的工作方法，从具体的思维中去体会安全逻辑学的理论体系，下工夫学习，边学边用，学用结合，就能学好安全逻辑学，用好安全逻辑学。

学习安全逻辑学与学习语法的方法一样，不能一步登天，一朝掌握，要循序渐进，反复琢磨，经常练习，学以致用，逐步形成熟练技巧，通盘掌握安全逻辑学的学科理论。

有关安全逻辑学的名词术语要搞懂、记牢。学习语法要经常分析句型结构，深刻理解每种句型结构特点、成分及其作用，通过反复学习，就能熟练并运用自如；学习安全逻辑学的思维形式结构及其规律，亦要反复练习，做到熟能生巧。

安全逻辑在安全工作中能帮助人们正确地认识客观世界，准确地分析研究对象，有效地检查逻辑错误，深刻地揭露诡辩和谬误。它作为人们安全工作中的认识工具和研究工具无疑是不可缺少的。

学习安全逻辑学应在安全工作中，通过具体的安全内容，运用逻辑的理论、方法、规律边学边用，使安全与逻辑得到有效结合，这样才能收到预期的理想效果。

- ☆ 第一节 概念概述
- ☆ 第二节 概念的种类
- ☆ 第三节 概念外延间的关系
- ☆ 第四节 明确概念的逻辑方法
- ☆ 第五节 明确概念内涵的定义法
- ☆ 第六节 明确概念外延的划分法

明确安全生产及事故概念的逻辑方法

第一节 概念概述

一、什么是概念

概念是反映事物本质属性的一种思维形式。

在客观世界中，存在着许许多多、形形色色的事物，每个事物本身都具有自己固有的性质，例如“安全标志”是由安全色（规定为：红、蓝、黄、绿四种颜色）、一定的几何图形和图形符号构成，用来表达禁止、警告、指令、提示方面安全信息的标志，以引起人们对不安全因素的注意，预防事故的发生。在事物本身所固有的性质（即“属性”）中，有本质属性和非本质属性的区别。事物的本质属性体现该事物的基本特征，反映事物的内部联系，以此来区别于其他事物，例如，飞机失事、船舶海难、高处坠落、触电、汽车肇事、中毒窒息、火灾、爆炸等，它们虽都属事故，由于各自体现的基本特征不同，所反映的内部联系不同，各自有自己的规律性，它们能相互区别开来，所以它们是反映各自本质属性的不同事物。某事物的非本质属性虽然也是该事物的特征之一，但它并不体现该事物的基本特征，例如，“固定式工业防护栏杆”所具有的栏杆的一般特征，但它并不体现固定式工业防护栏杆的基本特征，它的基本特征是指工业企业中（不适用于船舶和民用建筑）的平

台、人行通道、升降口等场所敞开边缘有跌落危险的固定安装的防护装置。

任何事物都具有一定的属性，人们是通过事物的属性来认识和把握事物的。人们在自然界、社会实践与科学实验中，首先接触到的是事物的现象，由事物的各个片面以及事物的外部联系形成感性认识，然后再经过比较、分析、综合、抽象、概括等方法进行加工，逐步揭示出事物的固有特性、本质特性，在认识上产生飞跃，上升到理性认识，形成概念。

反映事物概念的内容并不是凝固的、僵死的，而是变化发展的。例如，“桥”这一概念最早是架在河的两岸的建筑物，以便让人们可以通过，现在桥这一概念的内容大大扩展了，如在城市中建造的立交桥、天桥等已不再是跨越河流的内容了。这是因为：

① 事物本身是发展变化着的，反映事物的概念自然随事物的发展而变化。

② 人们对事物的认识随着实践的深入由浅入深，不断丰富、发展，因此关于事物的概念也就不断地深入、丰富、发展。例如，人类社会得以不断发展的“最强杠杆”之一的“纸”这一概念，最早是西汉初期汉武帝时期的缣帛（质地轻而薄、价格昂贵的蚕丝制品），在公元前 140～公元前 87 年间，用大麻和少量萱麻纤维制造的纸（现存世界上最早的植物纤维纸），东汉和帝时代的蔡伦用树皮、麻头、碎布和旧渔网等制造了“蔡侯纸”，公元 3～4 世纪，福建、浙江、江苏等地用嫩竹纤维制成了优质“竹纸”。现在的纸更是种类繁多，造纸术更加发达、精熟。

在人们认识的过程中，随着社会的发展和科学的发展，对事物本质属性的认识越来越全面、深刻，新的概念不断地充实到原有的概念系统中去，例如，元素→分子→原子→原子核和电子→原子核内的介子、质子、中子→上、下、奇、灿、底、顶六种夸克，关于“元素”、“分子”……六种“夸克”是随着科学实验研究对元素的分子、原子不断全面深入地认识，逐步产生的新概念。但是，也是因历史的原因，出于当时科学水平的限制和人们的偏见，存在着一些不能正确反映客观事物的虚假概念，如“天堂”、“地狱”、“雷公”、“狐仙”、“燃素”“热素”、“以太”等都是虚的概念。在安全生产活动中也有人运用虚的概念，需要把握处理好。

二、概念和语词

概念和语词是密切联系着的，语词是概念的语言表达形式，任何概念都是通过语词来表达的；概念是语词的思想内容，任何概念的产生、运用都必须借助于语词。例如，“书”这一概念，中国人用“书”，英国、美国人用“book”，日本人用“本”来表示。不依赖语词的概念是不存在的，脱离概念而能表达一个独立含义的

语词也是没有的。

概念和语词也存在着区别，反映在如下几个方面。

(1) 研究领域不同 概念是思维的一种基本形式，属于逻辑学的研究领域；语词是语言的运用单位，属于语言学研究的领域。

(2) 概念和语词存在着以下几点具体区别

① 概念必须通过语词来表达，但并不是所有的语词都表达概念。汉语中的实词表达概念，但虚词一般不表达概念，如“或”、“如果”、“而且”等反映事物之间的联系，除可以表达形式概念外，一般不表达概念；而“啊”、“吗”、“呢”等助词和叹词则不表达概念。

② 一个语词在不同的情况下，可以表达不同的概念。这常常表现在一词多义现象中，如“杜鹃”可以指一种花，也可以指一种鸟；“运动”在体育中指锻炼身体，在物理学中指物体的位移，在政治上指群众活动，在哲学上指由物质相互作用所构成的物质存在和变化的方式。

③ 同一概念可以用不同的语词来表达，如在汉语中，“飞机失事”和“空难”，“西红柿”和“番茄”等，虽语词不同，表达的却是同一概念。

三、概念的作用

概念是认识的总结，思维的“细胞”，它的作用主要有以下几个方面。

① 人们在思维过程中不能没有概念，而只有明确的概念才能作出正确的判断，进行正确的推理，从而顺利处理问题或获得新的知识。否则，不明确的概念会造成思想上的混乱，严重的还会造成误解和过失。

② 任何一门科学，它的定义、定律、公理都是运用概念进行判断或根据判断进行推理的结果，一系列的概念构成了每一门科学的理论体系。因此，特定的概念是构成一门特定科学的理论基石。所以，要掌握一门科学知识就需要正确掌握这门科学的特定概念。

③ 人类对某一客观事物的认识，只是在一定历史条件下进行的，因此对某一客观事物的认识程度是受一定客观历史条件所限制，而且事物是在不断地发展变化的，所以人类对某一客观事物的认识过程也是一个逐步深化的过程，而绝不是终结。作为人类认识的结果——概念，在人类认识过程中不断地作为新的起点而深化发展。

四、概念的基本逻辑特征

概念在反映事物本质属性时，就确定了具有此本质属性事物的范围，这就是概

念形成所具有的质和量两个规定性的基本逻辑特征。

概念的内涵——指概念所反映的事物的本质属性，即通常说的概念的含义，一般称为概念的质。例如，“触电事故”这一个概念的内涵是：电流的能量直接或间接作用于人体造成的伤害。

概念的外延——指具有概念所反映的本质属性的事物，指概念的适用事物范围，一般称为概念的量。例如，触电事故的外延是指电击和电伤。

概念所反映的事物具有什么本质属性（即内涵）以及概念所指的是哪些事物，即外延，应当是明确的，这是逻辑思维的基本要求。

内涵和外延存在着一种反变关系，即当内涵增多时，外延就变窄；内涵减少时，外延就变宽。例如，“高处作业”的内涵是指在坠落高度离基准面 2m 以上（含 2m）有可能坠落的高处进行的作业。其外延有一级高处作业、二级高处作业、三级高处作业、特级高处作业。而“特级高处作业”除了高处作业的内涵外，又增加了“高处作业在 30m 以上”的内涵，这一概念变窄了，因此，2~30m 内的高处作业即一级、二级、三级高处作业就不是它的外延。

第二节 概念的种类

人类的思维对象极其繁多，因此概念也存在着许多种类。逻辑学中按概念的外延和内涵的一般特征，将概念分为普遍概念、单独概念和空类概念，集合概念和非集合概念，正概念和负概念等。

一、普遍概念、单独概念和空类概念

这是根据概念外延的数量不同而进行的一种分类。

(1) 普遍概念 它是反映一类事物的概念，即反映两个或两个以上的事物所组成的一类概念。它反映一类事物的共同本质，所反映的这一类概念中的任何一个事物都具有共同的本质属性。例如，“职业病”反映了“劳动者在生产劳动及其他职业活动中接触职业性有害因素引起的疾病”，硅肺^①（旧称矽肺）是职业病，森林脑炎是职业病等都具有职业病的特有属性。

(2) 单独概念 单独概念是反映某一特定对象的概念，它的外延仅指一个单独的对象。如“切尔诺贝利核电站事故”、“蒙德法”等。

^① 规范的称谓为硅沉着病。

(3) 空类概念 又称“虚概念”或“零类概念”，与“实概念”相对。它是指在客观世界中不存在与其所反映的相应对象的概念。其外延为零，例如“美人鱼”、“永动机”、“理想气体”、“保护神”等。空类概念虽然是虚概念，在现实中不存在，但并不都是对现实歪曲的反映，它是人的思维的创造物，人们在进行科学研究时，进行想像、提出假说等发现、发明创造过程中有时起着重要的作用。

二、集合概念和非集合概念

集合概念是以事物的集合体为反映对象的概念。它所反映的是集合体的群体属性，而构成集合体的每个个体并不必然具有集合体属性。例如，由航空母舰、驱逐舰、护卫舰等军舰构成了“舰队”这一集合体，“舰队”这一概念是由各个军舰构成的一个有机统一体来反映的，因此，组成“舰队”的每一艘军舰各自不能代表“舰队”，也并不必然具有“舰队”的属性。

与“集合概念”相对的“非集合概念”指不以事物的集合体为反映对象的概念，而是以某一类或某一个体为反映对象的概念。例如，“触电事故”、“安全技术员”、“爆炸极限”等是非集合概念。但是，非集合概念在不同的语境中有时表达集合概念，语词是同一个。例如，“钱学森是中国的科学家”中“中国的科学家”是非集合概念；而“中国的科学家对国家的科学事业做出了杰出的贡献”中“中国的科学家”是集合概念。主要区别在于能否指称个体，前一句中的“中国的科学家”可以指称钱学森，也可以指称别人，所以是非结合概念；后一句中的“中国的科学家”不是指称某一人，所以是集合概念。

三、正概念和负概念

正概念又称“肯定概念”，指反映对象具有某种属性的概念。如“特种作业”、“安全”等是正概念。

负概念又称“否定概念”，指反映对象不具有某种属性的概念。如“不安全”、“无风险”、“非因工伤亡”等都是负概念。但并不是在语词前带有“不”、“无”、“非”等否定副词的词语都是负概念，如“无机物”、“非洲”、“不列颠”等就不是负概念。

负概念的内涵和外延总是相对于某个论域而言的。负概念的内涵是以与其相对的正概念不具有的内涵为内涵的；在一定的论域内，负概念的外延是论域（全集）中正概念所反映的对象以外的一切对象。例如，“非电解质”与“电解质”的论域是在水溶液中或熔融状态下的物质，研究它们的导电问题。“非电解质”的内涵是

在水溶液中或在熔融状态下不导电的物质，其外延是电解质以外一切物质。所以，使用负概念有助于明确指谓，简练地表达思想。

第三节 概念外延间的关系

反映事物概念之间的关系与客观事物一样，存在着复杂的关系。普通逻辑在研究事物概念之间的关系侧重于考察概念外延之间的关系，以便能准确地使用概念，避免概念发生混淆，正确地理解和运用判断、推理的思维形式。根据两个概念外延间有无重合（共同分子），可将概念外延间的关系分为相容关系与不相容关系。下面以大写字母 A 、 B 、 C 分别表示概念，以小写 a 、 b 、 c 分别表示 A 、 B 、 C 所反应的类中的分子说明概念间的关系，并用欧拉图解表示之。

一、相容关系

相容关系指两个概念的外延部分或全部重合的关系，又分为全同关系、真包含关系、真包含于关系和交叉关系。

(1) 全同关系 当且仅当所有 a 都是 b ，并且所有 b 都是 a ，则概念 A 与 B 有全同关系。全同关系又称“同一关系”或“重合关系”。具有全同关系的两个概念称为全同关系概念。例如，下述各行是外延完全重合的三个全同关系的概念：

长江	中国最长的河流
等边三角形	等角三角形
直接原因	一次原因

(注：事故的直接原因又称一次原因，是在时间上最接近事故发生的原因；事故的发生原因按其层次分类，可分为一次原因、二次原因、三次原因等)。

全同关系概念可用图 2-1 表示： A 、 B 表示两个概念是从不同的角度反映同一事物的两个概念，其外延完全重合；但在内涵上是有差异的。

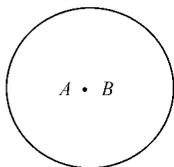


图 2-1 全同关系

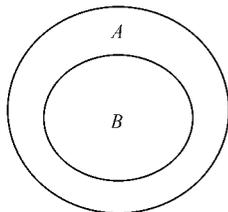


图 2-2 真包含关系

(2) 真包含关系 当且仅当所有 b 都是 a ，并且有 a 不是 b ，则概念 A 真包含概念 B ，即概念 A 与概念 B 有真包含关系。可用图 2-2 表示。

当概念 A 真包含概念 B 时，概念 A 的部分外延与概念 B 的全部外延相重合。外延大的概念 A 称为属概念或上位概念，外延小的概念 B 称为种概念或下位概念。例如：

工伤事故	触电事故
炸药	梯恩梯
职业病	硅沉着病

上述三组概念中，“工伤事故”、“炸药”、“职业病”是属概念，“触电事故”、“梯恩梯”、“硅沉着病”是种概念。图 2-2 表示 B 概念是种概念， A 概念是属概念。

属概念和种概念的区分是相对的，在不同的关系中，一个概念（如工伤事故）对某一概念（如触电事故）是属概念，但对另一概念（如事故）则为种概念，种概念具有属概念的内涵。因而概念的从属关系具有相对性，包含和包含于的区别性，系列性以及层次性等特点。

(3) 真包含于关系 当且仅当所有 a 都是 b ，并且有 b 不是 a ，则概念 A 真包含于概念 B ，即概念 A 与概念 B 有真包含于关系。可用图 2-3 表示。当概念 A 真包含于概念 B 时，概念 A 的全部外延与概念 B 的部分外延相重合，概念 A 称为种概念或下位概念，概念 B 称为属概念或上位概念。例如：

锅炉	压力容器
烃	有机化合物
易燃液体	易燃物

上述三对概念每一对的前一个概念外延小，是种概念；后一个外延大，是属概念。前者与后者的关系为真包含于关系。

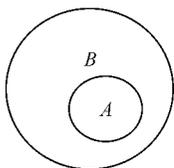


图 2-3 真包含于关系

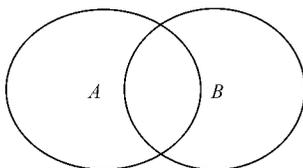


图 2-4 交叉关系

(4) 交叉关系 当且仅当有 a 是 b ，并且有 a 不是 b ，有 b 不是 a ，则概念 A 与概念 B 有交叉关系，表示 A 、 B 两个概念的外延有部分相同，有部分不相同。例如，“安全员”和“工程师”存在着一种概念外延间的相容关系，“有的安全员是工程师”，“有的工程师是安全员”，“安全员”和“工程师”这两个概念构成了交叉概

念。图 2-4 表示 A、B 两个概念的外延有部分相同，有部分不相同。

二、不相容关系

不相容关系亦称“全异关系”或“排斥关系”。

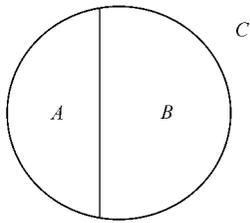


图 2-5 矛盾关系

当且仅当没有 a 是 b ，则概念 A 与概念 B 是全异关系，如图 2-5 所示。当概念 A 与概念 B 具有全异关系时，这两个概念在外延上互相排斥，没有任何重合之处。例如：

机动车	非机动车
有毒物质	无毒物质
酸	碱

全异关系的两个概念 A 和 B 相对于它们的属概念，还存在着两种特殊关系：矛盾关系和反对关系。

(1) 矛盾关系 矛盾关系指在同一属概念下的两个概念 (A、B)，在外延上互相排斥，而两者的外延之和等于属概念的全部外延的此两个概念间的外延关系，而称此两个概念为矛盾关系概念，如图 2-5 所示。

有矛盾关系的两个概念，通常表现为一个是正概念，一个是负概念。例如：

职业病	非职业病
金属元素	非金属元素
工伤事故	非工伤事故

它们两者外延之和分别为其属概念“疾病”、“元素”、“伤害事故”的全部外延。

(2) 反对关系 反对关系指在同一属概念下的两个概念 (A、B) 的外延互相排斥，但外延之和小于属概念外延的此两概念之间的关系，称“对立关系”。这两个概念称为反对概念，例如，“电工作业”、“金属焊接作业”的外延互相排斥，但它们的外延之和小于“特种作业”的外延，因此，“电工作业”与“金属焊接（气割）作业”具有反对关系。

两个概念的反对关系可用图 2-6 表示。

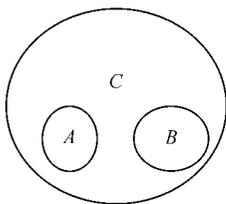


图 2-6 反对关系

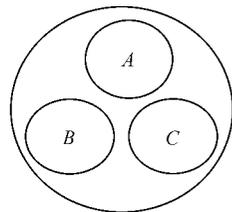


图 2-7 不相容并列关系

此外，概念还存在着并列关系。

概念外延间的并列关系指在同一属概念下的同一层次的几个种概念间的关系，又称“同位关系”或“平行关系”，不相容并列关系见图 2-7。例如，以“安全色”为属关系而言，在此概念下有“红”、“黄”、“蓝”、“绿”四个同一层次的种概念，它们外延相互排斥，是不相容并列关系。

矛盾关系和反对关系都是特殊的并列关系，其外延都是不相容的。

第四节 明确概念的逻辑方法

只有概念明确才能进行正确思维，才能作出恰当的判断，才能作出合乎逻辑的推理，从而获得正确的认识。概念明确需要用合适的语词来表达概念的准确性，要求概念的内涵和外延明确，要明确概念的种类及概念外延间的逻辑关系。明确概念主要有以下几种方法。

一、正确使用多义词明确概念

有的同一个语词可以表达不同的概念，如果在需要使用它时必须明确所表达的概念，防止因歧义而产生误解，发生错误，甚至有时还会带来工作上的损失或造成严重后果。例如：

在抗美援朝的某次战斗中，我志愿军某团一营连续发起的三次进攻，攻克美军 1 号、2 号、3 号高地，取得了初步胜利，但因全营伤亡较大，需要补充兵员、弹药，进行休整。于是，一营指挥员向团指挥所发出电报报告战况和军情，电报全文如下：“我营一连发起三次进攻，攻克敌 1、2、3 号高地，伤亡较大。下步如何部署，请指示。”

团指挥所接到此电报后，误认为一营第一连三次进攻伤亡较大，二连、三连未有伤亡，就立即回电：“命令你营一连转入防御，二连、三连向 4、5 号高地进攻，扩大战果，而后转入防御”。一营接到团指挥所的电报后，只得组织二连、三连进攻 4、5 号高地。结果进攻 4、5 号高地的战斗失利，不但没有能扩大战果，反而丢失了 3 号高地，并且增加了伤亡。

战后总结一营进攻失利的原因时，才发现一营所发的电报中，“一连”这个概念不明确，团指挥所误解为：“第一连”发起三次进攻……一营指挥员所发的电报是指：我营“连续”发起三次进攻……如果一营指挥员将“一连”改为“连续”或团指挥所明确电报中“一连”真正的含义后再下达命令，就不会造成战斗失利，伤亡增加，丢失 3 号高地的后果了。

《文汇报》曾刊登过题为“一字误译、影响历史”的文章。1945 年 7 月 26 日，劝告日本投降的波茨坦宣言发布以后，当时日本的铃木贯太郎内阁对此进行了慎重的研究，并发表了一个公报。公报用词是：“政府将采取默杀波茨坦宣言的方针”。实际意

思是说，“政府不即刻作出答复，将继续研究表态口径”。

可是当时的日本同盟通讯社在报道这件事的对外英语广播稿中，按照日文字面的意思，把“默杀”一词译成了“不理睬”。得到这条消息后，盟国方面大为不悦，判断日本是执迷不悟，不肯投降，因而加紧采取了战争行动。没过多久，美国向日本的广岛和长崎投了原子弹，苏联也出兵对日宣战。

事后有人说，当时同盟通讯社是在军部的控制下，其所以会发生误译事件，是因为军部想阻止日本政府投降而有意采取的措施。后来查明，真相并非如此，确是误译问题。

在日英辞典中，“默杀”这个字的英文意思有两种解释，除了“不理睬”之外，还可译为“不动声色地采取明智的不付诸行动的措施”。如果同盟通讯社在翻译时，使用了后一种解释，情况可能是另外一个样子了。

二、明确概念的内涵和外延

在反映客观事物时，要准确地使用概念，概念的内涵和外延必须明确，即，要明确概念反映的对象有什么本质属性及概念所指的对象是哪些。避免由于概念的内涵、外延不明确而造成工作上的损失或发生严重事故。例如：

内蒙古某纺织公司于1980年与日本某公司利用补偿贸易建设一个山羊绒分梳厂。在签订的合同中有这样一段文字：引进设备的使用说明书、工具书、装配图资料由日文、外文书写各八本。当时签订合同的中方代表认为日方与中国签订合同，外文理应指中文，因而未提出明确要求就签了字。后来，所到的资料却是日文和英文，没有中文。于是公司领导与日方交涉，日方拿出合同说，外文我们认为是世界通用的英文。最后，不得不花几千元人民币请翻译社再全部译成中文，而且为此耽误了几个月的投产时间。问题就是在具有法律效力的文件中使用了概念内涵、外延不明确的词语——“外文”。

又如，某国营厂气瓶管理混乱，氧气瓶上的蓝漆绝大部分脱落，“氧气”两字看不清了。而氧气瓶和氮气瓶却混放在一起，因此就不容易分清，容易发生反映对象概念的混淆。由于工作马虎，造成了误将氧气当作氮气充进了缓冲器。该厂总装车间测试小组工人在测试返修产品（起落架缓冲器）时，当在80个大气压下进行调压放气时，高速气流与缓冲放气嘴发生剧烈摩擦产生大量热及静电，发生静电放电，产生火花，导致红油与氧气的反应速度急剧增大，引起燃烧爆炸。壳体与活塞组合件炸开分别向相反方向飞出，壳体碎片从试验工汪某的下腹穿入，自右臀部穿入后又将门打碎，撞到西墙弹回落地。汪某抢救无效当日死亡。另外，车间副主任被震倒昏迷，面部烧伤，并且有脑震荡后遗症。

三、概念的限制和概括

(1) 概念内涵与外延的反变关系 概念内涵与外延的反变关系指一个概念的内涵增加，则其外延缩小；内涵减少，则外延增加。与此相反，一个概念的外延增加，则其内涵减少；外延缩小，则内涵增加。概念的内涵与外延的这一反变关系是

人们最常用的下定义的方法是属加种差的方法，其一般形式可表示为：

被定义概念 = 种差 + 属概念

式中 种差——是指被定义概念所反映的对象与包含在同一属中的其他种事物在内涵上的差别；

属概念——指被下定义概念的属概念，它在内涵上与被定义的概念较密切，在外延上与被定义概念较接近。

例如，给“特种设备”下定义。“特种设备”的属概念为“生产设备”。因为“特种设备”是“生产设备”中的一个种概念，而“生产设备”是“特种设备”的一个属概念。在“生产设备”、“医疗设备”、“试验设备”等概念中，“生产设备”的内涵与外延较其他属概念（如医疗设备）更为密切、接近。“特种设备”的种差是“对直接操作者以及周围人员与环境可能产生较大危害”。因为在“生产设备”这一属概念中有同级的“普通设备”（如车床、电机、除尘、通风、喷淋冷却设备等）种概念，这两个种概念在内涵上的差别是“特种设备”对直接操作者以及周围人员与环境可能产生较大的危害。所以特种设备即对直接操作者以及周围人员与环境可能产生较大危害的生产性设备，也称危险性较大的设备，如起重机、压力容器等。

2. 定义的种类

定义的种类即定义的方法。根据定义所揭示的是概念对象的本质还是标志概念的语词的意义，定义可分为实质定义和语词定义两大类。

实质定义是揭示对象本质的定义，可分为以下几种。

① 性质定义——这种定义的种差所揭示的是被定义概念所反映的对象性质。例如，文明生产是具有科学管理和消除了原始落后、不安全不卫生状态的生产。

② 功能定义——这种定义的种差所揭示的是被定义概念对象的功能。例如，安全网是用来防止人、物坠落，或用来避免、减轻坠落及物击伤害的网具。

③ 发生定义——这种定义的种差所揭示的是被定义的概念所反映对象的产生、形成情况。例如，晶间腐蚀是一种沿材料晶粒间界发生的腐蚀破坏。

④ 关系定义——这种定义的种差所揭示的是被定义概念对象与另一对象间的关系。例如，人机工程学是研究人和机器、环境的相互作用及其合理结合，使设计的机器和环境系统适合人的生理、心理等特点，达到在生产中提高效率、安全、健康和舒适的一门学科。

属加种差的定义法虽被广泛应用，但它也存在着局限性，即对单独概念和哲学范畴不适合，因为这二种概念很难寻求其属概念，甚至是不可能。

关于揭示标志概念的语词的意义语词定义有两种形式：说明的语词定义和规

定的语词定义。而这两者仅是指明词的涵义，间接地帮助人们明确概念的内涵。从严格意义上来说，定义必须揭示概念的内涵。

三、定义的规则

下定义时必须遵守如下规则。

(1) 定义项与被定义项的外延必须重合 违反这条规则，常见的会犯定义过宽或过窄及“定义交叉”和“定义全义”的逻辑错误。例如：

“工伤事故是企业职工在生产区域中发生的负伤和死亡事故”，这一定义犯了过宽的错误，缺少了“和生产有关的”限定内容；

“工伤事故是企业职工在车间内所发生的和生产有关的负伤和死亡事故”，这一定义犯了定义过窄的错误，将“在生产区域”缩小为“在车间内”。

(2) 下定义的概念不应直接或间接地包含被定义概念 即不能“同语反复”或“循环定义”。例如：

“有害因素就是对人体有害的因素”，这就犯了“同语反复”的错误，即定义项中直接包含了被定义项；

“生命就是有机体的新陈代谢”，这就犯了“循环定义”的逻辑错误，即定义项中间接地包含了被定义项。

(3) 定义项不能用模糊不清的概念、语词、比喻，应使用规范化的科学用语。例如：

“重大死亡事故指一次死亡几人的事故”。“几人”模糊不清，2~9人都算几人，将“几人”换成“三人以上（含三人）”就非常清楚明确了。

(4) 给正概念下定义，不能用否定形式 例如，“窒息灭火法不是冷却灭火法、隔离灭火法、抑制灭火法”。它并没有从正面揭示概念的内涵，因此，未起到明确被定义项的作用。此定义应是：窒息灭火法就是阻止空气流入燃烧区，或用不燃物质冲淡空气，使燃烧物质与空气隔绝，使火焰熄灭的一种灭火方法。

但给负概念下定义，这条规则就不适用了。

第六节 明确概念外延的划分法

一、什么是划分

划分是把一个属概念根据一定的标准分成若干个种概念，以明确概念外延的一

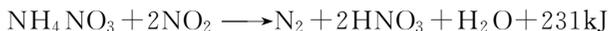
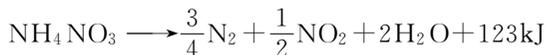
种逻辑方法。例如，为了统计分析口径一致，国家规定，“工伤事故”这一属概念可以划分为如下几种概念：物体打击，提升、车辆伤害，机械伤害，起重伤害，触电，淹溺，灼烫，火灾，高处坠落，坍塌，冒顶片帮，透水，放炮，火药爆炸，其他爆炸，瓦斯与粉尘爆炸，煤与瓦斯突出，中毒和窒息，其他伤害（如跌伤、冻伤、野兽咬伤等）。

划分由三个要素组成，即：

- ① 划分的母项——就是被划分的属概念，一定是一个普遍概念；
- ② 划分的子项——就是划分母项所得的各种概念；
- ③ 划分的标准——就是将母项划分为若干个子项的根据。

尽管划分是明确概念外延的有效逻辑方法，但对单独概念不能划分。

划分不是分解，划分的母项与子项是属种关系，即一般与个别的关系，因而子项必然具有母项的本质属性；而分解是整体与部分的关系，其各部分并不一定具有由它们组成的整体的本质属性。例如，硝酸铵既可作肥料又可作炸药，它具有自反应性、强氧化性、热分解性。在 400℃ 以上时发生热分解反应而发生爆炸：



其分解出来的 N_2 、 NO_2 、 H_2O 、 HNO_3 组成一个整体并不具有 NH_4NO_3 的本质属性。

二、划分的种类

划分一般分为如下三种。

(1) 按划分次数不同 划分又分为一次划分与连续划分。

① 一次划分就是将需要明确其外延的概念只划分一次，划分的结果只有母项和子项两个层次。

例如，“安全电压”是为防止触电事故而采用的特定电源供电的电压系列，可一次划分为 42V、36V、24V、12V、6V 5 个等级。

② 连续划分是对第一次划分后得到的子项概念作为母项继续划分，一直划分到满足实际需要为止的一种划分方法。

例如，安全标志的连续划分如图 2-10 所示。

(2) 按划分的子项目不同 划分可分为二分法和多分法。

① 二分法是一种特殊的划分形式。它是以对象有无某种属性作为划分根据，是

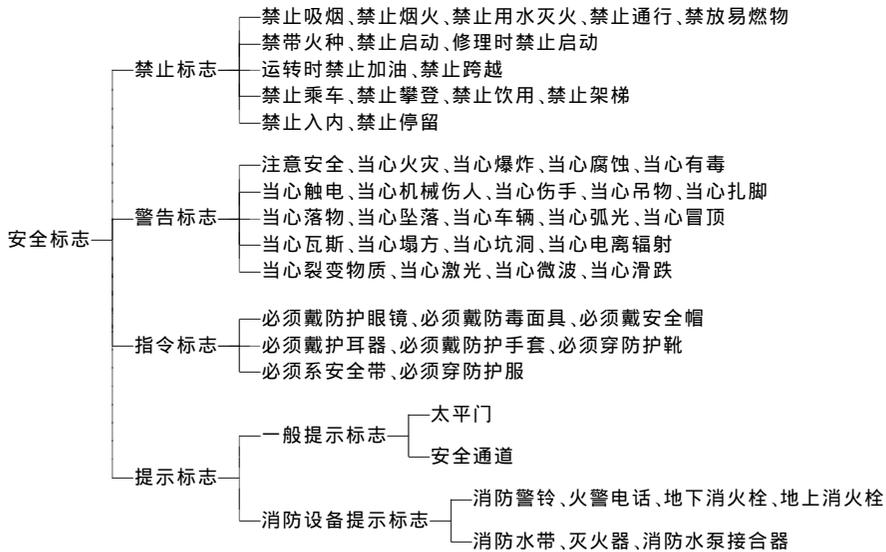


图 2-10 安全标志连续划分

将一个属概念划分为一个正概念和一个负概念的方法。

在安全系统工程中的事件树分析方法中运用了二分法与连续划分方法相结合的方法，它是将初始事件以有无某种属性进行划分，依次将负事件连续划分直到得出结果为止的一种分析方法。例如，图 2-11 的人工挖掘坑沟事件树分析。

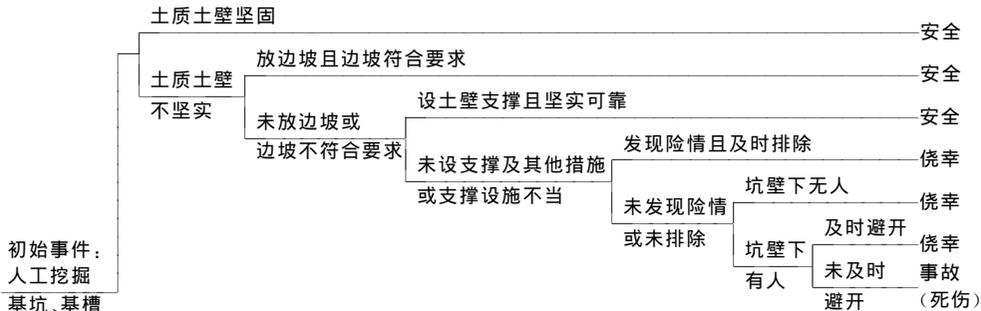


图 2-11 人工挖掘坑沟事件树分析

② 多分法就是将一个母项划分为三个或三个以上的子项。例如：爆炸可分为物理爆炸、化学爆炸和核爆炸三类。

(3) 按划分所依据的标准不同 划分可分为一般划分和科学划分（即分类）。

所谓一般划分是为达到实践目的而作的临时性划分，划分的标准是对象的非本质属性。例如将钢的腐蚀分为均匀腐蚀、点腐蚀、晶间腐蚀、应力腐蚀、疲劳腐蚀

五类。

所谓科学划分是根据对象的本质属性所作的划分，具有长期稳定性。例如化学元素的分类，事故类别的划分。科学划分具有重大的理论意义和实践意义，它可使有关对象的已有知识系统化，也可发现新事物，获得新知识。在新的更科学的划分出现前，原有的划分即使有缺陷，人们仍使用。

三、划分的规则

划分必须遵守下列划分规则：

- ① 划分后的各子项的外延和必须等于母项的外延，否则会犯“划分不完全”或“多出子项”的逻辑错误；
- ② 每次划分必须根据一个标准划分，否则会犯“混淆根据”的错误；
- ③ 划分后的子项概念外延必须互相排斥，以达到明确母项概念外延的目的，否则会犯“子项相容”的逻辑错误；
- ④ 划分必须按层次逐级进行，不能越级，否则会犯“越级划分”的逻辑错误。

四、分类

分类是指将具有共同点和差异点的事物区分为不同的种类。分类是人们对社会实践和科学认识的一种思维方法，是划分的一种特殊形式。它通过比较识别出事物以本质特征为主的共同点及差异点，将共同点的事物综合为较大的类，将差异点的事物划分为较小的类，形成不同等级但有着一定从属关系的系统，分类后的子项在系统中有比较固定的位置。例如门捷列夫元素周期表关于化学元素的分类，反映了各元素在周期表中有着固定的位置及其同族元素本质上的共同点和族与族之间的差异点，是科学史上有重大价值的一个分类。再如，从安全管理和技术监督的角度来考虑，压力容器可按图 2-12 进行分类。



图 2-12 压力容器分类

- ☆ 第一节 简单判断及其推理与安全生产
- ☆ 第二节 简单判断与直接推理
- ☆ 第三节 三段论
- ☆ 第四节 复合判断及其推理与认识事故

判断、推理与安全生产

第一节 简单判断及其推理与安全生产

一、判断的概述

1. 什么是判断

人们在表述事物时，需要将概念一个个联结起来形成判断；人们在分析事物时，需要用判断去揭示概念深刻的内涵；人们在进行推理时，需要由判断作为概念与推理的中间环节去揭示和说明概念。

判断是对对象有所断定的思维形式。它是对思维对象的论断，是对思维对象的情况有所肯定或有所否定的一种思维形式。例如：

- ① 压力容器操作是一种特种作业；
- ② 职工在劳动过程中因本人疾病造成的死亡，不按职工伤亡事故进行报告统计。

上述两例都是判定，例①判定思维对象“压力容器操作”具有“特种作业”属性，是肯定；例②反映思维对象“因病死亡”不具有“按职工伤亡事故报告统计”的属性，是否定。任何判断都是以肯定或否定来揭示思维对象的性质和关系。有所断定是判断的一个基本逻辑特征。

判断的第一特征是对思维对象有所断定。在断定时存在着是否符合实际的情况。凡是如实地按客观事物实际情况作出的断定为真判断；反之，凡不符合实际情况的断定为假判断。例如：

- ① 硝酸铵既可作肥料又可作炸药；
- ② 事故树分析方法不是安全系统工程的主要分析方法。

上例①是真判断；而例②则是假判断，去掉一个“不”字，就符合客观实际情况，且成为真判断。

一个判断客观上不是真的就是假的，这是判断的第二个特征，这是事实上的真假问题。因此，判断是对客观对象有所肯定或否定并且总是非真即假的一种思维形式。

进行安全检查、发现潜在危险的一种实用而简单的安全检查表，就是采用判断是真还是假的这种思维形式。例如，表 3-1 所示的“灭火器安全检查表”。

表 3-1 灭火器安全检查表

编号	安 全 检 查 项 目	是	否	备注
1	有足够数量的手持灭火器吗？			
2	灭火器的放置地点能使任何人都易看到吗？			
3	通往灭火器的通道畅通无阻吗？（任何时候通道上不应有障碍）			
4	每个灭火器上都有有效的检查标志吗？			
5	各灭火器对要扑灭的火灾适用吗？（湿式灭火器或泡沫灭火器对电气火灾不适用）			
6	操作人员都熟悉灭火器的操作吗？			
7	是否已用其他灭火器取代了四氯化碳灭火器？			
8	规定的所有地点都配备了灭火器吗？			
9	灭火剂易冻的灭火器（如湿式灭火器）采取防冻措施了吗？			
10	用过的或损坏的灭火器是否马上更新了？			
11	每个人都知道灭火器所在地点吗？			
12	汽车库内有必备的手持灭火器吗？			

逻辑学研究和解决判断在逻辑上的真假，揭示判断之间形式上的真假关系。这种真假的研究是研究推理为什么由真前提能得真结论的逻辑依据。

2. 判断与语句

判断和语句既密切相联系，又存在着明显的区别。了解判断与语句的联系和区别可以更好地识别判断，并正确地分析和使用判断。

判断和语句的密切联系表现在：语句是判断的语言形式，判断的形成、存在和表达都离不开语句；而判断则是语句的思想内容。例如：

水压试验是气瓶检验的主要项目。

这是用汉语语句表达的一个判断；而且，可用不同民族的语句来表达这同一判断，如用英语来表达：

Hydrostatic pressure test is the main item in gas cylinder qualification.

则与上述汉语语句表达的思想内容是完全一致的。

判断与语句的区别如下。

① 判断是一种思维形式，反映的是对思维对象直接和客观事物相联系，它是逻辑学的研究对象；而语句是语言形式，是思想的物质符号，不同民族、地区的语言形式也不同（如上例），它是语言学研究对象。

② 任何判断都要用语句表达，但并非任何语句都表示判断。

对事物进行直接陈述的陈述句，直接表达判断。如“氢气是一种易燃易爆的气体”。

一般的疑问句只提出一个问题，对情况无所断定，因此不表达判断。如“为什么会发生爆炸呢？”但反问句是无疑而问，以加强的语气表达了判断，如“这难道不是一氧化碳造成的中毒死亡？”。

祈使句只表达命令或请求，对事物情况无所断定，不表达判断。如“快把阀门打开”。

感叹句主要表达感情，但往往包含了对事物情况的断定，因此是间接表达判断的。如“这一工作多么危险啊！”预设了“这一工作是危险的”判断。

在不同的语境中，同一语句可以表达不同的判断，同一判断可以用不同的语句表达。如“他违章了”，既可理解“他违章作业”，也可理解“他违章指挥”；如“特种作业人员必须经安全技术培训、考核合格后，取得《特种作业操作证》后，方准独立作业。”与“没有什么特种作业可以不经安全技术培训、考试，在未取得《特种作业操作证》就可独立作业。”虽句子类型不同，但表达的判断是同一的。

人们通常将表达判断真假的语句称为命题。

3. 判断的种类

判断根据不同的划分依据可作如下划分。

根据判断中是否有模态词（如“可能”、“必然”）可划分为非模态判断和模态判断。

非模态判断根据是否包含其他判断，分为简单判断与复合判断。

简单判断指不包含其他判断作为其组成部分的判断。其特点是用概念组成的判断，在结构上不能再分解出其他判断。通常分为两种，即判定对象具有或不具有某种

性质的性质判断（又称“直言判断”）与断定对象与对象之间关系的关系判断。例如：

- ① 刨床不是特种设备；
- ② 甲基异氰酸酯的毒性比著名毒气——光气还要大得多。

上例①是性质判断，例②是关系判断。性质判断和关系判断又可分别分为若干种。

复合判断是由其他判断组成的判断，又称“复合命题”。它是由逻辑联结项联结简单判断所构成的，主要的逻辑联结词有“如果……那么……”、“或”、“并且”、“并非”等。复合判断根据其所包含的各个简单判断之间的结合情况可分为联言判断、选言判断、假言判断及负判断等。例如：

- ① 电工作业是特种作业，起重机械作业也是特种作业；
- ② 这个工程项目的安全评价可以用“蒙德法”或者用第七版“道化法”；
- ③ 只有加强安全管理，才能实现安全生产；
- ④ 并非所有工伤事故都是违章作业、违章指挥、违反劳动纪律造成的。

自例①～例④依次分别是联言判断、选言判断、假言判断和负判断。

模态判断又可分为可能判断和必然判断。

判断分类见图 3-1。

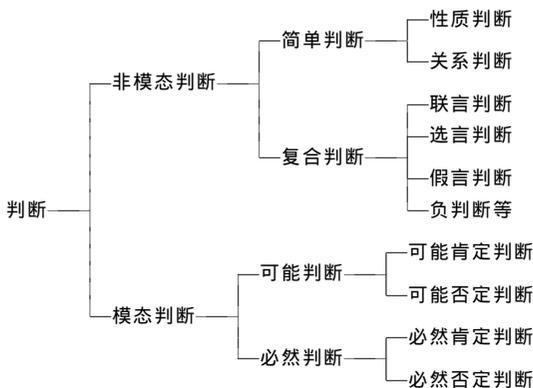


图 3-1 判断分类

判断是推理的组成要素，只有正确地了解和掌握各种判断以及各种相应推理的必要条件，才能正确地进行各种推理。

二、推理的概述

1. 什么是推理

推理是由一个或几个已知判断得出另一个新判断的思维形式。例如：

① 乙炔的爆炸极限是 1.5%~82.0% (下限低、范围大), 所以, 它是一种爆炸危险性大的物质;

② 建筑登高架设作业是一种特种作业, 是危险性大的一种作业, 所以, 登高作业人员必须严格遵守“十不登高”的要求。

推理由前提和结论两部分组成。

前提是推理所依据的作为出发点的已知判断; 结论则是指得出的新判断。前提和结论间存在着一定的推论关系。

推理的语言形式往往表现为复句或句群, 由“因为……所以……”、“由于……因而……”、“由此可见”等关联词语的复句或句群常常表达推理。

2. 推理的作用

推理是一种重要的思维形式, 在工作、生活以及科学研究中都离不开它, 是揭示事物本质联系, 使人们认识得到确证、发展的一种比较复杂、高级的思维形式。其作用表现在以下两方面。

(1) 推理是认识客观现实的一种重要方法 因为人们首先是依靠感官直接接触客观事物获得感性认识, 进一步在已有知识的基础上运用推理不断地揭示事物间的联系, 探求新的知识和新的规律, 丰富人们对客观现实的认识。例如:

安全电压 (42V、36V、24V、12V、6V 5 个等级) 是防止触电事故的基本措施之一, 人们习惯是把安全电压当作人体长时间直接接触也不会有危险的电压是一种误解, 即使把 36V 作为安全电压也是有条件的, 并非绝对安全; 所以, 在狭窄、行动困难、特别潮湿、导电面积大的场所要选用 12V 安全电压。

(2) 推理也是一种论证手段 在证明正确的论题, 反驳错误的观点时, 都需要运用推理。

3. 推理要有逻辑性

正确地进行推理以保证推出真实的结论, 必须遵守以下两个基本条件:

① 作为前提的判断要真实;

② 前提与结论之间的联系要合乎逻辑规则, 即推理形式正确、有效。例如:

某地石油六厂工人赵某在检修 264 装置前, 先用氮气置换罐内油气, 然后下入罐内, 很快倒在罐底不省人事。这时, 有人赶紧拴上保险绳下罐抢救, 一下去就觉得头晕憋气, 上面的人立即设法要将他拉上来。正在这危急之时, 安全员戴加民来了, 他喊道: “快点往罐内通氧气!” 一句话提醒了大家。氧气管很快送到赵某的嘴边, 这样赵某才慢慢地苏醒过来。

这个案例说明了安全员戴加民推理正确, 措施得力。其推理过程是:

用氮气置换油气会造成缺氧，缺氧会造成人员窒息，

因此需要紧急输氧进行抢救；

赵某及一抢救人员是缺氧窒息；

所以，应向赵某紧急输氧进行抢救。

由于推理前提真实，前提与结论间合乎逻辑规则，从而采取了有效的措施，避免了造成严重后果。而检修工在下罐检修前的推理则为：

用氮气置换过罐内的油气就可下罐检修；

264 装置已用氮气置换过罐内油气；

所以，可以进入 264 装置罐内进行检修。

赵某的推理前提的判断是不真实的，因为用氮气置换了油气，油气是少了，但在罐内氮气多了，氧气少了，尤其在罐底。而且，前提和结论间的联系不合乎逻辑规则，因为氮气虽置换了油气，人赖以生存供呼吸的氧气也被置换出来，造成了缺氧，人不可以就此贸然进入检修。需要进行罐内气体分析，在确认安全后方可入罐检修。对于有易燃、易爆或有毒介质的化工容器，在进行氮气置换、水蒸气吹扫后，还得取样进行气体分析和含氧量分析。确认安全后方可进入工作，否则就会发生燃烧、爆炸或中毒窒息事故，关于这方面的血的教训也是不少的。

4. 推理的种类

推理的形式多种多样，根据不同的标准可以作不同的分类。

① 根据推理所表现的不同思维进程可以分为：

- a. 演绎推理——从一般到特殊的推理；
- b. 归纳推理——从特殊到一般的推理；
- c. 类比推理——从特殊到特殊的推理。

② 根据前提与结论之间有否蕴涵关系可把推理分为：

a. 必然性推理——是前提与结论之间有蕴涵关系的推理，即前提为真，则结论必然为真；

b. 或然性推理——是前提与结论之间无蕴涵关系的推理，即前提为真，其结论未必为真。

③ 根据前提中有否模态判断，可将推理分为模态推理与非模态推理。

④ 根据前提中的判断是简单判断还是复合判断，可将推理分为简单判断推理和复合判断推理。

⑤ 根据前提的多少，可以将推理分为：

- a. 直接推理——以一个判断为前提的推理；

b. 间接推理——以两个或两个以上判断为前提的推理。

推理的分类见图 3-2。



图 3-2 推理分类

5. 演绎推理的特征

演绎推理是由一般性知识的前提推出特殊性或个别性知识的结论的一种推理。在这种推理中，推出的结论所涉及的知识范围不超出前提所涉及的知识范围，因而在前提中蕴涵了结论。所以，只要前提真，推理过程符合逻辑规则，则推出的结论就必然是真的。亦即，演绎推理是必然性推理。例如：

1984年10月22日，某县农科所驾驶员黄某（男，34岁）送氧气给拆船厂，经过磨头镇供销社门口大路上，被摊在地上的铁皮将油箱戳破。后来，他将空油箱送至何庄乡汽车修配厂修理。修理工告诉他，此油箱不能焊接，焊接时会发生爆炸。修理工是这样推理的：

如果盛装过汽油的容器未经彻底清洗进行焊接会发生爆炸；

此油箱盛装过汽油，且未彻底清洗就进行焊接；

所以，就会发生爆炸事故。

而黄某则将汽油箱拖到厂东墙外，用明火修理油箱，发生了爆炸，造成黄某身亡。

修理工的推理，前提真，推理形式正确，因而推出的是必然性结论，因为在前提中蕴涵了结论。

三、判断推理与分析认识事故

判断是组成推理的要素，从已知的判断出发推出结论，获得新的判断，展开新

的认识领域。而任何一次事故的调查、分析，查找原因，都需要根据所掌握的有关事故的已知判断去进行推理。例如：

某市重型机器厂在某日下午，二机车间快要下班时，发生了小江被锡水烫伤事故。几个老工人扶着他走出车间，只见他衣服、口罩和鞋上沾满了一层白花花的锡，眼镜外黏结着一块又大又厚的锡。大家说：“亏得小江戴着防护眼镜，不然他的眼睛就瞎了。”

那天下午，小江和一位师傅给 20 多张铜网上锡，当小江将第 5 张铜网浸入锡水时，突然锡水发生爆喷。经分析，这是由于铜网浸入盐酸前未清洁处理好，浸入盐酸后又未完全拍干，在未汽化完就浸入锡水中上锡。而铜网凉，残留有盐酸水气，因此遇高温的锡水就发生了爆喷。

对此事故的分析认识就运用了判断推理。人们有一般性的认识：“铜网凉又残留有盐酸水气，遇高温的锡水就会发生爆喷。”而小江给铜网上锡正是这种情况：铜网浸入盐酸前未清洁处理好，浸入盐酸后又未完全拍干，在未汽化完就浸入锡水中上锡，因而造成锡水爆喷，发生小江被锡水烫伤的后果。

事实上，根据生产中的事故教训人们可以归纳推理得出：高温锡水、铝水、铜水、钢水（熔融状态）等，甚至高温物体，遇水（一般是常温）会使水迅速汽化，体积急剧膨胀而产生爆炸。这是值得人们普遍注意的事。

第二节 简单判断与直接推理

一、性质判断

1. 什么是性质判断

性质判断是断定对象具有或不具有某种属性的判断，又称“直言判断”。例如：

- ① 安全是一门科学；
- ② 盐酸不是爆炸性物质。

上述两例都是对事物直接断定其具有或不具有某种属性的性质判断。

性质判断有下述四部分组成。

(1) 主项 判断中表示思维对象的概念叫主项。常用“S”表示。如上述两例中的“安全”及“盐酸”都是主项。

(2) 谓项 表示判断对象性质的概念叫谓项。常用“P”表示。如上述两例中的“科学”、“爆炸性物质”都是谓项。

(3) 联项 联结主项和谓项的概念叫联项。常用“是”或“不是”表示，“是”表示肯定联项，“不是”表示否定联项，在自然语言中，“是”有时被省略。

(4) 量项 判断中表示主项数量或范围的概念叫量项。可分全称量项和特称量

项两种。

全称量项——表示在一个判断中对主项的全部外延做了断定，通常用“所有”、“一切”、“凡”来表示。在自然语言中，全称量项有时省略。如“尘肺是发病率、死亡率高的职业性疾病。”在这个判断的主项“尘肺”前省略了全称量项“所有”。

特称量项——表示在一个判断中对主项的全部外延并未做断定，通常用“有的”、“有些”等来表示，不能省略，如“有些爆炸是由静电火花引起的”。

性质判断的基本逻辑形式为：所有（有的） S 是（不是） P 。

2. 性质判断的种类

按性质判断的联项（称为判断的“质”）和量项（称为判断的“量”），可以将性质判断分为六种。

（1）全称肯定判断 是断定某类的所有对象都具有某种性质的判断。例如“燃烧是伴随有发光、放热的氧化反应”。其逻辑形式是：

所有 S 都是 P

通常表示为：“ SAP ”或“ A ”

（2）全称否定判断 是断定某类的所有对象都不具有某种性质的判断。例如“所有车工都不是特种作业人员”。其逻辑形式是：

所有 S 不是 P

通常表示为：“ SEP ”或“ E ”

（3）特称肯定判断 是断定某类对象中有的对象具有某种性质的判断。例如“有些事故是由不正确穿戴劳动防护用品引起的”。其逻辑形式是：

有的 S 是 P

通常表示为：“ SIP ”或“ I ”

（4）特称否定判断 是断定某类中有的对象不具有某种性质的判断。例如“有些设备不是特种设备”。其逻辑形式是：

有的 S 不是 P

通常表示为：“ SOP ”或“ O ”

（5）单称肯定判断 是断定某一个别对象具有某种性质的判断。例如“这次触电事故是责任事故”。其逻辑形式是：

这个 S 是 P

（6）单称否定判断 是断定某一个别对象不具有某种性质的判断。例如“小李不是安全员”。其逻辑形式是：

这个 S 不是 P

由于单称判断虽是对某一个别对象具有或不具有某种性质的断定，但却反映了对主项全部外延的断定，所以，在三段论推理时，单独判断可看作全称判断。因此，性质判断就归纳为 A、E、I、O 四种基本类型。

3. 性质判断主、谓项的周延性

为了准确地把握性质判断的逻辑特性，需要分析性质判断中主项、谓项的周延性，以便正确地进行，如直接推理、三段论等相关推理。

性质判断主项、谓项的周延性是指在 A、E、I、O 四种性质判断中，对主项、谓项外延数量的断定情况。如果在一个判断中，它的主项（或谓项）的全部外延做了断定，则这个主项（或谓项）就是周延的；如果没有对它的主项（或谓项）的全部外延做出断定，则这个判断的主项（或谓项）是不周延的。

十分明显，在全称判断中，主项应是周延的；而在特称判断中，主项就是不周延的。而在否定判断中，由于其谓项总是以全部外延与主项相排斥，所以谓项都是周延的；而在肯定判断中，谓项就都是不周延的。例如：

- ① 电焊作业是明火作业； (A 判断)
- ② 眼睛老化不是职业病； (E 判断)
- ③ 有些火灾是吸烟不慎引起的； (I 判断)
- ④ 有些事故不是由违章作业造成的。 (O 判断)

性质判断的四种基本类型及其主项、谓项的周延情况可见表 3-2。

表 3-2 性质判断种类及其主项、谓项的周延性

名 称	逻辑形式	缩写形式	符号	主 项	谓 项
全称肯定判断	所有 S 都是 P	SAP	A	周延	不周延
全称否定判断	所有 S 不是 P	SEP	E	周延	周延
特称肯定判断	有些 S 是 P	SIP	I	不周延	不周延
特称否定判断	有些 S 不是 P	SOP	O	不周延	周延

二、性质判断的直接推理

直接推理是以一个判断为前提而推出结论的推理。其前提和结论间具有蕴涵关系，所以只要前提真，推理形式合乎逻辑规则，则其结论必然真。通过直接推理可以将前提中隐含的知识在结论中展示出来，从而获得一定程度的新知识。直接推理有许多种，其中的性质判断的直接推理主要有两种，分述如下。

1. 性质判断的变形直接推理

性质判断变形直接推理是指改变前提判断的联项或改变主项与谓项的位置，来推出结论的直接推理。主要有换质法、换位法及换质位法。

(1) 换质法 它是通过改变前提性质判断的联项性质（肯定变为否定，否定变为肯定），并将谓项概念换成原概念的矛盾概念，从而推出一个与其等值的新判断的直接推理。A、E、I、O 四种判断换质推理举例如下。

① A 判断的换质，如“氧化剂是在氧化还原反应中获得电子的物质；所以，氧化剂不是在氧化还原反应中失去电子的物质。”

$$\text{公式：} SAP \Rightarrow SE\bar{P}$$

(注：符号“ \Rightarrow ”表示推出，符号“ $-$ ”表示否定)

② E 判断的换质，如“职工在劳动过程中因病死亡不是工伤事故；所以，职工在劳动过程中因病死亡是非工伤事故。”

$$\text{公式：} SEP \Rightarrow SA\bar{P}$$

③ I 判断的换质，如“有些物质是有毒的；所以，有些物质不是无毒的。”

$$\text{公式：} SIP \Rightarrow SO\bar{P}$$

④ O 判断的换质，如“有些物质不是易燃、易爆品；所以，有些物质是非易燃、易爆品。”

$$\text{公式：} SOP \Rightarrow SI\bar{P}$$

换质法推理的结论和前提同真同假，将两者互换位置仍具有推出关系，所以换质法是可以互推的，用“ \Leftrightarrow ”表示互推关系，则上述四式分别为： $SAP \Leftrightarrow SE\bar{P}$ 、 $SEP \Leftrightarrow SA\bar{P}$ 、 $SIP \Leftrightarrow SO\bar{P}$ 、 $SOP \Leftrightarrow SI\bar{P}$ 。

(2) 换位法 它是将前提判断的主项和谓项位置调换而不改变原判断性质的一种直接推理。这种推理的质相同，不周延项仍不周延。因此，只有 A、E、I 三种判断可以进行换位。因为 O 判断主项是不周延的，如若换位，其主项不周延换到否定判断的谓项位置就周延了，扩大了外延，结论所断定的范围超出了前提，也就不能保证结论必然为真。

A、E、I 三种判断的换位推理举例如下。

① A 判断的换位，如“氰及其化合物是无机剧毒物品；所以，有些无机剧毒物品是氰及其化合物。”

$$\text{公式：} SAP \Rightarrow PIS \text{ (式中“} \Rightarrow \text{”表示推出关系)}$$

② E 判断的换位，如“职业病不是工伤事故；所以，工伤事故不是职业病。”

$$\text{公式：} SEP \Rightarrow PES$$

③ *I* 判断的换位，如“有些有机物是易燃、易爆物品；所以，有些易燃、易爆物品是有机物。”

公式： $SIP \Rightarrow PIS$

换位法有改变前提判断思维对象及揭示前提判断谓项的周延性，以加深对客观事物认识的作用。

(3) 换质位法 它是通过改变前提的质，相继改变前提判断的主项、谓项位置，从而推出一个新判断的直接推理，程序是：原判断→换质→换位→新判断。由于 *I* 判断先换质就变成 *O* 判断，而 *O* 判断是不能换位的，所以只有 *A*、*E*、*O* 三种判断可换质位。换质位法的特点是：结论判断的质与前提判断相反，结论判断的主项是前提判断谓项的矛盾概念。举例如下。

① *A* 判断的换质位法，例如：

危险状态是需要立即进行整改的。

危险状态不是不需要立即进行整改的。

不需要立即进行整改的不是危险状态。

公式： $SAP \Rightarrow SEP \Rightarrow \bar{PES}$

② *E* 判断的换质位法，例如：

指数法不是以故障发生概率为基础的评价方法；所以，有些不是以故障概率为基础的评价方法是指数法。

公式： $SEP \Rightarrow SAP \Rightarrow \bar{PIS}$

③ *O* 判断换质位法，例如：

有些毒物不是无机物；所以，有些有机物是毒物。

公式： $SOP \Rightarrow SIP \Rightarrow \bar{PIS}$

换质位法兼有换质法和换位法的优点，它既改变了前提判断的思维对象，又从正反两个方面来全面简述一个思想，使思想表达得更鲜明、准确、有力。

2. 性质判断的对当关系及对当推理

性质判断的对当关系是指具有相同主项、谓项的 *A*、*E*、*I*、*O* 四种判断相互之间存在着真、假制约关系。逻辑上称这种关系为对当关系。对当关系有以下四种。

(1) *A* 判断和 *E* 判断之间是反对关系 反对关系是指具有相同主、谓项的全称肯定判断 (*A*) 与全称否定判断 (*E*) 之间不能同真，但可以同假的关系。即可由其中的一个真必然推出另一个假；但由其中的一个假不能必然推出另一个为真。例如：

- ① 所有事故都是有原因的。 (A 真)
 所有事故都不是有原因的。 (E 假)
- ② 高血压不是职业病。 (E 真)
 高血压是职业病。 (A 假)
- ③ 这个房间所有的人都是安全员。 } (其中任一判断假，
 这个房间所有的人都不是安全员。 } 无法判断另一判断真假)

(2) *A* 判断和 *I* 判断、*E* 判断和 *O* 判断之间是从属关系，或称差等关系 *A* 判断是全称判断，*I* 判断是与 *A* 同质的特称判断，所以两个判断可以同真，也可以同假。即若 *A* 真，*I* 一定真；若 *A* 假，*I* 真假不定；若 *I* 真，*A* 真假不定；若 *I* 假，*A* 必假。*E* 与 *O* 之间的真假情况和 *A* 与 *I* 的真假情况相同。逻辑上称这种关系为从属关系，或差等关系。例如：

- ① 凡闪点小于 60℃ 的液体都是易燃液体。 (A 真)
 有些闪点小于 60℃ 的液体是易燃液体。 (I 真)
- ② 车间内所有设备都是特种设备。 (A 假)
 车间内有的设备是特种设备。 (不能断定 *I* 真假)
- ③ 车间内有些作业人员经过培训。 (I 真)
 车间内所有作业人员都经过培训。 (不能断定 *A* 真假)
- ④ 有些塑料有腐蚀性。 (I 假)
 所有塑料都有腐蚀性。 (A 假)

(3) *A* 判断与 *O* 判断、*E* 判断与 *I* 判断之间是矛盾关系 *A* 判断与 *O* 判断、*E* 判断与 *I* 判断之间既不能同真，也不能同假。逻辑上称这种关系为矛盾关系。例如：

- ① 所有金属都有毒。 (A 假)
 有的金属无毒。 (O 真)
- ② 所有职工因工伤亡事故都需要按“三不放过”原则进行认真调查，严肃处理。 (A 真)
 有的职工因工伤亡事故不需要按“三不放过”原则进行认真调查，严肃处理。 (O 假)

(4) *I* 判断与 *O* 判断之间是下反对关系 *I* 判断与 *O* 判断之间具有不能同假，但可同真的关系。即若 *I* 假，则 *O* 真；若 *O* 假，则 *I* 真；若 *I* 真，则 *O* 真假不定；若 *O* 真，则 *I* 真假不定。逻辑上称这种关系为下反对关系。例如：

- ① 有些事故是可以避免的。 (I 真)

有些事故不是可以避免的。

(O 真假不定)

② 有些气体是有毒的。

(I 真)

有些气体不是有毒的。

(O 真)

③ 有些金属是绝缘体。

(I 假)

有些金属不是绝缘体。

(O 真)

(5) 逻辑方阵与对当推理 对当关系是具有相同素材的六种直言判断间的真假关系。这六种直言判断是： SAP 、 SEP 、 SIP 、 SOP ，“这个 S 是 P ”和“这个 S 不是 P ”。相同素材指“ S ”和“ P ”分别用相同的语词代换。如若“ S ”指“生产设备”，“ P ”指“特种设备”，则有如下六种直言判断：

所有的生产设备都是特种设备；

所有的生产设备都不是特种设备；

有的生产设备都是特种设备；

有的生产设备不是特种设备；

这台生产设备是特种设备；

这台生产设备不是特种设备。

这六种直言判断的对当关系可用菱形逻辑方阵图表示，如图 3-3 的方阵图表示。

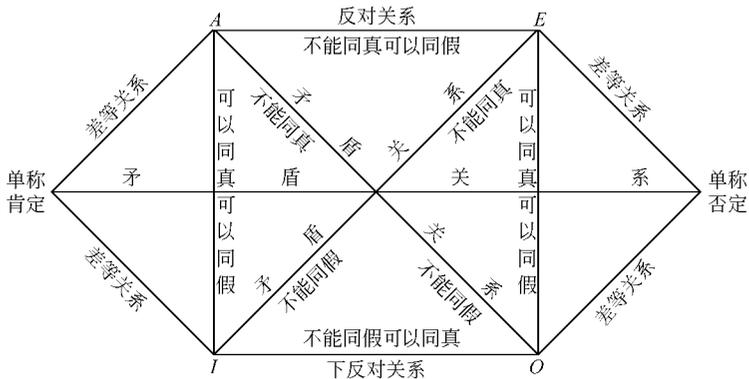


图 3-3 菱形逻辑方阵

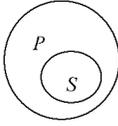
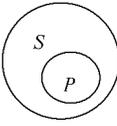
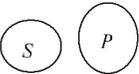
由于主项 S 类与 P 类的关系有五种，即 S 与 P 全同关系； S 真包含于 P ； S 真包含 P ； S 与 P 交叉关系； S 与 P 全异关系。

关于 SAP 、 SEP 、 SIP 和 SOP 间的真假关系，有：

当且仅当 S 与 P 具有全同关系或真包含于关系时， SAP 真；其余三种情况 SAP 均假；

当且仅当 S 与 P 具有全异关系时, SEP 真; 其余四种情况, SEP 均假;
 当且仅当 S 与 P 具有全异关系时, SIP 假; 其余四种情况, SIP 均真;
 当且仅当 S 与 P 具有全同关系时或真包含关系时, SOP 假; 其余三种情况,
 SOP 均真。由此可列出真值见表 3-3。

表 3-3 真值表

判断的 真假	S 与 P 间 的关系					
判断的类型						
SAP	T	T	F	F	F	F
SEP	F	F	F	F	F	T
SIP	T	T	T	T	T	F
SOP	F	F	T	T	T	T

注: 表中“T”表示真, “F”表示假。

根据真值表, 有如下四种关系。

- ① 矛盾关系, A 与 O , E 与 I 间既不能同真, 也不能同假。
- ② 反对关系, A 与 E 间不能同真, 但可同假。
- ③ 下反对关系, I 与 O 间不同假, 但可同真。
- ④ 差等关系, A 与 I 、 E 与 O 间可以同真, 但不必然同真; 可以同假, 但不必然同假。

单称肯定判断“这个 S 是 P ”与单称否定判断“这个 S 不是 P ”间, 既不能同真, 又不能同假的矛盾关系。

单称肯定判断、单称否定判断与 A 、 E 、 I 、 O 的关系都是差等关系, 如图 3-3 所示。

A 真则单称肯定判断必真, 单称肯定判断真, 则 I 必真;

I 假则单称肯定判断必假, 单称肯定判断假, 则 A 必假;

A 假则单称肯定判断真假不定, 单称肯定判断假, 则 I 真假不定;

I 真则单称肯定判断真假不定, 单称肯定判断真, 则 A 真假不定。

E 与单称否定判断、单称否定判断与 O 间的差等关系亦然。

三、模态判断与模态方阵对当推理

1. 什么是模态判断

客观世界存在的事物既相互制约又相互联系, 联系的密切程度不尽相同。因此

反映这些事物的属性，对事物的判断，在逻辑上用模态判断予以表达。

模态判断是断定事物可能性或必然性的判断。涉及陈述或真或假的问题。在模态判断中有位置不固定的模态词，如“必然”、“可能”、“必定”、“或许”、“偶然”等，这也是模态判断最显著的标志。在安全生产及对事故的分析认识中常常会遇到必然、可能及其否定形式的判断。例如：

严重违章指挥必定会发生事故。

乙炔与铜、银生成的乙炔铜、乙炔银，受摩擦或冲击会发生爆炸是必然的。
事故是有偶然性的。

触电 12min 后开始救治，救活的可能性小。

这次火灾由于吸烟不慎引起是可能的。

工作时必须正确穿戴好劳动防护用品。

2. 模态判断的种类

模态判断根据所断定事物的情况是可能性的还是必然性的分为两种：必然判断和可能判断又都可以分为肯定判断和否定判断。因此模态判断有下列四种形式。

(1) 必然肯定模态判断 它是断定事物情况必然存在的模态判断。公式为：“‘S 是 P’ 是必然的” 或用符号表示为 “ $\square p$ ” (“ \square ” 表示 “必然” 模态词的符号，读作 “必然 p ”)。例如：

违反操作规程必然会受到惩罚。

(2) 必然否定模态判断 它是判定事物情况必然不存在的模态判断。公式为：“‘S 不是 P’ 是必然的” 或用 “ $\square \neg p$ ” (读作 “必然非 p ”，符号 \neg 为否定词，读作 “并非”) 表示。例如：

重大事故必然不利于社会安定。

(3) 可能肯定模态判断 它是断定事物情况可能存在的模态判断。公式为：“‘S 是 P’ 是可能的” 或用 “ $\diamond p$ ” (“ \diamond ” 表示模态词 “可能”，读作 “可能 p ”) 表示。例如：

不系安全带登高作业发生高处坠落事故是可能的。

(4) 可能否定模态判断 它是判断事物情况可能不存在的模态判断。公式为：“‘S 不是 P’ 是可能的” 或用 “ $\diamond \neg p$ ” (读作 “可能非 p ”) 表示。

模态判断的种类可归纳如下。

① 必然肯定模态判断 (必然 p)，如：高处坠落必然发生死亡事故。

② 必然否定模态判断 (必然非 p)，如：高处坠落必然不发生死亡事故。

③ 可能肯定模态判断 (可能 p)，如：高处坠落可能发生死亡事故。

④ 可能否定模态判断（可能非 p ），如：高处坠落可能不发生死亡事故。

3. 模态方阵对当推理

主项和谓项相同的。上述四种模态判断间存在着与性质判断相类似的对当关系，它们之间的真假制约关系，也可以用菱形逻辑方阵来表示，简称模态方阵，如图 3-4 所示。有四种模态间的关系。

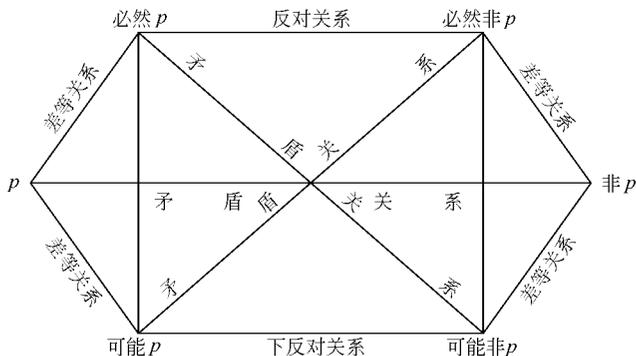


图 3-4 模态方阵

(1) 反对关系 必然 p 与必然非 p 是反对关系，不可同真可以同假。一个判断真，则另一个判断假；而一个判断假，另一个判断真假不定。

(2) 等差关系 必然判断真则可能判断必真；必然判断假则可能判断不定；可能判断假则必然判断必假；可能判断真则必然判断不定。

(3) 矛盾关系 不能同真，也不能同假。一真则另一必假，一假则另一必真。

(4) 下反对关系 不能同假，可以同真。一真则另一不定，一假则另一必真。

上述四种判断按对当关系，互相推出的关系，可以列表 3-4 表示。

表 3-4 四种判断关系

推知 已知真	必然 p	必然非 p	可能 p	可能非 p	推知 已知假
必然 p	真	假	真	假	可能非 p
必然非 p	假	真	假	真	可能 p
可能 p	不定	假	真	不定	必然非 p
可能非 p	假	不定	不定	真	必然 p

