

现代职业安全健康丛书

事故分析预测与 事故管理

罗 云 吕海燕 白福利 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

事故分析预测与事故管理/罗云, 吕海燕, 白福利编
著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 12
(现代职业安全健康丛书)
ISBN 7-5025-8119-7

I. 事… II. ①罗…②吕…③白… III. ①工伤事故-
事故分析②工伤事故-预测③工伤事故-处理 IV. X928

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 156685 号

现代职业安全健康丛书
事故分析预测与事故管理
罗云 吕海燕 白福利 编著
责任编辑: 朱亚威 郭乃铎
责任校对: 宋 玮
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)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 7 $\frac{3}{4}$ 字数 200 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8119-7

定 价: 20.00 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

第一章 事故管理概述

第一节 我国事故预防的发展及进步

一、事故预防理论的发展

人类防范事故风险的科学已经历了漫长的岁月，从事后型的“亡羊补牢”到预防型的本质安全；从单因素的就事论事到系统安全工程；从事故致因理论到安全科学原理，工业安全科学的理论体系在不断发展和完善。安全科学理论体系的发展经历了具有代表性的三个阶段：从工业社会到 20 世纪 50 年代主要发展了事故学理论；20 世纪 50 年代到 80 年代发展了危险分析与风险控制理论；20 世纪 90 年代以来，现代的安全科学原理初见端倪，目前在不断的发展和完善之中。

（一）事故学理论

1. 认识论

事故学理论的基本出发点是事故，以事故为研究的对象和认识的目标，在认识论上主要是经验论与事后型的安全哲学，是建立在事故与灾难的经历上来认识安全，是一种逆式思路（从事后后果到原因事件）。方法论的主要特征在于被动与滞后，是“亡羊补牢”的模式，突出表现为一种头痛医头、脚痛医脚、就事论事的对策方式。

2. 理论系统

基于以事故为研究对象的认识，形成和发展了事故学的理论体系。

（1）事故分类学 按管理要求的分类法，如加害物分类法、事故程度分类法、损失工日分类法、伤害程度与部位分类法等；按预

防需要的分类法：如致因物分类法、原因体系分类法、时间规律分类法、空间特征分类法等。

(2) 事故模型论 因果连锁模型（多米诺骨牌模型）、综合模型、轨迹交叉模型、人为失误模型、生物节律模型、事故突变模型等。

(3) 事故致因理论 事故频发倾向论、能量意外释放论、能量转移理论、两类危险源理论等。

(4) 事故预测理论 线性回归理论、趋势外推理论、规范反馈理论、灾变预测法、灰色预测法等。

(5) 事故预防理论 “三 E” 对策理论、事后型对策等。

3. 方法与特征

在上述思想认识的基础上，事故学理论的主要导出方法是事故分析（调查、处理、报告等）、事故规律的研究、事后型管理模式、四不放过的原则（即事故原因分析不清不放过、责任人没有受到处理不放过、整改措施不落实不放过、有关责任人和群众没有受到教育不放过）、建立在事故统计学上致因理论研究、事后整改对策、事故赔偿机制与事故保险制度等。

事故学的理论对于研究事故规律，认识事故的本质，从而对指导预防事故有重要的意义，在长期的事故预防与保障人类安全生产和生活过程中发挥了重要的作用，是人类安全活动实践的重要理论依据。但是，一方面由于现代工业固有的安全性在不断提高，事故频率逐步降低，建立在统计学上的事故理论随着样本的局限使理论本身的发展受到限制，同时由于现代工业对系统安全性要求不断提高，直接从事事故本身出发的研究思路和对策，仅停留在事故学的研究上的理论效果已不能满足新的要求。

（二）危险分析与风险控制理论

1. 认识论

以危险和隐患作为研究对象，其理论的基础是对事故因果性的认识，以及对危险和隐患事件链过程的确认。建立了事件链的概念，有了事故系统的超前意识流和动态认识论。确认了人、机、环

境、管理事故综合要素，主张工程技术硬手段与教育、管理软手段综合措施，提出超前防范和预先评价的概念和思路。

2. 理论系统

由于研究对象和目标体系的转变，危险分析与风险控制理论发展了如下理论体系。

(1) 系统分析理论 故障树分析理论 (FTA)、事件树分析理论 (ETA)、安全检查表技术 (SCL)、故障及类型影响分析理论 (FMFA) 等。

(2) 安全评价理论 安全系统综合评价理论、安全模糊综合评价理论、安全灰色系统评价理论等。

(3) 风险分析理论 风险辨识理论、风险评价理论、风险控制理论等。

(4) 系统可靠性理论 人机可靠性理论、系统可靠性理论等。

(5) 隐患控制理论 重大危险源理论、重大隐患控制理论、无隐患管理理论等。

3. 方法和特征

由于有了对事故的超前认识，这一理论体系提出了比早期事故学理论更为有效的方法和对策，如预期型管理模式；危险分析、危险评价、危险控制的基本方法过程；推行安全预评价的系统安全工程；四负责的综合责任体制；管理中的“五同时”原则；企业安全生产的动态“四查工程”等科学检查制度等。危险分析与风险控制理论指导下的方法，体现了超前预防、系统综合、主动对策等特征。

危险分析及隐患控制理论从事故的因果性出发，着眼于事故前期事件的控制，对实现超前和预期型的安全对策，提高事故预防的效果有着显著的意义和作用。但是，这一层次的理论在安全科学理论体系上，还缺乏系统性、完整性和综合性。

(三) 安全科学原理

1. 认识论

以安全系统作为研究对象，建立了人-物-能量-信息的安全系统

要素体系，提出系统自组织的思路，确立了系统本质安全的目标。通过安全系统论、安全控制论、安全信息论、安全协同学、安全行为科学、安全环境学、安全文化建设等科学理论研究，提出在本质安全化认识论基础上的全面、系统、综合地发展安全科学理论。

2. 理论系统

安全原理的理论系统还在发展和完善之中，目前已有的初步体系有如下几种。

(1) 安全哲学原理 从历史学和思维学的角度研究实现人类安全生产和安全生存的认识论和方法论。如有了这样的归纳：远古人类的安全认识论是宿命论的，方法论是被动承受型的；近代人类的安全认识提高到了经验的水平；现代随着工业社会的发展和技术的进步，人类的安全认识论进入了系统论阶段，从而在方法论上能够推行安全生产与安全生活的综合型对策，甚至能够超前预防。有了正确的安全哲学思想的指导，人类现代生产与生活的安全才能获得高水平的保障。

(2) 安全系统论原理 从安全系统的动态特性出发，研究人、社会、环境、技术、经济等因素构成的安全大协调系统。建立生命保障、健康、财产安全、环保、信誉的目标体系。在认识了事故系统人-机-环境-管理四要素的基础上，更强调从建设安全系统的角度出发，认识安全系统的要素：人——人的安全素质（心理与生理、安全能力、文化素质）；物——设备与环境的安全可靠性（设计安全性、制造安全性、使用安全性）；能量——生产过程中能的安全作用（能的有效控制）；信息——充分可靠的安全信息流（管理效能的充分发挥）是安全的基础保障。从安全系统的角度来认识安全原理更具有理性的意义，更具科学性原则。

(3) 安全控制论原理 安全控制是最终实现人类安全生产和安全生存的根本措施。安全控制论提出了一系列有效的控制原则。安全控制论要求从本质上来认识事故（而不是从形式或后果），即事故的本质是能量不正常转移，由此推出了高效实现系统安全的方法和对策。

(4) 安全信息论原理 安全信息是安全活动所依赖的资源。安全信息原理研究安全信息定义、类型,研究安全信息的获取、处理、存储、传输等技术。

(5) 安全经济学原理 从安全经济学的角度,研究安全的“减损效益”(减少人员伤亡、职业病负担、事故经济损失、环境危害等),研究安全的增值效益,即研究安全的“贡献率”,用安全经济学理论指导安全系统的优化。

(6) 安全管理学原理 安全管理最基本的原理首先是管理组织学的原理,即安全组织机构合理设置,安全机构职能的科学分工,安全管理体制协调高效,管理能力自组织发展,安全决策和事故预防决策的有效和高效。其次是专业人员保障系统的原理,即遵循专业人员的资格保证机制:通过发展学历教育和设置安全工程师职称系列的单列,对安全专业人员进出具体的严格的任职要求;建立兼职人员网络系统;企业内部从上到下(班组)设置全面、系统、有效的安全管理组织网络等。三是投资保障机制,研究安全投资结构的关系,正确认识预防型投入与事后整改型投入的关系,要研究和掌握安全措施投资政策和立法,讲求谁需要、谁受益、谁投资的原则、建立国家、企业、个人协调的投资保障系统等。

(7) 安全工程技术原理 随着技术和环境的不同,发展相适应的硬技术原理,如机电安全原理、防火原理、防爆原理、防毒原理等。

目前还在发展中的安全理论有:安全仿真实论、安全专家系统理论、系统灾变理论、本质安全化理论、安全文化理论等。

3. 方法与特征

自组织思想和本质安全化的认识,要求从系统的本质入手,要求主动、协调、综合、全面的方法论。具体表现为:从人与机器和环境的本质安全入手,人的本质安全指不但要解决人的知识、技能、意识素质,还要从人的观念、伦理、情感、态度、认知、品德等人文素质入手,从而提出安全文化建设的思路;物和环境的本质安全化就是要采用先进的安全科学技术,推广自组织、自适应、自

动控制与闭锁的安全技术；研究人、物、能量、信息的安全系统论、安全控制论和安全信息论等现代工业安全原理；技术项目中要遵循安全措施与技术设施同时设计、施工、投产的“三同时”原则；企业在考虑经济发展、进行机制转换和技术改造时，安全生产方面要同时规划、发展、实施，即所谓“三同步”的原则；还有“三点控制工程”、“定置管理”、“四全管理”、“三治工程”等超前预防型安全活动；推行安全目标管理、无隐患管理、安全经济分析、危险预知活动、事故判定技术等安全系统科学方法。

追溯人类的进化史，我们可以看到，安全是人类演化的“生命线”，这条线为人类正常可靠的进化铺垫了安全的轨道，稳固了人类进化的基础，保障了人类进化的进程；再看人类今天的生存状态，安全是人们生活依赖的保护绳，这条绳维系着生灵的生命安全与健康，稳定着社会的安定与和平。安全成为现代人类生活中最基本的，且最重要的需要之一；最后再观人类的发展史，安全是人类社会发展的“促进力”，这种力量推动人类文明的进程，创造美好和谐的世界——安全和健康的生活与生产成为人类文明的象征，创造安全的文明成为人类社会文明的重要组成部分。因此，可以不夸张地说：人类的进化，生存和发展，都与安全密切相关，不可分割。从生产到生活，从家庭到社会，从过去到现在，从现在到将来，整个时空世界，无时无刻不在呼唤着安全。安全永远伴随着人类的演化和发展，安全是人类历史永恒的话题。

在进入 21 世纪之初，我们还深切地感受着过去百年人类安全科学技术的进步与发展光芒，同时，也对未来的安全科学技术充满期待和畅想。从安全立法到安全管理，从安全技术到安全工程，从安全科学到安全文化……，人们期盼着安全科学技术不断发展和壮大，从而在安全生产和安全生活方面服务于人类、造福于人类。

我国安全生产科学技术领域的基本发展还表现在：到 2004 年为止，我国已有近 76 所高等院校开办了安全工程本科专业教育，其中具有硕士授权点的院校 30 余所，具有博士授权点的院校 10 余所；目前从事安全科学技术研究机构已超过 50 个，专业技术人员

超过 5000 名；目前我国定期发行的安全生产专业期刊 60 余种；据初步的统计，20 世纪 80 年代至今，我国已出版发行有关安全的生产职业健康类著作 4000 余种；每年我国通过各种期刊和学术会议发表的有关安全生产及职业健康方面的学术论文 4000 余篇。

二、事故管理存在的问题

事故管理包括对事故进行分类、定性，对事故造成的影响和损失进行分析，对事故的原因和责任作出认定和必要的追究，对事故受害人进行安抚和政策处理，并进行事故结案和归档。事故管理的目的：一是落实相关政策；二是进行责任追究；三是通过分析事故，吸取事故教训，防止事故重演。

1. 事故统计分析方法需要进一步发展

在我国，安全生产科学是一门新兴的科学，其定量研究方法和预测理论刚刚起步，事故统计分析预测的数学理论研究属于空白，事故统计分析方法需要进一步发展。

2. 事故经济损失计算技术有待完善

目前我国的事事故损失计算方面，对事故的直接损失计算具有一定的基础。但是，事故间接经济损失的分析计算存在很多问题。我国规定的事事故直接经济损失包含了一些在国外属于间接经济损失的内容，所以我国的直接经济损失所占事故总损失的比例较国外要大。目前，我国就这一问题的研究刚刚开始。根据少数企业的伤亡事故经济损失资料的统计，直接经济损失与间接经济损失之比约为 1 : 1.2 ~ 1 : 6 之间。

3. 事故调查处理的政策要求更为科学和合理

我国的市场经济体系日趋完善，在经济建设中发挥着主导作用，取得了举世瞩目的成绩。但是，我国的事事故处理工作仍然保存着计划经济的明显特征，存在缺陷。突出表现在事故调查组织工作复杂，参加单位过多，我国调查处理事故往往不是一级有关部门参加，而是多级有关部门，这样组织工作越复杂，调查工作效率越低。同时参加调查的人员站在不同部门的角度考虑问题，对事故难

以得出客观科学的结论；由于事故调查组是临时组织的，调查结束，调查人员也就解散，而实际上许多重大事故的影响因素较为复杂，难以在短期内查清；事故调查组织技术含量不高，直接影响着调查结果的科学性。

4. 事故查处和责任追究的制度需要完善和合理化

我国的事故责任追究，根据对事故直接原因和间接原因的分析，确定事故的直接责任者、领导责任者和主要责任者。通过追究事故责任，使相关人员受到教育，强化安全生产责任制，提高事故的预防水平。随着经济的发展，我国在事故的经济处罚力度方面还需要加大，使经济处罚真正能起到事故预防的作用。

2002年11月1日颁布的《中华人民共和国安全生产法》规定：伤亡事故发生后，负伤者或事故现场有关人员应立即直接或者逐级报告企业负责人，同时对现场进行保护，并迅速抢救人员和财物，防止事故扩大。企业负责人应按照有关规定向国家有关部门如实上报。国家和有关部门曾多次要求加强事故统计和信息上报工作，形成了严格的上报制度，保障了对事故的有效管理。

三、事故分析理论与方法的进步

事故有其自身的规律，事故发生的规律又与事故的原因相互影响。事故分析的目的是确定事故的发生原因，对事故作出正确结论，为事故预防提供依据。

事故分析理论是研究事故机理的理论。现代工业生产事故种类繁多，事故现象千变万化，事故机理也各不相同。事故机理主要有以下几类：物理性作用、化学性作用、工业中毒事故和人的因素。事故机理的物理性作用分析是指分析由于物理原因引起的物质状态变化而导致事故的机理，如破裂、磨损、噪声、物理爆炸和电气事故。化学作用分析是指分析由于化学反应而导致事故的机理，如燃烧、腐蚀和化学爆炸等。工业中毒事故分析是指分析工业毒物对人体的致害作用，包括工业毒物对人体各部位、各系统的致害分析等。人的因素分析是指人的失误、人的不安全行为导致事故机

理，包括分析人的心理压力与工作态度等。在事故调查中，通过分析事故发生机理，能够查清事故原因，分清事故责任，有效预防事故重演。

常用的事故分析方法有事故树分析（FTA）、事件树分析（ETA）、故障假设/安全检查表分析、失效模式与影响分析（FMEA）、原因-结果分析法等。各种事故分析方法特点不同，如事故树分析采用演绎方法分析事故的因果关系，能找出各种系统固有的潜在的危险因素，要求分析人员十分熟悉对象系统，具有丰富的经验，往往出现不同的人员编制的事故树和分析结果不同的现象，同时复杂系统的事故树庞大，计算量大。事件树分析采用归纳方法分析事故，可以看出系统的变化过程，从而得出事故预防的途径，适用于多环节事件和多重保护系统的危险性分析。为了充分利用不同事故分析方法的优点，也出现了复合的事故分析方法，如故障假设/安全检查表分析，既利用了安全检查表法检查人员经验性强的特点，也利用了故障假设法分析人员可利用其创造性和经验最大限度地考虑可能的事故情况的特点。鉴于不同的事故分析方法有不同的优缺点，在实际中，应根据情况适当的选用。

第二节 事故管理的目的及意义

一、事故管理的目的与作用

事故管理是指对事故的处理与预防的一系列管理活动。它包括对事故的报告、调查、分析、统计、处理和预防等工作内容。1991年3月1日，国务院颁发的《企业职工伤亡事故报告和处理规定》中对伤亡事故的含义、范围、类别、报告程序、调查方法、事故的责任分析和处理等都作了具体规定，这使企业事故管理工作更加规范化、制度化和法制化。

搞好事故管理工作，对企业安全生产状况作出客观、准确的评价，实现安全生产目标管理，对企业职工进行实际、生动的安全教

育，以及有效地开展事故预测、控制和预防工作都具有十分重要的意义。

事故管理的目的是在调查分析的基础上，掌握事故的发生过程、原因及规律，寻求有效的防止对策。这一目的也体现了“预防为主”的方针和思想。

二、事故统计分析的目的及意义

事故统计分析是统计学在事故问题中的应用，即关于事故数据的收集、整理、分析和推断的科学方法。美国安全专家塔兰茨（W. E. Tarrants）这样论述统计工作的重要性：“安全工作的提高也是由于统计工作能够鉴别问题而开展起来的。安全工作的提高也是由于统计工作能为制定事故预防决策提供依据而得以实现的。安全工作所以能够发展到今天，就是因为统计工作已显示出这些积极效果，并已推动着安全工作前进。”

事故统计分析的目的和意义是：对每件具体事故进行统计调查，说明事故发生的情况和原因；对一定时间期间内、一定范围内事故发生的情况进行测定；根据大量统计资料，借助数理统计等手段，对一定时间内、一定范围内事故发生的情况、趋势以及事故参数的分布进行分析、归纳和推断。通过掌握事故规律，为预防事故提供依据。

三、事故预测的目的及意义

事故预测就是对系统未来的安全状况进行预报和测算。事故预测的起源可以追溯到 20 世纪 30 年代美国保险业所开展的安全分析评价工作。几十年来，世界各国各行业根据自己的具体特点，相继发展了许多具体的安全分析评价方法。从预测趋势看，定量、定性、计算机技术的结合是预测研究的主导方向。事故预测研究的目的是和意义在于为安全管理者提供足够的系统安全信息，使其能够按照预测评价的结果，对系统进行调整，加强薄弱环节，消除潜在隐患，以达到系统安全最优化。

第三节 国内外事故状况对比分析

一、我国事故水平与国外对比分析

我国是发展中国家，目前经济正处在快速发展时期，由于生产力水平较低，安全生产投入严重不足，安全生产监督管理体制不能适应经济发展的需要，生产安全事故总量也在逐年上升。近两年特重大事故虽然有所下降，但事故总量居高不下，安全生产形势依然相当严峻。国际劳工组织 2001 年劳动统计年鉴比较分析了 1999 年 50 个有统计报告数据国家的工伤事故情况，其中属于工业发达国家 16 个，发展中国家 34 个，中国列在发展中国家之内。从工伤事故死亡人数看，50 个国家总计死亡人数为 44850 人，中国死亡人数为 12578 人，居第一位，占 50 个国家死亡人数总和的 28%。与国外相比，我国事故水平的突出特点如下。

1. 事故总量大，并呈上升态势

全国各类生产安全事故由 1990 年的 330993 起，死亡 68342 人，上升到 2002 年的 1073434 起，死亡 139393 人，平均每年上升 10.5% 和 6.28%。其中，道路事故由 1990 年的 250297 起，死亡 49271 人，上升到 2002 年的 773131 起，死亡 109381 人，平均每年上升 9.4% 和 6.4%；工矿企业事故由 1990 年的 5756 起，死亡 7759 人，上升到 2002 年的 13960 起，死亡 14924 人，平均每年上升 7.6% 和 3.1%。死亡人数上升幅度虽低于国民生产总值（GDP）增长速度，但增长幅度很大。道路交通事故起数和死亡人数分别占全国总事故起数和死亡人数的 75.0% 和 74.1%。具体统计见表 1-1。

2. 特重大事故多发

我国安全生产基础工作薄弱，安全设施投入明显不够，重特重大事故频繁发生。由于煤炭乡镇企业快速发展，煤炭市场价格长期偏低，煤炭企业效益不好，企业安全投入严重不足，仅原国有重点煤

表 1-1 我国 1990~2002 年各类事故死亡人数统计

年份	合计死亡人数	火灾死亡人数	道路死亡人数	水上死亡人数	铁路死亡人数	民航死亡人数	工矿企业	
							事故起数	死亡人数
1990	68342	2172	49271	703	8428	9	5756	7759
1991	72618	2105	53292	554	8807	5	8869	7855
1992	78568	1937	58729	557	9083	268	8106	7994
1993	96298	2378	63508	527	9989	76	20035	19820
1994	99672	2765	66362	543	9527	160	21005	20315
1995	103543	2278	71494	731	9031	4	20045	20005
1996	101600	2225	73655	665	7817	7	18181	17231
1997	101037	2722	73861	582	7966	37	15806	15869
1998	104126	2389	78067	606	8402	2	15372	14660
1999	108086	2744	83529	769	8396	61	13258	12587
2000	117718	3021	93493	560	8916	47	10770	11681
2001	130491	2314	106367	490	8409	0	11402	12554
2002	139393	2393	109381	463	8217	134	13960	14924
平均增长幅度	6.28%	2.0%	6.4%	-5.2%	-0.6%	0.8%	7.6%	3.1%

矿在“一通三防”（通风、防瓦斯、防煤尘、防火灾）方面的欠账达 40 多亿元。近几年机动车辆快速增加，但由于一些经济发展相对落后地区的交通设施和路况差，特大事故多发。据统计，2001 年全国共发生一次死亡 10 人以上特大事故 140 起，死亡 2556 人；2002 年全国共发生一次死亡 10 人以上特大事故 128 起，死亡 2341 人；2003 年全国共发生一次死亡 10 人以上特大事故 129 起，死亡 2562 人，其中矿山企业发生一次死亡 10 人以上特大事故 61 起，死亡 1246 人，分别占全国特大事故起数和死亡人数的 47.3%和 48.6%，道路交通发生一次死亡 10 人以上特大事故 41 起，死亡 648 人，分别占全国特大事故起数和死亡人数的 32.8%和 25.2%。

3. 经济损失巨大

国际劳工组织对各国职业伤害事故所造成的经济损失进行评估后认为，全世界职业伤害事故所造成的经济损失约占全球国民生产总值（GNP）的 4%左右。国家安全生产监督管理局安全生产

与经济发展的关系专题对我国进行了研究论证，我国企业的事故经济损失约占国内生产总值的 2.5% 左右，如果按我国 2002 年的经济规模进行测算，我国生产安全事故造成的直接经济损失超过 2500 亿元，相当于我国 1000 万个工矿企业职工一年的辛勤劳动化为乌有（我国 2000 年工矿企业劳动生产率约为 2.4 万元）。

二、我国事故研究和分析方法的问题与差距

我国目前正处于新旧体制交替过程中，国有企业改组改制，非公有制经济快速发展，高危险行业管理不规范，相当部分企业短期效益严重，安全生产科技水平低，安全投入有限，安全管理不到位。安全生产科学是一门新兴的科学，其定量研究方法和预测理论刚刚起步，事故统计分析预测的数学理论研究属于空白。我国目前统计报表填写不规范，事故统计报告资料不详，事故统计分析指导性差。

事故统计分析指标体系不健全，很难对生产安全事故进行分析预测。建立相对指标是科学评价事故的基础。美国职业安全健康管理局（OSHA）制定的职业事故统计报告制度，自 1970 年 12 月 29 日美国《职业安全健康法》颁布后开始正式实施。该体系中的事故分析方法采用百万吨死亡率和百万工时死亡率，该方法在工业发达国家得到普遍采用。万人死亡率、百万吨死亡率、百万工时死亡率是国际上通用的做法，我国应借鉴其他国家的做法，完善统计报告制度。

在事故预测理论方法方面，我国目前对事故预测的研究，一方面在理论方法上还停留在一般的概率统计层面，如应用回归分析等；另一方面，还缺乏国家、行业层次总体的和企业现实合理的应用性研究。因此，在事故预测理论方法上缺乏系统性、综合性和前沿性的研究成果。