例如，“含有过氧基（—O—O—）的过氧化物必然是强氧化剂”。（必然 p ）真；根据反对关系推知“含有过氧基的过氧化物必然不是强氧化剂”。（必然非 p ）假；根据矛盾关系推知“含有过氧基的过氧化物可能不是强氧化剂”。（可能非 p ）

假；根据等差关系推知“含有过氧基的过氧化物可能是强氧化剂”。(可能 p)，真。

四、规范判断与规范方阵对当推理

1. 什么是规范判断

规范判断也是模态判断的一种，所以又称规范模态判断。它是指含有“必须”、“禁止”、“允许”、“容许”等规范词的模态判断。它是涉及人的行为规范（包括道德规范、法律规范、规章制度、纪律等），使用的规范词的一种模态判断。亦即，它是在一定情况下给人的行为提出某种命令或规定的判断。正确的判断系指符合科学和社会上大多数人的规范，不正确的判断系指不符合科学和社会上大多数人的规范。这在安全生产中规定人们的安全行为对预防事故的发生具有重要的作用。例如：

高处作业必须系安全带。

进入工地必须戴安全帽。

作业时必须正确穿戴好劳动防护用品。

机器运转时禁止加油。

油类及电器火灾禁止用水灭火。

吊物下禁止停留。

允许暂时停止作业。

工作场所空气中甲醛最高容许浓度为 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

不允许安排女职工在经期从事食品冷冻库内等低温作业。

由于规范判断主要是表示对人的行为的直接命令的判断，其内容是一定社会集团或阶级意志的表现，因而一般不是看作直接表示真假的。所以，通常认为规范判断是非真值模态判断。

此外，规范判断中的模态词，只要保持同一概念，可以使用不同的语词，如规范词“必须”（用“O”表示），可以用“应当”、“一定要”、“不容许”等；规范词“禁止”（用“F”表示），可以用“不准”、“不得”、“不可”等；规范词“允许”（用“P”表示），可以用“可以”、“准予”、“许可”等。

2. 规范判断的种类

规范判断规范词划分为三类，因而分为必须判断、禁止判断和允许判断三类。每类判断又都可以是肯定和否定的，因此规范判断有六种。

(1) 必须肯定判断（用 O_p 表示）它是用来要求人们行为一定要遵守什么，执行什么，否则就不允许，是带有强制性的一种判断。是符号表示为“ O_p ”（读作：“必须 p ”）例如：

所有职工都必须遵守劳动纪律。

(2) 必须否定判断 它是规定某种行为必须不实施的判断。用公式表示为“ $O_{\neg p}$ ” (读作“必须非 p ”)。例如：

油库区域内必须无烟火。

(3) 禁止肯定判断 它是对有关行为作出硬性规划范围，指明在什么范围内禁止哪些行为。用公式表示为“ F_p ” (读作“禁止 p ”)。例如：

油库区域内禁止烟火。

由 (2)、(3) 可知， F_p 与 $O_{\neg p}$ 其判定是相等的，因而可以将“ F_p ” 并入“ $O_{\neg p}$ ”。

(4) 禁止否定判断 它是规定某种行为不得不实施的判断。用公式表示为“ $F_{\neg p}$ ” (读作“禁止非 p ”)。例如：

所有职工都禁止不遵守劳动纪律。

同样，由 (1)、(4) 知， O_p 与 $F_{\neg p}$ 其判定是相等的，因而可以将“ $F_{\neg p}$ ” 并入“ O_p ”。

(5) 允许肯定判断 它是规定某种行为可以实施的判断。用公式表示为“ P_p ” (读作“允许 p ”)。例如：

这个走廊内允许吸烟。

(6) 允许否定判断 它是规定某种行为可以不实施的判断。用公式表示为“ $P_{\neg p}$ ” (读作“允许非 p ”)。

上述六种规范模态判断可以归纳为如下四种：

- a. 必须 p (O_p)；
- b. 必须非 p ($O_{\neg p}$)；
- c. 允许 p (P_p)；
- d. 允许非 p ($P_{\neg p}$)。

但是，在安全上通常仍经常使用禁止肯定判断、允许肯定判断。

3. 规范方阵与对当推理

上述四种规范判断也可用一个逻辑方阵 (即“规范方阵”) 来表示它们的正确与错误的对当关系。如图 3-5 所示。

图 3-5 中表明了四种规范判断间的正确与错误的对当关系，由一个规范判断的正确与否去推知另一个规范判断的正确与否，此即为规范方阵的对当推理。分述如下。

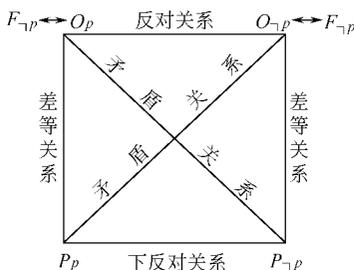


图 3-5 规范方阵

(1) 反对关系 (O_p 和 $O_{\neg p}$) 一个判断正确则另一个判断不正确；一个判断不正确则另一个判断是否正确不定。例如：

“操作工必须遵守操作规程”正确，由反对关系推知“操作工必须不遵守操作规程”是完全错了。

(2) 差等关系 (O_p 和 P_p ； $O_{\neg p}$ 和 $P_{\neg p}$) 必须判断正确则允许判断必定正确；允许判断不正确则必须判断肯定不正确；必须判断不正确。则允许判断正确与否不定；允许判断正确则必须判断不一定正确。例如：

由“必须遵章守纪”正确，推知“允许遵章守纪”正确（差等关系）。

(3) 矛盾关系 (O_p 和 $P_{\neg p}$ ； $O_{\neg p}$ 和 P_p) 一个判断正确则另一个判断错误；一个判断为错误则另一个判断必定正确。例如：

由“司机驾驶车辆前必须喝酒”错误，推知“司机驾驶车辆前不准喝酒”正确。

由“高处作业允许不系安全带”错误，推知“高处作业必须系安全带”正确。

(4) 下反对关系 (P_p 和 $P_{\neg p}$) 一个判断为错误则另一个判断为正确；一个判断为正确则另一个判断正确与否不定。例如：

由“违章操作可允许不纠正”为错误，推知“违章操作允许纠正”为正确。

五、关系判断与关系推理

1. 什么是关系判断

它是判断对象与对象之间关系的一种判断。例如：

① 高处作业难于地面作业。

② 黄磷比油布容易自燃。

这两个判断都是关系判断，分别断定了“高处作业”和“地面作业”有“难于”的关系，“黄磷”和“油布”有“比……容易”的关系。

关系判断由关系者项、关系项和量项三部分组成。

(1) 关系者项 表示关系承担者的概念。在前的关系项称关系前项，可用“ a ”表示，如例①中的“高处作业”，例②中的“黄磷”；居后的关系项称关系后项，可用“ b ”表示，如例①中的“地面作业”，例②中的“油布”。如果关系项较多，分别称第一关系者项、第二关系者项、第三关系者项……可以分别用 a 、 b 、 c 、…、 n 表示。

(2) 关系项 “关系”是表示各个相关对象借以联结起来的某种情况的概念。可分为“二项关系”和“多项关系”。如前面二例中的“难于”、“比……容易”。

“关系”通常用“R”表示。

(3) 量项 量项是表示关系项数量的概念。例如：

- ① 珠穆朗玛峰比世界上所有山峰都高。
- ② 建筑、冶金、矿山等一些行业比电子行业危险性大。

前面例①、②中，“所有”及“一些”都是量项，前者称为全称量项，后者称为特称量项。为简化，不考虑量项。

根据关系判断的组成，其基本逻辑形式为： aRb （肯定）或 $a\bar{R}b$ （否定）。

2. 关系的性质

客观事物之间的关系纷繁复杂，种类很多，无法详举。普通逻辑仅按关系中存在着的一些逻辑特性加以分类研究。最主要的有关系的对称性和关系的传递性。

(1) 关系的对称性

① 对称关系 若当关系前项 a 同关系后项 b 具有关系 R （即“ aRb ”为真）时， b 同 a 也必具有关系 R （即“ bRa ”为真），则关系 R 为对称关系。例如：

- a. 1 巴 (bar) 等于 0.1 兆帕 (MPa)。
- b. 2,4,6-三硝基甲苯就是梯恩梯炸药。

对称关系的特点是： aRb 真， bRa 亦真。

② 反对称关系 若当 a 同 b 具有关系 R 时， b 同 a 必定不具有关系 R （即 bRa 为假），则关系 R 为反对关系。例如：

- a. “道化法”早于“蒙德法”。
- b. 氢比氨容易爆炸。

反对称关系的特点是： aRb 真时， bRa 必假。

③ 非对称关系 若当 a 同 b 具有关系 R 时， b 同 a 可以具有关系 R ，也可以不具有关系 R ，则关系 R 为非对称关系。例如：

- a. 安技员老王批评了小李。
- b. 老张佩服这位老安全工程师。

非对称关系的特点是： aRb 真时， bRa 可能真，亦可能假。

正确判断一种关系的对称性，有助于正确地作出关系判断和进行正确的关系推理。

(2) 关系的传递性

① 传递关系 若当关系项 a 同关系项 b 具有关系 R ，而 b 同关系项 c 也具有关系 R 时， a 同 c 必定具有关系 R ，则此关系 R 为传递关系。例如：

a. 硝化甘油的爆热比泰安大，泰安的爆热比梯恩梯的爆热大，则硝化甘油的爆热比梯恩梯的爆热大。

b. 光气的毒性高于氯气，氯气的毒性高于氨气，所以，光气的毒性高于氨气。传递关系的特点是： aRb 真，并且 bRc 真，则 aRc 亦真。

② 反传递关系 若当 a 同 b 具有关系 R ，而 b 同 c 也具有关系 R 时， a 同 c 必定不具有关系 R ，则此关系 R 为反传递关系。例如：

硫化氢在工作场所空气中的最高容许浓度（ $10\text{mg}/\text{m}^3$ ）比甲醛高 $9.5\text{mg}/\text{m}^3$ ，甲醛比砷化氢高 $0.47\text{mg}/\text{m}^3$ ，则硫化氢的最高容许浓度比砷化氢高 $0.47\text{mg}/\text{m}^3$ 。（假）

反传递关系的特点是： aRb 真，且 bRc 真，则 aRc 必然假。

③ 非传递关系 若当 a 同 b 具有关系 R ，而 b 同 c 也具有关系 R 时， a 同 c 可能具有关系 R ，也可能不具有关系 R ，则此关系 R 为非传递关系。诸如“喜欢”、“认识”、“挽救”、“批评”、“尊重”等都是非传递关系，例如：

未用安全带造成高处坠落，高处坠落造成伤亡。未用安全带造成伤亡。（假）未用安全带可能造成伤亡，也可能不造成伤亡（如高处坠落时被安全网接住，或衣物等被挂住等则不会造成伤亡）。

非传递关系的特点是： aRb 真，且 bRa 真时，则 aRc 可能为真亦可能为假。

正确判明一种关系的传递性，有助于正确作出关系判断和进行正确的关系推理。

3. 关系推理

关系推理是指前提中包含关系判断，按对象间关系的逻辑性质进行推演的演绎推理。可分为直接关系推理和间接关系推理两种。关系推理的结论是从前提中必然推出的，也是一个关系判断。关系推理在逻辑证明中，特别是在数学证明中起着重要的作用。

关系推理分为直接关系推理和间接关系推理两种。

(1) 直接关系推理 直接关系推理是从一个关系判断推出另一个关系判断的推理。常见的有两种。

① 对称性关系推理 公式是：当 R 为对称性关系时，那么， aRb 可以推出 bRa 。

例如，“ 1atm 等于 760mmHg ，所以， 760mmHg 等于 1atm ”。

② 反对称性关系推理 公式是：当 R 为反对称性关系时，那么， aRb 可以推出 $b\bar{R}a$ （ \bar{R} 读作非 R ）。

例如，“电线用铜丝优于铝丝，所以，电线用铝丝不优于铜丝”。

(2) 间接关系推理 间接关系推理是从两个关系判断推出一个关系判断的关系推理。常见的有两种。

① 传递性关系推理 公式是：当 R 为传递性关系时，那么， aRb, bRc 可以推出 aRc 。

例如，“光气的毒性比氯气大，氯气毒性比氯化氢大，所以，光气的毒性比氯化氢大”。

② 反传递性关系推理 公式是：当 R 为反传递性关系时，那么， aRb, bRc 可以推出 $a\bar{R}c$ 。

例如，“甲车间噪声比乙车间高 2dB (A)，乙车间比丙车间高 2dB (A)，所以，甲车间噪声比丙车间不是高 2dB (A)，而是高 4dB (A)”。

③ 关系连锁推理 它是根据一个偶发事件对其他一些因素所发生的影响。进而推测与这些因素有联系的另一事件也随之产生影响的一种推理方法。可用符号表示如下：

$$\begin{array}{l} aRb, bRc; \\ a \text{ 出现问题, 会影响 } b; \\ \hline \text{所以, } c \text{ 也会出现问题。} \end{array}$$

例如：

a. 1973 年扎伊尔发生叛乱，日本三菱公司决策人进行了关系连锁推理：与扎伊尔相邻的赞比亚是世界重要铜矿生产基地，扎伊尔发生叛乱可能会影响到赞比亚的铜矿生产，这又会影响到世界市场上的铜的产量及价格。

于是决定大量买进铜，后来叛军果然逃向铜矿，铜产量下降，价格上升，由此三菱公司大赚了一笔钱。

b. “有完善的规章制度，职工便就有章可循，遵章守纪就可以不发生事故”。这就是一个关系连锁推理（事实上，目前国内 85% 以上的事故由违章作业、违章指挥、违反劳动纪律造成的）。

第三节 三段论

一、三段论的概述

三段论是由两个包含着一个共同项的性质判断（即直言判断）为前提，推出一个新的性质判断为结论的演绎推理。例如：

凡噪声是人们不需要、不愿听到的声音；

车间内的金属敲击声是噪声；

所以，车间内的金属敲击声是人们不需要、不愿听到的声音。

任何三段论都是由三个性质判断（两个是前提，一个是结论）所组成，而且三个判断中一定有且仅有三个不同的概念。这三个不同的概念各有各的名称，分别为：

结论中的主项称为“小项”，用“S”表示，如例中的“车间内的金属敲击声”；

结论中的谓项称为大项，用“P”表示，如例中的“人们不需要、不愿听到的声音”；

在两个前提中各出现一次，而在结论中没有出现的那个概念称为中项，用“M”表示，如例中的“噪声”。中项在大、小前提中起着中介作用，将大项与小项联系起来而推出结论。

三段论的常见推理形式可表示如下：

凡 M 是 P；

凡 S 是 M；

所以，凡 S 是 P。

M ————— P

S ————— M

S ————— P

或

此外，还有下列三种形式：

P ————— M

S ————— M

S ————— P

M ————— P

M ————— S

S ————— P

P ————— M

M ————— S

S ————— P

由于在三段论中，结论所涉及的知识范围不超出前提所涉及的知识范围，只要形式正确，符合逻辑规则，则可由真的前提推出必然为真的结论。所以，三段论是一种必然性的推理形式。

二、三段论的公理

三段论之所以能从前提必然地推出结论是由于三段论是以公理为基础的一种推理形式。

所谓公理是能用来作为某种科学论证的原始的、不需要加以证明的命题或原理。

三段论的公理是：公理一，凡对一类事物的全部有所肯定，则对该类事物的任何部分也必是肯定；公理二，凡对一类事物的全部有所否定，则对该类事物的任何部分也必是否定。

三段论公理可用图 3-6 和图 3-7 表示。

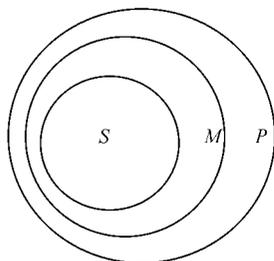


图 3-6 S、M 包含于 P

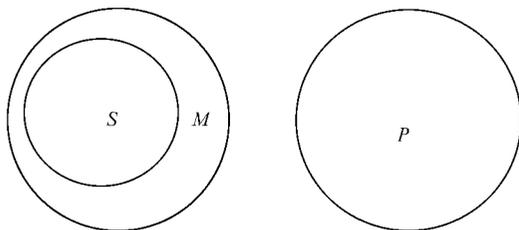


图 3-7 M、S 与 P 互相排斥

在图 3-6 中，M 类包含于 P 类中，而 S 类又包含于 M 类中，所以，S 类也就包含于 P 类中。亦即，肯定全部 M 是 P，则作为 M 中的部分 S 也必是 P。在图 3-7 中，S 类包含于 M 类，而 M 类和 P 类是互相排斥的，则 S 类和 P 类也必互相排斥。亦即，否定全部 M 是 P，则必须否定作为 M 部分外延的 S 是 P。

例如，在《职业病名单》中

尘肺 (M) 是一种职业病 (P)；
电焊工尘肺 (S) 是一种尘肺 (M)；

所以，电焊工尘肺 (S) 是一种职业病 (P)。

例中，尘肺 (M) 包含在职业病 (P) 中，电焊工尘肺 (S) 又包含在尘肺 (M) 中，所以，电焊工尘肺 (S) 也必然包含在职业病 (P) 中。

在工作中：

凡因病死亡都不是工伤事故；
心脏病突然发作猝死是因病死亡；

所以，心脏病突然发作猝死不是工伤事故。

上例中，在工作中因病死亡 (M 类) 和工伤事故 (P 类) 相排斥，心脏病突然发作猝死 (S 类) 包含在因病死亡 (M 类) 中，所以，心脏病突然发作猝死也

必和工伤事故（P类）相排斥。

图 3-6 和图 3-7 是说明公理的两个示意图。全面研究 S、M、P 之间的各种关系，还有如图 3-8 和图 3-9 的一些图，详细说明从略。

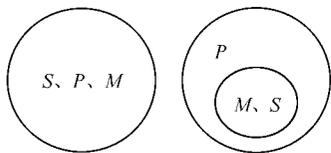


图 3-8 S、M、P 的包含关系

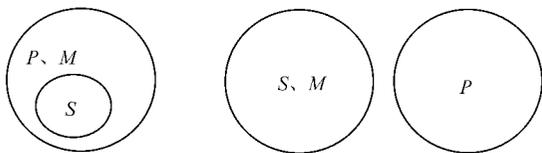


图 3-9 S、M 与 P 的互相排斥关系

三、三段论的规则

应用三段论推理推出正确的结论必须遵守下列规则。

1. 一个三段论必须有且仅有三个概念

一个三段论由三个性质判断所构成，而一个三段论只有三个概念，因此只有这三个概念各重复一次才能构成三个不同判断，这就是一个三段论必须有三个概念的原因。若一个三段论多于三个概念，如四个概念，则会由于中项的概念没有保持同一而造成四概念的错误。例如：

彻底置换过罐内油气是可以下罐检修的；

246 号装置是用氮气彻底置换过罐内油气；

所以，246 号装置是可以下罐检修的。

这个三段论的推理犯了“四概念的错误”。大前提中的中项（M）“置换过罐内油气”与小前提中的中项“用氮气置换过罐内油气”并没有保持同一（按此推理“下罐检修”会造成窒息死亡事故）。

2. 中项在两个前提中至少要周延一次

若两个前提的中项均不周延，即中项的不同部分同大、小项发生关系，至于是哪一部分和大、小项发生关系，则没有确定，这样，中项就不能起到连接大、小项的中介作用，因而就不能得出关于大、小项联系的必然结论。这条规则要求中项至少有一次是以全部外延和大项或小项发生联系，中项就制约着大、小项之间的关系，中项的全部外延介入了大、小项的关系之中，起到中介作用，就能推出必然结论。否则，违反这条规则就会犯“中项不周延”的错误。例如：

危险性预先分析法是安全系统工程分析方法；

事故树分析法是安全系统工程分析方法；

所以，事故树分析法是危险性预先分析法。

在此三段论推理中，“危险性预先分析法”和“事故树分析法”在两个前提中分别和“安全系统工程分析方法”的外延的不同部分发生联系。因此，前提未为结论关于“事故树分析法”和“危险性预先分析法”的陈述提供依据，故犯了“中项不周延”的错误。

3. 在前提中，如果大项或小项不周延，则结论也不得周延

一个有效的三段论，其结论是由前提必然推出的，前提蕴涵了结论。若一个词项在判断中是周延的，则该判断陈述了词项的全部外延；若一个词项在判断中不周延，则该判断未陈述词项的全部外延。因此，若一个词项在前提中不周延而在结论中周延了，则结论对该词项的陈述超出了前提陈述的范围，故结论不是必然的。违反这条规则的逻辑错误称作“大项扩大”或“小项扩大”。例如：

汽油是易燃易爆物质；

苯不是汽油；

所以，苯不是易燃易爆物质。

此三段论犯了“大项扩大”的错误，结论完全错了。懂得苯、汽油是易燃易爆物质性能的人一看便知错了；而从逻辑上分析，大项是“易燃易爆物质”，在大前提中是肯定判断的谓项，因而是非周延的，却在结论的否定判断的谓项中变成周延的了，这就超出了中项所陈述的范围，因而不能推出必然真实的结论。再如：

乙炔是气体；

乙炔是易燃易爆物质；

所以，凡易燃易爆物质都是气体。

显然，这个结论也是错的。在此三段论中，小项“易燃易爆物质”（是肯定判断的谓项）在前提中不周延，却在结论中周延了，犯了“小项扩大”的错误。

4. 以两个否定判断为前提，不能得出结论

如果两个前提都是否定判断，那么大项、小项都与中项相排斥，这就不能通过中项的中介作用来确定大项和小项之间的关系，所以不能推出结论。例如：

物体打击不是机械伤害事故；

这次事故不是物体打击；

所以，这次事故？

由上述两个否定判断为前提的三段论，不能确定“这次事故不是机械伤害事故”。

5. 若在两个前提中有一个是否定判断，则结论必为否定判断；若结论为否定判断，则两个前提中必有一个为否定判断

三段论的两个前提中有一个是否定判断，有两种情况，或是大前提否定，则中

项同大项相排斥；或者小前提否定，则中项和小项相排斥。由于大项或小项同中项相排斥，因而大项和小项总是相排斥的，所以结论必为否定判断。例如：

因病死亡不是因工伤亡事故；

某甲是因工伤亡事故；

所以，某甲不是因病死亡。

此三段论的大前提是否定的，所以结论是否定的。

若三段论的结论是否定的，则一定是由于前提中的大、小项中有一个与中项相结合，而另一个就同中项相排斥，由此，大项或小项同中项相排斥的那个前提就是否定，所以，结论是否定的三段论前提之中必有一个是否定的。

6. 两个特称前提不能推出结论

两个特称前提只有以下三种情况。

① 两个前提都是特称肯定判断，即 $I、I$ ，前提中没有周延的项，违反中项至少要周延一次的规则，所以推不出结论。

② 两个前提都是特称否定判断，即 $O、O$ ，根据上述规则，两个否定判断不能推出结论。

③ 两个前提中，一个是特称肯定，一个是特称否定，即 $I、O$ 或 $O、I$ 。在 $I、O$ 判断中，只有 O 判断的谓项是周延的，若用它作为中项，则大项和小项都不周延，根据前提有一否定，结论也必为否定的规则，结论中的大项势必周延，这就犯了“大项扩大”的错误。又若将周延的 O 判断谓项作为大项，则中项在两个前提中都不周延了，这又违反了中项必须周延一次的规则。

因此，由两个特称判断作为前提，不能推出结论。

7. 两个前提中，若一个是特称判断，则结论必为特称判断

两个前提中，一个是特称判断，一个是全称判断，也有三种情况。

① 若两个前提都是肯定判断 $A、I$ ，则前提中只有 A 判断的主项是周延的，根据规则“中项在两个前提中，至少要周延一次”，这个周延的主项必须是中项。而前提中的小项与大项都不周延，根据规则“在前提中大项或小项不周延，则小项在结论中也不得周延”，因而只能得出特称的结论，否则会犯“小项扩大”的错误。

② 在前提中，一个是肯定命题，一个是否定判断，即 $A、O$ 或 $E、I$ 为前提。 $A、E$ 的主项周延， $E、O$ 的谓项周延。因而，在前提中各只有两个周延的概念，按规则其中一个必须用作中项，使中项周延一次，另一个必须用作大项，因为前提中有一个是否定的，按规则结论也必须是否定的，而结论中否定判断的谓项（即大

项) 势必周延, 剩下的否定判断结论中的小项是不周延的, 这样得出的结论判断只能是特称判断。

③ 若两个前提都是否定命题 (E 、 O)，则根据规则“以两个否定判断为前提不能得出结论”。

因此, 若在两个前提中有一个是特称判断, 只能推出特称判断结论。

上述七条规则是三段论公理的客观规律性的体现和具体化, 遵守这些规则就能由真的前提必然地推出真的结论。

四、三段论的格与式

1. 三段论的格

三段论的格是指中项在两个前提中不同位置所形成的三段论的不同形式。共有四种, 因此, 三段论有四个格。

(1) 第一格 中项在大前提中是主项, 而在小前提中为谓项。其结构形式为:

$$\begin{array}{ccc} M & \text{---} & P \\ S & \text{---} & M \\ \hline S & \text{---} & P \end{array}$$

例如: 电木 (M) 是绝缘体 (P);

电灯开关盖 (S) 是电木 (M);

所以, 电灯开关盖 (S) 是绝缘体 (P)。

三段论的第一格明显、典型地体现了演绎推理由一般到特殊的思维过程, 其 AAA 式和 EAE 式直接体现了三段论的公理, 也只有第一格能推出 A 、 E 、 I 、 O 四种直言判断和全称肯定判断 A , 因此, 第一格被称为“完善的格”、“典型格”, 在法律上称为“审判格”, 决定了它有十分广泛的用途。人们常常用它根据一般原理、原则去分析和说明特殊事实, 由它推得某种特殊事实的必然性结论, 或用来论证某种特殊事实的判断的真实性。这在安全生产中和司法工作中有着特殊的作用。

(2) 第二格 中项在大、小前提中都是谓项。其结构形式为:

$$\begin{array}{ccc} P & \text{---} & M \\ S & \text{---} & M \\ \hline S & \text{---} & P \end{array}$$

例如: 据报道, 1981年10月24日, 贵州省桐梓县娄山化工厂退休工人周××错把剧毒品黑索金(环三次甲基三硝胺, 比TNT还猛烈的炸药), 当成发酵粉用来做馒头, 使37人严重食物中毒。究其原因, 工厂对毒品管理不严, 个别工人缺乏知识, 以致造成事故。如果正确运用判断推理, 就可以防止这一事故的发生。应用三段论的

第二格进行推理十分简单：

发酵粉 (P) 不是有毒的 (M)；

黑索金 (S) 是有毒的 (M)；

所以，黑索金 (S) 不是发酵粉 (P)。

由于第二格推得的结论是否定的，故常被人们用来确定事物间的区别，说明某事物不属于某类，因而第二格被称为“区别格”。此外，由于第二格的否定的结论，所以常被人们用来反驳肯定判断。

(3) 第三格 中项 (M) 在大、小前提中都是主项。其结构形式为：

$$\begin{array}{l} M \text{-----} P \\ M \text{-----} S \\ \hline S \text{-----} P \end{array}$$

例如： 苯 (M) 是易燃易爆有毒物质 (P)；

苯 (M) 是有机物 (S)；

所以，有的有机物 (S) 是易燃易爆有毒物质 (P)。

第三格只能推出特称判断的结论，因而常被用来反驳与之矛盾的全称判断，具有例证的作用。所以，第三格一般称为“反驳格”。

(4) 第四格 中项 (M) 在大前提中是谓项，在小前提中是主项。其结构形式为：

$$\begin{array}{l} P \text{-----} M \\ M \text{-----} S \\ \hline S \text{-----} P \end{array}$$

例如： 有些爆炸事故 (P) 是锅炉爆炸 (M)；

所有锅炉爆炸 (M) 都有财产损失 (S)；

所以，有些有财产损失的 (S) 是爆炸事故 (P)。

第四格是一个不自然的格，没有什么特殊用途，因而人们在思维过程中很少用它。

2. 三段论四个格的特殊规则

三段论各个格有各格的特征，根据三段论的一般规则可以推导出如下的各格规则：

(1) 第一格的特殊规则

① 大前提必须是全称判断；

② 小前提必须是肯定判断。

(2) 第二格的特殊规则

① 两个前提中必有一个是否定判断；

② 大前提必须是全称判断。

(3) 第三格的特殊规则

① 小前提必须是肯定判断；

② 结论必须是特称判断。

(4) 第四格的特殊规则

① 若前提中有一个是否定判断，则大前提必须是全称判断；

② 若大前提是肯定判断，则小前提必须是全称判断；

③ 若小前提是肯定判断，则结论就必须是特称判断；

④ 大前提和小前提都不能是特称否定判断；

⑤ 推出的结论不能是全称肯定判断。

3. 三段论的式

直言判断有四种 A (全称肯定判断)、 E (全称否定判断)、 I (特称肯定判断)、 O (特称否定判断)，根据它们在三段论中的大前提、小前提和结论中的不同组合而形成了三段论的各种形式，称为三段论的式。例如：

所有爆炸事故都是有财产损失的；

所有化工容器爆炸都是爆炸事故；

所以，所有化工容器爆炸都是有财产损失的。

这个三段论的大前提、小前提和结论都是 A 判断，所以是 AAA 式。

根据三段论前提和结论的质和量不同，按排列组合，每一个格可以有 $4 \times 4 \times 4 = 64$ 个式，四个格共有 256 个不同的式。但是，在每个格的 64 个式中，只有 6 个是有效式，大多数是违反三段论规则不能推出结论的无效式。除去不正确式，只剩下 11 个正确式，即 AAA 、 AAI 、 AEE 、 AEO 、 AII 、 AOO 、 EAE 、 EAO 、 EIO 、 IAI 和 OAO 。将这 11 个正确的有效式按四个格的特征或特殊规则分配到各格中去，就有 24 个有效式，排列见表 3-5。

表 3-5 三段论有效式

第一格	第二格	第三格	第四格
AAA	AEE	AAI	AAI
AII	EAE	AII	AEE
EAE	EIO	EAO	EAO
EIO	AOO	EIO	EIO
(AAI)	(AEO)	IAI	IAI
(EAO)	(EAO)	OAO	(AEO)

在表中括号里的式叫弱式，弱式是指本应得到全称判断的结论却在实际上只是得到特称判断的式。如第一格的 *EAE* 式成立，则根据差等关系，相应地 *EAO* 式也必定能成立，*E* 判断真，主、谓项相同的 *O* 判断亦真，成了“本为全称，却为特称”。虽然弱式的结论未错，但就推理而言，它未把应当推出的东西全部显示出来，由此可知，弱式是一种不完全的推理，应该将它从完全正确的式中排除。去掉了表中 5 个弱式，就只有 19 个正确式了。

五、三段论的省略式

任何一个三段论都是由三个性质判断组成的，一个是大前提，一个是小前提，一个是结论。可是，在日常生活、工作的思维活动中，人们在用语言、文字表达三段论的推理时，常常省略了三段论的大前提或小前提或结论，因为人们能够领会到隐含在推理结构中的判断，而用完整的三段论来表达思想倒却十分少见。

因此，在用语言、文字表达一个三段论时，省去其中的大前提或小前提或结论的三段论称为三段论的省略式，或称“省略三段论”。它有如下三种形式。

(1) 省去大前提的形式 当大前提为众所周知时，往往省去。例如：

你是驾驶员，你不可酒后驾车。

这个三段论省去了大前提“凡驾驶员都不可酒后驾车”。因为这是众所周知的，所以省略了。

(2) 省去小前提的形式 当某一事实与一般原理的联系十分明确时，无须加以叙述，此时往往省去。例如：

凡事物都有规律可循，事故也有规律可循。

此三段论是第一格形式，省略了“事故是事物”这个小前提。

(3) 省去结论的形式 当结论至为明显，不说反而简练，而且反能增强表现力的情况下，往往省略。例如：

凡酸都是有腐蚀性的，盐酸是酸。

此三段论是第一格形式，省略了“盐酸是有腐蚀性的”。

在省略三段论中，由于有一个组成部分被省略，所以容易掩盖某种错误。例如：有一些糊涂的干部这样说：“我不是安全技术人员，所以不需要去抓安全”。这显然违反了“安全生产，人人有责”的道理；而且，从逻辑上分析也是错误的，因为这是一个隐藏着逻辑错误的省略三段论，可以通过补充这个三段论的省略部分，其错误就是暴露无遗了。现将上述省略三段论补充后，列出其推理过程如下：

凡安全技术人员都需要去抓安全；

我不是安全技术人员；

所以，我不需要去抓安全。

此三段论中的大项“需要去抓安全”在大前提中不周延，因为这是肯定判断的谓项。在结论中的大项成了否定判断的谓项，周延了，这就犯了“大项扩大”的逻辑错误。

六、安全生产与三段论

在安全生产中，常常应用三段论去反驳某些错误的论点及不确切的结论，区别某些事物，论证某些判断的真实性，特别是在分析认识事故时有着重要的作用。例如：

① 1992年2月27日，某农药厂两名工人由原料库领取两瓶氧气，在车间气焊时，两个气瓶突然发生粉碎性爆炸，造成4人死亡，6人重伤，27人轻伤，直接经济损失39.2万元。

经有关专家调查分析，该厂氧气、氢气充装管理混乱，发现问题后也不及时处理纠正，造成两个氧气瓶中混有氢气，致使在气焊时两个氧气瓶发生粉碎性爆炸，碎片断口多呈45°角的斜断口，断口平齐、细致、无明显塑性变形和剪切唇。其推理过程如下：

达到爆炸极限范围的易燃易爆气体，遇明火会发生爆炸；

氧气瓶内混有氢气是达到爆炸极限范围的易燃易爆气体；

所以，氧气瓶内混有氢气遇明火会发生爆炸。

② 在20世纪70~80年代，国内建筑行业曾多次发生用作混凝土防冻剂用的亚硝酸钠作为食盐（在缺盐情况下），做菜、烧汤，因而发生多起中毒事故，严重的导致人体因缺氧、呼吸衰竭而死亡。亚硝酸钠是一种毒性很强的工业用盐，虽外观上与食盐、碱面、白糖相似，味道微咸、微甜，若误服3g就很快会丧命。

工人在用亚硝酸钠来代替食盐时是作了这样错误的推理：

可作烹调用的盐是有咸味的；

亚硝酸钠是有咸味的；

所以，亚硝酸钠是可作烹调用的盐。

这个三段论推理是第二格的三段论推理，违反了“两个前提中必有一个是否定的”规则，现在是大、小前提都是肯定判断，作为中项“有咸味的”在大、小前提中都是谓项，而肯定判断的谓项是不周延的，所以这儿的的中项在大、小前提中都不周延，这就违反了“中项在两个前提中至少必须周延一次”的规则。因此，它是一

个错误的推理。事实上，根据亚硝酸钠的性质进行推理更清楚地说明了用它来代食盐是极端错误和危险的：

毒性很强的物质会致人中毒、死亡；

亚硝酸钠是毒性很强的物质；

所以，亚硝酸钠是会致人中毒、死亡的。

值得警惕的是腐烂变质的蔬菜、苦井水和温锅水也极易产生亚硝酸钠。据报道，北京有一户居民就因用温锅水熬粥，全家中毒，一老人因抢救无效死亡。

③ 某小氮肥厂曾发生过一次 10t 沸腾炉喷火事故。

在开启鼓风机时，沸腾炉炉膛内形成正压，将带火的煤粉吹出炉口，在空气中雾化燃烧。火焰冲出炉口达 4m，火焰温度有 850℃，燃烧时间有 1s。

当时，有两个操作工人在距炉口 2m 处工作，甲身穿帆布工作服，身上只感到灼热，极小部分裸露在外的皮肤有浅二度烧伤，很快治愈。而乙穿的是纱线背心，背心覆盖下的皮肤被烤红，未造成伤势；由于裸露面积较大，造成大面积二度烧伤，小面积皮肤有深二度烧伤，造成较大痛苦。

分析认识上述事故案例，可以运用如下两个三段论：

a. 穿防护工作服有防护高温烧伤的作用；

工人甲穿防护工作服；

所以，工人甲有防护高温烧伤的作用。

b. 不穿工作服是不能防护高温烧伤；

工人乙是未穿工作服；

所以，工人乙是不能防护高温烧伤。

根据实验证明（火焰温度为 850℃）：帆布烧焦时间为 1.5s 以上；32 支纱线织品烧焦时间近 1s；人的皮肤不到 0.1s 就可烧焦。在上述此次炉膛喷火事故中，从炉口冲击的火焰在 1s 内，来不及烧焦帆布工作服，加上人的皮肤与工作服之间还有空隙，空气流动会损耗一部分热量，因此穿帆布工作服的甲，其皮肤未被烧伤。

④ 1991 年 9 月 18 日，在建造南京古南都饭店工地上，木工常某正在拼装 E 字楼梯，突然从 5.8m 高处，一根 1.9m 长的钢管正好砸在常某头上，安全帽打出了 17cm 长的裂缝，头部只是擦破了点皮。事后人们对他：“你戴了安全帽，救了你自己一条命。”他笑嘻嘻地说：“是呀！安全帽确实救了我一条命！”

戴了安全帽可以防止钢管等物体打击；

我是戴了安全帽；

所以，我是可以防止钢管等物体打击。

这是一个质朴的三段论 AAA 式推理。

第四节 复合判断及其推理与认识事故

一、复合判断及其推理的基本概念

1. 复合判断的基本概念

复合判断是指在自身中包含了其他判断的判断，也称“复合命题”。一般它是由若干简单判断通过一定的逻辑联结词相结合构成的。构成复合判断的简单判断称为支判断，或“支命题”、“成分命题”。逻辑联结词在复合判断中有着重要的作用，它决定了复合判断的性质。因此，复合判断根据逻辑联结词的性质分为联言判断、选言判断、假言判断和负判断等。常见的几种主要逻辑联结词是：“如果……那么……”、“或者”、“并且”、“并非”等。

复合判断的支判断间的联系是否符合逻辑联结词的涵义所规定的联系，决定了复合判断的真假。若符合，则为真；若不符合，则为假。但是，若是确定了复合判断各支判断意义上的联系后，支判断的真假决定了复合判断的真假。

2. 复合判断推理的基本概念

复合判断的推理是指以复合判断为前提，并根据复合判断的逻辑特征所进行的一种推理。因此，根据复合判断的形式，复合判断的推理相应地有：联言推理、选言推理、假言推理、假言选言推理（即二难推理）、假言联言推理、假言连锁推理、假言易位推理、反三段论及判断等值推理等。

复合判断的推理有效性是建立在复合判断联结词的基础上的，任何一个复合判断的推理有效性都可以用真值表的方法来判定。若复合判断的推理的前提中蕴涵着结论（即不论各支判断的真假情况如何，相当于推理的前提与结论的蕴涵式为真），则该复合判断的推理即为有效的。

二、联言判断与联言推理

（一）什么是联言判断

联言判断是断定几种事物情况同时存在的一种复合判断。

联言判断是由两个或两个以上的简单判断，通过逻辑联结词“并且”、“……而且……”、“既是……又是……”、“不但……而且……”、“虽然……但是……”等联结而成的，构成联言判断的简单判断叫联言支。例如：

① 硝酸铵既可作肥料，又可作炸药。

② 氢气不但是易燃易爆气体，而且还是窒息性气体。

③ 这次事故虽然没有人员伤亡和财产损失，但是仍应认真采取措施防止事故的重复发生。

④ 事故树分析（FTA）和事件树分析（ETA）都是安全系统工程的重要分析方法。

上述四例均是由两个联言支构成的联言判断，断定了事物情况的同时存在。从语言形式来分析，分别是并列复句、递进复句、转折复句、单句形式。

由两个联言支所组成的联言判断可以用下式表示：

$$p \text{ 并且 } q$$

式中“ p ”和“ q ”表示支判断，是变项；“并且”表示联结项，是逻辑常项。若逻辑常项亦用符号表示，则联言判断的公式是：

$$p \wedge q \text{ (读作：} p \text{ 合取 } q \text{，称为合取式)}$$

此外，联言判断也有三个以上联言支构成的，例如：

事故发生后要认真进行调查分析，严肃处理，吸取教训，采取措施，防止事故重复发生。

这是一个多支联言判断。

（二）联言判断的逻辑值

任何判断或是真的，或是假的。一个判断为真，就称它的值为真；一个判断为假，就称它的值为假。真和假都称作判断的值，或称真值。

对简单判断来说，若它如实反映客观情况，就是真判断；反之，若它不能如实反映就是假判断。同样，复合判断也是如此，构成复合判断的支判断间接地决定了复合判断的真假。亦即，复合判断和由构成它的支判断间存在着真假制约关系。将这种真假关系列成表，则此表就称为真值表，见表 3-6。

表 3-6 联言判断真值

p	q	$p \wedge q$	p	q	$p \wedge q$
+	+	+	-	+	-
+	-	-	-	-	-

注：表中“+”表示真，“-”表示假。

真值表说明了必须每个联言支为真，联言判断才真；只要有一联言支假，则联言判断必假。

真值表给出了复合判断各支判断真值组合的全部可能情况，因此，由真值表可

以给出复合判断中联结项（常项）的如下精确定义。

“ \wedge ”，合取符号，可定义为：当且仅当 p 和 q 同时为真时，“ $p \wedge q$ ”为真。

（三）联言推理及其在安全中的应用

联言推理是前提或结论为联言判断，并根据联言判断的逻辑性质进行推演的一种演绎推理。

联言推理因它的前提和结论间有着必然的制约关系，所以，它是一种必然性推理。它有两种形式。它们在安全生产中有着广泛的应用。

1. 联言推理的合成式

联言推理的合成式是由全部联言支的真，推出联言判断的真。亦即，前提是联言判断的全部联言支，结论是一个联言判断。其推理形式为“ $p; q; \text{所以, } p \text{ 并且 } q$ ”。例如：

a. 燃烧不但是发光的氧化还原反应；而且还是放热的氧化还原反应；所以，燃烧是发光、放热的氧化还原反应。

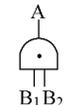
b. 毒物可以经呼吸道进入人体。

毒物可以经皮肤进入人体；

毒物可以经消化道进入人体；

所以，毒物可以经呼吸道、皮肤及消化道三条途径进入人体。

c. 在安全系统工程的主要分析方法——事故树分析中有着重要的应用。

在事故树分析中有逻辑门——“与门”，用符号表示则为，表示输入事件

B_1 、 B_2 同时发生，输出事件 A 才发生。如从脚手架上坠落地面有如图 3-10 的事故树分析图。

对部分 FTA 图可作如下联言推理：

作业人员坠落脚手架。

安全带未起作用；

安全网未起作用；

所以，作业人员从脚手架上坠落地面。

d. 1988 年 2 月 27 日《南京日报》刊载了如下一则事故案例：

1988 年 1 月 31 日上午，花神庙村党支部副书记兼砂石场场长徐怀荣到第二机台作业组工地检查工作，发现工地可采砂层已凹进覆盖土层（俗称“架头”）2m 多（按规定应分台架开采），工人们如同在虎口掏砂，便明确要求作业组组长徐某负责将

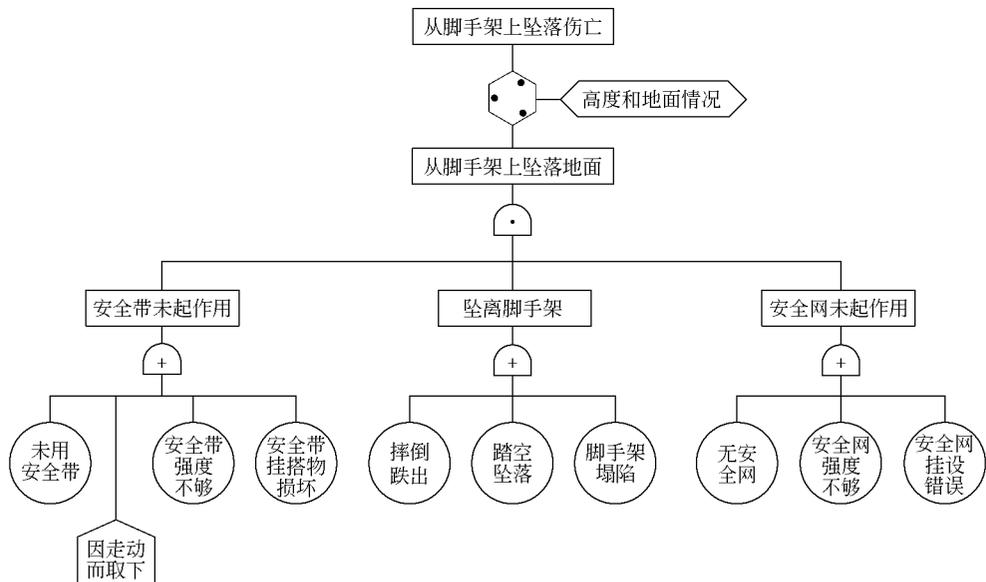


图 3-10 从脚手架上坠落伤亡 FTA 图

“架头”放倒，以免塌方。随后，徐怀荣又到砂石场办公室向负责安全生产的副场长郑某再次交代了此事，并要求郑到工地去督促。可是当天下午郑到工地后，只对工人们说要注意安全，听任工人们没有任何防范措施下继续在“老虎嘴里”冒险作业，而不督促徐某放倒“架头”。

第二天上午 10 时许，“架头”突然塌方，大约有 35m³ 的土从近 5m 的高处砸下，当即将还在“虎口”里掏砂的开采工王某砸死；女工陈某和杨某也被砸成重伤，先后死亡。

这个事故案例在分析认识时可以明显看到这是一起玩忽职守和重大责任事故。徐某对玩忽职守而造成重大责任事故负有责任，郑某对此也负有责任。通过合成式联言推理，得出如下结论：徐某和郑某都犯有玩忽职守罪和重大责任事故罪。这是一个四支联言判断。

2. 联言推理分解式

联言推理的分解式指前提是一个联言判断，推出的结论是该联言判断的一个（或部分）联言支的推理。亦即，是由联言判断的真，推出一个支判断真的联言判断。它是根据联言判断必须所有联言支为真，它才真的性质，所以能由联言判断的真，来推出支判断的真。其形式为：

$$\frac{p \text{ 并且 } q}{\text{所以, } p \text{ (或 } q\text{)}}.$$

例如：

① 对女职工要实行特殊劳动保护；

对未成年工也要实行特殊劳动保护；

所以，对未成年工要实行特殊劳动保护。

② 锅炉既是压力容器，又是一种特种设备。所以，锅炉是一种特种设备。

这种推理看似简单，但在现实的工作及日常生活中，经常用到，在肯定总体后有突出重点的作用。

如电焊过程中，不但有强光、紫外线对人的危害，而且还有铁、锰、钙、钠、钾、钛等金属及其氧化物与一氧化碳、氮氧化物、臭氧等组成的电焊烟尘对人的危害；所以，电焊过程中还有由金属及其氧化物与有毒气体组成的电焊烟尘对人的危害。这是造成电焊工尘肺的直接原因。

三、选言判断与选言推理

（一）什么是选言判断

选言判断是断定几个事物可能的情况中至少有一个事物的情况存在的一种复合判断。

由于客观事物是纷繁复杂的，当人们在对某些复杂的事物认识不能确定时，往往需要运用选言判断作出可能的选择。

选言判断由两部分组成，一个是反映事物可能情况的支判断，称为选言支（两个或两个以上）；另一个是反映存在于情况间的可能关系的选言联结词，常用的选言联结词有：“或”、“或者……或者……”、“要么……要么……”等。例如：

① 这次爆炸事故或者是由明火引起的，或者是由静电火花引起的。

② 这个项目的评价方法要么用蒙德法，要么用道化学公司的“火灾、爆炸危险指数法”，都可以。

③ 冲床一定要安装机械式防护装置，或双手按钮式防护装置，或光电保护装置。

（二）选言判断的种类

当一个选言判断的选言支在一定范围、一定标准下断定了事物所有可能的情况，称该选言判断的选言支是穷尽的，如“这个单位的危险性等级只有安全的（Ⅰ级）、或临界的（Ⅱ级）、或危险的（Ⅲ级）、或灾难性的（Ⅳ级）四种可能”。而且，选言支穷尽的选言判断是为真的选言判断，因为选言判断是断定若干可能情况中至少有一为真的判断，并不断定所有的支为真，而选言支是穷尽的

就必然包含有真的支。选言支不穷尽的判断就不一定为真，因为有可能真的支判断恰是未穷尽而遗漏的。但是，又一方面，一个真的选言判断，其选言支不一定是穷尽的。

选言判断根据选言连续词的不同可分为相容选言判断和不相容选言判断两种。

1. 相容的选言判断

相容选言判断是断定在若干事物情况中至少有一种存在而并未断定仅有一种存在的选言判断。例如：

① 1987年12月20日22时许，菲律宾的一艘自重2300t，额定载客量为1518人的客轮，载着3000人，在离马尼拉只有160n mile的海域与“维克多”号油轮相撞，发生了一起可怕的海难事故，客轮沉没，约3000人死亡。根据“12·20”海难调查委员会初步调查的原因：有的认为是超载造成的；有的认为客轮驾驶员缺乏熟练的技术、经验和应变能力所致；有的认为是船上工作人员玩忽职守造成的。

② 1988年1月7日，京广铁路上272次旅客列车发生的事故或者是交通事故，或者是火灾事故（事实上，这是一起重大火灾交通事故，两个支判断同时并存）。

二支相容的选言判断，可用下式表示：

$$p \text{ 或者 } q$$

式中，“ p ”、“ q ”为支判断；“或者”为联结项。如联结项（常项）也用符号表示，则为：

$$p \vee q \text{ (读作：} p \text{ 析取 } q \text{，称为析取式)}$$

相容选言判断的逻辑值与选言支的逻辑值间的关系，可用真值表（见表3-7）表示。

表 3-7 相容选言判断真值表

p	q	$p \text{ 或者 } q$	p	q	$p \text{ 或者 } q$
真	真	真	假	真	真
真	假	真	假	假	假

由表3-7可知：

① “ \vee ”为可兼容析取符号，定义为：当且仅当 p 和 q 同时为假时，“ $p \vee q$ ”为假；

② 若选言支中有一个或一个以上或全部为真时，相容选言判断为真；若选言支全部假时，则相容选言判断为假。

2. 不相容的选言判断

不相容选言判断是断定在若干事物情况中有且仅有一种情况存在的选言判断。

例如：

① 这台设备要么是普通设备，要么是特种设备。

② 这次汽车肇事或是因超速行驶造成的，或是因违章驾驶造成的，或是因精力不集中造成的，或是因技术不熟练造成的，或是因车况不良造成的，或是因道路状况不好造成的，或是因行人乘客原因造成的，或是因自然条件及其他意外情况造成的。

注：这次事故指 1981 年 8 月某日，湖南省岳阳某单位一辆汽车，将高达 15m 的万伏高压电线杆撞出 1.6m，造成停电事故，还造成附近的某县氮肥厂两根输气管爆炸，给国家财产造成损失。经仔细调查，司机最后承认在用吸剩的烟头对点烟时，烟灰飘入眼内，一手擦眼，一手掌握方向盘，造成车辆左偏而肇事。这是典型的违章驾驶肇事事故。

二支不相容的选言判断可用下式表示：

要么 p ，要么 q

式中，“ p ”和“ q ”表示支判断，是变项；“要么……要么……”表示联结项（常项），若用符号表示，则为 \vee 。因此，不相容的选言判断也可表示为：

$p \vee q$ （读作： p 不相容析取 q ）

不相容选言判断的逻辑值与选言支的逻辑值间的关系，可用真值表（见表 3-8）表示。

表 3-8 不相容选言判断真值表

p	q	要么 p , 要么 q	p	q	要么 p , 要么 q
真	真	假	假	真	真
真	假	真	假	假	假

由表 3-8 可知：

① “ \vee ”为不可兼容析取符号，可定义为：当且仅当支判断只有一个为真时，不相容选言判断（ $p \vee q$ ）才为真；

② 一个真实的不相容选言判断，有且仅有一个选言支是真的；否则，就是假的。

（三）选言推理及其在安全生产中的应用

选言推理也称选言三段论，它是指在两个大、小前提中至少有一个前提为选言判断（称为“大前提”），根据选言判断各选言支间的关系进行推演的一种演绎推

理。选言推理实质上是通过小前提对大前提的选言判断的选言支进行肯定或否定来实现的。

由于选言判断有相容的和不相容的两种，它们都可作为选言判断的大前提，而选言推理是根据选言支间的关系进行推演的，所以选言推理可分为不相容的选言推理和相容的选言推理两种。

选言推理在安全生产中也有着广泛的应用，结合两种选言推理的叙述分别举例说明如下。

1. 不相容的选言推理

不相容的选言推理是以不相容的选言判断为大前提的选言推理。它有两种形式。

(1) 肯定否定式 肯定否定式不相容的选言推理是在大前提中的选言支中，由小前提肯定其中的一个选言支，推演出否定其他选言支的结论。其推理形式可表述如下：

$$\begin{array}{c} \text{要么 } p, \text{ 要么 } q; \\ p; \\ \hline \text{所以, 非 } q. \end{array}$$

若用符号表示，则为： $[(p \vee q) \wedge p] \rightarrow \text{非 } q$

例如：① 对发生的事故在断定事故性质时，常常用此推理法。

a. 222 号飞机空难要么是责任事故，要么是非责任事故；

222 号飞机空难是责任事故；

所以，222 号飞机空难不是非责任事故。

b. 这次伤亡事故要么是因工伤亡事故，要么是非因工伤亡事故；

这次伤亡事故是因工伤亡事故；

所以，这次伤亡事故不是非因工伤亡事故。

② 安全检查表是进行安全检查，发现潜在危险的一种有用而简单的方法。通常采用提问方式，并以“是”或“不是”来回答。这实际上就是应用了肯定否定式不相容的选言推理。如“灭火器安全检查表”第一条“有足够数量的手持灭火器吗？”在检查时要作如下推理：

这儿要么有足够数量的手持灭火器，要么没有足够数量的手持灭火器；

这儿没有足够数量的手持灭火器；

所以，这儿不是有足够数量的手持灭火器。

(即：所以，这儿手持灭火器数量不够。)

(2) 否定肯定式

否定肯定式不相容的选言推理

这种推理形式是否定大前提中的一部分选言支，从而肯定其他选言支的推演。其形式可表述如下：

$$\begin{array}{c} \text{要么 } p, \text{ 要么 } q; \\ \text{非 } p \\ \hline \text{所以, } q. \end{array}$$

或用符号表示为： $[(p \vee q) \wedge \bar{p}] \rightarrow q$

例如：a. 事件树分析（ETA）是安全系统工程的重要分析方法。它是一个逻辑推理思维的过程。从初因事件开始，经过若干存在着“发生”或“不发生”（“成功”或“失败”）两种状态的中间事件，按逻辑关系将系统内各事件的成功或失败状态作成分枝，上枝表示成功，下枝表示失败，自左至右，由上而下分析，最后得到各种可能结果的水平放置的事件树分析图。如人工挖掘基坑、基槽要经过一系列的推演才能作成事件树（见图 2-11）。分析过程为：初始事件为人工挖掘基坑、基槽。

$$\begin{array}{c} \text{要么土质、土壁坚实, 要么土壁、土质不坚实;} \\ \text{不是土壁、土质坚实;} \\ \hline \text{所以, 土壁、土质是不坚实。} \end{array}$$

这就存在放边坡，且边坡符合要求和不放边坡或边坡不合要求两种情况。

进一步推理分析：

$$\begin{array}{c} \text{要么放边坡, 且边坡符合要求, 要么不放边坡或边坡不合要求;} \\ \text{未放边坡或边坡不符合要求;} \\ \hline \text{所以, 是不放边坡或边坡不合要求。} \end{array}$$

如此推理分析（均应用否定肯定式）下去，可得到最后的结果：未及时避开造成死亡。

b. 在分析认识事故时也常常应用此种推理，如：

$$\begin{array}{c} \text{发生伤亡事故要么是因工伤亡, 要么是非因工伤亡;} \\ \text{赵某是干私活负伤的, 不是因工伤亡;} \\ \hline \text{所以, 赵某是非因工负伤。} \end{array}$$

c. 在事故树分析中，“或门”，要么 B_1 发生，输出事件 A 就发生；要么 B_2 发生输出事件 A 就发生。如：图 3-10 “从脚手架上坠落伤亡” FTA 图中，其中输出

事件“坠离脚手架”，有三个原因事件：要么是摔倒跌出，要么是踏空坠落，要么是脚手架塌陷，只要出现一个原因事件就有“坠离脚手架”的结果。事故树分析及编制过程中，离不开这种否定肯定式的分析推理。

要么是摔倒跌出，要么是踏空坠落，要么是脚手架塌陷；
不是摔倒跌出，不是脚手架塌陷；

所以，是踏空坠落。（就有输出事件：坠离脚手架）

根据不相容选言判断的选言支不能同真的逻辑性质，有如下两条推理规则：

- ① 肯定一部分选言支就要否定另一部分选言支；
- ② 否定一部分选言支就要肯定另一部分选言支。

根据这两条规则，不相容选言推理采用肯定否定式或否定肯定式都是正确的。

2. 相容的选言推理

相容选言推理是以一个相容的选言判断为大前提的一种选言推理。由于相容的选言判断为真时，至少有一个选言支为真（也可以同时为真），因此相容的选言推理只能通过否定选言前提中的一部分选言支，得出肯定其余选言支的结论；由于选言支相容，故肯定一部分选言支，不能从而得出否定其余选言支的结论。所以，相容的选言推理只有一种否定肯定式推理形式。其形式可表述如下：

或 p ，或 q ； 亦可用符号表示为：
非 p ； $[(p \vee q) \wedge \bar{p}] \rightarrow q$

所以， q 。

根据相容的选言判断的逻辑性质（选言支可以同真），相容的选言推理的规划为：

- ① 否定一部分选言支，就要肯定另一部分选言支；
- ② 肯定一部分选言支，不能否定另一部分选言支。

根据这两条规则，相容选言推理如果采用肯定否定式就违反了规则，就不能推出必然的结论。如：

一氧化碳或者是易燃易爆的物质，或者是有毒的物质；
一氧化碳是易燃易爆的物质；

所以，一氧化碳不是有毒的物质。

这个推理采用了肯定否定式，由于大前提选言判断是相容的，即选言支可以同真，因而肯定一支，不能必然否定另一支。事实上，一氧化碳是易燃易爆的有毒物质。

关于相容的选言推理在分析事故时，有着极其重要的应用，举例如下。

a. 1985年4月14日，某水库游艇倾覆沉没，造成113人死亡的严重事故。对此

事故原因分析先作了如下推理：

这次事故可能是严重超载造成的，可能是无证驾驶造成的，可能是船底漏水造成的，可能是两船相撞造成的，可能是撞了水下礁石造成的；

（经检查、了解，船底完好无洞、无裂缝，当时附近水面上没有船只，附近水面水深无礁石，因此有如下小前提）

这次事故不是船底漏了造成的，不是两船相撞造成的，不是撞了水下礁石造成的；

所以，这次事故是严重超载或无证驾驶造成的。

事实上，这艘游艇额定载客 22 人，此次载客多达 149 人，领导和管理人员只为多拿奖金，违反规定，严重失职造成的。

b. 某金属矿山井下，一天突然发生了一起一氧化碳中毒事故。分析原因时，首先提出一些可能情况：或是空气压缩机运行不正常，或是通风不好，或是堵头放炮，或风包、排气管和排气室积聚油垢在高温下不完全氧化产生了大量一氧化碳（这是大前提）。经过认真调查分析，排除了某种某些可能的情况：不是空气压缩机运行不正常（它运行良好），不是通风不好（通风良好），不是堵头放炮（堵头没有放炮）。

所以，这次一氧化碳中毒事故是由于风包、排气管和排气室积聚油垢，在高温下，油垢不完全氧化产生大量一氧化碳造成的。

确是如此，原来这个矿平时不重视空气压缩机的维护和检修，以致使风包、排气管和排气室里积聚了大量油垢，机器运行时产生的高温使油垢不完全氧化，产生大量一氧化碳，造成了这次中毒事故。

应用否定肯定式相容选言判断如进行分析事故原因等时，应注意的是：大前提的选言支必须穷尽一切可能情况，只有列举所有的选言支才能通过否定一部分选言支而确定正确的选言支（即为余下的选言支）。

四、假言判断与假言推理

（一）什么是假言判断

在客观世界中，事物、现象间存在着各种条件联系，当某一条件的存在就会造成另一情况的存在。在实际中，特别是在安全生产中，存在着许多因果条件的事物，例如：

① 只有杜绝“三违”（违章作业、违章指挥、违反劳动纪律），才能降低事故发生频率。

② 如果乙炔在爆炸极限范围内，遇明火，就会立即爆炸。

假言判断是断定某一事物情况的存在是另一事物情况存在条件的一种判断，又称“条件判断”。它是一种复合判断，由两个支判断组成，其结构形式为：

前件（表示条件的支判断，用“ p ”表示）+假言联结项+

后件（表示依赖条件而成立的支判断，用“ q ”表示）

假言联结项是联结前件和后件，并在它们之间起着制约关系，常用的有：“如果……就……”，“只有……才……”，如例①、例②为假言判断。

假言判断的真假取决于其前件与后件是否真实地反映了事物情况间的条件联系。若前件与后件确实具有一定的条件联系，则假言判断为真；反之，则为假。

（二）假言判断的种类

由于假言判断是条件判断，因此，前件和后件的条件联系有三种：充分条件、必要条件和充分必要条件。所以，假言判断亦分为充分条件假言判断、必要条件假言判断和充分必要条件假言判断三种。

1. 充分条件假言判断

充分条件假言判断是断定某事物情况存在是另一事物情况存在的充分条件的假言判断。

充分条件有两种，一种为充分必要条件，另一种为充分不必要条件。充分条件是这两种条件的共性抽象，充分条件与充分不必要条件是属种关系不同的两个概念。

充分条件是指：若有 p ，则必有 q 。例如：

如果缺氧，就会窒息死亡。

如在本例中，前件“缺氧”存在，则后件“窒息死亡”必然发生；若前件“缺氧”不存在，可能不发生“窒息死亡”，也可能会发生“窒息死亡”（因为，在一氧化碳的存在下，一氧化碳就会与人体血液中的低铁血红蛋白作用，使之丧失携氧作用，导致人体组织缺氧而窒息死亡）。

充分条件假言判断用公式表示，则为：

如果 p ，那么 q ，

或 $p \rightarrow q$ （读作： p 蕴涵 q ，称为“蕴涵式”）

联结项（常项），常用的有：“如果……，那么……”，“若……，则……”。

充分条件假言判断的逻辑值与前、后件逻辑值之间的关系，可用真值表（见表 3-9）表示。

表 3-9 充分条件假言判断真值表

p	q	如果 p , 那么 q	p	q	如果 p , 那么 q
+	+	+	-	+	+
+	-	-	-	-	+

由表 3-9 可得：

① “ \rightarrow ” 蕴涵符号，可定义为当且仅当前件 p 真，后件 q 假时，“ $p \rightarrow q$ ” 为假；

② 充分条件假言判断的基本逻辑特性是，一个真实的充分条件假言判断，当前件真时，后件必真；当前件假时，后件可真可假。在逻辑上，称这种前件与后件间的真假关系为前件蕴涵后件。

2. 必要条件假言判断

必要条件假言判断是断定某事物情况存在是另一事物情况存在的必要条件的判断。

必要条件是指：若无 p （前件），则必无 q （后件）；如有 p ，则未必有 q ，可以有 q 亦可以无 q 。例如：

① 只有实现了安全，才能正常地进行生产。

② 只有古建筑杜绝明火，才能避免火灾。

上述两例都是必要条件假言判断，若前件不存在，后件必然不存在：对例①来说，有事故就会破坏或影响正常的生产；对例②来说，无明火不能确保无火灾。若前件存在，则未必有后件：对例①来说，正常生产还受到原料的供应、市场的需要、经济等因素的影响；对例②来说，即使杜绝了明火，也常有因雷击而导致火灾的许多案例。

必要条件假言判断可用公式表示如下：

只有 p ，才 q ，

或 $p \leftarrow q$ （读作： p 逆蕴涵 q ，称为“逆蕴涵式”）

p 和 q 的联结项（常项），常用“只有……才……”，“必须……才……”，“除非……才……”，“不……不……”，“没有……没有……”等。

必要条件假言判断的真假与前件、后件逻辑值之间的关系，可用如下真值表（见表 3-10）表示。

表 3-10 必要条件假言判断真值表

p	q	只有 p ，才 q	p	q	只有 p ，才 q
+	+	+	-	+	-
+	-	+	-	-	+

由表 3-10 可知：

① “ \leftarrow ” 为逆蕴涵符号，可定义为，当且仅当前件 p 假，后件 q 真时，“ $p \leftarrow q$ ” 为假；

② 必要条件假言判断的基本逻辑特性是，一个真实的必要条件假言判断，当其前件假时，后件必假。

在客观世界中，往往是由许多条件共同作用才导致后果的，缺少其中任何一个条件都不可能导致后果，在逻辑学中称为复条件联系。

必要条件假言判断的“只有 p ，才 q ”以及真值表清楚地表明了：无 p 就无 q ，是由于 p 反映的是复条件之一，在客观世界中，无复条件之一就不能导致后果。有 p ， q 不定，是 p 只是一个条件存在，若一个条件存在，其他条件也存在就会导致后果，这时有 q ；若其他条件不存在，则就不可能导致后果，这时就无 q 。所以，必要条件假言判断的性质是由复条件联系的性质决定的，是复条件联系的概括。在安全生产中，事故就是复条件联系，若干个事故的原因条件共同作用导致了事故的突然发生。例如：

有一个矿工一次在潮湿的矿井中工作（A），照明使用的是 36V 行灯（B），行灯电线多处破损（C），工作时不慎手拿住了破损处（D）而造成触电死亡事故。这次触电死亡事故是由 A、B、C、D 一组条件共同作用导致的结果。

a. 无 A（即不潮湿），人体电阻在 $1 \times 10^4 \Omega$ 以上，即使触电，流过人体的电流也只是在 3.6mA，远低于人体摆脱电流（男性平均为 16mA），可以摆脱；潮湿，人体电阻下降至 1000Ω 以下，则流过人体的电流就为 36mA，此时就难以摆脱，只要 1.5s 就超过了心室颤动的 50mA。

b. 若使用的是 12V 行灯（按规定潮湿及金属容器内工作应使用 12V），触电时，流过人体电流为 12mA，可以摆脱。

c. 若电线不破损，就不会触电。

d. 手不抓住破损处也不会触电。

所以，由这四个原因条件共同作用导致了这次事故的发生，消除其中任何一个条件都不可能发生此事故。

3. 充分必要条件假言判断

充分必要条件假言判断是断定某事物情况是另一个事物情况的充分必要条件的判断。亦即，断定前提（ p ）是后件（ q ）的充分必要条件的假言判断。充分必要条件是指：如果有 p ，则必然有 q ；如果没有 p ，则必然没有 q 。例如：

当且仅当物质在瞬间燃烧，同时放出大量气体和热量，并以很大的压力和速度迅速向四周扩散，则该物质发生了爆炸。充分必要条件假言判断可用下式表示：

如果 p 则 q ，并且，只有 p 才 q

或

当且仅当 p ，则 q

或 $p \leftrightarrow q$ (读作: p 等值于 q , 称为“等值式”)

联结项(常项)常用: “当且仅当……, 则……”, “只有而且只要……, 就……”等。

充分必要条件假言判断的逻辑值与前、后件逻辑值间的关系, 可用下列真值表(见表 3-11)表示。

表 3-11 充分必要条件假言判断真值表

p	q	$p \leftrightarrow q$	p	q	$p \leftrightarrow q$
+	+	+	-	+	-
+	-	-	-	-	+

由表 3-11 可得:

① “ \leftrightarrow ”等值符号, 定义为, 当且仅当 p 和 q 同真或同假时, “ $p \leftrightarrow q$ ”为真;

② 充分必要条件假言判断的基本逻辑特性是, 只有当一个充分必要条件假言判断的前件和后件具有逻辑上的等值关系(同真或同假)时, 该判断才真; 如不具有这种逻辑上的等值关系, 则该判断就是假的。

(三) 假言判断之间的互相转换

充分条件假言判断与必要条件假言判断是可以互相转换的, 即

如果 p , 则 q ($p \rightarrow q$)

可以转换为:

只有 q , 才 p ($q \leftarrow p$)

这就是说: 一个充分条件假言判断, 前件 p 是后件 q 的充分条件, 那么, 后件 q 就是 p 的必要条件。亦即断定 p 是 q 的充分条件, 与断定 q 是 p 的必要条件, 二者的逻辑意义是同等的。

例如:

如果要保护好头部, 那么就要戴好安全帽。($p \rightarrow q$)

只有戴好安全帽, 才能保护好头部。($q \leftarrow p$)

只有 p , 才 q ($p \leftarrow q$)

可以转换为:

如果非 p , 则非 q ($\bar{p} \rightarrow \bar{q}$)

这就是说: 一个必要条件假言判断, 如对其前、后件都加以否定, 就变为充分条件假言判断。亦即断定 p 是 q 的必要条件, 同断定非 p 是非 q 的充分条件, 二者的逻辑意义是相同的, 例如:

只有张设好安全网, 才能防止高处坠落。($p \leftarrow q$)

如果不张设好安全网, 则不能防止高处坠落。($\bar{p} \rightarrow \bar{q}$)

假言判断的这种相互转换, 可以从不同的角度或不同的方面, 更加有力地强调

同一个思想，有助于对同一个判断的表达更加准确。

(四) 假言推理与安全生产

假言推理是假言直言推理的简称，是一个前提为假言判断，另一个前提是直言判断，推出结论为直言判断的假言推理。亦称“假言三段论”。它是通过直言判断前提（也称为“小前提”）对假言判断（也称“大前提”）的前件（ p ）或后件（ q ）的肯定或否定，推出结论。根据假言前提种类的不同，分为充分条件假言推理、必要条件假言推理和充分必要条件假言推理三种。