三、国际上事故调查的特点

国际上事故调查有两个主要特点：第一，市场经济国家事故调

查工作由政府一个部门全权负责；第二，特别重视专家在事故调查工作中的作用。

美国法律规定，对一次造成 5 人及其以上住院的灾难性事故或有人死亡的事故，工矿企业的雇主要在 48 小时内，向劳工部职业安全健康署（OSHA）或矿山安全健康署（MSHA）报告，OSHA 或 MSHA 接到报告后，立即派员赴现场调查。调查的目的是看其是否违反了法规标准并采取措施避免同类事故再次发生。另外美国还设有权威性的事故调查专门机构，如化学品安全与危害调查委员会（Chemical Safety and Hazard Investigation Board）和国家运输安全委员会（NTSB），分别负责化学品和交通运输事故的调查和技术分析工作。

英国《工伤、职业病及危险事件报告规程》规定因工死亡、某些特殊伤害、歇工 3 日以上的伤害、某些职业病必须向就业部卫生与安全执行局（HSE）报告。HSE 接到报告后派监察人员去现场调查，并向雇主提出改进措施建议，对于情节严重的或明显玩忽职守的，则下达整改通知书或向司法机关起诉。

日本的工厂事故调查工作由劳动省劳动基准局负责，矿山事故由通产省立地公害局负责。对于重大事故的调查工作，劳动省或通产省任命一个专家组进行调查，政府官员不参加调查组工作。专家组调查的主要任务有三条：第一，查清事故的原因；第二，检查法规有无漏洞或不妥之处并提出修改建议；第三，通过对事故的技术分析提出今后科研项目建议。

四、我国事故处理方式与国外的差别

我国的市场经济体系日趋完善，在经济建设中发挥着主导作用，取得了举世瞩目的成绩。但是，我国的事故处理工作仍然保存着计划经济的明显特征，存在缺陷。与国外相比我国的事故处理有如下缺点。

1. 事故调查组织工作复杂，参加单位过多

按照规定，只要是死亡事故就必须有主管部门、安全监督管理

部门、公安部门、工会和检察院参加调查，重大事故和特大事故还必须要有监察部门参加调查。而在我国调查处理事故往往不是一级有关部门参加，而是多级有关部门，即上级某一单位参加了事故调查，那么下级相应单位也参加调查工作。这样事故越大，参加单位就越多，组织工作就越复杂，调查工作效率就越低。最可怕的是参加调查的人员站在不同部门的角度考虑问题，各持己见，对事故难以得出客观科学的结论。

2. 事故调查组是临时机构

由于事故调查组是临时组织的，调查结束，调查人员也就解散，而实际上许多重大事故的影响因素较为复杂，难以在短期内查清，需要进一步的调研分析和试验，才能得出科学的结论，这些工作是临时组织难以胜任的。临时组织参加人员也容易产生应付了事的思想，不利于经验的积累和思路创新。

3. 事故调查组织技术含量不高，直接影响着调查结果的科学性

由于目前事故调查组织成员大部分来自行政管理部门，而且参加人员都是临时凑在一起的，尽管有些行政管理人员也是某方面的专家，但就整个事故调查组而言很难做到专业结构配套，而且临时调查组本身又不可能配备许多专门设备，因此，很难进行较为深入的调查分析工作，这样势必影响到调查结果的科学性。

第二章 事故分析与管理基础

第一节 基本术语及概念

一、基本术语

(1) **事故 (Accident)** 针对事故后果的特征, 事故定义为“造成死亡、职业病、伤害、财产损失或其他损失的意外事件。”从事故的本质出发, 事故是能量的不正常转移。

(2) **重大事故 (Major Accident)** 指工业活动中发生的重大火灾、爆炸或毒物泄漏事故, 并给现场人员或公众带来严重危害, 或对财产造成重大损失, 对环境造成严重污染的事件。

(3) **险肇事件 (Dangerous Occurrences)** 生产经营单位发生的未造成人员伤亡和财产损失, 或虽有轻微的人身伤害、财产损失小于 1000 元或造成工作中断, 但只需进行现场应急处理, 并可在当日内恢复工作的事件。

(4) **事故隐患 (Hidden Danger)** 事故隐患泛指生产系统中可导致事故发生的人的不安全行为、物的不安全状态和管理上的缺陷。简要的定义是: 隐患是人机环境系统安全品质的缺陷。

(5) **危险 (Danger)** 指某一系统、产品、设备或操作的内部和外部的潜在状态, 其发生可能导致意外事故或事件, 造成人员伤亡、疾病或死亡, 或者设备财产的损失或环境危害。

(6) **危害 (Hazard)** 可能造成人员生命及生理伤害或职业病、财产损失、工作场所环境破坏或其组合之根源或状态。

(7) **危险、危害因素** 定义一: 对人员造成伤亡或影响人的身体健康甚至导致疾病, 对物造成突发性损坏或慢性损害的因素。

定义二：危害因素是指可能造成人员死亡或伤害、职业病、财产损失、作业环境破坏的根源或状态。

(8) **重大危险源 (Major Hazard Installations)** 狭义概念指长期地或者临时地生产、搬运、使用或者储存危险物品，且危险物品的数量等于或者超过临界量的单元（包括场所和设施）。广义概念指一个系统中具有潜在能量和物质释放危险的、在一定的触发因素作用下可转化为事故的物质、部位、区域、场所、空间、岗位、设备及其位置。

(9) **风险 (Risk)** 根据国际标准化组织的定义 (ISO 13702, 1999)，风险是衡量危险性的指标，风险是某一有害事故发生的可能性与事故后果的组合。风险 $R=f(p,l)$ 或风险 $R=\text{可能性 } p \times \text{后果 } l$ 。

(10) **风险评价 (Risk Assessment)** 估计风险程度并确定风险是否可容许的全过程。

(11) **可容许的风险 (Tolerable Risk)** 其程度已降低到组织考虑其法律责任和其职业安全健康方针后能容忍水平的风险。

(12) **生产安全事故 (Accidents Related to Work-Safety)** 生产经营单位在生产经营过程中发生的，造成人员伤亡、财产损失的意外事件。

(13) **职业伤害 (工伤) (Occupational Injure)** 生产安全事故造成的人员身体伤害。

(14) **暂时性失能伤害 (Temporarily Disable Injure)** 暂时性失能伤害是指造成人员肢体、某些器官功能性或器质性轻度损伤，致使劳动能力轻度或暂时丧失的伤害。

(15) **永久性部分失能伤害 (Timelessly Partial Disable Injure)** 永久性部分失能伤害是指造成人员肢体残缺或某些器官受到严重损伤，致使人体长期存在功能障碍或劳动能力有重大损失的伤害。

(16) **永久性全部失能伤害 (Timelessly Total Disable Injure)** 永久性全部失能伤害是指造成人员死亡，或造成劳动能力完全丧失的伤害。

(17) **轻伤 (Light Injure)** 事故受害者因事故伤害而导致损

失工作日低于 300 日的暂时性失能伤害。

(18) **重伤 (Heavy Injure)** 事故受害者因事故伤害而导致永久性全部失能伤害及损失工作日等于或超过 300 日的暂时性全部失能伤害。

(19) **直接经济损失 (Direct Economic Loss)** 指生产安全事故造成的人员伤亡及善后处理支出的费用和毁坏财产的价值。

(20) **损失工作日 (Lost of Working Time)** 事故受害者失去工作能力的时间。

(21) **致因物 (Agency)** 引起事故或事故发生的物体或物质。

(22) **不安全状态 (Unsafe Stage)** 可能导致事故发生的物体、物质或环境条件。

(23) **不安全行为 (Unsafe Action)** 违反安全规则或安全原则, 使事故有可能或有机会发生的人的行为。

二、重要概念

(1) **绝对指标** 事故次数、死亡人数、受伤人数、损失工作日、事故经济损失以及为计算相对指标所需的职工人数、主要产品产量等数据。

(2) **相对指标** 表示事故情况的有关数据与基准总量的比例, 如万人死亡率、万车死亡率、事故严重率等。

(3) **事故总量** 指一个行业、部门、地区一段时期 (通常一年) 各类事故发生的次数、死亡人数、受伤人数等。

(4) **事故频率** 生产过程中发生事故的次数是参加生产的人数、经历的时间及作业条件的函数: $A=f(a, N, T)$, A 表示发生事故的次数; N 表示工作人数; T 表示经历的时间间隔; a 表示生产作业条件。当人数和时间一定时, 则事故发生次数仅取决于生产作业条件。一般情况式成立: $a=A/(N \times T)$ 。

通常用上式作为表征生产作业安全状况的指标, 称为事故频率。通常按千人死亡率、千人重伤率、伤害频率计算事故频率。

(5) **事故严重率** 事故严重率是描述事故中人身遭受伤亡严重

程度的指标。在伤亡事故统计中因受伤害而丧失劳动能力的情况来衡量伤害的严重程度。丧失劳动能力的情况按因伤不能工作而损失劳动日数计算。

(6) 10 万人死亡率 指某时期内平均每 10 万人为基数的事故死亡人数比例, 即 $10 \text{ 万人死亡率} = (\text{死亡人数} / \text{当年人数}) \times 10^6$ 。

第二节 事故的性质与特点

一、事故的危害性

近百年来, 为了安全生产和安全生存, 人类作出了不懈的努力, 但是现代社会的重大意外事故仍不断发生。从前苏联 20 世纪 80 年代切尔诺贝利核泄漏事故到 20 世纪 90 年代末日本的核污染事件; 从韩国的三丰百货大楼坍塌到我国克拉玛依友谊宫火灾; 从 2005 年全球一个月内发生重大空难三次, 到我国一次数百人的矿难, 直至世界范围内每年 400 余万人死于意外事故, 其中每年劳动工伤和职业病导致的死亡 200 万人, 交通事故死亡近百万人, 造成的经济损失高达 5% 的 GDP, 生产和生活中发生意外事故和职业危害, 如同“无形的战争”在侵害着我们的社会、经济和家庭。正像一个政治家所说: 意外事故是除自然死亡以外人类生存的第一杀手!

据国际劳动组织的统计, 每年全世界发生工业事故 5000 万起, 造成 130 余万人死亡, 同时, 每死亡 1 人就伴随有 4 人受伤致残, 由于粉尘、毒物和毒气等造成的职业病使社会背起了沉重的包袱。

2004 年 11 月 28 日陕西陈家山发生的我国煤矿 40 多年一遇的特大瓦斯爆炸事故调查还未完结, 2005 年大年初六, 相隔不到 3 个月又发生辽宁阜新孙家湾 213 人死亡的特大矿难, 是我国 1960 年以来的最大煤矿瓦斯爆炸事故。我国的煤炭产量约占全球的 35%, 事故死亡人数则占近 80%。我国的煤炭百万吨死亡率是美国的 100 多倍, 南非的 30 多倍, 印度的 10 多倍。按我国国家统

计，职业事故 10 万人死亡率是发达国家的 3~5 倍。我国目前冶金的百万吨钢死亡率是美国的 20 倍、日本的 80 倍；特种设备事故的发生率是发达国家的 5~6 倍；道路交通万车死亡率约 10 人，是美国的 10 多倍、日本的 20 余倍；近 15 年民航重大事故率是世界平均水平的近 2 倍，航空发达国家的约 4 倍。

1990~2002 年的 13 年中，我国各类事故总量年均增长率为 6.28%，最高的年份增长 22%；国民安全事故 10 万人死亡率每年平均增长近 5%。按国际工组织专家分析的我国与职业相关死亡人数每年 46 万计，我国的国民与职业相关 10 万人死亡率近 40 人。我国每天发生一次死亡 3 人以上重大事故 7~8 起；每周发生死亡 10 人以上特大事故 2~3 起；每月发生死亡 30 人以上事故 1~2 起。2002 年道路交通事故年死亡人数近 11 万，占总量 78.47%；万车死亡率约 13，约为美国的 8 倍、德国的 10 倍、日本的 15 倍，是世界上最好国家澳大利亚的数十倍。我国自 1996 年试行工伤保险制度以来，到 2002 年全国从业人员中仅有大约有 20% 得到社会保险的保护。我国受职业危害的职工在 2500 万人以上，全国每年新发职业病例数均在万例以上，且逐年上升，增长率超过 10%。截至 2002 年底，全国累积发生尘肺病人 581377 例，疑似尘肺（即肺尘埃沉着病）者 60 多万，每年约 5000 人因尘肺死亡。各类事故造成的经济损失超过 2000 亿元（约占 GDP 的 2%），相当于每年损失两个三峡工程，是 1000 多万个职工一年的劳动价值，是一亿农民一年的收入。

二、对安全生产形势的认识与思考

（一）国外情况

在人类职业领域，每天有 3000 人死于工作；每分钟有 2 人因工伤导致死亡。ILO（国际劳工组织）估计劳动疾病到 2020 年将翻一番。在这些工伤事故和职业危害中，发展中国家所占比例甚高，如中国、印度等，事故死亡率比发达国家高出 1 倍以上，比其

他少数国家或地区高出 4 倍以上。

美国在 20 世纪 90 年代每年的工业事故造成 1 万人死亡，占全部意外事故死亡数的 10% 左右，同时造成 300 多万人失能伤残；新加坡 20 世纪 80 年代期间，每年发生 2 万多件工作场所事故，占全部意外事故总量的 17%；日本 20 世纪 80 年代，平均每年职业生产造成近 4 千人死亡，占意外事故死亡总数的 9.5%；我国工矿企业 1999 年共发生职工伤亡事故 13258 起、死亡 12587 人，20 世纪 90 年代最高的年份 1994 年工矿企业发生的意外事故造成 20263 人死亡，占可统计的意外事故总量的 20.3%。

据国际劳工组织报告，2002 年全世界职业事故有 10537380 起，造成 345719 人死亡，上千万人受伤。

美国 2002 年在工作场所的工伤事故死亡 5524 人，10 万人死亡率为 4.0，伤残人数 470 万，伤害率为 5.3%。工伤导致美国损失 1321 亿美元，平均每个工人损失 970 美元。

英国每年工伤死亡 300 余人，重伤近两万人。

德国每年工伤死亡约 1500 人，领取工伤保险金人数约 5 万人。

澳大利亚每年工作伤害死亡 500 多人，10 万人死亡率为 0.44。

法国每年工伤歇工者达 30 万人，年损失劳动工日约 3000 万个。

韩国 2001 年工作场所的工伤事故死亡 2748 人，万人死亡率为 2.60，伤残人数 81431 人，工业事故率为 0.77%，工伤保险费支出 1745 亿韩元。

新加坡 2002 年工作场所死亡 141 人，受伤 15194 人，百万人小时事故率为 2.3 起，工伤保险费支出 7800 万新加坡元。

日本 2002 年工作场所死亡 1658 人，万人死亡率为 2.60，伤残人数 125918 人，工伤事故率为 1.77%。

泰国一年的工伤人数达 13 万人，死亡近 800 人。

（二）我国情况

1. 煤矿安全事故方面

我国煤矿事故死亡人数是世界上主要采煤国煤矿死亡总人数的

4 倍以上。我国的百万吨煤死亡率远远高于其他国家，其煤矿综合安全指数高达 460，是美国的 100 多倍，就是同属发展中国家的印度，我国也有很大差距，是其水平的 10 倍。目前我国国有统配煤矿的百万吨煤死亡率约为 1 人，地方煤矿约为 5 人，乡镇煤矿约 8 人，个体煤矿 10 余人，甚至更高。而发达国家的百万吨煤死亡率仅仅是 0.5 人，印度 1 人，美国 0.04 人。美国 1996 年以来，每年产煤 10 亿吨左右，事故死亡人数控制在 40 人以下，不发生一次 3 人以上死亡的事故。

2. 建筑业安全事故方面

根据国内外的安全生产统计数据，各国所有产业死亡人数中建筑业所占的比例一般都在 10%~25%，在各行业中的顺序在第二至第五位，但日本建筑业死亡人数超过了所有产业的 40%，在所有产业中排名第一位。世界各国建筑业 10 万人死亡率在 8 左右，其中日本死亡率较高为 15 左右。中国的建筑安全水平处于中等地位，但因为中国建筑业从业人数众多，年死亡的绝对人数很多。各国建筑业事故类型有很大的相似性，说明事故发生有一定规律性，这是由建筑业行业特点决定的，同时这种规律性给我们以后的安全管理工作指明了方向。各国各时期的安全生产状况和当时的社会环境尤其是当时的安全管理水平有很大联系。

3. 道路交通安全事故方面

20 世纪 90 年代我国道路交通安全指数（基于万车死亡率）高达 227，大大高于世界平均值 100，是美国 19.8 的 10 多倍，日本 11.9 的 20 多倍，处于世界各国的中下水平。我国公安部公布的 2002 年我国道路交通万车死亡率约 13 人，而目前最好的国家不到 2 人，香港特区是 2.5 人。在过去的 10 余年，我国的道路交通事故频率总量是上升的，例如在 1990 年我国当年的交通事故死亡人数是近 5 万人，到 2001 年突破 10 万人。但是，万车死亡率是下降的，我国 1990 年的万车死亡率是 34 人（国际上对我国的统计是 50 人），到 2001 年下降了一半多。这表明了我国交通安全的进步和改善。但是，我们要看到与发达国家的差距。

4. 民航安全事故方面

我国民航运输飞行近 50 年（1950～2000 年）平均重大事故率（5.378 次/百万架次）是世界平均水平（2.264 次/百万架次）的 2.4 倍（尚缺航空发达国家的数据）。

我国民航运输飞行近 20 年（1980～2000 年）平均重大事故率（3.202 次/百万架次）是世界平均水平（1.65 次/百万架次）的 1.9 倍，是航空发达国家的（0.74 次/百万架次）的 4.3 倍。

我国民航运输飞行近 10 年（1990～2000 年）平均重大事故率（2.183 次/百万架次）是世界平均水平（1.45 次/百万架次）的 1.5 倍，是航空发达国家的（0.557 次/百万架次）的 3.9 倍。

5. 安全事故准确程度综合分析

值得注意的是，由于我国的安全事故报告存在不报、瞒报、虚报的现象，使得上述统计分析的数据存在有一定的误差或水分。根据专家问卷调查结果分析，对我国总体安全事故上报数据的满意度很满意和不满意的仅占 27.5%，而认为一般和不满意的占 70% 多。60% 以上的专家对我国总体安全事故上报的准确程度认为误差在 30% 以上。

按照国际统计范围，我国的安全事故统计还没有包括如下领域：一是农业生产和农村生活领域（火灾、触电、机械伤害、中毒等事故）。值得参考的一个数据是，我国卫生部公告的“中国 2001 年死因排序”资料中，城市发生的损伤和中毒意外事故的 10 万人死亡率是 31.9，而农村是 63.7，整整高出一倍。二是家庭意外事故。我国目前并不清楚家庭意外事故的死亡人数。按照国际上的统计规律，家庭意外事故死亡总量是职业的 2～3 倍。三是学校及少年儿童意外事故，根据国际上统计的结果，意外事故伤亡人数中，40% 是老人和儿童。我国的交通事故死亡人数中约有 1/10 是儿童。据全国死亡监测网的报告，我国无论城市或农村，1～5 岁儿童意外死亡率高达 1000 人/10 万人。

根据上述相关数据进行逻辑推断，我国各类安全事故的死亡总人数至少是 60 万人。按国际劳工组织 2003 年 6 月在日内瓦召开的

第 91 届国际劳工大会公布的全球职业事故与工作相关的疾病死亡人数，仅职业领域我国每年的死亡人数就高达 460260 人。

综上所述，在全面建设小康社会的今天，如何使我国国民安全生存质量提高，使安全生产工作提高到与全面小康社会相适应的水平，我们面对严峻的挑战。

三、事故对社会经济的影响

据联合国有关资料统计，世界各国平均每年的事故经济损失约占国民生产总值（GNP）的 2.5%，预防事故和应急救援措施的投入约占 3.5%，以上两项表明了安全经济活动的基本规模，合计为 GNP 的 6%。

20 世纪 90 年代一些欧洲国家的事故损失为：奥地利每年的事故经济损失为 22 亿欧元，间接经济损失为 1.4%GDP；比利时每年的事故经济损失为 7500 亿欧元，间接经济损失为 2.3%GDP；丹麦每年的事故经济损失为 30 亿欧元，间接经济损失为 2.7%GDP；芬兰每年的事故经济损失为 31 亿欧元，间接经济损失为 3.8%GDP；法国每年的事故经济损失为 70 亿欧元，间接经济损失为 0.6%GDP（结果只有私营企业）；德国每年的事故经济损失为 450 亿欧元；爱尔兰每年的事故经济损失为 1.84 亿欧元，间接经济损失为 0.4%GDP；意大利每年的事故经济损失为 280 亿欧元，间接经济损失为 3.2%GDP；卢森堡每年的事故经济损失为 8600 万欧元，间接经济损失为 2.3%GDP；荷兰每年的事故经济损失为 75 亿欧元，间接经济损失为 2.6%GDP；葡萄牙每年的事故经济损失为 3 亿欧元，间接经济损失为 0.4%GDP；瑞典每年的事故经济损失为 72 亿欧元，间接经济损失为 3%GDP；英国每年的事故经济损失为 260 亿欧元，间接经济损失为 1.1%GDP。

目前，我国安全生产形势依然严峻，不容乐观。生产安全事故数量仍然很大，全国每年安全事故死亡 13 万多人，伤残 70 多万人，造成的直接经济损失超过 2500 亿元，相当于 GDP 的 2.5% 左右。

四、事故的性质及特点

事故可以定义为个人或集体在为实现某一意图或目的而采取行动的时间过程中，突然发生了与人的意志相反的情况，迫使人们的行动暂时或永久地停止的事件。从这一定义可以看出，事故表现出三个特点：①事故发生在人们行动的时间过程中；②事故是一种不以人们意志为转移的随机事件；③事故的后果是影响人们的行动，使人们的行动暂时或永久中止。

以人和物来考察事故现象时，其结果有以下 4 种情况：

- ① 人受到伤害，物也遭到损失；
- ② 人受到伤害，而物没有损失；
- ③ 人没有伤害，物遭到损失；
- ④ 人没有伤害，物没有损失，只有时间和间接的经济损失。

以上 4 种情况中前两种情况的事故常称为伤亡事故；后两种情况称为一般事故，或称为无伤害事故。例如锅炉发生爆炸，使在场或附近的人受伤，这就是人受到伤害、物也遭到损失的伤亡事故；高空坠落而致使坠落者受伤害，这就是人受伤害，而物没有损失的伤亡事故；电气火灾，引起厂房、设备等受损，而人员安全撤离，这就是人没有受到伤害，物遭到损失的无伤害事故；在生产作业中，突然停电而使生产作业暂时停止，这就是人和物都没有伤害和损失（指直接损失）的一般事故。但无论是伤亡事故还是一般事故，总是有损失存在的。事故发生总是影响人们行为的继续，这就从时间上给人们造成了损失，从而致使间接的经济损失发生。另外，从事故对人体危害的结果来看，虽然有时是未遂伤亡，但到底会不会受到伤害，是一个难于预测的问题。所以，必须将这种无伤害的一般事故，也作为发生事故的一部分加以收集、研究，以便掌握事故发生的倾向及其概率，并采取相应的措施，这在安全管理上是极为重要的。

统计结果表明，在事故中无伤害的一般事故占 90% 以上，它比伤亡事故的概率大十倍到几十倍。1973 年，美国安全工程师海因里希（H. W. HeinricLt）统计分析了 55 万件事故，发现每 330 件事故

中有 300 件为无伤害事故，29 件为轻伤或微伤事故，1 件为重伤或死亡事故。这就是著名的 1 : 29 : 300 “海因里希（或海恩）法则”。

事故具有因果性、潜伏性和偶然性等特性。因果性是指事故发生都有其影响因素，这些因素相互作用，在一定条件下促使事故发生。潜伏性是指事故发生前一般都没有明显的表征，而是处于孕育和潜伏阶段。偶然性是指事故是随机事件。它是生产过程中的危险因素在某种机遇条件下发生的事件。有了对事故的认识，掌握了事故的规律，这对进一步了解事故发生机理奠定了基础。同时，事故还具有以下特征。

① 事故一般发生在人们所从事的各种生产活动的过程当中，生产活动是广义的，包括各种产业活动在内，有时在非生产过程中也有发生事故的可能。

② 事故发生的直接原因是人为的因素引起的。人为的因素包括人的过失行为，如错误的判断、错误的操作以及违章作业、管理失误等，也包括人的故意行为，如故意违反规章制度，或故意以危险方法制造事故等。

③ 事故的后果必然造成一定程度的物质损毁、人员伤亡或不良的社会影响，严重时会影响到社会治安的稳定。

④ 事故在发生的过程中一般要经历潜伏期、爆发期、衰败期三个阶段，从潜伏期到爆发期有一突变过程，而事故的整个发生过程呈现一种连续性。

⑤ 事故所违反的法律法规或规章制度包括：国家制定的法律，国务院根据宪法和法律制定的行政法规，有关部门制定的部门性规章以及各单位制定的规章制度。

第三节 事故分类学

一、事故分类的方法及目的

事故分类的方法和粗细决定于对伤亡事故进行统计的目的和范

围。上级管理部门需要综合掌握全局伤亡事故的情况，事故类别的划分可以概括些，一个部门或一个企业为了便于追究事故的根源和探索整改方案，常希望划分得详细一些。样本数一定的情况下，分类越细，数据越分散。为了保证在较细分类的情况下数据不致过分分散，就需要扩大统计范围，例如将歇工不足一个工作日的伤害事故或非伤害事故也统计在内。

为了评价企业安全状况，研究发生事故的原因和有关规律，在对伤亡事故进行统计分析的过程中，需要对事故做科学的分类。

二、事故发生的领域或行业分类

按照事故发生的领域或行业将事故分为 9 类，即工矿企业事故、火灾事故、道路交通事故、铁路运输事故、水上交通事故、航空飞行事故、农业机械事故、渔业船舶事故、其他事故。

三、事故严重度分类

（一）按伤害程度分类（对伤害个体）

（1）重大人身险肇事故 指险些造成重伤、死亡或多人伤亡的事故。下列情况下包括在内：①非生产区域、非生产性质的险肇事故；②虽发生了生产或设备事故，但不至于引起人身伤亡的事故；③一般违章行为。

（2）轻伤 职工受伤后歇工满一个工作日以上，但未达到重伤程度的伤害。

（3）重伤 凡有下列情况之一者均列为重伤：①经医生诊断为残废或可能为残废者；②伤势严重，需要进行较大手术才能挽救的；③人体部位严重烧伤、烫伤、或虽非要害部位，但烧伤部位占全身面积 $1/3$ 以上；④严重骨折、严重脑震荡；⑤眼部受伤较剧，有失明可能；⑥手部伤害，大拇指轧断一节的，其他四指中任何一节轧断两节或任何两指各轧断一节的，局部肌肉受伤甚剧、引起功能障碍，有不能自由伸屈的残废可能；⑦脚部伤害，脚趾轧断三节

以上，局部肌肉受伤甚剧，引起机能障碍，有不能行走自如残废可能的；⑧内脏伤害，指内出血或伤及腹膜等；⑨不在上述范围的伤害，经医生诊断后，认为受伤较重，可参照上述各点，由企业提出初步意见，报当地安全生产监督管理机构审查确定。

(4) 死亡 第六届国际劳工统计会议规定，造成死亡或永久性全部丧失劳动能力的每起事故相当于损失 7500 工作日，这是假定死亡或丧失劳动能力者的平均年龄为 33 岁，死或残后丧失了 25 年劳动时间，每年劳动 300 天，则损失的工作日数为 $300 \times 25 = 7500$ (工作日)。

(二) 按一次事故的伤亡严重度分类

《企业职工伤亡事故分类标准》(GB 6441—86) 对工伤事故作出如下分类。

(1) 轻伤事故 指只有轻伤的事故。

(2) 重伤事故 指有重伤无死亡的事故。

(3) 死亡事故 a. 重大伤亡事故指一次事故死亡 1~2 人的事故；b. 特大伤亡事故指一次事故死亡 3 人以上(含 3 人)。

在我国现阶段事故调查处理规范中，按照事故伤亡人数进行分类，分为如下六类：特别重大事故、特大事故、重大事故、伤亡事故、重伤事故、轻伤事故。见表 2-1。

表 2-1 按事故伤亡人数事故等级分类表

事故等级	伤亡人数	事故等级	伤亡人数
特别重大伤亡事故	死亡 30 人及以上的事故	死亡事故	死亡 1~2 人的事故
特大伤亡事故	死亡 10~29 人的事故	重伤事故	有重伤无死亡的事故
重大伤亡事故	死亡 3~9 人的事故	轻伤事故	只有轻伤的事故

四、按事故管理原因分类

根据事故致因原理，将事故原因分为三类，即人为原因、物及

技术原因、管理原因。人为原因的分类与物及技术原因的分类见后，管理原因的分类按表 2-2 进行。

表 2-2 事故管理原因分类项目

序号	分 类 项 目	序号	分 类 项 目
1	作业组织不合理	7	机构不健全或人员不符合要求
2	责任不明确或责任制未建立	8	现场违章指挥或纵容违章作业
3	规章制度不健全或规章制度不落实	9	缺乏监督检查
4	操作规程不健全或操作程序不明确	10	事故隐患整改不到位
5	无证经营或违法生产经营	11	违规审核验收、认证、许可
6	未进行必要安全教育或教育培训不够	12	其他

五、事故加害物分类

按照设备、物质和环境因素分类。见表 2-3。

表 2-3 事故加害物分类表

大 类	小 类	分 类 名
1 机械	11 汽轮机, 不包括电动机	111 蒸汽机
		112 内燃机
		113 其他
	12 传动机	121 传动轴
		122 传动带、传输电缆、传动滑轮、传动小齿轮、传动链、传动装置
		123 其他
	13 金属加工机械	131 动力压机
		132 动力车床
		133 铣床
		134 研磨轮
		135 剪切机
		136 锻压机械

续表		
大 类	小 类	分 类 名
1 机械	13 金属加工机械	137 轧钢机
		138 其他
	14 木工和类似机械	141 圆锯
		142 其他锯
		143 造型机械
		144 平刨
		145 其他
	15 农业机械	151 收割机(包括联合收割机)
		152 打谷机
		153 其他
	16 矿山机械	161 井下截煤机
		162 其他
	17 未在别处分类的其他机械	191 大型挖土机、挖掘机和刮土机,不包括其他运输方式
		192 精纺机、编织机和其他的纺织机
		193 粮食及饮料加工机
		194 造纸机
		195 印刷机
		196 其他机器
2 运输工具和起重设备	21 起重机和装置	211 起重机
		212 电梯
		213 绞车
		214 滑轮组
		219 其他
	22 铁路运输工具	221 城市间的铁路运输
		222 煤矿、隧道、采石场、行业部门、码头等铁路运输
		223 其他
	23 不包括铁路运输的其他车轮的运输工具	231 拖拉机
		232 平台四轮车
		233 卡车
		234 未在别处分类的机动车

续表

大 类	小 类	分 类 名
2 运输工具和起重设备	23 不包括铁路运输的其他车轮的运输工具	235 牲畜拉力车
		236 手推车
		237 其他
	24 航空运输工具	
	25 水上运输工具	251 装有发动机的水上运输工具
		252 无发动机的水上运输工具
	26 其他运输工具	261 缆车
		262 除缆车之外的运送机
		263 其他
3 其他设备	31 压力容器	311 锅炉
		312 承压容器
		313 承压管道及其配件
		314 压力气瓶
		315 充气浮筒和潜水设备
		316 其他
	32 炼炉、加热炉和砖瓦窑	321 高炉
		322 精炼炉
		323 其他炉
		324 砖瓦窑
	33 电动设备	325 加热炉
	34 电动设施,包括电动机,但不包括电动手持工具	341 旋转机
		342 导线
		343 变压器
		344 控制器
		345 其他
	35 电动手持工具	
	36 工具、器具和仪表,不包括电动手持工具	361 电力驱动的手持工具,不包括电动手持工具
		362 无电力驱动的手持工具
		363 其他
	37 梯子、移动式梯子	
	38 支架	
	39 未在别处分类的其他设备	

续表

大 类	小 类	分 类 名
4 材料、 物质和辐射	41 爆炸	
	42 粉尘、气体、液体和化学品,不包括易爆的化学品	421 粉尘
		422 气体、烟雾和蒸气
		423 未在别处分类的液体
		424 未在别处分类的化学品
		425 其他
	43 飞溅碎片	
	44 辐射	441 电离辐射
		449 其他
	49 未在别处分类的其他材料和物质	
5 作业环境	51 室外	511 天气
		512 交通与工作面
		513 水
		519 其他
	52 室内	521 地板
		522 有限空间
		523 楼梯
		524 其他交通和工作面
		525 地板裂缝和墙壁裂缝
		526 环境因素(照明、通风、温度、噪声等)
		529 其他
	53 井下	531 矿山通道和巷道等顶板和采掘面
		532 矿山通道和巷道等路面
		533 矿山、巷道等工作面
		534 矿井
		535 火灾
		536 透水
		539 其他
	6 未在别处分类的其他因素	611 活的动物
		612 动物产品

续表

大 类	小 类	分 类 名
6 未在别处分类的其他因素	69 未在别处分类的其他因素	
7 缺乏有效数据没有进行分类的因素		

六、事故人为原因分类

人为原因是指人的不安全行动导致事故发生。见表 2-4。

表 2-4 事故人为原因分类表

分类号	分 类 项 目	说 明
1	不按规定的方法操作	
	011 用没有规定的方法使用机械、装置等	除去 03 的内容
	012 使用有毛病的机械、工具、用具等	是标有缺陷的或缺陷明显的
	013 选择机械、装置、工具、用具等有误	用错
	014 离开运转着的机械、装置等	
	015 机械运转超速	
	016 送料或加料过快	
	017 机动车超速	
	018 机动车违章驾驶	除去 017 的内容
	019 其他	
2	不采取安全措施	
	021 不防止意外危险	如开关、阀门上锁、机械部分的固定等
	022 不防止机械装置突然开动	
	023 没看信号就开车	如不看车后就倒车
	024 没有信号就移动或放开物体	
	029 其他	
3	对运转的设备、装置等清擦、加油、修理、调节	包括清除垃圾、去掉加工木材

续表

分类号	分 类 项 目	说 明
3	031 对运转中的机械装置	
	032 对带电设备	
	033 对加压容器	
	034 对加热物	
	035 对装有危险物	
	039 其他	
4		使安全防护装置失效 包括安全阀门、保险丝
	041 拆掉、移走安全装置	
	042 使安全装置不起作用	关闭、堵塞安全装置等
	043 安全装置调整错误	
	044 去掉其他防护物	去掉盖、罩、栅栏等或使其失效
5		制造危险状态 指对第三者有危险的状态“9”中的内容除外
	051 货物过载	包括高度和装载方法的关系
	052 组装中混有危险物	
	053 把规定的东西换成不安全物	
	054 临时使用不安全物	
	059 其他	
6		使用保护用具、保护服装方面的缺陷
	061 不使用保护用具	指可以得到的
	062 不穿安全服装	包括个人服装不安全
	063 保护用具、服装的选择、使用方法误	
7		不安全放置
	071 使机械装置在不安全状态下放置	如吊着的货物、挂着吊桶之类的状态
	072 车辆、运输设备的不安全放置	如为了装卸货物将车辆、提升机或传送装置安放、排列停留在不安全位置
	073 物料、工具、垃圾等的不安全放置	易产生绊倒、颠簸、滑倒等危害
	079 其他	
8		接近危险场所
	081 接近或接触运转中的机械、装置	指不必要的接近、接触
	082 接触吊货、接近或到货物下面	指不必要的接近、接触
	083 进入危险有害场所	

续表

分类号	分 类 项 目	说 明
8	084 上或接触易倒塌物体	
	085 攀、坐不安全场所	
	089 其他	
9	某些不安全行为	
	091 用手代替工具	
	092 没有确认安全就进入下一个动作	指必须要确认安全的动作,包括未排除可燃气体就点
	093 从中间、底下抽取货物	
	094 扔代替用手递	
	095 飞降、飞乘	
	096 不必要的奔跑	
	097 捉弄人、恶作剧	
	099 其他	
10	误动作	
	101 货物拿多	包括过量、过重
	102 拿物体的方法有误	包括扛的方法等,也包括抓取物体时的方法不对
	103 推、拉物体的方法不对	
	104 上、下的方法不对	
	109 其他	
11	其他不安全行动	不能归于上述各类者

七、物及技术原因分类

物及技术原因是指由于物及技术因素导致事故发生，见表 2-5。

表 2-5 物及技术原因分类表

大类	代号	分 类 名	说 明
1		物体本身的缺陷	
	11	设计不良	例如功能上有缺陷,强度不够,没用的零件突出,该有的联结装置没有等 用户自己容易做到的防护装置(如动力传导设备的护罩)没有,不属此类,属第 2 大类

续表

大类	代号	分 类 名	说 明
1	12	构成的材料不合适	
	13	废旧、疲劳、过期	
	14	出故障未修理	
	15	维修不良	
	19	其他	
2		防护措施、安全装置的缺陷	
	21	没有安全防护装置	是对机械的危险而言,不是对电器、辐射危险而言。包括取下来放着没用的情况,设计不良情况除外
	22	安全防护装置不完善	也是对机械的危险而言,设计不良出外
	23	没有接地或绝缘、接地或绝缘不充分	
	24	没有屏蔽、屏蔽不充分	对热、放射线而言
	25	间隔、表示(如标签)的缺陷	对危险物等而言
3	29	其他	
		工作场所的缺陷	卫生环境不属此类,属第 6 大类
	31	没有确保通路	
	32	工作场所间距不足	对于人的工作活动或对物的移动而言
	33	机械、装置、用具、日常用品配置的缺陷	
	34	物体放置的位置不当	放在不应放的地方
	35	物体堆积方式不当	
	36	对意外的摆动防范不够	
4	39	其他	
		个人防护用品、用具的缺陷	包括防护服、安全鞋、护目镜、面罩、手套、安全帽、呼吸器官护具、听力护具等缺陷
	41	缺乏必要的个人防护用品、用具	不是必要的不算
	42	防护用品、用具不良	
	43	没有指定使用或禁止使用某用品、用具	如没有指定使用安全鞋,没有禁止使用手套等
	49	其他	

续表

大类	代号	分 类 名	说 明
5		作业方法的缺陷	指被指定或认可的作业方法偏离了安全原则
	51	作业程序有错误	包括技术本身有错误
	52	使用不合适的机械、装置	
	53	使用不合适的工具、用具	
	54	人事安排不合理	包括技术不够、身体条件不合适（作该项工作不合适）
	59	其他	
6		作业环境缺陷	当无更明确的上述各类可选时，可选下列中与事故有关者
	61	照明不当	照度不够或刺眼等
	62	通风换气差	
	63	道路、交通的缺陷	设施条件不好，交通管理缺乏等。仅限于工作环境的交通
	64	过量的噪声	
	65	自然危险	风、雨、雷、电、野兽、地形等。仅限于作业环境
	69	其他	
7		其他不安全状态	不能归于上述各类者

八、事故伤害部位分类

按身体伤害的部位分类，见表 2-6。

表 2-6 事故伤害部位分类表

大类	代号	分 类 名	说 明
1	头 部		
	11	头盖部	包括头盖骨、脑及头皮
	12	眼	包括眼窝及视神经
	13	耳	
	14	口	包括唇、齿、舌
	15	鼻	
	16	脸	其他不分类的部分
	17	头部复合部位	

续表

大类	代号	分 类 名	说 明
2	21	颈部(包括咽喉及颈椎)	
3	31	躯干	包括脊柱、邻接的肌肉及骨髓 包括肋骨、胸骨及胸部内脏 包括内脏
	32	背部	
	33	胸部	
	34	腹部	
	35	腰部	
	36	躯干复合部位	
4	上 肢		包括锁骨及肩甲骨 除手指
	41	肩	
	42	上臂	
	43	肘	
	44	前臂	
	45	手腕	
	46	手	
	47	手指	
	48	上肢复合部位	
5	下 肢		除脚趾
	51	臀部	
	52	大腿	
	53	膝	
	54	小腿	
	55	脚腕	
	56	脚	
	57	脚趾	
	58	下肢复合部位	
6	复 合 部 位		仅应用于不同部位受多种伤害且没有一种明显较其他严重时。如有某种伤害比其他伤害更严重,则按此种伤害的部位分类
	61	头部和躯干、头部和肢体	
	62	躯干和肢体	
	63	上肢和下肢	
	65	其他复合部位	
7	人 体 系 统		指某人体系统功能受到影响,为一般的伤病而无特定伤害(如中毒)时。如身体系统功能受影响是由特定部位的伤害造成,不在此列。例如脊柱的断裂引起脊髓受伤,伤害部位应为脊柱
	71	血液循环系统	
	72		
	73		
	74		
	75		

九、国际事故分类方法

1. 国际劳工组织的分类

国际劳工组织（ILO）对职业事故的分类方法如下。

按事故形式划分为：职业事故、职业病、通勤事故、危险情况和事件。

按事故类型分为：坠落人员、坠落物体打击、脚踏物体和撞击物体打击、卡在物体上或物体间、用力过度或过度动作、暴露或接触过低过高温度、触电、接触有害物或辐射、其他等。

按致害因素分类为：机械、运输工具和起重设备、其他设备、材料物质和辐射、作业环境、其他等。

按事故程度对职业事故划分为死亡事故、非致命事故。死亡事故按 30 天内死亡人数、30~365 天内死亡人数划分；对非致命事故按无时间损失事故、3 日内损失事故和 3 日以上损失事故划分。

职业病按引起因素划分为化学因素、物理因素、生物因素；按器官划分为呼吸系统、皮肤、肌肉骨骼等。

国际劳工组织的事故分类还有按伤害性质分为 9 类；按受伤部位分 7 类等。

2. 国际劳联分类

国际劳联（ILA）1923 年召开的统计工作会议上，建议尽可能按加害物体进行分类。列出的加害物有：①机械，原动机、动力传动装置、起重机加工机械；②运输，铁路、船舶、车辆；③爆炸；④有害、高温或腐蚀性物质；⑤电气；⑥人员坠落；⑦冲击和碰撞；⑧落下物体；⑨坠落；⑩非机械操作；⑪手工工具；⑫动物。

3. 日本的分类

日本劳动省规定的伤亡事故类别为 20 种：①坠落、滚落；②翻倒；③强烈碰撞；④飞来物、落下物崩溃、倒塌；⑤撞穿；⑥被拦截、被卷入；⑦切断、摩擦；⑧刺伤；⑨淹溺；⑩接触高低温物体；⑪接触有害物体；⑫触电；⑬爆炸；⑭破裂；⑮火灾；⑯道

路交通事故；⑰其他交通事故；⑱动作相反；⑲其他；⑳不能分类。

第四节 事故统计指标

一、事故指标体系

安全生产领域的事故指标体系包括五大绝对指标和四大相对指标，如图 2-1 所示。

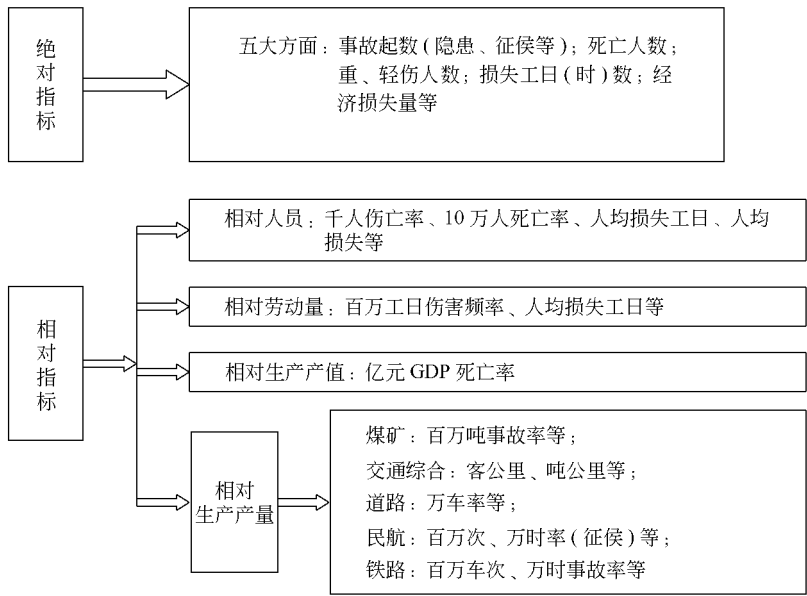


图 2-1 事故指标体系

1. 绝对指标（事故元素）

- 事故起数；
- 死亡人数；
- 重、轻伤人数；
- 损失工日（时）数，指被伤者失能的工作时间；

• 经济损失量，指在劳动生产中发生事故所引起的一切经济损失，包括直接经济损失和间接经济损失。

2. 相对指标

人/人模式：伤亡人数相对人员（职工）数，如千人（万人）死亡（重、轻伤）率等。

人/产值模式：伤亡人数相对生产产值（GDP），如亿元 GDP（产值）死亡（重、轻伤）率等。

人/产量模式：伤亡人数相对生产产量，如矿业百万吨（煤、矿石）死亡率、道路交通万车死亡率、航运万艘（船）死亡（重、轻伤）率等。

损失日/人模式：事故损失工日相对人员、劳动投入量（工日），如百万工日（时）伤害频率、人均损失工日等。

经济损失/人模式：事故经济损失相对人员（职工）数，如万人损失率等。

经济损失/产值模式：事故经济损失相对生产产值（GDP），如亿元 GDP（产值）损失率等。

经济损失/产量模式：事故经济损失相对生产产量，如矿业百万吨（煤、矿石）损失率、道路交通万车（万时）损失率等。

3. 事故频率指标

生产过程中发生事故的次数是参加生产的人数、经历的时间及作业条件的函数：

$$A=f(a, N, T)$$

式中， A 为发生事故的次数； N 为工作人数； T 为经历的时间间隔； a 为生产作业条件。

当人数和时间一定时，则事故发生次数仅取决生产作业条件。一般有以下式成立： $a=A/(N \times T)$ ，通常用此式作为表征生产作业安全状况的指标，称为事故频率。《企业职工伤亡事故分类》（GB 6441—86）规定，按千人死亡率、千人重伤率、伤害频率计算事故频率。

（1）千人死亡率 某时期内平均每千名职工中因工伤事故造成

的死亡人数为千人死亡率，即：

$$\text{千人死亡率} = \text{死亡人数} / \text{平均职工数} \times 1000$$

(2) 10 万人死亡率 某时期内平均每 10 万名职工中因工伤事故造成的死亡人数为 10 万人死亡率，即：

$$10 \text{ 万人死亡率} = \text{死亡人数} / \text{平均职工数} \times 100000$$

(3) 千人负伤率 一定时期内平均每千职工中发生伤亡事故的人次，即：

$$\text{千人负伤率} = \text{本时期内工伤事故人次} / \text{本时期内在册职工人数} \times 1000$$

(4) 千人重伤率 某时期内平均每千名职工中因工伤事故造成的重伤人数为千人重伤率，即：

$$\text{千人重伤率} = \text{重伤人数} / \text{平均职工数} \times 1000$$

(5) 亿元 GDP 死亡率 表示某时期（年、季、月）内，平均创造一亿元 GDP 因工伤事故造成的死亡人数。

(6) 亿元 GDP 伤害频率 表示某时期（年、季、月）内，平均创造一亿元 GDP 因工伤事故造成的伤害（重、轻伤）人数。

(7) 千人经济损失率 一定时期内平均每千名职工的伤亡事故的经济损失。

(8) 百万元产值经济损失率 一定时期内平均创造百万元产值伴随的伤亡事故经济损失。

(9) 亿元 GDP 损失率 一定时期内平均创造一亿元 GDP 伴随的伤亡事故经济损失。

4. 事故严重率指标

伤亡事故严重率是描述工伤事故中人身遭受伤亡严重程度的指标。在伤亡事故统计中按因受伤害而丧失劳动能力的情况来衡量伤害的严重程度。丧失劳动能力的情况按因伤不能工作而损失劳动日数计算。GB 6441—86 规定，按伤害严重率、伤害平均严重率及按产品产量计算死亡率等指标计算事故严重率。具体指标如下。

(1) 伤害严重率 表示某时期内，每一百万工时事故造成的损失工作日数，即：

$$\text{伤害严重率} = \text{损失工作日数} / \text{实际总工时数} \times 10^6$$

(2) 伤害平均严重率 表示每人次受伤害的平均损失工作日数, 以说明伤害的严重程度, 即:

$$\text{伤害平均严重率} = \text{总损失工作日} / \text{伤害人次}$$

(3) 人均损失工日 一定时期内职工人均损失程度, 即:

$$\text{人均损失工日} = \frac{\text{本时期内因工伤之事故歇工日数}}{\text{本时期内工伤事故人数}}$$

(4) 产品产量死亡率 即采用在一定数量的实物生产中发生的死亡事故人数计算出平均死亡率。不同行业有所不同, 常用的有百万吨煤死亡率、万吨钢死亡率、万辆汽车死亡率等, 即:

$$\text{产品产量死亡率} = \text{年事故死亡人数} / \text{年生产的实物量}$$

二、国外重要的事故统计指标

千人负伤率是许多国家常用的事故频率统计指标, 如前苏联、罗马尼亚、前南斯拉夫、加拿大、英国、法国、墨西哥、埃及、印度、约旦、奥地利、肯尼亚、利比亚、赞比亚、巴拿马、韩国以及斯里兰卡、危地马拉、巴基斯坦、捷克、芬兰、匈牙利、新西兰、叙利亚、坦桑尼亚、摩洛哥、挪威等许多国家都采用这一指标。德国、意大利、瑞士、荷兰等国按 300 个工作日为一个工人数计算。