1. 充分条件假言推理

充分条件假言推理是以充分条件假言判断为大前提，性质判断为小前提，推出结论的假言推理。

充分条件的客观基础是在客观世界中存在着许许多多（指许多不同条件）中任何一个导致一后果的事物和现象，可表现为：

① 因果联系 如违章作业，可导致事故；违章指挥，可导致事故；违反劳动纪律，可导致事故；

② 偶然与必然的联系 事故既是突发的又是偶然的，但在偶然性中体现着必然性。如在夏季触电事故多，是因为夏季衣着单薄、易出汗、人体电阻大大下降，人体碰及带电体，电流通过人体就会产生触电事故。

由于充分条件假言推理是根据充分条件假言判断中前、后件之间的制约关系进行推演的，而充分条件假言判断的前、后件反映了多条件与后果的关系，所以，多条件与后果的联系即为充分条件假言推理的客观基础。

充分条件假言推理有如下两种形式。

(1) 肯定前件式 它是以性质判断小前提肯定大前提假言判断的前件，推出以肯定后件为结论的充分条件假言推理。其推理形式如下：

如果 p ，则 q ；

p ；

所以， q ；

也可用符号表示为： $[(p \rightarrow q) \wedge p] \rightarrow q$

例如：

如果吃了含一定量亚硝酸钠的食物，那么，人就会中毒；

吃了含一定量亚硝酸钠的食物；

所以，人就会中毒。

(2) 否定后件式 它是以性质判断小前提否定大前提假言判断的后件，推出以否定前件为结论的充分条件假言推理。其推理形式如下：

$$\begin{array}{l} \text{如果 } p, \text{ 则 } q; \\ \text{非 } q; \\ \hline \text{所以, 非 } p. \end{array}$$

亦可用符号表示为： $[(p \rightarrow q) \wedge \bar{q}] \rightarrow \bar{p}$

例如：

如果这次火灾是由明火引起的，那么，一定有明火；
无明火；

所以，这次火灾不是由明火引起的。

充分条件假言推理有两条必须遵守的规则：

- ① 肯定前件就要肯定后件；否定后件就要否定前件；
- ② 否定前件不能否定后件；肯定后件不能肯定前件。

这两条规则是由充分条件假言判断的性质决定的。根据充分条件假言判断真值表“前件真，后件真；前件假，后件真；前件假，后件假”。可以推出上述两条推理规则。

常见的逻辑错误是小前提否定大前提的前件，而结论则否定其后件；或小前提肯定大前提的后件，而结论则肯定其前件。例如：

如果大量吸入毒气，就会造成死亡；
没有大量吸入毒气；

所以，不会造成伤亡。

这是一个错误的充分条件假言推理，它违反了规则“否定前件不能否定后件”；而且，从道理上讲，造成伤亡不仅是“大量吸入毒气”，还有很多可能，如机械伤害、物体打击、触电、车辆等。

再如：

如果易燃易爆物质遇到了明火，那么，就会发生燃烧、爆炸；
易燃易爆物质发生了燃烧、爆炸；

所以，易燃易爆物质遇到了明火。

这也是一个错误的充分条件假言判断，它违反了规则“肯定后件不能肯定前件”，因为，除了明火外，静电火花、雷击等都会引起易燃易爆物质的燃烧、爆炸。

2. 必要条件假言推理

必要条件假言推理是以必要条件假言判断为大前提，性质判断为小前提，推出

结论的假言推理。

必要条件假言推理的客观基础是客观世界中事物与现象的复条件与其后果间的制约关系。因为在客观世界中一个后果的出现，需要许多条件联合在一起共同作用，缺一不可。如火灾的发生需要有可燃物、助燃物及着火源，三者联合在一起，共同作用；缺一就不会发生。由此，针对设法除去这三个因素之一来达到扑灭火灾而有窒息灭火法、冷却灭火法、隔离灭火法及抑制灭火法。

必要条件假言推理有以下两种形式。

(1) 否定前件式 它是以小前提否定大前提假言判断的前件，推出以否定后件为结论的必要条件假言推理。其推理形式如下：

$$\begin{array}{l} \text{只有 } p, \text{ 才 } q; \\ \text{非 } p; \\ \hline \text{所以, 非 } q. \end{array}$$

亦可用符号表示为： $[(p \leftarrow q) \wedge \bar{p}] \rightarrow \bar{q}$

例如：

$$\begin{array}{l} \text{只有某人系挂好安全带, 才能防止高处坠落;} \\ \text{某人没有系挂好安全带;} \\ \hline \text{所以, 某人不能防止高处坠落。} \end{array}$$

(2) 肯定后件式 它是以小前提肯定大前提假言判断的后件，推出以肯定前件为结论的必要条件假言推理，其推理形式为：

$$\begin{array}{l} \text{只有 } p, \text{ 才 } q; \\ q; \\ \hline \text{所以, } p. \end{array}$$

亦可用符号表示为： $[(p \leftarrow q) \wedge q] \rightarrow p$

例如：

$$\begin{array}{l} \text{只有这种易爆气体达到爆炸极限范围, 才会发生爆炸;} \\ \text{这种易爆气体发生了爆炸;} \\ \hline \text{所以, 这种易爆气体是达到了爆炸极限范围。} \end{array}$$

必要条件假言判断的性质决定了必要条件假言判断必须遵守如下两条规则：

- ① 否定前件就要否定后件；肯定后件就要肯定前件；
- ② 肯定前件不能肯定后件；否定后件不能否定前件。

这是由必要条件假言判断真值表规定的“前件真，后件真；前件真，后件假；前件假，后件假”所决定的。

这种推理常见的逻辑错误是：小前提否定大前提的条件，而得出肯定其后件的结论。例如：

只有某人遵守操作规程，才能安全生产；
某人遵守操作规程；
—————
所以，某人能安全生产。

这是一个错误的必要条件假言推理。它违反了规则“肯定前件不能肯定后件”；而且，影响安全生产还有物的不安全因素、环境、管理等其他因素。

还有一种常见的逻辑错误是：小前提否定大前提的后件，而结论则是否定了其前件。例如：

只有某某进行个体防护，才能防止 X 射线照射；
未能防止 X 射线照射；
—————
所以，某某未进行个体防护。

这也是一个错误的推理，它违反了规则：“肯定后件不能否定前件”，而且防止 X 射线照射不仅是进行个体防护，还有屏蔽防护、距离防护、时间防护等。

3. 充分必要条件假言推理

充分必要条件假言推理是以充分必要条件假言判断为大前提，性质判断为小前提，推出以性质判断为结论的假言推理。

充分必要条件假言推理是根据充分必要条件假言判断中前、后件之间的制约关系而推演的，而充分必要条件假言判断是客观世界中统一条件联系的反映。所谓统一条件联系是指某一个条件同时能导致多个并列的后继现象，而这些并列的后继现象又是同一事物的不同表现方面，人们称这种联系叫做统一条件联系。例如，“易燃易爆物质在空气中的浓度达到爆炸极限范围，遇明火”这一现象可导致①爆炸；②产生冲击波（毁坏建筑物等及杀伤人员）；③产生高温（产生热辐射，引起其他可燃物的燃烧）；④发光；⑤碎片飞散抛掷等。这些是爆炸的并列现象，又表现为爆炸的不同方面。

由充分必要条件假言判断真值表可知：只有在前件与后件同真或同假情况下，其判断才为真，亦即，其逻辑性质是：有前件就有后件；无前件就无后件；有后件就有前件；无后件就无前件。因此，充分必要条件假言推理只有肯定前、后件中的一个就肯定另一个；反之，否定其中之一就要否定另一个。这样就得出四种正确的推理形式。

(1) 肯定前件式

当且仅当 p ，则 q ；

p ；

所以， q 。

亦可用符号表示为： $[(p \leftrightarrow q) \wedge p] \rightarrow q$

例如：

当且仅当易燃易爆物质在空气中的浓度达到爆炸极限

范围且遇明火，那么，就会立即发生爆炸；

易燃易爆物质在空气中的浓度达到爆炸极限范围且遇明火；

所以，易燃易爆物质立即发生了爆炸。

(2) 肯定后件式

当且仅当 p ，则 q ；

q ；

所以， p 。

亦可用符号表示为： $[(p \leftrightarrow q) \wedge q] \rightarrow p$

(3) 否定前件式

当且仅当 p ，则 q ；

非 p ；

所以，非 q 。

亦可用符号表示为： $[(p \leftrightarrow q) \wedge \bar{p}] \rightarrow \bar{q}$

例如：

当且仅当月球运行在地球和太阳中间，并且三者一条直线上，

那么，在地球上就会观察到日食现象；

月球运行不在地球和太阳中间的一条直线上；

所以，在地球上就观察不到日食现象。

(4) 否定后件式

当且仅当 p ，则 q ；

非 q ；

所以，非 p 。

亦可用符号表示为： $[(p \leftrightarrow q) \wedge \bar{q}] \rightarrow \bar{p}$

4. 假言推理与分析认识事故

高处坠落每年均要发生许多起，作业人员必须要增强自我保护意识，学习安全知识，穿戴、架设好相应的防护用具，“洞口要有盖，临边要有栏”，坚决杜绝“三违”，遵章守纪，就能有效地防止高处坠落，避免不必要的伤亡。且看下列：

四川省某建筑队在施工现场曾配发过安全网、安全带、安全帽。可是，在 1991 年 2 月 4 日，民工张某等四人在某电厂 2 号井钢管除锈、除油漆。张与王站在一块未固定好又未拴安全网的台板上，还未系安全带，张手拿除锈铲在除锈时，因用力不当，重心前移使台板腾空，张某与一手除锈一手握铁丝的王某当即随板一起从 10m 高处坠落地面，造成张某因伤势过重抢救无效死亡，王某脚关节骨折。

对此，可以进行下述推理来分析认识此次高处坠落事故：

如果张某、王某进行高处作业时，未系安全带，在作业面下又未架设安全网，作业时不慎跌落，那么，就会发生高处坠落事故。

张某、王某进行高处作业时，未系安全带，在作业面下
又未架设安全网，作业时不慎跌落；

所以，张某、王某就会发生高处坠落事故。

这一个是充分条件假言判断的肯定前件式，推理并不难，人人都会进行如此的推理，如果张某、王某等人安全意识强一点，在 10m 高处进行作业，不系安全带，不架设安全网，坠落下去非死即伤，在作业前进行这样的推理，就不会如此麻痹大意地去进行作业了，至少要戴好安全帽、系挂好安全带，这一悲剧也就不会发生了。

同样，许多作业事前作一些分析、推理，去认识它，就会引起警惕并采取措施，一些不必要的伤亡也可由此防止。

（五）假言选言推理、假言连锁推理与分析认识事故

1. 假言选言推理及其种类

假言选言推理亦称“选言假言推理”，它是一种以两个或两个以上具有合取关系的充分条件假言判断和具有两个或两个以上选言支的一个选言判断为前提进行推演的演绎推理。它通过选言判断前提的各选言支分别对假言判断前提并列前件的肯定或并列后件的否定而推得结论。因此，根据前提选言判断的选言支数，分为二难推理（又称“二难三段论”）、三难推理、四难推理等。而二难推理是假言选言推理的一种主要形式，所以，也常将二难推理称为假言选言推理。

二难推理是指以两个具有合取关系的充分条件假言判断和一个具有两个选言支的选言判断为前提的一种演绎推理。例如：

假如进行这项危险性大的工作采取措施后无事故，

那么就应该总结成功的经验；

假如进行这项危险性大的工作采取措施后发生了事故，

那么就应该总结失败的教训；

进行这项危险性大的工作采取措施后或是无事故或是发生事故；

所以，都应该加以总结。

上例是针对一项危险性大的工作在采取措施后，进行分析总结经验教训的推理。

之所以称为二难推理是因为经常在辩论中用来责难论敌，使其陷入进退维谷、左右为难的境地。同样，在安全生产中论证一个观点，说明一个道理或是分析认识事故不失为一个好的推理方法。

假言选言推理分为简单式和复杂式两种，简单式是以一个简单性质判断为结论的；复杂式是以一个复合的选言判断为结论的。简单式和复杂式又都可分为构成式和破坏式两种，因此，假言选言推理共有四种形式，分述如下。

(1) 简单构成式（又称“简单肯定式”） 简单构成式假言选言推理是前提中的两个假言判断的前件不同而后件相同，由选言判断前提中的两个选言支分别肯定两个假言判断的不同前件，从而推出肯定相同后件为结论的一种推理。其推理形式可表述如下：

$$\begin{array}{l} \text{如果 } p, \text{ 则 } r; \text{ 如果 } q, \text{ 则 } r; \\ \text{或者 } p, \text{ 或者 } q; \\ \hline \text{所以, } r. \end{array}$$

亦可用符号表示为： $[(p \rightarrow r) \wedge (q \rightarrow r)] \wedge (p \vee q) \rightarrow r$

例如：

$$\begin{array}{l} \text{如果该容器内充满了氮气, 就会造成窒息;} \\ \text{如果该容器内充满了氢气, 就会造成窒息;} \\ \text{或者是氮气, 或者是氢气;} \\ \hline \text{所以, 都会造成窒息。} \end{array}$$

注：虽然，还有 NH_3 、 CO_2 都是窒息性气体，但对该特定的容器而言已穷尽了仅有的两种窒息性气体（ N_2 、 H_2 ）。

(2) 简单破坏式（又称“简单否定式”） 简单破坏式假言选言推理是作为前提的两个假言判断的前件相同而后件不同，由选言判断前提的两个选言支分别否定两个假言判断的不同后件，从而推出否定前件为结论的一种推理。其推理形式可表述如下：

$$\begin{array}{l} \text{如果 } p, \text{ 则 } q; \text{ 如果 } p, \text{ 则 } r; \\ \text{或者非 } p, \text{ 或者非 } r; \\ \hline \text{所以, 非 } p. \end{array}$$

亦可用符号表示为： $[(p \rightarrow q) \wedge (p \rightarrow r)] \wedge (\bar{q} \vee \bar{r}) \rightarrow \bar{p}$

例如：

如果是食盐，那么，会是很咸的；如果是食盐，
那么，食后不会发生食物中毒；
不是很咸的，食后发生了食物中毒。

所以，不是食盐。

(3) 复杂构成式（又称“复杂肯定式”） 复杂构成式假言选言推理是作为两个假言判断前件及后件均不相同，由选言判断的两个选言支分别肯定两个假言判断的不同前件，从而推出以肯定两个假言判断不同后件为结论的推理。其推理形式可表述如下：

如果 p ，则 q ；如果 r ，则 s ；
或者 p ，或者 r ；

所以，或 q ，或者 s 。

亦可用符号表示为： $[(p \rightarrow q) \wedge (r \rightarrow s)] \wedge (p \vee r) \rightarrow (q \vee s)$

例如：

若坠落高度为 3m，而脚先着地，那么，会造成骨折等伤害；
若坠落时后脑先着地，那么，会造成脑干摔坏而死亡；
或者脚先着地，或者后脑先着地；

所以，或者会造成骨折等伤害，或者会造成脑干摔坏而死亡。

(4) 复杂破坏式（又称“复杂否定式”） 复杂破坏式假言选言推理是作为前提的两个假言判断的前提和后件都不相同，由选言判断前提的两个选言支分别否定两个假言判断的不同后件，从而推出的否定两个假言判断的不同前件为结论的推理。其推理形式可表述如下：

如果 p ，则 q ；如果 r ，则 s ；
或者非 q ；或者非 s ；

所以，或者非 p ，或者非 r 。

亦可用符号表示为： $[(p \rightarrow q) \wedge (r \rightarrow s)] \wedge (\bar{q} \vee \bar{s}) \rightarrow \bar{p} \vee \bar{r}$

例如：

如果他们是被谋杀，那么，身上一定会有痕迹；如果他们是
误食了毒物而死，那么，在肠胃内一定能检出毒物；
或是无谋杀的痕迹，或是非误食了毒物而死；

所以，他们或者不是被谋杀，或者不是误食了毒物而死。

注：这是 20 世纪 80 年代发生的一起案例，一对恋人开着空调坐在后盖开启的丰田小面包中（在屋前的广场树阴下）谈情说爱，当中午父母请他们共进午餐时，发现他们已死在车内。或说是吃了毒物而死，或说是被谋杀。法医来后，进行了验尸、解剖化验，肠胃内未检出毒物，身体无任何外伤等痕迹。初步检查分析是一氧化碳中毒。确实如此，从车子停的位置来分析，刚好风将排气管内排出的废气（有 CO）灌入车内，造成一对恋人 CO 中毒而导致死亡。类似这方面的中毒案例确也多次发生，这是一个安全常识问题。

2. 分析认识事故与假言选言推理

1982 年 2 月 3 日上午，杭建公司二工地架子工拆除脚手架违反安全操作规程，把拆下的钢管从五楼向下扔，结果一根钢管击断角铁井字架平板吊笼上的钢丝绳，使平板吊笼坠落。这时，平板上有个女工正在卸材料。幸亏平板吊笼上装有安全装置，当平板坠落到 75cm 处被搁置在塔身水平杆件上，保住了女工的性命。

与此相反，3 月初，杭州市第三建筑公司在杭州照相机厂施工中，同样也发生了一起角铁井字架平板吊笼钢丝绳破断事故。由于平板上没有安全装置，使在上面操作的一名女工随平板吊笼坠落而丧生。

分析认识上述两起事故时，可以进行假言选言推理：

如果平板吊笼有安全装置，则钢丝绳断裂吊笼坠落时

能保住作业人员生命安全；

如果平板吊笼没有安全装置，则钢丝绳断裂吊笼

坠落时不能保住作业人员生命安全；

平板吊笼或者有安全装置，或者没有安全装置；

所以，发生钢丝绳断裂吊笼坠落时或者能保住作业人员的生命安全，
或者不能保住作业人员的生命安全。

这个推理对于认识安全装置保护职工的生命和健康具有积极的现实意义。

3. 假言连锁推理及其种类

假言连锁推理又称“纯粹假言推理”，它是由两个或两个以上假言判断作前提，推出一个以假言判断为结论的推理。它具有前提和结论都是假言判断，前一个前提的假言判断的后件与后一个假言判断的前件相同，由这样的几个假言判断连锁而推出结论的特点。这里仅介绍两种主要的假言连锁推理。

(1) 充分条件假言连锁推理 充分条件假言连锁推理是以充分条件假言判断作前提及结论的一种假言连续推理。其形式有两种。

① 肯定式 它是肯定式第一个前提里的前件，从而肯定最后一个前提的后件的形式。其推理形式为：

如果 p , 则 q ;

如果 q , 则 r ;

所以, 如果 p , 则 r 。

亦可用符号表示为: $[(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow r)] \rightarrow p \rightarrow r$

例如:

如果系挂好安全带, 那么, 作业时发生坠落, 安全带会将作业者吊住;

如果作业时发生坠落, 安全带将作业者吊住,

那么作业者就不会坠落下去造成伤亡。

所以, 如果系挂好安全带, 那么, 作业者就不会坠落下去造成伤亡。

② 否定式 它是肯定最后一个前提里的后件, 从而否定第一个前提的前件的形式。其推理形式为:

如果 p , 则 q ;

如果 q , 则 r ;

所以, 如果非 r , 则非 p 。

亦可用符号表示为: $[(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow r)] \rightarrow (\bar{r} \rightarrow \bar{p})$

例如:

如果戴安全帽, 那么受到物体打击时可以保护好头部;

如果受到物体打击时可以保护好头部, 那么, 头部就不受伤;

所以, 如果头部受伤, 那么就是没有戴安全帽。

(2) 必要条件假言连锁推理 是以必要条件假言判断作前提的假言连续推理。其推理形式有两种。

① 肯定式 它是肯定最后一个前提的后件, 从而肯定第一个前提的前件的形式。其推理形式为:

只有 p , 才有 q ;

只有 q , 才有 r ;

所以, 如果 r , 则 p 。

亦可用符号表示为: $[(p \leftarrow q) \wedge (q \leftarrow r)] \rightarrow (r \rightarrow p)$

例如:

只有杜绝“三违”, 才能安全生产;

只有安全生产, 才能避免伤亡;

所以, 如果要避免伤亡, 则必须杜绝“三违”。

注: “三违”指违章作业, 违章指挥, 违反工艺劳动纪律。

② 否定式 它是否定第一个前提的前件，从而否定最后一个前提的形式。其推理形式为：

$$\begin{array}{c} \text{只有 } p, \text{ 才有 } q; \\ \text{只有 } q, \text{ 才有 } r; \\ \hline \text{所以, 如果非 } p, \text{ 则非 } r. \end{array}$$

亦可用符号表示为： $[(p \leftarrow q) \wedge (q \leftarrow r)] \rightarrow (\bar{p} \rightarrow \bar{r})$

例如：

只有焊工经常戴弧光防护眼镜，才能阻挡弧光对眼睛的辐射；

只有阻挡弧光对眼睛的辐射，才能防止电光性眼炎的产生；

所以，如果焊工经常不戴弧光防护眼镜，

那么就不能防止电光性眼炎的产生。

4. 分析认识事故与假言连锁推理

在安全生产中，常常应用假言连锁推理来论述需要阐明的观点，对事故进行分析认识。例如：

某单位新建一座咸鱼加工厂，照明线路用 1.5mm^2 铝线铺设，使用不到三年就自动断落，多次发生触电未遂事故。后来改换成 1.5mm^2 铜导线，使用八年从未发生过线路自动断落及触电事故等故障。

对此，可进行如下的两个假言连锁推理。

① 如果用 1.5mm^2 铝线铺设照明线路，则铝线不久就会熔断而断落；

如果铝线不久熔断而断落，则会发生由此引起的触电事故；

所以，如果用 1.5mm^2 铝线铺设照明线路，

则会发生由此引起的触电事故。

这是一个充分条件假言连续推理肯定式。

② 如果用 1.5mm^2 铜导线铺设照明线路，

则不会融化断落（指不超负荷）；

如果铜导线不会融化断落，则不会发生由此引起的触电事故；

所以，如果用 1.5mm^2 铜导线铺设照明线路，

则不会发生由此引起的触电事故。

这也是一个充分条件假言连锁推理肯定式。

（六）安全领域中的负判断

在安全领域中，经常会作出诸如“并非所有事故都是因工伤亡事故”等的判断；在逻辑上，上述一类的判断称为负判断。

1. 什么是负判断

负判断是指对原判断的否定而作出的判断，亦称“判断的否定”。它是一种比较特殊的复合判断，它的构成为：由一个否定联结词来否定原判断（也称“负判断的支判断”）所构成。

常用的负判断的否定联结词有“并非”、“并不是”、“并没有……这种情况”、“并无……之前”、“这是错误的”等。负判断的支判断可以是简单判断，也可以是复合判断。例如：

① 并非所有的安技人员都是工程师。

② 并非木材仓库火灾能用水、泡沫灭火器灭火，酒精仓库火灾也能用水、泡沫灭火器灭火。

例①中，“并非”后的支判断是简单判断；

例②中的支判断是复合判断。

负判断是对原判断断定情况的否定（对整个原判断的否定），故是复合判断。在性质判断中的否定判断是否定具有某种性质的判断，因而是简单判断。这就是负判断与否定性质判断的不同之处。

若原判断为“ p ”，则负判断为“并非 p ”，用符号表示为“ \bar{p} ”

负判断与其原判断（或支判断）间的真假关系是矛盾关系，可用真假表 3-12 来表示。

表 3-12 负判断与原判断的真假表

p	\bar{p}
+	-
-	+

亦即，原判断真，则其负判断必假；原判断假，则其负判断必真。若再加以否定负判断，就又等值于原判断，这就是所谓的双重否定原则，代数上的“负负得正”吧。两个判断等值是指两个判断所表达的真假值相同。每一个负判断都有一个与其自身相等的判断。

任何一个判断都可对其否定而得一个与之相对的负判断。就性质判断而言，其负判断实质上即是逻辑方阵对应关系中相对的矛盾判断。例如，“并非所有事故都是责任事故（‘并非 SAP ’）”，与“有些事故不是责任事故（‘ SOP ’）”等值。 SAP 与 SOP 是矛盾关系。 A 真则 O 假， A 假则 O 真。 A 判断的负判断“并非 SAP ”实质上就是“ SOP ”。因为，“并非 SAP ”就是断定“ SAP ”是假的，

“SAP”假，则“SOP”真。所以，“并非SAP”与“SOP”等值。

2. 负判断等值推理

负判断等值推理是根据负判断等值关系进行推演的一种推理。这是因为无论是简单判断还是复合判断，各种判断都有其负判断，并且也都有与其负判断等值的判断，因此，各判断均可作为前提而推出与之相等值的一个判断为结论，这就是负判断的等值推理。例如：

并非所有的火灾都是由明火引起的，所以，有些火灾不是由明火引起的。

由于原判断分简单判断和复合判断，因而原判断的负判断有负简单判断和负复合判断，所以，负判断的等值推理，也就有负简单判断等值推理和负复合判断等值推理之分。

负判断的等值推理是可逆的有效推理，只要前提真，其结论也必然真。

3. 负简单判断的等值推理

(1) A、E、I、O 四种性质判断的负判断及其等值推理

① 并非SAP，所以，SOP。

例如，“并非所有接触职业性有害因素引起的疾病都是职业病，所以，有些接触职业性有害因素引起的疾病不是职业病。”（注：职业病有一定范围，这里指的是国家明文规定的法定职业病。）

“并非SAP”等值于“SOP”，即 $\bar{A} \leftrightarrow O$ 。

② 并非SEP，所以，SIP。

例如：“并非所有触电者都不能救活，所以，有的触电者能救活”。

“并非SEP”等值于“SIP”，即 $\bar{E} \leftrightarrow I$ 。

③ 并非SIP，所以，SEP。

例如，“并非有些事故是没有原因的，所以，所有事故都不是没有原因的”。

“并非SIP”等值“SEP”，即 $\bar{I} \leftrightarrow E$ 。

④ 并非SOP，所以，SAP。

例如，“并非所有人员进入工地不需戴好安全帽，所以，所有进入工地的人员都必须戴好安全帽”。

“并非SOP”等值“SAP”，即 $\bar{O} \leftrightarrow A$ 。

(2) 四种模态判断的负判断的等值推理 由四种模态判断逻辑方阵中的矛盾关系，也可进行负判断的等值推理。其过程为：否定其中的一个模态判断，即可推出其相应的等值负判断。因此：

“必然p”等值于“不可能非p”。

四种模态判断负判断的等值推理如下。

①“必然 p ”等值于“不可能非 p ”。

例如，由“长期大量吸入煤尘必然会得煤工尘肺”推出“长期大量吸入煤尘不可能不得煤工尘肺”。

②“必然非 p ”等值于“不可能 p ”。

例如，由“6V 以下电压必然不会造成触电伤亡”推出“6V 以下电压不可能造成触电伤亡”。

③“可能 p ”等值于“不必然非 p ”。

例如，由“对触电者急救可能救活”推出“对触电者急救不必然救不活”。

④“可能非 p ”等值于“不必然 p ”。

例如，由“患癌症可能不一定会死”推出“患癌症不必然一定会死”。

(3) 规范判断负判断的等值推理 由四种规范判断的逻辑方阵中的矛盾关系，亦可进行负判断的等值推理。有如下四种形式。

①“必须 p ”等值于“不允许非 p ”。

例如，由“必须穿戴好劳动防护用品”推出“不允许不穿戴好劳动防护用品”。

②“必须非 p ”等值于“不允许 p ”。

例如，由“易燃易爆场所必须无明火”推出“易燃易爆场所不允许有明火”。

③“允许 p ”等值于“不必须非 p ”。

例如，由“允许在此室吸烟”推出“不禁止在此室吸烟”。

④“允许非 p ”等值于“不必须 p ”。

例如，由“高处作业的有些作业允许不在高处做”推出“高处作业的有些作业不必须在高处做”。(注：这是造船行业为安全考虑提出的“高处作业地面做”的要求，因为确实有不少作业在地面完成后，再在高处进行作业，可以减少高处作业的时间，以减少事故的发生。)

4. 负复合判断的等值推理

负复合判断是指原判断为复合判断的负判断。由于复合判断的负判断也都有其相应的等值判断，所以，负复合判断的等值推理是指由否定一个复合判断去推出一个相应的等值判断的等值推理。它有如下的几种推理。

(1) 负联言判断的等值推理 联言判断的形式为“ p 并且 q ”($p \wedge q$)，负联言判断就是对联言判断的否定：

“并非 p 而且 q ”，($\overline{p \wedge q}$)。

由于只要联言判断的负判断中有一个是假的，则整个判断是假的，“并非 p 而

且 q ”表明联言判断“ p 并 q ”是假的，而只要 p 或 q 是假的，则“ p 并 q ”为假。所以，联言判断的负判断等值于一个相应的选言判断。即：

“并非 p 且 q ”等值于“非 p 或非 q ”， $(\overline{p \wedge q}) \leftrightarrow (\overline{p} \vee \overline{q})$ 。

此为德摩根定律。例如，由“并非事故多且事故规模大”推出“或事故不多，或事故规模小”。

(2) 负选言推理的等值推理 负选言推理是对一个选言判断的否定，其形式为：“并非或者 p ，或者 q ” $(\overline{p \vee q})$ 。

因为只要在选言判断的支判断中有一个选言为真，则此选言判断为真，所以，选言判断的负判断就不能是一个相应的选言判断，而必须是各个支判断都是否定的联言判断。即

“并非或者 p ，或者 q ”等值于“非 p 并且非 q ”， $(\overline{p \vee q}) \leftrightarrow \overline{p} \wedge \overline{q}$ 。

例如，由“并非这次事故或是发生伤亡，或是设备等财产损失”推出“这次事故未发生伤亡，并且没有设备等财产损失”（是未遂事故）。

(3) 负充分条件假言判断的等值推理 负充分条件假言判断的形式为“并非如果 p ，则 q ”， $(\overline{p \rightarrow q})$ 。

一个充分条件假言判断只有当其前件真而后件假时，假言判断才为假，在其余情况下，均为真。所以，一个充分条件假言判断的负判断可以表述为前件真且后件假的联言判断。即

“并非如果 p ，则 q ”等值于“ p 且非 q ”， $(\overline{p \rightarrow q}) \leftrightarrow p \wedge \overline{q}$ 。

例如，由“并非如果发生事故，就会有伤亡”推出“发生事故而无伤亡”。

(4) 负必要条件假言判断的等值推理 负必要条件假言判断的形式为“并非只有 p ，才 q ”，即 $(\overline{p \leftarrow q})$ 。

只有当一个必要条件假言判断的前件假而后件真时，该假言判断才假，而在其余情况下都为真。所以，一个必要条件假言判断的负判断可表述为前件假而后件真的联言判断。即

“并非只有 p ，才 q ”等值于“并非 p 并且 q ”， $(\overline{p \leftarrow q}) \leftrightarrow \overline{p} \wedge q$ 。

例如，由“并非只有物质在有氧情况下，才会产生燃烧现象”推出“物质在无氧条件下，也会产生燃烧现象”。

(5) 负充分必要条件假言判断的等值推理 负充分必要条件假言判断的形式是：“并非当且仅当 p ，才 q ”， $(\overline{p \leftrightarrow q})$ 。

当充分必要条件的假言判断的前、后件同真或同假，该假言判断才真；若前、后件真假不一致，则该假言判断为假。所以，一个充分必要条件假言判断的负判

断，就等于断定其前、后件真假不一致。其推理形式可表述为：

“并非当且仅当 p ，才 q ”等值于“ p 并且非 q ”或“非 p 并且 q ”， $(\overline{p \leftrightarrow q} \leftrightarrow p \wedge q) \vee (\overline{p \leftrightarrow q} \leftrightarrow \bar{p} \wedge q)$ 。

例如：“并非当且仅当你单位去年实现了全年无事故，我才相信你有安全管理能力”推出“你单位去年实现了全年无事故，但我不相信你有安全管理能力”或“你单位去年虽未实现全年无事故，但我相信你有安全管理能力。”

5. 分析认识事故与负判断等值推理

不能迷信洋设备，不能认为凡是洋设备必是先进的、安全可靠的，否则免不了要吃亏。

某公司的两台货运电梯是从国外进口的。4月7日那天，右边一台电梯因减速箱蜗杆轴端盖处漏油，安排检修。由于电梯设计时没有考虑到检修操作位置（电梯卷扬机钢丝绳滚筒中心线与轿厢边距离只有600mm，传动三角皮带轮边与轿厢边距离不及300mm），检修工人无法操作，当时只得把轿厢提升三楼。重半吨的轿厢全靠蜗杆蜗轮的自锁作用悬吊着，工人就站在悬吊在高空的轿厢下面检修。当检修工人准备更换蜗杆轴端盖的油毡圈，把盖端螺钉卸下时，蜗杆失去固定，蜗轮失去自锁，轿厢从8m高处坠落，将下面两个检修工人砸死。

上述介绍事故案例的第一段文字是分析认识事故的结论性判断。这里主要运用负判断否定了—个错误的论断。这个错误的论断是“凡是洋设备必是先进的、安全可靠的”，这是一个二支联言判断。前面的“不能认为”就是否定联结词，指出这个判断是假的，相当于“并非”。实际上，这个负判断的形式是：“并非（ p 且 q ）”，就是说“并非凡是洋设备必是先进的并是安全可靠的”。这个负判断等值于—个相应的选言判断，运用负联言判断的等值推理，可以推出“有些洋设备或者不是先进的，或者不是安全可靠的”。其推理公式是：

$$\overline{p \wedge q} \leftrightarrow \bar{p} \vee \bar{q}$$

分析事故案例的文章接着写道：

这两台电梯不符合安全要求，事先并非不知道，安装时已发现19项缺陷，按我国电梯技术要求缺少许多应有的安全装置。原设计的电梯虽有防断绳装置，但因缺少零件未能安装，就马虎交付使用了。电梯带病运转8个月，曾多次发生设备事故，却并未引起重视，终于造成死亡事故。

这次事故说明，对洋设备无论是在引进时或使用中，都不可忽视安全这一环。引进时发现设备不符合安全要求或安全措施不全的，该由外商负责的要坚决按照合同办事，不安全的—不投产使用。即使进口设备不存在不安全因素，使用中也不可放松安全管理，应加强工人的安全技术教育，制定完善的安全操作规章制度。总之，

一定要克服对洋设备盲目迷信的麻痹思想。

这篇对事故的分析报道的结论是：一定要克服对洋设备盲目迷信的麻痹思想。与开头第一句“不能迷信洋设备”前后呼应。这是本文的中心思想。从逻辑的角度分析一下，实际上包含一个负判断，即“并非洋设备都是安全可靠的”。

这是一个负全称判断，其公式是： \overline{SAP} ，由此进行负判断等值推理，可以推出 SOP 。即 $\overline{SAP} \leftrightarrow SOP$ 。其结论是“有些洋设备不是安全可靠的”用事实来说明这个论点，有理有据，很有说服力。

- ☆ 第一节 归纳逻辑概述
- ☆ 第二节 观察
- ☆ 第三节 实验
- ☆ 第四节 比较
- ☆ 第五节 分析和综合
- ☆ 第六节 抽象和概括

归纳逻辑概述

第一节 归纳逻辑概述

在逻辑学中，归纳逻辑是以归纳推理和归纳方法为基本内容的逻辑系统。在传统归纳逻辑中，其主要研究对象为观察、实验、比较、分析和综合、完全归纳法、简单枚举归纳法、排除归纳法（穆勒求因果五法）、类比法以及假说等。它的特点是除完全归纳法外其结论所涉及的知识范围超出了前提所涉及的知识范围，所得推理的结论具有或然性。

人们在认识客观事物过程中，首先是通过观察、实验等来搜集、积累感性材料，再经过比较、分析、综合、归纳、演绎等逻辑活动进行思维加工，形成概念、判断，获得推理结论，进行论证，使感性认识上升到理性认识，从个别到一般，揭示事物的内部联系、本质和规律。

例如，丹麦物理学家奥斯特（Oersted）在1812年发表的《关于化学定律之见解》的一篇文章中首次宣称：“电与磁之间存在着联系”。对此，他从事了大量的有关实验而经历了8年之久，力图找到有说服力的证据。但是，由于他进行实验的指导思想错了，实验没有成功。后来，他改变了思路：可能电流产生的磁效应不能沿着电流流动方向去检验，而在别的方向上。在1820年4月，在他主持的“电磁讲座”讲演临近结束时，再次演示实验：他将一根导线的两端与一个伏打电池连接放在与磁针垂直的上方时，什么情况也没有发生。但当他偶然将导线平放与磁针平时，惊奇地发现了

小磁针微微地动了一下。敏锐的观察使他惊喜万分，他又反转了电流，发现磁针向相反的方向偏转。真是“见微知著”，8年的心血竟在一瞬间成功。他立即进行了多次重复实验及用金、银、铜、铁、铂等金属导线，并在导线与磁针间放了玻璃、石块、木板等，结果都一样：磁针在通电的导线周围发生偏转。奥斯特在大量实验的基础上，概括出：电流产生的磁力不是在与电流相平行的方向上，而是在与电流相垂直的方向上，电流产生的磁力不受周围空间非磁性物质的影响。

法国著名物理学家安培获悉奥斯特电磁效应实验成功的消息后，第二天就开始进行了一系列大量实验，抽象概括出“右手定则”及两条载流平行导线的电流同向或异向而会互相吸引或排斥，其作用力的大小可以计算。并为后来法拉第发现伟大的“电磁感应定律”铺平了道路。

归纳和演绎既有联系又有区别。在人类的认识过程中，首先是接触、认识、研究个别事物，从个别事物的知识中抽象概括出一般性的认识。归纳既为演绎提供了推理的前提，反过来在归纳过程中也有演绎的参与。归纳与演绎互相联系、互相补充。

第二节 观 察

一、什么是观察

观察又称“观测”。它是人们认识自然和社会现象获得感性经验和进行科学研究的基本途径和方法。它是指人们通过感觉器官和科学仪器有目的、有计划地考察、搜集、描述自然现象和社会现象，以认识事物本质和规律的一种方法。它分为直接观察和间接观察两种。

1. 直接观察

它是人们根据自己的感官去认识自然和社会取得经验知识的一种方法。但是，人的观察能力却受到了多方面的限制，主要的有如下几种。

(1) 频度的限制 如人眼能看得见的可见光只是 $390\sim 750\text{nm}$ ，人耳只能接受 $16\sim 20000\text{Hz}$ 的声波，至于嗅觉、味觉、触觉等感受范围也都十分有限。

(2) 精度的限制 人们在观测时常受到感官在精度方面的限制及存在着观测误差。

(3) 错觉 如平面图形中的横竖错觉、箭头错觉、插在水中的竹竿看起来是弯的（见图 4-1），浸在热水中的脚立即移到温水中会感到冷；再如在海上作业时由于远方水天一色容易产生将大海看作蓝天，蓝天当作大海的空间定位错觉等。错觉

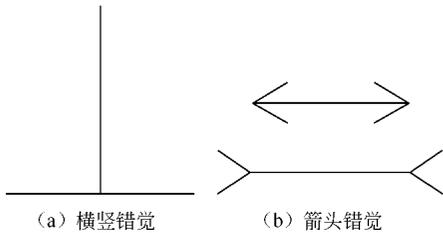


图 4-1 几何错觉图

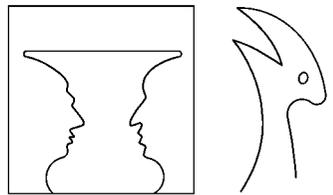


图 4-2 柯勒尔视幻图

有它有害的一面，它会引起差错，严重的会导致事故发生；也有它有利的一面，可以改善工作环境，增进作业人员的身心健康，提高工作效率。

(4) 观察渗透 同一事件会引起不同的观察结果，如著名的柯勒尔视幻图（见图 4-2）乍一看来有的人看到的是一只高脚盆，有的人看到的是互相对视看的两个人；有的人以为是只长嘴水鸟，有的人以为是大角羚羊。同样的外部刺激，因不同观察者的经验、知识、信息加工不同而形成了不同的信息组合与联系，映视为不同图像，作出不同的陈述。

(5) 感性渠道的限制 在客观世界中，有着各种各样的信息形成，人的五感是否足够呢？如软体动物只有触觉，鳄鱼只能分辨黑白，狗只能分辨红、蓝两种颜色等，我们不能断言人们所感受到的信息就是自然界存在的所有信息。

(6) 个体差异 如年龄、健康状况、知识、经验、兴趣、注意力、主观意向等对观察能力存在着较大的影响作用。

2. 间接观察

又称“仪器观察”。人们在无法感知自然界的的信息时，就需要借助科学仪器或其他技术手段来获得外界的感性材料，特别是在科学实验中离不开仪器观察，如望远镜、显微镜、微波漏能测试仪、高频电磁场测试仪、测爆仪、测电笔、各种报警器、加速器、人造卫星等大大地延长了人的观察能力，更精细、更准确。但仪器有误差，有时也会导致错误的观察结果。

观察不仅仅是看见事物，观察包括感官感知外部事物（人 80% 外部信息的接受来自于视觉）及伴随有思维、想像的因素。

观察在人类与自然界及社会的认识活动中有着极其重要的先导作用。例如，最早的天文学、气象学是人类在早期的游牧活动及日常生活中对各种天象、日、月、星辰、风、云、雨、雷、电等天气情况进行观察再加以总结而建立起来的。同样，在安全生产中也有着十分重要的作用，例如，人们所进行的各种安全检查就

是主要运用观察方法来发现问题、发现隐患；应用各种观测仪器来检查作业生产环境的噪声、粉尘、有毒有害物质是否超标？工艺技术指标是否稳定、安全？生产场所易燃、易爆、有毒有害物质是否泄漏或超标等？以保证生产能安全卫生地正常进行。

二、观察力的培养

观察力受先天心理素质的影响与制约，但它更是后天实践所形成和发展的。所以，观察力可以通过训练来提高。其途径主要如下。

(1) 提高观察意识 观察意识与观察者对观察对象的观察目的、任务、强烈的责任心有着密切的关系。达尔文曾被老师看作是“智力平庸的孩子”，可是他却创立了进化论，通过观察、调查研究后提出：生物的生存环境、条件发生变化时会产生变异，会通过后代表现出来，生物的器官有用进废退现象，生物界普遍存在着种内、种间、与环境的生存斗争，生物按照自然界的“优胜劣汰、适者生存”进行自然选择，人类可以对生物实现人工选择。

(2) 培养对观察事物的兴趣，提高观察时的注意力 兴趣是提高观察力的重要条件，观察时缺乏兴趣就会产生注意力不集中、马马虎虎，甚至观察时走神；相反，浓厚的观察兴趣，就会聚精会神、深入细致、持久地去进行观察，甚至达到忘我的境地。

(3) 有目的、有准备、有计划去进行观察 在大千世界中，事物纷呈繁杂、信息无限无穷，因此，在观察时要有目的、有准备、有计划地去进行观察，这样才会收到较好的效果。

(4) 积累丰富的知识和经验 这是提高观察力的重要因素。为什么有经验的安全专家进行安全检查时能发现一般人没有发现的隐患？除了他们在安全检查进行观察时有着明确的目的和强烈的责任心外，他们在这方面也有着渊博的知识和丰富的经验。

(5) 培养良好的观察方法也是提高观察力的重要因素 这在安全检查时显得十分重要。在安全检查时，人们除了看、听、嗅、触摸外，还使用检测工具（如验电笔等）、检测仪器进行观察。而且要对整个系统进行全方位、全时空、全过程的观察，了解它的过去，观察它的现在，预想将来的发展态势，并采用记录、摄影、摄像及多媒体等手段来进一步提高观察能力。

(6) 养成观察习惯，在长期、持久的观察活动中提高观察能力。

第三节 实 验

一、什么是实验和科学实验

实验也是一种归纳方法，它是通过控制事物或现象的条件，由感官去认识事物或现象，从而取得感性材料的一种方法。

科学实验是指根据研究目的，运用仪器设备等科学手段，人为地控制或模拟自然现象，观察研究自然现象及其规律性的一种方法。它是取得经验事实和经验假说、理论真理性的有效途径。科学实验已成为日益重要的社会实践形式，在认识自然现象、探求真理的过程中，有着不可取代的重要地位和作用。

二、实验的类型

按实验目的不同可将实验分为以下几种类型。

(1) 定性实验 它只是回答对象属性有什么、是什么、为什么、怎么样的一种实验。

(2) 定量实验 它是对实验对象的属性进行定量分析，用数据、公式来反映事物内部属性数量关系的一种实验。如人们对易燃易爆物质测出其闪点、自燃点、爆炸极限等属性的各种实验。

(3) 析因实验 它是揭示事物现象或原因为目的的一种实验。在客观现实世界中，因果的必然性联系十分复杂，有一因多果的，也有一果多因的，探求事物的因果联系是人们自古以来一直进行的重要使命。在安全生产中，有时分析事故产生的原因时需要借助于实验的方法。例如某建筑工地发生了一次穿破安全网的高处坠落死亡事故，为了证明这批新的安全网是不合格产品，是造成这次人员伤亡的原因之一，就需要按安全网国家标准进行试验，以确证安全网为不合格产品。

(4) 结构实验 结构不同，性质也不同，有时差别极大，如金刚石与石墨都是由碳原子组成的，但其硬度形成了鲜明的对照。因此，为了了解事物的本性需要进行结构实验分析。

(5) 对照实验 这是将两个相同或相似的组群，给予不同的外加因素和输入，以反应所产生的效能进行相互比较的一种实验方法。如在研究物质对人体的作用及其危害时，常常先采用动物进行对照实验方法。

(6) 中间实验 这是人们为了验证理论或检验设计方案、工艺流程是否合理，

效果如何的一种常用实验方法。

(7) 理想实验 又称“抽象实验”、“假想实验”。它是将客观事物的属性，以理想模型的方式在想像的标准状态、条件下进行考察的方法，如“理想气体”、“绝热系统”，伽利略关于惯性的理想实验等。

三、实验方法的优点

1. 可以简化和纯化研究现象

由于自然现象十分复杂，当研究某一事物的某一现象时，常常会受到其他无关的、次要的或偶然因素的影响和作用，需要简化、纯化事物的发展变化过程及有关参数，将目标现象从中分离出来，以利于观察、研究分析。如飞机模型的风洞试验，船模的流体力学性能的水池试验，潜艇耐压壳体比例模型的耐压试验等。

2. 将研究对象予以强化、再现，对自然过程进行延缓或加速

实验能创造出在地球表面的自然界难以出现的状态，如利用核聚变可人工产生 4 亿摄氏度的高温，最高电压可产生 32 ± 1.5 百万伏，在 -269°C 低温系统获得 $1.33 \times 10^{-12} \text{Pa}$ 的真空等。这对人类认识、发现在自然状态下不可能得到的新的现象提供了方法。

比较典型的加速再现事物发展过程的实验是 1952 年美国米勒所做的生命起源实验：

他按原始大气的基本组成，在一只大烧瓶中通入 N_2 、 O_2 、 H_2 、 H_2O 、 CH_4 、 NH_3 等无机及有机物质，模拟自然条件的作用，照射紫外线（光照）、火花放电（雷击）、循环喷淋（蒸发与降雨）等，仅七个昼夜便获得了构成蛋白质的 5 种重要氨基酸。

关于材料的老化试验、电子设备的例行试验（高温、低温、潮湿、振动、跑车）等也都是一种强化、再现自然使用状态的实验。有时在分析事故原因等安全活动中也需要予以强化和再现。

例如，卤代烷灭火剂会破坏大气氧气层，国际上要求限制使用并最终淘汰此物质。因此，国内有的单位采用固体火箭推进技术，利用负催化原理来实现灭火，研制了 EBM 自动灭火装置。装置内的 EBM 灭火剂具有产生的烟雾无毒无害，不导电，无腐蚀，无污染，不损耗大气臭氧层，灭火速度快，灭火效率高，价格低的特点。在其进行的不导电实验中，就采用了强化的手段，对 EBM 灭火剂烟雾的导电性实验中，按国家的有关标准，施加了 185kV 的电压（持续时间 1min 无放电现象）、126kV 的电压，持续时间 10min 无放电现象。表明该产品可用于扑灭诸如计算机房、通讯机房、发电机房、变配电室、电缆等带电设备及电气线路火灾。

第四节 比 较

一、什么是比较

比较是人类确定事物之间相同点和相异点来认识事物的一种基本逻辑思维方法。在自然界和社会生活中的客观事物所存在着的互相联系及互相区别是进行比较的客观基础，因而人们常说：“只有比较，才有鉴别”。

比较是人们对互相有某种联系的事物根据一定的需要，按照一定的标准进行对比、分析，以找出其内在的联系、特性、共同规律的科学的认识方法。它在人类认识史、科学史和社会学史上都占有重要的地位，离不开它。现代许多新学科的建立都与比较直接相关。所以，马克思称比较是“理解现象的钥匙”。

例如，人们将火力发电与核电比较，发现核电比火力发电成本更低，对环境污染更小，安全防护技术有确切保障。只是 20 世纪 70 年代美国三厘岛核电站 2 号反应堆事故及 1986 年 4 月 26 日前苏联切尔诺贝利核电站 4 号机组的一起爆炸事故，给人们带来了疑虑和恐惧。据调查，前者是操作失误引起的，但无人员伤亡；后者也是人为因素造成的，是人为地引发了机组爆炸（错误地将控制棒、自动保护系统及蒸汽安全系统等安全阀门切断了）。根据有关专家评价指出：核电站发生的事故风险和陨石坠落造成的风险比较大致相同 [见图 4-3(a) 和图 4-3(b)]。

二、比较的要求

① 在比较时，要注意相互比较的事物或现象之间有无可比性。对于不相关及根本没有可比性的事物或现象，就没有比较的意义。但是，事物是否具有可比性不能光凭直观的、经验的方式来确定，因为许多事物表面上看上去不相关，可是它们却存在着惊人的相似之处。例如，珠状的露水滴、苹果与立体几何中的球体有着一个共同的相似之处，即尽可能以最小的表面积来获得最大的体积。世界上极其柔软的黑的讨厌的石墨可以与世界上最硬的极其美丽的金刚石在硬度上进行比较，因为从其内部结构来考察，前者是无定形碳而后者是结晶状碳，都是碳。甲操作失误发生了事故，人们总是习惯地要将他与同工种的乙相比，如心理状态（是否粗心）、技术、经验、知识等进行比较，以此来分析判断发生的原因及应该吸取的经验教训。

② 比较要有确定的前提条件，必须在同一关系下以同一标准来衡量，从而得出结果。

③ 科学的比较就是要对所考察的事物揭示其相同点和相异之处。

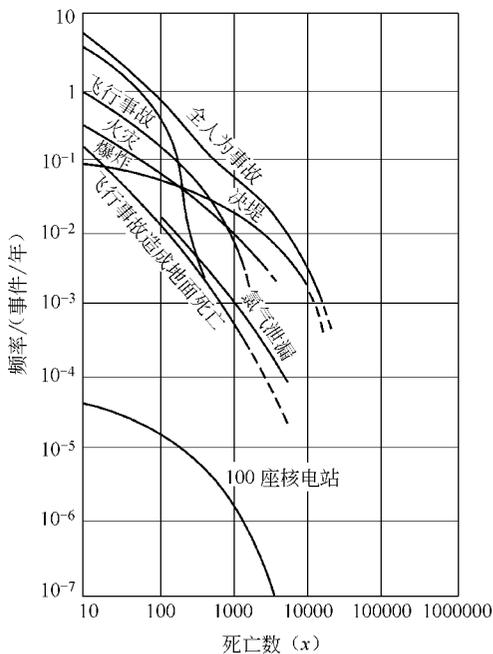


图 4-3(a) 核电站与一般事故风险的比较

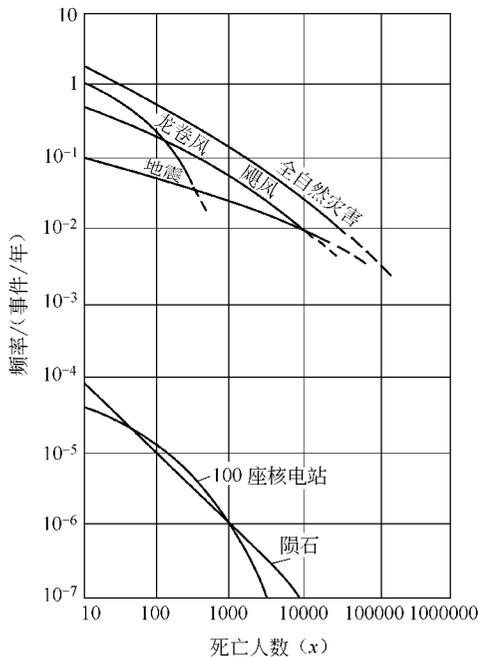


图 4-3(b) 核电站与各种自然灾害风险的比较

例如，氢有三种同位素： ^1H （氕）、 ^2H （氘）、 ^3H （氚）。在普通的氢中，含有 99.985% 的 ^1H 和 0.015% 的 ^2H ，而 ^3H 在自然界中的含量极少，一般是用人工的方法通过核反应来制得。将氢的这三种同位素进行比较，可以发现它们原子量不同、蒸气压不同，这是同一种元素的“同中见异”；而其化学性质却完全一样，这又表现了“异中有同”的一面。正因为有了这一科学的比较，美国化学家尤里在 1931 年用液态氢蒸馏的方法制得了重氢“氘”，“氘”的发现导致了重水的获得。这是当时科学界的一件大事，为此尤里教授在 1934 年荣获诺贝尔奖，被誉为“同位素化学之父”。

在安全生产中，也常常要用比较的方法去探求在同样的生产条件下为什么有时会发生事故之异；在同一类的不同的事故中究竟存在着什么共同之处。

④ 应该全面、深入、精细、实事求是地进行定性、定量比较。

三、比较的形式和方法

比较的形式和方法有多种方式分类。

(1) 定性、定量比较 定性比较即从事物或现象的质的方面进行比较；定量比较即对事物或现象的量的方面进行比较。

(2) 同类和异类比较 比较除了进行同类现象或事物的比较外还突破了传统

逻辑中不可比较的现代科学中的异类比较。例如，比较动物和植物都是由细胞组成的，而众所周知亦即都是由化学元素组成的，元素又是由原子核和电子组成的……

(3) 比较的形式

① 在时间上的纵向比较。如生活质量的现在和过去相比，一个单位今年发生的故事和去年相比等，从比较中取得经验和教训，有针对性地指导当前工作，并展望未来以取得更好的发展。

② 在事物和对象间的横向比较。如我们在思考事故的发生情况时，常常要与同行业的相同规模企业的事故发生情况进行比较，甚至与国外发达的国家进行比较，以找出差距和原因，设法降低事故发生频率和规模。

③ 将一事物与另一事物的历史进行交叉比较。如我们在分析国内事故情况时，与发达的资本主义国家在发展过程中的过去事故情况相比，可以看到由于国家高度重视安全生产，依靠科学技术进步，吸取国外经验教训，进行安全评价，事故有所减少，而且随着知识经济发展和社会进步，可预见到将来事故会得到控制。

④ 事物自身内部的因素、状态等方面的内部比较。如前俄国化学家门捷列夫在对 60 多种元素进行了原子量及其物理化学性质比较后，发现了元素周期律，排出了元素周期表。

此外，由于比较的方法有其局限性，因此要注意防止将事物间的一些偶然现象作为根据进行比较，将比较的结果绝对化、凝固化，以及只顾形式不顾内容的形式比较。

第五节 分析和综合

一、分析

分析是思维活动（人们对客观事物的一种认识活动），它是把客观事物分解为各个部分、各个因素，并分别加以考察的一种逻辑方法。一般，人们在通过观察、调查、搜集有关材料甚至进行实验之后，将需要分析的问题分成若干个容易解决的小问题，从最容易突破解决的地方着手，或从实际的典型例子下手。因为具体的、特殊的、较小的比较容易去研究解决，在分析的基础上再逐步深入对更为复杂的问题进一步分析，由易到难、由浅入深、由近及远、由此达彼、由小到大加以综合，对事物进行全面的分析。分析具有寻找现象的原因，发现事物各部分、各因素之间

的联系，对事物认识深入及把握事物整体的功能和作用。对于事故进行原因分析时则经常采用这一逻辑方法。

例如，1999年5月26日某公司在进行铬酸酐造粒过程中发生了爆炸事故，造成1人死亡，2人轻伤，造粒机头及其所在一车间部分被炸，财产损失2万多元。对此事故进行分析时，先对现场进行了勘察，再调查了解有关情况，查阅资料，作些简单的必要实验，然后综合确定原因。其分析的简单过程如下。

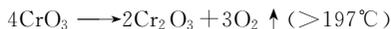
(1) 事故为爆炸事故的确认 根据当事人目击陈述：在开始造粒后几分钟，先见机头布料器下有烟雾，紧接着产生白光，随即一声“轰”的巨响，立即烟雾弥漫；以及从门、窗、墙、机头散落物（绿色的物质）及破坏情况来看（机头上方屋顶被气浪掀开）像从一点散发状的爆炸现象；从声响、热浪、冲击波，根据死伤者情况来看：在机头操作的工人（死亡）右手无名指、中指、小指被炸断，人被气浪冲倒，有毒热气体吸进入肺、呼吸器官损坏，烧伤面积达97%；距布料器2.5m的2人为引起耳鸣、鼓膜受振荡伤等轻微伤害。所以，此次事故是造粒时发生的爆炸事故。

(2) 爆炸源点的确定 根据当事人目击：布料器有烟雾→白光→巨响→烟雾弥漫；

根据对人员、设备、房屋破坏情况及碎片抛掷的数量及位置，汇聚点是机头布料器位置。

所以，爆炸源点在机头布料器。

(3) 爆炸物质的确定 据调查分析，现场当时只有机头布料器的铬酸酐在造粒（被熔融的几千克205℃的铬酸酐倒入机头保温的高位槽），没有其他易燃易爆物质。而铬酸酐熔点为197℃（稍有分解），热稳定性差，超过熔点后进一步分解、气化、化学反应式为：



Cr_2O_3 是熔点比较高（2266℃±25℃）的无定形绿色粉末，铬酸酐与硫、磷及有机物混合，经摩擦，有引起燃烧爆炸的危险，现场绿色的 Cr_2O_3 以布料器为源点散射到人（衣服）、墙、设备、地、屋顶内侧。

所以，爆炸物质是铬酸酐。

又经铬酸酐加入料位进行测定，确定爆炸物铬酸酐的质量为6.7kg。

(4) 什么原因引发 CrO_3 爆炸？据查，该设备上一次（4月22日）曾进行过硬脂酸山梨醇酯化合物造粒后，仅用清水冲洗，而该物质经试验黏性大，软化点低（55~59℃），附在壁上、管道、阀门的该物质用自来水不可能冲洗掉，因此，在高位槽、管路和布料器上黏附有这种有机物，在200℃左右下与 CrO_3 发生剧烈的氧化还原反应，产生的能量引发了 CrO_3 分解爆炸。

综上所述，此次爆炸是6.7kg铬酸酐在造粒时（200℃）遇有机物引起的燃烧爆炸事故。

二、综合

综合是思维把事物的各个部分、各个因素结合起来加以考察的一种逻辑方法。

人们在某一事物的认识过程中首先在占有了一定的经验、事实、材料时将它们分解成各个因素或部分分别加以考察，然后再将分析的结果综合起来，形成对事物的整体认识。但是，人们在认识过程中，分析与综合绝不是孤立的、死板的、绝对的。分析与综合虽是两种不同的逻辑方法，然而它们是密切相关不可分的，没有分析就没有综合，反之亦然。分析与综合都必须以事物的原有形态为依据，人们在分析某一事物之前，必然先有关于该事物的初步综合，对该事物有一个大概的整体了解，否则也无从着手去进行分析。认识事物从现象到本质，由小到大到全面，由浅入深，深入到事物内部的本质，是一个分析→综合→再分析→再综合的螺旋式上升相互转化的前进过程。例如，我国明代的医生在观察到人得了天花及感染了人痘而得到了免疫这一事实，经过对有关这方面的病例仔细地加以分析研究，综合出接种人痘由此可以获得天花免疫的设想，经过实践，确认了接种人痘可以获得天花免疫的结论。这一方法后来在清代开始传往国外。不过，在近代分析了英国医生詹纳采用接种牛痘来获得预防天花的更方便、更安全的方法后，综合这一方法的优点，也就换成采用接种牛痘的方法来获得天花免疫。这充分说明了我国对天花免疫方法的认识过程经历了由分析→综合→再分析→再综合螺旋式上升的前进过程。

第六节 抽象和概括

抽象是指人们在思维中抽取出事物的本质属性而舍弃非本质属性的一种逻辑方法。它是思维的基本特征之一。例如，毒物有许多属性，其中“作用于人体会产生有害作用”是毒物的本质属性，将这一本质属性抽取出来，而舍弃其状态、颜色、毒害人体的方式等非本质属性，而形成“毒物”的概念。

概括是指人们在思维中将某类个别事物所具有的特有属性，推广到同类的全体事物都具有这种特有属性，而形成的对该类事物普遍性认识的逻辑方法。概括是人类在生产活动、社会活动、科学实验过程中由实践需要产生的，可能是正确的，也可能是不正确的，只有在以客观事物本身所具有的特有属性的认识作为基础，概括才是正确的。

概括分为经验概括和理论概括两种。

1. 经验概括

经验概括是以归纳方式进行的对个别对象的观察陈述为基础，上升为普遍性带有一定或然性的认识。例如，“安全第一，预防为主”这一安全生产方针就是基于国内外工矿企业在生产过程中对安全的重视程度及事故情况为基础进行归纳而获得的普遍性认识，是一种经验概括。

2. 理论概括

理论概括是以在经验概括的基础上，结合理论的演绎解释来判定现象间的必然联系来达到对现象间的规律性认识。例如，在经验概括而得出“安全第一，预防为主”这一安全生产方针后，通过国内外正、反两方面的比较，在理论上加以演绎解释：只有生产过程中不发生事故，生产过程才会持续地进行下去，从而产品质量和产量才会得到保证，才不会导致财产损失和人员伤亡，才会获得更大的效益。所以“安全第一，预防为主”由口号上升为方针。发达的资本主义国家如美国、日本等也早就提出“安全第一”的口号。

概括和抽象相密切联系，抽象是概括的基础，没有抽象也就不可能进行概括；而概括反过来有助于更科学地进行抽象。一切科学概念都是由抽象和概括形成的。

- ☆ 第一节 概述
- ☆ 第二节 完全归纳推理
- ☆ 第三节 不完全归纳推理
- ☆ 第四节 简单枚举归纳推理
- ☆ 第五节 科学归纳推理
- ☆ 第六节 概率推理
- ☆ 第七节 统计推理
- ☆ 第八节 判明现象因果联系五法

归纳推理

第一节 概 述

自然界和社会中的一般知识原理、规律都是存在于个别或特殊的事物中，人类通过对个别的或特殊的事物的认识、总结、概括获得一般的知识，由感性认识上升到一般的理性认识，再以这种理性认识回到实践中去指导、研究各种具体的新事物，进一步丰富、完善各种知识，如此循环螺旋式地上升，不断积累、不断深入、不断发展为原理及规律。

人类从个别性的或特殊性的认识为前提推出一般性知识结论的间接推理就是归

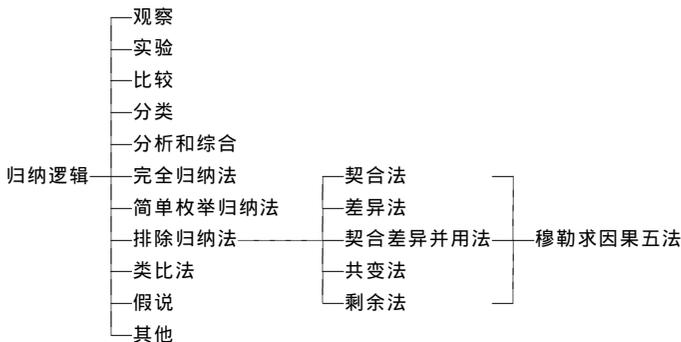


表 5-1 归纳逻辑主要研究对象

归纳推理。归纳推理和归纳方法构成了归纳逻辑的基本系统，传统的归纳逻辑内容十分广泛丰富，其主要研究的对象为观察、实验、比较、分类、分析和综合、完全归纳法、简单枚举归纳法、排除归纳法、类比法及假说等，归纳逻辑主要研究对象，见表 5-1。

一、什么是归纳推理

归纳推理是由个别或特殊性的知识为前提得出一般性知识的一种间接推理。例如：

锐角三角形的三个内角之和为 180° ；

直角三角形的三个内角之和为 180° ；

钝角三角形的三个内角之和为 180° ；

且锐角三角形、直角三角形、钝角三角形是三角形的全部；

所以，三角形的三个内角之和为 180° 。

再如，据《内经·针刺》记载，有一个患有头痛病的樵夫在一次上山砍柴时，不小心碰破脚趾头，出了一点血，头却不痛了。这并没有引起他的注意，只是在他又头痛时恰巧又在那脚趾头的原处碰破了，奇怪得很，头又不痛了。这时才引起了他的注意，会不会是脚趾头这个部位被碰破了头才不痛的？因此，当他头痛病发作时，他就有意地去刺破脚趾头这个部位，果然每次都十分有效。这个樵夫不自觉地应用了简单枚举归纳推理法，其推理过程如下：

第一次碰破脚趾头，樵夫头痛好了；

第二次碰破脚趾头，头又不痛了；

……

（没有出现相反的情况，即碰破脚趾头这个部位，樵夫头还痛的反例）

所以，凡是碰破脚趾头这个部位，樵夫头痛都会好。

后来，人们根据他的经验，经过反复研究、试验，证实了针刺脚趾头这个部位——大敦穴能治头痛的规律。

归纳推理是客观事物规律性的反映，因为客观世界的每一类事物，在其个别中，不但存在着个性而且还存在着共性，一般存在于个别之中。因此，才有可能对一类事物进行大量考察，可以概括出该类事物的一般性知识，这也就是归纳推理的本质。

由于归纳推理的前提是对一类个别事物的判断，而结论却为该事物的一般性判断。所以，其推理的结论已超出了前提的知识范围（完全归纳推理除外）。因此，归纳推理的结论具有或然性，前提真，结论可能真，也可能假。尽管如此，归纳推理仍是揭示客观事物的初步方法，是探求新知识的有力工具，在人们的思维活动中

占有重要地位，不但在科学研究、社会活动、工程技术等方面有着广泛的应用，在安全生产中也常常要用到它。例如：

1994年7月中旬某天9点多，上海杨浦区军工垃圾码头，突然发生“轰”的一声巨响，一艘120t的垃圾船发生爆炸，产生的气浪高达20多米，当时正在甲板上的3位职工被震得弹起来后又重重落下，3个人中只1人的一条腿未被摔断。

1994年12月4日中午12点45分，重庆市江北县观山垃圾处理场发生爆炸，强大的气浪掀起垃圾，将正在现场作业的9名临时工埋没，造成5人死亡，4人受伤。

所以，有人推论：垃圾场会发生爆炸。

上述两例说明了垃圾场发生爆炸的真实案例，但是，并不是所有的垃圾场都会发生爆炸。

据研究，垃圾中的固体有机物在液化成可溶解于水的物质后，经产酸菌将复杂的有机物分解成简单的有机物及 CO_2 、 H_2 、 H_2S 等无机物。然后，由多种甲烷细菌将前面分解出来的有机物及 CO_2 还原成甲烷。而城市垃圾主要是生活垃圾，含有大量有机物。因此，城市垃圾在温度、湿度等达到一定条件后，就能生成沼气。沼气的主要成分为 CH_4 占60%~70%， CO_2 占25%~40%，还含有少量的 H_2 、 N_2 、 CO 、 H_2S 等。甲烷是无色、无味、易燃易爆的气体，比空气轻，闪点为 -190°C ，爆炸极限为5.35%~15%，最小引燃能量为0.28mJ，与空气混合能形成爆炸性混合物，遇火星、高温有燃烧爆炸的危险。所以，含有有机物多的垃圾场只有在上述条件下才会发生爆炸，并不是所有的垃圾场一定发生爆炸。

二、归纳推理与演绎推理的联系与区别

归纳推理与演绎推理虽有着本质上的不同，但它们又是密切相关，互相依存，彼此渗透，互相转化的。

1. 归纳推理与演绎推理的区别

(1) 思维过程不同 演绎推理是从一般性的知识推出个别性知识的思维推理过程；而归纳推理则是由个别性的知识推出一般性知识的思维推理过程。

(2) 前提数量不同 演绎推理前提的数量是确定的，如直接推理的前提为一个，三段论为两个前提，即使是复合推理的连锁式或带证式也是由若干个三段论组成，前提数量还是一定的；而归纳推理的前提与经验等有关，它涉及对个别事物的认识，有时多、有时少，其前提数量无定数。

(3) 前提与经验的关系不同 演绎推理的大前提通常都是一般性的认识、原理，与经验无直接关系；而归纳推理的前提直接与所涉及的一些个别事物的经验、

实验等有关。

(4) 前提与结论的联系性质不同 在演绎推理中,前提与结论的联系是一种必然性的关系,只要前提真、形成正确,所推出的结论必然正确;在归纳推理中,除完全归纳推理外,其结论则是或然性的。

(5) 结论的范围不同 演绎推理的结论不超出前提陈述的范围,结论的新知识蕴涵在前提的知识中;在归纳推理中,除完全归纳推理外,推出的结论都超出了前提的范围。

2. 归纳推理与演绎推理的联系

(1) 归纳是演绎的基础 演绎推理前提的一般性知识、原理是由归纳推理通过对个别事物的个别性知识经过概括而推出的,可以说,没有归纳就没有演绎。

(2) 演绎对归纳有渗透作用 归纳推理的个别性知识往往需要有一定的理论通过对个别客观事物的观察、分析、实验、社会调查等,根据相应的知识、原理来判定,这就是演绎对归纳的渗透作用。

(3) 归纳推理结论的可靠性需要演绎推理进行补充和论证 因为归纳推理的结论具有或然性,需要演绎推理进行补充,而且数量越多归纳推理所推出结论的可靠性也越大,并且常常需要对结论的可靠性进行科学分析,应用演绎推理进行论证。例如:

张三死了,在他的身上产生了尸斑;

李四死了,在他的身上产生了尸斑;

王二死了,在他的身上同样也产生了尸斑;

… … … …

(只是部分人死了的考察)

所以,人死后会产生尸斑。 (归纳推理)

甲死了,

所以,甲的身体上会产生尸斑(验证确实出现尸斑)。 (演绎推理)

根据医学原理,若人的血液循环停止,在血液积沉的低下部位,

由于毛细血管扩张而形成淤血,产生斑点;

人死后,血液循环停止了,血液就会积沉在体内的低下部位,

引起毛细血管扩张而形成淤血,产生斑点; (科学分析)

所以,人死后身上会产生尸斑。

(4) 在人类认识世界过程中,归纳推理和演绎推理的辩证统一 由个别到一般的归纳推理和由一般到个别的演绎推理,它们相互依存、彼此渗透、互为补充,在人类认识客观世界中构成了一个相对的、完整的认识过程。演绎推理前提是一般性

的知识、原理，是通过归纳从个别性事物的经验概括而推出的，由于归纳推理的结论是或然性的，所以它又需要演绎来补充；同时，演绎是否符合客观真理，还需要到归纳中去求得检验。归纳包含着演绎的成分，同样，演绎也包含着归纳的成分。它们之间是辩证统一的。

三、归纳推理的种类

归纳推理根据所涉及的一类事物的对象是全部还是部分，划分为完全归纳推理和不完全归纳推理；不完全归纳推理由其概括的根据不同再分为简单枚举归纳推理、科学归纳推理、概率推理、统计推理。传统逻辑还将探求因果的五种方法（即“穆勒五法”）纳入归纳之中。详见表 5-2。



表 5-2 归纳推理的种类

第二节 完全归纳推理

一、什么是完全归纳推理

完全归纳推理又称完全归纳法。

完全归纳推理是根据某类事物中的每一个对象都具有（或不具有）某属性，推出该类的全体对象都具有（或不具有）该属性的一种推理方法。可用下述公式表示：

S_1 是（或不是） P ；

S_2 是（或不是） P ；

⋮

S_n 是（或不是） P ；

$(S_1 \sim S_n \text{ 是 } S \text{ 类的全部对象})$

所以，所有的 S 都是（或都不是） P 。

例如，德国著名数学家卡尔·弗里德里希·高斯（1777~1855年），在十岁那一年有一天，当他上小学算术课时，老师出了一道算术题：

$$1+2+3+4+\cdots+97+98+99+100=?$$

高斯很快地算了出来，报告答案是：5050。老师和同学们个个都感到惊讶。高斯对这道题计算得如此神速、正确，是由于他进行了如下推理而得出的：

$$1+100=101$$

$$2+99=101$$

⋮

$$50+51=101$$

(算题中，1~100 首尾相加了所有的数)

所以，算题中首尾相加数，均为 101。

从 1~100，共有 50 对首尾相加，所以就很容易得到答案为 50 个 101 即 5050。高斯的这一推理是典型的完全归纳推理。

二、完全归纳推理的特点

- ① 前提考察了某一类事物中的所有对象，无一遗漏；
- ② 推出的结论没有超出前提断定的范围，结论由前提的个别性认识上升到一般性认识。
- ③ 结论是由前提必然推出的，只要前提真实，形式正确，结论必然真实可靠。

例如，20 世纪 50 年代，北方某船厂的仪表车间有 20 多位工作人员集中在一个装有木地板的大房间内工作，外车间的人发现这些人个个情绪易激动，动不动就吵架，就敬而远之。这件事引起了一位医生的注意，而且他发现最近来看病的人中间有几个是仪表车间同一工作室的人，症状一样：脸色不好、情绪激动、乏力、睡眠不好、手震颤、咳嗽、胸痛、四肢和面部等身体上有红色斑丘疹，只是程度不同而已。医生怀疑是否是某种化学药品引起的集体中毒？因此，他深入车间对这个房间的每一个人员都进行检查，发现症状基本上是一样的，没有一个例外，只是程度不同而已。据此，他得出了这个房间内的全体人员都出现上述症状，只是程度、轻重不同；而且猜测是集体汞中毒，因为他们都是测压室的工作人员。可是，压力表的 U 形管截面很小，怎么会在如此大的房间内产生很高浓度的汞蒸气呢？经过仔细调查，有人回忆在前一段时间有 5kg 的水银没有地方盛装，就临时倒在一个没有孔洞的废旧铁锅中，第二天水银就不见了。为了证实自己的推测，对症下药治好这些人员的病，医生就告诉了车间主任，并发动大家一起查找这 5kg 水银，结果翻遍每个角落都未见踪影。突然，有人想起来了：铁锅里没有孔洞好像渗水，水银的相对密度为 13.6，一夜之间完全可能漏得光光的，而老地板缝隙又大，会不会水银钻到地板下面去了。于是就将地板打开一看，果然地上有许多银白色的小珠，这就是水银，收集后计量竟有 2kg 多。还有

2kg 多的水银蒸发到空间去了，因为水银易蒸发，室内暖气温度又高（20℃左右），封窗、关门，通风条件极差，造成了房间内汞蒸气浓度过高，由呼吸道进入体内，发生了集体汞中毒。这位医生的高明之处，在于他首先运用了完全归纳法，推理出全体人员出现一样的症状，假说这是中毒的症状而且可能是汞中毒。进一步进行验证，证明了假说为真，治疗问题也就迎刃而解了。

三、完全归纳推理的要求与作用

1. 正确进行完全归纳推理

正确进行完全归纳推理必须做到以下两点。

① 对所研究的一类事物，在前提中列举个别对象时，必须穷尽所有的对象，不能有一个遗漏，否则，就不是完全归纳推理，且结论不可靠。

② 完全归纳推理要求一类事物中，每一个个别性前提必须真实；否则，结论必假。

2. 完全归纳推理的作用

① 虽完全归纳推理的前提是关于个别的论断，但其结论却是一般性的论断，由单个论断综合、概括上升到一般性论断。

② 完全归纳推理的结论是必然性的，所以它是一种很有说服力的分析方法和论证方法，也是一个发现的方法。

例如，19 世纪某年冬天的夜晚，北风呼啸，大雪纷飞，气温降到了一 33℃。俄国彼得堡军用仓库管理员奉命马上给部队发棉衣。当打开仓库后，清点第一堆大衣时，惊奇地发现大衣上银光闪闪的锡纽扣都不见了，只是在钉纽扣的地方留下了一团灰色的粉末。仓库管理员不放心，接着查第二堆、第三堆……在整个仓库里都查遍了，结果都是一样的。于是，他马上向军部如实报告：仓库里所有棉衣上的锡纽扣全都不见了。这是一个正确的完全归纳推理过程，论断正确，说服力强，其推理过程为：

第一堆棉衣上的锡纽扣全都不见了；

第二堆棉衣上的锡纽扣全都不见了；

……

第 n 堆（最后一堆）棉衣上的锡纽扣全都不见了；

所以，仓库里所有棉衣上的锡纽扣全都不见了。

事实上，锡在一 13.2℃ 以下就会变成松散的粉末。所以，在一 33℃ 的情况下锡纽扣当然都变成灰色松散的粉末了。仓库管理员完全归纳推理过程是正确的。

此外，完全归纳推理在应用上有一定的局限性，因为它要求穷尽所研究的一类事物，其前提要列举出每一个个别对象，无一遗漏，而在客观事物中，有很多是无

法穷尽一一加以考察的。

第三节 不完全归纳推理

一、不完全归纳推理的定义

不完全归纳推理又称不完全归纳法。

不完全归纳推理是根据某一类事物中部分对象具有（或不具有）某种属性而推出该类事物全部对象都具有（或不具有）该属性的一种归纳推理。例如，中国古代对因火灾而被烧死的人进行检查后，发现死者口鼻内都有烟灰，进行推理得出论断“凡生前被火烧死者，其尸口鼻内有烟灰”。这是一个不完全归纳推理。

不完全归纳推理用公式表示，则为：

$$\begin{array}{l} S_1 \text{ 是（或不是） } P; \\ S_2 \text{ 是（或不是） } P; \\ \vdots \\ S_n \text{ 是（或不是） } P; \\ \hline (S_1 \sim S_n \text{ 是 } S \text{ 类的部分对象, 无反例}) \\ \hline \text{所以, 所有的 } S \text{ 都是 } P. \end{array}$$

二、不完全归纳推理的特点及与完全归纳推理的区别

1. 不完全归纳推理的特点

① 不完全归纳推理的前提仅是对某一类事物的部分对象进行的考察，但其推理的结论却是一般性的，因而论断的范围超出了前提的范围，所以其结论是或然性的。

② 不完全归纳推理以某类事物中已知的若干个个别性知识为前提，推出的是某类事物一般性的知识。这对人类认识客观世界的普遍规律十分重要，因为某类事物的共有属性，在这类事物个别对象中存在着，这就给人们以部分对象具有或不具有的属性去推知该类事物全部对象具有或不具有该属性的可能。

例如，造船厂最主要的工种是电焊工，电焊时会产生有害的焊接烟尘，如工人长期吸入可引起焊工尘肺^①。开始，我国职业病名单中并未列入电焊工尘肺。大连造船

^① 规范的称谓为肺尘埃沉着病。

厂毛医生根据当时防护条件不好，有几十年电焊工龄的老工人身体受到影响的实际状况，作了如下推理：

工人甲身体衰弱，呼吸困难，有尘肺病症状；
工人乙身体衰弱，呼吸困难，有尘肺病症状；
工人丙身体衰弱，呼吸困难，有尘肺病症状；

⋮

（上述为长期吸入焊接烟尘的部分工人）

因此，长期吸入焊接烟尘的职工身体衰弱，呼吸困难，有尘肺病症状。

据此，毛医生进一步对病人进行了仔细的观察、研究、分析，详细地作了医疗检查、诊断、治疗记录，并对死去的病人在征得家属和领导的同意下取出肺组织进行检查、化验，并组织有关专家鉴定，确认是以肺组织纤维化为主的尘肺疾病所致。

因此，国家也将电焊工尘肺列入职业病名单之中。

2. 不完全归纳推理与完全归纳推理的区别

① 前提范围不同。完全归纳推理的前提考察了某类事物的全部对象；而不完全归纳推理只是考察了部分对象。

② 结论性质不同。完全归纳推理的结论未超出前提陈述的范围，所以结论是必然性的；不完全归纳推理的结论超出了前提陈述的范围，所以结论是或然性的。

3. 不完全归纳推理的作用

不完全归纳推理是从某类事物中的若干事例中概括出普遍的知识、原理或规律，给人们提供了新知识，因此它是探索新知识的重要工具。

例如，建国初期，某造纸厂造纸机发生了几次火警，有一位老师傅对此感到很奇怪，没有任何明火，究竟是什么原因呢？他就仔细检查分析，发现机器的轴承上面太脏，有不少纸屑和油污，会不会是轴转动时摩擦产生热量引起火警的呢？于是，他留心观察，在一次发生火警时观察到是在轴承上首先起火的，后来又在此处发生了火警。结合前几次情况，他推理得出结论：轴承脏，缠上了纸屑加上油污，在转动时会产生热而引起沾有油的纸屑首先起火。因此，他们注意了在轴承处经常清除纸屑等易燃物质，保持干净，以后就再也没有发生火警了。事实上，不少工厂发生火警甚至火灾，其中有的就是因为机器运行时，没有按时加润滑油，或没有清除在机器上的易燃杂物等而造成的，火力发电厂烟煤粉尘积聚，清除不及时，因其挥发分和轴转动摩擦产生热时都会引发皮带输送机的火灾。

三、不完全归纳推理的种类

不完全归纳推理主要包括简单枚举归纳推理、科学归纳推理、概率推理和统计推理等。

第四节 简单枚举归纳推理

一、什么是简单枚举归纳推理

简单枚举归纳推理又称简单枚举归纳法或简单归纳法。它是根据某类事物中的部分对象都具有（或不具有）某种属性，并且没有遇到相反的事例，推出该类事物全部对象都具有（或不具有）该属性的一种不完全归纳推理。

例如，中国地震工作者根据邢台地区在1966年3月8日和3月22日及3月26日发生地震总结出来了一条规律：“密集小震→平静→大震”。他们是这样推理的：

1966年3月8日邢台发生6.8级强烈地震，震前为小震，平静；

1966年3月22日邢台再次发生7.2级强烈地震，震前为小震，平静；

所以，邢台地区的地震规律是：“密集小震→平静→大震”。

4天后，即3月26日，邢台发生一连串小震，平静后，

于当晚23点19分果然又发生了6级余震（没有反例）。

所以，代表邢台地震这一类型的规律是：“密集小震→平静→大震”。

9年后，即1975年2月4日，辽宁省海城和营口地区在中午前发生了频繁的小震后平静了下来。因此，一位负责地震预报工作的同志很有把握地说“从中午到现在已经平静了6个多小时了。7点震，就是7级；8点震，就是8级”。在晚上7点36分果然发生了7.3级的强烈地震。由此可知，“密集小震→平静→大震”这条被归纳推理推出的规律，代表了邢台、海城地区这样一种类型的地震规律。由邢台地区地震总结归纳出来的规律成功地预报了海城和营口地区的7.3级强烈地震，这在世界地震史上尚属首次，挽救了多少人的生命和财产！而且，还会进一步在今后预报这种类型的地震，这是对世界地震科学的一个重大贡献。

简单枚举归纳推理可用如下公式表示：

S_1 是（或不是） P ；

S_2 是（或不是） P ；

⋮

S_n 是（或不是） P ；

$(S_1 \sim S_n)$ 是 S 类的部分对象，在枚举中没有遇到反例)

所以，所有的 S 都是（或不是） P 。

二、简单枚举归纳推理的特点与性质

简单枚举归纳推理的前提仅考察了一部分对象，在没有遇到相反的情况推出了

结论——全称判断（断定某一类中的每一个对象都具有或不具有某种性质的判断，其逻辑形式为：所有 S 是或不是 P ），这就是它的主要特点。

由于它在推理过程中是根据某类事物的部分事例的不断重复而未遇到相反的事例，就推出结论是不充分的。没有遇到反例并不等于不存在（或不出现）反例，因此其结论是或然性的。

例如，带鱼是用鳃呼吸的；

刀鱼是用鳃呼吸的；

鳊鱼是用鳃呼吸的；

草鱼是用鳃呼吸的；

⋮

（带鱼、刀鱼、鳊鱼、草鱼是鱼的部分对象）

所以，所有的鱼都是用鳃呼吸的。

这一全称判断的结论是错误的，因为在南美洲发现了用肺呼吸的肺鱼。

三、提高简单枚举归纳推理结论可靠性的方法

由于简单枚举归纳推理是或然性的，结论不是完全可靠的，所以在应用时要注意提高其可靠性，方法有如下两种。

（1）要尽可能多地进行枚举 一般，枚举的事例越多，其结论的可靠性也就越大。

（2）要注意寻找与枚举相反的事例 只要出现一个反例，结论就不能成立。

例如，人是哺乳动物，胎生的；

猩猩是哺乳动物，胎生的；

虎是哺乳动物，胎生的；

羊是哺乳动物，胎生的；

⋮

（人、猩猩、虎、羊是哺乳动物的部分对象）

所以，所有的哺乳动物是胎生的。

由于人们发现了卵生的哺乳动物鸭嘴兽，因而上述结论就不能成立。

四、简单枚举归纳推理的作用

① 简单枚举归纳法又称简易归纳法，它使用起来简单方便，人们即使在知识上不完备，根据经验就可以应用它进行联想来探求新的知识。所以，它的应用十分广泛。例如，根据云南、四川、山东等部分地区发生地震前的气候都异常炎热，而

且没有相反的情况（即震前气候并不异常炎热），便可推出一般性的结论：凡地震前震区的气候都异常炎热。

② 简单枚举归纳推理在日常生活、日常工作以及安全生产中有着十分广泛的应用。例如，造船厂对钢板的焊缝进行 X 射线抽样探伤检查；“失败是成功之母”；根据对气候的观察获得的经验提出了不少关于气候方面的谚语，如“瑞雪兆丰年”，“朝霞不出门，晚霞行千里”，“月晕而风，础润而雨”，“天上钩钩云，地下雨淋淋”等；中国古代对溺水男、女俯、卧情况，有如下推理：“若生前者溺水，尸首男俯卧，女仰卧”等。

③ 简单枚举归纳推理在科学发现、发明创造的初始阶段具有十分重要的意义。许多科学发现、发明创造，一般都是通过对大量客观事物的观察、分析，取得经验、数据、资料，再运用简单枚举归纳推理进行概括，作为一种假说，进一步予以验证。

例如，开普勒通过简单枚举归纳推理发现了行星运动周期定律（即行星运动第三定律）：行星公转周期的平方与其同太阳之间距离的立方成正比。用公式表示，则为

$$T^2 = R^3$$

式中， T 为行星公转周期； R 为行星与太阳之间的距离。

当时，开普勒在发现了行星运动的轨道定律和面积定律后，坚信行星运动的周期与它们轨道大小应该是“和谐”的。虽然，那时开普勒并不知道每个行星与太阳之间的距离，他就以地球为比较标准，日地平均距离作为距离单位，地球绕太阳运动的周期为时间单位，进行了 9 年的计算、分析，得出了如下数据，见表 5-3。

表 5-3 开普勒计算行星 T 、 R 数据及关系

行星名称	公转周期(T)	与太阳距离(R)	周期平方(T^2)	与太阳距离立方(R^3)	T 与 R 关系
水星	0.241	0.387	0.058	0.058	$T^2 = R^3$
金星	0.615	0.723	0.378	0.378	
地球	1.000	1.000	1.000	1.000	
火星	1.881	1.524	3.54	3.54	
木星	11.862	5.203	140.7	140.85	
土星	29.457	9.539	867.7	867.98	

终于，得出了以金、木、水、火、土、地球六个行星进行简单枚举归纳推理的前提： $T^2 = R^3$ （并且没有出现相反的例子），并推断出：行星公转周期的平方与行星同太阳之间距离的立方相等的规律。当然，此规律还需要进一步加以验证。

再如，著名的阿基米德定律其发现过程的初始阶段是运用了类比推理和简单枚举归纳推理而得到的论断。阿基米德为了鉴定亥厄二世叫工匠做的王冠是否是纯金的而

苦思冥想，但终究想不出什么办法来。一天，他在进入澡盆洗澡时，将水盆中的水溢了出来，而且身体受到了向上托的浮力，终日苦苦思索的阿基米德立即得到了启示。于是，他将各种物体浸在水中及其他液体中做实验，以此来类比自己身体在浴盆内所受到的浮力，探求物体浸在水及其他液体中所受的浮力与溢出的水和液体的关系。根据实验，不同物体浸在水中所产生的浮力与该物体所排出的水的重量的相等关系，实际上阿基米德运用了如下的简单枚举归纳推理：

浸在水中的甲物体所受到的浮力，等于甲物体所排开的水的重量；

浸在水中的乙物体所受到的浮力，等于乙物体所排开的水的重量；

浸在水中的丙物体所受到的浮力，等于丙物体所排开的水的重量；

⋮

(以上是部分实验事例，并没有遇到相反事例)

所以，浸在水中的物体所受到的浮力，等于该物体所排开的水的重量。

问题尽管很快地解决了，并且推得了阿基米德定律的初始结论，是否一定正确？对于物体浸在其他液体中的情况又是如何呢？需要回到实践中去验证，再进一步做大量实验，并在理论上加以证明。

第五节 科学归纳推理

一、什么是科学归纳推理

科学归纳推理又称科学归纳法。它是根据某一类事物中的部分对象与其属性之间的必然联系，从而推出该类事物的全部对象都具有该属性的一种不完全归纳推理。

例如，随着超音速飞机的出现，飞机的飞行速度越来越快，飞行（或起飞）的飞机与飞鸟相撞，因相对速度大，冲击力大，造成飞机失事。根据几次飞机飞行时与飞鸟相撞造成飞机失事的事例进行科学归纳推理，推出：飞行中的飞机与飞鸟相撞，因相对速度大、冲击力大，会造成飞机失事。如 1960 年，一架美国飞机在波士顿机场起飞后，撞上了鸟群，飞机当即坠毁，机上 60 多名乘客丧生；1983 年 7 月，一架英国航空公司的直升机在北海上空突然坠毁，20 名乘客和机组人员罹难，在调查飞机失事原因时，发现飞机的发动机里有海鸥的尸骨。科学工作者经过试验证明：一只 450g 重的小鸟撞在时速 80km 的飞机上，其冲击力可达 150kgf；一只 7kg 重的大鸟撞在时速 960km 的飞机上，冲击力高达 149000kgf。因此，为了预防飞行中的飞机与飞鸟相撞发生飞机空难事故，在机场周围要砍伐树木，不让鸟类栖息。英国一家航空公司还研制成一种新型的航空涡轮发动机，它用的是钛质增强纤维复合材料，具有很高的强度，即使飞鸟直接撞到发动机上也不会造成损坏。事实上，高速行驶的火车或汽

车也有类似问题，如乘客从窗户中扔出啤酒瓶之类物品，不但是不文明的行为，而且如扔落在人的身上也是极其危险的，会致人伤亡，应该禁止。

科学归纳推理的逻辑形式为：

$$\begin{array}{l} S_1 \text{ 是 (或不是) } P; \\ S_2 \text{ 是 (或不是) } P; \\ \vdots \\ S_n \text{ 是 (或不是) } P; \\ \hline (S_1 \sim S_n \text{ 是 } S \text{ 类的部分对象, 并且 } S \text{ 与 } P \text{ 有因果联系}) \\ \hline \text{所以, 所有的 } S \text{ 都是 (或不是) } P. \end{array}$$

科学归纳推理的结论通常都表现为反映客观事物必然性和规律性的全称判断。

二、科学归纳推理与简单枚举归纳推理的区别

(1) 推理的根据不同 简单枚举归纳推理是根据考察某类事物中的部分对象具有(或不具有)某种属性的重复出现, 没有遇到相反的事例而概括出来的, 它是建立在经验认识的基础上的一种推理方法, 而科学归纳推理则是根据某类事物中部分对象与其属性之间的必然联系(或因果联系)推出该类事物的一般性结论的, 它是建立在科学实验和科学分析的基础上的。

(2) 前提数量的多少, 对结论可靠性制约的意义不同 简单枚举归纳推理前提的数量越多, 在无反例的情况下, 则其结论的可靠性就越大; 而科学归纳推理前提数量的多少不是决定性的, 只要对象和属性之间有必然联系(或因果联系), 即使考察一两个对象也可推出比较可靠的结论。

(3) 结论的可靠程度不同 简单枚举归纳推理是某类事物中的部分对象具有(或不具有)某种属性的重复出现, 并不等于一定不存在或不出现反例, 所以它的结论是或然的; 而科学归纳推理分析了对象与属性之间的必然联系(或因果联系), 故其结论的可靠性要比简单枚举归纳推理来得大。

例如, 发霉的花生中含有黄曲霉素, 具有强烈的致癌性。有人曾对鸡、鸭、羊、猫、鸽子、白鼠等进行了实验, 喂给它们吃发霉的花生, 它们都因患癌症而死亡。由此, 他推理归纳得出一般性的结论: “动物吃了发霉的花生, 就会患癌症而死亡”。这个由科学归纳推理出的结论比较可靠, 人也是如此, 因为发霉的花生中含有强烈致病的黄曲霉素, 动物吃了会得癌症而死亡, 这是实验分析的结果, 因为对象与其属性之间有着必然的联系。

三、科学归纳推理的作用

① 科学归纳推理在科学认识中具有很重要的意义，可以使人们获得对客观事物本质的认识，许多定理、定律等都是通过科学归纳推理得到的。

② 科学归纳推理在日常生活和工作中也有着普遍的应用，如“抓典型”、“搞试点”、有害物质及药品、保健品的动物试验等实际上也是应用科学归纳推理的方法。

③ 在安全生产中，研究预防事故发生而得出的许多规律性的认识，有很多是通过科学归纳推理获得的。

例如，甲戴纱手套上钻床打孔，一不小心手套被高速运转的锋利钻头缠住并拉向钻头，受到钻头高速切削，造成左手中指被削去一节；

乙戴帆布手套上钻床打孔，帆布手套碰上钻头被钻头绞住并拉向钻头，造成左手中指、食指、无名指各削去一节；

⋮

（戴手套被高速转动的锋利钻头绞住并拉向钻头，受到钻头高速切削，造成伤手有必然的因果联系）

所以，戴手套上钻床打孔时被钻头绞住，会伤手。

根据这个推理，后来人们就规定：上钻床钻孔时，严禁戴手套。

诸如这方面的例子很多，不胜枚举。

第六节 概率推理

一、什么是概率推理

概率推理是根据某类事物中的部分对象出现的概率，推出该类所有对象出现的概率的一种归纳推理。

概率亦称或然率，是指对一个事件的可能性大小所作的数量方面估计。它是表示随机事件发生的可能性大小的一个量值。

随机事件是指某一类事件，在相同的条件下可能发生，也可能不发生的这类事件。

概率的定义：概率是指一个事件 A 可能出现的情况与全部可能情况的比率；或指一个事件 A 在若干次试验中出现的频率。用公式表示则为：

$$A \text{ 出现的概率} = \frac{A \text{ 出现的次数}(m)}{\text{实验总次数}(n)} \quad (n \geq m \geq 0)$$

概率具有下述三个性质。

① 事件 A 出现的概率定义为频率 m/n ，所以任何事件 A 的概率介于 $0 \sim 1$ 之间。若以 $P(A)$ 表示事件 A 的概率，则 $0 \leq P(A) \leq 1$ 。

② 对必然事件 A 而言，因 $m=n$ ，所以 $P(A)=1$ 。

③ 对不可能事件 A 而言， $m=n=0$ ，所以 $P(A)=0$ 。

例如，据许多学者对部分事故进行统计分析表明：无伤害事故占事故的 90%（即 0.9）。这个结论是由部分到全体，以概率来量化的具有普遍意义的结论，是一种以概率进行归纳推理的方法。

概率推理用公式表示则为：

S_1 是 P ；

S_2 不是 P ；

S 是 P ；

⋮

S_n 是 $P \vee \neg P$ ；

根据 S_1, S_2, \dots, S_n (S 类部分) 统计得 S 是 P 的比率为 m/n ；

所以， S 类中 S 是 P 的可能性为 m/n 。

显然，概率推理的结论超出了前提所陈述的范围，其结论是或然性的。

二、概率推理的特点及提高其可靠性的方法

1. 概率推理的特点

概率推理是形式化、数量化的一种归纳逻辑。它是运用现代数学工具与逻辑（主要是概率统计理论与数理逻辑）对归纳逻辑、归纳方法进行形式比、数量化的研究和应用。虽然概率推理的结论是具有或然性的，但由于它是以频率计算为前提的，所以其结论的可靠性要高于简单枚举归纳推理。

2. 提高概率推理结论可靠性的方法

① 对事件考察的次数越多、范围越广，则推理结论的可靠性也就越高。

② 由于客观事物是在不断运动、变化、发展的，所以概率也并不是一成不变的，为此在对客观事件概率估计时，也要随其运动、变化、发展进行研究、变化。例如，关于无伤害事故占事故的 0.9 这一概率推理是对 20 世纪后期研究、统计归

纳推理推出来的结论。在 21 世纪，随着科学技术的发展进步，人们的安全知识、安全素质的提高，安全技术的进步等就不一定再是 0.9 了。

若违反上述两条，会出现“以偏概全”的逻辑错误。

三、概率推理的应用

概率推理在国民经济、工业生产、近代物理、地球物理、自动控制与通信、生物学、心理学等方面有着重要的应用。例如，研究工业产品的合格率、人口统计、婴儿出生率等问题都要应用到概率推理。

同样，在安全生产中，概率也有着十分重要的作用。主要的有以下几方面。

① 对某一区域、部门、类别的事故进行概率推理，得出某一时期内某一类对象事故发生的概率，供有关人员、部门对比分析，以采取防范对策措施。例如，经过统计、分析、归纳推理的事故概率的分级表，见表 5-4。

表 5-4 事故危险概率分级

程度	等级	发生概率的情况	发生概率的数量级
经常	A	几乎经常出现	10^{-1}
容易	B	在系统的使用寿命中出现好几次	10^{-2}
偶然	C	在系统的使用寿命中有时出现	10^{-3}
很少	D	很少发生	10^{-4}
不易	E	出现的概率接近于零	10^{-5}
不可能	F	不可能出现	10^{-6}

又如，据国外分析、统计报道的几种事故类型的风险率。见表 5-5。

表 5-5 国外几种事故类型的风险率

事故类型	死亡率/[死亡数/(人·年)]	事故类型	死亡率/[死亡数/(人·年)]
飞机失事[英]	0.2×10^{-7}	火灾[英]	150×10^{-7}
压力容器爆炸[美]	0.5×10^{-7}	闪电雷击[英]	1×10^{-7}
石油及化学品运输[英]	0.2×10^{-7}		

注：每天吸 20 支烟，死亡率为 5×10^{-3} 死亡数/(人·年)。

② 在安全系统工程中，如事故树分析、事件树分析、故障类型和影响分析、致命度分析、人员可靠性分析定量评价计算等，首先要由概率推理获得基本原因事件概率、机器设备及元件等的故障率、发生故障时会造成致命影响的发生概率、人为失误概率等作为基本数据，再按各评价方法计算出事故树的顶上事件发生概率、

事件树的各歧点失败的概率与事故严重度的分级、人为失误概率等。例如，某一反应系统危险度定量的评价的实例分析如下。

原料 A 从储罐经配料器充装到反应器，其量由计时器和自动切断阀控制。在正常情况下，反应器充装到 50%。由危险与可操作性研究（HAZOP）分析得知：若计时器不能传给自动切割阀信号以关阀门，反应就可能装料过量。当反应器充装到 70% 时，液位报警器就会给操作人员发出警报。培训过的操作人员听到液位报警器就使用控制板上的手动过荷控制开关关闭自动切断阀（XV-101），再把反应器里的物料打到下一个生产系统回收原料 A（见图 5-1）。

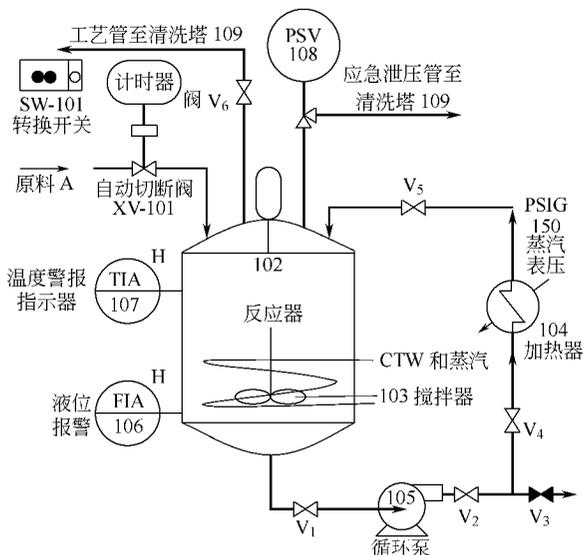


图 5-1 管道布置及仪表图

负责该系统的工艺工程师在已确定液位报警器的信号发出 15min 后，洗气塔就会满出原料 A，释放到空气中。对此，风险分析工作者要估计操作人员不能正确地处理这种情况的概率。

下面进行具体定量评价分析。

a. 确定操作人员必须在多长时间内判断反应器已经满出来了，即确定 T_d 。

工艺工程师已确定操作人员判断和纠正满出工况可资利用时间是 15min，即 $T_m = 15\text{min}$ 。

完成所有正确的动作需要的时间 T_a 按表 5-6 进行估算，这些动作包括发现并开始这一程序及到达手动主控板上的过荷控制装置位置，然后关闭该装置（见表 5-7）。

所以，操作人员判断情况可资利用的时间是：

$$T_d = T_m - T_a = 15 - 6 = 9(\text{min})$$

表 5-6 应急作业所需时间 (T_a)

应急作业内容	需要时间/min
如果没有记住正确操作,应找到并开始执行书面程序	5 ^①
在主控室控制盘前走动,加操作时间	1
在中级控制室控制盘前走动,加操作时间	2
在手工操作室外系统走动,加操作时间	②
稳定工艺时间	③

① 操作人员要完全记住操作程序,并且要通过经常的练习以表明其熟练性;若能每季度实践一次应急关闭程序,则可认为已完全记住。

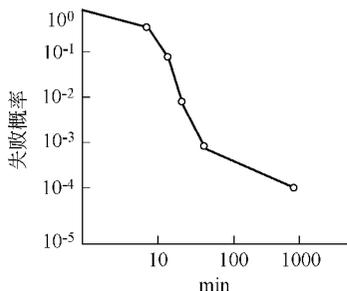
② 可以进行模拟,走走试试,记录实际用了多长时间;如无其他资料可资借鉴,则对操作人员估计的时间要加倍;如无任何资料可供参考,需要时间取 5min。

③ 完成了所要求的操作动作后,系统可能需要一段时间来稳定,确定这段时间必须由工艺(工程)师进行。

表 5-7 T_a 作业分析

作业内容	所需时间/min
发现并开始执行书面程序	5
找到关闭主控仪表盘上的手动过荷开关	1
总时间(T_a)	6

b. 确定操作人员不能判断这种情况的概率。根据 $T_d = 9\text{min}$, 在图 5-2 上查出失败概率为 0.55。



控制室显示后判断非正常事件可资利用的时间 T_d

图 5-2 控制室人员正确判断非正常事件失败的概率图

c. 风险分析评价人员认为:若用沉着、冷静、紧张度适中的精神状态来评价操作人员不能发现并关闭手动过荷开关的概率,按表 5-8 查得操作人员不能找到关闭手动过荷开关的概率是 0.05。

d. 计算失误总概率。在这一事故序列中,操作人员的失误总概率是判断失误和恢复失误概率的总和,即

$$\text{人为失误总概率} = 0.55 + 0.05 = 0.60$$

e. 进一步计算分析,并提出对策措施,如:

i. 此概率可用于故障树或事件树的计算;

ii. 人为失误总概率为 0.60,是极其高的;

iii. 需要对设计进行调整,如加上连锁装置或更好的原料平衡控制装置,也可能需要改变程序,如使用书面检查表来验证反应器充装是否合适。

表 5-8 人为失误的概率

说 明	人为失误概率
在控制室外执行要求的行动	1.0
当用无线电与控制室操作人员联络时,在控制室外执行要求的行动 ^①	0.5
当无书面程序可资借鉴时,执行以技能为基础和以规程为基础的重要行动	1.0
在精神紧张度适中情况下执行一项重要行动 ^②	0.05
在精神紧张度极端高的情况下执行一项关键性行动 ^③	0.25

① 0.5 的人为失误概率,包括操作人员不能正确地完成一项分配的作业而失败,或者由于通讯中断(指噪声、无线电故障等)不能接受指挥而失败。

② 当处理可能导致生产的严重损失、工艺单元的中断、操作人员会受到指责的业务行动,或者他对操作人员生命不构成危险的不利结局的非正常事件时,会产生中等紧张度的情况。

③ 当处理可能引起火灾、反应失控、有毒化学物质释放而造成操作人员的死亡或严重伤害的非正常事件时,会产生紧张度极端高的情况。

第七节 统计推理

一、统计推理的定义

统计推理又称统计概括。它是根据样本具有某种属性,从而推出总体具有某种属性的一种归纳推理。

所谓统计是指通过分析由计量得到的数据,从而对总体大量对象作出估计的一种方法。其目的是为了作出比较科学的归纳。从总体中抽选出来的那一部分对象,在统计学中称为“样本”,从总体中选出样本的方法叫“选样”。统计推理需要以各种统计方法和概率方法等作为依据。

例如,为了保证产品质量总是需要按选样方法从总体中进行抽选一定比例的样本,进行检验,检验后的数据再按统计方法进行计算,从而进行统计推理得出其合格率。对某些产品来说,必须保证其为合格产品,一方面固然为了满足消费者的要求,更重要的是为了防止因产品质量有问题而发生事故。如化工容器、压力容器等焊缝,根据不同要求都要选样进行 X 射线无损检验(甚至 100% 检验),以确认产品焊缝合格与否,把这作为产品质量合格与否的检验指标之一。

二、统计推理的特点及提高可靠性的方法

1. 统计推理的特点

统计推理是由部分推出全部的推理,其结论以超出了前提所断定的范围,前提与结论之间的联系是或然性的。与简单枚举归纳推理相比,具有以下两个特点。

- ① 样本是按照统计学方法分层选样出来的，因而具有一定的选择性和代表性。
 - ② 统计推理较简单枚举推理要严密，故其结论的可靠性也要高些。
2. 提高结论可靠性的方法
- 由于统计推理的结论是或然性的，所以要注意提高其可靠性，方法如下。
- ① 样本的抽选要按各层次、各部位、各档次有代表性地抽取。
 - ② 抽选的样本要尽可能地多。
 - ③ 样本的抽选应是随机的，不能只取好的或只取坏的。

三、统计推理的应用

① 统计推理在调查研究中有着重要的作用，在人口普查、市场调研、森林调查、民意测验、矿藏资源调查、调查研究土壤情况等方面有着广泛的应用。

② 统计推理在产品的检验中有着广泛而十分重要的应用，以保证产品质量，防止使用过程中发生事故。如船舶、锅炉等压力容器、化工容器的焊缝检验，安全帽、安全带、隔绝式呼吸器等劳动防护用品的检验，原辅材料（如金属材料、化工原料等）的成分、性能测试检验等。

③ 应用统计推理研究事故发生的规律

例如，根据工伤事故发生原因人们得出：事故主要是由违章作业、违章指挥、违反劳动纪律造成的；根据触电事故发生的时间来进行统计归纳推理得出：触电事故大多发生在六、七、八、九这四个月，尤以七、八两月最为严重等。

表 5-9 美国和日本的棉纺厂火灾统计

项 目	起 火 原 因	日 本 / %	美 国 / %
摩 擦	原料中混入异物	5.7	23.7
	机械设备摩擦	11.3	14.5
电 气	配电线不良或漏电	17.0	17.3
	电火花	18.9	12.9
	电机过热	7.5	—
	照明设备故障	—	2.9
明 火	吸烟	3.8	5.7
	其他明火	3.8	5.0
雷 击		1.9	3.6
自 燃		7.5	3.6
原因不明		22.6	5.1
其 他		—	5.7
合 计		100%	100%

再如，在 20 世纪 70 年代，美国和日本对棉纺厂的火灾作了统计和比较得出：由电动机过热使浸入的棉纱和沉积的棉尘碳化会发生火灾；内燃机、叉车排气管喷出的火星会引起仓库内棉包着火；混棉机中混入金属异物因摩擦产生火花而会酿成火灾；轴流风机的外壳与叶轮之间沉积的棉尘会摩擦起火，造成火灾；在精纺车间，钻头与配电线接触引起电火花会造成火灾；吸烟引起火灾等。虽在不同国家，但在起火原因方面有许多共同之处，不失为我国棉纺厂预防火灾的一个很好借鉴。有关美国和日本的棉纺厂火灾统计见表 5-9。

第八节 判明现象因果联系五法

在自然界和人类社会中各种事物和现象都不是孤立的，而是互相联系、互相制约的。因果联系是事物间的普遍联系。事物间的因果联系是指在一连串相互联系的现象中，一种现象出现，必然引起另一种现象也出现，前一现象叫原因，后一现象叫结果。因此，所谓原因是指先于一现象并引起这一现象发生的现象；所谓结果是指在一现象之后，并被这一现象所引起的现象。

例如，1963 年 4 月 10 日，当时世界上行驶最快、攻击力最强的美国“长尾鲨”号核潜艇，出海试航，在距马萨诸塞州科德角 407.44km 处的大西洋沉没，据后来海军专家推测：这是由于一根核反应堆冷却管破裂，海水大量涌入核潜艇，淹没了至关重要的电路和控制台，从而导致其他关键性系统瘫痪，致使核潜艇下沉，巨大的压力将潜艇一截为二，艇上 129 名官兵全部殉难。在这一连串海难现象中，前者为后者的原因，后者为前者的结果，可简化如下：

价值 4500 万美元的“长尾鲨”号核潜艇在试航时（304.8m 深度）：

一根反应堆冷却管破裂→海水大量涌入核潜艇→淹没了十分重要的电路和控制台→关键性系统瘫痪→下沉→一定深度的海水压力将潜艇截成两段下沉→129 名官兵全部殉难。

由上也可十分清楚地看到，没有前面的原因就不可能有后面的结果，这种关系就是因果联系。

各门具体学科都有各自具体判明因果联系的方法，由于它们只适用于一门特定的学科，因而不属于逻辑学研究的范围。普遍逻辑仅研究具有一般性的判明因果联系的方法。它们是：契合法、差异法、契合差异并用法、剩余法、共变法等五种。这也就是在 19 世纪英国哲学家 J. S. 穆勒（John Stuart Mill）提出的归纳方法，所以也有不少人将这五种归纳方法称为穆勒求因果五法。

一、契合法

(一) 什么是契合法

契合法又称求同法，是判明现象因果联系的一种归纳方法。

契合法是指如果在被研究现象出现的两个或两个以上的场合中，只有一个情况是共同的，则这个共同情况就是被研究现象的原因（或结果）。用公式表示则为：

场合	先行（或后行）情况	被研究的对象
(1)	$A. B. C$	a
(2)	$A. D. E$	a
(3)	$A. F. G$	a
.....

所以， A 是 a 的原因（或结果）。

例如，在科学史上，虹的生成原因就是应用了契合法发现的。太阳光谱中的红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色在雨过天晴后的彩虹中可以看到；晴天在瀑布的水珠中可以看到虹的七彩；在船桨打起的水花中，也可以看到七色的彩虹；太阳光通过三棱镜也能看到红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色……尽管时间、地点、方式不同，然而有一点是共同的，即太阳光线通过球形或菱形的透明体会折射出红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种颜色。

(二) 契合法的特点及应用时注意要点

契合法主要是建立在观察的基础之上，是从个别事例出发推出一般性结论的归纳方法，因而其结论具有或然性。通常是研究现实现象原因的初步方法，它能为人们进一步的研究提供一个假定，然后再根据有关现象的其他知识，或根据其他判明因果联系的方法，进一步检验或证明假定结论的可靠性。

在应用契合法时要注意以下三点。

① 要尽可能多地考察各个不同场合，考察场合越多，不同情况的差异越大，其结论则越可靠。考察场合多，可以避免将一个不相关的共同现象误认为被研究对象的原因（或结果）。

② 要认真仔细观察，不要将表面上似是而非的现象（如表面上相同，但其包含了不相同因素；在已考察的场合中虽有共同因素，但在进一步考察的场合中却不具有这一因素）视为被研究对象的原因（或结果），而将真正的原因（或结果）遗漏掉。

③ 要深入分析各种不同场合，有时表面上情况不同，但其内部隐藏着重要的共同点。

例如，一病人右下肢烧伤，心、肺、腹部未见异常。因创面肉芽水肿，易出血，值班医生亲自给患者换药，并向创面撒上一层“白糖”。5min后病人述说创面疼痛，全身紫绀。随即注射加维生素C 0.3g的50%葡萄糖60ml，紫绀无改善，并出现颈硬、呕吐。10min后，呼吸变慢，即开始气管插管、加压输氧等抢救。15min后，始发现所敷“白糖”是亚硝酸钠，即除去敷料、先后用高锰酸钾液、生理盐水冲洗，20min后呼吸停止、心跳缓慢。25min后死亡。

某一医院的外科值班护士错用8~9g亚硝酸钠配制成80ml溶液为病人灌肠，5min后，病人出现口唇紫绀，呼吸困难，立即进行抢救，无效死亡。

建筑工地曾有不少报道，在缺盐的情况下，使用有咸味的亚硝酸钠（工地上作为混凝土的抗冻剂）炒菜、做汤、不少人中毒甚至有死亡的。

所以，亚硝酸钠摄入体会致人死亡。

事实上，亚硝酸钠为一剧毒药品，人体吸收后可使血红蛋白迅速氧化为高铁血红蛋白，使其丧失正常携氧能力，导致组织缺氧，同时可使小血管平滑肌松弛，血管扩张，血压下降。只要误服0.3~0.5g亚硝酸钠就会引起急性中毒；若是误服3g很快就会丧命。由于它在外观上与食盐、碱面、白糖相似，味道微咸微甜，极易使人受骗上当。人在误服10min后，就会急性发作，出现头晕、头痛、恶心、呕吐、腹痛、口唇和指甲及全身皮肤紫绀，严重者会因呼吸衰竭而死亡。而且，在腐烂变质的蔬菜和苦井水、温锅水也极易产生亚硝酸钠。曾有报道，北京一户居民因用温锅水熬粥，造成全家中毒，一老人因抢救无效死亡。

（三）契合法的应用

1. 作为初步方法应用于研究现实象

例如，1960年，英国一个农场饲养的十万只火鸡和小鸭，由于喂食了发霉的花生，几个月内先后患癌症而死亡。后来，这个农场又用霉花生去喂食羊、猫、鸽子等，也先后死于癌症。1963年，有人用发霉的花生去喂食大白鼠、鱼、雪貂等，结果也是一样。这些动物的品种不同，生理条件及生活习性、环境也都不同，结果都死了，它们只有一点是共同的，即都吃了发霉的花生。于是，人们根据契合法推出：这些动物吃了发霉的花生是致癌死亡的原因。后来，人们通过化验、证明，知道了发霉的花生中含有黄曲霉素，而黄曲霉素是强致癌物质。

再如，在1942年2月的第二次世界大战日子里，英国军事人员发现许多炮台上的炮瞄雷达有的突然受到干扰而失灵。当时怀疑可能德国人使用了新式的反雷达武器。不过后来经多次研究发现，在其他各国也都有这种现象，尽管国度不同（观察环境不同）、观察仪器不同、观察时间不同，但一旦炮瞄雷达对着太阳就会受到同样的干扰。于是作了如下推理：

场合	先行情况	被研究的现象
a.	不同的观察仪器对着太阳发射的无线电波时，	炮瞄雷达受到干扰
	炮瞄雷达受到干扰；	
b.	不同的观察时间对着太阳发射的无线电波时，	炮瞄雷达受到干扰
	炮瞄雷达受到干扰；	
c.	不同的观察环境对着太阳发射的无线电波时，	炮瞄雷达受到干扰
	炮瞄雷达受到干扰。	

所以，对着太阳发射的无线电波是炮瞄雷达受到干扰的原因。

2. 在医学上，人们常用契合法去探求某种传染病的病因

例如，在 19 世纪，人们还不知道甲状腺肿大的原因。当人们对甲状腺肿大盛行的地区进行仔细调查时发现：虽然地区不同，人口、气候、生活习惯、风俗等各不相同，但是那儿的土壤及水中缺碘，人们的食物及饮水中也缺碘。由此，根据契合法得出结论：缺碘是引起甲状腺肿大的原因。

再如，白喉杆菌的发现也是通过契合法得到的。

白喉是一种很凶恶的流行性疾病，在冬春两季流行，患白喉的孩子，在咽喉里长有一层白膜，发高烧，吃不下东西，喘不过气，最后一个个痛苦地死去。德国医生吕弗来在接触病人中认为凶手就隐藏在喉头的那层白膜里面。他经过很多次将患病最严重或已死去的病小孩喉头的白膜上刮下的白沫，涂在玻璃片上，染上颜色，在显微镜下仔细观察，每次都看到了一种蓝蓝的像火柴形状的细菌。因此，吕弗来就认定这种细菌是杀人凶手，十分高兴地告诉并展示给他的老师看，他的老师却告诉他：不要急着下结论，这仅是第一步，还需要用更充分的事实去证实它，应该进一步将这种细菌单一地分离、培养，然后再用动物来做试验，进行证实。按老师的指导意见，吕弗来将培养出来的细菌调成一小瓶溶液，再用针管注入兔子的喉头及气管，12h 过去了，24h 过去了，又过了 12h，兔子还是好好的。正当吕弗来对此产生怀疑时，兔子已经困难地喘息起来，垂死挣扎了一阵子，终于倒下去死了。吕弗来立即切开兔子的喉头，发现也长有一层白膜，他从白膜上刮下一点白沫涂在玻璃片上，染上颜色，放在显微镜下观察，果然又见到了蓝蓝的火柴形状的细菌。流行性白喉的罪魁祸首——白喉杆菌，终于被吕弗来运用契合法发现了，紧接着的任务是要设法去制服它不能让它再危害人类。

3. 应用于安全生产上分析事故发生原因与规律

例如，硝酸铵由德国人 J. R. 格劳贝尔在 1659 年首次制得。在 1921 年 9 月 21 日晨，位于德国奥堡 (Oppau) 的巴斯夫 (BASF) 公司的工厂，为破碎作为化肥使用的已结成大块的 4500t 硝酸铵与硫酸铵的混合盐，使用代拿迈特炸药来爆破这个盐堆时，发生了大爆炸，造成 509 人死亡，160 人失踪，1952 人受伤的特大事故，现场留下了一个直径为 130m、深 60m 的爆坑，在半径 6km 范围内造成了严重破坏。

在 1947 年 4 月 16 日早晨 8 点 10 分左右，停泊在美国得克萨斯城装有 2280t 袋装硝酸铵的法国货轮“格兰得卡浦”号起火，于 9 点 15 分发生了大爆炸，船坞里的消防队长，包括看热闹的群众全部丧生，火灾向港区蔓延，油罐也被点燃。同时，装载 960t 硝酸铵化肥和 2000t 硫黄的美国“哈弗里尔”号在停泊中，于下午 6 时左右硫黄开始冒烟，17 日凌晨 1 时许，该船也发生爆炸而沉没。在这次大惨案中，半径 1 英里（1 英里 = 1.609km）范围内的所有房屋被摧毁，大火持续了约一个星期，有 552 人死亡，3000 人受伤，以当时美元值计算损失达 6700 万美元。

根据契合法，由上述两个例子可以清楚地看到，作为化肥用的硝酸铵虽然在常温下是稳定的，但在高温、高压和有明火的情况下会发生爆炸，爆炸威力随着其量大而增加。同样，我国于 1998 年元月 6 日，陕西兴平兴化集团有限责任公司，也发生了硝酸铵生产系统中硝酸铵溶液爆炸，死亡 22 人，重伤 6 人，轻伤 52 人，造成了重大经济损失。

所以，人们在生产、贮存、运输硝酸铵等过程中，要采取各种有效措施，防止硝酸铵发生爆炸。

二、差异法

（一）什么是差异法

差异法又称求异法，也是判明现象因果联系的一种归纳方法。

差异法是指如果在被研究现象出现的场合与它不出现的场合中，仅有一个情况是不同的，此情况在一个场合中出现而在另一个场合中不出现，则此惟一不同的情况为被研究对象的原因（或结果）。用公式表示则为：

场合	先行（或后行）情况	情况被研究的对象
(1)	A. B. C	a
(2)	— B. C	—

所以，A 是 a 的原因（或结果）。

例如，一百多年前，有一艘远洋帆船载着五名中国人和几名外国人，由中国驶往欧洲。在长期的海洋远航生活中，吃不到蔬菜和瓜果。途中，除五名中国人外，全部病了，离港口不远时都病得奄奄一息。上岸后，经诊断，所有的外国人都患有坏血症。可是，在海洋生活中吃的淡水、干粮以及远航前从陆地上带去的食物都是一样的，一样风餐露宿，生活条件可以说基本上是完全一样的，为什么中国人与外国人却判若异类呢？所有的外国人都得坏血症，而中国人却没有一个人得。经过仔细分析、比较，运用判明现象因果联系的方法——差异法，得出结论：在长期的海洋远航生活中，中国人和外国人的生活习惯只有所喝的饮料不同，中国人有喝茶的习惯，而外国人喝的不是茶而是咖啡，故此喝茶未患坏血症。后来，人们才发现除了瓜果、蔬菜中有维生素 C 外，在茶叶里也含有丰富的维生素 C，它有抗坏血症的功效，茶是世界上

人类饮用的四大饮料之一，它除了具有解渴、生津、去油腻功效外，还能解 72 种毒；它还具有一定的抗癌和抗辐射能力；并且，长期饮茶不易患胰腺癌。

（二）差异法的特点及应用时的注意要点

1. 差异法的特点

① 差异法是判明现象因果联系的一种归纳推理方法，其结论具有或然性。

② 差异法主要以实验为基础，必须有正、反两个场合（被研究现象出现与不出现场合）予以对照，是同中求异，故在正、反两个场合中只有一个现象不同；而契合法基本上是以观察为基础，是异中求同（在若干个不同的情况中，只有一个情况是相同的）。所以，差异法结论的可靠性要高于契合法，比契合法具有更多的优越性。

例如，德国医生吕弗来虽然找到了白喉杆菌，但是由于还没有找到制服它的办法，因此，在好几年中，白喉杆菌还是成批成批地夺去了孩子们的生命。后来，德国的一名叫贝灵的细菌学家决心要制服危害人类的白喉杆菌。他首先做了这样一个试验：先给豚鼠注射白喉杆菌，然后再给这些豚鼠分别注射各种毒物，想以毒攻毒。结果豚鼠不是被毒药毒死就是被白喉杆菌夺去了生命，只有两只使用碘剂的豚鼠活了下来。贝灵又给这两只豚鼠注射了大剂量的白喉杆菌，结果豚鼠对此却毫无反应地活着。于是他猜测：这两只豚鼠血液内产生了抗白喉杆菌的物质。还需进一步证实，于是，贝灵进一步从已实验过而未死亡的一只豚鼠身上抽出一小管血液，再从未做实验的正常豚鼠身上抽出一小管血液，并分别从血管里抽取浮在上层的淡黄色血清。然后，再将白喉杆菌分别混入这两种不同的血清中，分别注射进另外两只正常豚鼠的身上。结果是注射了含有实验过豚鼠血清的豚鼠正常地活着，而注射了未经实验的豚鼠血清的那只原来正常的豚鼠却死了。由此，贝灵得出结论：在注射了白喉杆菌而没有死亡的豚鼠血清里产生了抗白喉杆菌的抗毒素，所以不死；而另一只不含此抗毒素，所以免不了要死亡。这仅是对豚鼠而言的一例，为了证明方法的正确性和有效性，又在兔、羊、狗身上进行实验，并提取了含有大量抗毒素的血清。这仅是对动物的有效性，对人呢？于是，在 1891 年 12 月一个严寒的难忘的冬天，在德国柏林的勃里格医院里，给一个患了白喉的病孩注射了这种血清，这个在以前注定要死亡的孩子得到了拯救。自此，白喉杆菌被人类制服，不能再猖狂地危害人类了。

2. 差异法使用时的注意要点

为了避免应用时可能产生的错误，应注意以下两点。

① 在正反两个场合中，除一个情况不同外是否还隐藏着别的不同情况，必须要仔细分析、考虑，有可能它就是被研究现象的真正原因（或结果）。

② 要分析清楚两个不同场合里惟一不同的情况是被研究现象的全部原因还是部分原因。若被研究现象的原因是复合的，且各部分原因单独作用不同，原因的一

部分情况消失，被研究现象也不会出现。只有在探索到全部原因，才能把握这种因果联系的整体。

(三) 差异法的应用

1. 应用在科学技术中

许多科学上的重要发现如维生素的发现、空气能传导声音、放射性元素的发现、氧气能助燃等都是通过科学实验，运用差异法取得的。差异法不仅是观察的方法，更主要的是实验的方法，人们在科学实验过程中，通过差异法逐一改变现象的先行条件，从反面来验证契合法得到的结论。

例如，英国物理学家、化学家法拉第为了验证变化的磁场可以感应产生电流，他做了大量的实验。1831年，他将长圆形磁棒放在绕有铜丝线圈的中空长筒里或旁边，铜丝线圈的两端接上电流表，当改变磁棒的位置使之接近或离开铜丝线圈时，电流表的指针发生转动。经过反复试验，法拉第断定：磁棒和铜丝线圈做相对运动会产生电流，没有相对运动就不产生电流。这种电流是感应电流。因此，法拉第得出了磁场变化是感应电流产生的原因这一结论。

再如，蝙蝠能在黑暗中捕食，在漆黑的岩洞角落里准确无误地定向定位，在夜晚，即使在茂密黑暗的树林里也能来往直如地穿越。因此，科学家们曾用双眼罩罩住它的眼睛，它与往常一样能正常地飞行。究竟蝙蝠是用什么“看”物体的呢？这引起了科学家们的注意，于是科学家做了一些实验，运用差异法进行推理，过程如下：

场合	先行情况	被研究的现象
a.	把蝙蝠的耳朵用东西塞住，蝙蝠飞行到处碰壁；	—
b.	把塞住蝙蝠耳朵的东西取出，蝙蝠飞行自如；	能看到物体

所以，蝙蝠用耳朵能看到物体的。

后来人们研究知道，蝙蝠在飞行时从喉内产生超声波，由口或鼻腔发射出来，再用耳朵接受，依此来确定目标的距离和方位，是一种“活雷达”。

2. 应用于日常工作生活、社会调查中

例如，白求恩大夫在他的《在冀中四个月的工作报告》中，有一段是关于给两个伤员施行步枪子弹穿肠手术时的记述：“第一个伤员是在受伤后 18h 施行手术的，第二个在受伤后 8h 施行手术。两个伤员的情况几乎是相同的；子弹从脐部平行的地方进入腹内。两个伤员的大肠和小肠都有 10 个穿口的裂罅，同样粪便进入腹腔（包括蛔虫）。两个伤员又都由于肠间动脉管的破裂而大量出血，使腹内积满了血。两个伤员都是在夜里在一个很不卫生的菩萨庙里，在蜡烛和手电筒的光亮下施行手术的。第一个伤员第二天就死了，而第二个伤员则平安地痊愈了”。由此，白求恩大夫得出结论：“生死就是 8h 与 18h 的区分”。在 1938 年 12 月 8 日的日记中也提到此事：“重要的一点：两个同样腹部被子弹射穿的伤员得到了同样的外科治疗。一个活了，一个死了。什么原因？第一个是在伤后 18h 动的手术，第二个在受伤 8h 动的手术……生死之差就在 10h”。

再如，有一个解放军哨所驻扎在新疆天山深处，那儿毒蛇很多，经常爬到营房里，十分讨厌，威胁着战士的安全。战士们想方设法不让毒蛇爬进来，效果均不佳。一次，战士在值勤时，在当地一家哈萨克族家里歇脚，在闲聊中获悉这家从来没有发现过蛇。经过多次观察发现：这一哈萨克族家里养着鹅，而其他居住条件却完全一样。后来，又听附近老乡说鹅能防蛇。于是，战士们养起了4只鹅，果然自此以后哨所里再没有发现过毒蛇。由此，战士们应用差异法得出结论：鹅能防毒蛇。

3. 应用在医药卫生方面

在医学的发现史上，有不少应用了差异法获得结论；在研究药物保健品对人类的效用时，一般要先通过动物的对照药理实验，运用差异法来初步确定可能会产生的后果；在研究毒物等对人类健康的危害时，也常常用动物来做毒性对照实验，再用差异法推出初步结论。

例如，在19世纪80年代以前，当时不少科学家简单、武断地认为：对于动物有机体来说，其营养只需要蛋白质和数量不多的各种盐类就够了。在1880年，俄国医生鲁宁对此表示怀疑。于是，他就进行了一项科学实验：用动物——老鼠来做实验。他将老鼠分为两组便于今后对照，一组用纯化的人造乳喂养（由自然乳中所含的蛋白质、脂肪、干酪素、糖和盐类制成）；另一组用自然乳喂养。结果，第一组的老鼠发生疾病，而且死亡；另一组的老鼠却长得很健壮。鲁宁根据这一点运用差异法推理得出结论说：自然食物中含有一种少量未知物质，这种物质是动物有机体所必需的。后来，经过进一步试验，终于找出了这种物质，这就是人们常说的“维生素”。

根据对生物钟的研究，人们认识到：同样的医疗措施会得出不同的医疗效果，这与治疗时间有关。如心脏病人对药物洋地黄的敏感性在上午4时大于平时40倍；糖尿病人也是在上午4时对胰岛素最敏感；人患传染病最可能死亡的时间与对细菌最敏感的时间（约在早晨5点左右）是一致的。

4. 应用在安全生产中

差异法在安全生产中也常常使用，特别是在分析事故时有时要做对比试验，才能推理确定其原因。

例如，近代交通事业发达以后，特别是汽车的急剧增加，为了指挥车辆行驶，使用红绿灯作信号，开始时经常有少数汽车司机驾驶机动车辆闯红灯而发生车祸。当交通警察对这些肇事的汽车及司机检查时，车辆维护保养得都很良好，司机健康、尽职。那么，究竟汽车司机为什么会肇事呢？原因何在？一段时间内始终是个谜。后来，经过医生的严格检查，才发现这些驾车肇事的司机是由于在他们的视觉器官中缺少感觉红、绿色的细胞，因此分不清红、绿色，因而会闯红灯。这就是“色盲”的最初发现。这个原因分析、发现是差异法推理的具体运用。

再如，2000年2月8日，某厂在吊装500kg重的圆弧形设备附件（离地60cm高度）时，突然附件从两个卡具上滑落，旁侧的一位工人在后退时遇障碍物跌倒反而造

成两腿伸进附件滑落区，致使一条小腿当场被砸断。安技人员获悉后，对事故进行调查并做了一个对比试验，将工具卡在圆弧形设备附件上后用力旋紧螺栓，起吊并在吊装的正常振动情况下始终不掉。为此，安技人员推理指出：造成这次事故的原因是两个卡具上的螺栓没有上紧，在起吊后稍一振动受力加上附件本身重量使附件滑落，造成此次事故。

三、契合差异并用法

(一) 什么是契合差异并用法

契合差异并用法又称求同求异并用法。它是一种结合使用契合法和差异法独立判明现象因果联系的方法。它是指在几个正面场合中（被研究现象和有关情况都出现的场合）都有一个共同情况，而在几个反面场合中（被研究现象和该有关情况都不出现的场合）都不出现该情况，则可作出结论，该情况即为被研究现象的原因（或结果）。用公式表示则为：

场合	先行（或后行）情况	被研究现象
正面场合	A. B. C	<i>a</i>
	A. D. E	<i>a</i>
	A. F. G	<i>a</i>

反面场合	—B. H	—
	—D. N	—
	—F. O	—

比较：在正面场合中，有 A 就有 *a*；

在反面场合中，无 A 就无 *a*；

所以，A 是 *a* 的原因（或结果）。

契合差异并用法是两次运用契合法（若第一次为正面场合，则第二次为反面场合；若第一次为反面场合，则第二次为正面场合），再根据一正一反（或一反一正）的两次契合法获得的初步结论再运用差异法获得结论。具体步骤如下。

① 第一次运用契合法，如为正面场合，则可得出：

某一情况共同存在，则被研究的现象存在。

② 第二次运用契合法，第一次如为正面场合，此时则为反面场合，可得出：

某一情况共同不存在，则被研究的现象也不存在。

③ 运用差异法，对前面正、反面场合两次应用契合法所得结论进行比较，得出：

某一共同情况与被研究的现象确有因果关系。

例如，我国唐代著名大夫孙思邈（公元 581~682 年），用契合差异并用法发现了脚气病因并提出了治疗办法，比国外要早一千多年。

孙思邈发现有钱人常得脚气病。其症状为：发肿、肌肉疼痛、全身无力；而穷人常得夜盲症。他认为这很可能和饮食有关，不是多吃了些什么，就是少吃了些什么。富人吃的是荤腥细粮，穷人多吃粗粮少吃荤腥。他又将粗粮与细粮比较，发现精米、白面虽然好吃，但是缺少了米糠、麸子。于是他得出：富人得脚气病可能是由于缺少米糠、麸子而引起的。他试用米糠、麸子来治脚气病，结果很灵验。后来，他发现杏仁、吴茱萸等中药也很有疗效。

孙思邈不自觉地运用了契合差异并用法判明了患脚气病的原因，由此也提出了治疗的方法。其推理过程为：

首先，他将患脚气病的所有富人加以比较，发现他们虽然各个性格、脾气、生活习惯等方面千差万别，然而有一点都是相同的，那就是他们吃精米、白面。运用契合法得出：吃精米、白面是患脚气病的原因。

其次，他将穷人加以比较，虽然他们各人的情况也各不相同，但是他们都有吃不上精米、白面的共同点，只是吃糙米、麸子，而不患脚气病。再次运用契合法得出：穷人不吃精米、白面，就不得脚气病。

最后，将上述正、反两面场合加以比较，运用差异法得出：吃精米、白面是患脚气病的原因。

（二）契合差异并用法的特点

契合差异并用法具有契合法和差异法的优点，具有如下特点。

① 契合差异并用法的结论仍具有或然性。

② 它是正、反面两个场合的对照（每个场合的先行或后行情况至少要有两个）。

③ 正、反面两个场合之中除有 A 与无 A 不同外，其他先行（或后行）情况并不完全相同。

例如，为了验证信鸽在天空中飞行是利用地磁磁力线来准确定位的，人们作了一个试验。

将鸽子分成两群，一群信鸽脚上不系干扰物，像平时一样在不同天气、不同时间、不同地点、不同距离作远程放飞，实验结果：未迷失方向；另一群信鸽脚上分别系上一小块磁铁来干扰它们可以感知的地磁磁力线，也在不同天气、不同时间、不同地点、不同距离作远程放飞，实验结果：迷失了方向。于是，得出结论：地磁磁力线是信鸽定位的原因。若用公式表示推理过程则为：

场合	先行情况	被研究现象	
正面场合	信鸽脚上不系干	在不同天气放飞，未迷失方向；	能定位
	扰信鸽感知地磁	在不同时间放飞，未迷失方向；	能定位
	磁力线的小块磁	在不同地点放飞，未迷失方向；	能定位
	铁远程放飞	以不同距离放飞，未迷失方向；	能定位

所以，地磁磁力线使信鸽能定位。

反面场合	信鸽脚上系干扰	在不同天气放飞，迷失方向；	不能定位
	信鸽感知地磁磁	在不同时间放飞，迷失方向；	不能定位
	力线的小块磁铁	在不同地点放飞，迷失方向；	不能定位
	作远程放飞	以不同距离放飞，迷失方向；	不能定位

所以，有干扰物不能感知地磁磁力线使信鸽不能定位。

比较：在正面场合中，能感知地磁磁力线，信鸽能定位；

在反面场合中，有干扰物不能感知地磁磁力线，信鸽不能定位；

所以，能感知地磁磁力线使信鸽能定位。

(三) 契合差异相继运用法

1. 契合差异相继运用法

契合差异相继运用法是指先用契合法判明现象因果联系，继而使用差异法（先行或后行情况必须与契合法的正面场合完全相同）判明该共同情况是被研究现象的原因（或结果）。用公式表示则为：

场合	先行（或后行）情况	被研究现象
正面场合	A, B, C, D	a
	A, D, E, F	a
	A, F, G, H	a

反面场合	$\neg B, C, D$	—
	$\neg D, E, F$	—
	$\neg F, G, H$	—

所以， A 是 a 的原因。

注：反面场合的一组先行（或后行）情况，也可以是一个情况。

例如，人们发现：不同材料、不同形式的钟摆，只要长度相同，则钟摆具有相同的振动周期；若钟摆的长度不同，则钟摆的振动周期也不同。由此可得出结论：相同长度的钟摆与其相同的振动周期有因果联系。

2. 契合差异并用法与契合差异相继运用法的区别

① 契合差异并用法必须是正、反面两组先行（或后行）情况相对照；而契合差异相继运用法可以是两组正、反面先行（或后行）情况相对照，也可以是一组正面先行（或后行）情况与一个反面先行（或后行）情况相对照。

② 契合差异并用法的正、反面场合中的先行（或后行）情况，除有 A 与无 A 因素不同外，先行（或后行）情况中的其他因素可不一定完全相同；而契合差异相继运用法，除有 A 与无 A 因素不同外，先行（或后行）情况中的其他因素必须相同。

③ 契合差异并用法是一种独立推理的方法，而契合差异相继运用法则不是一种独立的推理方法；但契合差异相继运用法的结论可靠性要高于契合差异并用法。

（四）提高契合差异并用法可靠性的方法

契合差异并用法主要是以观察进行的推理方法，其结论的可靠性虽高于契合法，但仍具有或然性。为提高其结论的可靠性，有如下几种方法。

① 正、反面场合中所考察的先行（或后行）情况愈多，则结论的可靠性愈高。

② 对反面场合的一组先行（或后行）情况的选择必须与正面场合的一组先行（或后行）情况相近，才能提高结论的可靠性。

例如，著名生物学家达尔文在观察、研究动物和生存环境的关系时，发现：不同种类的动物生活在相同的环境里，常常呈现出相同的形态。如鲨鱼属于鱼类，鱼龙就属于爬行类，而海豚则为哺乳类，种类虽都不同，但它们都长期生活在相同的环境中，因而外貌都很相似，身体都是梭形，都有胸鳍、背鳍和尾鳍。相反，若同类的动物生活在不同的环境里，就具有明显不同的形态。如狼有四肢，善于奔跑；鲸有鳍，善于游水；蝙蝠有翼，能够飞翔；但它们都属哺乳类。运用契合差异并用法就可推理出：动物的生活条件和环境的相同或不相同，就是生物形态相似或不相似的原因。

（五）契合差异并用法的应用

契合差异并用法常常应用于科学技术的观察、研究，不少科学技术的原理、方法由它初步得出结论，进一步予以验证、深化、完善。在医学上，同样也常常用到它，通过它得出观察、实验的初步结论，进一步进行实验验证、发展、完善。在日常生活和社会调查以及事故规律和原因的分析研究中也会用到它来判明现象因果联系。

例如，① 人们发现在种植大豆、蚕豆、豌豆等豆类作物的土壤中，氮增加了；而种植高粱、小麦、油菜、玉米等非豆类植物的土壤中，就无此现象。农业科学家研究后发现：所有豆类植物的根部都长有根瘤菌（A），而其他非豆类农作物的根部没有根瘤菌。于是推理得出结论：豆类植物的根瘤菌（A）是土壤中增加氮（a）的原因。

② 英国病理学家法劳来曾应用契合差异并用法研究过青霉素的抗菌作用。他将提炼出纯度很高的青霉素滴在病菌的培养碟里，发现青霉素有强大的杀菌力。他想：青霉素能不能杀死动物体内的病菌？会不会在动物体内发生变化而失去作用呢？对此，他作了如下一个实验：

他选择 50 只小白鼠做试验，在每只小白鼠身上注射了足以致命的链球菌，再取出其中的一组（25 只），每隔 3h 注射一针青霉素，6h 后有一只小白鼠死亡了，其余的也都萎靡不振，可是过了 48h，剩下的 24 只小白鼠全部恢复了原来的生气。而另外 25 只小白鼠，不给任何治疗，不到 24h，全部死亡。

这个正、反面两个场合的对照实验，证实了青霉素是能够杀死在动物体内的细菌（尽管其中一只因为其他什么原因而死亡了）。

③ 欧洲人描述脚气病是在公元 1642 年，在《科学史上九十九个谜》一书中，第 40 个谜是脚气病，书中详尽地介绍了脚气病的原因。

1882 年，日本军舰“龙晓号”，从东京航行 200 多天到达新西兰期间，有不少人得了脚气病，症状为：浑身无力、肌肉疼痛、身体发肿，造成 20 多人死亡（从广义角度来说，应属于职业病）。两年后，又一艘名叫“筑波号”的日本军舰沿同一航线由东京到新西兰，航行时间要比“龙晓号”多十几天，仅有 14 名患脚气病，却无一死亡。这是一个谜，在分析、比较两次航行，生活等情况基本相同，只是将伙食改为近似西餐的一点差别。可是，这对日本海军来说，从这儿获得了大大减轻脚气病威胁的经验和启示。

1890 年后的一天，荷属东印度（今印度尼西亚）的一位在殖民军服役的克里斯琴·爱克曼，发现：医院里养鸡场中的鸡得了与人们患的脚气病症状一样的病，脚无力、不能行走。过了一段时间，又自然地好了。这引起了他的好奇，经分析，他又发现：原来的饲养员用精米喂鸡，鸡得了病；后来换了一个饲养员，他觉得精米喂鸡太可惜，就改用糙米，结果鸡的脚气病却好了。克里斯琴·爱克曼思考着鸡得不得脚气病是不是就是精米与糙米的关系？于是，他亲自作饲养试验，获得同样结果。于是，人得脚气病会不会也是这个原因呢？人与鸡毕竟是不同的两类。需要进一步来证实，他着手对一百多个荷属东印度的监狱进行调查统计，发现：吃粗米的犯人中，10000 人中只有一个得脚气病；吃精米的犯人中，却有 3900 多人得脚气病。对此，他完全弄清了精米、糙米与脚气病的关系。在整个发现、证实、得出结论的过程完全符合契合差异并用法运用的过程。

科学家们又花了很长时间，在 1910 年和 1911 年，铃木梅太郎和卡西米尔·芬克分别发现了在糙米中有种物质，芬克将它命名为维生素。以后，科学家们又发现了其他维生素。

四、共变法

（一）什么是共变法

共变法是判明现象因果联系的一种归纳推理方法。它是指被研究的现象在一定

程度上发生变化的各个场合中，若只有其中一个情况发生一定程度的变化，其他情况保持不变，则该惟一变化的情况即为被研究现象的原因（或结果）。用公式表示则为：

场合	先行（或后行）情况	被研究的对象
(1)	$A_1 \cdot B \cdot C \cdot D$	a_1
(2)	$A_2 \cdot B \cdot C \cdot D$	a_2
(3)	$A_3 \cdot B \cdot C \cdot D$	a_3
.....