除了用“人/人模式”作为事故的最基本统计指标外, 一些国家还常用如下指标。

(1) 百万工时伤害频率 (失时工伤率, lost time injury frequency rate) 表示某时期 (年、季、月) 内, 平均每百万工时内, 因工伤事故造成的伤害导致的损失工时数。

$$\text{百万工时伤害率} = \text{工伤损失工日(时)数} / \text{实际总工日(时)} \times 10^6$$

$$\text{实际总工时} = \text{统计时期内平均职工人数} \times \text{该时期内实际工作天数} \times 8$$

(2) FAFR (亿时死亡率, Fatality Accident frequency rate) 指每年 10^8 工时 (一亿工时) 发生的事死亡人数。它相当于每人每年工作 300 天, 每天工作 8 小时, 每年 4000 人中有一人死亡。

(3) 亿客公里死亡率 反映各类交通工具 (道路、铁路、航

运、民航)单位人员交通效率的事故死亡代价。

$$\text{亿客公里死亡率} = \text{死亡人数} / \text{客公里数} \times 10^8$$

三、事故统计分析综合指数

根据我国安全生产管理体制的特点和安全生产统计工作的需要,结合我国经济发展和行业特点,借鉴国外职业安全事故统计指标体系,经过广泛征求意见和讨论,提出如下新的生产安全事故指标体系。

新的安全事故指标体系分为四类,即综合类、工矿企业类、行业类和地区安全评价类事故统计指标体系。

1. 综合类生产安全事故指标

综合类是指各类企业、行业所共用的生产安全事故统计指标,主要用来反映全国各类伤亡事故总体情况。有 13 项指标:事故起数、死亡事故起数、死亡人数、受伤人数、重大事故起数、重大事故死亡人数、特重大事故起数、特重大事故死亡人数、特别重大事故起数、特别重大事故死亡人数、直接经济损失、重大事故率、特重大事故率。

2. 工矿企业类生产安全事故指标

反映矿山企业和工商贸企业伤亡事故情况。有 19 项指标:伤亡事故起数、死亡事故起数、死亡人数、重伤人数、轻伤人数、直接经济损失、损失工作日、重大事故起数、重大事故死亡人数、特重大事故起数、特重大事故死亡人数、特别重大事故起数、特别重大事故死亡人数、百万吨死亡率、千人死亡率、千人重伤率、百万工时死亡率、重大事故率、特重大事故率。

3. 行业类生产安全事故指标

反映道路交通、消防火灾、水上交通、铁路运输、民航飞行、农业机械、渔业和其他船舶的生产安全事故情况。

(1) 道路交通事故统计指标 有 15 项:事故起数、死亡事故起数、死亡人数、受伤人数、直接财产损失、重大事故起数、重大事故死亡人数、特重大事故起数、特重大事故死亡人数、特别重大事故

起数、特别重大事故死亡人数、万车死亡率、10 万人死亡率、重大事故率、特重大事故率。

(2) 消防火灾事故统计指标 有 14 项：事故起数、死亡事故起数、死亡人数、受伤人数、直接财产损失、重大事故起数、重大事故死亡人数、特重大事故起数、特重大事故死亡人数、特别重大事故起数、特别重大事故死亡人数、百万人火灾死亡率、重大事故率、特重大事故率。

(3) 水上交通事故统计指标 有 14 项：事故起数、沉船艘数、死亡和失踪人数、受伤人数、直接经济损失、重大事故起数、重大事故死亡人数、特重大事故起数、特重大事故死亡人数、特别重大事故起数、特别重大事故死亡人数、亿客公里死亡率、重大事故率、特重大事故率。

(4) 铁路运输事故统计指标 有 14 项：事故起数、死亡事故起数、死亡人数、受伤人数、直接经济损失、重大事故起数、重大事故死亡人数、特重大事故起数、特重大事故死亡人数、特别重大事故起数、特别重大事故死亡人数、百万机车总走行公里死亡率、重大事故率、特重大事故率。

(5) 民航飞行事故统计指标 有 6 项：飞行事故起数、死亡事故起数、死亡人数、受伤人数、重大事故万时率、亿客公里死亡率。

(6) 农业机械事故统计指标 有 14 项：伤亡事故起数、死亡人数、重伤人数、轻伤人数、直接经济损失、重大事故起数、重大事故死亡人数、特重大事故起数、特重大事故死亡人数、特别重大事故起数、特别重大事故死亡人数、万台死亡率、重大事故率、特重大事故率。

(7) 渔业和其他船舶事故统计指标 有 14 项：事故起数、伤亡事故起数、死亡和失踪人数、受伤人数、直接经济损失、重大事故起数、重大事故死亡人数、特重大事故起数、特重大事故死亡人数、特别重大事故起数、特别重大事故死亡人数、千艘船事故率、重大事故率、特重大事故率。

4. 地区安全评价类指标

主要反映各地区的生产安全情况。有 12 项：事故起数、死亡事故起数、死亡人数、直接经济损失、重大事故起数、重大事故死亡人数、特大事故起数、特大事故死亡人数、特别重大事故起数、特别重大事故死亡人数、亿元国内生产总值（GDP）死亡率、10 万人死亡率。

四、事故相对指标定义

（1）千人死亡率 某时期内平均每千名从业人员，因伤亡事故造成的死亡人数。

$$\text{千人死亡率} = \frac{\text{死亡人数}}{\text{从业人员数}} \times 10^3$$

（2）千人重伤率 某时期内平均每千名从业人员，因伤亡事故造成的重伤人数。

$$\text{千人重伤率} = \frac{\text{重伤人数}}{\text{从业人员数}} \times 10^3$$

（3）百万工时死亡率 某时期内平均每百万工时，因事故造成死亡的人数。

$$\text{百万工时死亡率} = \frac{\text{死亡人数}}{\text{实际总工时}} \times 10^6$$

（4）百万吨死亡率 某时期内平均每百万吨产量时，事故造成的死亡人数。

$$\text{百万吨死亡率} = \frac{\text{死亡人数}}{\text{实际产量（吨）}} \times 10^6$$

（5）重大事故率 某时期内重大事故占总事故的比率。

$$\text{重大事故率} = \frac{\text{重大事故次数}}{\text{事故总次数}} \times 100\%$$

（6）特大事故率 某时期内特大事故占总事故的比率。

$$\text{特大事故率} = \frac{\text{特大事故次数}}{\text{事故总次数}} \times 100\%$$

（7）特别重大事故率 某时期内特别重大事故占总事故的比率。

$$\text{特别重大事故率} = \frac{\text{特别重大事故次数}}{\text{事故总次数}} \times 100\%$$

(8) 百万人火灾发生率 某时期内某地区平均每百万人中，火灾发生的次数。

$$\text{百万人火灾发生率} = \frac{\text{火灾发生次数}}{\text{地区总人口}} \times 10^6$$

(9) 百万人火灾死亡率 某时期内某地区平均每百万人中，火灾造成的死亡人数。

$$\text{百万人火灾死亡率} = \frac{\text{火灾造成的死亡人数}}{\text{地区总人口}} \times 10^6$$

(10) 万车死亡率 某时期内某地区平均每万辆机动车辆中，造成的死亡人数。

$$\text{万车死亡率} = \frac{\text{机动车造成的死亡人数}}{\text{机动车数}} \times 10^4$$

(11) 10 万人死亡率 某时期内某地区平均每 10 万人中，因机动车辆造成的死亡人数。

$$\text{10 万人死亡率} = \frac{\text{机动车辆造成的死亡人数}}{\text{地区总人口}} \times 10^5$$

(12) 亿客公里死亡率 某时期内一个客运单位，平均每运送一亿旅客行走一公里，造成的死亡人数。

$$\text{亿客公里死亡率} = \frac{\text{死亡人数}}{\text{运营旅客人数} \times \text{运营公里总数}} \times 10^8$$

(13) 重大事故万时率 一个飞行单位，平均每飞行一万公里发生的重大飞行事故。

$$\text{重大事故万时率} = \frac{\text{事故次数}}{\text{飞行总小时}} \times 10^4$$

(14) 亿元国内生产总值 (GDP) 死亡率 某时期内某地区平均每生产亿元国内生产总值时，造成的死亡人数。

$$\text{亿元国内生产总值(GDP)死亡率} = \frac{\text{死亡人数}}{\text{国内生产总值(元)}} \times 10^8$$

(15) 10 万人死亡率 某时期内，某地区平均每 10 万人中，

因生产安全事故造成的死亡人数。

$$10 \text{ 万人死亡率} = \frac{\text{死亡人数}}{\text{地区总人口}} \times 10^5$$

第五节 事故指数

安全生产指标是反映安全生产现实状况和客观状态的重要、基础的指标。但由于具有特定的量纲和针对性，因此，在反映安全生产或事故的一般规律上具有局限性和信息包容量的有限性。为此，需要研究事故指数理论。

事故指数理论的作用及意义在于如下几个方面。

① 系统全面地研究定义安全生产的指标体系，推进安全生产的定量科学的发展和进步。

② 研究分析国内外安全生产事故发生的规律，对我国未来事故发生趋势作出判断。

③ 根据现代职业安全健康管理体系要求的持续改进的科学管理思想，设计“安全生产指数”的数学模式，使之能够满足国家、行业或企业的安全生产动态的科学、合理评价。

④ 提出的安全生产指数理论和方法，能够对国家之间、地区之间或行业之间的安全生产综合状况和水平进行合理的横向比较分析。

⑤ 研究提出的方法和技术，有利于安全生产管理部门对管理对象进行科学评价（排行榜）。

⑥ 研究的成果可为安全生产综合管理部门制定合理政策提供分析的理论、方法和依据。

一、事故指数的设计思路

对比以往我国的安全生产指标，“安全生产指数”不仅要能在横向上对各行业、企业、地区进行综合比较，还需要能够在纵向上反映地区或企业（行业）的安全生产状况持续改善的水平。这就要

求指数是一种无量纲的相对数，并且具有动态性，也即指数必须是在时间上连续关联，且基于选用的“基元指标”更具有相对数的特点。

基元指标的选取应遵循设计原则中的相关原则、有效原则及简约原则。基元指标可以是某一具代表性的综合性指标或特性指标（如亿元产值事故率、损失率；千人死亡率、伤亡率、重伤率；民航、道路、铁路、航运的亿客公里死亡率；百万工时伤害频率；亿时死亡率等）。

基于这种设计要求，作为对以往安全生产指标的改进指标，这种指数应更具直观性，它是一个具有科学性、动态性、灵活性的指标。同时为了满足企业（行业）间、地区间的可比，它需要具有无量纲性、相对性的特点。安全生产（事故）指数的设计应从纵向和横向来分别描述。纵向安全生产（事故）指数用来反映安全生产的改善变化水平；横向安全生产指数反映企业、地区、国家的安全生产（事故）状况相对水平。

二、事故指数的数学模型

应用量纲归一化理论，依据信息量理论和统计学的方法和原则，提出了科学分析和评价安全生产状况的“安全生产指数理论”。安全生产指数是一综合的无量纲指数。用这一理论可动态地反映安全生产持续改善水平，对地区、行业进行综合的横向比较分析，有利于管理部门进行科学评价（排行榜）、有利于管理部门制定合理政策和科学激励。

安全生产指数以事故指标（预防指标、发生指标或事故当量）作为分析对象或指数基元，根据分析评价的需要进行指数测算，从而对安全生产的规律进行科学的评估和分析。安全生产指数的数学模式（定义）有三个，如下所述。

1. Y-指数（同比指数）

Y-指数是纵向比较指数，能反映本企业、本地区自身安全生产（事故）状况的（持续）改善水平。其数学模型是：

$$K_y = (R_1/R_0) \times 100$$

式中, R_1 为当年指标; R_0 为参考(比较)指标 [前一年指标、基年指标或者近 n 年平均(滑动)指标]。

2. X-指数(综合指数)

X-指数是横向比较指数, 反映企业、地区、国家的安全生产(事故)状况相对水平。可以对企业、地区或国家间进行横向综合比较。

综合指数的第一种计算模型是企业、地区或国家间的两两比较模型:

$$K_x = R_1/R_0 \times (W_0/W_1) \times 100$$

式中, R_1 为被比较企业、地区或国家的安全生产(事故)指标; R_0 为比较企业、地区或国家的安全生产(事故)指标; W_1 为被比较企业的行业危险性权重系数; W_0 为比较企业的行业危险性权重系数。

综合指数的第二种计算模型是 n 个行业、地区或国家之间的综合比较, 其数学模型是:

$$K_x = (R_0 \times W_0) / (\sum W_i R_i / n) \times 100$$

式中, W_i 为第 i 个地区的危险性权重系数。

3. 安全事故当量指数基本数学模型

(1) 基本概念

事故当量是测度事故综合危害的指标。它能够反映事故后果——死亡、伤残、职业病和经济损失四个方面的综合特征, 用于综合衡量单起事故或一个企业、一个地区发生事故的危害程度。即用事故当量的概念将四个不同的事故特征统一起来。

事故综合当量是测定行业或地区的事故综合状况, 它的研究对象是各种事故指标(如 10 万人死亡率、万车死亡率等)。

事故危害当量是测定单起事故或一个行业、地区事故的严重程度, 它是以事故的死亡、受伤、职业病、经济损失的数量为研究对象的。

事故当量指标是相对人员、产量、GDP 等社会经济和生产规

模背景因素，度量事故当量的指标，如 10 万人事故当量 fP ，亿元 GDP 事故当量 fG 等。

(2) 事故危害当量指数

① 事故危害“标准当量”的确定

事故危害“标准当量”定义为事故导致的人年时间损失或价值损失。人年时间损失按周 5 天工作制换算，即一人年工日损失等于 250 人日；人年价值损失按全员劳动生产率计算。

由上述定义可得到如下转换标准。

死亡人员当量：一人相当于 20 个事故当量（即 20 人年或 5000 工日损失）。

伤残人员当量：按伤残等级的总损失工日数（根据国际常用规范，不同伤残等级的损失工日数按表 2-7 标准计算），而部分工伤因治疗康复后不能确定残疾级别的按其实际损失工日计算，以 250 工日为 1 个标准当量。

职业病当量：与伤残人员的当量换算相仿，根据职业病等级的标准损失工日数换算，因治疗康复不能确定职业病等级的按其实际损失工日数计算。

表 2-7 损失工日数计算值

级别	一级	二级	三级	四级	五级	六级	七级	八级	九级	十级
损失工作日数	4500	3600	3000	2500	2000	1500	1000	500	300	100

经济损失当量：按地区一年的平均工资、净劳动生产率、平均医疗费用之和为一个当量。

② 事故危害当量指数的数学模型

事故危害当量指数 K ：评价单起事故或某个地区、行业事故综合危害的程度。

$$\begin{aligned}
 K &= F(f, g, l, r) \\
 &= (f_{\text{当}} + g_{\text{当}} + l_{\text{当}} + r_{\text{当}}) \\
 &= (f \times 20 + g/g_{\text{标}} + l/l_{\text{标}} + r/r_{\text{标}})
 \end{aligned}$$

式中， $f_{\text{当}}$ 为死亡人员当量； $g_{\text{当}}$ 为伤残人员当量； $l_{\text{当}}$ 为经济

损失当量； $r_{\text{当}}$ 为职业病当量； f 为死亡人数； g 为受伤总损失工日； l 为经济损失； r 为职业病总损失工日； $g_{\text{标}}$ 为标准时间当量即 250 个工作日； $r_{\text{标}}$ 为标准时间当量即 250 个工作日； $l_{\text{标}}$ 为标准价值当量，即地区一年的平均工资、净劳动生产率、平均医疗费用之和为一个当量。

确定了事故的标准当量后，就可以根据上式进行计算，得出事故危害程度综合当量指数，就可以判断事故的严重程度，对事故的严重程度进行评价分析。

(3) 事故综合当量指数

事故综合当量指数 K ：事故当量指标的综合函数，将安全生产的各项事故指标综合计算，综合反映某个地区，行业的安全综合状况。基本定义如下。

$$\begin{aligned}
 K &= F(f, b, r, l, P, G) \\
 \text{或} \quad &= [\sum (X_i / X_{i\text{综合}})] \times 100 / n \\
 \text{或} \quad &= [\sum D_i (X_i / X_{i\text{综合}})] \times 100 / n \\
 \text{或} \quad &= (fP / fP_{\text{综合}} + fG / fG_{\text{综合}}) \times D \times 100 / 2
 \end{aligned}$$

式中， f 为死亡率指标； b 为受伤率指标； r 为职业病发生病率指标； l 为损失率指标； P 为人员指标； G 为 GDP 指标； D_i 为指标修正系数，可根据经济水平（人均 GDP）、行业结构（从业人员结构比例或产业经济比例）、劳动生产率或完成生产经营计划率等确定； X_i 为考核或评价依据的第 i 项事故指标； $X_{i\text{综合}}$ 为考核或评价依据的第 i 项区域或行业平均（背景）事故指标； n 为参与测量事故综合当量指数的指标数。

安全事故当量指数还可扩展为安全事故综合当量同比指数、安全事故综合当量横比指数，用于企业、地区事故发生状况的纵向或横向分析评价。

4. 修正系数的确定

由于地区间生产发展水平、行业结构和安全文化基础的差异性，导致地区间的安全生产客观基础和条件的不同，因此，在评价地区安全生产状况或对地区提出的安全生产要求和事故指标，应考

虑这种差异性，由此，在测算事故当量综合指标时应对其指标进行必要的修正，即设计 D_i 指标修正系数。 D_i 的设计应该根据指标的客观影响因素来进行，如：

① 各类事故总指标根据地区人均 GDP 水平设计；

② 工矿事故指标根据地区的行业结构进行，即用地区高危险行业的从业人员规模比例或高危行业的 GDP 比例结构；

③ 道路交通事故指标根据等级公路的比例水平设计。

由于全面收集基础数据的困难和客观的动态性，要精确、全面地确定 D_i 是困难的。根据目前能够统计到的数据，根据不同地区（省市）的人均 GDP 水平和行业 GDP 的结构，确定了 $D_{\text{人均GDP}}$ 和 $D_{\text{行业GDP比例}}$ 两种修正系数，分别用于修正各类事故亿元 GDP 死亡率及工矿企业 10 万人死亡率两项指标。

修正系数 D_i 的基本计算模型如下。

$$D = D_{\text{地区}} / D_{\text{全国}}$$

在研究中，发现人均 GDP 与平均值的比例值范围过大（如 2002 年数据，最小为 0.3933，最大为 5.2298），如果直接用其进行修正，将使亿元 GDP 死亡率综合指数变化过大，大大影响该省的事故综合当量指数的大小，即影响该省的排序，所以，将人均 GDP 与平均值的比例进行了弹性压缩，使其最大值不超过 1.618（黄金分割线以下），计算公式为

$$D_{\text{人均GDP}} = D_{\min} + (D_i - D_{\min}) \times (1.618 - D_{\min}) / (D_{\max} - D_{\min})$$

式中， D_i 为某省的人均 GDP 与平均值的比例； $D_{\max}$ 为人均 GDP 与平均值的比例最大值； $D_{\min}$ 为人均 GDP 与平均值的比例最小值。

第三章 我国安全事故统计分析

第一节 我国各类生产安全事故统计

一、全国各类伤亡事故情况

表 3-1 是 1990~2004 年我国（不包括港、澳、台地区，下同）各类事故（工矿企业职业工伤、道路交通、铁路、水运、民航、火灾）死亡人数的总统计，以及相对人口和国内生产总值（GDP）的死亡率及其同比指数统计。

表 3-1 我国 1990~2004 年各类事故死亡人数统计表

年份	总 计		背景数据			死亡率及指数			
	全国死亡人数	死亡人数同比指数	全国 GDP /亿元	全国人口 /万人	人均 GDP /元	亿元 GDP 死亡率指数	亿元 GDP 死亡率	10 万人死亡率指数	10 万人死亡率
1990	68342	100	18547.9	114333	1534.82	100	3.93	100	5.98
1991	72618	106.25	21617.8	115823	1866.45	85.50	3.36	103.98	6.27
1992	78568	108.19	26638.1	117171	2273.44	87.80	2.95	107.02	6.71
1993	96298	122.57	34634.4	118517	2922.31	94.24	2.78	121.16	8.13
1994	99672	103.5	46759.4	119850	3901.49	76.62	2.13	102.34	8.32
1995	103543	103.88	58478.1	121121	4828.07	83.10	1.77	102.76	8.55
1996	101600	98.12	67884.6	122389	5546.63	84.75	1.5	97.08	8.3
1997	101037	99.45	74462.6	123626	6023.22	90.67	1.36	98.43	8.17
1998	104126	103.05	78345.2	124761	6277.16	97.79	1.33	102.08	8.34
1999	108086	103.8	82067	125786	6517.96	99.25	1.32	102.88	8.58
2000	117718	108.91	89468.1	126743	6904.96	100	1.32	105.94	9.29
2001	130491	110.85	97314.8	127627	7516.67	103.03	1.36	112.43	10.22
2002	139393	106.82	102398	128453	7971.63	100	1.36	106.16	10.85
2003	136340	97.81	116694	129227	9030	86.03	1.17	97.33	10.56
2004	136755	100.30	136515	129988	10502	85.64	1.002	99.63	10.521
平均值	106305.8	104.90	70121.6	123027	5574.4	91.63	1.91	103.94	8.59