所以， A 是 a 的原因（或结果）。

例如，有人对船舶遇难时人能坚持多久进行了一系列的试验，结果发现：会游泳的人在水温 0°C 时，可坚持 15min；在 2.5°C 时，可坚持 30min；在 5°C 时，可坚持 60min；在 10°C 时，可坚持 180min（3h）；在 25°C 时，可坚持 1440min（24h）。由此可推出：在一定范围内，人在水中坚持的时间随着水温的增加而增加。

共变法是关于原因与结果共变的推理方法，因此它存在着如下几种形式。

(1) 原因与结果同向共变 即当原因量不断增加时，结果量也随着不断增加。

例如，根据罗勒（Rhore）的研究，压力容器爆炸碎片击中人体时，若动能在 26J（ $2.6\text{kgf} \cdot \text{m}$ ）以上，可致外伤；若动能为 60J（ $6.0\text{kgf} \cdot \text{m}$ ）以上，可致骨部轻伤；若动能超过 200J（ $20\text{kgf} \cdot \text{m}$ ）时，可造成骨部重伤。

(2) 原因与结果异向共变 即当原因量不断增加（或减少）时，结果量随之不断减少（或增加）。

例如，爆炸时会产生冲击波，冲击波对人体有伤害作用（见表 5-10），但冲击波在自由传播时，波的强度随着传播距离的增加而逐渐衰减。表 5-11 是 100kg，梯恩梯炸药在空气中爆炸时，在与爆炸中心不同的距离处所测得的冲击波超压。

表 5-10 空气冲击波对人体的伤害作用

超压 $\Delta P/\text{MPa}$	伤害作用	超压 $\Delta P/\text{MPa}$	伤害作用
0.02~0.03	轻微损伤	0.05~0.10	内脏严重损伤或死亡
0.03~0.05	听觉器官损伤或骨折	>0.10	大部分人员死亡

表 5-11 100kg TNT 爆炸时，离爆炸中心不同距离处的冲击波超压

距离 R/m	15	16	20	25	30	35
超压 $\Delta P/\text{MPa}$	0.09	0.075	0.051	0.032	0.019	0.0126

(3) 原因与结果既是同向又是异向共变，中间出现转折 对于这种共变必须找出同向共变转为异向共变的转折界限，才能认清存在于原因和结果之间的规律。

例如，在安全生产中人们为了知道易燃易爆物质能被静电放电引燃引爆的最小引燃能量，对可燃物质作了放电引燃能量与可燃物质在空气中的体积浓度的实验研究和测定，发现可燃物在空气中的体积浓度自引燃下限开始至引燃上限，随着其浓度的增加，引燃能量降低；经最低点（即最小引燃能量），随着可燃物浓度的增加，引燃能量亦随之增加（见图 5-3）。根据实验测定，大多数烃类气体及有机物蒸气的最小引燃能量在 $0.01 \sim 0.1\text{mJ}$ ；乙炔和氢在空气中的最小引燃能量为 0.019mJ ；爆炸的最小引燃能量可低至 0.001mJ 。

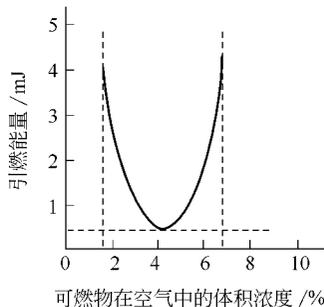


图 5-3 可燃物在空气中的体积浓度与引燃能量关系

（二）共变法的特点及运用时注意要点

1. 共变法的特点

① 共变法是以被研究现象与先行（或后行）情况之间的变化来判明现象因果联系的。因此，它是因果联系的一种定量分析方法；而差异法则是因果联系的一种定性分析方法。

② 人们在探求因果联系时会出现因某些因素不能或不易消除而不能使用差异法。可以将那些不能或不易消除的因素发生数量变化而使用共变法。

例如，在研究声音在空气中传播时，有这样一个实验：将电铃罩在密闭的玻璃罩内，将罩内的空气逐渐抽出，随着罩内空气量的减少，罩内传出的铃声也随着变小（这是运用共变法）。一旦空气抽至一定真空度，就听不见铃声了（变化到极限，这时就成为差异法的不出现情况，这是反面场合；正面场合是有空气听得到铃声）。由此可推出：空气能传播声音。

2. 运用共变法时注意要点

① 共变法应用时，要仔细全面地考虑被研究现象 a 与先行（或后行）因素 A 的共变关系。通常只是在一定限度内存在的，若超出这个限度共变现象就会消失，变成另外的关系。如，研究人们在一定水温中能呆多久的问题，若水温逐渐升高到一定温度，人就呆不住了。

② 只有先行（或后行）情况的 A 因素之外的其他因素保持不变，被研究现象 a 与先行（或后行）情况的 A 因素之间的共变，才能确定因果联系。

例如，固体物体体积随温度的上升而膨胀是以压力等不变为条件的，若对物体增大压力，即使对它加热也不会出现体积膨胀。铁路的 500m 长轨与过去的 12.5m 短轨，就是多加了很多道钉增大了对钢轨的压力，不让其充分地热胀冷缩。一旦道钉少了，钢轨就会开始热胀冷缩，造成事故。在高温的夏季由于钢轨的热胀力掀翻行驶中的列车例子也是有的。

③ 要深入分析共变的关系，是同向还是异向，抑或同异互向，要具体分析对待。

例如，在铁中，碳的含量增加，则铁的硬度增加，从而强度也增加（同向关系）；但到一定量后，碳含量继续增加，则铁变脆、韧性降低、强度下降（异向关系）。作为整个变化情况来看是同异互向。

④ 原因与结果的共变存在着单向（不可逆的）和双向（可逆的）之分。

例如，太阳黑子的变化能引起磁暴的改变，而磁暴的变化却不能引起太阳黑子的变化，这就是不可逆的单向；船舶的螺旋桨转动时，给水一个推力，推动水向后流，而水却给螺旋桨一个反作用力推动船舶前进。在一定范围内，推力越大，水向后流动得越快；水的反作用力也越大，船行驶得越快，这是一个可逆的双向共变关系。

（三）共变法的应用

共变法与差异法一样，主要是实验的推理方法，它的定量分析决定了它在科研中有着广泛的应用。在科学史上，可以看到许多定律和学说都曾经借助于共变法而确立的。

例如，法国物理学家盖·吕萨克根据多次实验运用共变法发现：一定量的气体，在压力不变时，气体的绝对温度与它的体积成正比；若气体的温度升高，则其体积也随之增大；若气体的温度降低，则其体积也随之减少。这就是盖·吕萨克第一定律。在医学上，根据观察和实验，运用共变法，获得了不少重大发现。

例如，17世纪初的英国医生威廉·哈维发现了血液循环，这是当时自然科学中的伟大发现之一，由此才将生理学确立为科学。哈维对动物作了大量的观察和实验以了解心脏的运动，他注意到：在鱼类和蛙类的心脏收缩时，颜色变得比较淡；而在舒张时，颜色是深红色的。将心脏割破，在心脏收缩时，血液会猛烈地喷射出来；舒张时，只有少量的血滴出来。心脏好像一个水泵，收缩时将血压出去进入动脉；舒张时，心脏就灌满了血液。哈维观察到一个靠近腋窝长着动脉瘤的人，心脏每跳动一次，瘤显著地胀大一下，并且通过对动物的活体解剖，也有相似情况，如在左心室停止跳动时，动脉就没有搏动；若是右心室停止跳动，则肺动脉搏动消失。由此，哈维得出结论：动脉的血是从心脏出来的。对此，他又进一步作了大量的观察、实验，提出了心脏运动的作用和血液循环学说：心脏像一个水泵，当它收缩时，就将血压入血管。由于血管瓣膜的作用，静脉的血液只能流向心脏。血液从左心室流出，经主动脉流向全身，再经静脉到右心室，经过肺循环回到左心室。这是体内的一次血液循环过程。从这儿可以清楚地看到，哈维的这一伟大发现用的是共变法。

再如，科学家们通过对头发的化学成分分析表明，头发中含有大量的硫和钙。在其他情况不变的条件下，心肌梗死越厉害头发中的含钙量相应地减少就越厉害（如一个健康男子的头发中含钙量为0.26%，而患有心肌梗死男子的头发中钙含量只有0.009%）。即头发中的钙含量的减少程度与心肌梗死的病情发展有定量的共变关系，因此可以推出结论：通过对头发中钙含量的分析，可以诊断出心肌梗死病情的发展状况。

在日常生活和社会调查中，可以发现存在着许多共变法的具体应用和

现象。

例如，水表、电表、体温表等都是共变法的具体应用。再如，美国汉梦德博士对各地吸烟的人患肺癌作了认真的调查，调查地区人群有：城市居民、农村居民、无空气污染的海峡或群岛上居民等，结果都是一样。吸烟量愈高的，死于肺癌的人愈多。具体数据见表 5-12。

表 5-12 吸烟量与肺癌死亡率

每天吸烟量/包	调查人数	死于肺癌人数	占每年每十万人肺癌死亡率/%
<0.5	7647	13	51.4
0.5	26370	50	59.4
1~2	14292	60	143.9

由表 5-12 可见，吸烟量愈多，肺癌死亡率愈高。吸烟是导致肺癌死亡的原因之一。在职业安全卫生中，存在着许多共变关系。

例如，在道路、交通管理等方面无很大变化的情况下，交通事故与车辆的增加存在着共变关系；在接触焊接烟尘的职工人数、劳动方法及防护手段等条件保持一定时，电焊工肺尘埃沉着病的发病率，随着接触时间的增加而增高；噪声对人的危害是多方面的，可以使人耳聋，能引起高血压、心脏病、神经官能症等疾病，能污染环境、影响人们正常的生活、学习、工作，会降低劳动生产率。所以噪声是有害的，长期接触噪声与噪声性耳聋发病率存在着共变关系，据国际 ISO 统计噪声与工作 40 年后噪声性耳聋发病率有如下关系，见表 5-13。

表 5-13 工作 40 年后噪声性耳聋发病率统计

噪声级别/dB(A)	80	85	90	95	100
耳聋发病率/%	0	10	21	29	41

为了保护职工的健康，中国颁布了《工业企业噪声卫生标准》，见表 5-14。

表 5-14 国家《工业企业噪声卫生标准》

噪声级/dB(A)		工作时间/h
现有企业	新建、扩建、改建企业	
90	85	8
93	88	4
96	91	2
99	94	1
不得超过 115dB(A)		

从表 5-14 中可以清楚地看到标准是按异向共变关系制定的，当企业中的噪声按

等差级数增加时，工作时间要按几何级数递减，其噪声范围也只是在 85~94dB(A) 内（指新建、扩建、改建企业）。

五、剩余法

（一）什么是剩余法

剩余法又称残余法，是判明现象因果联系的又一种方法。它是指若已知某一复合情况是被研究的复合现象的原因，且又知复合情况中的某一部分是被研究的复合现象中某一部分的原因，则该复合情况的剩余部分即为被研究的复合现象剩余部分的原因。用公式表示则为：

已知：复合情况 $F(A、B、C、D)$ 是被研究的复合
现象 $f(a、b、c、d)$ 的原因，
又知： B 是 b 的原因，
 C 是 c 的原因，
 D 是 d 的原因，

所以， A 是 a 的原因。

十分明显，剩余法的特点是从复杂的因果联系中，一个一个去排除已知的因果联系，以推理出未知的（亦即剩余的）因果联系。

例如，在 1781 年天文学家发现了天王星之后，认为这是太阳系中的最后一颗行星。可是，这存在着疑点，因为天文学家观察到天王星在运行时的位置总是与按万有引力定律计算出来的结果不符，为此还有人竟怀疑到万有引力定律的正确性。经过天文学家进一步观察发现天王星的运行轨道只在四个地方发生倾斜。而且还知道，天王星运行轨道发生倾斜的原因是受到了三颗行星的吸引；那么，剩下的一处发生倾斜又是什么原因呢？因此，就有人假设有一颗未知的行星存在而产生吸引的缘故。对此虽有人相信，却缺乏勇气和信心去寻找这颗未知行星。年方 23 岁的英国剑桥大学的学生亚当斯根据天王星的观察资料，应用万有定律反过来推算这颗未知行星的轨道，经过两年的艰苦计算，在 1843 年 10 月 21 日终于将计算结果寄给了格林尼治天文台台长艾利。保守的艾利却未予理会。又经过两年后，法国的一位年轻人，天文学家勒维烈，根据哥白尼太阳系学说所提供的推算出了这颗未知新行星在太空中的位置。1846 年 9 月 18 日，勒维烈将新行星在太空中出现的时间和位置告诉了德国柏林天文台助理员天文观察家加勒。5 天后，在当年 9 月 23 日天气晴朗、星月皎洁的晚上，加勒根据勒维烈所提供的资料，果然找到了这颗未知的新行星，后来被命名为海王星。而且进一步证实了哥白尼的太阳系学说。这也是典型的运用剩余法进行逻辑推理的实例。

（二）应用剩余法的注意要点

剩余法所推出的结论具有或然性，所以在应用时要注意以下几点。

① 复合现象的剩余部分现象 a ，必须是由复合情况中的已知原因引起的，不能是已知原因 B 、 C 、 D 之一或两个、三个共同作用的结果；否则，结论“ A 是 a 的原因”不能成立。

② 不一定复合现象剩余部分的原因就是单一的，也有可能是复合的，需要加以认真分析、识别。

例如，居里夫妇在测定沥青铀矿样品的含铀量时，发现几块样品的放射性比纯铀的放射性还要大，运用剩余法作出了其中一定还含有未知的放射性元素的推论。而且，用普通的化学分析方法不能将它们检测出来，因为其量非常小，但放射性却很强。后来，他们从铀矿中分离出新发现的放射性元素钋（纪念她的祖国波兰）。后来，他们进一步发现钋只是铀矿样品具有强放射性的部分原因。于是他们从几吨沥青铀矿中寻找另外的微量新元素。终于在 1898 年 7 月分离出几十毫克纯镭的氯化物，这种黑色粉末比相同数量的铀的放射性强 400 倍，他们将这个新元素取名为镭（意即射线的给予者）。铀矿石样品有很强的放射性是镭的缘故，至此才真正找出了原因。

（三）剩余法的应用

剩余法适用于研究复杂现象间的因果联系，当不能用已知的原因完全说明某种复杂结果时，可以使用剩余法来探求原因。因此，它有着广泛的应用。

在科学研究和科学发现中，许多重大的发现都是应用了剩余法。

例如，在 20 世纪初期，人们用雷达对地球大气层的电离层发射雷达波，分析回波来研究电离层对回波的影响时，常常发现接收到的回波往往有所增强。当时就有人猜测这种回波增强的反常现象可能是由于在空中遇到了能反射电波的其他物体。因为人们早已知道向空间发射电波后，接收到的回波是由空间的物体反射引起的，而且，回波中的一部分是由地球大气的电离层引起的。因此，回波中增强的部分（即多余部分）显然是由另一个能反射电波的物体所引起。根据剩余法，由于接收到的回波总强度是由电波遇到反射物体反射回来的总和；而已知回波中一部分强度是由电离层引起的，则回波中剩下的一部分强度，就一定是由另外能反射电波的其他物体反射的。后来，在二次大战期间，为了搜索德国前来偷袭的 V_2 火箭，英国防空部队 4m 雷达接收到回波，除了 V_2 火箭的回波以外，还接收到距离差不多的另外物体的反射波，这一事实证实了前面推测的正确性。在 1932 年，狮子座流星雨期间，当看得见的流星从头顶上空越过时，观察到了非常强的无线电回波。由此，人们确信由于流星的反射出现了这些来历不明的无线电回波。

在天文学科中，如海王星、天狼伴星等的发现使用的也是剩余法。

放射性元素钋、镭以及铷、钶、氦、氢、氦等元素的发现，也都运用了剩余法。

例如，氦发现的过程是典型的运用了剩余法：英国物理学家瑞利，将每公斤空气中的二氧化碳、氧气、水蒸气分别吸收后，得 1.2572g 氮气；但是，分解氧化氮、硝

酸铵、尿素等含氮化合物所得的氮每公斤只有 1.2506g，比前者每公斤少了 0.0066g。根据科学家分析，多出来的质量另有原因。后来，由英国物理学家拉姆所设计的实验进行验证，才弄清了这是由于空气中还存在着氙气的缘故。

农业科学家也需要应用剩余法。

例如，1975 年，美国里斯博士应用剩余法在一次实验中获得了一个重大的意外发现。他将苜蓿切细，埋在番茄幼苗两边，每（1 公顷 = 10^4 m^2 ）埋 85kg，番茄长得高大、茂盛，收获时每公顷增产番茄 333.5kg。这引起了里斯博士的极大兴趣，他认为：这是由于苜蓿的作用；但是，单靠苜蓿里的 N、P、K 元素是不可能有的如此的高产。一定还有其他物质。其推理过程如下：

已知：苜蓿使番茄长得根深、高大、茂盛、增产是苜蓿里有 N、P、K 及其他物质等；是复合原因引起的一个复合现象。

又知：N—使番茄叶子长得茂盛；

P—使番茄根系发达，提早成熟；

K—促进番茄光合作用，使茎秆挺拔，不易倒伏；

所以，增产是苜蓿里还有一种物质引起的。

果然，里斯博士从苜蓿中分离出了三十烷醇，经过实验证明三十烷醇的确能刺激番茄增产。

剩余法还往往用于生产事故的分析。

例如，在 1985 年 12 月 14 日，徐州电解化工厂聚氯乙烯车间共聚工段 11 号装置为容积 7 m^3 的聚合釜，在升温过程中超温、超压，使人孔垫片破裂，釜内氯乙烯气体猛烈泄漏，导致氯乙烯车间发生爆炸，使 860 m^2 的二层混合结构的厂房粉碎性倒塌，当场死亡 5 人，重伤 1 人，轻伤 6 人，直接经济损失 12.16 万元。运用剩余法来分析此事故的原因可作如下推理：

已知：聚合釜在升温过程中超温、超压，人孔垫片破裂，釜内氯乙烯猛烈泄漏，导致氯乙烯车间空间爆炸。

又知：超温、超压造成人孔垫片破裂；氯乙烯从破裂的人孔垫片中泄漏出来散布在厂房空间内，与空气混合会形成爆炸性混合气体；车间内无明火，不会引爆；氯乙烯是在车间空间内爆炸的，且无聚合釜爆炸碎片，故不是聚合釜超压爆炸；氯乙烯电阻率为 $10^{12} \sim 10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$ ，易产生静电；氯乙烯是从聚合釜通过破裂的人孔垫片在超压情况下泄漏出来的，因此是高速喷出，这就更容易产生静电。

所以，氯乙烯从人孔垫片破裂处高速喷出，产生静电，静电积聚到一定程度发生静电放电火花，从而引爆了从釜内泄漏出来的散布在车间空间的氯乙烯。

六、探求因果联系五种方法的综合运用

为了提高推出结论的可靠性及研究问题的需要，有不少场合需要探求因果联系的五种方法的综合运用。

例 1, 美国 20 世纪后半期 20 年来, 每年患胰腺癌死亡者高达 20 万人, 增加了一倍。因此, 对喝咖啡、喝茶与胰腺癌的关系作了仔细的调查分析研究, 并运用探求因果联系的方法进行了一系列的推理, 其调查推理过程如下。

① 对哈佛公共卫生院 11 所医院 369 名胰腺癌患者调查表明, 他们有一个共同的嗜好, 喝咖啡。因此, 可运用契合法进行推理: 这 369 名患者性别、年龄、生活习惯等方面虽各不相同, 只有嗜好咖啡是共同的; 所以, 嗜好咖啡是患胰腺癌的原因。

② 进一步调查分析表明: 每天喝两杯咖啡, 患胰腺癌的可能性增加 1.8 倍; 每天喝三杯以上咖啡, 患胰腺癌的可能性增加 3 倍。因此, 可运用共变法进行推理: 喝咖啡数量的增加, 患胰腺癌的可能性也随之增大, 它们之间有着共变关系。所以, 在被调查的人群中嗜好喝咖啡是患胰腺癌的原因。

③ 对嗜好另一种饮料的喝茶者进行调查, 发现无人患胰腺癌, 再次运用契合法, 可推出: 在被调查的人群中, 嗜好喝茶者无人患胰腺癌。

④ 运用契合差异并用法的第三步比较 (即差异法):

比较: 在正面场合中, 被调查人群中嗜好喝咖啡者有人患胰腺癌;

在反面场合中, 被调查人群中不嗜好喝咖啡者 (喝茶者) 无人患胰腺癌。

所以, 嗜好喝咖啡是患胰腺癌的原因。

例 2, 冬天、动物冬眠, 在冬眠期间, 不吃不喝, 呼吸次数减少, 心跳减慢, 体温降低, 新陈代谢迟缓, 像死了一样。冬眠期短的十多天, 长的达二百多天。美国科学家道厄 (Albert R. Daove) 等人曾作了五个科学实验来探索动物冬眠之谜。其过程如下。

① 1968 年 3 月, 在正处于冬眠状态的黄鼠身上抽取 3ml 血, 注入刚苏醒的黄鼠腿静脉中, 并置于 7℃ 冷房内。几天后, 这两只黄鼠又进入冬眠。同年 6 月, 从再次进入冬眠的这两只黄鼠身上抽血注入三只处于活动期的黄鼠腿静脉中, 结果也进入了冬眠状态。同年 7 月, 从这三只冬眠的黄鼠身上抽血注入 5 只处于活动期的黄鼠腿静脉中, 它们同样也进入冬眠。他们还从冬眠的旱獭身上抽出血注射到尚未冬眠黄鼠的腿静脉中, 黄鼠同样亦进入冬眠状态。由于时间不同 (有 3 月、6 月、7 月), 被注射的黄鼠状态不同 (有苏醒期和活动期), 动物不同 (有黄鼠和旱獭), 注射的血都是冬眠动物的血。所以, 根据契合法可以推出: 冬眠动物的血中含有诱发动物冬眠的物质。

② 抽出处于活动期黄鼠的血注入未处于冬眠的黄鼠腿静脉中, 黄鼠不进入冬眠状态。

第一个实验与这个实验是正、反面场合, 形成对照。所以, 运用差异法可得出结论: 活动期动物的血中不含有诱发冬眠的物质。

③ 第三个实验从 1969~1970 年冬天。

a. 将 14 只黄鼠平均分为两组, 分别注入旱獭和黄鼠冬眠血清, 几天后, 出现冬眠现象 (体温下降), 有的进入冬眠状态。随后放入冷房中, 则它们全都进入冬眠状态。这是两个场合出现的正面共同先行情况, 即注射动物冬眠血清, 结果是被注射的

黄鼠都处于冬眠状态，这个实验运用的是契合法。

b. 将 7 只黄鼠作为一组，注入活动期黄鼠的血清，观察几天后，将这 7 只黄鼠与上述 14 只黄鼠放入冷房中，它们始终处于活动状态。这是一个反面场合的实验，无共同的先行情况（注入冬眠血清），结果是黄鼠未进入冬眠状态。这个实验也是运用的契合法。

运用契合差异并用法，将正、反面场合比较可推出：诱发冬眠的物质无论在冬季还是在夏季，是在寒冷的环境中还是在温暖的环境里，都能诱发动物冬眠。

④ 1969 年，抽出冬眠时间长短不同的动物的血液注入活动期动物的静脉中，结果是：连续冬眠两、三周后动物身上的血液，比刚冬眠动物身上的血液更能有效地诱发动物进入冬眠状态。这个实验运用的是共变法，推出了：诱发冬眠有效物质的多少（冬眠两、三周后诱发物质多），是诱发动物进入冬眠快慢的原因。

⑤ 为了查明诱发冬眠的物质存在于血清里还是血细胞中，运用剩余法进行实验：用离心机将血液分离为血清和血细胞，再将血清通过分子筛分离为滤过物和残留物。将滤过物、残留物、血细胞分别注入黄鼠腿静脉中，实验结果表明：只有滤过物才能诱发动物冬眠，血细胞和残留物均不能促使动物冬眠。所以，按剩余法可推出：诱发动物冬眠的物质是血清中的滤过物质。

- ☆ 第一节 类比推理概述
- ☆ 第二节 类比推理在科学技术中的作用
- ☆ 第三节 类比推理在安全生产中的应用
- ☆ 第四节 模型方法

类比推理

第一节 类比推理概述

一、什么是类比推理

类比推理是一种逻辑推理方法，亦称“类推”或“类比”。在希腊语中“类比”这个术语是比例的意思，后来在类似、相似、相符、具有同样的形式、结构或关系等意义上被广泛使用。

类比推理常用来作为推出一种新知识的方法，在人们认识世界和改造世界的活动中，有着非常重要的作用。在安全生产和职业卫生中也有着特殊的意义和重要作用。

类比推理指根据两个或两类对象之间存在着某些相同或相似的属性，从一个已知对象还具有某个属性来推出另一个对象也具有此种属性的一种推理。

类比推理基本模式可表述如下：

若 A、B 表示两个不同对象，A 有属性 $P_1、P_2、\dots、P_m、P_n$ ，B 有属性 $P_1、P_2、\dots、P_m$ ，则对象 A 与 B 的类比推理可用如下公式表示：

A 有属性 $P_1、P_2、\dots、P_m、P_n$ ；

B 有属性 $P_1、P_2、\dots、P_m$ ；

所以，B 也有属性 P_n ($n > m$)。

例如，我国著名地质学家李四光，在对我国松辽平原与中亚细亚一带的地质结构进行长期深入的调查研究发现，两处极为相似，并进一步运用地质力学理论研究分析了生油、储油条件与地质结构的关系，提出地下是否存在石油并不是由什么“陆相”、“海相”决定的，而是由是否具有生油和储油条件决定的。他从我国地质结构情况出发，阐明了地质构造体系的控油规律，论证了我国东部新华夏构造体系的沉降带，对生油和储油具有双重控制作用，从而推断出我国松辽平原等东部地区也像中亚细亚地带一样蕴藏着石油。后来，大庆油田、胜利油田的发现证明了李四光推断的正确性，为我国石油工业和国民经济的发展做出了巨大的贡献。李四光在松辽平原找油的思维过程是一个典型的类比推理，可用下列公式表示：

对象 A 为中亚细亚：

有属性 P_1 —— 一定的地质结构；

P_2 —— 有生油条件；

P_3 —— 有储油条件；

P_4 —— 蕴藏着石油。

对象 B 为我国松辽平原等东部地区：

也有属性 P_1 —— 与 A 十分相似的地质结构；

P_2 —— 有生油条件；

P_3 —— 有储油条件；

所以，我国松辽平原等东部地区也有属性 P_4 —— 蕴藏着石油。

二、类比推理的特性

类比推理的结论是或然的，这是因为在世界上没有两个对象完全相同的，即使两个对象十分相似，也总是有差异的。由此推理所得的结论有时得到证实，有时则会被推翻。尽管如此，它在人类的实践活动和思维过程中却起着十分重要的作用，尤其在分类、假说、发现、发明等科学理论和实践过程中的作用十分明显。

正因为类比推理所得到的结论不是必然的，所以在应用时要注意提高其结论的可靠性，其方法如下。

① 要尽量多地列举两个或两类对象所共有或共缺的属性，则所推出的结论的可靠性就大。如美国根据加利福尼亚州与我国浙江黄岩地区在地形、土壤、水文、温度、湿度、日照等方面有许多属性十分相似，所以类推加利福尼亚州也适宜像黄岩地区一样种植甘美的蜜橘。结果，种植黄岩蜜橘果然十分成功。

② 所进行类比的两个对象若其共有的属性或共缺的属性愈本质，则推出的结论也就愈可靠。如流体在管中流动时，当管子截面积缩小时，则流速会加快、压力会降低；由此类推两艘船舶在相向而行时，当两艘船舶相距到一定间距时，尽管两

艘船舶各保持直线方向前进，保持一定间距，但由于两艘船舶间水流通道逐渐缩小，而造成水流速度加快、压力减少，而两艘船舶外侧的压力不变，形成压力差，最终还是造成两船相碰的撞船事故。

据报道，20世纪80年代初的某天，美国纽约正刮着大风，一位女经济学家刚走出一幢高层建筑的大门，突然被一阵狂风刮倒，摔伤了肩膀，于是她向纽约市法院提出控告，控告建筑师和楼主，这真是一桩离奇的“风案”。狂风是大自然的一种常见现象，而不是人的行为，这不等于是在无理取闹吗？可是，“文丘里效应”帮了这位女经济学家的忙，使她赢得了胜利。因为在管道内流动的流体在截面积缩小时会产生“文丘里效应”，而一幢高大建筑物如设计不周，没有系统地进行考虑，大楼与大楼间距离太近，就可能将从高处刮来的气流（风）突然截住后形成下冲气流，在进入楼房间狭窄的通道处会产生“文丘里效应”，形成俗称的“弄堂风”，或在街道拐角处形成高速盘旋的旋风。实践证明，一般成人可以在稳定的六级大风下行走，却不能在突然改变速度和方向的四、五级风下保持身体平衡，甚至会被这种风暴所刮倒。女经济学家将这种楼与楼之间气流的“狭管效应”和“文丘里效应”相比较，其共有的属性非常本质，当然其结论也就比较可靠而赢得了这场官司。

③ 若进行类比推理的两个或两类对象所共有或共缺的属性与类推的属性之间具有本质和必然的联系，则推出的结论其可靠性就比较高。

例如，在研究生活在海洋中的哺乳动物海豚的智能时，由于海豚与猿猴的脑子相似，研究人员就将海豚与猿猴进行类比：

猿猴具有下列属性：

P_1 ——是哺乳动物；

P_2 ——脑子很发达，绝对质量大，相对质量也大；

P_3 ——脑子被复杂的沟回（大脑表面曲折为皱褶的皮质）所覆盖；

P_4 ——是智能动物。

海豚具有下列属性：

P_1 ——是哺乳动物；

P_2 ——脑子很发达，绝对质量大，相对质量也大；

P_3 ——脑子具有更广泛的沟回。

所以，海豚是海洋中的智能动物（具有智能活动，在现实生活中，甚至有人认为海豚比猿猴还聪明）。

根据研究实验表明，哺乳动物的智能与大脑的发达程度有关，特别是与沟回有关。海豚与猿猴的智能类比，反映了它们具有发达的脑子，不但其绝对质量大，而且相对质量也大，沟回复杂、覆盖面大，这些是本质属性，确定了它们的智能有很高的必然联系。事实上，人们现已发现了海豚能发出吱吱声相互“交谈”，曾有过拯救海上遇难者的多次记录，海豚能靠近海滨游泳场与孩子们嬉戏，能为船只领航。并有实验表明：海豚经训练后可以参加水下救生，给潜水员递送工具，甚至还能寻找和回收水雷，携带炸药进攻潜艇等。

三、类比推理的类型

类比推理有多种分类。

1. 按类比推理的依据不同进行分类

按类比推理的依据不同进行分类，可以分为下述三种类型。

(1) 正类比推理 如前所述，是根据两个或两类对象在某些属性上相同，推出它们的其他属性也相同的推理。

用公式表示则为：

$$\begin{array}{l} \text{A 有属性 } P_1、P_2、\dots、P_m、P_n； \\ \text{B 有属性 } P_1、P_2、\dots、P_m； \\ \hline \text{所以，B 也有属性 } P_n \text{ (} n > m \text{)。} \end{array}$$

(2) 反类比推理 是根据两个或两类对象均不具有某些属性，从一个对象不具有某个属性从而推出另一个对象也不具有此属性的一种推理。

用公式表示则为：

$$\begin{array}{l} \text{A 不具有属性 } P_1、P_2、\dots、P_m、P_n； \\ \text{B 不具有属性 } P_1、P_2、\dots、P_m； \\ \hline \text{所以，B 也不具有属性 } P_n \text{ (} n > m \text{)。} \end{array}$$

此外，反类比推理还有另一种特殊的形式，用公式表示则为：

$$\begin{array}{l} \text{A 有属性 } P_1、P_2、\dots、P_m、P_n； \\ \text{B 不具有属性 } P_1、P_2、\dots、P_m； \\ \hline \text{所以，B 也不具有属性 } P_n \text{ (} n > m \text{)。} \end{array}$$

例如，金属有光泽，有延展性，有自由电子，是电与热的良导体；非金属没有光泽，没有延展性，没有自由电子。所以，非金属不是电与热的良导体。

(3) 合类比推理 是根据两个或两类对象具有某些相同属性，推出它们的其他属性也相同；再从在某些属性上不相同，推出它们其他的属性也不相同的一种推理。实际上这是一种正、反类比推理联合运用的推理方法。

用公式表示则为：

$$\begin{array}{l} \text{A 有属性 } P_1、P_2、\dots、P_m、P_n， \\ \text{无属性 } q_1、q_2、\dots、q_u、q_v； \\ \text{B 有属性 } P_1、P_2、\dots、P_m， \\ \text{无属性 } q_1、q_2、\dots、q_u； \\ \hline \text{所以，B 也有属性 } P_n \text{ (} n > m \text{)，而无属性 } q_v \text{ (} v > u \text{)。} \end{array}$$

或

A 无属性 $q_1、q_2、\dots、q_u、q_v$ ，

有属性 $P_1、P_2、\dots、P_m、P_n$ ；

B 无属性 $q_1、q_2、\dots、q_u$ ，

有属性 $P_1、P_2、\dots、P_m$ ；

所以，B 亦无属性 q_v ($v > u$)，而有属性 P_n ($n > m$)。

例如，钠是银白色柔软金属，可用刀切割，化学性质活泼，在空气中易氧化，遇水、潮湿空气、碘会引起燃烧，有爆炸危险；

不能与氧化剂、易燃物、含水物质、卤素混存，不可在雨天运输，不能使用水、泡沫、二氧化碳、四氯化碳等灭火剂来灭火；

钾是银白色柔软金属，可用刀切割，化学性质活泼，在空气中易氧化；

不能与氧化剂、易燃物、含水物质、卤素混存，不可在雨天运输；

所以，钾遇水、潮湿空气、碘会引起燃烧，有爆炸危险，不能使用水、泡沫、二氧化碳、四氯化碳等灭火剂来灭火。

2. 按类比的实质来分类

按类比的实质来分类，可分为以下几种。

(1) 数学类比 根据已知的原理、理论、知识从一个数学式或数学模型推导出另一个具有科学认识意义的数学式或数学模型。

例如，德国物理学家欧姆在 1926 年将电传导与傅里叶的热传导进行类比，在热传导中：

$$Q = C_m (\Delta T)$$

欧姆将热量 Q 比作电流 I ，热容量 C_m 比作电导 $1/R$ ，温差 (ΔT) 比作电压 U ，由此得出：

$$I = \frac{1}{R} U$$

这就是电学上著名的欧姆定律。

(2) 因果类比 也称形式类比，它是一种定性类比，是根据两个或两类对象属性之间的质的关系所进行的类比，它是指根据两个或两类对象的因果联系或规律性相似所进行的一种类比推理。由于它是以相似的因果关系或规律性为依据的，因此它大大地提高了这种类比的可靠性。

例如，20 世纪 70 年代末，有一个单位的安技工当读到了关于某建筑工地一根钢管从 10m 高处砸在一个建筑工人的安全帽上，安全帽被砸了 4cm 多的裂口，工人却安然无恙的报告时，他联想到保卫科的小李驾驶摩托车不戴头盔，不是很危险吗？对此，他进行了因果类比：

安全帽是由高强度材料制成的半球形帽子，有防震垫，10m 高处的钢管砸下来可

以保护建筑工人的头部不受伤害；

头盔也是由高强度材料制成的有防震垫的近似球形的帽子，如果发生车祸，头部受撞击后，不就可以保护驾驶员的头部不受伤害吗？

于是他买了一个头盔给驾驶员，要求驾驶时一定要戴上（那个时候并没有硬性规定摩托车驾驶员一定要戴头盔）。不到一个月，这个驾驶员发生了车祸，头盔局部严重擦伤（头先着地），昏迷了20多分钟，醒后又和往常一样继续上班。

这个类比清楚地说明了安全帽与头盔是性质一样的防护帽，其结构、材料、形状等特性决定了可以保护头部。所以，这一类比是防止发生车祸伤人的因果类比。

(3) 结构-功能类比 根据一个已知事物的结构和功能上的联系及其知识，推出另一个类似结构的类似功能及可能存在的新知识的一种类比推理。

例如，德国细菌学家埃尔利希曾下定决心要发明一种“神奇子弹”去杀死人体内的细菌，而不伤害人体。他的老师柯赫曾用染料渗入菌体而使细菌着色，他想到这一定是有些染料对细菌着色时具有选择性，能使某些有机体的细胞着色，而其他染不上色，这是一种有选择性的吸收。因此，他联想到：如果将染料与使病菌会致死的基因结合，不就可以研制出能杀死细菌而不损伤人体细胞的一种特效药吗？首先，他选择繁殖力强、比细菌大的锥虫（锥虫是昏睡病的病原体），用红色染料来杀死锥虫，虽这种“锥虫红”染料能杀死锥虫，但杀菌效力不高。后来，他见到介绍化学药品“阿托什尔”能杀死锥虫，能使病人免于死亡，但会造成病人双目失明。因此，他将“锥虫红”与“阿托什尔”化学结构进行比较研究，根据研究表明：“锥虫红”中的“偶氮”结构—N=N—能杀死锥虫，不伤害人体；而“阿托什尔”具有含毒物砷（起到“偶氮”作用的物质）的结构为—As=As—，它的毒性大，杀菌效率高。由此他想改变一下“阿托什尔”的化学结构，使之能杀死锥虫而不伤害病人的视觉神经。经过多次反复试验，他和日本科学家秦佐八郎于1907年终于发明了能杀死锥虫而不伤害人体的“砷凡纳明”（即“606”），这给由锥虫病引起的昏睡病患者及由螺旋体引起的梅毒患者带来了福音。

(4) 概念-机械类比 根据一个已知理论模型的概念、产生机制来推出另一个类似模型的概念、产生机制。

法拉第在解释静电和电流的差别时，应用了力学上的位能、势能、水位差等概念及瀑布模型。他将电压比做水位差、电荷量比做水量，类比

$$\text{瀑布能量} = \text{水位差} \times \text{水量}$$

从而得出电能等于电压乘电荷量这一假说，即

$$\text{电能} = \text{电压} \times \text{电荷量}$$

第二节 类比推理在科学技术中的作用

在科学技术中，类比推理是广泛使用的一种方法，是创造性思维的一种重要形

式。在科学技术发展史上，我们可以看到，在形成和提出科学假说时，常常用到类比推理，然后再进一步发展成理论。许多科学家都充分肯定类比推理的作用。例如天文学家开普勒曾说过：“我特别喜欢这些类比——我的最可靠的老师，因为它们给我揭开了自然界的各种秘密”。物理学家麦克斯韦说过：“借助这种类比，我试图以便利的形式提出为研究电的现象所必需的手段和公式。”黑格尔曾指出：类推法在经验科学里占有很高的地位，而且科学家也曾依靠这种方法获得很重要的结果。事实上也确实如此，其作用简述如下。

① 类比推理包含着比较、联想、归纳、演绎等因素，有着联想、启发、假设、解释及模拟等多种功能，因此它能激发人们的想像力，而且具有很好的启示功能，所以科学上的一些重要原理、理论，最初都是由类比推理得出的，然后再进一步研究、实验形成理论。

例如，英国的物理学家惠更斯将光与水波、声波相类比，创立了光的波动学说。法国物理学家库仑将两个带电体之间的作用与牛顿的万有引力相类比，提出了电学上著名的库仑定律。

牛顿的万有引力定律：
$$F = G \frac{mM}{r^2}$$

库仑定律：
$$F = K \frac{qQ}{r^2}$$

英国物理学家麦克斯威运用类比推理创立了电磁理论。诸如此类，不胜枚举。

② 在科学技术发展史上，令人十分兴奋地看到许多重大发现都曾不同程度地使用过类比推理。

例如，18世纪奥地利医生奥恩布鲁格由于误诊了一个病人，导致病人很快死亡，解剖尸体后才发现死者胸腔已经化脓，而且积满了脓水。对此他十分懊恼，于是努力探求准确诊断这类病人的方法。最后，他想起了小时候父亲经营酒厂时，常用手指关节来叩击木质酒桶，根据酒桶发出的闷、脆、强、弱的声音变化来估计桶内有无酒及酒的存量大约有多少。由此他得到启发，联想到胸腔类似于酒桶，据此进行类比，用手指关节叩击胸腔，探索叩击音的变化来判断胸腔有无积水、数量如何，他将研究的结果写成论文《用叩诊人体胸部发现胸腔内部疾病的新方法》。后来经过医学界的反复实验、研究，确定了叩诊这种诊断方法。“叩诊法”除了应用在医学上之外，在日常生活和工业上也普遍使用，最明显的例子是铁路工人用小铁锤来敲击火车车轮及弹簧等来判断有无裂缝或故障，以保证火车的行驶安全。再如，在第一次世界大战期间，炮火弥漫着整个欧洲时，有一次战争刚结束，法国的亚得里安将军去医院看望伤兵，有一个伤兵仅是手、脚受了伤，与其他伤员不同，亚得里安将军觉得很奇怪，于是这位伤兵就描述了他受伤的经过：在德军炮击时，我正在厨房值日，炮弹四处横飞，劈头盖脸地飞来，我急中生智，慌忙将铁锅举起来反扣在头上，蹲下来，很多同

件都被炸死了，我保护了头部和身体，仅是手、脚受了些伤。将军沉思着：如果每个战士都戴一顶铁帽子，不就可以减少很多伤亡吗？于是，他立即指定一个小组进行研究，第一代钢盔诞生了，并在当年装备了部队。据统计，在第二次世界大战期间，仅美军由于将钢盔装备了部队，估计使 7 万人次免于死亡。现在建筑工人等使用的“三宝”之一——安全帽，摩托驾驶员使用的头盔等，与钢盔相比其结构、性质、功能却十分相似，他们确实也挽救了成千上万人的生命。此外，如飞机、船舶的发明、制造，雷达的产生，木星卫星的发现，原子结构的发现等都与类比推理的运用分不开。

③ 相关类比推理的发展和运用，在工业产品的生产发展、经济情况的预测及事故的预测中应用十分广泛，而且显示着越来越重要的作用。从我国第二次事故高峰来看，由于当时劳动保护工作被忽视，违章指挥、违章作业、冒险蛮干较为普遍，所以伤亡事故和职业病大幅度上升。根据相关推理法，在乡镇企业蓬勃发展的时候，就有专家指出不少乡镇企业领导不重视劳动保护工作，违章指挥、冒险蛮干情况严重，加上本身作业条件、作业技术、作业用的机器设备又差，因此乡镇企业的伤亡事故和职业病会比较严重，急需要加强对乡镇企业的劳动保护管理工作，建立安全生产规章制度，制止违章作业、违章指挥、野蛮作业，保护职工的生命安全和健康。

相关推理法是根据两个对象之间存在的某些属性相似，从一个已知对象的某一属性发展趋势来预测另一对象有相似发展趋势属性的推理方法。用公式表示，则为：

A 有属性 $P_1、P_2、\dots、P_m$ 、发展趋势属性 P_n ；

B 有属性 $P_1、P_2、\dots、P_m$ ；

所以，B 也有发展趋势属性 P_n ($n > m$)。

④ 模型方法在现代科学技术中有着重要、广泛的应用，如新型船舶、飞机、导弹、水利工程、高层建筑的抗震性研究等都要利用模型方法，根据模型进行试验，由此来推断确定所要研究原型的功能、性质、规律。模拟生物的结构、功能而发展起来的仿生技术，对工程设计，生物、电、磁、光、热等物理仿生，生物化学仿生，生物感觉器官的仿生等极大地增强了人类对客观世界的认识和改造能力，新设计、新技术、新产品不断地涌现。

⑤ 由于类比推理具有联想、启示、假设、解释、模拟等功能，所以人们在进行创造性思维时，往往离不开它；而且，应用它从一个领域的知识里推断出另一个领域的新知识，其所占的比例日益增大。同样，类比推理在安全、卫生及与疾病的斗争中有着卓越的贡献和辉煌的篇章。如前所述的奥地利医生奥恩布鲁格创造的

“叩诊法”，法国亚得里安将军组织专人成功地研制成的钢盔等，类比法在人们的日常生活及保护人们的安全和健康中发挥着有效的作用。为了更清楚地阐述类比推理在这方面的作用，再举下述几例予以说明。

a. 我国古代的鲁班大师在承建一座大宫殿时，因木材需用量大，上山砍树速度慢、体力消耗大，木料往往供应不上。他很着急，就亲自上山去察看，由于上坡路滑要常常用手抓住树枝、杂草往上攀登。一次，拉住的丝茅草将他的手划破了，柔软的草竟能一下子拉破人的皮肤？他仔细观察，发现丝茅草长有许多细齿十分锋利。他又通过仔细观察发现蝗虫之所以能很快的吃草、叶子，是因为蝗虫的两个大板牙上长有很多锯齿。鲁班通过这两件事物进行类比，于是先在大板竹上制成锯齿用来锯树，后来又在铁片上制成锯齿进行锯树，从而加快了伐木的速度，赶上了宫殿建造的进度，锯子自此便创造发明出来了。

b. 1847年，意大利化学家苏雷罗教授在世界上第一次制造了新炸药硝化甘油，这是炸药史上的一个重要里程碑。为了要测定其成分，他将硝化甘油倒在烧杯里用醚进行溶解，当醚挥发后，在烧杯底部析出了一层薄薄的硝化甘油，他不假思索地随手将烧杯放在点燃的酒精灯上加热，突然“砰”的一声，硝化甘油发生了爆炸，烧杯的碎片划破了他的手和脸。这起事故曾使他一度中断了试验，可是他并没有从此罢休，他冷静地考虑着这样一个问题，能否用它来炸开心脏病患者的血管堵塞物呢？后来，他和鹿特丹医学院的德弗立奇教授先后研究、试验硝化甘油作为药物来扩张动脉的生理作用，用它来“炸开”血管的堵塞，以此来治疗心绞痛。他们的研究、试验很快获得成功，直至现在仍不失为心脏病患者的应急良药。

c. 云南白药（又名“百宝丹”）是医学宝库中的瑰宝，是近代医学史上的奇迹。它不仅能医治各种血症，在医治癌症、脉管炎、风湿性关节炎等各种疾病方面也有着显著作用，它是由我国的药物学家曲焕章发明的。他的发明过程是成功地运用了动物的智慧进行类比的结果。一次，曲焕章见到一只山鹑用草根茎和上黏土来替自己的断腿“敷石膏”。又一次，他走在荒山野路上，有一条碗口粗的大蛇横在路上，他便拔出佩刀斩断了蛇尾，大蛇翻滚一阵后向路旁深草中游去，随后在河道乱石中停下来吞食不知名的野草，并返回受伤的地方将身体的两个断面对接后轻轻蠕动，几个时辰后奇迹出现了，蛇身与蛇尾居然接好了，这对于立志要研究出止血活络、接骨生肌药物的曲焕章来说无疑是一个千载难逢的极好信息，他就立即采集了这种有接骨生肌奇效的草药。又有一次，他在山路上行走，遇上了一只饥饿的华南虎，他拼命与之搏斗，将匕首深深地插进了虎的体内，老虎落荒而逃。有心的曲焕章绝不放弃这次机会，要弄清这只伤虎能否自愈，于是翻山越岭艰难地跋涉了三天，终于在天黑时找到了虎穴，他燃起篝火慢慢地接近虎穴，虎怕火光，伤虎带着小虎夺路而逃，曲焕章深入虎穴十分欣喜地发现了自己的匕首和老虎咀嚼过剩下的梦寐以求治刀伤的野生植物。经过多次的研究、试验，终于在1908年将百宝丹研制成功。他推理过程可用下式表示：

山鹬、蛇、虎有属性：

它们是动物，是有骨骼的血肉之躯。山鹬用草根茎和上黏土为自己断腿“敷石膏”；大蛇吞食野草为自己的断尾对接，接骨生肌；虎咀嚼野草来治刀伤。

人有属性：

人是高等动物，是有骨骼的血肉之躯。

所以，人也有可能用这些治刀伤的野生植物、草茎根及黏土类物质来止血活络、接骨生肌。

百宝丹研制成功后大显神威、名声大振。1923年，军阀在滇南开战，当时用白药撒在伤兵洗净的枪伤口上，一个月便好，不需要痛苦地用药棉纱布填塞，换药时拉出后再塞进新的药棉；若子弹留在肉内，加用撑骨散，过些日子弹头会自己滑出。1930年，四川发生瘟疫，百宝丹大显神效。1931年，在香港、新加坡、泰国等东南亚国家或地区就销售40万瓶之多。1937年，云南六十军开赴抗日前线与日军作战，每个战士都分发一瓶百宝丹和一张仿单，在台儿庄战役中，六十军将士负了伤，外敷内服白药后继续与日军拼杀，日本报纸惊呼：“自九·一八与华军开战以来，遇到滇军猛烈冲锋，实为罕见”。云南白药的发明给人类带来了福音。

d. 法国化学家巴斯德是首先揭开人类对付细菌、战胜传染病序幕的杰出科学家。1865年前，法国的养蚕业连年发生传染病，蔓延到整个欧洲大陆，蚕身上长满了黑色斑点，不吃桑叶，不吐丝，成批成批地死亡。巴斯德对此进行仔细观察、实验和研究，发现病蚕身上有一种椭圆形粒状的棕色细菌，后来又找到了杀死这种细菌治疗病蚕的办法，挽救了濒临毁灭的欧洲养蚕业。受此启发，他联想到恐怖的鼠疫，可怕的霍乱，要命的伤寒以及其他传染病并作了如下推理：

蚕成批的死亡于传染病，有属性：

- i. 成批地发病，表现为同一种症状；
- ii. 成批地死亡；
- iii. 细菌侵入体内造成的。

人类成批地死于传染病，有属性：

- i. 成批地发病，表现为同一种症状；
- ii. 成批地死亡；

所以，人类成批地死亡，传染病是细菌侵入人体内造成的。

经过大量的实验、研究，终于证实了许多传染病都是由细菌引起的，控制、预防和消灭这些传染病的方法也就逐一被研究发明出来，陷人类于苦难深渊的鼠疫菌、霍乱菌、伤寒菌等也就开始销声匿迹。

第三节 类比推理在安全生产中的应用

一、类比推理与事故的预防

事故往往是突发的，有其隐蔽性和偶然性，事故是消极的。但任何事物总是有

因才有果，事故的发生是由其成因因素造成的必然结果，因此当人们了解了它发生的原因并采取相应的对策措施就可以避免重复事故的发生，而且人们由此及彼进行类比，可以避免类似事故的发生，这就是事故隐含着的积极性一面的表现，甚至通过事故分析原因采取对策措施会有所发明、有所创造。

1. 防止重复事故和类似事故的发生

按造成事故的原因一般可归纳为以下几个方面。

(1) 人的不安全行为 如操作者违反操作规程进行作业，违反劳动纪律，冒险作业和冒险进入危险场所，用手代替工具操作，不正确使用劳动防护用品，物体存放不当，作业时注意力分散，安全知识缺乏，安全操作技能差，不良的心理状态（如习惯性违章、麻痹大意、骄傲自满、好胜逞强、紧张、害怕等）造成的不安全行为，过度疲劳出现的操作失误等；以及领导和作业指挥人员对安全管理不善，为了赶进度、图省事等瞎指挥……这些都是造成事故的主要因素，在事故原因中所占比例极大。

(2) 物的不安全状态 如防护、保险、信号装置等有缺陷或缺乏；设施、设备、工具、附件有缺陷；设计、产品制造、安装、维修不合理或不符合要求；设备、管线、阀门及设施受到腐蚀；个人防护用品缺少或有缺陷等，也都是造成事故的重要原因。

(3) 不良的环境 可分以下三个方面。

① 生产（施工）场所环境不良 如通道狭窄不平、照明不足、高温、低温、粉尘及有害气体的逸散、噪声、振动、电磁辐射、静电、缺氧等容易造成事故的发生。

② 自然环境恶劣 如雷电、风、霜、雨、雪、雾、酷暑、严寒、深冷……以及存在的生物性危害等，也常由此引发事故。

③ 社会环境 如政治经济管理、结构的重大变革、人际关系、道德、劳动制度、劳动立法等往往对防止事故的发生有着重大的作用，例如我国的几次事故高峰充分说明了社会环境的作用力。

事故发生后，就要严格按“三不放过”原则处理，即事故原因分析不清不放过，本人和群众没有受到教育不放过，没有采取防范措施不放过。也只有这样才能防范事故的重复发生。对于工作能力强的人来说，往往通过别的单位发生的事故受到启发，对自己进行比较、检查、联想，是否有类似情况，发生类似事故的可能性如何？并采取组织管理、技术、教育等措施来预防事故的发生，防患于未然。实质上这也是一种类比推理的过程。否则，也有可能发生类似事故。

例如，1986年3月，××第一钢厂的3名修炉工，在修砌化铁炉时，有两人用手锤砌砖填缝，当工人砸紧挨着炉皮的镁砂砖时进出了一串串火花。在第一层砖砌完后，一个工人有事出去了，另一人上到第二层台上去，还有一个蹲在炉底继续用手锤砌砖填缝，不久，炉底的人首先满身着火，几乎同时，二层台上的人也满身着火，两个“火人”同时扶着软梯往上爬，在第二层台上的工人爬到了小炉门被救出，全身烧伤面积达95%，炉底的人没有爬多高就摔倒在空荡荡的炉底被活活烧死。究竟为什么衣服会发生燃烧呢？经过仔细检查，原来是一个25mm的氧气阀门未关死，造成氧气泄漏，氧气沿着风管进入化铁炉内，使炉中含氧量大大增加。手锤在砸紧挨着炉皮的镁砂砖时进出的火花引起在富氧中的衣服剧烈燃烧（氧在空气中的正常含氧量为21%，当达到30%时，棉布的平均燃烧速度比正常情况下快一倍）。

与此相似，××船厂，一天，厂里委派两名气割工去船舱进行气割，上午工作完后两人分别关掉氧炔焰和乙炔气瓶、氧气瓶的阀门。刚离开几步，一位师傅说：“你的氧气没有关死”，另一位师傅却回答说：“我知道，氧气是我们呼吸所需要的气体，舱内空气这么差，放点氧气有好处”。于是，两人上岸吃饭去了，吃完饭，两人回船舱开始工作。其中一位师傅一点火炬会发生什么情况呢？可以类比上例进行如下推理：

修砌化铁炉有属性：

- a. 炉内空气泄漏有氧气，氧气浓度 $>21\%$ ；
- b. 工作服等是棉布的；
- c. 工作时产生了火花；
- d. 造成一人烧伤、一人烧死。

船舱内进行气割有属性：

- a. 船舱内有意放入了氧气，空气中氧气浓度 $>21\%$ ；
- b. 工作服是帆布的并有油污；
- c. 氧炔焰火炬点火。

所以，船舱两名气割工人可能会烧伤或烧死。

上述结论是我们的类比推理，××船厂当时船舱内发生的事故与我们的类比推理相符合。事情结果是点火炬的工人几乎与火炬点着时同时着火，另一位工人见此情况立即赶去帮助拍打，手一伸上去衣袖及胸腹部工作服先后立即着火，而且两人衣服燃烧速度快得惊人，他们一边拍打，一边呼救跑了出去。后送医院一人重伤，一人三天后死亡。如果这两位工人事前知道了类似的例子并进行类比推理就绝不敢贸然在船舱里送氧。

氧气的火灾危险性及对人体的危害见表6-1。

2. 重视未遂事故

美国安全工程师海因里希（Heinrich）统计了很多跌倒事故，得出了如下的结论：无伤害300次、轻伤29次、重伤1次，即1：29：300法则。美国后来统计交

表 6-1 不同浓度氧对人体的健康危害

氧气浓度/%	对 健 康 危 害	备 注
6	停止呼吸、痉挛死亡	富氧状态下,容易引发火灾; 且人体在富氧状态下烧伤的伤口不易痊愈
8	昏睡 8min 死亡	
10	面色苍白、意识不清、呕吐(吐物堵塞气管)	
12	眩晕、恶心、无力坠落(带来死亡)	
16	头痛、恶心、增加呼吸和脉搏频率	
18	安全极限	
21	正常浓度	
40	有可能发生氧中毒	
40~60	出现胸骨后不适感、轻咳、进而胸闷、胸骨后烧灼感和呼吸困难,咳嗽加剧;严重时可发生肺水肿,甚至出现呼吸窘迫综合征	
>80	出现面部肌肉抽动,面色苍白、眩晕、心动过速、虚脱、继而全身强直性抽搐、昏迷、呼吸衰竭而死亡	

通事故有这样的结论:每 10 次交通事故就有一起是负伤事故,每发生 30 起交通负伤事故就有一起交通死亡事故。这一统计数字与海因里希的 1:29:300 法则惊人地吻合。在这里值得提出注意的是重伤或死亡事故,可能是第 1 次,也可能是第 n 次,或是第 300 次,因为这里统计的是跌倒事故,而跌在要害部位造成重伤这有随机性。无伤害或财产损失是发生伤亡事故造成财产损失的前兆,1:29:300 法则揭示了事故与伤害程度之间存在着偶然性的概率。因此,我们要重视未遂事故,对未遂事故要同样按“三不放过”原则认真处理,因为这一次虽然侥幸未受到伤害或造成财产损失,如果不吸取教训,采取有效措施,下次发生的类似事故就有可能造成伤亡或重大财产损失。所以我们要重视未遂事故,认真加以防范。此外,海因里希的 1:29:300 法则仅是对跌倒而言,对于高处坠落、触电、物体打击、溺水等事故就不是 1:29:300,也可能是 1:2:3,这要看事故的类别及其危险程度而定,例如对于触电来说危险性大,死亡率高,因而死亡与无伤害的比值就大,有的单位历年统计平均每发生 3 次触电事故就有一起死亡。这就清楚地说明了对于未遂事故绝不能等闲视之,不能因反正没有伤害和损失就万事大吉了。智者应充分运用类比推理的方法来预测今后如发生类似的未遂事故就有可能发生伤亡或财产损失,应采取相应对策措施来制止它的发生。

例如,某单位在 1986 年要从汽车上吊下一台二百多公斤重的调压器。当时,使

用的是汽车吊，捆扎使用的是钢丝绳，当起吊离车厢底板 1.5m 时，钢丝绳突然滑脱，汽车上虽有人，幸亏没有被砸到。这是一起未遂事故。对于这次事故，一位安技人员牢记在心。事隔不到一年，该单位又要将汽车上的雷达天线面阵（重达几百公斤）吊装到几米高的屋顶台座上做试验，所用设备仍为汽车吊、钢丝绳，这位安技人员在默默地进行类比推理：

1986 年发生的从汽车上吊下调压器的未遂事故

其属性有：

a. 所吊重物在 200kg 以上，从钢丝绳松弛状态起吊；

b. 使用的是汽车吊；

c. 吊索具为钢丝绳；

d. 由于钢丝绳捆扎重的金属物件不可靠，钢丝绳受力滑脱，调压器摔下来，发生未遂事故。

1987 年该单位要从汽车上将雷达天线面阵吊到几米高的屋顶台座上做试验

其属性有：

a. 所吊雷达天线面阵重达几百公斤，从钢丝绳的松弛状态起吊；

b. 使用的是汽车吊；

c. 吊索具为钢丝绳。

所以，从汽车上将雷达天线面阵吊到几米高的屋顶台座上，也有可能发生钢丝绳滑脱的事故。

而天线面阵价格昂贵，且万一摔坏就满足不了用户迫切需要，何况还极有可能造成人员被砸的伤亡事故。因此，这位安技人员就立即和师傅们一起商量对策。他们考虑采用双保险的做法来预防事故的发生，即加用足够吊起面阵的粗尼龙绳进行双保险，防止钢丝绳万一滑脱发生事故。一切准备好后开始起吊，刚一吊起钢丝绳滑脱了，靠粗壮的尼龙绳拴住徐徐地将雷达天线面阵安全地吊装到屋顶台座上。

这是类比推理方法在预防起吊作业中钢丝绳滑脱事故的成功实例。

从这个例子也可以十分清楚地看到，对未遂事故必须予以十分重视，对类比类似的情况采取切实可行的组织管理、技术、安全教育等措施可以防止事故的重复发生。

二、类比推理在预测、评价技术中的应用

“凡事预则立，不预则废”。预测在人们的社会经济活动中占有重要地位，同样，在安全生产中也占有重要的地位，对已知的过去、现在进行分析研究，找出事物的发展规律，通过定性、定量的分析评价，预测未来的可能性和发展趋势。例如，我国有的专家在 20 世纪 70~80 年代根据美国汽车肇事频繁的原因和特点，对比我国的汽车运输事业的飞速发展，道路及高速公路的建设，人们预测我国的道路交通事故亦将会大幅度上升。对此，应该及早制订对策措施以控制和减少交通事故

的发生。

1. 1953年 I. H. 谢格尔 (I. H. Sigel) 将预测分为三类

(1) 预言 不涉及所产生的根源,明确地断言某个时期后将会出现的事物,他相当准确地断言某个时期后将会发生什么。

例如,1991年夏,特大洪涝灾害袭击皖苏沪时,6月11至20日连日的暴雨使太湖水位急剧上涨,超过了警戒水位0.78m,为确保安全只有打开太浦闸泄洪,炸掉泄洪区内用于灌溉的几条蓄水塘坝,这样,大片良田的积涝将要加重;这一决策至关重要,因为若将太湖水泄放了,以后又不下雨,太湖水就会成问题;假若不泄洪,在以后的日子里继续降雨,太湖周围区域就会发生更大的水灾,损失就更大。这时,国家气象中心预报:6月底7月初,太湖流域还要再降大暴雨。以此为据,国务院防汛总指挥部于6月26日下令开启太浦闸泄洪,放了3天水后,果然大暴雨又从天而降。这一举措避免了更大的洪灾。

再如,举世闻名的“泰坦尼克”号于1912年4月10日首次开始航行驶离昆士顿,船上共有2207人(其中700名是船员)。这艘号称“永不沉没”之船全长269m、宽28.2m,排水量为4.5万吨,有20只救生艇,在横渡大西洋的第5天半夜11点40分,遇到了小山似的巨大流冰,将船体划开长达300英尺的口子,裂缝贯穿3个船舱和两间锅炉房。翌日凌晨2点15分后,锅炉发生爆炸,轮船很快沉没,共死亡1503人。可是,在14年前小说家摩根·罗伯逊在1898年所写的《“泰坦”号覆没记》中详细地预言过:被人们称作永不沉没的巨大豪华客轮“泰坦”号,全长800英尺,有24只救生艇,在4月里载满了有钱的乘客,航行在大西洋上。这艘轮船撞上流冰,沉入海底。这是一个被证实的预言实例。因此,有些专家宣称,这是预言未来的典型例子。

(2) 推测 分析过去、现在的情况,确定变化的规律和环境特点,由此来推测未来状态。

例如,类比1966年3月8日,邢台发生的6.8级地震,3月22日再次发生的7.2级强烈地震的经验,邢台地区地震的变化规律,国家地震局根据小震活动情况、地壳变形情况、地磁的变化、海平面的升高等,以及西太平洋地震带对华北的影响,华北北部长期干旱、气象异常等重要情况,中国地震工作者准确地预报了1975年2月4日19时36分在辽宁省海城和营口发生7.3级地震预报。预报发布两个半小时后,在辽宁南部的100多万人安全撤离了他们的住宅和工作地点后,7.3级地震发生了,震区为6个市10个县,房屋被毁坏508万平方米,农村民房被毁坏86.7万多间,仅有1328人死亡(多数是听到预报后不愿离开住家的老人和病人),死亡人数仅占整个灾区人口的万分之一点六,这是人类地震史上罕见的奇迹。震后,美国、新西兰、日本、罗马尼亚、前联邦德国等十多个国家的地震工作者和学术组织的成员纷纷到海城作考察取经。一位美国记者将海城地震的预报称之为“科学的奇迹”。这次海城地震几乎重演了邢台地区地震的变化规律,证实了这次类比邢台地震经验的正确性,因为

根据这两个地区的地震表明，他们所发生的地震是属于同一类型的。

(3) 规划 这也是一种有效的预测，当明确目标后，然后努力去实现。例如，我国进行的“五年计划”建设工作，许多企事业单位进行的安全目标管理等。

2. 类比推理应用于预测原理

根据人们对客观事物过去和现在的认识，加以分析、研究、实践，对事故的预测归纳出了如下预测原理。

(1) 相关原理

① 系统性 将预测的事物作为一个系统来研究，它可能还进一步分为若干子系统，本身也会是从属于另一个大系统的子系统。但系统有整体性、相关性、有序性和动态性。它有着自己固有的属性、构成系统的要素、内部结构的阶层性，以及与外部环境相互影响、协调和内部综合协调的整体性表现。若系统是稳定的，则从其过去发展到现在并延续到将来。

② 相关性 在系统中，存在的相关关系的集合，一般有系统要素之间的空间结构、排列顺序、时间序列、物料性质及数量关系、气象、地质、水文、环境因素、工艺参数、物理化学指标、信息传递、操作工艺及程序、建筑、设备、安装及维修、组织形式、管理方法、人员结构和人员素质等组成。相关因素构成了相关关系，最基本的相关关系是二元关系，二元关系可发展构成复杂的相关关系。相关性构成了事物发展、变化的基础。

③ 因果性 “有因才有果，有果必有因”，这是任何事物发展变化的一种规律。事物的原因和结果之间存在着函数一样的密切关系。如研究、分析各个事物之间的依存关系和影响程度就可以探求其变化的特征和规律，并可以预测其未来状态的发展变化趋势。事故的发生是由其原因因素造成的结果。

(2) 惯性原理 亦称慢性原理，指事物的发展状态具有一定的趋势，在其发展的各个阶段具有连续性和稳定性，由此可预测未来的发展状况。按此原理在进行预测时应注意下述两点。

① 惯性越大，则对预测的事物影响也越大；反之，则影响越小。

② 一个系统的惯性是这个系统内的各个内部因素之间的相互联系、相互影响，并按着一定的规律进行变化发展的一种状态趋势。因此，只要当系统是稳定的，受外部环境和内部因素的影响产生的变化较小时，该系统所表现的惯性发展趋势和预测结果才基本符合实际。但是，绝对稳定的系统是没有的，这就需要对系统的预测进行修正，亦即对系统偏离的方面及其程度所造成的偏离现象进行修正。

(3) 类推原理 根据观察的样本，对预测事物的各种属性、结构、变化情况，

提出固定的模型，应用样本估计整体的模型，然后应用整体的模型结合惯性原理，对事物的未来进行预测。

例如，人们以北京古建筑的雷击火灾为样本来分析研究过全国古建筑发生雷击火灾的情况，它有如下的属性和造成雷击火灾的模式：

北京遭受雷击火灾破坏的有天安门、故宫三大殿、天坛祈年殿、钟楼、鼓楼、正阳门、德胜门、白塔寺、十三陵陵恩殿等，有的几次遭受雷击，这是古建筑所遭受到的最大灾难。

因为它们有属性：

a. 古建筑通常建在空旷平坦之地，且比较高（一般均在海拔 45m 以上），在高层建筑兴造之前，犹如鹤立鸡群；当雷雨时，空中雷云所带电荷在地面上感应出与雷云相反的电荷，并吸引地面上的相反电荷，相反的电荷立即集中在高出的建筑物上，发生放电雷击。

b. 古建筑通常种植松柏等树木点缀，时间一长，这些树木长的比较高大，有的甚至超过古建筑的高度，雷雨时，淋湿的树木成为导体，极易接闪，从而常常祸及古建筑造成雷击火灾。

c. 从古建筑的结构来看，它通常由砖石砌成基座，在基座上为上架（梁、檩）、下架（柱、枋）、斗拱组成的大木结构，屋顶则为泥背或锡背，最上层为琉璃瓦，发生雷雨时，屋顶接闪后，由于中间结构层的大木结构不导电，雷电无法从接闪部位传入地下，瞬间放出功率巨大的电流，引起木结构起火，造成火灾。这是古建筑的不安全之处。

国内的其他古建筑，其属性基本上与北京古建筑一致。

- a. 高大（一般都在 40m 以上）、周围平坦空旷，犹如鹤立鸡群；
- b. 古建筑种植着松、柏、银杏等高大树木；
- c. 建筑由基座、大木结构、屋顶组成。