1990~2004 年我国各类事故死亡总数及同比指数见图 3-1，10 万人死亡率及其同比指数见图 3-2，亿元 GDP 死亡率及同比指数见图 3-3。

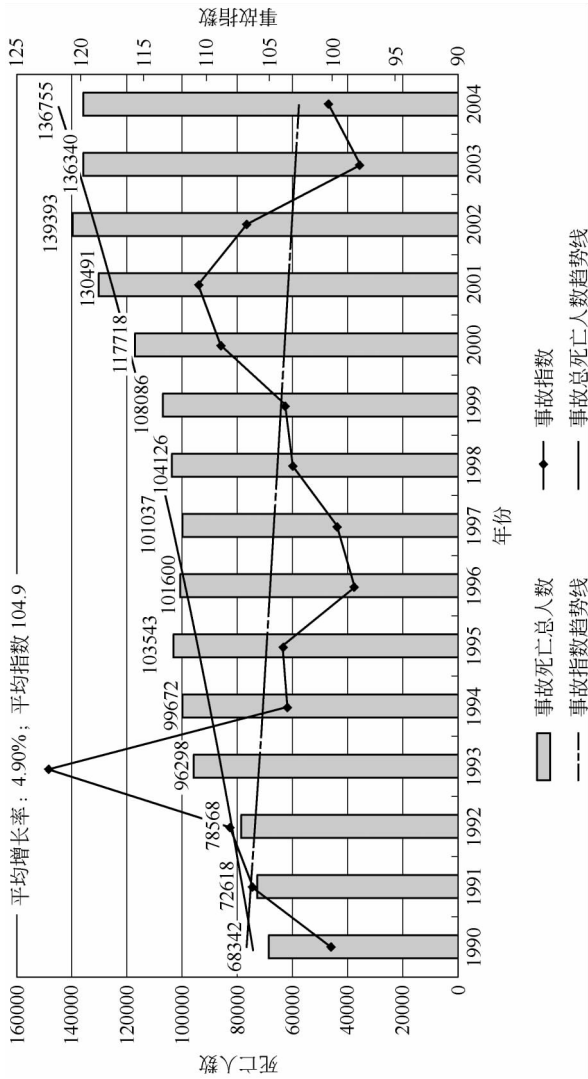


图 3-1 我国 1990~2004 年各类事故死亡总数及同比指数

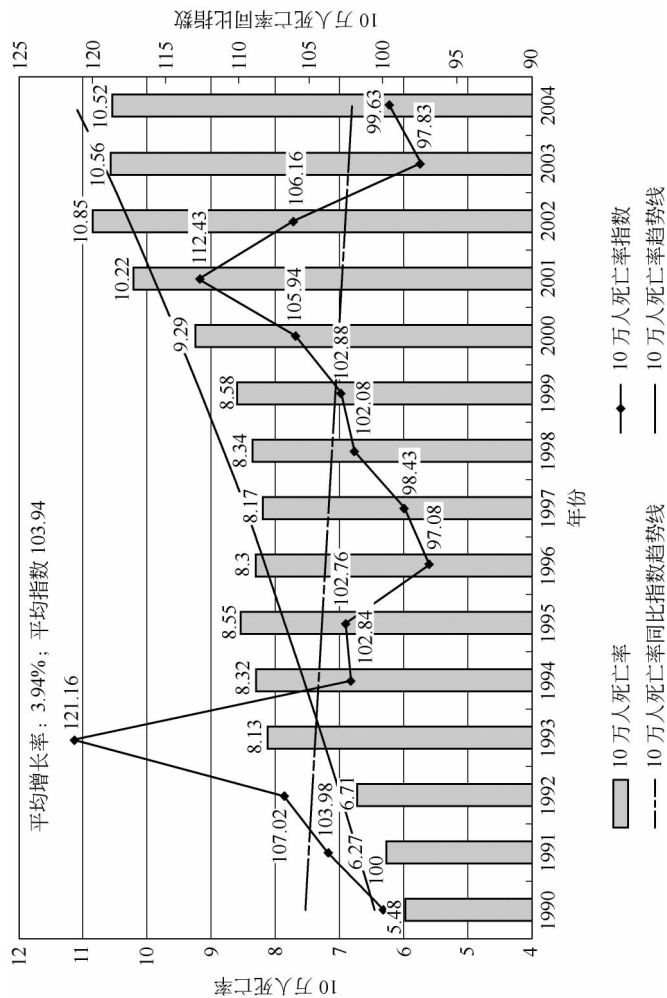


图 3-2 我国 1990~2004 年 10 万人死亡率及其同比指数

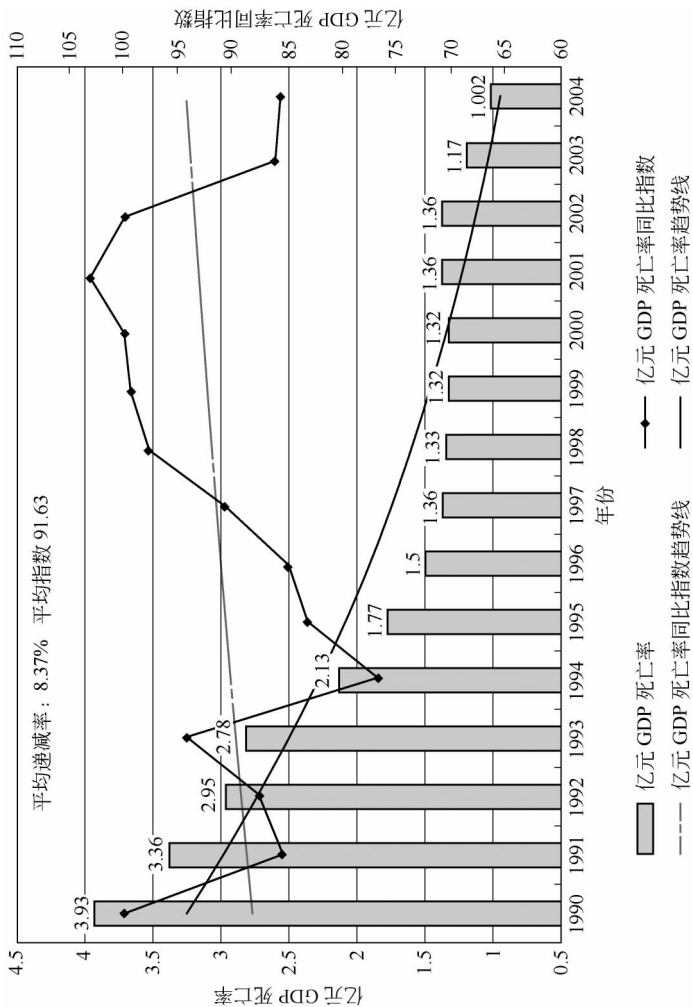


图 3-3 我国 1990~2004 年亿元 GDP 死亡率及其同比指数

二、建国以来我国工矿企业伤亡事故统计

1950~2002 年我国工矿企业职工伤亡事故统计数据如表 3-2 所示。1950~2002 年我国工矿企业职工伤亡人数及其同比指数趋势见图 3-4。1950~1998 年我国工矿企业事故千人死亡率及其指数趋势见图 3-5。

表 3-2 1950~2002 年我国职业工伤事故死亡人数统计表

年 份	死亡总 人数/人	千人 死亡率	死亡总数 同比指数	千人死亡率 同比指数	企业职工 人数/人	重伤人数 /人	千人 重伤率
1950	2468	0.52	100	100			
1951	3370	0.549	136.54	105.57			
1952	2736	0.351	81.19	63.93			
1953	3282	0.336	119.96	95.72			
1954	3200	0.294	97.5	87.5			
1955	3004	0.244	93.88	82.99			
1956	3422	0.186	113.91	76.23			
1957	3702	0.188	108.18	101.08			
1958	12850	0.314	347.11	167.02			
1959	17946	0.425	139.66	135.35			
1960	21938	0.482	122.24	113.41			
1961	12024	0.321	54.81	66.6			
1962	5859	0.189	48.73	58.88			
1963	5962	0.192	101.76	101.59			
1964	3566	0.109	59.81	56.77			
1965	4147	0.117	116.29	107.34			
1966	3867	0.103	93.25	88.03			
1967	1289	0.033	33.33	32.04			
1968	655	0.016	50.81	48.48			
1969	955	0.022	145.8	137.5			
1970	11848	0.251	1240.29	1140.9			
1971	17610	0.341	148.64	135.86			
1972	17901	0.332	101.65	97.36			

第三章 我国安全事故统计分析

续表

年 份	死亡总 人数/人	千人 死亡率	死亡总数 同比指数	千人死亡率 同比指数	企业职工 人数/人	重伤人数 /人	千人 重伤率
1973	12847	0.236	71.77	71.08			
1974	10062	0.182	78.32	77.12			
1975	11707	0.2	116.35	109.89			
1976	12488	0.205	106.67	102.5			
1977	13654	0.216	109.34	105.37			
1978	14363	0.212	105.19	98.15			
1979	13054	0.187	90.89	88.21	6992.7	29618	0.423
1980	11582	0.157	88.72	83.96	7349.7	27472	0.374
1981	10393	0.138	89.73	87.9	7506.5	24315	0.324
1982	9867	0.117	94.94	84.78	7769.7	23264	0.299
1983	9067	0.113	91.15	96.58	7934.4	19778	0.249
1984	9088	0.113	101.05	100	8034.7	18650	0.232
1985	9847	0.118	108.35	104.42	8379.5	18216	0.217
1986	8982	0.104	91.22	88.14	8656.2	16484	0.19
1987	8658	0.097	96.39	93.27	8964	14954	0.167
1988	8908	0.099	102.89	102.61	8964	12404	0.138
1989	8657	0.094	97.18	94.95	9167.1	10788	0.118
1990	7759	0.083	89.63	88.3	9321.2	10105	0.108
1991	7855	0.083	101.24	100	9516.3	9117	0.096
1992	7994	0.086	101.77	103.61	9251.2	8327	0.09
1993	19820	0.133	247.94	255.81	14849	9901	0.067
1994	20315	0.137	102.5	106.36	14849	9103	0.061
1995	20005	0.134	98.47	100	14908	8197	0.055
1996	17231	0.116	86.13	100.43	14845	7274	0.049
1997	15869	0.108	92.1	94.89	14668	6197	0.042
1998	14660	0.118	92.38	117.49	12337	5623	0.046
1999	12587	0.107	85.86	90.67	11773	4936	0.042
2000	11681	0.104	92.8	97.20	11259	3770	0.033
2001	12554	0.116	107.47	111.54	10792	4147	0.038
2002	14924	0.141	118.87	121.55	10558	3755	0.036

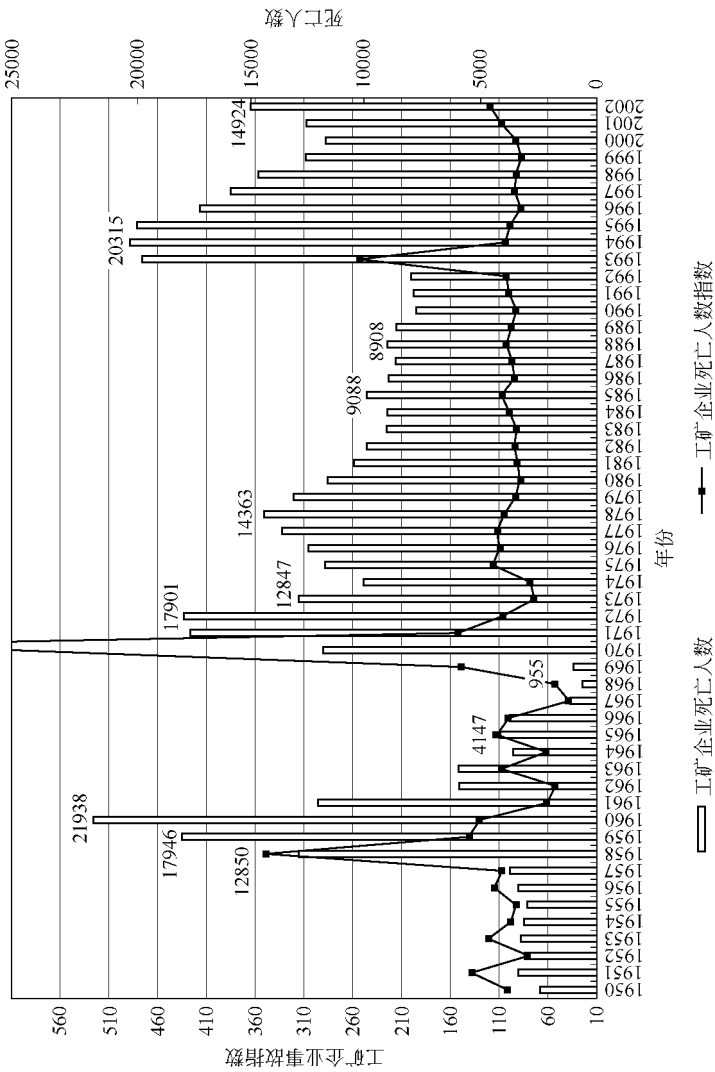


图 3-4 1950~2002 年我国职业工伤死亡人数及其同比指数趋势图

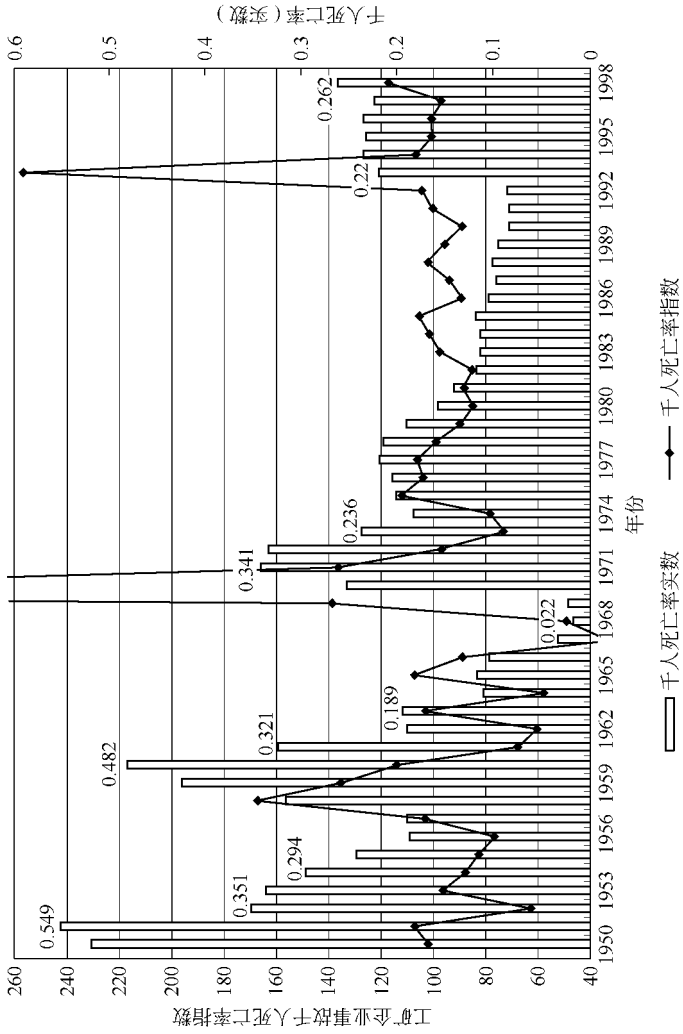


图 3-5 1950~1998 年我国工矿企业事故千人死亡率及其指数趋势图

三、建国以来我国煤矿事故统计

建国以来，1949～2002 年我国煤矿企业死亡事故统计数据见表 3-3，统计趋势图见图 3-6 和图 3-7。

表 3-3 1949～2002 年我国煤矿企业死亡事故统计数据表

年 份	全国煤矿死亡人数/人	其中煤矿生产死亡人数/人	全国煤炭产量/万吨	煤炭生产百万吨死亡率	百万吨死亡率指数
1949	731	731	3243	22.54	100
1950	634	634	4292	14.76	65.48
1951	242	242	5308	4.56	30.89
1952	513	513	6649.2	7.72	169.30
1953	713	671	6967.8	10.23	132.51
1954	861	794	8366.4	10.29	100.59
1955	760	677	9829.6	7.73	75.12
1956	759	622	11036.1	6.88	89
1957	822	738	13073	6.29	91.42
1958	3049	2662	27000	11.29	179.49
1959	5933	5098	36879	16.09	142.52
1960	7072	6036	39720.7	17.80	110.63
1961	4819	4304	27761.8	17.36	97.53
1962	2723	2498	21954.9	12.40	71.43
1963	1784	1583	21706.8	8.22	66.29
1964	1350	1173	21456.6	6.29	76.52
1965	1104	1026	23180.1	4.76	75.68
1966	1556	1478	25146.9	6.19	130.04
1967	1431	1238	20570	6.96	112.44
1968	1687	1651	21959	7.68	110.34
1969	2017	1972	26595	7.58	98.70
1970	3027	2903	35398.8	8.55	112.80
1971	3766	3585	39229.8	9.60	112.28
1972	3597	3453	41047.1	8.76	91.25
1973	4079	3981	41696.9	9.78	111.64

第三章 我国安全事故统计分析

续表

年 份	全国煤矿死亡人数/人	其中煤矿生产死亡人数/人	全国煤炭产量/万吨	煤炭生产百万吨死亡率	百万吨死亡率指数
1974	3722	3636	41317	9.01	92.13
1975	4736	4526	48223.7	9.82	108.99
1976	4948	4826	48344.9	10.23	104.18
1977	5637	5474	55068	10.23	100
1978	6001	5830	61786.1	9.71	94.92
1979	5566	5429	63553.9	8.76	90.22
1980	5165	5067	62013.3	8.33	95.09
1981	5162	5079	62163	8.30	99.64
1982	4873	4805	66632	7.31	87.95
1983	5567	5431	71453	7.79	106.57
1984	5872	5698	78923	7.44	95.51
1985	6912	6659	87228	7.92	106.45
1986	6888	6736	89404	7.70	97.22
1987	7049	6897	92809	7.60	98.70
1988	6902	6751	97987.6	7.04	92.63
1989	7625	7449	105415	7.23	102.70
1990	7360	7185	107929	6.82	94.33
1991	6412	6269	108428	5.91	86.66
1992	5992	5854	107840	5.56	94.08
1993	6244	6210	115137.6	5.42	97.48
1994	7239	7212	122952.8	5.89	108.67
1995	6907	6854	129218.3	5.35	90.83
1996	6556	6499	137408	4.77	89.16
1997	7083	7015	132525	5.34	111.95
1998	6302	6275	123251.3	5.11	95.69
1999	6469	6399	104363.5	6.19	121.14
2000	5796	5765	99916.9	5.80	93.70
2001	5670	5601	110559.4	5.13	88.45
2002	6995	6971	139335.2	5.02	97.06
平均增长率	4.35%	4.35%	5.23%	-2.79%	-2.79%

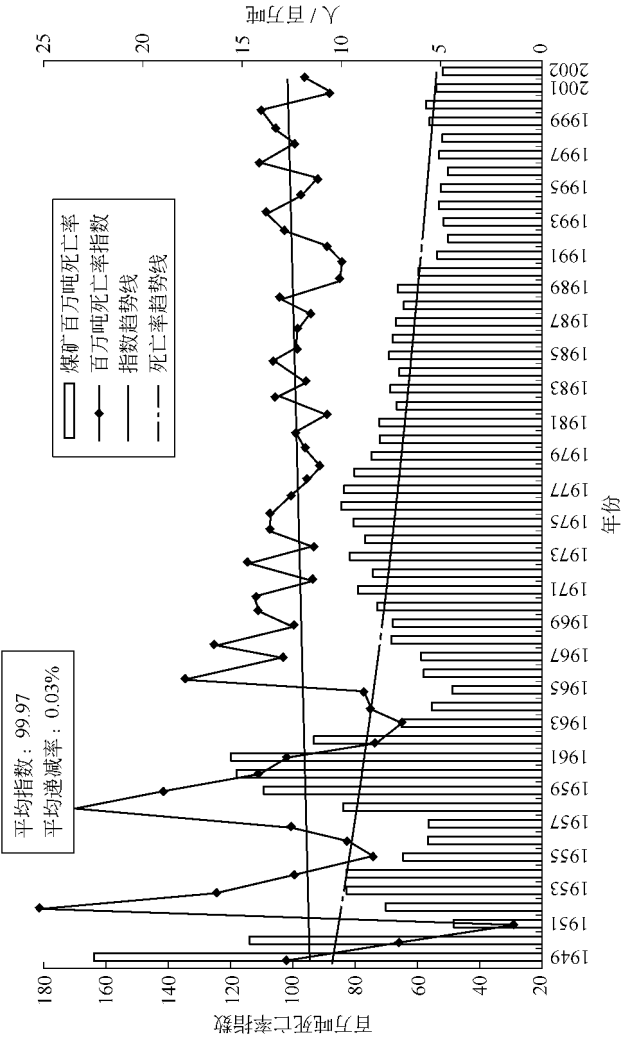


图 3-6 1949~2002 年我国煤矿事故百万吨煤死亡率统计趋势图

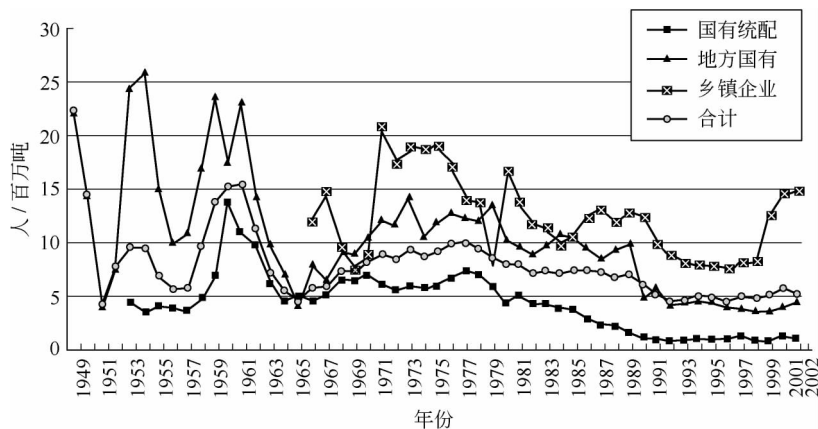


图 3-7 1949~2002 年我国各类煤矿事故百万吨煤死亡率统计趋势图

四、我国火灾事故统计

1978~2002 年我国消防火灾事故统计情况见表 3-4，1990~2002 年我国火灾事故死亡人数及指数趋势图见图 3-8。

表 3-4 1978~2002 年我国消防火灾事故统计情况表

年 份	死亡人数/人	受伤人数/人	经济损失/万元	百万人死亡率	人均损失/元
1978	4046	7990	22743.4	4.2	0.24
1979	3696	6175	23236.2	3.8	0.24
1980	3043	3710	17609.3	3.1	0.18
1981	2643	3480	23130.6	2.6	0.23
1982	22498	2929	18926.3	2.2	0.19
1983	2161	2741	20398.0	2.1	0.20
1984	2085	2690	16086.4	2.0	0.32
1985	2241	3543	28421.9	2.1	0.27
1986	2691	4344	32584.4	2.5	0.30
1987	2411	4009	80560.8	2.2	0.74
1988	2234	3206	35424.4	2.0	0.32
1989	1838	3195	49125.7	1.6	0.44
1990	2172	4926	53688.6	1.9	0.47
1991	2105	3771	52158.8	1.8	0.45
1992	1937	3388	69025.7	1.7	0.59

续表

年 份	死亡人数/人	受伤人数/人	经济损失/万元	百万人死亡率	人均损失/元
1993	2378	5937	111658.3	2.0	0.94
1994	2765	4249	124391.0	2.3	1.04
1995	2278	3838	110315.5	1.9	0.91
1996	2225	3428	102908.5	1.8	0.84
1997	2722	4930	154140.6	2.2	1.25
1998	2389	4905	144257.3	1.9	1.16
1999	2744	4572	143394.0	2.2	1.15
2000	3021	4404	152217.3	2.4	1.20
2001	2334	3781	140326.1	1.83	1.10
2002	2393	3414	154446.4	1.86	1.20
平均增长	-2.1%	-3.3%	7.96%	-3.2%	6.65%

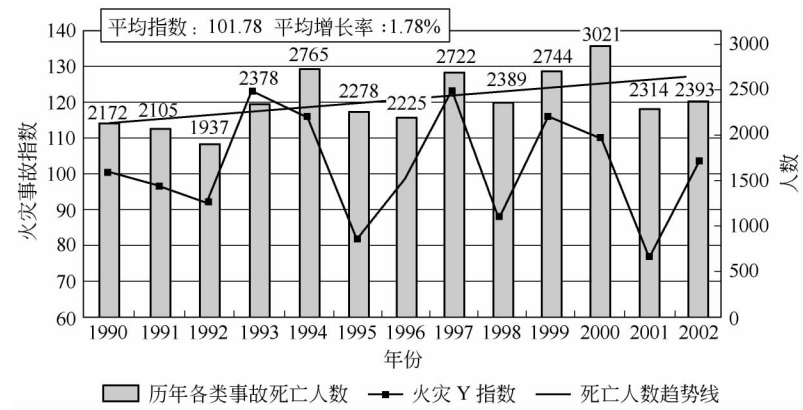


图 3-8 1990~2002 年我国火灾事故死亡人数及指数趋势图

第二节 我国生产安全事故状况分析

一、我国各类生产安全事故统计分析

我国目前每年发生各类事故百万余起，死亡人数近 14 万；各

类事故 10 万人死亡率 2002 年为 11.1，在事故总量增长率高于人口增长率的情况下，这一指标还将上升；各类事故亿元 GDP 死亡率 2002 年是 1.37，GDP 增长速度高于事故总量的增长速度，这项指标在 20 世纪 90 年代前 5 年呈下降趋势，后 5 年趋于稳定，表明我国在经济快速发展的同时，伤亡事故在大幅度上升，安全生产形势不容乐观。

我国各类生产安全事故 10 多年来，总量一直呈现上升趋势。1990~2002 年的 13 年间，我国各类事故总量年均增长率为 6.28%，最高的年份增长 22%。这种状况与我国社会主义制度和保障劳动者的安全与健康，与十六届三中全会提出的坚持以人为本，树立和落实全面、协调、可持续发展的科学发展观，按照五个统筹（统筹城乡发展、区域发展、经济社会发展、人与自然和谐发展、国内发展与对外开放），保持经济平稳较快发展，全面建设小康社会不相适应。

我国建国以来发生了五次事故高峰。第一次是在 1958 年“大跃进”时期，当时出现的违章作业、加班加点和设备带病运行的现象，致使生产秩序混乱，设备事故和人身伤害事故不断发生，死亡人数大幅度上升。第二次是在文化大革命期间。文化大革命造成了人们思想上的极大混乱，安全生产和劳动保护被说成为“资产阶级的活命哲学”，用生产实践和血的事故教训换来的安全生产规章制度被说成为“修正主义的管、卡、压”。致使劳动纪律松弛，违章指挥和冒险蛮干比比皆是，造成伤亡事故大幅度上升。第三次是文化大革命结束以后一个时期。文化大革命后，广大职工迸发出高昂的生产热情，但是安全生产科学知识贫乏，再加上当时生产建设不实事求是、不尊重科学，盲目追求高速度和高指标的倾向严重，1997~1998 年间伤亡事故频繁发生，形成新中国成立以来的第三次事故高峰。第四次事故高峰发生在 1992~1993 年间，由于经济加速发展，工业企业体制改革初期，乡镇和个体私有企业大量增加，安全生产的保障条件没有同步和管理体制不相适应所致。应该讲 2000 年是我国第五次事故高峰。1999 年地方机构改革过程中，

安全生产监督管理机构进行了大的变动，在职能划转过程中，安全生产监督管理机构弱化，安全生产监督管理人员大量流失，很多市县安全生产监督管理工作处于无人管理的状态，造成重大、特安全事故频繁发生，伤亡事故大幅度上升。为此，国务院于 2001 年成立了国家安全生产监督管理局，2005 年国家安全生产监督管理局升格为国家安全生产监督管理总局，通过对机构的升格加强了安全生产监督管理工作。

二、工矿企业事故与国外的比较分析

表 3-5 是国际劳工组织统计公布的部分发达国家和发展中国家工伤事故死亡人数、死亡率等指标水平。

表 3-5 部分发达国家和发展中国家工伤事故死亡人数和死亡率

发达国家	死亡人数 /人	10 万人 死亡率	事故综合 指数	发展中 国家	死亡人数 /人	10 万人 死亡率	事故 综合指数
美国	6023	4	47	中国	12587	8.1	95.3
日本	1992	3.3 *	38	俄罗斯	4260	14.4	169
德国	1293	3.42	40.2	巴西	3605	18.5	218
意大利	1012	8 *	94.1	韩国	1412	19	224
加拿大	833	6.7	78.8	乌克兰	1321	9.2	108
法国	717	4.5	52.97	墨西哥	1128	9	106
澳大利亚	245	4	47	阿根廷	1069	21.6	254
英国	173	0.7	8.2	马来西亚	912	10.6	124.7
奥地利	131	4.9	57.6	泰国	610	11.5	135.4
丹麦	69	3	35.3	波兰	523	5.5 *	64.7

注：1. 数据来源于 ILO 公报。表中加 * 号的是 1998 年数据，其他是 1999 年数据。
2. 工伤事故综合指数是用 10 万人死亡率为分析基数，以所有国家的统计平均数为 100。

依据表 3-5 中的数据，我国的 10 万人死亡率指标是 8.1 人/10 万人，ILO 公布的 20 个国家的平均值是 8.496 人/10 万人，美、英、德、法、日五国平均是 3.18 人/10 万人。基于以上指标，可得出我国综合安全生产（事故）指数水平，即：相对发达国家我国是 255，相对世界平均水平我国是 95.3。由此可看出，我国的综合

安全生产水平略好于世界平均水平，但比起发达国家还有很大的差距。这就给我国“全面建设小康社会”的目标提出了明确而艰巨的任务。

在工矿企业生产安全事故方面，我国的职业安全事故千人死亡率目前的水平大约是 0.15（有的地方用 0.2，主要是近几年随着用工制度的改革，对事故统计范畴的职工总人数统计口径不一致），而发达国家 20 世纪 90 年代末一般低于 0.02。在 20 世纪 90 年代初（1991~1993），美国是 0.035，英国是 0.017，日本是 0.051，韩国是 0.17，中国台湾是 0.06。而同期，我国是 0.23 左右。在职业领域，很多国家还能提供亿时事故率（FAFR）、百万工时伤害频率、经济损失率、损失工日等指标。我国目前由于企业制度改革，用工制度不规范，部门职能交叉，劳动保险制度不健全，安全监督管理不到位，造成事故统计失真。目前我国工矿企业只有工伤死亡事故统计比较正常，无死亡事故统计不清。

三、工矿企业伤亡事故分类分析

表 3-6 为我国近 20 年以来的工矿企业伤亡事故分类统计，可以很清楚地看到各类事故的变化情况。尤其是 1993 年增加乡镇企业事故统计后，乡镇企业事故主要集中在几个事故类别中。由于 1993 年乡镇煤矿很多，同煤矿有关的几类事故大幅度上升。

表 3-6 1985~2002 年我国工矿企业伤亡事故分类统计表

年 份	1985 年		1986 年		1987 年		1988 年		1989 年		1990 年	
事故类型	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤
物体打击	602	1737	558	1659	582	1372	519	1157	505	1013	471	923
车辆伤害	1239	2308	1089	2031	1026	1712	846	1336	805	1176	703	1033
机械伤害	520	4319	516	3955	506	3875	521	3242	523	2904	494	2636
起重伤害	165	441	184	445	200	420	197	351	236	296	201	303
触电	558	149	533	179	558	164	589	152	624	137	585	120
淹溺	209	7	180	6	117	4	102	1	150	7	85	9
灼烫	77	319	111	332	114	337	113	311	102	291	74	205
火灾	65	81	78	57	31	74	59	39	59	52	112	34

续表

年 份	1985 年		1986 年		1987 年		1988 年		1989 年		1990 年	
事故类型	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤
高处坠落	739	1626	745	1546	740	1387	760	1070	758	844	751	940
坍塌	257	190	201	151	211	181	298	168	273	145	284	166
冒顶片帮	1452	1587	1154	1165	1152	1008	1116	873	1189	823	1002	752
透水	39	5	82	25	55	10	80	14	87	7	53	13
放炮	146	176	119	142	117	150	130	117	108	138	136	133
火药爆炸	51	67	38	50	37	45	59	41	36	26	25	30
瓦斯爆炸	399	76	261	52	169	60	331	37	386	49	326	63
其他爆炸	198	164	161	184	197	238	179	160	182	142	69	96
中毒窒息	337	55	271	43	265	53	342	74	354	71	317	80
其他伤害	284	1287	204	1109	232	855	189	850	251	787	312	782
合 计	7337	14594	6485	13131	6309	11945	6430	9993	6638	8908	6000	8318
年 份	1991 年		1992 年		1993 年		1994 年		1995 年		1996 年	
事故类型	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤
物体打击	454	817	447	628	1321	992	1193	825	1226	755	1013	584
车辆伤害	689	957	692	798	1277	873	1406	925	1770	1115	1208	646
机械伤害	510	2446	466	2339	1056	3073	1005	2713	1011	1866	947	2169
起重伤害	233	305	207	297	545	410	536	371	382	378	481	294
触电	599	120	518	106	1452	128	1723	138	1782	152	1358	114
淹溺	107	2	91	3	170	8	231	6	129	6	196	4
灼烫	105	198	99	219	142	280	158	330	342	336	156	261
火灾	61	41	54	52	375	177	328	170	219	187	191	108
高处坠落	624	812	799	805	2450	1180	2487	1030	1959	770	2111	775
坍塌	232	104	299	118	1480	428	1350	377	1054	308	1284	326
冒顶片帮	1017	671	885	617	3760	599	3752	481	3863	507	3634	443
透水	44	4	123	5	516	14	632	5	688	9	667	5
放炮	143	95	90	80	500	159	533	121	460	99	442	95
火药爆炸	59	47	95	37	378	206	414	217	251	508	256	143
瓦斯爆炸	521	36	341	61	2057	307	2382	422	2742	513	3405	576
其他爆炸	120	94	196	138	479	285	351	287	294	247	389	219
中毒窒息	329	39	328	38	1354	179	1487	145	1125	170	1392	84
其他伤害	272	712	261	649	505	603	347	540	708	685	315	440
合 计	6119	7500	5991	6990	19817	9901	20315	9103	2005	8197	19445	7286

续表

年 份	1997 年		1998 年		1999 年		2000 年		2001 年		2002 年	
事故类型	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤	死亡	重伤
物体打击	1086	544	711	385	493	391	432	347	792	370	978	313
车辆伤害	1073	526	793	349	584	251	255	181	531	174	686	201
机械伤害	786	1954	488	1229	478	1239	976	1314	560	1119	659	1082
起重伤害	373	227	247	147	269	155	221	143	397	206	477	158
触电	1145	79	740	42	623	42	594	59	765	56	921	64
淹溺	143	1	83		87	2	53	5	102	3	148	1
灼烫	107	214	72	124	72	144	80	109	92	146	103	164
火灾	224	121	81	71	142	60	232	90	157	53	273	139
高处坠落	1747	709	1123	435	1175	555	861	409	1273	542	1630	462
坍塌	1130	321	912	290	852	238	690	181	1101	239	1263	302
冒顶片帮	3069	329	2524	216	1621	137	214	27	1668	94	2771	101
透水	607	5	512	7	449	2	80	4	489		520	8
放炮	340	68	280	62	192	40	85	24	211	36	333	48
火药爆炸	323	107	156	100	214	113	222	116	251	113	245	92
瓦斯爆炸	3567	364	3255	472	2015	213	1236	37	1265	68	1495	198
其他爆炸	219	194	294	161	253	152	300	244	318	228	280	212
中毒窒息	84	86	833	63	96	245	669	42	1046	159	1374	134
其他伤害	440	348	136	283	147	312	162	286	332	283	238	284
合 计	16463	6197	13240	4436	10437	4143	7362	3618	11350	3889	14394	3963

四、矿山事故的现状分析

1. 全国煤矿事故现状分析

不同历史时期煤矿百万吨死亡率变化情况分析总体呈现下降趋势，见表 3-7。但与发达国家相比，我国的煤矿事故死亡率相当严重，表 3-7 是我国煤矿百万吨死亡率与一些国家的比较。统计数据为 2001 年数据，其中，我国国有煤矿为 1.26，地方煤矿为 6.64，乡镇煤矿为 14.81。

煤矿安全指数是用百万吨死亡率为分析基数，以所有国家的统计平均数为 100。

我国煤矿事故死亡人数是世界上主要采煤国煤矿死亡总人数的 4 倍以上。从表 3-7 中统计数据看出，我国煤矿百万吨死亡率远远高

表 3-7 部分国家煤矿事故百万吨死亡率对比

国 家	煤产量/亿吨	死亡人数/人	百万吨死亡率	煤矿安全指数
美国	9	36	0.04	3.6
俄罗斯	2.6	170	0.65	59
波兰	2	40	0.2	18.2
南非	2.1	40	0.16	14.4
印度	3.3	160	0.5	45.5
中国	11.2	5670	5.06	460

于其他国家，其煤矿综合安全指数高达 460，是美国的 100 多倍，是印度的 10 多倍，是俄罗斯的 7.8 倍。

2003 年我国煤矿的百万吨死亡率为 3.71。其中，国有重点煤矿的百万吨死亡率约为 1，国有地方煤矿的百万吨死亡率约为 3，个体和乡镇煤矿的百万吨死亡率为 7.61。而印度 2003 年百万吨死亡率为 0.25。美国 2003 年煤炭产量为 12 亿吨，事故死亡人数 29 人，百万吨煤死亡率为 0.024。美国煤矿采用了综合采煤技术，煤矿死亡率低于其他行业，美国的煤矿采掘业已经不是高危行业。

我国 20 世纪 80 年代以来煤矿事故的类别情况见表 3-8。

表 3-8 1981~2002 年全国煤矿各类事故死亡人数情况表

年份	合计	顶板	瓦斯	机电	运输	放炮	水害	火灾	其他
1981	5162	1971	852	271	842	181	219	135	691
1982	4873	2135	725	302	780	193	241	43	454
1983	5567	2291	1085	284	910	148	287	133	392
1984	5872	2569	1074	270	952	577	240	36	554
1985	6912	3001	1412	287	1019	189	307	24	673
1986	6888	2898	1405	289	984	194	324	63	731
1987	7049	2968	1590	240	871	161	278	26	915
1988	6902	2699	1616	247	758	136	288	54	1113
1989	7625	2835	2005	263	867	190	382	92	991
1990	7473	2751	1853	162	813	171	477	153	918
1991	6412	2373	1826	195	597	141	330	50	757
1992	5992	1941	1786	180	487	101	408	45	906
1993	6244	2414	2231	174	570	128	354	88	285
1994	7239	2423	2935	204	602	144	521	106	304

续表

年份	合计	顶板	瓦斯	机电	运输	放炮	水害	火灾	其他
1995	6907	2140	3000	191	574	124	568	63	247
1996	6646	1993	3122	150	492	105	427	78	279
1997	7083	1856	3800	157	461	84	450	62	213
1998	6302	1648	3218	124	433	74	507	52	246
1999	6469	1997	3209	111	364	62	468	33	225
2000	5796	1521	3132	78	330	52	351	40	292
2001	5670	1879	2536	99	495	70	432	84	175
2002	6995	2766	2407	136	534	94	516	185	357

从表 3-8 中看出,我国煤矿事故主要集中在顶板和瓦斯爆炸。2000 年成立国家煤矿安全监察局以来,国家煤矿安全监察局加大瓦斯治理力度,积极推广“先抽后采、监测监控、以风定产”的工作方针,瓦斯事故逐年减少。近两年煤炭市场形势很好,煤炭产量逐年增加,由于煤矿安全生产劳动条件差,安全欠账多,掘进进度加快,顶板事故逐年增加,同时水害事故也有所增加。

对 1996~1999 年发生的 1236 起煤矿伤亡事故发生原因进行统计分析,“三违”事故占有事故的 70% 多,企业安全教育培训工作不到位,劳动者素质低是事故多发的根本原因。分析结果见表 3-9。

表 3-9 我国煤矿事故发生原因统计分析

事故类型	事故原因				
	“三违”事故	工程质量	安全措施不全或失效	安全设施不全或失效	其他
瓦斯事故	107	11	22	17	20
顶板事故	336	84	35	13	21
运输事故	269	7	12	14	13
火灾事故	3	0	0	0	0
水灾事故	9	2	5	1	4
机电事故	64	1	5	3	1
爆破事故	24	0	0	1	2
其他事故	83	7	9	7	24
合计	895	112	88	56	85
比例/%	72.41	9.06	7.12	4.53	6.88

2. 全国非煤矿山事故状况及分析

1993~2002 年非煤矿山企业死亡人数按行业统计分析情况见表 3-10。

表 3-10 1993~2002 年我国非煤矿山企业死亡人数按行业统计分析情况表

行业 \ 年份	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
合计	2263	2100	2286	1938	1774	1790	1432	940	1932	2054
黑色冶金矿	255	236	211	166	162	188	153	80	170	238
有色金属矿	405	384	409	386	373	289	246	286	448	293
金矿	188	181	180	211	147	135	178	22	175	224
化学矿山	116	99	147	135	103	123	55	1	39	55
建材矿山	1114	1082	1145	863	811	798	649	450	859	964
石油和天然气	38	28	34	36	45	69	55	21	21	21
稀有金属矿	10	1	16	8	10	7	8	1	33	34
其他非金属矿	49	17	63	63	42	48	43	30	47	95
地质勘探	19	12	6	8	9	15	3	16	28	32
其他矿山	69	60	75	62	72	43	35	34	112	98

从表 3-10 中看出, 建材矿山死亡人数最多, 其次是有色金属矿山和黑色金属矿山。建材矿山每年死亡人数约占非煤矿山死亡人数的一半, 这与我国从 20 世纪 80 年代开始乡镇采石场快速发展是成正相关的。1998 年和 2000 年死亡人数大幅下降, 这与实际情况不符。主要原因是政府机构改革过程中安全管理职能划转, 市县级安全生产监督管理机构不到位, 事故统计数据失真造成的。

非煤矿山安全事故在工矿企业事故中居第二位, 仅次于煤矿事故。近两年在国家宏观调控和经济拉动的作用下, 建筑业和钢铁等基础产业快速发展, 非煤矿山事故呈上升趋势。2002 年死亡 2054 人, 同比增加 122 人, 上升 6%。2003 年死亡 2890 人, 同比增加 836 人, 上升 40.7%。2001~2003 年非煤矿山死亡人数按事故类别和事故原因分析结果见表 3-11 和表 3-12。

从表 3-11 非煤矿山死亡事故类别统计分析看出, 非煤矿山死亡事故主要集中在坍塌、物体打击、冒顶片帮、高处坠落等事故, 占非煤矿山事故的 65% 以上, 并整体呈上升趋势。

表 3-11 2001~2003 年非煤矿山死亡人数按事故类别统计分析表

事 故 类 别	2001	2002	2003	合 计	百分比/%
特体打击	259	344	547	1150	16.7
车辆伤害	49	74	123	246	3.6
机械伤害	37	54	72	163	2.4
起重伤害	4	16	23	43	0.6
触电	27	36	51	114	1.7
淹溺	23	7	32	62	0.9
灼烫		4	4	8	0.1
火灾	1		2	3	0.04
高处坠落	182	245	367	794	11.6
坍塌	533	461	503	1497	21.8
冒顶片帮	315	366	386	1067	15.5
透水	139	36	37	212	3.1
放炮	128	177	216	521	7.6
火药爆炸	43	25	47	115	1.7
瓦斯爆炸	8	38		46	0.7
其他爆炸	8	12	7	27	0.4
压力容器	4	3	6	13	0.2
中毒窒息	139	116	331	586	8.5
其他伤害	33	38	136	207	3.0
合 计	1932	2052	2890	6874	100

表 3-12 2001~2003 年非煤矿山死亡人数按事故原因统计分析表

事 故 原 因	2001	2002	2003	合 计	百分比/%
技术和设备有缺陷	59	73	38	170	2.5
设备、设施、工具、附件有缺陷	50	75	119	414	6.0
安全设施缺少或有缺陷	132	145	264	541	7.9
生产场所环境不良	400	517	829	1746	25.4
个人防护用品缺少或有缺陷	40	42	84	166	2.4
缺少安全操作规程或不健全	53	73	108	234	3.4
违反操作规程或劳动纪律	737	752	1252	2741	39.9
劳动组织不健全	15	23	35	73	1.1
对现场工作缺乏检查或指挥错误	95	121	171	387	5.6
培训教育不够缺乏安全操作知识	66	56	136	258	3.8
其他	285	175	219	679	9.9
合 计	1932	2052	2890	6874	100

从表 3-12 非煤矿山死亡事故原因统计分析看出, 非煤矿山死亡事故主要集中在违反操作规程或劳动纪律和生产场所环境不良, 两项合计死亡人数占非煤矿山死亡总人数的 65% 以上, 并整体呈上升趋势。

我国近两年将非煤矿山作为安全生产重点治理整顿的行业进行管理, 从事故统计的结果来看, 治理整顿效果不明显, 非煤矿山企业劳动者安全意识低, 生产作业场所环境不良, 劳动条件恶劣, 安全设施缺少或有缺陷是非煤矿山企业事故多发的主要原因, 加强企业职工安全教育和培训, 从人机工程学方面提高企业安全生产条件和管理水平, 是实现企业安全生产状况标本兼治的根本性措施。

五、机械与制造业事故现状分析

机械伤害按广义划分涉及范围很宽, 事故类别涉及物体打击、机械伤害、起重机械伤害和车辆伤害。如果将这四类事故合计, 机械伤害事故死亡人数将占工矿企业事故的首位。如果按现有事故分类进行分析, 机械伤害事故死亡人数占工商企业的 10%, 占工矿企业的 5%。我国在经济转轨过程中, 由于国有企业改组改制, 非公有制企业飞速发展, 行业管理部门撤销, 政府安全管理职能几次调整, 一般事故统计上报失真度很大。机械伤害事故大部分都是一人死亡事故或无死亡事故, 事故私了和事故统计漏报现象严重。《中国安全生产年鉴》记载, 1985~1991 年全国国有企业职工伤亡事故统计表按事故类别分析, 机械伤害事故死亡人数约占全国国有企业职工死亡人数的 8%, 机械伤害事故重伤人数约占全国国有企业职工重伤人数的 31.4%。从年鉴统计资料得出, 机械伤害事故死亡人数在工矿企业事故中占有一定比例, 机械重伤人数占有很大比例, 如果将两项合计, 事故起数排第一位。

1998 年以来我国政治体制改革进度加快, 安全生产管理职能进行了两次大的调整, 在调整过程中伤亡事故统计数据严重失真, 伤害事故统计无法反映事故真实情况, 无法对机械伤害事故进行详

细分析研究。2001 年成立国家安全生产监督管理局以后, 统计数据逐渐好转。但伤害事故仍然倒挂严重, 以下对近 3 年全国工矿企业机械伤害事故死亡人数情况进行详细分析。2001~2003 年, 全国工矿企业共发生伤亡事故 40395 起, 死亡 43474 人。其中, 机械伤害事故 5516 起, 死亡 2086 人。分别占工矿企业事故起数和死亡人数的 13.7% 和 4.8%。

1. 机械伤害事故死亡人数分月情况

2001~2003 年机械伤害事故死亡人数分月情况如图 3-9 所示。从图中可以看出机械伤害事故死亡人数三条曲线逐年升高, 死亡人数逐年增加, 在一年 12 个月中虽有波动, 但变化不大。年底事故出现高峰期, 一般年底工作任务紧, 一些单位为了突击任务加班加点工作, 容易发生事故。每年的 6 月份事故出现低谷。每年 6 月份是“全国安全生产月”, 广大职工和社会安全意识有所提高, 安全生产大检查工作在各地普遍开展, 企业安全管理工作得到一定程度加强, 安全工作有所好转, 事故下降。

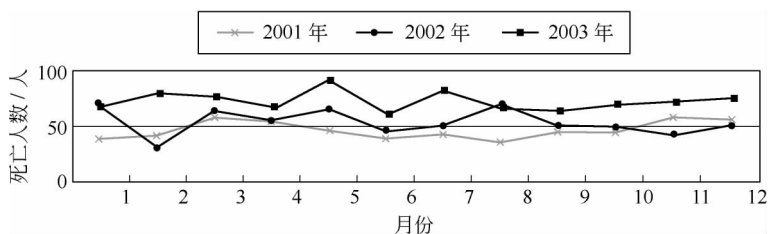


图 3-9 机械伤害事故死亡人数分月情况

2. 机械伤害事故按照行业分析情况

2001~2003 年机械伤害事故分行业情况如表 3-13 所示。从表中可以看出机械伤害事故在制造业、建筑业和采掘业多发, 三项合计分别占机械伤害事故起数和死亡人数的 91% 和 90%。其中, 制造业占机械伤害事故起数和死亡人数的 77% 和 63%, 并且每年以 30% 的幅度上升。从单项事故分析, 我国制造业人机环境不符合人类工效学要求是目前制造业事故多发的根本原因之一。我国近几年

机械制造业快速发展。2003 年仅机动车就增加 1674 万辆；建筑建材市场活跃，机械化程度不断提高，机械制造产业增加；人民生活水平提高，各种小型电器化产品普及家庭，带来的是各种小加工厂大量增加，而机械制造设备不符合安全要求。在安全检查和事故分析中安全事故隐患在中小企业随处可见，运转部件裸露现象严重，冲压、锻造、剪切和木工等机械设备缺少必要的防护装备；一些大的机械制造厂设备也普遍不符合人机工效安全要求，安全防护装置缺少维护，失效或不起作用现象严重。

表 3-13 2001~2003 年不同行业机械伤害事故起数和死亡人数情况

分 类	合 计		2001 年		2002 年		2003 年	
	起数	人数	起数	人数	起数	人数	起数	人数
农、林、牧、渔业	97	26	34	10	33	4	30	12
采掘业	354	291	84	71	117	98	153	122
制造业	4271	1305	1297	353	1499	408	1475	544
电力、煤气及水的生产和供应业	36	22	13	5	14	10	9	7
建筑业	387	279	108	69	118	89	161	121
地质勘查业、水利管理业	15	7	4	2	7	4	4	1
交通运输仓储业及邮电通信业	92	28	30	10	32	8	30	10
批发和零售贸易、餐饮业	39	13	16	7	9	3	14	3
房地产业	3	2	1				2	2
社会服务业	37	21	15	8	12	9	10	4
教育文化艺术及广电业	3	2			1	1	2	1
科学研究和综合技术服务业	6	2	3		1		2	2
国家机关政党机关和社会团体	5	2			2	1	3	1
其他行业	171	86	69	20	38	24	64	42
合 计	5516	2086	1674	555	1883	659	1959	872