所以，针对古建筑不安全因素如不加设防雷装置，采取相应有力的消防措施，古建筑群的雷击火灾还会重复发生。

(4) 客观原理 即对预测对象要客观地、实事求是地进行仔细分析、研究。在分析研究时，不夸大、隐瞒事实情况，不虚报统计数字。

(5) 观察原理 即对预测对象及其有关方面与样本要从过去到现在大量地、全面地进行仔细观察、分析、比较、研究。

(6) 从量变到质变原理 任何一个事物在其发展变化过程中都存在着从量变到质变的规律。如噪声超过 90dB (A) 将会损害人体健康，粉尘、有毒物质超过一定浓度和一定的接触时间将会引起职业病或急性中毒，易燃易爆物质的浓度超过一定浓度范围就容易发生燃烧、爆炸等。这些就从无害的量变到了有害的质变。

三、应用与安全评价

类比推理在安全评价中既是一个重要原理（评价原理有相关原理、系统原理、类推原理、概率推断原理、惯性原理、从量变到质变原理），也是一个重要的方法，尤其是用它来推算所缺的资料、数据，方法有如下几种。

(1) 平衡推算法 它是根据相互依存的平衡关系来推算所缺的有关资料、数据的一种方法。

(2) 代替推算法 它是利用具有密切联系的相关资料、数据来代替所缺少的资料、数据的一种推算方法。

(3) 因素推算法 它是根据指标之间的因素相互联系，从已知因素的数值来推算有关未知因素数值的推算方法。

(4) 抽样和典型推算法 它是根据抽样调查或典型调查资料推算总体特征的一种方法。

(5) 比例推算法 它是根据所研究对象的内在联系从一个时期、地区、部门和单位的实际比例推算另一类似时期、地区、部门和单位有关指标的一种推算方法。

第四节 模型方法

一、模型方法概述

“模型方法”也称“模拟方法”、“仿真方法”。它既是一种实验方法，也是一种与类比法相近的方法。在科学领域及工程技术、安全技术等研究、实验中，常常受到客观条件的限制（如压力容器爆炸、蒸气爆炸、BLEVE 爆炸、罐区的池火火灾、火山爆发，要进行直接实验是不太可能的，宇宙飞船要在地球上实现无重力场等都很困难），不能对某些自然现象（如生命的起源、生物的进化、地壳的变化、地震等）或大型工程（如新研究设计的船舶、飞机、宇宙飞船、桥梁、核电站等）进行直接试验，人们只能通过设计、制造出与某自然现象、过程或工程（称为原型）相似的模型，在实验室中进行试验，间接地来研究原型的形态、特点、性能和规律。这种方法就称为模型方法。由模型向原型推断的模拟方法用公式表示，则为：

试验模型 有 $P_1、P_2、\dots、P_m、P_n$ ；

研究原型 有 $P_1、P_2、\dots、P_m$ ；

所以，研究原型也具有 $P_n (n > m)$ 。

例如，美国的航空母舰 *Essex* 号在建成服役一个时期后，由于航空母舰在破浪前进时，受到海上大风大浪的冲击，会产生纵向前后颠簸，尤其严重的是当船头插入水中之时，冲击力更大。因此，这艘航空母舰的构件发生了破坏。为此，美国海军部门为了要找出答案，就由有关单位制作了将总体分成九个部分用弹性梁连接在一起的船模（如图 6-1 所示），研究航空母舰在大海中航行时的振动问题，以找出构件受到损坏的原因，采取措施防止构件受到破坏，并得出规律性的数据、资料以指导其他舰船的设计与制造。

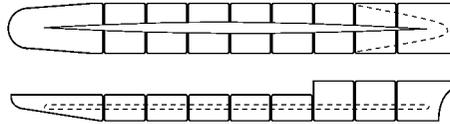


图 6-1 航母 *Essex* 号模型

模型方法是人类创造性思维的一个不可缺少的组成部分，是人类所特有的想像能力的创造性运用，是一种逻辑工具，也是科学发现和工程技术进行研究设计以及安全领域中的重要手段。

例如，颤振曾是空气动力学中的一个难题，由于飞机的机翼在高速飞行中会产生颤振现象（一种有害的振动），飞行越快，机翼的颤振越强烈，甚至造成机翼折断，发生机毁人亡的空难悲剧。为了克服在高速飞行时飞机机翼产生的颤振问题，开始，很多科学家和试验人员做过多种尝试，虽经过长时间的努力，花费了很大的精力、经费和时间进行研究试验，但还是没有找到解决它的办法。后来，在观察蜻蜓飞行时，从它的翅膀上获得了灵感，蜻蜓之所以能够灵活自如地有效控制翅膀的颤振，原来在它的半透明翅膀的末端前缘有一块加厚的色素斑（称为“翅痣”或称“翼眼”），这就是蜻蜓在快速飞行时不受颤振困扰的原因所在，因为翅痣有着很好的消振功能。这是这种昆虫经过长期的进化，在三亿年前就获得的一种功能，如果将翅痣去掉，蜻蜓飞行时就变得荡来荡去。实验证明蜻蜓翅痣的角质组织使蜻蜓飞行时消除了颤振。于是，人们就模仿蜻蜓，也在飞机机翼末端的前缘装上了类似的加厚区，以便消除颤振。果然，颤振现象竟奇迹地被克服了。这就是从飞机的高速飞行时机翼产生颤振，使机翼折断造成空难而进行的一种创造性思维，是通过对蜻蜓的翼眼采用仿生的模拟方法克服空气动力学中颤振难题的实际例子，由此而产生的空难也就无影无踪了。

二、模型方法的发展过程

模型方法的发展过程经历了三个阶段。

1. 第一个阶段为直观模仿和仿制方法阶段，表现为对自然物的某些功能的简单模仿及对简单工具的仿制

例如，我国五千多年前黄帝打败蚩尤时，遇浓雾而被迫停下追杀，眼看敌人要逃

脱，在心烦外出散步时发现飞蓬草的种子，许多小圆圈随风迅速滚动。这启发了黄帝，于是便下令部下按此设计制造车轮，再加上车身，就这样成功地制造了世界上第一辆车子，迅速追赶敌人，终于抓住了蚩尤。这就是中国古书记载的“见飞蓬转而知为车”的最早模仿生物的例子。再如，人类模仿鱼的形体制造船，以木浆仿鳍、以橹和舵代鱼尾；模仿鲸鱼的胸鳍在舰船侧装上船鳍减轻船的摇摆，增加稳定性并将部分波浪变成推进力；美国的“飞鱼号”核潜艇就是模仿鲔鱼的形体建造的，它不但增大了机动性，而且航速也大大提高了。模仿田鼠、松鼠的牙齿构造，设计制造了自动磨刃刀具。模仿蛋壳（在含钙质的蛋壳里面结合有一层带弹性的壳膜，形成一种预应力结构）、乌龟壳（2mm厚的龟壳能抗住一个成年人的体重压力），人们设计了各种各样的薄壳建筑物（如北京火车站大厅的屋顶），没有柱子、跨度大、材料省、牢固、外形美观。在两千多年前的秦汉时期，我国模仿鸟发明了风筝，用于军事；春秋战国时期的公输般制造了能飞的木鸟；唐代韩志和“善雕木作鸾、鹤、鸦、鹊之状，饮啄动静与真无异，以关戾置于腹内，发之则凌云奋飞，可高达三丈至一二百步外”；王莽时代，为了要在敌营进行侦察，有人在身上装了一对大鸟的翅膀，头和身上插上大鸟的羽毛，在空中滑翔了几百步远；借鉴鸟类，明代发明了一种叫“神火飞鸦”的武器；15世纪，德国天文学家制造了一只铁苍蝇和机械鹰进行飞行表演；1800年左右，英国的科学家凯利（空气动力学创始人之一），模仿鲔鱼和山鹬的纺锤形，找到了阻力小的流线型结构，而且还模仿鸟翼设计了一种机翼曲线，与现代飞机机翼面的曲线几乎完全相同；100多年前，美国的威尔伯·莱特和奥维尔·莱特这对年轻的兄弟模仿老鹰的飞行，制造了“飞行者号”（用帆布和轻质木材制成了机翼、机身和机尾，采用12kW轻便汽油内燃机作为螺旋桨动力），于1903年12月17日上午，在空中飞行了12s，飞行了40m，第一次在人类历史上实现了载人在空中飞行，莱特兄弟也被世人誉为“航空之父”。诸如此类，不胜枚举。还值得提出的，在安全生产上也应用着很多“仿真方法”，如为了减少和防止核辐射，使用机械手或机器人；为了防止油漆的苯中毒及提高工作效率和减轻劳动强度，如汽车行业等采用机器人喷漆；过去，在监测有毒物质的仪器不发达时，在进入下水道、枯井、菜窖、古墓、容器（特别是化工容器）之前，要采用吊入如十姐妹、鸡、鸭等小动物来观察，以大致判断是否缺氧或有毒气体（如硫化氢等），防止造成人员中毒窒息伤亡等。

2. 第二阶段为模拟实验方法阶段

它以相似理论为基本原理，科学实验为基础，将模拟实验的结果推广应用到原型中去。

① 例如，在第一次世界大战期间，出于军事上的需要开始设计制造潜水艇，原始的潜艇是先在艇中装上石块或铅块使之下沉，要浮出水面时再将重物抛掉；后来采用浮箱交替充水、排水的方法实现沉浮，这与鱼用鱼鳔中的气体（鳔中的气体是氧、二氧化碳和氮的混合物）的数量调节来促使鱼体的自由沉浮十分相似，不过鱼鳔的作用更巧妙、更简单。人们在研究舰船的航行速度时，研究了鲔鱼，发现在长期进化的

过程中，鲑鱼获得了在水中运动的有利体型，其身长与厚度之比为 3.6（相对厚度为身长的 28%），将它安放在风洞中进行试验，发现：若相对厚度小于 28% 时，摩擦阻力的增加大于形状阻力的减少；而相对厚度大于 28% 时，虽摩擦阻力减少但形状阻力增加得很快，难怪美国的“飞鱼号”核潜艇是模仿鲑鱼（游速可达 90km/h）的体型建造的。

② 潜艇在水下航行时会产生大量的湍流和漩涡，形成巨大的阻力，螺旋桨约 90% 的推力是用来克服这种阻力。海豚在海洋中是个游泳能手，时速可达 70km，能突然停下来，能在几秒钟之内从低速提高到全速，可以一连几天以每小时 60km 的速度游动，这是潜艇和军舰所望尘莫及的。为此，曾有人作了一个与海豚外形、尺寸完全一样的钢质海豚模型，用相等的游动力在水中牵引，实验结果证明，模型的航速要比真海豚慢很多。1956 年，德国空气动力学家克莱默开始观察、试验、研究海豚的皮肤结构，发现：海豚的皮肤由三层组成，表皮层薄而富有弹性，并具有疏水性；真皮层上有许多突起的小乳头，运动时能承受很大的压力；由胶质和弹性纤维交错组成的脂质层，中间充满了脂肪。所以，海豚的皮肤在水的压力下能随意地改变形状，有效地防止产生涡流，极好地降低水中的阻力；而表皮能消去由层流变成湍流的振动，并使水分子成环状在皮上滚动（滚动摩擦力很小）。1960 年，克莱默模拟海豚的皮肤制造出了橡胶人造海豚皮（片流膜），也有三层组成，分别为表皮、橡胶乳头（乳头中间充满了黏滞的硅树脂液体）、背衬材料，将它贴在航行的船舶上时，既能起到消振作用，还可使涡流消失，减少阻力和摩擦力。如果将它装在潜艇上可使湍流减少 50% 左右，大大提高其航速；将它包在鱼雷上，也能减少 50% 的阻力，提高一倍速度。

③ 在马达加斯加岛和非洲等一些地方有一种叫避役（又名变色龙）的树栖爬行动物，当遇到敌害时它会吸入大量空气将肚子胀得鼓鼓的，以吓退敌人。更重要的方式是改变体色，在绿色的树上呈绿色，在黑暗或过热的环境下变成与木头遮荫处颜色差不多的淡色，伏在岩石上呈灰色，在受惊、发怒或暴露于强光、寒冷环境中随机应变地变成蓝绿色、黑色或紫色，因而可使敌人“视而不见”难以辨识。经过研究试验，发现变色龙的变色的功能在皮肤上。它的皮肤有四层，由外到里分别为含黄色素细胞及少量含有红色素细胞的表层，能反射蓝光的第二层，能反射白光的第三层，最里面一层是含有黑色素的细胞，并有长管通过前面三层而达到表面。在不同的环境、光线、温度下，这四层细胞就随机调配变色。在生物的这种变色启迪下，人们模仿它们的变色成功地研制、生产出了一种含有 10% 的卤化银微晶及微量稀有金属铯和铷的变色玻璃。这种玻璃在没有阳光照射下为浅色，当受到紫外线照射时变成深色，所以人们常常戴上这种变色镜来保护眼睛。在飞机、机车、汽车、建筑上也常用这种变色玻璃来自动调节太阳光的强弱，以使人们觉得舒适，保护眼睛避免发生事故。在军事上，使用这种变色镜可以防止核闪光及激光对眼睛的伤害，试验结果表明：有种变色玻璃在核闪光的瞬间会立即改变颜色，使原来 80% 的透光率降低到 0.04%。

3. 第三阶段为功能模拟及智能模拟阶段

在这一阶段能再展现现实生活的复杂过程及对复杂系统各种发展的可能性进行

系统模拟，借助电子计算机将模拟方法发展到系统仿真技术（系统模拟）的新水平，预测人类在各个领域及其所构成的整体的远景。

例如，人类一直幻想着要制造机器人来减轻自己的劳动。传说春秋战国时期的公输般曾制造了一个“机关备具”能行走并能驾驭“木车马”的机器人，可谓世界上第一个机器人。随着科学及生产技术的发展，如高温、低温、高压、高真空技术的应用，以及易燃易爆、有毒有害、放射性物质的生产制造和应用，深海、宇宙探测等危险、危害作业条件的出现，迫切需要机器人来代替人的操作。因此，各种用途的机器人像雨后春笋般地出现，如1966年，美国一架军用飞机在地中海上空失事，氢弹也随之掉入地中海，就由曾经37次沉入几百米的海底打捞武器的体重达一吨的机器人将氢弹打捞上来。这个机器人装有两个能在水中保持平衡的平衡箱，它的水中行进由身后的螺旋桨完成，装有摄像机、声波探测器、位置定位器、信号灯等各种仪器构成了眼、耳等感觉器官，强大的手可以拿取几吨重的物品，机器人在海底看到的一切事物都可以反映到控制船的工业电视屏上，工作人员通过电子计算机对机器人进行监控。日本设计制造了可以灭火的机器人，它的眼睛是红外线立体摄像机，头上装有温度计、照明灯和一门高压水枪。日本制造了会走路、看书、写字、听、说话的机器人，能认识自己的主人，主人不在家时能熟练地料理各种家务。现在，根据大脑指令电流产生动作的肌电手和肌电腿已经成功地应用于断手、断肢人身上，加上新假肢用的是高分子材料，几乎可以乱真，已与真手、真腿没有什么差别了。而且，盲人只要戴上一双电子眼（比普通眼镜稍大），黑暗世界迅速呈现一片光明，五彩缤纷的自然景物呈现在眼前；耳聋人戴上电子耳可以恢复听觉；哑巴装上电子喉可以说话了。所以，在自动化科学技术高度发达的时代，系统功能及智能模拟将达到更新的水平，可以预测到人类认识和控制自然的本领将大大加强。

三、模型、模型方法的分类及其优点

（一）模型及其分类

1. 模型

“模型”一词源于拉丁文“modius”，原为样本、标准、尺度等意思。现在，它的内涵已大大地拓宽了。其含义如下。

① 指原型的复制品或样本，常见的是原型外形、结构特征按几何相似制作的模型。用于作原型的象征或标志，如高层建筑模型、飞机模型等；更重要的是用它来代替原型进行试验，如建造飞机模型进行风洞试验、建造船模进行水池试验等，用它来测定有关性能。

② 指按事物的形态或根据事物的结构、功能、特性、运动规律制造的相似实物模型，如模拟人的功能的机器人，模仿蜂窝结构的具有很好隔声、隔热性能的空

心蜂窝夹层结构等。

③ 指思想模型，如力学中的“刚体”、热学中的“绝热系统”、数学中没有长度的“点”等。

模型是人们对客观现实世界的某种实体由想像和抽象出来的一种简化了的映像。

例如，1829年法国的科学家柯西（Cauchy）用模型进行梁和板的振动实验；弗鲁德（Fraude）在1869年制作过船模进行水池实验；雷诺（Reynold）在1883年使用模型对管中的流体进行实验；莱特兄弟用最初建造的风洞对飞机机翼进行了实验；根据水母触手（很好的谐振器）接触到次声波（频率低于每秒20次）发生共振冲击小球使水母能听到正要来临的风暴声而制作的仿生模拟器（水母耳风暴预测器）……

这些都是人们根据现实世界的某一实体由想像和抽象的一种简化映像，在长度、体积、压力、时间、力、速度、温度、电流、电压、频率等方面相似缩小或扩大了简化的模型装置，舍去了某些不必要的东西并对客观实体的结构、功能等加以保持、简化，在模型与原型间建立起完善、可靠的联系，从模型实验得出与原型一致的结果。

2. 模型的分类

通常将模型分为物理模型（物质模型）和思想模型（概念模型）两类。

（1）物理模型（物质模型） 物理模型是以原型结构、功能、特性等按相似建构的一种物质模型。往往模型与原型除了几何相似外，像时间、力、速度、密度、黏度等也都必须保持它们之间的物理量关系，这样的模型有进行风洞试验的飞机模型、进行水池试验的船模等。

（2）思想模型（概念模型） 思想模型是根据人的抽象思维能力和想像力按原型的结构、功能、特性等采用语言、图像、数学方程、图表、符号等来表征与原型相似的量纲、形式关系及各种变量变化规律的表现形式。

例如，原子结构模型、苯分子的六角环形结构式等。在安全工程中，也有不少模型，如多米诺骨牌事故模型，可简述如下：

伤亡事故的发生，按因果顺序有社会环境和管理欠缺（ A_1 ）；促成人为的过失（ A_2 ）；人为过失进一步造成了不安全行为或机械、物质危害（ A_3 ）；后者又促成了意外事件（ A_4 ，包括未遂事故）；并由此产生人身伤亡事故（ A_5 ）等五个因素（见图6-2）。

在意外事件及伤害事故发生前，安全工作应着眼于环境内机械等物的危害和人的不安全行为，应着重于顺序的中心，即设法消除人的不安全动作（ A_3 ），如违章作业、违章指挥、违反劳动纪律，使骨牌顺序倒下去（即发生伤亡事故）；如在 A_3 中断，亦

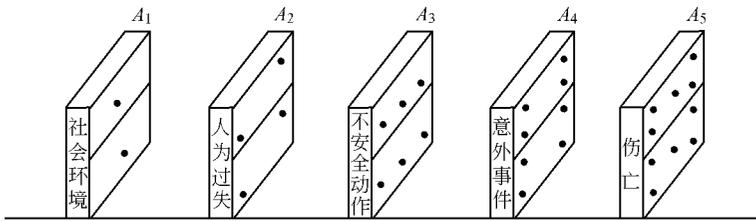


图 6-2 产生伤亡事故五类因素

即如果移走一枚骨牌 (A_3)，则随机事件就变为不可能发生，如图 6-3 所示。

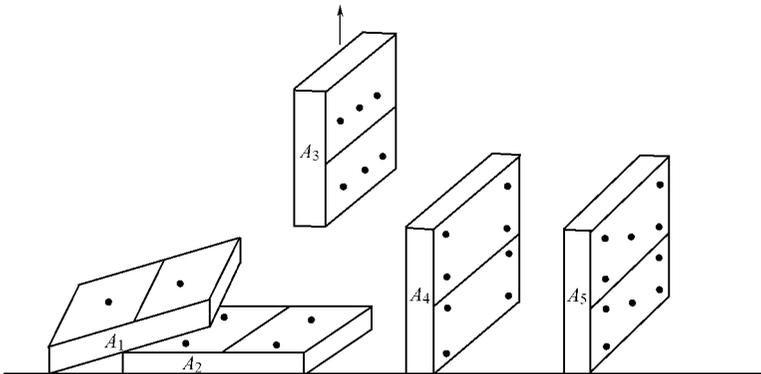


图 6-3 消除中央因素使骨牌倾倒中断，前级因素就失去作用

所以，安全管理工作的重点应是消除物的不安全状态和人的不安全行为，而人的不安全行为往往是发生事故的直接原因，这是安全管理的中心。

再如，风险分析中风险评价模型：基本事件 → 初始事件 → 后果 → 损失 → 费用

此外，随着科学和工程技术的发展以及电子计算机的出现、发展，由常数、参数、变量组成的函数关系构成的数学模型也越来越普遍和广泛使用。它是在观察、实验数据和科学理论（或假说）的基础上用各种数学符号的组合来反映客观自然过程和状态的数学结构，客观地从现实原型抽象出来反映事物本质和规律的理想化和简单化的科学抽象形式。如决策模型、规划模型（主要是线性规划）、网络模型、排除模型等。它又须具备以下条件：

- ① 既是合理简化的，又要能反映现实原型的本质特征；
- ② 要能对所研究的问题进行理论分析、逻辑推导，得出确定的解；
- ③ 所求得的结果能回到具体研究对象中去解决实际问题。

数学模型大致可以分为两类。

- ① 描述客体必然现象的确定性模型，如代数方程、微分方程、积分方程等；

② 描述客体或自然现象的随机性模型，如大量分子、原子、电子运动的统计规律，安全评价计算公式。

例如，万有引力定律的数学模型表达为：

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

在工业过程中，常采用表示系统内各装置特性的数学模型（物料平衡、热量平衡、热力学平衡和设备设计方程等）以及用表示各装置间结合关系的数学式来表示过程的系统特性及安全、卫生状态。

例如，美国道化学公司自 1964 年提出了以物质指数作为系统安全工程的评价方法以来，几经改进完善，于 1993 年推出了第七版，其数学模型为一组计算公式：

火灾爆炸指数 $F \& EI =$ 工艺单元危险系数 (F_3) \times 物质系数 (MF)

$F_3 =$ 一般工艺危险系数 (F_1) \times 特殊工艺危险系数 (F_2)

基本最大可能财产损失 = 暴露区域面积 \times 暴露区域财产价值

实际最大可能财产损失 = 基本最大可能财产损失 \times 安全措施补偿系数

安全措施补偿系数 = 工艺控制补偿系数 (C_1) \times

物质隔离补偿系数 (C_2) \times 消防设施补偿系数 (C_3)

停产损失 (BI) = [最大可能停工天数 ($MPDO$)/30] \times 每月产值 (VPM) \times 0.7

$F \& EI$ 及危险等级见表 6-2。

表 6-2 $F \& EI$ 及危险等级

$F \& EI$ 值	1~60	61~96	97~127	128~158	>158
危险等级	最轻	较轻	中等	很大	非常大

英国帝国化学公司蒙德部在 1974 年提出的“火灾、爆炸、毒性指数评价法”的一套数学模型为：

$$D = B \left(1 + \frac{M}{100} \right) \left(1 + \frac{P}{100} \right) \left(1 + \frac{S+Q+L}{100} + \frac{T}{400} \right)$$

$$R_1 = D_1 \left(1 + \frac{\sqrt{F_1 U_1 E_1 A_1}}{10^3} \right)$$

$$R_2 = R_1 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6$$

我国原机械工业部 1997 年公布的机械工厂危险等级划分及计算数学模型为：

$$T = \frac{N_I C_I + N_{II} C_{II} + N_{III} C_{III}}{18}$$

若 $T > 23$ 时，高度危险； $13 \leq T \leq 23$ 时，中度危险； $T < 13$ 时，低度危险。

式中的 C_I 、 C_{II} 、 C_{III} 分别表示 I、II、III 类危险容量的指数， $C_I = 10$ 、 $C_{II} = 20$ 、 $C_{III} = 30$ ； N_I 、 N_{II} 、 N_{III} 分别表示 I、II、III 类危险容量存在状态的次数。

(二) 模型方法的分类

模拟方法的实质是类比，因此按类比的形式可分为以下两类。

① 由自然原型向技术模型推断的类比形式，用公式表示则为：

自然原型有 $a、b、c、d$ ；

技术模型有 $a、b、c$ ；

所以，技术模型也具有 d 。

例如，对于飞机来说，重量必须“斤斤计较”，因此，人们模仿蜂窝结构制造蜂窝夹层结构应用于航空及建筑等方面，可简明表述如下。

蜂窝结构有下列属性：

- a. 采用轻质材料制造六角柱状体、菱形面交角结构；
- b. 用料省、质轻；
- c. 容量大、强度高、结构性能好。

蜂窝夹层结构有：

- a. 采用轻质材料如铝合金、钛合金、塑料等制造有两块板夹着的菱形面、六角柱状体蜂窝夹层结构；
- b. 用料省、质轻。

所以，它也具有容量大、强度高、结构性能好。

事实上，空心蜂窝状夹层结构除了质量轻、强度大外，还具有不易变形、有隔声隔热的性能。它不但用在飞机、建筑业上，而且用石棉或陶瓷来作蜂窝夹层结构的材料因其可以耐一千摄氏度的高温可用来制造导弹壳体。

上述模拟是基于下述事实：人们发现蜜蜂是一个天才的建筑师，进而去模仿它。在18世纪，英国的一艘军舰遇风暴在离海岸不远的地方沉没，在调查事故时得出的结论是：由于对数表印刷上的错误造成了军舰结构设计、计算的错误，致使军舰在暴风雨中沉没。这件事却使当时的数学家克尼格大吃一惊，因为他帮助物理学家列奥缪拉计算：用多大角度的菱形面组成六角柱体的蜂窝结构用料最省，容积最大时所使用的对数表正是这个版本。当时，克尼格计算的结果是：锐角为 $70^{\circ}34'$ 、钝角为 $109^{\circ}26'$ 。这与以前法国的马拉尔琪精确测算的结果：每个蜂窝底的三个菱形面的大小均是锐角为 $70^{\circ}32'$ ，钝角为 $109^{\circ}28'$ ，相差 $2'$ 。为此，苏格兰数学家马克洛林曾对他指出过：理论数值应该正好是马拉尔琪的测算值，并与之争论。海难发生后，数学家克尼格由按正确的对数表进行了计算，结果与马拉尔琪的测算值完全一致。这件事轰动了整个数学界，后来，为减轻飞机重量人们纷纷模拟蜂窝的结构进行设计。

② 由试验模型向研制原型推断的类比推理，用公式表示则为：

试验模型有 $a、b、c、d$ ；

研制原型有 $a、b、c$ ；

所以，研制原型也具有 d 。

例如，在丹麦的哥本哈根北部的丹麦消防学院建立了一座专门用来作为消防训练的模拟城，城市有 500 多座建筑物，按实际建筑的 1:100 来建造的，其规模相当于丹麦的一个中等城市，有市中心、工业区、居住区、油港、化工厂、机场等设施。在城内的消防站和消防器材也是按 1:100 来建造的。这座模拟城专供丹麦消防学院的学员进行技术训练，来研究、练习发生实际火灾时的实地扑救技术和经验。

（三）模型方法的优点

模型及模型方法在认识事物，研究自然现象的机理，模仿生物系统的原理来构造技术系统以及建立预测模型去模拟一种现象，用改变参数的方法去预测未来发展状况等，具有许多优越的品性。

① 可以将难处理的现象变成容易处理的形式，突破时间、空间的障碍和人类感官的界限，再现实体的内在机制、微观、宏观现象，对事过境迁的自然现象进行实验研究，而且耗资少。许多天文现象和天体物理学中的许多发现和规律的研究常常借助于模型和模型方法。

例如，突破人类感官界限的典型模拟技术是电子警犬，狗的嗅觉要比人灵敏一百万倍以上，能感觉二百万种物体不同浓度的气味，在一亿个气体分子中，只要含有 3~4 个脂肪酸分子（人出汗时留在帽、鞋、衣服、脚印或散发到空气中）就能把它嗅出来，经过训练后能准确地判断每个人不同气味的脂肪酸分子。对于狗鼻子的这种内在机制，嗅觉的微观性，只有用模型和模型方法进行实验、判断，由此模仿的电子警犬要比狗的嗅觉灵敏一千倍，识别脂肪酸分子达到单分子水平，能分辨各种气体的气味。用电子警犬可用于侦缉犯罪分子，寻找地雷和陷阱，发现水下敌人；在安全生产中用途也十分大，如在化工厂可用来监测过氯乙烯等有毒有害物质是否泄漏，检测汽油库，检查有毒有害气体的输送管道是否漏气，监测矿井里的瓦斯浓度如何，仓库里的包装是否破损，物质是否渗漏或溢出，容器内是否还残留有毒有害物质等。

② 可以简化研究对象，进行放大或缩小，使研究对象在短时间内重复出现，易于理解，便于观察研究。

例如，利用爆炸时所产生的强大压力，将金属板放在冲模里进行爆炸成型，这是一个很好的冲压工艺，所需设备简单、成型快（成型速度有时达 200~300m/s，一般压力加工成型速度为 0.3~1.5m/s）。但是，要求出它的最佳成型工艺条件比较复杂、困难，如果用模型方法进行试验来求解其工艺条件则方便得多了，这时就需要将冲模、要成型的金属板厚度、炸药量及其形状和位置等按几何相似的比例进行缩小。

③ 应用模型方法进行科学研究、工程技术设计，研制周期可以大大缩短，并且可以节约资金、提高效率。

例如，1967 年通车的横跨加拿大大陆的高速公路中的一座 Longs Creek 吊桥（全长 333m，桥墩间距 217m），在通车几星期后测出：当风速为 40~48km/h 时，大桥产生 0.6Hz 的纵振动，桥中央振幅达 10cm，在桥的两侧栏杆被雪堵塞时，桥中央最大

振幅高达 20cm，但没有发现有扭转振动现象。很明显，这是由空气动力所造成的。为此，需要解决大桥的振动问题。于是，按桥的一部分的 1:30 比例、质量与长度的三次方成比例（按相似法则）、风速亦按相似法则设立，频率为 0.6Hz 进行风洞试验，模型的振动衰减以电磁方式进行，约束模型使之只有纵向振动，改变截面进行实验结果是：如在桥的两侧面安装 3m 长的流线型罩，在桥的底面安装拱腹板，就不会发生振动。吊桥、模型、模型试验纵向振幅曲线见图 6-4 (a)、(b)、(c)。按模型试验结果对吊桥进行了改造，结果吊桥确实没有发生振动。

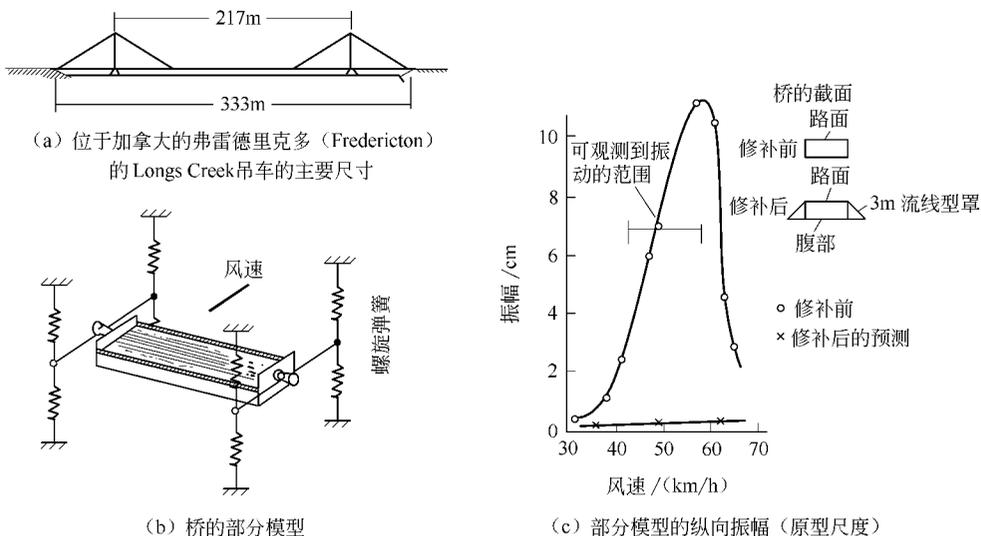


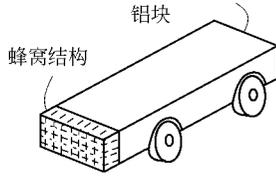
图 6-4 加拿大 Longs Creek 吊桥模型试验及结果

这个例子很清楚地说明了应用模型方法投入的资金少，研制周期短、效率高。

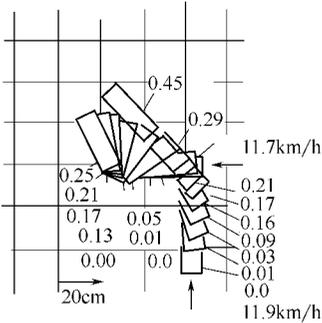
④ 应用模型方法可以使所研究的问题趋利避害。

例如，要对森林火灾或化工容器爆炸进行实物试验是危险的，代价也大，实际上是不可取的，只有按相似法则建构模型进行实验来解决。再如，由汽车碰撞产生的交通事故令人触目惊心，但是两辆车子相撞只是一瞬间的事，只有 0.1~0.2s 左右，碰撞后两辆车子边运动边滑行也只有几秒的时间，在这极短的时间里蕴藏着许多宝贵的信息，这对汽车设计制造、马路、桥桁、路标等设计有着很重要的意义，为了得到这些资料必须使事故再现，用人来参加实验是不合适的，需要采用别的方法。美国在 20 世纪 60 年代采用模型方法进行实验，做了大量的工作。其中一个实验是：以美国普通轿车 (Chevrolet) 平均大小的 1/16，作为主要尺寸；将总长、宽、轮轴距、重心的位置、绕重心的旋转半径、轮胎的直径按比例缩小，车身为铝块（前后轮位置与原型成相同比例）；考虑到轮胎与地面的摩擦系数，应使模型的压力与原型相等，故模型重量为原型的 $(1/16)^2$ ；为了保证车体间的摩擦系数 $f=0.5$ ，在碰撞面上粘贴了用

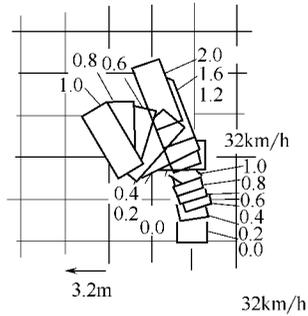
纸做的蜂窝结构，见图 6-5 (a)。为了使实验和轮胎与地面的摩擦系数 $f=0.6$ 大致相同，模型实验平台进行了表面处理。试验结果：碰撞后模型的运动轨迹与原型的轨迹完全一致，见图 6-5 (b)、(c)。



(a) 模型汽车



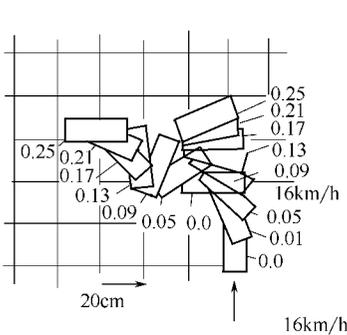
模型的运动



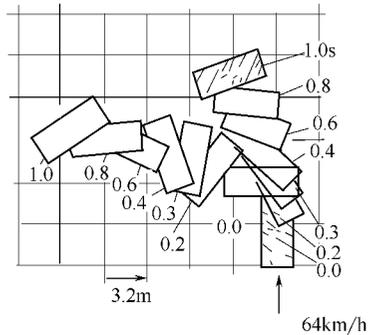
原型的运动

(b) 碰撞后汽车的轨迹

(碰撞发生在两辆汽车成直角，一辆撞冲另一辆的后方侧面，碰撞前的速度，两车都用原型尺度，为 33km/h)



模型的运动



原型的运动

(c) 碰撞后汽车的轨迹

(碰撞发生在两辆汽车成直角，一辆撞冲另一辆的后方侧面，碰撞前的速度，两车都用原型尺度，为 64km/h)

图 6-5 汽车碰撞模型试验

⑤ 易操作和控制，一些参数的变化比在实际中去改变它们更为容易。

⑥ 敏感度高，可显示出哪些因素对原型系统影响更大，这样可不断进行变化、改进，便于寻求符合现实特性的模型，以此指导建立现实系统，并使之达到最优目的。

例如，使用道化学法、ICI 蒙德法对新建的易燃易爆有毒石油化工企业进行劳动安全卫生预评价时，这一优点可以明显地显示出来。

四、模型方法在安全生产中的应用

① 对一些新型的工程设计，建立模型，进行试验，研究其结构、功能、特性是否符合要求，避免失误，防止事故的发生。

例如，设计新型的飞机必须要进行风洞试验；设计新型的船舶必须要建造船模进行水池试验，模仿自然条件进行兴波、拖曳等适航性试验，研究流体力学性能、结构、强度、阻力（船舶在航行时水的黏性阻力、兴波阻力、空气对船露出水面部分的阻力）。就拿船舶来说，由于未进行船模试验，在造好下水航行时发生断裂、沉船事故的案例也是不少的。

② 对新建、改建、扩建工程项目中危险性大、危害性大的一些工程在初步设计前应用评价模式进行劳动安全卫生预评价。分析、评价其危险危害程度、等级，并提出相应的对策措施来控制、消除各种危险有害因素，实现建设项目系统的安全、卫生，保护财产，保护劳动者的安全和健康。其评价模式如英国帝国化学公司蒙德部提出的“火灾、爆炸、毒性指标评价法”，美国道化学公司的“火灾、爆炸危险指数评价法”（1993年推出了更臻完善、更趋成熟的第7版），美国 K. J. 格鲁厄姆（Kenneth J. Graham）和金尼（Gilbert F. Kinney）提出的评价作业条件危险性的方法（其数学模型为 $P = LEC$ ，式中 P 为作业条件的危险性； L 为事故或危险事件发生的可能性； E 为暴露于危险环境的频率； C 为发生事故或危险事件的可能结果）等。或者应用诸如上述一些模式对现有危险性和危害性大的系统进行现状安全评价。

③ 应用模拟方法对已发生的事故进行分析，查找原因。

例如，1984年11月，××煤气站工作人员在大转盘上向液化气罐灌装液化石油气过程中，因一灌枪位置没有放正，造成了液化石油气由灌枪口向外喷射，于是就用手去扶正灌枪。顷刻间灌枪部位出现了火团，接着就是爆炸。对于这一爆炸事故，经初步调查分析，认为起火爆炸的原因是由于摩擦产生了静电，发生静电放电产生火花，引起燃烧，继而发生爆炸。这一假设究竟对不对呢？需要通过模拟试验予以证实。工作是这样进行的：用 50kg 钢瓶模拟正常灌装的操作条件，灌枪液化气出口的

速度为每秒 12m，并将灌枪不接地半秒钟（在操作过程中完全可能存在），测得 33~40kV 的电位和 5.45~8.0mJ 的放电量。这就足以引爆在爆炸极限范围内的液化石油气。而事故发生前，灌枪口向外喷射液化气，造成了液化气在灌枪部位处于爆炸极限范围内，而造成的静电在其放电时产生的能量导致了爆炸。由此，该站制定了有力措施，为防止重复事故的发生及其他液化气灌装站提供了一个很好的经验教训。

再如，1994 年 8 月 10 日，江西省宜春市洪塘乡花炮二厂发生爆炸事故，5 名女工穿着的化纤衣服着火，跳入沟渠污水中，救出后因伤口感染，出现休克和败血症，其中 4 人死亡。类似这样的情况很多，曾有人做了模拟实验，进行测定，得出化纤织物在燃烧时有以下三个特点：

- a. 边熔化边燃烧，熔液滴会把火引向别处；
- b. 发热量大，比棉花高约 2 倍；燃烧温度高，锦纶火焰高达 875℃、腈纶为 855℃、丙纶为 835℃、涤纶为 697℃；
- c. 燃烧时会产生刺激性有毒物质。

④ 应用模拟方法对动物进行有毒有害物质及药物生理试验，以及以动物为模型探索那些不宜在人体进行的其他试验。在科学技术高度发展的时代，新的物质、药物及保健品不断地出现，这些物质对人体究竟有没有毒害作用呢？有什么样的毒害作用呢？当然不可能用人直接进行试验，而往往用大白鼠、兔子、狗、猴子等进行生理模拟试验，以了解对体会否产生毒副作用及其程度如何。

为了研究宇航员在宇宙航行中失重状态下对身体的影响，科学家们曾多次用狗、老鼠和果蝇等动物进行失重实验，观察它们在失重状态下和宇宙航行后的反应及身体变化，结论是这些动物能经受长时间的失重状态，并推断所有的动物都能经受长时间的失重。

训练、使用动物来替代人的工作以减轻劳动强度，减少事故的发生。如用牛耕地，用大象搬运木材等，还有一个更有趣的事例：

韩国盛产松子的京畿道（年产量约 37 万吨），每年有很多人在采摘松子时，因松枝折断而造成伤亡，所以人们都不愿意去干这种活。为了解决这个问题就想到训练猴子代替人去采摘松子，这绝妙的想法果然一举成功，在 1989 年训练了 20 只猴子，竟完成了 100 名工人的活，而且更重要的是不存在人员的伤亡。

⑤ 应用模拟方法或模拟产品实现对劳动者的安全和健康的保护，并且可以提高工作效率，或者经济地进行各种复杂技术的操作训练。

例如，突发事故在现场的应急抢救是迅速脱离危险现场，稳定伤情，减少并发症及伤残率，安全迅速转入医院的一种有效措施。对以往工伤事故的救护实践表明，约有 80% 的伤害是经自救、互救后保持生命，再送医院救治的。对触电、溺水等工伤事故，以及心脏病发作与猝死，出血性中风等，只有现场先进行正确的急

救,病人才有生存的机会和希望,不能坐等救护车到来,不能浪费病人在送入医院前最宝贵、最关键的抢救时间,时间就是生命。因此,要重视急救,每人最好都学会突发事故应如何抢救、心肺复苏、外伤现场急救、急性职业中毒、化学物质灼伤的急救技术。为了能很好地进行这方面的学习和训练,许多模拟器材也就应运而生,如心脏起搏器、人体模型等。

为了控制和消除重大火灾、爆炸、中毒等事故的发生,危险、危害性大的工厂、设备、设施都要制定“重大事故应急救援预案”预先设想最大、最坏的情况下,可能发生的火灾、爆炸、中毒等各类事故,发生后如何有效地去进行救援,以缩小事故规模和减少危害与损失,并且城市亦将制定相关的“重大事故应急救援预案”,定期组织演练。

⑥ 模拟方法应用于安全系统模拟显得十分重要,如用它可以检验不宜在某些技术系统即将实施的对策措施,使系统的危险性降低至可以接受、不发生事故的程
度,为安全系统的设置与决策打开思路。模拟方法促进了安全技术的发展,导致了安全仪器仪表设备、自动控制检测装置的出现等。这方面的典型模拟为蒙特卡洛模拟和 GERT 模拟。

a. 蒙特卡洛 (Montecarlo) 模拟 它是用概率模型做近似计算的一种模拟方法,它的作用如下。

i. 由于系统安全往往要考虑的人-机系统,比较复杂,如部件的故障、操作人员的安全素质和操作水平、机器运行及维修情况、管理及检查方式等不可能用解析方法求出系统可靠性的确切值,而求助于蒙特卡洛模拟。

ii. 蒙特卡洛模型可以相对地看作一系列真实的实践过程,可以使人们在实际系统上做一些“运行实验”,因而对保证系统安全有着重要作用。

iii. 应用蒙特卡洛模拟,部件的数量和特性容易进行变动,可以很快确定系统的临界因素,有助于预测系统的可靠性;且可获得结果的分布情况,为研究系统安全规律提供良好的依据。

iv. 解题范围广。可用于解决与安全密切相关的系统无效度、维修策略等评估问题。在故障树模拟中,将某些类型事故的严重度分布输入模拟模型中去,能按实际结果和期望效益对各项决策进行评估。

b. GERT (graphical evaluation and review technique) 模拟 即图示评审技术,是一种处理随机逻辑网络的方法。它在安全分析中具有更大的适应性,它网络的节点可以表示逻辑关系、反馈和有向分支(工序)的确定性,每一分支都对应一个概率以及如时间、可靠性、成本等若干参数,可在很大程度上模拟实际系统。

- ☆ 第一节 假说概述
- ☆ 第二节 假说的形成
- ☆ 第三节 假说的验证
- ☆ 第四节 假说和科学理论
- ☆ 第五节 假说与安全生产

假 说

第一节 假说概述

一、什么是假说

“假说”又称“假设”或“假定”。

假说指根据已有的事实和科学理论为依据，对未知事实或事物的因果、规律所作的一种推测性说明。

例如，持续 300 年之久才得到证实的哥白尼太阳中心学说曾是一个假说；在门捷列夫发现元素周期律前，有不少关于元素排列的假说；在 20 世纪 50 年代第一颗人造卫星上天以前，人造卫星、宇宙飞船仅是一个科学假说；德国学者魏格纳曾提出了大陆漂移学说等。

假说一般有两种主要形式。

(1) 描述性假说 描述性假说是关于被观察现象之间的某种未知联系形式的一种假定。如德国气象学家魏格纳在非洲西岸和南美洲东岸轮廓大致相吻合的启发下，于 1915 年提出了“大陆漂移说”这一假说。

(2) 解释性假说 解释性假说是关于被观察现象与产生这些现象的原因、规律性等内在基础之间联系的一种假定。

例如，据《中国交通》报道，青山岬被称为长江上的“百慕大”，是武汉水路的咽喉，又是海损事故频频发生的地方。1985年至1986年9月，共发生海损事故28起，有12名船员死亡，直接经济损失达近百万元。可是与它相邻的武汉港中心水域，1986年竟未发生一起一般事故以上的海损事故。

对此，武汉测绘科技大学丁宝田教授从地质学角度科学地提出了令人信服的假说：青山岬水道的龙角湖入江口至武丰闸入口之间的江段，北岸是砂洲，南岸是砂山分布区。砂山区整体沿长江伸展2.7km，宽约1km，高约50~60m不等。这段江面平均水位19.15m，最低10.08m，造成砂山区大大高于江面。而且，这段江面较窄，两岸相夹，形似“狭管”，造成“狭管效应”。还有，每一个砂山的延伸方向又与砂山区整体方向垂直，且高出地面40m，这样砂山之间又形成了“狭管”。因此，在这段江面上形成了双重“狭管效应”，从而导致事故频频发生。

从理论上来分析，由许多实验证明：气流由开阔地带进入狭窄地区，由于容纳气流的空间突然变小，灌注进来的气流将加速流过而风速增大（这是一种“文丘里效应”），从而造成山口风、河谷风、湖口风等。当季风盛大时，青山岬附近的砂山挡住了高速气流，使之折向江面形成小风暴；若气流流向砂山间，又会向江面灌进山口风，这些都会造成巨大风浪，强大的冲压力导致走锚、碰撞、翻船。

事实上也确实如此，1986年9月上半月，就这么短短的时间里，因山口风造成的风浪导致7条船走锚。而且由于气流的突变还会引起温度的突变而产生雾气。1988年1月6日，“江汉4号轮”就是由于行至该处，突遇大雾，未能及时避让，与一条趸船和两条木驳相撞。

而“鄱阳湖魔三角”也正是湖口风在作怪，已被江西省探险队两年的考察所证实。

所以，所谓“青山岬百慕大”、“鄱阳湖魔三角”都是由于“狭管效应”形成的山口风、河口风、湖口风、小型风暴等导致的海损事故频发地区。

二、科学假说的一般特征

① 假说是以客观事实和科学知识为依据，通过一定逻辑形式所作出的推测，有着一定的科学性，而不是那种胡思乱想和无知妄说。

例如，唐代名医孙思邈观察到穷人易患夜盲症，像麻雀一样，白天视力正常，到了晚上却什么都看不到了，富人却不得此病。于是他提出假说：穷人易得夜盲症，富人却不得，这是由于富人常吃荤腥，而穷人吃不起荤腥的缘故。他采用逻辑的契合差异并用法将穷人和富人作为正、反面场合按吃不吃荤腥等作为先行情况来研究夜盲症，加以比较，从而推出：不吃荤腥是得夜盲症的原因。对此，就需要通过实践来加以验证和找到治疗夜盲症的有效途径。他采用动物肝脏来治疗，结果效果极佳。从现代医学角度来看，缺乏维生素A易患夜盲症，而动物的肝脏里含有丰富的维生素A。名医的高明之处也就在这儿。

表 7-1 关于 Ge 的预言和测定结果

门捷列夫 1870 年预言	15 年后温克勒发现 Ge 及测定结果
C 和 Si 一族里将要出现一种新元素,这新元素一定是暗灰色的金属	温克勒在矿山里找到新元素 Ge,同 C、Si 十分相似,是有金属光泽的一种深灰色物质
相对原子质量大约是 72	相对原子质量为 72.73
相对密度为 5.5 左右	相对密度为 5.47
其氧化物难熔,即使用烈火烧它,也不可能使它熔化,相对密度为 4.7	正是这样
与氢的化合物,相对密度为 1.9	1.887

第二节 假说的形成

假说的形成往往是多种方法的综合运用,作用比较突出的是归纳、类比和演绎推理,以及想像等方法。虽不同的假说,形成途径复杂多样,但一般来说大致包括两个阶段。

① 根据为数不多的事实材料及有关的科学原理,通过推理、想像等思维方式提出初步假定。

例如,有人曾统计过几百年来 466 幅圣母玛利亚画像,其中有 377 幅耶稣是在左边吃奶的,占 80%左右,据美国心理学家统计,有 80%的母亲将婴儿抱在左边。大多数母亲在喂奶时也是将婴儿抱在左边的。因此,有人根据这些事实和想像归纳,提出如下推测性的解释。

可能这是因为人的心脏长在左边而母亲的心跳声会对婴儿产生抚慰作用。原因是婴儿在母亲体内时早就熟悉了母亲的心脏跳动声音,当出生后就到了一个不习惯的新环境中。母亲通过多次尝试觉得将婴儿抱在左边比抱在右边更能使婴儿安静下来,这是婴儿又能听到母亲的熟悉的心跳声而得到抚慰的缘故。

② 将确立的初步假定通过客观事实和科学原理进行广泛论证,一般运用归纳、类比等推理方法来形成内容充实、结构稳定的系统。在这一过程中应注意以下几点:要以事实为根据,但也不必机械地等到事实材料全面、系统之后才提出假说;要注意正确运用已有的科学知识,但不能囿于传统观念;假说应能很好地解释已有的事实及进行实践检验可能出现的新结论;假说的结构要简明、严谨。

例如,上例通过事实、实验和科学知识的运用,使用差异法和共变法提出了内容充实、结构稳定的假说:母亲的心跳声会对婴儿起抚慰作用,母亲喜欢将婴儿抱在左边。

据报道:某市,1987 年夏的一个星期天的上午,男青年开着后盖可以开启的丰田牌小面包车带着女朋友回家。为了避开酷暑,车子停在屋前场地的树阴下,并且发

动着车子、开着空调，在车内谈情说爱。开饭了，男方的母亲去叫他们时，发现他们不言不语、相互依偎在一起，大声叫喊也没有反应，两人都已死亡。经过仔细检查分析，无他杀的任何迹象，后经解剖尸体未发现腹内有毒物。那么究竟是什么原因造成很健康的一对恋人死亡的呢？有关人员根据两人死前、死后的身体状况及现场情况，提出了这样一个假说：汽车排气管排出的尾气中有一氧化碳，进入车内，一氧化碳富集，造成两人中毒死亡。因为，固然在开着空调车内谈情说爱十分惬意，但是由于车子不开动，车子停的位置又十分巧，排出的尾气正好随着风向沿后盖缝隙进入车内，车子的门窗关好后密封性又较好，造成从排气管出来的烟气中的一氧化碳在车内积聚，浓度越来越高，最终造成两人中毒逐渐加重，直至无法自拔而导致死亡。经法医根据死者的症状及再次验尸鉴定，证实确系一氧化碳中毒死亡。由此得出结论：这一对恋人因汽车尾气中的一氧化碳吹入车内，一氧化碳浓度越来越高，导致中毒死亡。事实上，诸如汽车烟气中的一氧化碳导致驾驶员在车内休息时中毒、死亡的事例也确实发生过多。

一氧化碳对人体健康的危害见表 7-2。

表 7-2 CO 浓度吸入时间与中毒症状

CO 浓度/%	吸入时间和中毒症状
0.02	2~3h, 在前头部有轻微的头痛
0.04	1~2h, 前头痛、呕吐、眩晕, 2.5~3.5h, 后头痛
0.08	45min 头痛, 呕吐、眩晕, 2h 丧失神志
0.16	20min 头痛, 呕吐、眩晕, 2h 死亡
0.32	5~10min 头痛, 30min 死亡
0.64	1~2min 头痛、眩晕, 10~15min 死亡
1.28	1~3min 死亡

第三节 假说的验证

假说转化为科学理论需要经过验证，并且得到证实，需要进行如下两个过程。

1. 进行逻辑验证，以确定假说能否成立的问题

假说的逻辑验证，一般主要是进行演绎推理，特别是用充分条件假言推理的形式来进行推理。通常采用的是充分条件假言推理的肯定后件式来进行验证，即从肯定后件到肯定前件，其形式为：

$$\begin{array}{l}
 \text{如果 } p, \text{ 则 } q; \\
 \underline{\underline{q \text{ 真};}} \\
 \text{所以, } p \text{ 可能真。}
 \end{array}$$

式中， p 表示假说的基本观念； q 表示关于事实的论断。

这种运用回溯推理推出来的结论是具有或然性的，仅表明“ p ”得到了部分的、有条件的证实，而不是完全被证实。如若 q 为假，则由假说基本概念引伸出来的推断在事实上并不存在，假说就因被否认而予以推翻。

假说的这一逻辑验证尽管不是最后的确证，意义却十分重要，它解决了假说能否成立的问题，尤其是对于大系统、大领域的假说验证，其意义更为突出。

2. 通过观察、科学实验和社会实践来确证假说推断出来的事实结论是否正确、可靠

在这一事实验证过程中，可以使用经验的直接或间接对照方式进行。例如要确证在用化工容器爆炸的威力，可以通过已发生过的有关化工容器爆炸情况，换算为梯恩梯当量爆炸威力等方法来对照验证，而由人们用直接经验去验证是不可能的，也完全不需要。

对于假说事实结论的验证，既可以是全部的，也可以采用科学抽样等方法进行其核心部分的局部验证。

但是，假说最终的检验是长期地由自然现象、科学实验和社会实践来确证。

例如，万有定律的确证经历了漫长的岁月。

波兰出生的日心说创立了哥白尼（1473~1573年）通过长期天文观察曾经提出一种猜想：太阳、月亮、地球以及其他行星可能存在一种引力。由它实现宇宙“统一性和完整性”，这是“一种自然的倾向”，要将这种可能存在的引力科学地加以论证。

德国天文学家开普勒（1571~1630年）发现了行星运动三大定律：太阳系所有行星都在大小不同的椭圆形轨道上运行，太阳处于所有椭圆共同的一个焦点上；每一个行星矢径（行星中心指向太阳中心的线段）在相同时间里扫过的面积相等；行星绕太阳运转一周所需时间的平方与它到太阳的平均距离的立方成正比（1619年提出）。并提出：太阳对行星“运动力”与它们之间距离成反比。

1645年法国天文学家布里阿德认为：此力（指引力）应当与它们之间距离的平方成反比。这是科学史上第一个提出这种力与距离存在“反平方关系”的人。

1666年，意大利科学家波列利根据观察到的行星围绕太阳运行的情况提出：行星在椭圆轨道上不停地运动，是行星吸向太阳的引力与行星的圆周运动产生的离开太阳的离心力两力相平衡的结果。

惠更斯在研究摆的运动时，得到了向心力公式（如果他将这个公式与开普勒第二定律结合起来就可推出行星被太阳吸引的力的公式）。

1680年，英国皇家学会会长胡克根据观察已经认识到：一切天体都具有吸引其他天体的一种吸引力，这种引力与地球上物体的重力在本质上是相同的。在给牛顿的信中说，据他猜想：“吸引力与两中心的距离平方成反比”。

著名科学家勒恩与哈雷都将行星绕太阳运行的轨道近似地看成圆形，认为行星与太阳的吸引力必定与它们到太阳距离的平方成反比。但是，无法在数学上给予严格证明。

牛顿（1642~1727年）运用自己创立的微积分方法证明了两个均匀的球体之间的引力，可以看成质量全部集中在球心，距离为两球心的间距。在新测得的相当准确的地球半径值的条件下，已经具备了证明万有引力的条件。在1684~1685年，牛顿在剑桥大学的“论天体运动”的讲座中提出了万有引力定律及其普遍性，指出星球做椭圆运动，引力就是这种运动所需的向心力。并预言，从地球发射速度足够大的物体，就可以使它绕着地球做椭圆运动。

经过200多年来一系列科学实践的考验，牛顿的万有引力定律得到了完全的验证。重要的验证有以下四个。

① 在17世纪，牛顿根据万有引力定律指出：地球在两极方向短些，赤道方向长些，是个稍带扁平状的球体。后经法国科学家的几次测量，实测数据检验证明了牛顿的推断是正确的。

② 哈雷根据牛顿的万有引力定律计算出哈雷彗星在1682年飞临地球后，每隔接近76年的周期，于1758年又将会看到这颗哈雷彗星。法国数学家克雷罗考虑到哈雷彗星还受其他星球的摄动作用，按万有引力计算，哈雷彗星应在1759年3月出现，届时哈雷彗星果然又出现了。

③ 天王星、海王星、冥王星的发现，也充分证实了根据万有引力计算的结果和观察结果的实际检验是一致的，从而证实了万有引力定律是正确的。

④ 20世纪人类发射的几千颗人造地球卫星和宇宙飞船充分证实了万有引力理论的正确。

由这个例子可以看到，一个假设的形成、检验、修正、再检验、证明、接受自然现象、科学实践的充分检验，才能上升成为理论。而且，一个理论假说的形成、检验、修正、证明、接受事实验证过程中，往往还包含着其他许多的假说。

第四节 假说和科学理论

假说在科学发展中起着极为重要的作用，是科学理论形成的一个必经阶段。这是人们在自然界和社会实践活动中，根据已有的知识及观察到的现象或实验中发现的事实，要去进一步认识它，去探索其中所存在的规律，需要提出一些初步的，具有可靠性程度不同的看法和解释，以便进一步去进行实验、研究、验证。

在科学史上，可以看到许多科学理论的形成，都经过了假说的阶段。而且，假说发展成为科学理论，往往经历了长期的、艰苦曲折的努力，最后才被肯定下来，被人们所公认，可以说是一个极为复杂的过程。

例如，① 哥白尼的太阳系学说，300 多年一直是一种假说。在 1846 年 9 月 23 日晚上，柏林天文台的加勒观察到了后来被命名为海王星的新的行星，哥白尼的太阳系学说才被证实，成了公认的真理。在这一过程中，提出行星三大运动定律，为牛顿铺平发现“万有引力”定律的开普勒，进一步支持和阐明了哥白尼的太阳系学说，可是常受到宗教法庭的迫害。近代物理学的奠基者伽利略运用自己研究的成果，驳斥了“地球不动”的论点，有力地论证了地球的周日、周年运动；并且以在望远镜中发现的现象为依据，论证了宇宙的中心是太阳，地球与其他行星一样绕太阳公转，并进一步指出：在地球上进行的一切实验都不可能证明地球本身在运动，因为地球上的实验系统跟着地球一起在运动。但是，他却遭到罗马教皇的残酷迫害，被判为“终身监禁”，在监狱中过着极其悲惨的生活，在 1642 年 1 月 8 日含冤逝世。

② 化学家凯库勒苦苦思考苯 (C_6H_6) 分子的结构已有 12 年之久。一天晚上，他在壁炉边打瞌睡，炉子里即将熄灭的柴火冒出点点火星，就像蛇的眼镜在黑暗中闪烁，眼前闪现出蛇咬住自己的尾巴团团转的景象。他清醒后兴奋极了，就与苯分子结构进行类比：

蛇有属性：有重量，能运动，并能首尾相连而卷曲成环状；

苯分子有属性：有重量，能运动；

所以，碳链也能首尾相连而卷曲成环状。

由此，提出了苯分子结构的假说：苯分子的 6 个碳原子互相连接而成六边形的环状结构。

这一假说当然需要进行验证。根据实验证明，苯分子中有 6 个碳原子和 6 个氢原子，其中一个氢原子被其他原子或基团取代后，只能生成一种取代物。因此，苯分子中的 6 个氢原子所处的位置是一样的，都和 6 个碳原子相连接，故苯分子具有六边形的环状结构。

凯库勒的这一创造性的直觉思维事实上是有其一定的根据，那就是 12 年对苯分子结构的苦苦思索，他曾学过建筑，苯分子结构是“分子建筑”，他年轻时做过审讯炼金术士的法庭陪审员，在法庭上目睹过许多作为主要证物的首尾相连的蛇状手镯，那天晚上给他夫人戴过环形项链，很久才把项链扣上。

此外，一个假说形成并发展为理论需要许多先驱者的努力。如牛顿创建的经典力学，是在前人辛勤努力工作的基础上建立的，其中有开普勒、笛卡儿、伽利略、斯台文、惠更斯等科学家的积极贡献，而牛顿个人在微积分、经典力学上的杰出贡献，使人类的科学进入了一个崭新的阶段。但是，还应看到在假设发展成理论的过程中，科学家要付出艰苦卓绝的工作，甚至会有牺牲。

例如，人类在古代就知道琥珀与毛皮摩擦后有吸引小物体的力。公元 16 世纪，英国皇家医学院院长吉尔伯特发现玻璃、火漆、硫黄、宝石等经过摩擦后能吸引纸屑和稻草。1733 年，法国学者杜菲作了各种摩擦生电的实验，发现两种电，一种叫“玻璃电”，一种叫“树脂电”，并且发现了同种的电互相排斥，异种的电互相吸引。

1750年，美国物理学家富兰克林进行了一系列莱顿瓶实验后，将莱顿瓶内和瓶外的电命名为阳电（又叫正电）和阴电（又叫负电）。这些是地上的电，而雷电是天上的电。当时，在18世纪中期，天电与地电是否一样？“雷电之谜”成为科学界与宗教界的争论的焦点。富兰克林一直进行着思考，要想证明：天上的电与地上的电是一样的。他在家摆了许多莱顿瓶和实验器材，将家作为电学实验场所。一次，他的妻子不小心碰到了由10多个串联起来的莱顿瓶组成的高压装置，立即产生耀眼的闪光和雷鸣般的响声，发生严重的电击事故。这次事故，使富兰克林想到了三个关于电的问题：

① 雷电可不可以看作高空云块的电击放电？

② 莱顿瓶的金属尖棒容易放电，是否可以利用这一现象在教堂高塔上安装上一根尖状的金属杆并连通到地下，使教堂高塔免遭雷击？

③ 天上的雷电是不是可以像地上的电一样装入莱顿瓶？

这三个问题实质上是假说性的问题。在1752年夏，一个雷电交加的雷雨天，富兰克林与他的小儿子应用在中国1000多年前发明的风筝升天技术自制了一只蝶式风筝，在费城郊外冒险进行实验，以证明天电与地电是一样的。在高空云层被淋湿的风筝架上的尖形棒接受了云层中的雷电，沿着潮湿的导电风筝放飞线传到下端拴着的金属物，将它装入莱顿瓶中。通过试验证明了天上的电一样能在金属线中传导，放电时也一样发光发声，电击时同样会使生物受到伤害，因此，天上取来的电与地上的电没有什么区别，令人心服口服。

这个实验成功的消息传开后，前俄国彼得堡的科学院杰出院士黎赫曼为了验证电风筝的实验结果，竟在自己的屋顶升起2m长的铁杆，并用金属导线连接到屋内的一根金属棒。在雷电交加时，当他一接近金属棒，瞬即被一团淡蓝色的火球电击前额而死。噩耗传到美国费城富兰克林父子那儿，他们庆幸自己没有发生雷击事故，而且获得了需要设计避雷针的决心和信心。1760年，费城一座大楼上富兰克林安装了确实能起避雷作用而且安全的世界上第一根避雷针。1782年，费城竖立有400多根避雷针之多。富兰克林在证实了天电与地电是一样的之后，通过事故进一步实现了创造发明避雷针的设想；避雷针的创造发明，为人类子孙后代免遭雷击和财产损失产生了不可估量的贡献，竖起的这些无数根“丰碑”，在雷电交加的日子里人们都为之肃然起敬。

第五节 假说与安全生产

假说在安全生产上主要有以下三个方面的应用和作用。

1. 许多安全推理也都经历了假说这一阶段

早期，人们根据防止汽车肇事的许多具体实例和分析汽车交通事故发生的原因，以及有关物理、生理知识，提出了公路交通事故的发生主要是车速太快造成的推测性说明。这一假说是否正确呢？需要进行验证和实践检验。

例如，车辆在公路上行驶，存在着道路的一定宽度，地形条件、气候情况、道路

起伏、路面情况、左曲右拐、道路的纵横交错，以及行人、各种车辆、各种障碍物等因素的限制。在车辆发生的事故中，人们统计到了汽车肇事大多是车速太快的事实。因此，后来国内提出了“十次事故九次快”，“宁等三分钟，不抢一秒钟”等醒目路标或教导司机要注意安全，不能开得太快而发生车祸的口头禅。

并且，有的专家运用数学、物理等概念证明了“十次事故九次快”的道理，具体证明如下。

在正常情况下，车辆行车速度和发生交通事故的关系，自发现障碍物、行人、其他车辆、路面不佳等开始到相遇的距离，即此段时间内的速度影响，用公式表示，则为：

$$s_d = (t_0 + t_1 + t_2)v$$

式中 s_d ——自发现障碍物至相遇汽车行驶的距离，m；

v ——在该段时间内汽车速度，m/s；

t_0 ——认识外界障碍物所需时间，s；

t_1 ——由人的大脑发出指令至传达到机械所需时间，s；

t_2 ——由机械接受到传达命令至进行刹住车所需时间，s。

若设当时车至障碍物的距离为 s_0 ，则交通事故的发生有如下的 s_d 和 s_0 关系：

- ① 当 $s_0 > s_d$ 时，可以避免事故；
- ② 当 $s_0 = s_d$ 时，是事故会否发生的边界条件；
- ③ 当 $s_0 < s_d$ 时，则发生事故。

当司机发现危险障碍过迟时，即 t_0 增加， s_d 增加，容易满足 $s_d > s_0$ 可能发生事故的条件；而 t_1 是因人而异的时间因素，一般在 $0.4 \sim 0.7$ s 内；对一定的车辆来说， t_2 是个定值。由公式 $s_d = (t_0 + t_1 + t_2)v$ 来看，速度 v 越小， s_d 也越小，则越接近 $s_0 > s_d$ ，可以避免事故发生条件；若 v 越大，则 s_d 越大，则就很容易满足 $s_d > s_0$ 的条件，从而导致事故的发生。

由此，上述假说得到了事实和理论的验证，得到社会的公认，所以开车出门或骑自行车外出时，家人总要叮嘱一句：“要小心！要慢一点！”。

此外，如“事故原则上是可以预防的”、事故的“多米诺骨牌理论”以及“消灭潜在危险、降低潜在危险因素数值、距离防护、时间防护、屏蔽、坚固、薄弱环节、不予接近、闭锁、取代操作人员、警告和禁止信息”等危险因素保护原则，也都通过观察、分析、综合、归纳、假说、事实验证等过程。

2. 对不安全因素、不安全状态、隐患以及进行评价或风险分析，提出可能发生事故的假说，以采取相应对策措施，防止事故的发生

事故的发生是由于存在着人的不安全因素、物的不安全状态，受着社会环境、自然环境、生产环境的影响和作用。遵照“安全第一，预防为主”的方针，人们总是努力地去设想可能会发生的事故而去进行预防。这种设想是以过去发生的事故及实际现状，根据已有的各种知识和经验去分析它，推测如不采取有效对策措施可能

会发生事故的假设。经常进行的这方面工作主要有以下几个方面。

① 进行安全检查，发现隐患，提出假设采取措施，防止事故的发生。

例如，1989年4月9日晚上9点多，某厂安技员熊大陆在进行安全检查时，到了熔铜车间，突然发现地上有一块120mm×100mm的小铁板，心里顿生疑虑。拣起来一看，一面磨得光光的发亮，另一面却锈迹斑斑，他心里作了如下的猜想和推测：这儿只有一台50t大吊车及吊具，不可能有其他铁片存放散落在这儿，而这块铁片一面被磨得发亮，一面却长满了锈，如果是吊车上掉下来的，那么这块铁片是受力或是哪儿比较关键的铁片；如果不查清楚，很可能会因是吊车的关键部位的铁片而发生恶性事故。于是就停下来进行检查，经过仔细询问，逐个检查，结果发现，果然是50t大吊车的包架主钩已活动，这是连接圆销的固定压板圆销滑出后钢板才掉落，圆销只插入一点点。如不及时发现，一小时后向精炼炉进料时，就会使吊起的30t重的满包高温铜水在8m高的上方造成架毁包坠，如高温铜水包掉入水池就会立即发生爆炸，造成更大的事故。于是，他们就立即将它修复好，1h后安安全全吊起30t重的高温铜水包，避免了事故的发生，保证了安全生产。这个例子说明了假说也是人们常常用来预防事故发生的一种推理方法，而且一般都十分有效。

② “正确穿戴好劳动防护用品”可以说是安全生产的一句格言。这一要求的提出也就是基于这样一个假说：不正确穿戴好劳动防护用品就有可能发生事故；正确穿戴好劳动防护用品就可以保护劳动者的安全和健康。

例如，一个建筑工地上的老技安员，盯住了一个常不戴安全帽的光头小伙子，他身强力壮毫不在乎。一天，上班时小伙子偷偷地从老技安员的身边溜过，被老技安员发现了，强令他戴好安全帽。并对他说：“不要再脱下来，危险！万一有东西砸在脑袋上，会送命的！”真是巧得很，工作不久，一根钢管从将近十米高处掉下来，正砸在小伙子安全帽上，安全帽砸了一个口子，小伙子懵了，待清醒后，逢人便说：“××老技安员真好！今天救了我一命，没有他，我就完蛋了！”诸如这方面正、反两面的实例不胜枚举。

③ 人们进行的各种安全评价、风险分析是运用各种科学方法定性、定量地对建设项目、工业设施的危险、危害情况进行分析并确定其程度，依据一定的规范、标准划分成各种等级，预测可能发生的各种危害、事故，从而提出相应的对策措施，作出结论。从广义上说，这也是一种理性的假说。国内外的经验及教训也充分证明了进行评价这一工作的重要性和必要性。

例如，1984年12月3日零时56分，印度博帕尔近郊的农药厂发生23t甲基异氰酸酯泄漏的特大事故，造成3000余人立即毙命，20余万人受到严重伤害（其中有很多人双目失明致残），67万人处在毒气的威胁、影响下，成为世界工业史上罕见的特大伤亡事故。

甲基异氰酸酯的沸点为39.1℃，是高挥发性液体，蒸气密度为空气的1.97倍。

他曾是德国纳粹分子在集中营使用的两大杀人毒气之一，人只要吸入百万分之二浓度的这种物质，就会死亡，即使是幸存者也会染上肺气肿、哮喘、支气管炎、双目失明，肝肾也会受到严重损害，还能极大地摧残人的中枢神经使病人终生迟钝。它的半致死浓度 LC_{50} 为 5×10^{-6} ，而著名毒气光气的 LC_{50} 为 50×10^{-6} 。难怪泄出 23t 这样的毒物会造成如此大的伤害。

从情况来看，其原因为：

厂址选择错误；

采取了高毒原料中间体远距离供货的错误路线；

安全生产管理水平差，事故发生时中和、焚烧等安全设施全部不能用。

十分明显，如果认真地进行预评价或风险评价，就不可能在博帕尔近郊建此厂，而且有 1 万多人的居民区与厂区仅隔一条马路，也就不可能造成如此大的灾难。在建厂前，也有过争论，也有人假说过万一泄漏会造成比较大的毒害事故。

④ 应用假说的方法去分析、推理事故发生的原因。

例如，在第二次世界大战前夕，希特勒拼命扩军备战，英国为了对付希特勒的野心采取了相应的对策。当时，英国有一种名叫斯皮菲尔式的战斗机，经常举行空战演习。一次，一位亲王的儿子驾驶着斯皮菲尔式战斗机在空中飞行，突然一声长啸，战斗机带着滚滚浓烟烈火坠落烧毁在地面，驾驶员当场壮烈牺牲。在对这次失事的详细调查分析中，发现是主轴断裂，而且在断裂面上有很多细如头发的裂纹。虽然原因找到了，但还是一个现象，根本的原因在于主轴为什么会断裂？细如头发的裂纹又是什么原因造成的？按照我国处理事故“三不放过”的原则，事故原因分析不清不能放过，就需要分析主轴断裂的原因。而当时的英国就是这样做的。不把主轴断裂的真正原因找出来采取有效措施，飞机仍然会失事，就不可能避免类似这样的事故重复发生。于是，进行了如下分析研究工作。

究竟为什么主轴内部会出现裂纹而使主轴断裂？当时有两种假说：一种是，在钢里残留有奥氏体，当它受到应力发生晶形转变时，从而产生裂纹；另一种是钢中含有夹杂物，在受到转动动力时发生应力集中，从而产生裂纹。这两种假说对不对呢？需要进行试验、研究。这一任务为当时在谢菲尔德大学冶金学院研究部工作的李薰等人接受。他们通过大量实验，发现许多含有奥氏体的钢中并不产生裂纹；而在钢中含有较多夹杂物的钢同样不产生裂纹。因此，这两种假说都必须予以否定。经过分析思考，他们决定先从钢的生产入手。在调查钢厂的生产纪录时，发现钢材的质量与生产季节有关，当天气潮湿的时候，生产的钢材质量就差；当天气干燥的时候，生产出来的钢材质量就好。据此，他们大胆地提出了一种假说：由于主轴钢材中侵入了氢，氢会在钢材中产生细如头发的裂纹，使主轴断裂。接着，他们进行了推演：若在钢材中渗入氢就会产生裂纹。为了检验这个假说，他们将钢杆在氢中高温加热，使足够的氢气渗入到样品中，然后再淬火，使样品保留一定含量的氢气，这时果然发现了经过这样处理的钢样内部出现了裂纹。经过多次实验研究，证明氢是产生钢材内部裂纹的主要原因。验证了假说的正确性。并且根据对事故原因的分析、研究、实验，提出了著名的

“氢脆理论”：由于材料在冶炼、热加工、热处理、酸洗、电镀过程中吸收了氢，在应力及氢的交互作用下会产生脆性断裂。经过了后来的实践也证明了“氢脆理论”的正确性。

根据这一理论，采取相应的措施，解决了钢材的氢脆问题，从而解决了飞机主轴的断裂问题，斯皮菲尔式飞机重上蓝天。而且，由于发现了这一科学理论，防止了飞机、船舶、机器、汽车、火车等成千上万次这类事故的重复发生。

这一假说的全部推理过程，可以简化为以下五个步骤：

a. 根据观察事实：有现象 a （飞机失事，原因为主轴有细如头发的裂纹而造成断裂）；

b. 提出假定解释：之所以有 a 是主轴中渗入了氢（ A ），氢会使钢材在受交变力作用时产生细如头发的裂纹；

c. 根据假定进行推演：如果有了 A ，那么就会产生 a' （经过处理的钢样会产生细如头发的裂纹，会断裂）；

d. 进行验证：用实验的方法来证明推断——“如果有了 A ，那么就会产生 a' ”成立（这里的 a' 与 a 现象性质相同）；

e. 得出结论：“所以产生 a ，是因为 A 的缘故”成立。

即由于主轴钢材中渗入了氢，氢会在钢材中产生细如头发的裂纹，使主轴断裂。

- ☆ 第一节 回溯推理概述
- ☆ 第二节 回溯推理的种类
- ☆ 第三节 回溯推理的应用
- ☆ 第四节 科学解释的多元性、多层次性和事故原因的多元性、多层次性

回溯推理

第一节 回溯推理概述

一、什么是回溯推理

“回溯推理”即“溯原推理”。它是由关于某个已知事实的命题推出可导致该命题成立的理由的一种或然推理。亦即，是从已知的客观事实去探求造成该事实的原因的一种或然性推理，由果去溯因。

其逻辑形式为：

$$\begin{array}{c} E; \\ \text{如果 } H, \text{ 那么 } E; \\ \hline \text{所以, } H. \end{array}$$

式中， E 为已知事实的命题，是回溯推理中的前提； H 为回溯推理推出的结论，即 E 存在的理由。

“如果 H ，那么 E ”为回溯推理中的另一个前提（通常这个前提省略），它是关于普遍性原理知识的命题（充分条件假言判断）。

例如，1988年7月6日晚21时31分，位于英国阿伯丁以东197km的海面上的帕尔波·阿尔法石油钻井平台（北海油田中的高产油田）天然气压缩间发生爆炸，紧接着又发生一连串爆炸，引起大火。平台钢柱被烧红，钢板融化，平台被烧塌，在距离

1.5km 处就能感到灼热的气浪。9 日，美国也派出了石油专家率领的灭火小组赶到现场协助灭火，大火一直烧到 7 月 29 日才被扑灭。在平台上的 230 人，有 167 人遇难。直接经济损失达 5.2 亿美元，仅灭火费就达几百万美元。对此事故分析其原因可作如下回溯推理：

帕尔波·阿尔法石油钻井平台天然气压缩间发生爆炸，并引起大火；

如果是压缩间天然气泄漏，达到爆炸极限，并遇明火；那么，

帕尔波·阿尔法石油钻井平台天然气压缩间发生爆炸，并引起大火；

所以，是压缩间天然气泄漏，达到爆炸极限，并遇明火。

几个月后，英国能源部发表的关于北海帕尔波·阿尔法石油钻井平台爆炸火灾事故调查报告认为：火灾是压缩间阀门漏气引起的。

事实上，根据调查：事故发生当时在场的电工鲍勃·巴兰坦证实了这一点，他说出事前两天就闻到了压缩间有漏气的异味；据遇难电焊工巴克莱的女友透露，出事当天，巴克莱曾打电话告诉她，压缩间天然气气味很浓，为了防止意外，他拒绝进行电焊；不过，他还是遇难了。

回溯推理的形式是从承认后件进而承认前件的，因而不是一个有效式。当“ E ”和“如果 H ，那么 E ”为真时，“ H ”不一定为真，只是可能真。

由于在客观事物中，存在着多元性，即有不少现象的发生可以由多种不同的原因所引起，如发生事故造成中毒、火灾、爆炸、伤亡等结果可以由很多种不同的“原因”，所以，这种由果溯因，由推断推出原因的回溯推理只是一种或然性的推理，导致结论的原因有多种可能性。

如已知事实命题为 E ， E 的原因有 H_1, H_2, \dots, H_n ，则按回溯推理有：

E ；

如果 H_1 ，那么 E ；

如果 H_2 ，那么 E ；

.....

如果 H_n ，那么 E ；

所以， H_1 或 H_2 ... 或 H_n 。

如果根据科学理论事实确定了 H_2 ... 或 H_n 不成立，则就可确定是 H_1 。用公式表示则为：

H_1 或 H_2 或 ... 或 H_n ；

如果 H_1 ，则 E_1 ；

如果 H_2 ，则 E_2 ，并非 E_2 ，因此， H_2 不能成立；

如果 H_3 ，则 E_3 ，并非 E_3 ，因此， H_3 不能成立；

.....

如果 H_n ，则 E_n ，并非 E_n ，因此， H_n 不能成立；

所以， H_1 。

例如，1983年5月16日，××市劳动局锅炉科委派缪工程师（男，54岁）去某钢铁厂检验锅炉。上午9点左右他来到了该厂烧结分厂，副厂长介绍了这台锅炉已停用封闭近一年，目前正在检修，炉盖还未打开。在9点25分副厂长因有事出去了。于10点10分副厂长回来时，发现缪工程师已进入锅炉检验了，于是副厂长就急忙上了炉顶，见司炉工正拿着照明灯给缪工照亮。副厂长与缪工讲话，缪工不应，用手去推他，缪工不动：大事不妙，一定出事了！立刻设法将缪工拉出锅筒，见缪工已死亡。

在分析原因时可按如下进行回溯推理：

前提 E 缪工进入锅炉后死亡；

如果 H_1 ——他杀，那么 E ；

如果 H_2 ——因病（如脑溢血、心脏病等突然发作），那么 E ；

如果 H_3 ——触电，那么 E ；

如果 H_4 ——锅筒封闭时间长，一打开孔门后就进入，锅筒内缺氧，那么 E ；

所以，是 H_1 或 H_2 或 H_3 或 H_4 。

分析在场司炉工与他的关系，现场具体情况，以及尸体检查，不属他杀， H_1 排除；

根据缪工生前健康状况，无高血压、心脏病史，且无病死的任何迹象，故 H_2 应予排除；

经仔细检查，缪工进入锅炉时并无带任何电气设备，炉体也无漏电现象，身上没有电击痕迹，故 H_3 亦应予排除；

而锅炉长期停用、封闭，有可能造成缺氧，人进入会窒息，经尸体检查也确实是缺氧窒息的。所以 H_4 是 E 的原因。即缪工程师是属于进入锅筒内因缺氧而窒息死亡的。

二、回溯推理的特点

1. 回溯推理的依据

回溯推理的根据是客观事物间的因果联系，一果多因的联系。

客观事物之间存在着很多种类的一果多因的联系。就造成火灾的原因来说，有以下几种。

① 炉灶、烟囱、火墙等会将靠得较近的木柱、木板壁等可燃构件或其他可燃物烤燃。

② 炉灶、烟囱、火墙、火坑等出现裂缝后，火焰、火星或高温烟气会穿过缝隙将附近的可燃物点燃。

③ 炉灶口下部如没有砌筑灰池，炽热的炉灰会将附近的柴草等可燃物引燃。

④ 使用炉火不当会引起火灾。

⑤ 小孩玩火会引起火灾。

⑥ 吸烟不慎会导致火灾。

⑦ 使用灯火不慎会引起火灾。

⑧ 余烬会复燃。

⑨ 拖拉机排气管排出的火星会造成火灾爆炸。

⑩ 电、气焊接或切割时，进出的火星或熔渣可引起可燃物燃烧（有时是通过缝隙或洞掉入下层的可燃物上）；焊接时，管道、油罐、气罐内易燃易爆物质未彻底排除干净，会引起爆炸火灾。

⑪ 烘烤木板、烟叶、油脂食物或其他可燃物可引起火灾。

⑫ 摩擦、撞击火花，如未及时给机器加润滑油、未清除附在机器轴承上的废杂物、钉子等混入料中因摩擦撞击打出火花会引起火灾。

⑬ 在易燃易爆场所动用明火会造成火灾。

⑭ 电气设备设计安装不合理，如易燃易爆场所不安装防爆电器，电动机超负荷运行，电器线路设备受腐蚀等损伤，可形成断路而发生火灾。

⑮ 任意拉接临时电线，造成线路过负荷，电热器等不切断电源任意乱放、离去，会引起火灾。

⑯ 照明灯具靠近可燃、易燃物品，会造成火灾。

⑰ 静电放电能引起火灾、爆炸。

⑱ 氧气泄漏遇可燃物会引起火灾。

⑲ 自燃。

⑳ 雷击引起火灾。

㉑ 纵火等。

对于事故来说，由于它所产生的后果往往可以由多因引起的，所以需要一个个地加以调查分析、研究。如死亡事故，首先要分析是不是他杀或自杀或因病死亡等，在排除了上述原因之后，再对事故进行更具体的调查、分析、研究，以找出真正的原因。

2. 回溯推理与演绎推理的区别

演绎推理是由一般性知识的前提（理由）推出特殊性或个别知识结论的一种推理，故其前提和结论间有着必然的联系，所以它是必然性推理。而回溯推理则是由作为前提的推断推出结论（理由），其前提和结论间是或然性的联系，所以它是一

特定条件下火灾发生的原因，排除不可能的原因，惟一剩下的就是必然性原因。他们也正是这样推理的，其过程如下。

已知事实的命题 E 为：2 号原棉库发生火灾；

要穷尽 2 号原棉库发生火灾所有的原因，根据现场勘察，起火点是从中间开始燃烧的，因此原因有：

如果电气发生短路 (H_1)，则会造成失火；

如果有明火引燃棉包 (H_2)，则会发生火灾；

如果库房发生雷击 (H_3)，则会导致火灾；

如果棉包通风不良 (H_4)，则会引起自燃而发生火灾；

如果有人纵火 (H_5)，则库房会发生火灾；

如果汽车入库时排气管排出的火星 (H_6)，会引燃棉包而导致火灾；

如果棉包入库前曾有棉包着过火，虽扑灭，但里面还在阴燃着 (H_7) 入库堆垛后，则会继续阴燃、蔓延，变成明火导致火灾。

$$\text{即 } (H_1 \vee H_2 \vee H_3 \vee H_4 \vee H_5 \vee H_6 \vee H_7) \rightarrow E;$$

$$\text{所以, } H_1 \vee H_2 \vee H_3 \vee H_4 \vee H_5 \vee H_6 \vee H_7。$$

在上述穷尽的原因中，电气发生短路 (H_1) 要排除，因为现场无电源；明火引燃棉包 (H_2)，因在库房内无办公室、不住人、入库时所有人的烟和火均交门卫保管、无明火作业，亦排除；发生雷击 (H_3)，当晚晴天无雷击，排除；棉包自燃 (H_4)，因原来库内无存棉，棉包下午入库仅 5h，不存在这么快的自燃现象，排除；关于纵火 (H_5)，库区有值班和流动岗哨，门锁完好，周围环境正常无可疑迹象，所以不可能是纵火，排除；汽车入库时，汽车排气管带有火星防护罩，所以也不可能由汽车排气管排出的火星点燃 (H_6)。至此，就有如下推理：

$$H_1 \vee H_2 \vee H_3 \vee H_4 \vee H_5 \vee H_6 \vee H_7,$$

$$\neg H_1 \vee \neg H_2 \vee \neg H_3 \vee \neg H_4 \vee \neg H_5 \vee \neg H_6;$$

$$\text{所以, } H_7。$$

即棉包入库前曾有棉包着过火，虽扑灭，但里面还在阴燃着，入库堆垛后继续阴燃、蔓延，变成明火导致火灾。

事实上，根据调查结果，在卸装最后一车棉包入库时，搬运工搬到过一包发黑有轻微焦糊味的棉包。糊对司机再三追问下，终于真相大白：在当天下午 15 时 10 分左右，一装载棉包的卡车在离厂 3km 处与一个拖拉机机会车时，拖拉机排气管正好对着车上的棉包，排出的火星点燃了棉包，司机从倒车镜见棉包着火，立即停车，用衣服将火打灭，因怕厂方追查责任，就将此棉包翻到了下层。卸车时搬运工说有糊味，司机就哄他们说汽车的尾气味，他们也没有仔细检查。就这样埋下了火灾的隐患。

按道理来说，棉花是一种多孔的管状纤维，在管腔内含有空气，不管如何挤压打包，纤维孔隙中的空气不易排出。棉包在着火后，先在表面燃烧，当棉包表层燃烧的棉花结成一层碳膜后，纤维空隙便逐渐减少，阻塞了火焰向外蔓延，而由纤维孔隙中

所含的氧使之向包内逐渐侵入。司机虽表面扑灭了棉包的火，但棉包内的火继续以约 $10\sim 15\text{cm}^2/\text{h}$ 速度向周围扩散，随着温度的升高，燃烧蔓延加速，并逐渐由阴燃变成明火。在这时，应松开棉包，注入大量水，否则会再次酿成火灾。

第二节 回溯推理的种类

根据回溯推理前提中充分条件蕴涵命题前件特征的不同，可分为归纳回溯推理和非归纳回溯推理；根据其推理过程的方向不同，又可分为前进回溯推理和后退回溯推理两种。

一、归纳回溯推理与非归纳回溯推理

1. 归纳回溯推理

归纳回溯推理与“非归纳回溯推理”相对。它是指作为前提的充分条件蕴涵命题（即关于普遍性原理知识的命题）的前件（后件存在的理由）是后件的概括。

例如，工业毒物经呼吸道途径侵入人体可导致职业中毒，工业毒物经皮肤途径侵入人体可导致职业中毒，工业毒物经消化道途径侵入人体可导致职业中毒；

如果工业毒物经任何途径侵入人体都可导致职业中毒，那么工业毒物经呼吸道途径侵入人体可导致职业中毒，工业毒物经皮肤途径侵入人体可导致职业中毒，工业毒物经消化道途径侵入人体可导致职业中毒。

所以，工业毒物经任何途径侵入人体都可导致职业中毒。

在这个例子中，充分条件蕴涵命题前件是“工业毒物经任何途径侵入人体都可导致职业中毒”是对后件“工业毒物经呼吸道途径侵入人体可导致职业中毒，工业毒物经皮肤途径侵入人体可导致职业中毒，工业毒物经消化道途径侵入人体可导致职业中毒”的归纳概括，同时又是回溯推理的结论。在此例中，“呼吸道吸入、皮肤吸收、消化道进入”是工业卫生中一般归纳列出的工业毒物侵入人体的途径，而例中的结论“工业毒物经任何途径侵入人体都可导致职业中毒”也包括了如甲基异氰酸酯等毒物经眼的途径侵入致伤、致残等的职业中毒。

归纳回溯推理可用如下逻辑形式表示：

$$E_1 \wedge E_2 \wedge E_3, \dots, \wedge E_n \text{ (读作: } E_1 \text{ 并且 } E_2 \text{ 并且 } E_3 \dots \text{ 并且 } E_n \text{);}$$

$$H \rightarrow (E_1 \wedge E_2 \wedge E_3, \dots, \wedge E_n)$$

$$\text{(读作: 如果 } H \text{, 那么 } E_1 \text{ 并且 } E_2 \text{ 并且 } E_3 \dots \text{ 并且 } E_n \text{);}$$

所以， H 。

2. 非归纳回溯推理

非归纳回溯推理是指前件不是后件的归纳概括的一种回溯推理。亦即除了归纳

回溯推理以外的其他回溯推理。其推理的逻辑形式如下：

E ;

如果 H ，那么 E ;

所以， H 。

例如，1982年7月20日，上海某鱼品加工厂一名工人进入水深25cm的腌鱼池中清除积存污水，当他搅动污水时，有强烈的臭皮蛋恶臭逸出，并当即昏倒在池中。在旁的一位工人误认为是不慎滑倒，立即下池去救他，亦被恶臭熏倒。该厂副厂长、工段长、组长及技术员等人见此状，相继奋不顾身进入池中救人，也都被恶臭熏倒在池中，并且围在池边的工人也有多人中毒。这次事故，造成了4人死亡、4人重伤、6人轻伤。在分析事故原因时，可作如下溯原推理：

腌鱼池污水中释放出来的恶臭气体造成人员中毒、伤亡。

如果腌鱼池中有长期腐烂变质的有机物，它会产生有恶臭、溶于水、有毒的硫化氢，当人进入池中搅动污水时，硫化氢便大量逸出，那么腌鱼池中释放出来的恶臭气体会造成人员中毒、伤亡；

所以，腌鱼池中有长期腐烂变质的有机物，它会产生有恶臭、溶于水、有毒的硫化氢，当人进入池中搅动污水时，硫化氢便大量逸出。

事实上，腌鱼池或阴沟中有机物长期存在，它会腐烂变质并产生硫化氢，硫化氢能溶于水和乙醇、有毒、空气中最高容许浓度为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，它易燃、易爆，爆炸极限为 $4\% \sim 44\%$ 。

硫化氢(H_2S)的性质如下。

在石油炼制、石油化工、化学纤维、硫化染料、化肥、橡胶、鞣革及含硫金属的冶炼等工业生产中均伴有硫化氢。在沼泽地沟渠、水井、下水道、隧道和清除垃圾、污物、粪便等以及化学实验室中，都有接触硫化氢的可能。特别值得关注的是，在石油炼制过程中，接触高浓度硫化氢的机会非常之多。在催化裂化、加氢裂化、催化重整、加氢精制、焦化、减黏、脱硫、制硫、气体分馏、双塔汽提等装置的石油气、酸性水和废渣中都含有不同浓度的硫化氢，在生产和贮运过程中随时都有发生硫化氢中毒的可能。

(1) 理化性质 硫化氢为无色具有臭鸡蛋味的气体。相对密度为1.198。在地表面或低凹处空间积聚，不易飘散。易溶于水，也易溶于乙醇、汽油、煤油、原油中，溶于水生成氢硫酸。

硫化氢的化学性质不稳定，在空气中容易燃烧。它能使银、铜及金属制品表面发黑，与许多金属离子作用，生成不溶于水或酸的硫化物沉淀。

(2) 毒性及对人的危害 硫化氢属II级毒物，是强烈的神经毒物，对黏膜有明

显的刺激作用。低浓度时，对呼吸道及眼的局部刺激作用明显；浓度越高，全身性作用越明显，表现为中枢神经系统症状和窒息症状。

人的嗅觉阈为 $0.012\sim 0.03\text{mg}/\text{m}^3$ ，起初臭味的增强与浓度的升高成正比，但当浓度超过 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 之后，浓度继续升高臭味反而减弱。在高浓度时，很快引起嗅觉疲劳而不能察觉硫化氢的存在，故不能依靠其臭味强弱来判断硫化氢浓度的大小。

硫化氢的局部刺激作用，是由于接触湿润黏膜与钠离子形成的硫化钠引起的。目前认为，硫化氢的全身作用是通过与细胞色素氧化酶中三价铁及二硫键起作用，使酶失去活性，影响细胞氧化过程，造成细胞组织缺氧。由于中枢神经系统对缺氧最为敏感，因此首先受害。高浓度时则引起颈动脉窦的反射作用使呼吸停止；更高浓度也可直接麻痹呼吸中枢而立即引起窒息，造成“电击样”中毒。硫化氢对人体的危害见表 8-1。

表 8-1 硫化氢对人体的危害

浓度/ (mg/m^3)	接触时间	毒 性 反 应	危害等级
1400	顷刻	嗅觉立即疲劳，昏迷并呼吸麻痹而死亡	重度
1000	数秒钟	很快引起急性中毒，出现明显的全身症状，呼吸加快，很快因呼吸麻痹而死亡	
760	15~60min	可引起生命危险，发生肺水肿、支气管炎及肺炎、头痛、头晕、激动、呕吐、恶心、咳嗽、喉痛、排尿困难等症状	
300	1h	出现眼和呼吸道刺激症状，能引起神经抑制，长时间接触，可引起肺水肿	中度
70~150	1~2h	眼及呼吸道出现刺激症状，吸入 2~25min，即发生嗅觉疲劳，不再嗅到气味，长期接触可引起亚急性和慢性结膜炎	轻度
30~40		虽臭味强烈，仍能忍耐，这是引起局部刺激和全身性症状的阈浓度	
4~7		中等强度的臭味	无危害
0.4		明显嗅出	
0.035		嗅觉阈	

(3) 中毒表现

① 轻度中毒 有畏光流泪、眼刺痛、流涕、鼻及咽喉灼热感，数小时或数天后自愈。

② 中度中毒 出现头痛、头晕、乏力、呕吐、运动失调等中枢神经系统症状，

同时有喉痒、咳嗽、视觉模糊、角膜水肿等刺激症状。经治疗可很快痊愈。

③ 重度中毒 表现为骚动、抽搐、意识模糊、呼吸困难，迅速陷入昏迷状态，可因呼吸麻痹而死亡，抢救治疗及时，1~5d可痊愈。在接触极高浓度时(1000mg/m³以上)，可发生“闪电型”死亡，即在数秒钟突然倒下，瞬间停止呼吸，立即进行人工呼吸尚可望获救。

二、前进回溯推理与后退回溯推理

1. 前进回溯推理

前进回溯推理又称“前进溯原推理”，与“后退回溯推理”相对。它是从假定成立的命题作为前提来推出逻辑推断为结论的一种回溯推理。

例如，假设某厂“10·21”油罐火灾爆炸事故是由于作业人员误操作，错开了油罐阀门，将无铅汽油打入已满的油罐中，而且在计算机连续报警情况下作业人员没有及时处理，致使汽油泄漏外溢，挥发至空间达到爆炸极限，遇火花或明火造成的；

如果某厂“10·21”油罐火灾爆炸事故是由于作业人员误操作，错开了油罐阀门，将无铅汽油打入已满的油罐中，而且在计算机连续报警情况下作业人员没有及时处理，致使汽油泄漏外溢，挥发至空间达到爆炸极限，遇火花或明火造成的；那么，因错开阀门将无铅汽油打入已满的汽油贮罐中，且所打入的汽油量与泄漏外溢出来的汽油量相等，泄漏外溢出来的汽油有一定时间在一定的空间范围内挥发达到爆炸极限，遇火花或明火而发生空间爆炸，继而引起火灾；

所以，因错开阀门将无铅汽油打入已满的汽油贮罐中，且所打入的汽油量与泄漏外溢出来的汽油量相等，泄漏外溢出来的汽油有一定时间在一定的空间范围内挥发达到爆炸极限，遇火花或明火而发生空间爆炸，继而引起火灾；

由于这一推理结论是或然的，需要进行验证。根据调查，阀门确实开错了，是错开了311号油罐的出口阀，将汽油打入已满的310号油罐，计算打入的量与空间爆炸、局部燃烧等所消耗的量一致；计算机报警到爆炸有2个多小时，泄漏外溢出来的汽油足以在一定范围空间内挥发至爆炸极限，爆炸前人们闻到了强烈的汽油味；爆炸前有一辆排气管无防火罩的拖拉机闯入该库区。这就证明了假设这次爆炸火灾事故所发生的原因是正确的。

前进回溯推理的形式是：

假定 H 成立；

并且“如果 H ，则 E ”；

所以， E 。

式中，“ H ”是一个假设为真的待证命题，通过“如果 H ，则 E ”推出 E ，而

E 则是已知为真的事实命题或可被实践证明的命题。

2. 后退回溯推理

后退回溯推理又称“后退溯原推理”，与“前进溯原推理”相对。它是从假定的命题所必然推出的推断为前提，推出其假定命题为结论的一种回溯推理。其推理形式为：

$$\frac{\text{假定如果 } H, \text{ 那么 } E,}{\underline{\underline{E,}}}$$

所以, H 。

式中，“ H ”表示假定成立的命题， E 表示从假定的 H 所必然推出的推断，并且可以证实为真。

例如，1997年1月2日14时30分，河北峰峰矿物局在通二矿02166底层回采工作面上，早班和中班的56名工人正在现场进行交接班。中班群监员范保所接班后即四处查看有否不安全隐患，检查过程中他发现顶板异常，不断发出响声，于是他根据多年的安全生产工作经验猜想：顶板异常，不断发出响声是顶板岩石在地压作用下与基岩发生分离的现象。顶板会出事！对此，他立即通知工作面上的所有人员紧急撤离。在全体人员撤离后两分钟，只听“呼”的一声巨响，工作面冒顶30多米。他细致的观察，正确的推理，果断的撤离措施，避免了一次恶性冒顶伤亡事故，人们万分感谢和赞扬这位尽职尽责的群监员。其整个推理过程可表述如下：

假设如果顶板异常，不断发出响声是顶板岩石在地压作用下与基岩发生分离的现象，那么，便会很快发生顶板岩石大量脱离基岩落下的冒顶事故；
在全体人员撤出两分钟后，发生了长达30多米的顶板岩石大量脱离基岩落下的冒顶事故；

所以，顶板异常，不断发出响声是顶板岩石在地压作用下与基岩发生分离的现象。

后退回溯推理的逻辑形式，还可表述如下：

$$\frac{\text{假定如果 } H, \text{ 那么 } E_1, \text{ 且 } E_2, \text{ 且 } E_3, \dots, \text{ 且 } E_n;}{\underline{\underline{E_1, \text{ 并且 } E_2, \text{ 并且 } E_3, \dots, \text{ 并且 } E_n;}}}$$

所以, H 。

式中，“ H ”表示假定成立的命题， E_1 、 E_2 、 E_3 、 \dots 、 E_n 表示假定的 H 所必然推出的推断，并且可以证实为真，由此就可推出 H 真。例如：

H 表示“从1开始的 K 个连续奇数之和为 K^2 ”；

由 H 可推出 $E_1(1=1^2)$ 、 $E_2(1+3=2^2)$ 、 $E_3(1+3+5=3^2)$ 、 $E_4(1+3+5+7=4^2)$ …，而 E_1 、 E_2 、 E_3 、…均已被证实为真，故就可推出“从1开始的 K 个连续奇数之和为 K^2 ”。不过，这儿所运用的推理是一种或然性推理，不能由此认为

是在逻辑上得到了严格的证明，严格的证明需要应用数学归纳法进行证明。

人们在提出假设时，一般借助于这种后退回溯推理，其应用过程是：以实践或实验所获得的真命题作为基础，设法去说明假设，再从由此获得的假设演绎推断出出发命题，然后再进一步验证假设。

第三节 回溯推理的应用

回溯推理经常应用在假设验证、医疗卫生、刑事侦查及事故分析等方面。

一、回溯推理应用于假设验证

一个假设是否真实地反映了客观世界的规律性，它不依赖于人们的主观信仰或社会公认，需要通过逻辑验证以确定假说能否成立，进一步通过观察、科学实验、社会实践来确证假说所推断出来的事实结论是否正确、可靠。

例如，1844年德国天文学家培塞尔观察到天狼星在天空的位置忽左忽右，其位移有周期性的偏差度。他根据观察到的资料和万有引力定律作出了天狼星位置周期性地摆动的假定性说明：天狼星有一个未知的光度较弱而质量很大的伴星。他们两者围绕着共同的引力中心运行，这个伴星的引力使天狼星的位置发生忽左忽右具有周期性的摆动。

对此假设需要进行验证，验证如下：

如果天狼星有一个未知的光度较弱而质量很大的伴星，那么

天狼星发生忽左忽右具有周期性的摆动；

天狼星发生忽左忽右具有周期性的摆动；

所以，天狼星有一个未知的光度较弱而质量很大的伴星。

由此，假说得到了逻辑验证，成立。但还需要根据进一步的观察、科学实验进行确证。

在1862年，制造出来了新的高倍望远镜，进行天文观察时果然看到了这颗天狼星的伴星；并且，后来根据星光的光谱分析，又进一步证实了培塞尔关于天狼星摆动现象的假说。

二、回溯推理应用于医疗卫生

在卫生防疫上，以及医生对病人进行诊断医疗时，经常应用回溯推理。

例如，英国医生詹纳注意到了挤牛奶的女工感染了牛痘获得了天花的免疫这一事实，从中得到启发，他设想用天花免疫法来预防天花，对那位挤牛奶女工作了如下推理：

假定如果给人们接种牛痘就可获得天花免疫，那么挤牛奶的女工

感染了牛痘获得了天花免疫；

那位挤牛奶的女工感染了牛痘而获得了天花免疫；

所以，给人们接种牛痘就可获得天花免疫。

上述所应用的推理方法是一种回溯推理方法。

三、回溯推理应用于事故分析

人们在工作中经常遇到的另一类由因溯果的事物是事故分析。由于事故的发生具有偶然性、突发性、隐蔽性、重复性、消极性、历史性，所以在分析事故原因时，其情况、特点、性质和难度与刑事侦查十分相似，人们要从死伤者的情况、现场情况、所获得的物品或痕迹、调查或测得的材料入手，运用回溯推理等逻辑方法去追溯造成事故的原因，以分析清楚事故发生的真正原因。

例如，某市某日 13~15 时，城区 10kV 电力电网进行停电施工。在刚过 14 时，发生了该 10kV 电力电网突然来电的事故，对此要迅速分析清楚造成事故的原因，他们运用回溯推理进行了如下推理：

E （停电的城区 10kV 电力电网突然来电）；

如果 H_1 （调度中心向电网送电），则 E （停电的城区 10kV 电力电网突然来电），

如果 H_2 （中心变电所发生误操作），则 E （停电的城区 10kV 电力电网突然来电），

如果 $H_3、\dots、H_{n-1}$ （各在网自备电源用户向电网倒送电），则 E （停电的城区 10kV 电力电网突然来电），

如果 H_n （有不在网的自备电源用户向电网倒送电），则 E （停电的城区 10kV 电力电网突然来电），

这样，穷尽了 E 存在的所有原因：

$$\frac{(H_1 \vee H_2 \vee H_3, \dots, \vee H_n) \longleftrightarrow E;}{\text{所以, } H_1 \vee H_2 \vee H_3, \dots, \vee H_n.}$$

在上述所有的原因中，据查：调度中心未向该电网送电，10kV 电网上不应有电，所以 H_1 排除；中心变电所未发生误操作，所以 10kV 电网上不存在由中心变电所供给电，故 H_2 也要排除；在网各自备电源用户均未发生向 10kV 电网倒送电，因此电网上电不可能由在网自备电源倒送上的，所以 $H_3、\dots、H_{n-1}$ 要排除；这样，就剩下 H_n 为不在网的自备电源用户向 10kV 电网倒送电，用公式表示则为：

$$\frac{H_1 \vee H_2 \vee H_3, \dots, \vee H_n,}{\neg H_1 \wedge \neg H_2 \wedge \neg H_3, \dots, \wedge \neg H_{n-1};}$$

所以, H_n 。

这样推出的结论是必然性的，但问题还没有彻底解决，需要找到这个不在网的自备电源用户。于是几十个电力安全巡查员分赴各地域查找，查了一个小时还是毫无结

果。突然，有人敏感地注意到离施工现场 200 多米的平房里射出来的一缕灯光，施工负责人立即赶过去，发现目标现场有 20 多名电视中专校外班的学生在一盏 40W 的电灯下，在电视机前听电教老师讲课，电源是从邻里借来的一台不停电电源——逆变器，逆变器的输出线搭接在该房间电源进线的单相单掷刀闸的上桩头上，这样就造成了给该网的一台公用降压变压器供电，致使该变压器升压后返送到 10kV 电网上。

在调查分析事故原因时，首先要根据事故规模、现场情况、破坏情况、人员伤亡情况等，以及调查、记录，由有关部门来判断是否纯属事故。在这一判断过程中，往往用穷尽前提中引起事故这一结果的所有可能原因，穷尽提出推断的全部理由的必然性回溯推理。如死亡事故要考虑是否是他杀、自杀、因病死亡、工伤死亡等因素；火灾事故要考虑是否故意纵火、雷击、明火、电气火灾等原因引起的。如果已经认定纯属工伤、火灾、爆炸等事故，再按国家的有关规定进行事故原因调查分析，在这一过程中，根据事故情况，有关的知识、规律运用逻辑方法去调查分析、推理、判断，甚至必要时进行试验。

例如，1985 年 4 月 19 日，哈尔滨市天鹅饭店第 11 层楼发生火灾，烧毁了 6 间房间，烧坏了 12 个房间，走道吊顶大部分被烧毁，铝合金骨架有的脱落，有的裸露；“席梦思”床、铝合金窗、彩色电视机、床头电器控制、沙发等均被烧掉；共有 10 人死亡，7 人受伤，经济损失共达 25 万余元。

对此火灾事故进行现场勘察、调查后，首先要初步分析确定此次火灾是什么原因引起的，是故意纵火呢？还是电气引起的火灾？或者是明火等造成的。

这可以运用回溯推理来进行：

已知 E （天鹅饭店第 11 层楼发生火灾）， H_1 （纵火） $\vee H_2$ （电气短路、超负荷等） $\vee H_3$ （炉子等明火） $\vee H_4$ （雷击） $\vee H_5$ （吸烟不慎引燃易燃物品） $\rightarrow E$ （天鹅饭店第 11 层楼发生火灾）；

所以， $H_1 \vee H_2 \vee H_3 \vee H_4 \vee H_5$ 。

按照当时情况来判断已穷尽了可能造成火灾的原因。根据调查分析： H_1 不可能，饭店管理严格而且无任何纵火痕迹； H_2 不是，因为电气线路完好，不超负荷运行，也无电热器等； H_3 不存在，案发前无炉子等明火存在； H_4 更不是，当天无雷击。只剩下 H_5 （吸烟不慎引燃易燃物品），亦即：

$$H_1 \vee H_2 \vee H_3 \vee H_4 \vee H_5;$$
$$\neg H_1 \wedge \neg H_2 \wedge \neg H_3 \wedge \neg H_4;$$

所以， H_5 。

由此，结合火灾初始阶段、现场情况、调查了解到的情况，提出如下假设：火灾是 16 号房间的一个美国商人酒后卧床吸烟引燃床罩造成的。

假设是否成立，需要运用回溯推理进行推演：

如果是 16 号房间的一个美国商人酒后卧床吸烟引燃床罩，那么，酿成火灾；
酿成火灾；

所以，火灾是 16 号房间的一个美国商人酒后卧床吸烟引燃床罩。

假设成立，但还需要进行确证。经过现场勘察、取样分析、群众调查以及逻辑分析推理，证实了上述假设的正确性。主要证据如下。

① 火灾初始阶段只见烟，不见明火，这说明火灾是经历了相当长时间的阴燃过程，致使紧靠床头的墙的一方钢龙骨被烟熏黑，而其他房间被烧的钢龙骨却没有被烟熏黑的痕迹。

② 16 号着火房间的房顶被烟熏的痕迹重，其他房间则轻。

③ 火灾起始阶段，旅客发现 16 号房间最先冒出浓烟。

④ 据肇事者自述：他被烟呛醒起身又摔倒在地上，不见火光只见浓烟，趑趄走出房门还有轻度中毒现象，而他身穿的西服上装的右袖口至右肩部有烧成长条状的炭化痕迹，头发也局部被烧焦。

⑤ 火灾是从 16 号房间向外蔓延的，理由如下。

a. 16 号房门框炭化层内侧较深，外侧较浅，而其他被烧房间的情况则与此相反。

b. 16 号房间的两个铝合金窗框有明显的由上至下，由内向外缓慢烧熔的滴流状痕迹，表明这是金属在高温气流向外扩散时留下的熔痕，而其他房间铝合金窗框熔痕则呈猛烈燃烧的大面积熔化痕迹。

c. 16 号房门北侧西墙下部内侧双层石膏板墙全部被烧毁，而外侧石膏板被烧较轻，只有烟熏痕迹，也说明了火是从室内向室外蔓延的。

第四节 科学解释的多元性、多层次性和 事故原因的多元性、多层次性

一、科学解释的多元性、多层次性

1. 科学的多元性

运用普遍性科学定律去解释已知的特定经验事实，往往会遇到多元的科学假设，亦即产生这个已知的特定经验事实的原因可能有很多，这就需要对多元的科学解释逐个加以筛选，排除掉不能或不能充分解释的原因，以找到真正能作出科学解释的科学定律。

例如，出生于匈牙利的泽梅尔魏斯医生，在维也纳综合医院于 1844~1848 年仔细研究了产褥热（产褥热是产妇在产后 10d 由致病细菌侵袭产后子宫内的创面并扩散到生殖器官及盆腔其他部位所引起的一种死亡率很高的炎症）死亡率很高的这一经验

事实，他提出了 9 种解释：

- ① “疫气的影响”；
- ② 病员过于拥挤；
- ③ 病员的膳食差；
- ④ 护理不好；
- ⑤ 医学院学生的粗鲁检查；
- ⑥ 神父及其随从所引起的恐惧感；
- ⑦ 仰卧着分娩；
- ⑧ 感染“尸体物质”；
- ⑨ 感染“活的机体内产生的腐败物”。

在对各个解释逐个检验后，否定了前面 7 个解释，只有后两条才能圆满地解释产褥热死亡率高这个事实。

直至 19 世纪下半叶时，法国著名的微生物学家巴斯德创立了微生物学，找到了产生产褥热的致病细菌，如存在于各种腐败物中的厌氧芽孢杆菌属、需氧芽孢杆菌属以及其他几种革兰阴性短杆菌。

由此可知，科学解释是运用科学原理去解释已知的经验事实，是科学应用；而去探索未知的普遍性科学定律解释已知的经验事实，则为科学发现。

可以说，回溯推理的过程是寻求科学解释的过程。

2. 科学解释的多层次性

由于科学原理存在着普遍性程度的不同，较低层次的科学定律可作为被解释项，从较高层次的科学定律予以科学解释。如热力学第一定律可以从能量守恒和转化定律得到解释；1929 年，美国天文学家哈勃发现的“哈勃定律”可以从 1842 年多普勒发现的“多普勒效应”得到科学解释。

较高层次的科学定律解释较低层次的科学定律，较低层次的科学定律又可解释经验事实，构成了科学解释的多层次系统。使人们能越来越深刻地认识经验事实，并且进一步去发现、理解和掌握越来越普遍的科学定律。

二、事故原因的多元性、多层次性

事故发生的原因是多元性、多层次性的，运用回溯推理去分析认识事故是从其原因的多元性中筛选出产生事故的直接原因（即一次原因）的过程。事故原因还存在着多层次性。一次原因中的每一个原因还存在着产生它的二次原因，进一步分析还有三次原因、四次原因……这就构成了事故的多层次性（见图 8-1），依次进行回溯推理，就可以掌握许多的因素，从而可制定出预防事故的有效对策措施。

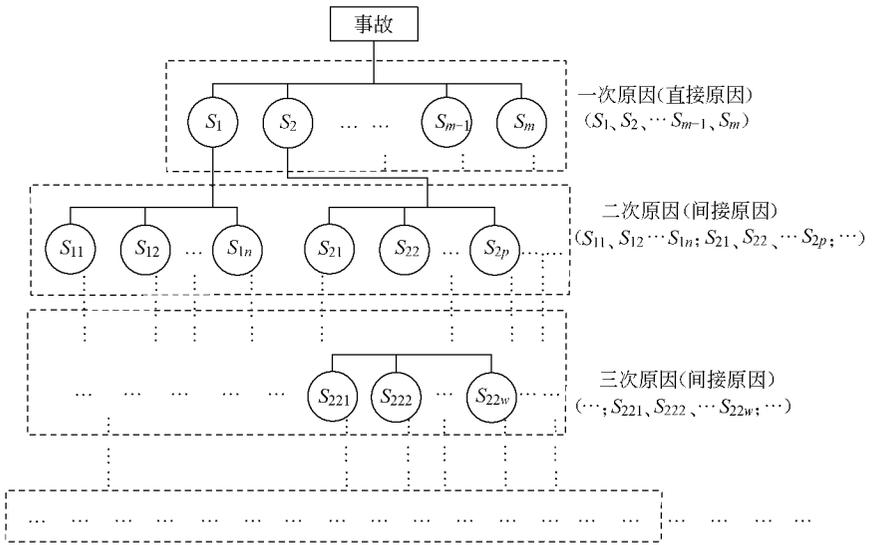


图 8-1 事故-原因层次分析图

按事故的致因机理来说：一个事故往往不是由单一原因因素造成的，而往往是由若干个原因因素（直接原因，或称一次原因）耦合在一起，当符合事故发生的充分必要条件，事故就立即爆发，多一个一次原因不需要，少一个一次原因就不会发生。由此可知，只要破坏其一个一次原因事故就不可能发生，这就是防止事故发生的机理。而且，每一个一次原因也都由一个或若干个二次原因所组成，每一个二次原因也都由一个或若干个三次原因所组成，依此类推。从这些原因中就提供了人们直接的或间接的、简单的或复杂的去预防一个事故发生的线索，甚至找到避免该事故的规律。

- ☆第一节 逻辑规律概述
- ☆第二节 同一律
- ☆第三节 矛盾律
- ☆第四节 排中律
- ☆第五节 充足理由律

逻辑规律与安全生产

第一节 逻辑规律概述

逻辑规律是指人们在进行逻辑思维的过程中正确地运用概念、判断、推理等思维形式的规律。它包括普通逻辑的同一律、不矛盾律、排中律和充足理由律；也包括辩证逻辑中的对立统一思维规律、分析与综合相结合的规律等。

一、普通逻辑基本规律的客观基础及其作用

1. 普通逻辑基本规律的客观基础

思维是人脑对客观世界的反映，逻辑规律是客观事物的规律在人的思维中的反映。任何事物在发展到一定阶段时，都具有相对的稳定性（亦称事物质的规定性），客观事物这种质的规定性反映在人类思维中，就表现为思维的本质特征，即思维的确定性，亦即一个思维反映了什么就是反映了什么。而普通逻辑的规律就是从不同的角度表现了思维的确定性。因此，事物的质的规定性可以说是普通逻辑基本规律的客观基础。

思维的确定性要求人们的思维要具有准确性、一贯性、明确性和合理性。只有这样才能达到概念明确，判断准确，推理严密，论证有说服力。要求人们在使用概念、判断时不能混淆不清、模棱两可，必须保持其自身的同一性，这就是同一律；在

使用概念、判断时不能自相矛盾、出尔反尔，这就是不矛盾律；在同一思维过程中，对两个互相矛盾的判断，要有所抉择，非此即彼，不能不置可否或两不可，此即排中律；在论证中，所确立的判断，根据要充分，理由要充足，这就是充足理由律。这四条逻辑基本规律是人们在思维实践中总结、概括出来的，它是客观事物规定的反映，是人们正确运用各种思维形式的先决条件，也是正确思维的必要条件。

2. 普通逻辑的基本规律是各种思维形式的特殊规则的依据

概念、判断、推理等各种思维形式及其结构都受制于其特殊的规则、规律，如概念有定义规则、划分规则等，判断有变形规则、等值规则等，各种推理形式都有其各自的具体规则等。但是，这些所有的逻辑规则又都受制于普通逻辑的四条基本规律。

3. 普通逻辑的基本逻辑规律对人们思维的作用

由于普通逻辑的四条基本规律具有客观性，因而决定了它对人们的思维具有规范作用。只要人们进行思维，它就起着作用；要正确地进行思维，必须遵守这四条基本规律。否则，违反这四条基本规律思维就会混乱，就难以具有确定性、不矛盾性、明确性和令人信服的论证性。

在安全生产中，对许多事物要进行思维，例如，如何搞好安全生产要进行思维；研究触电发生的规律要进行思维；考虑预防事故和职业危害的对策措施要进行思维；分析事故的原因要进行思维，要思维分析事故原因是否正确，是否合乎逻辑，是否有说服力……这些都要遵守逻辑的基本规律。

二、辩证逻辑规律

辩证逻辑虽然不属于普通的逻辑范畴，但是它对安全工作具有重要的指导和实践意义。我们在研究运用安全逻辑学时也必须运用辩证逻辑原理指导安全工作。

1. 对立统一规律

它是自然界、人类社会和思维发展中普遍存在和起作用的规律。它揭示出事物或现象内部都存在着既互相依赖、统一，又互相排斥、斗争的对立面，由对立面的统一、斗争推动着事物的发展、转化。如数学中的“正”与“负”，物理中的“阳电”和“阴电”，化学中的“化合”与“分解”，安全生产中的“安全”与“危险”等都是对立统一的。

2. 分析与综合相结合的规律

分析是人们思维时将事物分解为各个部分加以考察的方法，是人们认识事物整体的必要阶段；综合是人们思维时将事物的各个部分联结成一个整体加以考察的方法，是按事物各个部分之间的内在联系有机地统一为一个整体的必要环节。分析与

综合，两者是相统一的，它们相互依存、渗透和转化；没有分析，也就没有综合，反之亦然，在分析中有综合，在综合中有分析。人们认识事物从现象到本质的过程表现为分析→综合→再分析→再综合这样相互转化不断完善发展的运动。如人们在形成一个概念的时候，就要分析研究对象的各个方面，然后再综合地把握对象的整体；人们在对一个企业在役装置进行安全性评价时，就要分析其地理、地质、水文、气象，工艺结构布局，设备、设施，物料输送情况，生产工艺条件，贮存及运输情况，领导的安全态度、安全机构、规章制度及其执行情况，尘毒监测情况，事故隐患，事故情况等，运用安全评价方法分析其危险、危害性及其程度，并提出安全对策措施；再综合起来加以判断就形成该企业在役装置安全、卫生评价结论。

3. 否定之否定规律

它也是自然界、人类社会和思维发展的普遍规律。它揭示由于事物内部矛盾产生的事物发展是螺旋式、波浪式地前进上升的，它显示了事物自身发展完善的过程。在事物发展的过程中，由于事物内部矛盾的充分展开，每一阶段都是否定前一阶段，其本身又为后一阶段否定，经过否定之否定，事物往往周期性呈现出旧的肯定阶段的某些特征、特性，经过多次否定之否定，事物逐渐由简单到复杂，由低级到高级的曲折上升的周期性螺旋式发展过程。如建国以来，国内的安全生产曾出现过几次对安全重视与不重视的否定之否定发展过程，呈现出不重视安全就出现事故高潮；重视安全，出现生产形势好、事故少的周期性特征，由此安全生产出现了复杂的、曲折的、不断提高的过程。

4. 质量互变规律

质量互变规律是自然界、人类社会和思维发展的一个普遍规律。也称“量变质变规律”、“量变到质变的转化规律”。它揭示了事物、现象通过量变和质变的互相转化实现了由于内部矛盾所引起的发展过程。事物在其运动发展过程中呈现两种基本形式：量变和质变。量变是指数量上的增加或减少，是一种不显著的逐渐变化；质变是指由一种质的形态向另一种质的形态突变（即飞跃），是渐进过程中的中断，是一种根本性质的变化。量变是质变的必要准备，有量变才有质变；质变是量的变化积累到一定程度的必然结果，旧质消灭，新质产生。在量变过程中，有在整体上、全局上没有发生根本质变的部分质变，而在过程的不同阶段、不同领域发生了质变；在质变过程中，新质突破一点或几点后，在数量上迅速扩张，最终完全压倒旧质而取得支配地位，完成质的飞跃。由量变到质变，又由质变到量变，不断循环往复，构成了事物发展的无限过程。如易燃易爆物质在一定空间中，当它与空气混合的体积百分含量逐渐增高，到达其爆炸下限的体积百分浓度时，遇明火或其他激

发能源就瞬时发生爆炸。再如，氮气是一种无色无臭无味的气体，在空气中氮气含量为 78%，一般人误认为氮气含量高最多是缺氧问题，其实不然，当人体吸入高纯度的氮气（大于 83% 以上），就会造成大脑缺氧，其机理是氮将人体大脑及血液中的氧离子置换出来，致人死亡（称为“脑死”），这是无法抢救的。空气中氮含量对人体的危害见表 9-1。

表 9-1 空气中的氮含量对人体的危害

空气中氮含量/%	对人体的危害
78	大气中的标准含量,对人体无影响
80	人体能吸入的最高含量,如超过 80%就属缺氧
83	火自动熄灭
84	人体吸入后呼吸加重,心跳过速
88	人体吸入后呼吸进一步加重,动作迟钝
89	人体吸入后面色苍白,不能走动,呼吸困难
92	人体吸入后大口喘气,心跳极其迅速,面色发青,精神混乱
93	肌肉毫无反应,失去知觉
95	40s 之内毫无前兆,立即倒地死亡

第二节 同 一 律

一、什么是同一律

同一律的基本内容是：在同一思维过程中，每一个思想（概念或判断）其自身是同一的。

所谓思想的同一性是指概念或判断的同一性，亦即在同一思维过程中（即对同一对象的同一思维），所使用的概念都有其确定的内涵和外延，因此，每一概念都只与其自身同一而区别于其他概念，如因工伤亡事故是指职工在劳动过程中发生的人身伤害（包括急性中毒事故），区别于抢险救灾伤亡事故、非因工（干私活、打架斗殴、开玩笑等）伤亡事故、因病伤亡；所使用的判断都有其确定的内容，必须肯定什么就是什么，否定什么就是什么，保持同一个断定，如断定一起事故是否是工伤事故，按与生产或工作有没有关系，因工还是非因工，受伤还是因病等予以断定，是工伤就是工伤，是非工伤就是非工伤。

所以，同一律是关于思维确定性的规律。

同一律的基本内容可用逻辑公式表示为：

A 是 A(或 $A \rightarrow A$)

A 表示任何一个概念或判断。可以读作：如果 A 是真的，则 A 是真的；如果 A 是假的，则 A 是假的。

同一律的逻辑要求是：在同一思维过程中，每一个概念或判断必须保持其自身的同一，亦即要保持思维的确定性。

二、违反同一律要求的逻辑错误

在运用概念、判断及其进行推理、论证过程中，若违反了同一律的要求，就会犯逻辑错误。在概念方面就会犯“混淆概念”或“偷换概念”的逻辑错误；在判断方面就会犯“转移论题”或“偷换论题”的错误。

(1) 混淆概念 是指在思维或论辩过程中，将两个不具有同一关系的概念等同使用的逻辑错误，一般是不自觉或无意的，常常发生在一词多义或两词近义的情况。如“盐”，在生活上指“食盐”；而在化学上“盐”是一个泛称，指工业盐，其种类就多得很。由此混淆，不少建筑工地上在缺“盐”（食盐）情况下，而将防冻用的抗冻剂“盐”（亚硝酸钠）在尝过后因微甜微咸就用来做菜做汤，造成职工食后中毒甚至死亡的案例；在医院中也因此发生混淆，将亚硝酸钠（盐）误作“食盐”来配制生理食盐水灌肠，而造成死亡的医疗事故。

而自觉地、有意识地混淆概念，则为诡辩。

(2) 偷换概念 是指在思维或论辩过程中，自觉或不自觉地用一个概念去代替另一个不同概念而犯的逻辑错误。这也是一种常见的诡辩手法，主要有以下几种表现。

- ① 将一个概念的内涵和外延改变，成为另一个概念。
- ② 利用多义词的一词多义（表达几个不同概念），有意混淆不同概念。
- ③ 强调概念之间的相似之处去抹杀不同概念的本质区别。
- ④ 将集合概念和非集合概念混淆起来。

例如，有时会碰到画图、打字的职工眼睛近视、老化，在空调房间工作的职工易患关节炎等，说成是职业病，这是混淆了集合与非集合概念（职业病系指劳动者在生产劳动及其他职业活动中，接触职业性有害因素引起的疾病。在立法意义上，职业病指由国家明文规定的法定职业病，具有一定的范围）。

(3) 转移论题 是指在论证中有意或无意地将论题进行了转换所犯的一种逻辑错误。如在议论时，离开原来的议题东拉西扯的离题或跑题现象，具体例子如某单位领导在一次以“实现安全第一，预防事故发生”为题的中层干部会上发表议论

时，百分之九十的时间和篇幅却去谈论厂内的生产形势、效益与产量、质量的目标和关系等。再如，“安全生产规章制度制定后，就要照章执行。有章不循，等于无章。也就是说，再好的安全生产规章制度如果不能为人们所遵守，无异于一纸空文。所以，要有完善的安全生产规章制度，使职工在生产各个方面都有章可循”。这段论证犯了转移论题的错误，本应论证“按章执行”，可结论却成了“要有完善的安全生产规章制度，使职工在生产各个方面都有章可循”，违反了逻辑同一律的要求。

(4) 偷换论题 是指在论证中往往是有意地将要论证的论题改换成别的论题所犯的逻辑错误，是一种诡辩。一般，将原来的论题偷换成另一个完全不相干的论题较少，而大多是换成一个近似的论题。如某建筑工地，项目经理看到迟到的青工甲从脚手架爬到三楼，就对他说“你从脚手架上爬上来违反规定，容易发生高处坠落事故！”可青工甲却振振有词地说：“从脚手架上爬上来快，可以早点干活，而且还可以顺便检查脚手架有没有问题，这是一举两得的事”。这个青工甲纯属是偷换论题的狡辩，把自己迟到又违反安全规定撇在一边，以早点干活和检查脚手架来搪塞、对抗，是故意违反同一律的诡辩。

在反驳过程中，若有意或无意地去反驳一个与论题不相关或虽相关但并不同一的论题，也是偷换论题的诡辩。

三、同一律在安全生产中的应用

同一律的主要作用在于保证思维的确定性。思维只有具有确定性才能正确地反映客观世界，人们才能正确地认识事物，进行正确的表达和交流。可以说，思维的确定性是人们准确地运用各种逻辑形式的先决条件和逻辑基础，也是保证理论体系的严密性与科学性的必要条件。

十分显然，同一律也是人们进行安全生产正确思维的必要条件。

① 在安全生产中，诸如在定义、标准、规章制度以及论述或辩论过程中，要求人们要在同一个意义下来使用一个概念。若概念不准确就不能正确地思维以正确地表达思想；若思考问题时无意识地偷换了所运用的概念就不会有正确的结果；若在辩论时，不在同一意义条件下来使用概念，就会因“你说东来，他道西”而使辩论不能正确进行。如有一个人在下班下楼梯时，因走得太快（赶回打牌），不小心摔了一跤，把牙齿跌坏了一颗，右脚被扭伤，他非要强调自己是“因工负伤”，安技人员到现场调查时，发现楼梯无隐患，光线很亮堂，一切处于正常状态，稍一思索就果断地说：“这不是工伤”。前者是有意混淆概念，将自己不小心摔跤受伤说成

是“因工负伤”，违反了同一律；而安技人员进行调查后，在保证“工伤”思维确定性的情况下，作了肯定的结论，是正确地运用了同一律。

② 同一律帮助人们正确地分析认识事故。

同一律要求人们在使用概念、判断的同一思维过程中，要在同一时间、同一关系（或同一方面）条件下，对同一对象必须保持确定，即保持自身同一。否则，同一律的确定性就不能加以限制，得到保证，就会犯违反同一律的错误，对所使用的概念、判断等的思维活动中，就难以具有确定性（不矛盾性、明确性及论证性）。

例如，众所周知，砷的化合物是有毒的，砷化合物曾多次造成严重的污染事故。如1955年，日本一家奶制品公司因砷污染奶粉，致使12000人中毒，造成130多人死亡；英国曾发生过一次砷污染事故，造成1000多人死亡。虽然砷的化合物大部分是有毒的，可是事物并不是绝对的，元素砷却是高等动物维持生命的20多种微量元素的一种，它对生命具有特殊的积极作用，甚至还有用微量砷来治病。对此，可以作为两个互相反对的判断：“砷化合物是有害于人体的”和“微量砷元素是有益于人体的”，它们都是正确的，并没有违反同一律，因为这是从不同的方面作出的判断，只是条件发生了变化。

同样，1990年夏，某厂甲、乙两气焊工在 2.2m^2 左右的狭小舱室内开孔，甲负责开工、乙在门口监护，点火前他们用泄放氧气来吹凉降温，并且说：氧气是人们呼吸所需要的气体，有益无害，现在还真凉快。可是，当甲用火柴点燃割炬时，由于舱内构成富氧环境，连甲、乙工作服内也充满了氧气，瞬即引起甲、乙两人工作服熊熊燃烧，速度之快、温度之高，在不到1min内就造成甲、乙两人大面积严重烧伤，甲于7d后、乙于27d后抢救无效先后死亡。这一案例说明了虽然关于“氧气是人们呼吸所必不可少的物质”的判断是正确的；但是，在另一方面，“富氧环境下，能使油脂、纤维在较小的激发能量下剧烈氧化引起燃烧”。这一判断也是正确的。这两个判断在同一思维过程中，混为一谈，最终造成伤亡。事实上，国内曾多次发生过在富氧环境下烧伤、烧死作业人员的案例。

此外，如何正确运用同一律时，有如下几个问题值得指出。

同一律只是要求人们的思维应具有确定性，但并不否认或排斥事物的发展变化；相反，同一律认为，只有思维遵守同一律才能正确地反映事物的发展、变化。

同一律是以在同一思维过程中为条件的，若对象、时间、关系改变了，或是因科学和各种实践的不断发 展，人们对事物的认识深入了，那么对反映事物的思想理所当然地也会随着发生变化。如过去人们的安全管理工作以传统管理为主，随着生产和安全科学技术的不断进步人们开始用安全科学管理逐步取代传统安全管理，因为沿用传统的安全生产管理所存在的一定缺陷，已不能适应安全生产管理工作的发展和需要，需要运用更好的安全科学管理方法。

为了遵守同一律并符合同一律有关要求，只是保持思维的确定性，而不能达到运用概念的灵活性。所以，要反映事物的对立统一，要反映事物的辩证法，只要遵守同一律还是不够的。

第三节 矛 盾 律

一、什么是矛盾律

矛盾律亦称“不矛盾律”。其基本内容是：在同一思维过程中，互相否定的思想不能同时为真，其中必有一假。

不矛盾律是关于思维一贯性的规律。它要求人们的思想要首尾一贯，不能自相矛盾。矛盾律要求人们在同一思维过程中，即在同一时间、同一关系下，就同一对象而言，不能对同一对象作出自相矛盾或互相反对的判定。

例如，有一位厂长在一次安全生产分析会上大谈特谈安全的重要性，并要求大家坚决贯彻“安全第一，预防为主”的方针。于是，有位车间主任就插话说：“厂长，我们车间内粉尘超标严重，有关部门已提出了批评，要求我们赶紧治理，职工意见也很大。对此，我们已制定了一个花钱不多的治理方案”。可是，厂长却回答说：“不急。现在生产要紧，创收是首要的”。显然，这位厂长违反了不矛盾律，在提出“安全第一”的情况下，又立即改口成“创收是首要的”，“现在生产要紧”。

不矛盾律的公式是：

$$A \text{ 不是非 } A$$

式中，“A”表示一个思想；“非 A”表示与 A 互相否定的思想。

A 和非 A 在同一思维过程中，不可能同为真，即其中至少有一个是假的，也可能两个都是假的。

二、违反矛盾律的逻辑错误

如果在同一思维过程中，出现违反矛盾律的现象，对某一对象既予以肯定又予以否定，就会犯“自相矛盾”（又称“逻辑矛盾”）的逻辑错误，不能自圆其说。这就是人们通常所说的“出尔反尔”、“前言不搭后语”、“自己打自己的嘴巴”。因此，在说话、写文章、作出判断时，不能违反矛盾律的要求避免“自相矛盾”的逻辑错误。

例如，1974年3月3日下午12时31分，土耳其航空公司的981次班机（麦克唐纳·道格拉斯 DC-10 型喷气式客机）从法国巴黎的奥利机场起飞仅 9min [航速 764km/h、高度 1.25 万英尺（1英尺=0.3048m）]，突然机头一低，垂直俯冲，坠毁

在埃默农维尔森林，机上 346 人全部丧生。在分析事故原因时，有人说“机上的货舱门锁上了”，后来又说“机上的货舱门未锁上”，发生了逻辑矛盾。后来，对货舱门进行了调查分析，981 次班机的货舱门从外表看来像锁上了，但实际上并没有锁紧，这一机型的货舱门在设计上存在着隐患。一年多前（1972 年 6 月 6 日），一架美国航空公司的 DC-10 型飞机在加拿大安大略省的温索尔市上空出事，货舱门被吹开，幸好控制尾翼的钢丝绳未被气浪切断，驾驶员艰难地勉强使飞机着陆，机组人员和乘客才幸免于难。可惜飞机设计、制造公司对这次未遂事故未引起高度重视，致使 981 次航班发生了如此空前惨重的空难。

对于暗含相互否定概念或判断的逻辑矛盾比较隐蔽，一般较难发现，要仔细分析，例如：

“有人想发明一种万能的溶液，可以溶化所有的物品”。仔细分析就会发现其“自相矛盾”，“万能溶液”什么都能溶化，那么制造这种“溶液”的设备及容器也必须不被其溶化，这就是典型的“自相矛盾”。

三、矛盾律的作用

遵守矛盾律有很大作用，可以保证思维的首尾一贯性，从而使思维能正确地反映客观世界，人们交流能正常地进行。

包括安全科学在内的任何科学理论体系都要遵守矛盾律的要求，如果违反了它，就会出现逻辑矛盾，就不能自圆其说，缺乏科学性和说服力。科学发展史清楚地证明了这一点，由于科学上逻辑矛盾的不断被发现、解决，从而促进了科学理论的不完善和发展。

劳动安全卫生中的许多标准、法规，它们中的概念在定义和划分时所遵守的规则要受矛盾律的制约；在进行有关安全生产、事故分析、安全理论的论证时，运用间接反驳或归谬法推理也是根据矛盾律进行的；在分析认识事故时，要遵守矛盾律的要求，不能有逻辑矛盾。

例如，① 1983 年 2 月 22 日，广州海运局的红旗 301 轮装载着 1.58 万吨混合煤，自青岛运往广州黄埔港，因遇连续大雨，为了防止雨水侵入煤仓，保证运煤安全，于是将船上的人孔通道口封闭。当该轮于 28 日上午 8 时驶入珠江口桂山岛附近时，突然发生一声巨大的爆炸声，几厘米厚的通道钢板（人孔盖）被冲落大海，正在货舱更换灯泡的水手长当场被炸死，一名水手也被炸成重伤，在送往医院途中死亡。

在对这次爆炸事故的原因分析过程中，首先作出了两个互相矛盾的判断：

- a. 如果封闭了人孔通道口，那么，就能保证安全（其形成为： $p \rightarrow q$ ）；
- b. 虽然封闭了人孔通道口，但是不能保证运煤安全（其形式为： $p \wedge \bar{q}$ ）；

而“ $p \rightarrow q$ ”与“ $p \wedge \bar{q}$ ”是矛盾关系，其中必有一假，也必有一真。根据发生爆

炸的事实，说明“b”是真的。从矛盾律的要求，不能同时肯定两个互相矛盾的判断，既已肯定“b”是真的，那么“a”就是假的。据此在初步分析的基础上作进一步调查研究，就找出了发生事故的真正原因。

原来，该轮通风设备差，当船上通道口封闭后，使煤中挥发出来的大量含甲烷的无色无味易燃易爆气体（瓦斯），充满了整个通道，其浓度范围达到爆炸极限，当水手长和一名水手更换灯泡时，产生电火花，引起瓦斯爆炸。

② 雷电是一种自然灾害，在工矿企业，特别是在石油、化工企业以及各种大型建筑物的避雷问题显得十分重要。自 250 年前，美国的富兰克林发明避雷针以来，人类驾驭自然，控制“雷公”起了很大的作用。近年来，国内有不少单位不使用避雷针，而使用一种“刺猬”式的半导体消雷器。出现了：

“消雷器能消雷”。

“消雷器不能消雷”。

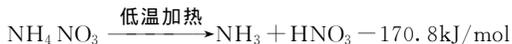
两个互相矛盾的判断。

消雷器的消雷效果究竟如何呢？请看下面事实：消雷器在美国曾“火爆”一时，但遗憾的是消雷器屡遭雷击，因此，美国政府完全否定了消雷器。北京无线局平谷微波站 1992 年装消雷器后年年遭雷击，中科院大气物理所自 1993 年雨季先后在 325m 高塔上安装了消雷器，1995 年和 1996 年分别遭雷击两次。对此，邮电部发文要求各省市停止使用消雷器，国内有关专家也撰写学术文章从理论和实践上对消雷器消雷效果予以否定。

运用矛盾律时应注意以下两点。

(1) 矛盾律的作用在于排除思维的逻辑矛盾 它不允许思维对一个思想的肯定与否定都是真的，这是指同一时间，同一方面，对于同一对象而言。如果不在同一时间，不在同一方面，对不同对象所作出的判断，并不构成逻辑矛盾，所以也不能说违反了矛盾律。

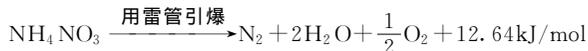
例如，硝酸铵首先由德国人 J. R. 格苏贝尔在 1659 年首次制得。在开始时仅作为农业上的肥料，因为它在低温加热条件下发生分解反应：



因此，那时判断它是：

“硝酸铵不是炸药”。

随着科学技术的不断进步发展，发现硝酸铵是强氧化剂，是自反应性物质，易发生热分解，在 185℃ 开始分解，230℃ 发生强烈分解，伴随微弱火花，放出氧气，在 400℃ 时发生爆炸，测得爆速为 2800m/s；特别是自从发明雷管之后，硝酸铵在雷管引爆的条件下发生爆炸，其反应式为：



由此， NH_4NO_3 可作为一种爆炸物，有

“硝酸铵是炸药”

的判断。

这两个看来互相矛盾的判断所反映的条件不同。早期人们并没有认识硝酸铵是一种炸药，只是作为肥料来使用；后来，人们发现了硝酸铵的热分解性，测定出它在 400°C 时会发生爆炸以及雷管能引爆硝酸铵。所以，现在人们将它作为肥料用于农业生产，作为工业炸药的重要原料，并作为火箭推进剂的重要原料之一。

(2) 区分逻辑矛盾和现实矛盾 逻辑矛盾与客观存在的矛盾不同，前者只是人为地违反矛盾律所造成的一种思维混乱现象，只存在于思维中，是一种认识上的逻辑错误，应予以排除；客观存在的矛盾存在于客观世界中，客观地普遍存在，存在于一切事物的发展过程中，是认识对象本身所固有的。

例如，为了解决冲床冲手的“安全”与“不安全”问题，首先制定了严格的规章制度，仅考虑使用工夹具，这样就存在着“快”与“慢”、“方便”与“麻烦”的矛盾。于是，机械式的冲床安全装置、安全模具、光电式冲床安全装置、红外线冲床光电装置等也就应运而生了。