在制造业中，非金属矿物制品业占 20%，造纸及纸制品业占

13%，金属冶炼及压延加工业占 10%，金属制造业占 9%，四项合计占制造业的 52%。详见表 3-14。

表 3-14 2001~2003 年制造业中分行业机械伤害事故起数和死亡人数情况

分 类	合 计		2001 年		2002 年		2003 年	
	起数	人数	起数	人数	起数	人数	起数	人数
食品加工业	116	53	41	15	30	15	45	23
食品制造业	22	6	8	1	7	2	7	3
饮料制造业	11	1	2		5	1	4	
烟草加工业	6	1	3	1	3			
纺织业	280	70	83	17	97	23	100	30
服装及其他纤维制品制造业	57	12	15	5	22	2	20	5
皮革、毛皮、羽绒及其制造业	42	6	9	2	22	1	11	3
木材加工及竹、藤、棕、草制品业	107	26	32	9	44	12	31	5
家具制造业	104	6	35	2	46	3	23	1
造纸及纸制品业	285	165	87	42	85	53	113	70
印刷业、记录媒介的复制	97	30	29	10	31	7	37	13
文教体育用品制造业	34	6	10	3	11	1	13	2
石油加工及炼制业	11	5	2		5	3	4	2
化学原料及化学制品制造业	148	75	61	22	44	22	43	31
医药制造业	38	10	10	3	14	4	14	3
化学纤维制造业	22	12	6	4	5	1	11	7
橡胶制品业	92	22	36	6	25	5	31	11
塑料制品业	228	49	69	19	95	11	64	19
非金属矿物制品业	385	266	102	63	108	77	175	126
黑色金属冶炼及压延加工业	274	101	82	25	114	35	78	41
有色金属冶炼及压延加工业	67	33	20	13	30	11	17	9
金属制造业	444	117	94	26	182	41	168	50
普通机械制造业	300	68	114	18	88	19	98	31
专用设备制造业	133	22	42	4	39	7	52	11
交通运输设备制造业	186	24	45	6	65	10	76	8
武器弹药制造业	8	2	3		1	1	4	1
电气机械及器材制造业	210	18	55	7	78	4	77	7
电子及通信设备制造业	152	21	42	2	54	10	56	9
仪器仪表及文化办公用机械制造业	14	4	6	3	3	1	5	
其他制造业	398	74	154	25	146	26	98	23
合 计	4271	1305	1297	353	1499	408	1475	544

非金属矿物制品业包括水泥制造业、水泥制品和石棉水泥制品业、砖瓦、石灰和轻质建筑材料制造业、玻璃及玻璃制品业、陶瓷制品业、耐火材料制品业、石墨及炭素制品业、矿物纤维及其制品业以及其他类未包括的非金属矿物制品业等。从非金属矿物制品业包括的产品来看，大部分都是建筑材料或建材产品。为了满足我国近两年建筑市场的快速发展，非金属矿物制品业快速发展，产品劳动力大量增加；我国制造业设备更新慢，不能适应市场发展的要求；再加上个体乡镇企业大量采用淘汰落后设备，缺少必要的安全防护装备，造成事故大幅度上升。2003 年非金属矿物制品业事故起数和死亡人数分别比 2002 年上升 62% 和 64%。

造纸及纸制品业包括机制纸浆及生打纸浆的生产、印刷、书写、技术配套、包装、生活用纸及纸板等的生产。我国经济的发展带动了包装业的快速发展，纸板是包装的主要材料，各省市都建立了大量的包装公司。人民生活质量的提高，各种印刷品和生活用纸大量增加带动了造纸及纸制品业。而我国造纸及纸制品业加工机械化程度不高、机械设备缺少必要的安全装置是造成事故多发和上升的主要原因之一。2003 年造纸及纸制品业事故起数和死亡人数分别比 2002 年上升 33% 和 32%。

金属冶炼及压延加工业包括炼铁业、炼钢业、钢压延加工业、铁合金冶炼业、重有色金属冶炼业、轻有色金属冶炼业、贵金属冶炼业、稀有稀土金属冶炼业、有色金属合金业、有色金属压延加工业等。在我国宏观经济的拉动下，近两年钢材需求量增加，市场价格很好，产量大幅度增加。但我国前几年钢铁企业效益不好，安全投入严重不足，生产设备陈旧、老化现象严重，事故隐患多，不符合人机功效要求是事故多发和上升的主要原因之一。2003 年黑色金属冶炼及压延加工业事故死亡人数分别比 2001 年和 2002 年上升 64% 和 17%。

金属制造业包括金属结构制造业、铸铁管制造业、工具制造业、集装箱和金属包装物品制造业、金属丝绳及其制品业、建筑用制品业、金属表面处理及热处理业、日用金属制品业、其他金属制

品业等。金属制造业高温高热环境多，工作条件不好，生产加工设备大，人工操作系统复杂，劳动强度大，再加上运转部件多，如果不符合人机工效学要求，很容易发生人身伤害事故。2003 年金属制造业事故死亡人数分别比 2001 年和 2002 年上升 92% 和 22%。

3. 机械伤害事故按经济类型分析情况

按经济类型分类，2001～2003 年机械伤亡事故情况如表 3-15 所示。从表中可以看出机械伤害事故在国有经济、私营经济、集体经济和股份合作制企业事故多发。从事故死亡人数变化情况来看，私营经济和股份合作制企业事故呈上升趋势。私营经济死亡人数占机械伤害事故死亡人数的 39%，并呈上升趋势。2003 年私营经济企业事故死亡人数分别比 2001 年和 2002 年上升 205% 和 72%。2003 年股份合作制企业事故死亡人数分别比 2001 年和 2002 年上升 238% 和 32%。私营经济企业发展快，人员素质低是事故多发和事故上升的主要原因；股份合作制企业安全投入不足，短期效益严重是事故多发和事故大幅度上升的主要原因。

表 3-15 2001～2003 年不同经济类型企业机械伤害事故起数和死亡人数情况

分 类	合 计		2001 年		2002 年		2003 年	
	起数	人数	起数	人数	起数	人数	起数	人数
国有经济	1758	907	623	185	613	200	522	208
集体经济	650	397	268	117	205	103	177	107
股份合作	637	434	166	73	225	115	246	152
联营经济	101	61	18	5	43	16	40	15
有限责任公司	50	50					50	21
股份有限公司	38	38					38	9
私营经济	1227	806	319	117	382	163	526	281
港澳台投资	361	155	58	13	179	18	124	16
外商投资	461	191	134	18	167	13	160	27
其他经济	233	134	88	27	69	31	76	36
合 计	5516	2086	1674	555	1883	659	1959	872

4. 机械伤害事故按事故原因分析情况

2001～2003 年机械伤害事故按事故原因分类情况如表 3-16 所

示。从表中可以看出由于违反操作规程或劳动纪律及安全培训不够引起的机械伤害事故多发。设备设施工具附件有缺陷和安全设施缺少或有缺陷、生产场所环境不良事故多发。由于违反操作规程或劳动纪律、安全培训不够引起的机械伤害事故占机械伤害事故的63%，并呈现上升趋势。2003年由于违反操作规程或劳动纪律引起的机械伤害事故死亡人数分别比2001年和2002年上升54%和15%。设备设施工具附件有缺陷引起的机械伤害事故死亡人数占机械伤害事故的10%，2003年事故起数和死亡人数分别比2002年上升58%和104%。安全设施缺少或有缺陷引起的机械伤害事故死亡人数占机械伤害事故的10%，2003年事故起数和死亡人数分别比2002年上升35%和67%。生产场所环境不良引起的机械伤害事故占机械伤害事故的5%，2003年事故起数和死亡人数分别比2002年上升18%和75%。机械设备不符合安全要求和人机工程要求，劳动者缺少安全教育和培训，违反操作规程和劳动纪律是事故多发的根本原因。

表 3-16 2001~2003 年不同事故原因引起的机械伤害
事故起数和死亡人数情况

分 类	合 计		2001 年		2002 年		2003 年	
	起数	人数	起数	人数	起数	人数	起数	人数
技术和设计有缺陷	74	41	14	9	25	16	35	16
设备设施工具附件有缺陷	569	216	190	58	147	52	232	106
安全设施缺少或有缺陷	487	218	163	71	138	55	186	92
生产场所环境不良	206	102	49	25	72	28	85	49
个人防护用品缺少或有缺陷	124	72	28	15	49	30	47	27
没有安全操作规程或不健全	210	80	57	20	72	24	81	36
违反操作规程或劳动纪律	3205	1184	928	305	1152	408	1125	471
劳动组织不合理	62	23	18	2	22	10	22	11
对现场工作缺乏检查或指挥错误	157	61	41	7	68	25	48	29
教育培训不够缺乏安全操作知识	342	128	120	34	114	47	108	47
其他	384	137	162	50	116	30	106	57
合 计	5516	2086	1674	555	1883	659	1959	872

5. 机械伤害事故按不安全状态分析情况

2001~2003 年机械伤害事故按不安全状态分析情况如表 3-17

所示。从表中可以看出由于防护、保险、信号等装置缺乏或缺陷和设备、设施、工具有缺陷是造成机械伤害的主要原因，生产（施工）场地环境不良和个人防护用品缺少或有缺陷也占有一定比例。由于机械设备、个体防护和环境等因素引起的事故死亡人数占机械伤害事故的 50%，并每年呈上升趋势。其中，2003 年机械设备防护、保险、信号等装置缺乏或有缺陷引起的机械伤害事故起数和死亡人数分别比 2002 年上升 47% 和 70%。2003 年机械设备、设施、工具有缺陷引起的机械伤害事故起数和死亡人数分别比 2002 年上升 53% 和 99%。2003 年生产（施工）场地环境不良引起的机械伤害事故起数和死亡人数分别比 2002 年上升 41% 和 39%。通过分析，生产设备不符合安全要求和人机工程要求是事故多发的根本原因。

表 3-17 2001~2003 年不安全状态下造成的机械伤害
事故起数和死亡人数（一）

分 类	合 计		2001 年		2002 年		2003 年	
	起数	人数	起数	人数	起数	人数	起数	人数
防护、保险、信号等装置缺乏或缺陷	765	422	220	92	221	122	324	208
设备、设施、工具有缺陷	709	337	236	83	187	85	286	169
个人防护用品缺少或有缺陷	214	109	48	23	84	49	82	37
生产(施工)场地环境不良	301	182	72	36	95	61	134	85
其他	3527	1036	1098	321	1296	342	1133	373
合 计	5516	2086	1674	555	1883	659	1959	872

6. 机械伤害事故按不安全行为分析情况

2001~2003 年机械伤害事故按不安全行为分析情况如表 3-18 所示。从表中可以看出由于操作错误、忽视安全、忽视警告是造成机械伤害事故的主要人为原因。操作错误、忽视安全、忽视警告事故死亡人数占机械伤害事故的 39%，并逐年呈上升趋势。2003 年由于操作错误、忽视安全、忽视警告造成的机械伤害事故起数和死亡人数分别比 2002 年上升 15% 和 36%；2002 年由于操作错误、忽视安全、忽视警告造成的机械伤害事故起数和死亡人数分别比 2001 年上升 17% 和 60%。由于劳动者安全素质低是造成机械伤害事故多发和上升的主要原因。

表 3-18 2001~2003 年不安全行为造成的机械伤害
事故起数和死亡人数（二）

分 类	合 计		2001 年		2002 年		2003 年	
	起数	人数	起数	人数	起数	人数	起数	人数
操作错误、忽视安全、警告	1646	815	466	170	548	273	632	372
造成安全装置失效	67	37	26	10	16	12	25	15
使用不安全设备	168	84	43	20	36	20	89	44
手代替工具操作	50	17	15	6	17	7	18	4
物体（成品、半成品）存放不当	13	7	3		6	3	4	4
冒险进入危险场所	111	93	25	17	25	22	61	54
攀、坐不安全位置	51	44	13	12	16	14	22	18
在起吊物下作业或停留	22	16	9	6	8	6	5	4
机器运转时进行加油、修理等	144	66	39	17	52	19	53	30
注意力分散	90	34	30	8	29	11	31	15
忽视使用个人防护用品	30	17	7	2	10	8	13	7
不安全装束	34	23	9	5	9	9	16	9
对易燃、易爆等危险品错误处理	12	7	4	2	4	2	4	3
其他	3078	826	985	280	1107	253	986	293
合 计	5516	2088	1674	55	1883	659	1959	872

7. 机械伤害事故按起因物分析情况

2001~2003 年机械伤害事故按不同起因物分析情况如表 3-19

表 3-19 2001~2003 年不同起因物造成的机械伤害
事故起数和死亡人数情况

分 类	合 计		2001 年		2002 年		2003 年	
	起数	人数	起数	人数	起数	人数	起数	人数
锅炉	8	3	5	1	1	1	2	1
压力容器	7	6	2	2	2	1	3	3
电气设备	343	153	136	42	85	56	122	55
起重机械	155	128	44	38	50	36	61	54
泵、发动机	17	11	4	3	9	5	4	3
车辆	57	46	18	16	16	14	23	16
船舶	4	2	3	1			1	1
动力传送机构	724	436	166	92	236	137	322	207
非动力手工工具	18	5	4	1	9	2	5	2
电动手工工具	49	18	15	5	13	6	21	7
其他机械	1051	468	308	95	340	141	403	232
建筑物及构筑物	17	10	4	3	11	5	2	2
化学品	14	4	7	2	3	2	4	
其他	3052	796	958	254	1108	253	986	289
合 计	5516	2086	1674	555	1883	659	1959	872

所示。从表中可以看出动力传送机构、电器设备、起重机械是造成机械伤害的主要起因物。动力传送机构事故死亡人数占机械伤害事故的 21%，并逐年呈上升趋势。2003 年由于动力传送机构造成的机械伤害事故起数和死亡人数分别比 2002 年上升 36% 和 51%；2002 年由于动力传送机构造成的机械伤害事故起数和死亡人数分别比 2001 年上升 42% 和 49%。由于动力传送机构缺少安全防护罩或设计不合理是造成机械伤害事故多发和上升的主要原因。

另外，其他机械事故死亡人数占机械伤害事故的 22%，并逐年呈上升趋势。2003 年由于其他机械造成的机械伤害事故起数和死亡人数分别比 2002 年上升 19% 和 65%；2002 年由于其他机械造成的机械伤害事故起数和死亡人数分别比 2001 年上升 10% 和 48%。随着生产工艺和科学技术的发展，一些新的机械设备出现，在服务于人类的同时，也会对劳动者造成伤害。

8. 机械伤害事故按伤害方式分析

情况如表 3-20 所示。从表中可以看出伤害的主要方式是挫伤、轧伤、压伤。由于挫伤、轧伤、压伤事故引起的死亡人数占伤害事故的 27%，并逐年呈上升趋势。2003 年由于挫伤、轧伤、压伤造成的机械伤害事故死亡人数比 2002 年上升 6%；2002 年由于挫伤、

表 3-20 2001~2003 年不同机械伤害方式造成的事故
起数和死亡人数情况

分 类	合 计		2001 年		2002 年		2003 年	
	起数	死亡人数	起数	死亡人数	起数	死亡人数	起数	死亡人数
电 伤		4		2				2
挫伤、轧伤、压伤		322		85		115		122
倒塌压埋伤		6		1		3		2
割伤、擦伤、刺伤		24		6		10		8
骨折		8		3		2		3
撕脱伤		15		1		6		8
扭伤		2		1				1
切断伤		13		2		2		9
冲击伤		53		8		23		22
多伤害		26		4		12		10
其他		741		173		221		347
合 计	2221	1214	650	286	670	394	901	534

轧伤、压伤造成的机械伤害事故死亡人数比 2001 年上升 35%。由于动力传送机构缺少安全防护罩或机械设备倾覆是造成机械伤害事故多发和上升的主要原因。

9. 机械伤害事故按伤害部位分析

情况如表 3-21 所示。从表中可以看出伤害的主要部位是颅脑、胸部及多处伤害。由于颅脑伤害引起的死亡人数占伤害事故死亡人数的 17%，由于胸部伤害引起的死亡人数占伤害事故死亡人数的 7%，由于多处伤害引起的死亡人数占伤害事故死亡人数的 9%。个体安全防护装备不到位是机械伤害事故多发的原因之一，应加强身体上部防护。

表 3-21 2001~2003 年机械伤害事故按伤害部位分析
事故起数和死亡人数情况

分 类	合 计		2001 年		2002 年		2003 年	
	起数	人数	起数	人数	起数	人数	起数	人数
颅脑		201		36		82		83
面部		4						4
颈部		17		4		6		7
胸部		105		25		33		47
腹部		21		7		5		9
腰部		16		3		7		6
脊椎		6				3		3
上肢		25		8		7		10
腕及手		8		1		4		3
下肢		36		10		9		17
多处		110		31		35		44
其他		665		161		203		301
合 计	2222	1214	650	286	671	394	901	534

第三节 我国各省市（自治区）安全事故
指数综合分析

根据国家安全生产监督管理局发布的数据，应用事故指数理论及其数学模型，对 2004 年我国各省市安全生产事故综合状况进行统计分析，并进行排序，获得如下分析结果。

一、2004 年各省市（自治区）事故统计数据

表 3-22 为我国 2004 年各省市（自治区）事故统计数据表。

表 3-22 我国 2004 年各省市（自治区）事故统计数据表

省市 (自治区)	总死亡 人数/人	工矿商 贸死亡 人数/人	煤矿死亡 人数/人	10 万人 死亡率	亿元 GDP 死亡率	百万吨煤 死亡率	火灾 10 万人死 亡率	工矿商贸 10 万人 死亡率
北京	1867	177	33	12.508	0.436	2.977	0.3953	4.038
天津	1127	101		11.009	0.384		0.3321	5.650
河北	5227	589	146	7.677	0.591	1.984	0.1072	11.781
山西	4855	638	485	14.649	1.596	0.984	0.1448	17.945
内蒙	2597	332	99	10.892	0.958	0.490	0.1090	14.047
辽宁	4223	701	221	10.014	0.614	3.266	0.4174	13.826
吉林	2985	322	173	11.021	1.009	6.713	0.5464	10.698
黑龙江	2968	399	178	7.776	0.560	1.900	0.2777	7.948
上海	2004	431		14.818	0.269		0.2218	14.664
江苏	8911	624	12	11.989	0.574	0.451	0.2516	10.471
浙江	8839	951	10	18.728	0.786	19.183	0.7183	26.825
安徽	5394	504	85	8.349	1.121	1.118	0.1486	13.900
福建	4889	411	100	13.925	0.808	6.775	0.2421	12.918
江西	3277	477	169	7.703	1.072	8.656	0.0940	18.025
山东	8335	494	51	9.080	0.538	0.357	0.0403	6.393
河南	6261	710	380	6.443	0.710	2.464	0.0864	10.129
湖北	3214	636	139	5.342	0.509	14.188	0.0798	13.037
湖南	4939	1052	544	7.374	0.880	11.162	0.0941	26.435
广东	11795	859	108	14.204	0.735	15.240	0.3360	11.571
广西	4237	481	21	8.723	1.276	3.716	0.2368	18.387
海南	622	95		7.605	0.787		0.0856	12.885
四川	6157	1129	562	7.057	0.939	6.729	0.1582	23.239
贵州	3076	1182	894	7.949	2.119	9.163	0.1628	61.919
云南	4119	819	310	9.414	1.551	5.741	0.2057	32.565
西藏	652	44		24.133	3.082		0.5182	29.042
重庆	2507	825	419	8.010	0.941	13.790	0.2013	40.841
陕西	3484	492	299	9.443	1.208	2.261	0.1165	15.128
甘肃	2324	308	109	8.874	1.491	3.112	0.0916	16.050
青海	844	92	21	15.670	1.812	4.460	0.1857	21.687
宁夏	966	98	32	16.647	2.099	1.275	0.0689	16.171
新疆	3282	346	131	16.970	1.492	3.453	0.1448	14.156

注：1. 所有伤亡事故数据来自国家安全生产监督管理总局全国伤亡事故统计公报。
人口数据及 GDP 数据来自国家统计局。

2. 总死亡人数即各省市（自治区）各类事故总死亡人数，各类事故中不含水上交通、铁路运输、民航飞行、农机和渔业船舶。

3. 工矿商贸 10 万人死亡率在计算时，工矿商贸的从业人员数据使用的是工矿企业的从业人员数据，因此，这里工矿商贸 10 万人死亡率数据比实际数据略大。

二、各省市（自治区）事故综合当量指数排序

根据事故综合当量指数数学模型可得表 3-23 结果。

表 3-23 2004 年我国各省市（自治区）事故综合当量指数排序结果

省市 (自治区)	八项综合 当量指数	排 序	五项综合 当量指数	排 序	二项综合 当量指数	排 序
浙江	214.68	1	283.54	1	128.32	7
贵州	188.70	2	213.44	2	143.55	6
广东	162.88	3	189.75	5	104.27	13
重庆	156.56	4	196.76	4	85.04	19
湖南	138.96	5	147.77	8	79.00	23
四川	127.36	6	121.96	13	80.44	22
云南	126.87	7	149.13	7	122.19	8
西藏	125.74	8	197.65	3	268.62	1
吉林	113.71	9	154.07	6	102.78	14
湖北	109.18	10	137.37	10	50.79	31
山西	101.36	11	104.02	18	149.32	5
福建	100.96	12	127.90	11	106.54	10
辽宁	99.49	13	112.82	16	78.30	24
江西	99.24	14	125.10	12	90.15	17
青海	92.81	15	141.84	9	164.98	3
新疆	90.76	16	117.49	14	155.17	4
广西	90.19	17	114.02	15	105.19	12
陕西	80.51	18	88.16	21	105.22	11
江苏	78.70	19	76.32	24	85.70	18
河南	77.90	20	64.31	29	66.10	28
甘肃	74.57	21	96.90	20	116.62	9
宁夏	73.43	22	109.74	17	183.92	2
安徽	72.63	23	78.58	22	95.65	16
北京	69.06	24	97.23	19	81.25	21
河北	67.50	25	65.41	28	66.04	29
黑龙江	67.09	26	76.81	23	64.92	30
内蒙	59.93	27	72.25	26	99.60	15
上海	59.74	28	75.06	25	83.91	20

续表

省市 (自治区)	八项综合 当量指数	排 序	五项综合 当量指数	排 序	二项综合 当量指数	排 序
山东	54.96	29	42.69	31	70.04	27
天津	47.88	30	69.69	27	71.55	26
海南	37.90	31	55.53	30	75.47	25

注：1. 排序的方法采用“负”序的方式，即排第一位表明事故综合指数水平较高、安全生产综合状况较差。

2. 八项综合当量指数中，八项指标分别是：总死亡人数、工矿商贸死亡人数、煤矿死亡人数、10 万人死亡率、亿元 GDP 死亡率、百万吨煤死亡率、火灾 10 万人死亡率和工矿商贸 10 万人死亡率。

3. 五项综合当量指数中，五项指标分别是：10 万人死亡率、亿元 GDP 死亡率、百万吨煤死亡率、火灾 10 万人死亡率和工矿商贸 10 万人死亡率。

4. 二项综合当量指数中，二项指标分别是：10 万人死亡率和亿元 GDP 死亡率。

5. 事故综合当量指数计算时未考虑权重。

第四章 事故的预测理论、方法及应用

第一节 事故预测的作用及意义

顾名思义，事故预测就是对系统未来的安全状况进行预报和测算。针对预测对象的不同，事故预测一般划分为宏观预测和微观预测。前者研究事故的变化趋势；后者分析系统的危险隐患，预测与评价系统的安全状况。从预测趋势看，定量、定性、计算机技术的结合是预测研究的主导方向。

综观国内外文献资料可以看出，事故预测与辨识、安全分析与评价、安全管理与决策一直是工业系统安全工程研究的主干线。研究的目的在于为安全管理者提供足够的系统安全信息，使其能够按照预测评价的结果，对系统进行调整，加强薄弱环节，消除潜在隐患，以达到系统安全最优化（因为不存在绝对的系统安全状态）。

事故预测的起源可以追溯到 20 世纪 30 年代美国保险业所开展的安全分析评价工作。几十年来，世界各国各行业根据自己的具体特点，相继发展了许多具体的安全分析评价方法。比较有代表性的有：美国航空业针对发动机系统首先提出，后被各行业广为采用的安全检查表方法；美国 DOW 化学公司、英国帝国化学公司等提出的，适宜于化工行业的火灾、爆炸危险指数评价方法；日本劳动省的六阶段评价法；以故障树、事件树概率计算为主的概率危险评价法；其他诸如预先危险分析（PHA）、故障类型影响及致命度分析（FMEA）、故障危险分析（FHA）、系统危险分析（SHA）等方法。应该指出，国外的安全分析评价主要是针对单一设备、设施或危险源的风险评价。