第四节 排 中 律

一、什么是排中律

排中律是关于思维明确性的规律，其基本内容是：在同一思维过程中，两个互相矛盾的思想不能同假，必有一真。亦即，在同一时间、同一关系下，对同一对象的两个互相矛盾的思想，不能同时都予以否定，即不可能同时都为假，其中必有一个是真的，不存在第三种可能。

排中律的公式是：

A 或非 A

式中的“ A ”和“非 A ”是互相矛盾的思想。读作：要么 A 真要么非 A 真，二者必居其一，除此之外不存在第三者。例如：

“这起事故是工伤事故”；

“这起事故是非工伤事故”。

是两个具有矛盾关系的判断，二者不可能都是假的，其中只有一个是真的，也不存在第三种可能。

排中律的逻辑要求是：在两个互相矛盾的思想中，必须肯定其中之一为真，不能同时否定两者，不能对同一对象既不肯定又不否定。因此，遵守排中律的逻辑要求可以消除思维的不确定性，保证思维的明确性；否则，就会犯“模棱两不可”

(或称“两不可”)的逻辑错误。

排中律是矛盾律的进一步扩展,矛盾律不允许思维有逻辑矛盾:在同一思维过程中,两个互相否定的思想不能同为真;而排中律则更进一步:在同一思维过程中,两个互相矛盾的思想,不仅不能同真,而且也不能同假,其中只有一为真,一为假。

因此,排中律和矛盾律有如下区别。

(1) 适用范围不同 排中律适用范围窄,仅适用于互相矛盾的判断,不适用于互相反对的判断。矛盾律适用范围宽,既适用于互相矛盾的判断,又适用于互相反对的判断。如“所有的行车工都是女的”和“所有的行车工都不是女的”它们都为假。

(2) 要求不同 矛盾律要求互相矛盾和互相反对的判断不能同时加以肯定,即不能“两可”,但也存在着同假的可能;排中律则要求两个互相矛盾的判断不能同时加以否定,即不能“两不可”。

(3) 逻辑错误不同 违反矛盾律的要求会犯“自相矛盾”的逻辑错误。违反排中律的要求会犯“模棱两不可”及“含糊其辞”(对概念而言)的逻辑错误。

二、违反排中律的逻辑错误

违反排中律要求的逻辑错误主要有两种情况:

- ① “两不可”,即对两个互相矛盾的判断均予以否定;
- ② 不置可否,即对两个互相矛盾的判断既不肯定也不否定,不明确表态。

例如,某厂一个车间值班人员因玩忽职守而发生了事故,损失较重。工厂领导出面向司法人员说情:“责任者的行为介于罪与非罪之间,说他有罪不太妥当;说他无罪,确有错误”。工厂领导的这种说法违反了排中律的要求,“有罪”与“无罪”是两个互相矛盾的判断,非此即彼,二者必居其一。即不断定“有罪”,也不断定“无罪”,犯了“不置可否”的逻辑错误。

三、排中律的作用

排中律的作用主要在于保证思维的明确性。遵守排中律是人们认识现实、发现真理的一个必要条件,因为任何正确的认识都与思想上摇摆不定、含糊其辞、模棱两可互相排斥。当问题被归纳为两个互相矛盾的思想时,排中律要求人们在两者之中必须承认其中必有一真一假。在安全生产中,显得尤为重要。

例如,①某单位有个青年工人,戴了手套操作钻床,有一位领导看见了却说:“操作钻床最好不要戴手套,你要多加注意啊!”这句话对操作钻床钻孔戴手套尚未明确表态:最好不要戴手套!采取了不置可否的态度,造成思想上含糊不清。这位青工继续违章操作,15min之后,发生事故,其左手无名指被绞去了一节半。

② 某厂二硫化碳计量槽出现了裂缝，车间主任去找焊工焊接，焊工说：“二硫化碳易燃易爆、有毒。没有安全部门签字并采取安全措施不能焊。”态度十分明确。由于当时安全部门没有人在办公室，车间领导就向一位厂长请示，这位厂长却含糊其辞地说：“你们看着办，可以试试嘛！”易燃易爆、有毒物品的计量槽里残留有不少易燃易爆物品，岂能含糊回避！应该非常明确地回答：“在没有确认容器内二硫化碳完全清除之前，在未采取相应的安全措施，动火手续不齐全，又未设专人安全监护情况下，绝对不能动用明火进行电焊”。

厂长不明确的答复，使有关人员放松了警惕，导致了违章用火，结果发生了爆炸事故，现场人员在爆炸中丧生。

排中律和同一律、矛盾律一样，适用于同一思维过程，如果时间、地点、对象等发生了变化，排中律就不适用了。如使用钻床钻孔时，严禁戴手套，这是非常明确毫不含糊的；但是，如果在搬运零件时可以戴手套，搬运腐蚀性物品时还必须戴防护手套，这些要求同样是肯定的，这也并不违反排中律。

排中律对思维形式起着直接的作用。

① 相容的还是不相容的选言推理，它们的否定肯定式（在前提中否定一个选言支，在结论中肯定另一个选言支）均根据排中律得出。

② 不论是反证法还是选言证法的间接论证过程均通过确定其他判断的虚假，再根据排中律来确定论题的真实性。

③ 应用排中律来揭露诡辩中两不可的逻辑错误。

正确运用排中律应注意以下几个问题。

a. 对两个互相否定的论断，按排中律要求要排除非此即彼的居中现象；但是，在客观事物中可能存在两种以上的情况或处于中间的状态，这不能说违反排中律，因为它是客观存在的，并不是在同一思维过程中，如表决时有“赞成”、“反对”及居中的“弃权”；又如在安全评价中，危险等级划分有“安全的”、“危险的”及居中的“中等的”，甚至有更细的多种等级划分。

b. 排中律仅是指出两个互相矛盾的思想不能同假，必有一真，但不能确定哪个为真；所以，对尚未明确认识的事物可采取“二不择一”的态度。如“这个石油化工建设项目的劳动安全卫生预评价可不可以采用‘指数法’来评价？”关于这个问题，在对建设项目的物料、装置、工艺路线及工艺参数，以及其主要危险、有害因素是否是易燃、易爆、有毒等进行分析思考过程前，暂不能作“可以”或“不可以”回答，这并不违反排中律。

c. 对于主项不存在的矛盾判断，排中律不适用。

例如，“所有的永动机都是永恒的”与“有些永动机不是永恒的”，只是在形式上

是一对矛盾判断，由于主项“永动机”实际上并不存在，所以“是永恒的”和“不是永恒的”也无从谈起，应都予以否定，但这并不违反排中律。因为排中律不适用于主项不存在的矛盾判断。

d. 对于隐含着某种错误假定的问话（称为“复杂问语”），可以不作明确的抉择回答。因为不论作肯定还是作否定的回答，都会导致承认其中的错误假定，所以不必作出直接的抉择回答，只要根据其具体情况说明即可，或直接指出其错误假定。

例如，“黄某的汽车肇事罪判了没有？”这是一个“复杂问语”，其中隐含了“黄某犯了汽车肇事罪”这一假定，如果该假定与事实相反，而简单地回答“已判”或“未判”，就等于接受了其中的假定。

第五节 充足理由律

一、什么是充足理由律

充足理由律是传统形式逻辑关于保证人们的思维具有论证性的一条基本规律。其基本内容是：在论证过程中，要确定一个判断是真的，总是有充足理由的。

充足理由律的公式是：

A 真，因为 B 真，并且 B 能推出 A。

一个正确的思维，不仅要符合同一律、矛盾律、排中律的要求以保证思维的确定性，而且还必须保证思维具有论证性。充足理由律要求人们在思维过程中，在论证时，必须：

- ① 理由必须为真，只有这样才能推出论断之真；
- ② 理由与论断要有必然的逻辑联系，理由必须能推出论断。

例如，1993年10月21日，南京炼油厂发生火灾爆炸事故，310号油罐起火，延续17h后才被扑灭。造成死亡2人，直接经济损失38万元左右，由于火灾在罐区，扑救时间长，在社会上造成较大影响。在分析原因时，有关专家根据空间爆炸的量、地沟火灾、爆炸的量，火灾的范围和时间以及泄漏未燃烧、爆炸的量等进行火灾、爆炸物的物料量推算，与错开的311号油罐出口阀打入310号油罐造成310号油罐溢油泄漏量相平衡结果。进一步结合有关其他调查情况由此推断出：这次事故是由于该厂油品分厂无铅汽油罐区的310号万吨油罐在自循环操作中，由于作业人员误操作，错开311号油罐出口阀。将311号油罐的油打入310号，在计算机连续报警的状态下，作业人员没有及时处理，致使罐漏油溢，发生空间爆炸，导致310号油罐起火。这一推断有理有据，十分科学，令人信服。

充足理由律之所以具有必然性和客观性，这是因为它它是客观事物必然联系的反

映，特别是事物因果联系的反映。一个事物具有某种性质，必定存在着其现实根据，一定为先行于它的各种条件所决定；一个事物之存在，必然有引起它存在的现实原因，如无造成它存在的条件、无引起它出现的原因的其他事物，它是根本不可能存在、发生的。就以事故而言，事故的发生有其原因，而且往往不是仅由一个原因引起的，而是由若干个原因因素偶合在一起，当符合了该事故发生的充分必要条件，事故就立即发生，多一个不需要，少一个就不会发生。

例如，汽油等易燃易爆物质，发生爆炸事故要具备两个条件：

- ① 在空气中的易燃易爆物质的浓度必须在爆炸极限范围之内（体积分数浓度）；
- ② 有引发在爆炸极限范围内易燃易爆物质爆炸的激发能量（如明火、点火源、静电火花等）。

再如，某矿一矿工在黄梅季节非常潮湿的矿井下工作，使用的是36V行灯，电线多处破损，在更换工作岗位拿电线时，触电身亡。造成这次事故的原因因素有：

- ① 非常潮湿，故人体电阻大大下降至1kΩ以下；
- ② 使用的是36V行灯；
- ③ 电线多处破损；
- ④ 不慎手拿在电线的破损处。

这四个条件既充分又必要，四个条件偶合起来就构成了这次事故的发生。多一个条件，不需要；少一个条件就不会发生。如果：

① 不潮湿，人体电阻在10000Ω以上，则拿住电线破损处流过人体的电流 $I = \frac{36V}{10000\Omega} = 3.6mA$ 远远小于成年男性的平均摆脱电流16mA，不会发生触电死亡事故；而潮湿情况下，人体电阻下降至1kΩ左右，人体触及裸露的电线，则流过人体的电流达36mA，人就不可能摆脱，当随着通电时间延长，能量积累增加而引起心室颤动，从而导致死亡。

② 按规定，在狭窄、行动困难、特别潮湿、导电面积大（如金属容器、隧道、矿井内）的场所，应选用12V行灯。则人体触及裸露的带电体，即使在潮湿情况下，也能摆脱，不致造成死亡。

③ 电线等绝缘完好无损，人体也不可能会触电。

④ 手不抓住破损处，不会造成触电。

所以，这四个条件偶合起来，造成这次触电死亡事故发生，其条件是充分的、必要的。

充足理由律也是人类在长期的实践中，经过亿万次的重复，逐渐反映于人们的思维中而形成的一种传统逻辑的基本规律。

二、违反充足理由律的逻辑错误

如果违反了充足理由律的理由必须为真及理由必能推出论断的要求就会犯“武断”、“理由虚假”、“推不出”的逻辑错误。

1. 毫无理由（即武断或毫无根据地瞎说）

例如，有人在下班下楼梯时，不小心摔了一跤扭伤了脚，可他硬说这是“工伤”。当然这是毫无道理的，因为楼梯完好无损，光线明亮，手中又未拿任何工件、物品，也不是单位委派他下楼工作，没有任何理由可算作“工伤”。伤者要求算工伤是毫无理由的。

2. 虚假理由

用不符合实际情况或违背科学原理的理由作为论据进行论证，就会犯“虚假理由”的逻辑错误。

例如，1989年4月19日，参加过第二次世界大战和朝鲜战争并保持45年无一名官兵阵亡，赢得11颗“战斗星”嘉奖的58kt“衣阿华”大型战舰发生爆炸，47名官兵惨死火中。

该战舰和“珊瑚岛”航空母舰以及28艘其他各式军舰，于4月13日奉命来到波多黎哥东北部海域参加为期20d的“舰队3-89”大型海上军事演习，参加这次演习的除了上述美国舰队外，还有巴西和委内瑞拉等国的舰队。

“衣阿华”战列舰上有3座炮塔，其9门堪称当今世界大炮之最大的406mm的巨型大炮。先是1号炮塔按令进行4轮射击，尔后舰长下令2号炮塔开火。可是话音未落2号炮塔突然发生爆炸，巨大的爆炸声响彻云霄，火光冲天，浓烟滚滚燃烧起来。而炮塔中有几千个炸药包、900发巨型炮弹，如果引爆后果不堪设想。于是在舰长的指挥下，官兵们全力投入灭火工作，经过90min奋不顾身的搏斗，2号炮塔的58名官兵有47名死亡。

美国国防部组织专家组进行调查，其原因众说纷纭，有如下几种。

a. “爆炸是由炮弹发射炮膛里的残留物引起的”，因为填炮手要往炮的后膛里填装5个总重300kg的炸药包，再装填进1.225t的炮弹，引爆，使炮弹从19m长的炮筒里以两倍声速的速度发射出去，发射后需要严格清理，否则炮筒里残留有高温物质会使新填装进去的炸药提前爆炸。然而，舰长和士兵们一致证实，爆炸那天，2号炮塔是第一次射击，不可能有高温残留物。因此，对这次爆炸来说，上述理由不符合实际情况，是“虚假”的，应予以推翻。

b. “可能是由炮弹引信提前引爆造成的”，这也是一个“虚假理由”。因为这次演习中使用的都是没有引信的“哑弹”，判断不成立。

c. “由于炮筒疲劳产生裂纹，炮弹发射时与炮筒中不光滑处摩擦产生热量，引起炮弹在炮筒中爆炸”，这也必须予以否定，又是一个不符合实际情况的“虚假理由”。因为爆炸发生在装填阶段，炮弹还没有发射。

d. “炸药包是朝鲜战争期间生产的，炸药的性能已经变得不稳定，甚至变质，在装填时由于振动和摩擦就可能使炸药包爆炸。海军官兵们曾对这些炸药包的质量提出过疑问和指责”。对此，需要进一步进行调查研究和进行模拟试验予以证实。

3. 推不出

如果推论违反规则或理由不充足，就会犯“推不出”的错误。例如，有人说：

“人体的特异功能肯定不存在，因为科学院的某权威人士说承认特异功能存在是迷信”。这段话中的理由不能必然推出所要论证的论断，所以犯了“推不出”的错误。

三、充足理由律的作用

充足理由律的主要作用在于保证思维的论证性。人们在论证或交流思想时，要遵守充足理由律，保证其具有论证性，使人信服，站得住。对预防事故的发生和分析认识事故，具有重要意义。

例如，① 据报道，1988年8月19日，南京工务段道口发生了一条耕牛突然闯入道口中，赶又赶不走，此时139次列车已经接近道口……

列车倾覆事故将要发生，道口员在这紧要关头，考虑怎样排除事故，保证安全。造成列车倾覆，需要有两个必要条件：铁路道心有耕牛及列车驶过耕牛所在地点。只要排除其中一个条件，列车倾覆事故就不会发生。道口员在瞬间的想法是有充分理由的。

于是，他先去赶牛，努力地去排除第一个条件，但是牛不肯走，而且蛮牛力大无比，拉不下道心；时间不等人，列车正急速驶来，道口员急中生智，想着去排除第二个条件，因此，他高举红色信号旗，挥动着向火车驶来的方向奔去。火车司机发现异常情况，立即紧急刹车，列车在距离停留在道心的那只呆牛2m处停了下来，一次严重的事故避免了。

正是由于道口员的思维具有充足理由律的论证性，并指导行动，经他采取果断措施，从而防止了一起列车倾覆事故。

② 据报道，1988年4月2日下午2时30分，湖南省安化县拓溪乡青中铜盆岩个体联营石灰厂发生了一起死亡8人的重大恶性事故，直接经济损失达3.2万元。

整个事故过程如下：该石灰厂建了一座高13.2m鼓形的石灰炉，于1988年3月31日竣工后，要立即开始装窑。在石灰炉的第一层装木屑400kg，第二层装柴850kg，第三层装木炭500kg，接着是一层石煤一层石灰石，已装了七层，当装料至离窑顶平面3.4m处时，天下雨了，副厂长怕下雨淋湿窑内柴火和木炭，贸然决定由3人一同点火烧窑。与此同时，顶上的人继续装料。装料人员图省事，用板车和小四轮翻斗车将料直倒入窑内，由于铺得不均匀，这样会影响质量，于是刘××要人下去掏平。于是，就有两人抓住吊轮上的麻绳滑下去，但只掏了几下，就喊不行，接着被烟雾熏倒在窑里。窑上的人见势不妙，赶紧放下梯子下去救人……一连下去了6个人。由于窑底刨屑越烧越旺，窑中空气稀薄，大量的一氧化碳气体逸出，下去的6个人也都陆续熏倒。当村、乡长赶来时，有的亲属依然不顾一切要下窑救人。村长见此情形果断地下令：“谁都不准下！”，并立即组织灭火、反鼓风，将熏倒人员抬出，但因时间太长，抢救无效，8人无一生还。

这起事故清楚地告诉我们，如果思维方法违反充足理由律，就会受到惩罚。副厂长主观武断，指挥错误是造成事故发生的主要原因。从安全生产的要求分析，副厂长

下令边点火、边装料，是毫无道理的。窑炉一点火，人员应立即离开窑顶；窑顶上有人，就不能点火，这是常识。可见副厂长的安排没有充足理由，是欲速则不达。在生火烧窑情况下，派人下窑掏平，更是荒唐，完全没有科学头脑，视人命为儿戏。

村长的决断十分正确，因为他的思维方法符合充足理由律的要求，对于熏倒人员的亲属要救人的心情是可以理解的，可是他知道窑顶上充满了一氧化碳，下去只有死亡，因此，在未采取有效措施之前果断地下令“谁都不准下！”采取了灭火和反鼓风的积极措施，尽力将人员救上来，这样不再增加人员伤亡，措施是符合充足理由律的。

由此可见，遵守充足理由律不但可以对已发生的事故去进行分析认识，而且可以预防事故的发生及防止事故后果的进一步扩大。

对于一个项目、一个装置的建设在决策之前，人们先要进行调研分析，寻找充足的理由，进行可行性论证，防止盲目蛮干，造成失误，如建设项目要编制“可行性研究报告”，据此进行职业安全卫生预评价，分析危险、有害因素及其程度，评价危险、有害等级，提出安全对策措施，据此进一步进行初步设计，项目建成后还要进一步进行验收评价，以提高装置的本质安全度，事故和职业危害将得到有效控制。这是充足理由律的具体应用和扩展。

此外，充足理由律对各种思维形式具有普遍的意义，有着直接或间接的作用，如在论证和反驳中，充足理由律是制定它们规则的依据，判定它们正确与否的重要标准；而且，若违反了充足理由律的要求，论证就不能正确运用概念、判断和推理等思维形式进行正确表达，也不能进行正确判断和推理。

同一律、矛盾律、排中律及充足理由律是形式逻辑的四条基本规律，它们既互相区别又互相密切联系，以此来保证人们思维的确定性。四条基本规律中，同一律是一条最基本的规律，而矛盾律只是从反面来阐述“同一”的含义，排中律则是进一步展开了同一律的内容。不违反这三条规律是遵守充足理由律的基础和保证。但是，必须清楚地知道，上述四条基本逻辑规律还只是进行正确思维时必须遵守的必要条件，还不是充分条件。例如，在证明中，理由究竟是真还是假，仅靠充足理由律是无法确定的，证明中要从哪方面提出理由，选择哪些事实，引用什么科学原理等，都与人们的实践经验、立场、观点、方法以及掌握的具体科学知识有关，而所有这些都是充足理由律本身所能解决的。

- ☆第一节 论证
- ☆第二节 证明的方式
- ☆第三节 证明方法
- ☆第四节 论证的规则
- ☆第五节 论证在安全生产中的作用

证明与安全生产

第一节 论 证

一、什么是论证

论证是指由一个或一些真实判断，通过推理确定另一判断真实性的思维过程。

这是人们经常运用的一种思维活动形式，对人们有着十分重要的作用。人们在认识世界过程中，在发现真理、建立科学理论、科学体系过程中，在研究试验过程中，在设计时，在宣传真理、传授知识过程中，以及在日常生活和安全生产工作中，常常需要运用这一思维活动形式进行严格的论证，以判断理论、想法是否正确、合理，提出的结论、进行的决策是否正确，方案是否最优可行，对策措施是否得当，有否充足的理由和根据，能否令人信服或得到赞同。

例如，“乙醚是一种易燃液体；因为，凡在常温下容易燃烧的液体为易燃液体；而乙醚的闪点为 -45°C ，符合易燃液体的闪点要小于 45°C 的规定，在常温下易于燃烧；而且乙醚还是一种极易挥发的无色透明液体；以及其最小引燃能量很低，只有 0.19mJ 。挥发出来的乙醚很容易被 0.19mJ 以上的激发能量引燃。所以，乙醚是一种易燃液体”。

这是一个论证。“乙醚是一种易燃液体”是一个真实性需要确定的判断。而“乙醚的闪点为 -45°C ，符合易燃液体的闪点要小于 45°C 的规定”，“乙醚是一种极

易挥发的易燃液体”，“其引燃能量很低，只有 0.19mJ”，是经过试验确定的三个真实性判断，也是衡量乙醚是易燃液体的三个重要指标，从而论证了“乙醚是一种易燃液体”为真。

“论证”一词，在狭义上，与“证明”是同义词；在广义上，论证则包括了“证明”和“反驳”。

论证是综合运用各种思维形式及逻辑规律的一种较为复杂的思维过程，因为，如前所述，论证需要进行推理，推理是以概念为要素的判断所组成，它们都要遵守形式逻辑的基本规律和要求。

论证是一种主观的思维过程，它要以科学理论、实践证明为基础，并由实践来检验。例如，在分析事故原因时，仅仅按逻辑推理来确定事故原因，只能是一种判断，不能据此为定论，还需要进行调查属实，甚至有时还要做试验，才能作出最后的判断。不可否认，人们在进行大量的理性思维时往往是通过论证进行的，这是实践证明无法取代的。

二、论证的组成

论证都是由论题、论据及论证方式三个要素组成的。

(1) 论题 论题是论证中需要确定其真实性或虚假性的判断。论题也叫“论点”，是论证结构的中心；在反驳中，论题也称“被反驳的论题”。论题是在论证中“论证什么”的问题，通过论证确认其真或假。在论证中，论题必须明确，在同一个论题中不得转移或偷换；而且，歪曲事物本来面目和违背客观规律的虚假论题不能在论证中确定为真。

(2) 论据 论据是确定论题真实性的判断。它是论证论题真实性的根据和理由，是论题得以确立的支柱和基础。论据分事实论据和事理论据两种，事实论据是引用事实作为论据来证实论题，事实胜于雄辩，因此，事实论据具有很强的说服力；事理论据是引用定理、定律、原理、科学知识等作为论据来证实论题，说理性强，能令人信服。正确的论证，要求论据必须是真实的，而且任一论据的真实性不能依赖于论题的真实性。

(3) 论证的方式 论证方式是确定论据与论题之间逻辑联系的一种推理形式。亦即，运用论据以何种推理方法来证明论题的真实性。在论证过程中，可以仅包含一个推理，也可以包含一系列推理。

例如，“地震是可以预报的。因为，地震是一种自然现象，存在着规律；凡在存在着规律的事物都是可以为人们所认识和掌握；所以，地震是可以预报的”。

此例的论证方式是一个三段论。一个正确的论证，由论据推出论题必须遵守相应的推理规则。

论题、论据和论证方式是逻辑论证的三个要素，它们在论证过程中并不是孤立存在的，而是有机地联系的统一体，论题是论证的出发点和目的，论据和论证方式都是为其服务的；而论据是阐明论题真实性的基础；论证方式则是将论题与论据联系起来的纽带，是阐明论题真实性的必要条件。在一个论证过程中，三者缺一不可。

三、论证与推理的关系

论证和推理有着密切的联系，实际上论证的逻辑结构就是推理的逻辑结构，论证是运用推理来揭示论题与论据之间的逻辑联系，可以说论证只是推理形式的特殊运用。

由图不难看出，论证的组成与推理的组成存在着——对应关系。论据相当于推理的前提，论证方式相当于推理形式，论题相当于推理的结论，其对当关系可图解如下所示。



论证是依赖于推理进行完成的，推理是论证运用的工具，而论证则是推理的特殊应用。

论证和推理也存在着一定的区别，表现如下。

(1) 表述过程不同 推理是由已知的前提出发，去推出新知识的结论；而论证则是从需要证实的论题开始，然后为论题找出理由和根据（即论据），用论据的真实性来确立论题的真实性。

(2) 复杂程度不同 推理往往是单个推理；而论证既可以由一个推理组成，也可以由几个推理组成，而且可以是不同形式的推理。

(3) 要求重点不同 推理本身并不要求前提真实，只要求前提与结论之间联系方式的逻辑性；而论证则要求论题和论据的真实性，尤其是论据的真实性。

虽每一个论证都要运用推理，但推理并不是论证。只有当推理前提为真，而且推理形式正确时，才可作为论证。

第二节 证明的方式

根据论证所运用的不同推理形式，可将证明方式分为演绎证明、归纳证明和类

比证明。

1. 演绎证明

(1) 什么是演绎证明 演绎证明是由断定一个或一些判断的真，运用必然性推理确定另一判断为真的思维过程。

它的特点是：其论证过程是由一般到个别的思维过程，论据是一般性知识的原理，论题则是对某种特殊事实的论断。

由于演绎证明所运用的推理是必然性的演绎推理，所以演绎证明能由论据的真必然地推出论题的真。

例如，干私活造成的伤亡不是工伤事故；

因为，干私活造成的伤亡不是因为工作在工作时发生的；

而工伤事故是指因工作而发生的。

这是一个演绎证明，运用的推理形式是一个三段论，其结构如下。

论题：干私活造成的伤亡不是工伤事故。

论据：工伤事故是因工作而发生的；干私活造成的伤亡不是因工作造成的。

论证方式：演绎证明的三段论证明方式。

作为演绎推理的对当关系推理、三段论、假言推理、选言推理、二难推理等各种形式都可作为演绎证明的方式。

(2) 演绎证明的作用 演绎证明对建立科学理论体系有着十分重要的作用，它是一种重要的方法。在数理逻辑、数学等学科中广泛采用公理法证明，这是一种根据某些公理、定义，按照一定的规则推导出一系列定理的演绎证明，如欧几里德几何学就是根据公理法建立起来的称为公理体系的演绎证明体系。

演绎证明在安全中，对建立安全科学理论体系，进行安全宣传、教育和传授安全知识时，以及在进行安全设计和事故分析时同样具有十分重要的意义和作用。

例如，根据有关专家的调查分析研究，发现：穿戴鲜艳服饰的人，尤其是穿着红色、黄色衣服的人，发生车祸少。之所以如此，是因为穿戴鲜艳服饰的人，尤其是穿着红色、黄色衣服的人，比较醒目，汽车驾驶员会发现得早、并会使驾驶员兴奋、精神集中，以及时采取避让措施，从而交通事故不易发生。

这是一个演绎证明，运用的是假言推理形式，直接证明论题。其推论过程为：

如果目标醒目，那么，就会使驾驶员发现得早、心理兴奋、精神集中，

及时采取避让措施，从而不易发生车祸；

穿戴鲜艳服饰的人，尤其是穿着红色、黄色衣服的人，目标醒目；

所以，穿戴鲜艳服饰的人会使驾驶员发现得早、心理兴奋、精神集中，

及时采取避让措施，从而不易发生车祸。

通过这个演绎证明，使人们认识了避免发生车祸的规律性的事物，在灰蒙蒙的雨天骑自行车穿戴红色、黄色雨披不易发生车祸；道路交通信号，红灯表示禁止通行；在安全色中，红色表示禁止、停止及防火，黄色表示警告、注意等。

演绎证明使用范围广、频率高，这是因为演绎推理推出的结论是必然性的结论，所以在论证某一论题真实性时常常运用它。

2. 归纳证明

归纳证明是运用归纳推理形式进行的一种证明方式。它是以特殊事实的判断作为论据，而论题则为一般性的原理。

归纳证明是由一些个别或特殊性的论断来论证一般性原理的一种证明方式。由于归纳推理有完全归纳推理。科学归纳推理和不完全归纳推理，所以，归纳证明有完全归纳证明、科学归纳证明和不完全归纳证明。完全归纳证明和科学归纳证明能够确定论据与论题间的必然联系，能确定论题的真，是证明的常用方式之一；但是，不完全归纳证明只能确定论据与论题间的联系是或然性的。所以，在运用不完全归纳证明以得到正确、可靠的结论，还需进一步根据已有的科学知识，精确的观察，甚至在必要时进行试验，正确地进行分析，并与演绎推理结合起来应用才为妥善。

归纳证明不但在科学上（如数学中的归纳法等）有着重要的应用，而且在安全生产中也有着重要的作用，它对于总结事故规律，预防事故的重复发生等方面有着十分重要的现实意义。

下面将举例说明归纳证明。

- ① 硝石都能溶解于水，
- 因为，硝酸钠能溶解于水，
- 硝酸钾能溶解于水，
- 硝酸铵能溶解于水，
- 硝酸钙能溶解于水，

而硝酸钠、硝酸钾、硝酸铵、硝酸钙是硝石的全部类属。

所以，硝石都能溶解于水。

本例中，

论题为“硝石都能溶解于水”；

论据为：硝酸钠、硝酸钾、硝酸铵、硝酸钙都能溶解于水；

证明方式采用的是完全归纳推理形式 [因为 NaNO_3 、 KNO_3 、 NH_4NO_3 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 是硝石的全部类属]。

由此得到的证明结论可靠、正确。

② 南京禄口机场安全监察室王德新同志通过空难事故论证了：“在飞机飞行过程中，使用手机等电子设备发出的严重电子干扰，会造成灾难性的后果”。

为了证明此论题，列举了如下案例作为论据。

a. 1991年，英国国际航空公司的一架波音 B767-300 型飞机刚从泰国曼谷机场起飞，突然机上的—台计算机神秘地启动了着陆反向推进器，使刚从地面离开的飞机突然失速坠落在地面解体起火，机上 233 人全部葬身火海。根据事故调查结果证明：是飞机在受到严重电子干扰后产生的错误信号所致。

b. 1998年2月16日，台湾中华航空公司—架空中客车 A300 客机，从印度尼西亚的巴厘岛飞往台北桃园机场，当时桃园机场有大雾，能见度很差，飞机按仪表程序进近着陆的过程中，飞机受到严重电子干扰，使仪表指示产生错误，致使飞机进近高度与实际高度相差 300m，因惊慌操纵失误，造成飞机失速翻转，机头急剧下沉，坠地起火，机上 182 名乘客和 15 名机组人员全部遇难。

c. 1999年8月3日，我国国际航空公司 CA1408 航班进入北京空中交通进近管制区域后，准备在 18 号左跑道进近着陆，这时机长发现电动磁罗盘突然向左偏转 30°，根据机上其他导航仪表的指示，对飞机进近仪表进行了全面检查判断，确认罗盘航向的突然偏转不是机上仪表设备故障，而是受到外来严重的电子干扰所致，立即让机组人员到客舱进行检查，果然发现坐在 13 排的一名男乘客手机正处在待机状态，本人承认刚才还接过一个电话。由于机长的仔细认真，避免了一次灾难，这位乘客也被行政拘留 7 天。

d. 2000年2月13日，南方航空公司的 CZ8719 航班，从珠海起飞至郑州。14:05 在郑州机场进近着陆时，当飞机下降至 150m 高度时，飞行员突然发现仪表着陆系统指示异常，无法继续进近着陆，被迫复飞，便立即与指挥塔台联系，知悉地面通信导航设备一切正常。根据经验，飞行员判断是来自乘客的电子干扰设备，立即派人到后舱检查，果然发现 4F 座的旅客王某开着手机，并承认在飞机下降时，刚收到 2 个电话。飞行员的机警、正确判断，避免了一次空难，使用手机者当然也受到了行政拘留。

有关这方面的案例不胜枚举。

通过上述论据进行不完全归纳推理可得出结论：“在飞机飞行过程中，使用手机等电子设备发出的严重电子干扰，会造成灾难性的后果”。但是，由于运用的证明方式是不完全归纳推理，为了能令人信服，正确、可靠，又进行了如下科学归纳证明。

飞机是一个密封载体，要保证航班的安全，无线电领航的信号要绝对可靠，仪表指示精确无误。如果飞机在飞行过程中有人打开手机或通话，就会有很强的信号发出，从而造成对飞机的仪表设备产生严重的电子干扰，致使座舱仪表指示不准，使飞行员不能准确判断飞机的位置，保持准确的飞行，从而造成飞机偏航、迷航、撞山或与其他航班相撞的事故。根据国内外统计，飞机起飞（需要 3min，称“黑色 3min”）、着陆（需要 8min，称“黑色 8min”）是空难事故多发期，在此期间内，空难事故国外占 73%，我国占 74.9%；而这时，却又是大多数乘客使用手机通话最多的时候，这是拿自己、其他乘客、机组人员的生命和客机的毁坏来冒险的行为。所以，在飞机上严禁使用手机等电子设备，以扼制空中杀手，保障飞行安全。

这一论断，以胜于雄辩的事实作为论据；对手机等电子设备的电子干扰造成领航信号的指示有误，导致空难的发生这一因果联系，作出了科学的分析推理，从而得出

了可靠的结论，令人信服的论证。

3. 类比证明

类比证明是运用类比推理，将两个或两类对象在许多属性上相同或相似，并用一对象具有某一属性来证明另一对象也具有该属性进行的一种证明。它是根据特殊性判断来论证某一特殊性论断的证明方法。

类比证明由于运用的是类比推理形式，所以论据和论题之间的逻辑联系不是必然的，而是或然性的。然而，它比较灵活，在类比的属性多而且当共同属性和被推出的结论之间有本质上的必然联系时，其可靠性程度也就高。因此，类比证明仍不失为一种有效的逻辑证明方式。事实上，在安全中也经常使用这种证明方式。

例如，据《中国交通》报道：青山岬被称为长江上的“百慕大”，是武汉水路的咽喉，又是海损事故频频发生的地方。1985年至1986年9月，共发生海损事故28起，有12名船员死亡，直接经济损失近百万元。可是与它相邻的武汉港中心水域，在1986年竟未发生一起一般事故以上的海损事故。

对此，武汉测绘科技大学丁宝田教授从地质学角度和“文丘里效应”科学地进行了类比证明。

论题：青山岬江面产生了“狭管效应”。

论据：气流流过截面缩小的管子时产生“文丘里效应”；气流从开阔地带进入青山岬附近的砂山产生“狭管效应”，由此出来的气流进入两岸狭窄的江面再次产生“狭管效应”。

证明方式：类比证明。

众所周知，文丘里效应是流体经过截面缩小的管子时，流速会加快；同样“狭管效应”是当气流流过狭窄处，气流会加速（亦即风速增大），并且因风速大而造成江面风浪大，这就是造成海损事故的真正原因。对此，可详细表述如下。

青山岬水道的龙角湖入江口至武丰闸入口之间的江段，北岸是砂洲，南岸是砂山分布区。砂山区整体沿长江伸展达2.7km，宽约1km，高约50~60m不等。这段江面平均水位19.15m，最低10.08m，造成砂山区大大高于江面。而且，这段江面狭窄，两岸相夹，形似“狭管”，造成“狭管效应”。此外，还有每一个砂山的延伸方向又与砂山区整体方向垂直，且高出地面40m，这样砂山之间又形成了“狭管”。因此，在这段江面上形成了双重“狭管效应”，从而事故频频发生。

从理论上说，由许多实验证明：气流由开阔地带进入狭窄地区，由于容纳气流的空间突然变小，灌注进来的气流将加速流过而风速增大，从而形成山口风、河谷风、湖口风等。当季风盛大时，青山岬附近的砂山挡住了高速气流，使之折向江面形成小风暴；若气流流向砂山间，又会向江南面灌进山口风，这都会造成巨大风浪，巨大的冲压力导致走锚、碰撞、翻船。

事实上也确实如此，1986年9月上半月，就这么短短的时间里，因山口风造成的

风浪导致七条船走锚。而且由于气流的突变还会引起温度的突变而产生雾气。1988年1月6日“江汉4号轮”就是由于行至该处，突遇大雾，由于未能及时避让，与一条趸船和两条木驳相撞。

而关于“鄱阳湖魔三角”也正是湖口风作怪，这已被江西省探险队两年的考察所证实。

所以，所谓“青山岬百慕大”、“鄱阳湖魔三角”都是由于“狭管效应”形成的山口风、河口风、湖口风、小型风暴等导致的海损事故频发区。

第三节 证明方法

根据论据与论题的联系是否直接，证明可分为直接证明和间接证明两种。

1. 直接证明

直接证明是指从论据的真实性中直接推出论题的真实性的论证。

直接论证的要素和形式如下。

论题： A 。

论据： B 、 C 、……

论证方式： B 、 C 、……合乎推理规则推出 A 。

直接论证只要求运用正确的推理形式，至于具体的推理形式则不加限定，故演绎推理、归纳推理都可作直接论证的方式。

例如，1986年8月22日深夜，正当人们熟睡之际，西非喀麦隆的尼奥斯火山湖突然一声巨响，大量有毒气体从湖底喷出，持续4天，直到26日才停止，喷出的气体沿湖迅速蔓延至10km范围内。造成1746人丧生，2万多人中毒，大量牲畜和家禽死亡，拥有1000多居民的尼奥斯村仅有2人和几只鸡幸免于难。

1987年3月，喀麦隆政府和联合国有关机构召开了有200多名科学家参加的尼奥斯火山湖毒气喷发国际学术讨论会。专家们一致认为：火山湖喷出的气体主要成分是二氧化碳，日本学者认为毒气中还有一种气体是硫化氢。其论证分别简述如下。

① 火山湖喷出的有毒气体的主要成分是二氧化碳。因为，二氧化碳是无色的气体、比空气重（相对密度为1.53）、窒息性气体。而无色气体不易被人觉察；相对密度大，气体会沉向低洼处，由此在湖北侧的尼奥斯村受害最为惨重；它是窒息性气体，因此，会在高浓度下造成人畜吸入后因缺氧而死亡。所以，火山湖喷出的有毒气体的主要成分是二氧化碳。

② 火山湖喷出的毒气中还有硫化氢气体。因为，硫化氢是无色的气体、有臭鸡蛋的恶臭、比空气重（相对密度为1.19）、有腐蚀性。而无色气体不易被人觉察；有臭鸡蛋的恶臭，生还者证实了这一点；比空气重会沉向低洼处，有腐蚀性会腐蚀人体有机组织，因此，在低洼处的受害者胸、腹部等易出汗的部位有腐蚀性外伤。所以，火山湖喷出的毒气中还有硫化氢气体。

2. 间接证明

间接证明是通过确定一个或一些判断的虚假来确定论题真实性的一种论证方法。通常，它有反证法和选言证法两种方法。

(1) 反证法 又称“逆证”，它是通过确定与论题相矛盾的判断（即“反论题”）为假来确立论题真实性的一种间接证明。

其证明过程可以表述如下。

论题： P 。

设立反论题：非 P 。

确定反论题：非 P 假。

根据排中律，非 P 假，所以， P 真。

例如，据报道：某市，1987年夏的一个星期日上午，一对青年恋人为了躲避酷暑坐在丰田牌小面包车（后盖可开启）内，开着空调谈情说爱……。中午，开饭前，男方的父母亲去叫他们吃饭时，发现这对青年互相偎依在一起死了。男方的家长一口咬定是他杀，而法医说不可能是他杀，其论证过程如下：

一对青年恋人不是他杀；

假设这对青年恋人是他杀；

如果是他杀，那么这对青年恋人身体上有伤痕或腹内有毒物，脸部有痛苦的表情；而这这对青年恋人身上无伤痕、腹内无毒物、脸部无痛苦的表情；

所以，这对青年恋人并不是他杀为真；

所以，这对青年恋人不是他杀。

此例的论证运用的推理形式是假言推理的否定后件式，亦称“假言反证法”，其论证过程如下。

论题： P 。

设立反论题：非 P 。

证明：如果非 P ，则 q ；

非 q ；

所以，并非（非 P ）；

所以， P （非非 P ）。

事实上，这对青年恋人是一氧化碳中毒。就其具体情况而言，汽车排气管排出的废气中含有一氧化碳。而汽车停的位置也刚好自然风将排出的废气通过可开启的后盖缝隙往里灌，形成无色无味无臭的一氧化碳富集，导致二人中毒，虽感到身体不舒服，因是恋人，故只是互相偎依而不选择离开，最终到不能自拔。另一方面，经法医第一次解剖尸体，排除了他杀，是一氧化碳中毒；后来，经家属强烈要求又再次验尸鉴定，证实确系一氧化碳中毒死亡。

反证法在数学、逻辑学中经常使用它来证明定理、规则；在论述、办案、分析

确定事故原因等时，也经常应用它作为一种有力的论证工具；所以，它的应用范围比较广泛。因为它突出的优点是论证有力；在没有直接论据证明原论题而有论据证明反论题虚假时，则是个好方法。

例如，有一起交通肇事案：

汽车碰撞了一辆板车，汽车司机被告为肇事后企图逃跑，在无人证的情况下，律师对此展开了论证：

汽车司机肇事后并没有企图逃跑；

假设汽车司机企图逃跑；

如果汽车司机企图逃跑，他就会加速行驶逃之夭夭；而恰恰相反，司机减速行驶、停车，发现擦车痕迹后，立即返回出事地点，并愿意承担肇事的后果和应负的责任；

所以，汽车司机并非企图逃跑（成立）。

所以，汽车司机肇事后并没有企图逃跑。

(2) 选言证法 亦称“排除法”或“淘汰法”。它是运用选言推理的否定肯定式进行论证的一种方法。它是通过确定包括论题在内的几种可能情况所组成的选言判断中除论题外其余可能都是虚假，从而确定论题的真实性的一种论证方法。

其论证过程如下。

求证论题： P 。

设 P 与 P 可能同时成立的其他命题 q 、 R 构成一个选言判断：或 P 、或 q 、或 R ；

确定 q 、 R 为假，即非 q 且非 R ；

根据选言推理否定肯定式规则：所以， P 。

例如，距今约 900 年左右建造的福建省泰宁县甘露寺（宋代建筑），于 1961 年 2 月某日发生火灾，全寺化为灰烬，造成了难以弥补的损失。在分析此次失火原因时，认为是明火引燃寺内易燃物所致。对此，有关人员曾作过如下论证。

福建省泰宁县甘露寺火灾是明火引燃寺内易燃物造成的。

设：火灾是明火引燃寺内易燃物造成的，或是电气过负荷造成的，或是雷击引起的，或是吸烟引起的，或是有人纵火；

而该寺无电，不可能是电气过负荷造成的；

火灾当天时值冬季，无雷电，不可能是雷电引起的；

当时，甘露寺只有两个尼姑、一个斋公，均不吸烟，也无其他人，因此，也不可能是吸烟引起的；

起火时是清晨，火是从寺内开始燃起，除了寺内 3 人外，并无别人，因此，不可能是纵火。

所以，该寺火灾只能是明火引燃寺内易燃物造成的。

后来，经对群众进一步调查了解，证实了上面的论断：当日清晨，因该寺老尼姑做早饭时，点火照明引燃了垫在床铺上的稻草和床边一捆扫把，寺内只有 3 人，无灭

火器材，附近又无水源，该寺是已年久失修的木结构建筑，最后酿成火灾，将寺院化为灰烬。

在运用选言证法时应注意以下两点：

- ① 此法所使用的选言推理一般为否定肯定式；
- ② 选言前提必须穷尽一切可能，否则结论不是必然的，证明就不可靠。

选言证法用途比较广泛，它是制订方案、决策、理论研究、科学实验、试验、医学诊断、侦查破案以及分析事故时，常常应用的一种方法。

第四节 论证的规则

为了保证论证严密、有效、有说服力、必须遵守论证的规则。

1. 关于论题的规则

(1) 论题必须明确 论题是论证的出发点，是对事物的观点。论题是回答“论证什么”的问题，而论证的目的就在于确定论题的真实性，因而明确论题是进行有效论证的先决条件。如在发表议论、写文题、论证一个观点时，论题不清楚，或下笔千言，离题万里，或空话连篇，言之无物，都叫做“论题不清”或称“论题含混”。

(2) 论题必须保持同一 在论证过程中，不管过程如何复杂、多么长，必须始终保持论题的同一，不得在中途改变、转移或故意偷换论题，这是同一律的要求。如果违反这条规则，将会犯“转移论题”或“偷换论题”的逻辑错误。

2. 关于论据的规则

(1) 论据必须是真实的 论据是用来论证论题正确性的根据，因而它自身应当是已经得到论证是真实的、正确的。如果论据不真实、不充分，或其真实性有待于验证，就不能用来论证论题，因为论题的真实性不能从虚假的论据中得到证明。违反这条规则就会犯“虚假理由”和“预期理由”的逻辑错误。

(2) 论据的真实性不能依赖论题来证明 论据是用以证明论题的，如果论据的真实性还要依赖论题来证明，那就等于说，论题是要由论题本身来证实，而论题本身是不能论证自己的真实性的。论据的真实性如果依赖论题来论证，就会犯“循环论证”或“恶性循环”的逻辑错误。

3. 关于论证方式的规则

在论证过程中，论据必须能正确地推出论题。亦即，论据和论题之间应有必然的逻辑联系。

论据不仅应该是真实可靠的，而且一定要与论题有必然的联系。这样，才能保

证从论据的真实性确定论题的真实性，从论据能合乎推理规则必然地推出论题。论证方式是推理形式，它是联结论题和论据的纽带，因而只有合乎逻辑的论证方式才是正确的论证。

违反这条规则就会犯“推不出”的逻辑错误，其表现形式常常有如下三种形式。

(1) 论据不充分 在论证过程中，如果论据不充分，就会犯“推不出”的逻辑错误。

(2) 论据与论题不相干 在论证过程中，虽然论据也可能是真实的，但是如果论据的真实性与论题毫无关系，这样，从论据的真实性不能必然推出论题的真实性，犯“推不出”的逻辑错误。

(3) 违反推理规则 论证需要运用推理，因此，由论据推出论题，必须遵守推理规则。只有论证方式正确，才能保证从论据的真实性必然推出论题的真；如果论证方式不正确，违反了推理规则，虽论据为真也推不出论题必真。所以，若在论证中违反了推理规则，同样会犯“推不出”的逻辑错误。

第五节 论证在安全生产中的作用

论证是人们广泛运用的一种思维方法，在人们的认识领域中有着十分重要的作用。同样，在人们对安全的认识领域中也有着广泛的应用而起着重要的作用。

① 论证是安全科学的一个重要思维方法。

人们在探索和发现真理时，总是先根据事实材料和以被证明的科学原理，通过论证提出假说，再经过反复的实践检验和证明，才被确证为科学理论。不少安全理论以及由分析事故、预防事故的重复发生所创立的许多安全规律、方法、装置等，也都是通过论证，提出假说，再经过实践检验和证明所创立的，如安全系统工程理论、氢脆理论、避雷针的创造发明等。

② 论证是进行劳动保护、安全生产实践检验不可缺少的方法。

例如，a. 进行装置的安全卫生危险有害性的分析识别、重大危险源的辨识、安全决策、安全设计、提出安全对策措施方案，以及它们的修改、补充，离不开论证；

b. 由实践总结出来的经验、规律等，需要运用论证以上升到理论；

c. 采用新的劳动保护和安全生产方法需要进行论证，以确保其正确性。

③ 论证是分析事故原因、预防事故发生的一个重要方法。

a. 在分析事故原因时，常常要运用论证的方法来确定事故原因的真实性与正确性。

b. 在预防事故时，常常要运用论证来确定采用的方法是否正确、可行。

④ 论证是进行安全宣传教育，阐明劳动保护、安全理论知识的重要工具。

- ☆第一节 什么是反驳
- ☆第二节 反驳的方式
- ☆第三节 反驳方法
- ☆第四节 反驳与安全生产

反驳与安全生产

第一节 什么是反驳

反驳是通过一个或一些真实判断，确定另一个判断虚假或某一论证不能成立的思维过程。

正确的认识、真理总是在两种不同的认识中不断斗争而向前发展的，也可以说是在同谬误的斗争中发展起来的。获得真知、探求真理，需要证明，反驳也不可缺少。

证明和反驳互相联系，互为映照。反驳是一种特殊形式的证明，证明和反驳在语言形式上表现为“立论”和“驳论”。根据可靠的事实和正确充分的理由来阐明正确的观点称为立论，立论的思维过程即为证明；根据可靠的事实和正确充分的理由来驳斥错误的言论称为驳论，驳论的思维过程即为反驳。证明是证实论题之真，反驳则是揭露判断之虚假，两者目的不同，形式有别，反而是相反相成，互为补充。证明是正面宣传真理的方法，而反驳则是通过驳斥谬论和诡辩来维护真理的一种方法。

反驳的结构与证明的结构相同，也是由反驳的论题、论据和反驳方式三要素构成。

反驳的论题：即在反驳中被确定为虚假的判断。

反驳的论据：用来作为反驳的根据或理由的判断。

反驳的方式：即在反驳过程中所运用的推理形式。

如前所述，反驳是一种特殊形式的证明，是论证中的一种，所以论证的规则既是证明的规则，也是反驳的规则。

反驳的目的在于批驳谬误，揭露诡辩，因此，为了进行反驳，应针对论题、论据或论证方式，从实际出发，根据真实、正确的判断及论题与论据之间没有必然的逻辑联系着手进行反驳。

例如，有人不懂或忽视安全电压的有关规定，错误地认为：“凡安全电压都是安全的”。这是一个错误的观点，可直接予以反驳。如果“凡安全电压都是安全的”；那么，36V是安全电压，有人在使用36V电具时触电死亡了，因此，36V安全电压并不安全；所以，并非凡安全电压都是安全的。

注：根据GB 3805—83，“当电气设备需要采用安全电压来防止触电事故时，应根据使用环境、人员和使用方式等因素选用标准中所列的不同等级的安全电压额定值。防止因触电而造成的人身直接伤害，但不适用于水下等特殊场所带电部分伸入人体内的医疗设备”。

第二节 反驳的方式

根据反驳时运用的推理方式不同，反驳的方式可分为演绎反驳、归纳反驳与类比反驳。

一、演绎反驳

1. 什么是演绎反驳

演绎反驳是运用演绎推理的形式，确定被反驳论题的虚假性或论证不能成立。

例如，对事故的发生，有的人存在着一种恐惧、消极、悲观的心理，甚至有的人提出“事故难免论”，认为“事故是不可避免的”。

对此，可运用一个三段论予以反驳。

反驳论题：事故是不可避免的。

反驳：雷击不是不可避免的。

雷击是事故；

所以，有的事故不是不可避免的。

再根据对当关系推理推出：“并非所有事故都是不可避免的”。

在演绎反驳中，常用的一种逻辑方法是归谬法。

2. 归谬法

(1) 什么是归谬法 归谬法是通过由一个判断导出荒谬的结论，从而否定该判

断的一种方法。

其方法是：要反驳判断 P ，先假定 P 真，然后由 P 推出它所蕴涵的却明显错误的判断 q ，由此就可根据充分条件假言推理中“否定后件就要否定前件”的规则，确定该判断 P 是假的。其反驳过程可用公式表示如下。

$$\begin{array}{l} \text{反驳: } P。 \\ \text{设: } P。 \\ \text{证: 如果 } P, \text{ 则 } q。 \\ \quad \text{非 } q; \\ \hline \text{所以, 非 } P。 \end{array}$$

由此证明了 P 假，即反驳了 P 。

例如，有一例车祸：某天，有一辆小轿车与卡车相撞，小车司机当场死亡。小车司机方硬说卡车司机是主要肇事责任者，应追究他的责任。由此展开了辩论。

小车司机方：小车司机完全没有责任。

卡车司机方进行反驳：如果小车司机完全没有责任；那么，他在驾车时就应很规范；但是，当时情况并非如此，他驾车时很不规范，速度较快，而且行驶路线歪歪斜斜，像是酒后驾车行驶，卡车司机一发现后急忙避让、刹车，因马路窄，车右方还有 5~6 人，避让时怕伤了他们，故未十分贴近，且小车越过中心线与卡车左前侧相撞，小车司机不幸身亡。

所以，小车司机并非完全没有责任，相反，责任还比较大。

交警人员据此进行了调查，证明卡车司机方所述属实，初步判断，小车司机是酒后驾驶所致。经进一步调查、检验、分析、确认：小车司机是在酒后 50min 左右发生车祸的，而且在血液中的酒精含量在 0.15% 左右。

根据有关资料表明，酒后驾车有如下事故特征。

① 血液中酒精含量在 0.10%~0.20%，发生交通事故的可能性在 50% 以上；若含量大于 0.25%，则逐步呈痴呆状态，不可能再驾车行驶。

② 饮酒后 30~60min 期间，血液中酒精含量最高，最容易发生事故。

③ 情况复杂时，一般都会发生车祸，而且伤亡较多。

④ 驾驶时神志不清，反应迟钝，会无故冲出道外，甚至发生翻车现象。

⑤ 思考判断失误，操作常发生失误，容易发生追尾和撞车事故。

⑥ 精神恍惚，驾车方向不准，容易撞上停靠的车辆、护栏、电线杆、房屋等。

⑦ 肇事地点以城市周围、集镇为多，时间以午、晚饭后为多。

⑧ 夜间酒后行车，如遇前面驶来的车辆的车前灯照，易发生目眩，视力不易及时恢复而发生对撞或驶出道外。

归谬法是一种十分有力的反驳方法。由于归谬法是把对方的论题导致谬误，因

而可以使对方论题的虚假性充分暴露，收到极好的反驳效果。

(2) 归谬法的三种归谬形式 根据归谬法推断的谬误可分为以下三种形式。

① 推断与实际情况不相符合或推断是公认为假的判断。

例如，某建筑工地四楼发生了一起高处坠落死亡事故。有人提出：“这是一起高处坠落工伤事故”。一位安技人员经过认真的调查，进行了反驳：

如果是高处坠落工伤事故，那么，应该是在工作期间，从事建筑工作；可是，坠落时是在傍晚收工后半小时，而任何领导也没有委派他继续工作，并且他的工作已在收工前半小时完成了。

因此，他在高处坠落时并非处在工作期间，也并不从事建筑工作。

所以，这并非是工伤事故。

最后，终于真相大白，与他一起工作的一个同事承认：收工后约半小时左右，他们在四楼嬉戏打闹，不慎死者失足，发生高处坠落。

② 导出与论题相矛盾的论断。

例如，克拉底鲁是古希腊的一位学者，他提出了这样一个观点：“我们对任何事物所作的肯定或否定都是假的”。

于是，亚里士多德十分有力地进行了如下反驳：“克拉底鲁的话等于‘一切命题都是假的’；如果一切命题都是假的，则此‘一切命题都是假的’命题自然也是假的”。

亚里士多德的反驳简洁、有力、令人十分信服。

③ 导出两个互相矛盾的判断。

例如，意大利科学家伽利略在反驳“物体越重，下落速度越快”的错误观点时，就运用了导出两个互相矛盾的判断形式。

伽利略的反驳如下。

设一块轻石头为 A，一块重石头为 B；

若将一块轻石头 A 加在一起重石头 B 上下落，则根据“物体越重，下落速度越快” (P)，就有：

a. 因为 A+B 比 B 重，所以，A+B 的速度大于 B (q)；

b. 因为 A 轻，故其下落速度慢；由于 A 加在 B 上一起下落，B 的速度虽比 A 快，但受慢速 A 的牵扯，所以 A+B 的速度要小于 B (\bar{q})。

a. 与 b. 的两个导出的判断 q 与 \bar{q} ，互相矛盾。根据矛盾律，相互矛盾的两个判断不能同时为真，所以前件“物体越重，下落速度越快”为假。由此，从亚里士多德以来一直被称作为“真理”的传统观点，被伽利略轻易地驳倒了。

(3) 归谬法与反证法的区别与联系

① 归谬法与反证法的区别 归谬法用于反驳，用来确定某一判断为假；反证法用于证明，用来确定某一判断为真。

② 归谬法与反证法的联系 在反证法中，一般包括了归谬法。因为反证法是由确定反论题为假而间接确定论题为真，而在确定反论题为假时，一般使用归谬法。

二、归纳反驳

归纳反驳是运用归纳推理的形式，即通过列举事实或者用个性或特殊性知识的判断，确定被反驳判断虚假的一种反驳方式。

例如，反驳“事故是不可避免的”，运用归纳反驳方式，可更令人信服。

反驳论题：事故是不可避免的。

反驳：避雷装置可以避免雷击事故；

安全帽可以避免物体打击事故；

安全网可以避免高处坠落事故；

冲床安全防护装置可以避免冲手事故；

安全隔离变压器可以避免一些电器的触电事故；

惰性气体保护可以避免某些火灾、爆炸事故；

杜绝明火、静电火花等点火源等可以避免一些火灾、爆炸事故；

.....

所以，上述事故是可以避免的。

亦即，并非事故是不可避免的。

三、类比反驳

类比反驳是运用类比推理的形式，确定被反驳论题的虚假或不成立的一种反驳方式，即它是通过两个或两类具有共同性的事物或对象，由某一个（或某一类）公认的事物或对象的荒谬性来推出另一个（或另一类）事物或对象的荒谬性，确定被反驳论题的虚假或不成立。

例如，众所周知，氧气是人们呼吸所必需的气体，因此，有人误认为：“氧气对人越多越好”；另外，人们是通过粮食、蔬菜、鱼、肉类等摄入营养，常说：“食之过饱反会伤身”。据此进行类比，“氧气对人越多”并非“越好”，也会适得其反，“反会伤身”。从而有效地反驳了上述观点。

事实上，氧气是强氧化剂。有的人有意无意地让纯氧泄漏入狭小空间，反而造成了焚身之灾，这样的事故案例还不止一个。而且，在一些化工反应装置中，要严格防止空气、氧气进入装置，否则就会发生火灾、爆炸。

第三节 反驳方法

一、直接、间接反驳方法

1. 直接反驳

直接反驳是用事实或引用真实判断直接确定论题或论据虚假性或论证方式不能

成立的一种反驳方法。

具体的方法是：

- ① 用与被反驳论题或论据相矛盾的事实，直接予以反驳；
- ② 运用归谬法来确定被反驳论题或论据的虚假性。

例如，有人提出：“冲床不用安全防护装置，只要小心一点是一样安全的”。果真如此吗？“某市，在 20 世纪 80 年代平均每年发生的冲手事故有几十起”。这就用事实反驳了“冲床不用安全防护装置，只要小心一点是一样安全的”错误论点。

直接反驳用公式表示如下。

反驳 论题： P 。

反驳的论据：非 P （事实或真理非 P ）。

结论： P 假。

直接反驳的特点是直观明了、易于掌握运用。

2. 间接反驳

间接反驳又称“独立证明”。它是通过论证另一个与被反驳判断相矛盾或具有反对关系的判断的真实性，从而根据矛盾律确定被反驳判断虚假性的一种反驳方法。

其具体方法步骤为：

- ① 先设立一个与被反驳论题相矛盾或反对的判断；
- ② 根据事实或真理论证所设立判断为真；
- ③ 根据矛盾律，即可由设立判断的真，推出被反驳论题的假。

用公式表示如下。

被反驳论题： P 。

设立：非 P 。

论证：非 P 真。

根据矛盾律推出结论： P 假。

例如，某医院外科值班护士为一病员配制了 8~9g、800ml NaCl（瓶上贴有 NaCl 标签）灌肠液，灌肠后 5min 病员出现口唇紫绀、呼吸困难，立即进行抢救，终因抢救无效死亡。

在调查此事时，值班护士说：“灌肠液是用 NaCl 配制的”。

家属对此进行反驳：“灌肠液不是用 NaCl 配制的。因为，用生理食盐水灌肠，不会出现急性中毒造成死亡的；相反，灌肠液是用有毒物质配制的，所以才造成急性中毒，终因抢救无效死亡”。

“所以，灌肠液不是用 NaCl 配制的”。这一反驳非常有力。

对此，经法医尸检和对配制灌肠液用的贴有“NaCl”标签的瓶内物质进行化验，分别证实：病员死亡系亚硝酸钠中毒导致的；配制灌肠用的瓶内物质，不是 NaCl，而是亚硝酸钠。结论完全一致。因为，亚硝酸钠是一种剧毒物质，人体吸收后可使血红蛋白迅速氧化为高铁血红蛋白，使其丧失正常携氧能力，导致机体组织缺氧，同时可使小血管平滑肌松弛，血管扩张，血压下降。病员死前所出现的症状与此完全相符。

二、反驳论题、反驳论据与反驳论证方式

由于反驳是一种特殊的证明。反驳时，常常以对方的论题、论据和论证方式为根据，证明对方的观点的虚假性、自己观点的真实性、正确性。所以，反驳可按此分为三种方法：反驳论题、反驳论据和反驳论证方式。

1. 反驳论题

反驳论题是确定对方论题虚假的一种最基本的反驳方式。

在学术讨论、法庭辩论、事故原因分析及采取对策措施讨论时，经常广泛使用的一种反驳方式。因为，反驳的目的就是证明对方论题的虚假，只有驳倒了对方的论题，才能从根本上推翻对方的观点、主张，从而才有可能确立自己的观点、主张。

例如，有人认为：自学不能成才。这是一个错误的观点。有许多真正的人才是在自学成功的，如法拉第通过自学从一个普通的实验员成为著名的物理学家；华罗庚初中毕业后失学，坚持自学，成为世界著名的数学家。这是因为一个人自学是否有成，其根本在于主观的努力，外在的环境条件，相对地只居次要位置。

上述反驳的逻辑结构如下。

被反驳论题：自学不能成才，

反驳的论据：法拉第是自学成才的，

华罗庚是自学成才的，

……

结论：自学也能成才。

2. 反驳论据

反驳论据是确定对方的论据是虚假的一种反驳方式。论据是一个论证的根据，如果论据是虚假的，那么赖以成立的论题也就不能成立。

例如，在 20 世纪 60 年代，某单位研制的防弹钢在靶场打靶失败了，于是：

甲提出：“研制的防弹钢在靶场打靶全都不合格，因此，该项目应撤销，重立新项”。

乙对此提出了异议，指出：“虽然打靶结果全都不合格，但理由不充分，打靶结果可能有误。该防弹钢的表面布氏硬度比国外同类防弹钢还要高，根据有关科学理论：对钢而言，表面布氏硬度越高，打靶性能应越好。现在，完全相反，不符合科学规律。因此，在钢类的塑性条件下，此钢表面布氏硬度高，打靶全都不合格，应撤销项目，重立新项，理由不充分，打靶结果极有可能为假”。并进一步指出：“打靶结果

全部不合格，极有可能出在打靶条件有误，特别是在角度上。因此，不予撤销，也不重立新项。而应拿原防弹钢板重新打靶，得出结果后再予确定”。

这是对一个反驳论据有虚假而论题不能成立的反驳。

但是，需要指出的是：驳倒了对方的论据，虽反驳有效，然而，并不能因此就否定了对方的论题，论题可能真，亦可能假，需要进一步证明才能确定论题是真还是假。

几个月后，经原钢板重新打靶，结果为：不但全部合格，而且防弹性非常之好。这与它的高布氏硬度完全吻合。而问题也确实出在打靶条件上，是入射角搞错了。

3. 反驳论证方式

反驳论证方式是确定论据与论题之间没有必然的逻辑联系，从论据推不出论题的一种反驳方式。

例如，某工地，在一个班组工作的甲和乙两人关系紧张。一天，上午9时左右，甲从三楼工地上坠落，不巧后脑着地，当场死亡。

于是，就有人说：“甲、乙两人关系紧张，是乙将甲推下去的”。

这样，引起了一些人的不满，反驳说：“不太可能，两人并无重大利益冲突，只是鸡毛蒜皮、性格不合，再紧张还不至于到害人性命的地步，而且乙为人谨慎胆小。光凭关系紧张就说‘是乙将甲推下去的’证据不足”。这就有力地反驳了“甲、乙两人关系紧张”推不出必然是“乙将甲推下去的”，只能是一种可能性。

最后，根据调查表明，有人证实：甲摔下去一刹那间，乙在相距甲10多米处的另一边工作。因此乙不可能去推甲。

应当指出：驳倒了对方的论证方式，并不等于驳倒了对方的论题，也不能就此确定对方的论据是虚假的。只是揭露了对方所采用的论证方式（推理形式）是错误的，犯了“推不出”的逻辑错误，即由对方的论据不能必然地推出论题，因而其论题没有得到论证，论题就不一定是虚假的，要驳倒对方的论题，还需要用足够的事实或真理去证明对方的论题是虚假的。

第四节 反驳与安全生产

反驳在安全生产中应用也十分广泛，如在安全科学的讨论中，进行安全方案决策时，对事故进行分析时，发生事故追究责任辩论时，采取安全对策措施时等，往往有两种或多种不同意见、观点，这就需要运用反驳的方法驳倒对方，运用证明的方法证明自己的观点、主张的正确性、真实性。

下面举两例说明反驳在分析认识事故中的应用及其重要作用。

例① 在20世纪初，埃及的一座沉睡千年的墓穴被挖开，在两年时间内曾先后有

20 多个人到过墓道，奇怪的是：从墓道中出来的人，竟一个个都猝然死去。因此，国内外盛传着墓穴内有“法老”，“入侵者”出来后都会被杀死。后来，有一位法国女医生不相信这个说法，认为死了一千多年的人不可能再杀人，到过墓道的人都猝然死去，一定另有原因。为了反驳法老杀人的谬论，她进行了深入仔细的考察，以寻找真正的原因。终于发现墓道因长期封存，原先放入的食物等腐烂、汽化，里面生长着高浓度的霉菌等有害物质，当人们进入墓道吸入肺内，便会得急性肺炎，不久便窒息死亡。她以科学的论断驳倒了“法老杀人”的迷信说法。后来，在墓穴中的霉菌散发尽后，人们再进入墓道，就再也没有发生猝然死亡的现象。

例② 1987年3月8日凌晨约二时，夺得全国优质银牌的湖南常德德山大曲酒厂，在厂中央的一座薯干库房突然着火，火光冲天，损失十八万元。失火原因，开始时众说纷纭。

有人认为：是由临近烟囱的火星飘入库房引起失火。

这个论断即遭到事实的反驳：火灾发生时，正下着小雨，风向为北风，风力3~4级，离薯干仓库54m的烟囱其烟雾飘向与仓库坐落点正好相反，根本不可能“由临近烟囱的火星飘入库房引起失火”的。

有人认为：是由于搬运人员在库房内吸烟造成失火的。

经调查和多方证实：白天在仓库内作业的搬运工人根本没有在库房内吸烟。这个论断为假，不成立。

有人认为：是由于电源线超负荷引起火灾的。

据查，该仓库的外线（电源线）在薯干入库房前都已切断。因此，这个论断也被论证为假，不能成立。

有更多的人则认为：这是因为气温高，库内贮存的薯干温度高、数量大、堆垛得很高，由薯干自燃引起火灾的。

在反驳这个论断前，进行了充分的调查分析，发现与事实相矛盾。根据仓库保管员火灾前记录的温湿度都没有超过标准，而在清理火灾现场时，没有发现薯干炭化孔等炭化痕迹。所以，自燃起火的论断亦为假，不能成立。

为了查找真正的原因，清理勘察现场进行得十分仔细，想查找出起火点。三天后，在继续清理过程中，一位勘察人员发现了一根竖着的木质炭化柱上挂着一个烧得不成形的灯罩，这就引起了人们的深思，是否可能是由灯引起火灾的？又经过三天反复调查研究，终于真相大白。其原因是：粉碎车间临时工贺世平于3月7日下午4时半，在查看薯干情况时，打开了库内临时行灯电源开关，在离开仓库时忘了关灯，造成两盏100W行灯直接接触薯干的麻袋达9个多小时，从而烤燃了麻袋和薯干，引起了这场火灾。

主要参考文献

- 1 冯契. 哲学大辞典. 上海: 上海辞书出版社, 1992
- 2 中国大百科全书哲学编辑委员会. 中国大百科全书·哲学(I、II). 北京: 中国大百科全书出版社, 1987
- 3 黄浩森, 郭振龙, 张海保. 劳动保护与安全逻辑. 南京: 南京大学出版社, 1989
- 4 王洪. 逻辑学. 北京: 中国政法大学出版社, 1999
- 5 郁慕镛等. 普通逻辑. 南京: 江苏人民出版社, 2000
- 6 郭振龙, 黄浩森, 李鹏飞. 劳动安全心理学. 南京: 南京大学出版社, 1992
- 7 蒋军成, 郭振龙. 工业装置安全卫生预评价方法. 北京: 化学工业出版社, 2004
- 8 张金鉴等. 世界重大灾难纵览. 北京: 东方出版社, 1993
- 9 刘青泉. 科技史与当代科技. 南昌: 江西人民出版社, 1999
- 10 朱兆华, 郭振龙. 浅谈新型交叉学科——安全逻辑学. 化工劳动保护. 工业卫生与职业病分册(第21卷第6期), 2000
- 11 朱兆华, 郭振龙. 浅谈新兴的安全逻辑学. 中国安全科学学报(第11卷增刊), 2001
- 12 郭振龙, 朱兆华. 运用回溯推理分析技术预测、预防事故. 中国安全科学学报(第11卷增刊), 2001

内 容 提 要

《安全逻辑学》是国内首创的一部涉及安全、卫生领域的逻辑学著作，它既是逻辑在应用领域中的新的分支，也是安全科学体系中的一个重要组成部分。

本书系统地论述了观察、实验、比较、分类、分析、综合、概念、判断、归纳推理、类比推理、假说、回溯推理、同一律、矛盾律、排中律、充足理由律、证明和反驳等逻辑方法和规律。书中紧扣安全、卫生，列举了古今中外的大量事例，内容丰富、生动活泼、深入浅出、引人入胜。此书不但对安全生产、劳动保护、事故分析等具有重要的指导和实践意义，而且，也是一部学习安全逻辑方法，进行安全、卫生宣传教育的生动教材。

本书可作为高等院校安全工程专业、逻辑专业师生及安全管理干部和安全技术人员的参考书。