我国自 20 世纪 80 年代开始开展事故预测与安全评价工作，起

初阶段的主要特点是引进消化并应用国外的各种安全分析方法，解决的问题基本上是系统的局部安全问题。近几年，由于对系统安全工程的认识逐步提高，加强了对整个系统安全状况的研究，重点开展了若干子系统组成的大系统的安全评价工作。1987年，机械电子行业首先提出对整个企业系统进行安全评价，并制定了机械工厂安全评价标准。随后，许多企业和一些产业部门开始着手安全评价理论、方法的研究与应用。目前，煤炭、航空、石油、化工、地质、冶金等许多产业部门都在研究制定本系统的安全评价标准，许多较为成熟的安全检查表已经得到应用。这些情况说明，系统安全分析评价工作正在我国全面展开。在开展系统安全分析评价的同时，许多部门还将指数预测、回归预测、时间序列预测等经济预测理论模型以及我国邓聚龙教授创立的灰色预测理论模型应用于工业安全预测之中，对控制工业事故，指导安全正确决策起到了良好的作用。事故预测与安全评价已成为当代安全管理中最有成效、正在逐渐完善的一种极为重要的方法。

随着预测决策理论和技术的日趋成熟，特别是随着现代数学方法和计算机技术的发展，灰色预测决策、模糊分析评价、模糊概率分析、人工神经网络、事故突变原理、计算机专家系统等新理论与工业安全相结合，使现代安全分析评价以及预测决策技术方法在美国、德国、英国、意大利等国的核工业、化工、环境等领域得到了广泛应用。工业事故的预测分析评价及预防决策控制已成为现代安全管理的核心。以现代系统安全工程理论为基础，将各种现代数学方法和计算机技术相结合，建立以隐患分析、事故预测、安全评价、安全决策为内容的工业安全计算机专家系统或工业安全决策支持系统，已成为工业安全研究的发展趋势。

分析国内外研究现状及其发展趋势，目前存在的主要问题表现在以下几个方面。

① 事故预测与系统安全分析评价正在研究试用阶段，且大都是针对各自行业部门特点制定的，局限性较大。具体到机械行业，目前尚无较为系统全面的事故预测与安全分析评价方法。

② 正在研究之中的有些安全分析评价方法仍存在许多需改进的地方，如模糊综合评价中的权值及隶属度确定方法，评价指标体系的建立以及评价合成技术等。

③ 现有的一些安全管理系统软件大部分是以信息查询、检索、修改、存储、打印等信息管理为主要内容，仅有部分软件也只能进行一些简单的事故类别、伤害部位、伤害程度、原因分布等方面的统计分析，而且随着软硬件开发环境的改善，现有的事故管理系统急需进一步改进。

第二节 事故预测原理与方法

工业事故的发生表面上具有随机性和偶然性，但其本质上更具有因果性和必然性。对于个别事故具有不确定性，但对大样本则表现出统计规律性。概率论、数理统计与随机过程等数学理论，是研究具有统计规律现象的有力工具。

事故指标是指诸如千人死亡率、事故直接经济损失等反映生产过程中事故伤害情况的一系列特征量。事故指标预测，是依据事故历史数据，按照一定的预测理论模型，研究事故的变化规律，对事故发展趋势和可能的结果预先作出科学推断和测算的过程。简言之，事故预测就是由过去和现在事故信息推测未来事故信息，由已知推测未知的过程。

事故指标是衡量系统安全的重要参数，国家进行宏观决策和规划或有关部门制定安全管理目标时，通常要考虑各项事故指标的现状和未来达到的目标。因此，进行事故指标预测可以为国家的宏观安全决策和事故控制提供重要的科学依据，使其决策合理，控制正确。同时，事故指标的高低取决于系统中人员、机械（物质）、环境（媒介）、管理四个元素的交互作用，是人-机-环-管系统内异常状况的结果。进行事故指标预测，有助于进一步的事事故隐患分析和系统安全评价工作。许多成功的事故指标预测案例也充分说明，它对安全管理与决策具有重要指导作用。

安全生产及其事故规律的变化和发展是极其复杂和杂乱无章的，但在杂乱无章的背后，往往隐藏着规律性。工业事故的发生表面上具有随机性和偶然性，但其本质上更具有因果性和必然性。对于个别事故具有不确定性，但对大样本则表现出统计规律性。概率论、数理统计与随机过程等数学理论，是研究具有统计规律性的随机现象的有力工具。惯性原理、相似性原则、相关性原则，为事故指标预测提供了良好的基础。事故指标预测的成败，关键在于对系统结构特征的分析 and 预测模型的建立。

一、事故隐患辨识预测法

1. 基本方法

企业生产过程中的事故隐患辨识预测方法主要有经验分析法、故障树分析法、事件树分析法、因果分析法、人的可靠性分析法、人机环系统分析法等。在优选方法时，可在初步分析的基础上，采用人-机-环境与故障树分析相结合的方法进行分析预测。这种方法的预测对象是以人为主体的人-机-环境分析预测能直接分析人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全条件等直接隐患，同时还能揭示深层次的本质原因，即管理方面的间接隐患。借助故障树分析技术对存在危险的隐患进行定性定量分析，预测隐患导致事故发生的定性定量结论，并得出直接隐患之间的逻辑层次关系，预测事故类型。这一预测模型主要用于企业生产过程中的机械伤害、压力容器爆炸、火灾等事故隐患的定性分析预测。

2. 重大危险源辨识方法

20 世纪 70 年代以来，随着工业生产中火灾、爆炸、毒物泄漏等重大恶性事故不断发生，预防工业灾害引起了国际社会的广泛重视。重大工业事故大体可分两类：一类是可燃性物质泄漏，与空气混合形成可燃性烟云，遇到火源引起火灾或爆炸，或两者一起发生；另一类是大量有毒物质的突然泄漏，在大面积内造成死亡、中毒和环境污染。这些涉及各种化学品的事故，尽管其起因和影响不尽相同，但都有一些共同特征。它们是不受控制的偶然事件，会造

成工厂内外大批人员伤亡，或是造成大量的财产损失或环境损害，或者两者兼而有之。其根源是储存设施或使用过程中存在有易燃、易爆或有毒物质。这清楚地说明，造成重大工业事故的可能性既与化学品的固有性质有关，又与设施中实有危险物质的数量有关。防止重大工业事故的第一步是辨识或确认高危险性工业设施（危险源）。

国际经济合作与发展组织列出了表 4-1 所示的 19 种重点控制的危害物质。

表 4-1 国际经济合作与发展组织用于重大危险源
辨识的重点控制危害物质

物 质 名 称	限量	物 质 名 称	限量
1. 易燃、易爆或易氧化物质		甲基溴化物	200t
易燃气体(包括液化气)	200t	乙拌磷	100kg
环氧乙烷	50t	杀鼠灵	100kg
硝酸铵	2500t	氯气	25t
极易燃液体	50000t	氟化氢	50t
氯酸钠	250t	二氧化硫	250t
2. 毒物		光气	750kg
氨气	500t	四乙铅	50t
氰化物	20t	硝苯硫磷脂	100kg
甲基异氰酸盐	150kg	涕天威	100kg
丙烯腈	200t		

根据《塞韦索法令》提出的重大危险源辨识标准，1994 年，英国已确定了 1650 个重大危险源，其中 200 个为一级重大危险源；1985 年德国确定了 850 个重大危险源，其中 60% 为化工设施，20% 为炼油设施，15% 为大型易燃气体、易燃液体储存设施，5% 为其他设施。1992 年美国劳工部职业安全健康管理局（OSHA）颁布了“高危险性化学物质生产过程安全管理”标准，该标准提出了 137 种易燃、易爆、强反应性及有毒化学物质及其临界量，OSHA 估计符合该标准规定的危险源超过 10 万个，要求企业在 1997 年 5 月 26 日前必须完成对上述规定的危险源的分析和评价工作。

国际劳工组织认为,各国应根据具体的工业生产情况制定适合国情的重大危险源辨识标准。标准的定义应能反映出当地急需解决的问题以及一个国家的工业模式。可能需有一个特指的或是一般类别或是两者兼有的危险物质一览表,并列每个物质的限额或允许的数量,设施现场的有害物质超过这个数量,就可以定为重大危害设施。任何标准一览表都必须明确的和毫不含糊的,以便使雇主能迅速地鉴别出他控制下的哪些设施是在这个标准定义的范围内。要把所有可能会造成伤亡的工业过程都定为重大危险源是不现实的,因为由此得出的一览表会太广泛,现有的资源无法满足要求。标准的定义需要根据经验和对有害物质了解的不断加深进行修改。

二、事故趋势外推预测

事故趋势外推预测是建立在事故统计学基础上,应用大数理论与正态分布规律的方法,以前期已知事故统计数据为基础,对未来的事故数据进行相对精确定量预测的一种实用方法。这种方法对于具有一定生产规模和事故样本的系统具有较高的预测准确性。

1. 预测模型

趋势外推预测数学模型为

$$X = A \cdot \lambda \cdot X_0$$

式中, X 为未来事故预测指标; A 为生产规模变化系数, $A = \text{未来计划生产规模} / \text{已知生产规模}$; λ 为安全生产水平变化系数, $\lambda = \text{未来安全生产水平} / \text{原有安全生产水平}$; X_0 为已知事故指标(如当年事故指标)。

2. 预测指标

趋势外推预测法可以预测的指标是广泛的。如绝对指标——生产过程中的火灾事故次数、交通事故次数、事故伤亡人次、事故损失工日、火灾频率、事故经济损失等;相对指标——千人伤亡率、亿元产值伤亡率、亿元产值损失率、百万吨公里事故率、人均事故工日损失、人均事故经济损失等。

【例】 已知某企业 1999 年工业产量 5000 万单位，千人伤亡率是 0.25‰；如果来年产量计划增加 20%，但要求安全生产水平提高 10%。试预测 2000 年本企业的千人伤亡率是多少？

解：已知 $A = 5000 \times (1 + 20\%) / 5000 = 1.2$ ； $\lambda = 1 / (1 + 10\%) = 0.9$ ； $X_0 = 0.25$ ；则来年千人伤亡率 $= 1.2 \times 0.9 \times 0.25 = 0.27\text{‰}$ 。

三、专家系统预测法

一般来说由于事故的发生是一个非平稳的随机过程，并且由于一些重大事故的样本数据量缺乏和信息量不足，这样一般统计预测模型的误差就会较大。基于计算机专家系统之上的预测法，应用专家知识与预测定量模型相结合，能做到定性、定量分析，误差量将会降低。这样就会有必要采用高精度的预测方法，如专家系统预测方法。根据预测结果，结合相关决策方法，调用安全专家知识库知识，运用推理技术，选择事故隐患库、安全措施库相关内容，作出合理的事故预防决策。决策方法及模型如下。

(1) 事故预防多目标决策 因为事故预防决策要考虑科技水平、经济条件、安全水准等边界限制条件，要考虑降低事故、提高效益、企业能力等多方面因素，拟选用多目标决策法（加权评分法、层次分析法、目标规划法等）为宜。其问题的实质是有 k 个目标 $f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)$ ，求解 x ，使各目标值从整体上达到最优， $\max[f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)]$ 。该方法主要用于事故预防的多方案决策。

(2) 安全投资决策 为降低事故，需增加投资，安全投资决策主要运用风险决策、综合评分决策、模糊灰色决策等方法，以使决策方案最优。

(3) 隐患及薄弱环节控制决策 决策目标是应用预测或实际统计的数据，在合理的安全评价理论和方法的基础上，对人、机、环境、管理等存在的事故隐患和薄弱性环节，进行对策性决策，以指导科学和准确的采取事故预防措施。

决策内容应能给出隐患控制和事故薄弱性环节的优选措施方

案。如采用的技术、装置、事故预防效果、安全措施或方案的难度级、措施投资参考等内容。

四、事故死亡发生概率测度法

直接定量地描述人员遭受伤害的严重程度往往是非常困难的，甚至是不可能的。在伤亡事故统计中通过损失工作日来间接地定量伤害严重程度，有时与实际伤害程度有很大偏差，不能正确反映真实情况。而最严重的伤害——“死亡”，概念界限十分明确，统计数据也最可靠。于是，往往把死亡这种严重事故的发生概率作为评价系统的指标。

确定作为评价危险目标值的死亡事故率时有如下两种考虑。

(1) 与其他灾害的死亡率相对比 一般是与自然灾害和疾病的死亡率比较，评价危险状况。

(2) 死亡率降到允许范围内的投资大小 即预测到死亡一人的危险性后，为了把危险性降低到允许范围，即拯救一个人的生命，必须花费的投资和劳动力的多少。

现以美国交通事故为例，说明确定公众所接受的风险指标的方法以及死亡概率与之对比后的危险性评价。

假设美国每年发生的小汽车相撞事故有 1500 万次，其中每 300 次造成 1 人死亡，则每年死亡人数为：

$$(\text{死亡人数/事故次数}) \times (\text{事故总次数/单位时间}) = \\ 1/300 \times 15000000/1 = 50000 \text{ 人/年}$$

美国有 2 亿人口，则每人每年所承担的死亡风险率为：

$$50000/200000000 = 2.5 \times 10^{-4} / \text{人} \cdot \text{年}$$

这个数值意味着一个 10 万人的集体每年有 25 人因车祸死亡的风险，或 4000 人的集体每年承担着 1 人死亡的风险，或每人每年有 0.00025 的因车祸死亡的可能性。

另一种表示风险率的单位，就是把每 10^8 作业小时的死亡人数作为单位，称为 FAFR (Fatal Accident Frequency Rate) 或称为 1 亿工时死亡事故频率 (致使事故的发生频率)。这个单位用起来

方便，便于比较。若 1000 人一生按工作 40 年，每月 25 天，每天 8 小时计的话，则有：

$$1000 \times 40 \times 25 \times 8 \times 12 = 0.96 \times 10^8 \approx 10^8$$

所以 FAFR 可以理解为 1000 人工作一生只死 1 人的比例。

把上述汽车死亡风险率换算为 FAFR 值（若每天用车时间为 4 小时，每年 365 天，总共接触小汽车的时间为 1460 小时），则为：

$$2.5 \times 10^{-4} \times 1/1460 = 17.1 \times 10^{-8}$$

即 FAFR 值为 17.1。

这个风险率可以作为使用小汽车的一个社会公认的安全指标，也可以作为死亡事故发生概率评价的依据。也就是说人们愿意接受这样的风险而享受小巧玲珑汽车利益。如果还想进一步降低风险必然要花更多的资金改善交通设备和汽车性能。因此，没有人愿意再花更多的钱改变这个数值，也没有人害怕这样的风险而放弃使用小汽车。将合理的风险率定为评价标准是很重要的。

第三节 事故直观预测法

直观预测法以专家为索取信息对象，是依靠专家的知识 and 经验进行预测的一种定性预测方法。它多用于社会发展预测、宏观经济预测、科技发展预测等方面，其准确性取决于专家知识的广度、深度和经验。专家主要指在某个领域中或某个预测问题上有专门知识和特长的人员。直观预测典型的代表方法有德尔菲法、情景预测法和头脑风暴法等，这里只讲述前两种方法。

一、德尔菲法

德尔菲法是根据有专门知识的人的直接经验，对研究的问题进行判断、预测的一种方法，也称专家调查法。它是美国兰德公司于 1964 年首先用于预测领域的。德尔菲是古希腊传说中的神谕之地，城中有座阿波罗神殿可以预卜未来，因而借用其名。德尔菲法一般适用于长期预测。

1. 德尔菲法的特点

(1) 反馈性 反馈表现在多次作业、反复、综合、整理、归纳和修正,但不是漫无边际,而是有组织、有步骤地进行。

(2) 匿名性 由于专家是背靠背提出各自的意见的,因而可免除心理干扰影响。把专家看成相当于一架电子计算机,脑子里储存着许多数据资料,通过分析、判断和计算,可以确定比较理想的预测值。

(3) 统计性 对各位专家的估计或预测数进行统计,然后采用平均数或中位数统计出量化结果。

2. 德尔菲法的一般预测程序

(1) 第一步 提出要求,明确预测目标,用书面通知被选定的专家、专门人员。专家一般指掌握某一特定领域知识和技能的人。人数不宜过多,一般在8~20人为宜。要求每一位专家讲明有什么特别资料可用来分析这些问题以及这些资料的使用方法。同时,也向专家提供有关资料,并请专家提出进一步需要哪些资料。

(2) 第二步 专家接到通知后,根据自己的知识和经验,对所预测事物的未来发展趋势提出自己的预测,并说明其依据和理由,书面答复主持预测的单位。

(3) 第三步 主持预测单位或领导小组根据专家的预测意见,加以归纳整理,对不同的预测值,分别说明预测值的依据和理由(根据专家意见,但不注明哪个专家的意见),然后再寄给各位专家,要求专家修改自己原有的预测,以及提出还有什么要求。

(4) 第四步 专家等人接到第二次通知后,就各种预测意见及其依据和理由进行分析,再次进行预测,提出自己修改的预测意见及其依据和理由。如此反复往返征询、归纳、修改,直到意见基本一致为止。修改的次数,根据需要决定。

3. 运用德尔菲法预测时应遵循的原则

① 问题要集中,要有针对性,不要过分分散,以便使各个事件构成一个有机整体。问题要按等级排队,先简单,后复杂;先综合,后局部,这样易于引起专家回答问题的兴趣。

② 调查单位或领导小组意见不应强加于调查的意见之中，要防止出现诱导现象，避免专家的评价向领导小组靠拢。

③ 避免组合事件。如果一个事件包括两个方面，一方面是专家同意的，另一方面则是不同意的，这样，专家就难以作出回答。

4. 德尔菲法的优缺点

德尔菲法的优点在于：①可以加快预测速度和节约预测费用；②可以获得各种不同但有价值的观点和意见；③适用于长期预测，在历史资料不足或不可测因素较多时尤为适用。

德尔菲法的缺点在于：①责任比较分散；②专家的意见有时可能不完整或不切合实际。

二、情景预测法

单凭定量分析是难以反映错综复杂的关系的。然而，只凭定性预测又没有一定的数据根据，不利于决策者进行分析，所以客观上需要寻找一种定性和定量相结合的分析方法，情景预测法正是解决这一问题的有效方法。

1. 情景预测法的概念和特点

情景预测法是 20 世纪 70 年代兴起的一种预测技术，又称剧本描述法。“情景”最早出现在 20 世纪 60 年代末凯恩和维拉的《2000 年》一书中。该书将情景分析定义为：用以着重研究偶发事件及决策要点的一系列假设事件。情景预测法是对将来的情景作出预测的一种方法。

它把研究对象分为主题和环境，通过对环境的研究，识别影响主题发展的外部因素，模拟外部因素可能发生的多种交叉情景以预测主题发展的各种可能前景。

情景预测法首先是构造一个“无突变”情景，即在假定当前的环境不发生重大变化的条件下研究对象的未来情景；然后分析“无突变”情景的环境因素，就各因素的不同取值从而对情景造成不同的影响，由此产生了新的组合情景，再假设新的突变事件的发生，产生出更多的情景。

情景预测法在分析过程中根据不同情景可采用不同的预测方法,使定量、定性分析相结合,这样就弥补了定性预测和定量预测各自的缺陷。

情景预测法不同于一般方法,其特点主要表现在如下四个方面。

① 适用范围很广,不受任何假设条件的限制,只要是对未来的分析,均可使用。

② 考虑问题周全,又具有灵活性。它尽可能地考虑将来会出现的各种状况和各种不同的环境因素,并引入各种突发因素,将所有的可能尽可能地展示出来,有利于决策者进行分析。

③ 通过定性分析与定量分析相结合,为决策者提供主、客观相结合的未来情景。它通过定性分析寻找出各种因素和各种可能,并通过定量分析提供一种尺度,使决策者能更好地进行决策。

④ 能及时发现未来可能出现的难题,以便采取行动消除或减轻它们的影响。

2. 情景预测法的一般方法

常见的情景预测法有未来分析法、目标展开法、间隙分析法三种。

(1) 未来分析法 未来分析法立足于现在,着眼于未来,是最常用的一种方法。未来分析法通常是将未来分为三种情景:无突变情景、悲观情景、乐观情景。一般而言,未来分析法先假设目前的状况会持续发展,预测以这样的发展状况未来会出现什么样的情景,即得到无突变情景;再找出对未来情景有影响的各种环境因素,让它们进行不同程度的变化,从而得到有利的环境和不利的环境;最终分析在有利环境和不利环境下分别得到什么样的乐观情景和悲观情景。还可有其他关于未来的预测,不同的环境与主题相互作用,得到不同的未来预测。

(2) 目标展开法 目标展开法与未来分析法不同,它立足于未来,分析现在,即已确定好目标,去分析如何达成这一目标。在分析过程中,可根据总目标设计出各子目标,再分析实现这些目标需满足的环境、条件,并从中寻找一条最佳路径。

(3) 间隙分析法 间隙分析法立足于现在和未来,寻找中间途径。它主要是先根据目前状况,预测如此发展的话,将来会怎样,再根据两者的状况,决定中间的路该怎么走,这与目标展开法有类似之处,但间隙分析法更强调阶段性,如分别考虑5年、7年、10年这些不同阶段下应怎样做。

3. 情景预测法的一般步骤

(1) 第一步 确定预测主题。

(2) 第二步 根据预测主题,寻找资料,充分考虑主题将来会出现的状况。

(3) 第三步 寻找影响主题的环境因素,要尽可能周全地分析不同因素的影响程度。

(4) 第四步 将上述影响因素归纳为几个影响领域,分析在不同影响领域下主题实现的可能性,同时分析是否有突发事件的影响,若有,影响如何。

(5) 第五步 对各种可能出现的主题状态进行预测。在这一步骤中可采用不同的方法,对有数据的主题可用定量分析方法,否则进行定性分析,也可定量与定性相结合进行预测。

第四节 事故回归预测法

除了预测对象随时间自变量变化外,许多预测对象的变化因素之间是相互关联的,它们之间往往存在着互相依存的关系,将这些相关因素联系起来,进行因果关系分析,才可能进行预测。回归预测方法就是因果法中常用的一种分析方法,它以事物发展的因果关系为依据,抓住事物发展的主要矛盾因素和它们之间的关系,建立数学模型,进行预测。回归预测方法有直线回归和非线性回归等。同时间序列预测模型类似,使用回归预测模型时,预测对象与影响因素之间必须存在因果关系,且数据量不宜太少,通常应多于20个,过去和现在数据的规律性应适用于未来。

应用回归分析可以从一个或几个自变量的值去预测因变量将取

得的值。回归预测中的因变量和自变量在时间上是并进关系，即因变量的预测值要由并进的自变量的值来旁推。这一类方法不仅考虑了时间因素，而且考虑了变量之间的因果关系。具体方法有一元线性回归预测法、多元线性回归预测法、非线性回归预测法等。

一、一元线性回归模型

一元线性回归模型可表述为：

$$y_i = b_0 + b_1 x_i + u_i$$

式中， b_0 ， b_1 是未知参数； u_i 为剩余残差项或称随机扰动项目。

在运用回归预测法时，要求满足一定的假定条件，其中最重要的是关于 u_i 须具有的 5 个特征：① u_i 是一个随机变量；② u_i 的平均值为零；③ 在每个时期中， u_i 的方差是一个常数；④ 各个 u_i 间互相独立；⑤ u_i 与自变量无关。

线性回归模型参数的估计方法通常有两种，即最小二乘法和最大似然估计法。最常用的是最小二乘法。最小二乘法的意义在于使

$$\sum_{i=1}^n u_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i)^2 \text{ 达到最小。}$$

建立了直线方程后，可以用好几个统计量来检验直线和数据的拟合情况。将预测值与真实值进行比较就可以知道直线与数据的拟合情况。预测值与真实值之间的差异被称为残差或预测误差，对残差进行检验就可以知道模型预测的偏差程度。另外，残差分析还有助于确定回归模型是否满足回归分析的假设前提。另外还有一个用于衡量回归模型的说服力的统计量是样本决定系数。样本决定系数是变量 Y 的方差中被 X 说明或预测的比例，其取值在 0 和 1 之间。样本决定系数越大，模型的说明力就越强。

还有一种判断回归模型与数据拟合的拟合情况的方法是检验回归直线的斜率是否等于 0。如果回归直线的总体斜率不等于 0，说明回归模型对因变量并没有明显给出更多的预测信息。斜率的显著性用 t 统计量来检验，模型的总体显著性可以用 F 统计量检验。

目前回归模型最多的一个用途是用来通过给定的 X 值预测 Y

值。预测值与真实值常常是不相等的，这就需要一个置信区间来确立用每个给定的 X 值预测到 Y 的平均值的范围，同时也要给出单个 Y 值的估计区间。

事物的变化往往受到多个因素的影响，因此，一般要进行多元回归分析，把包括两个或两个以上自变量的回归称为多元回归。多元回归与一元回归类似，可以用最小二乘法估计模型参数。也需对模型及模型参数进行统计检验。选择合适的自变量是正确进行多元回归预测的前提之一，多元回归模型自变量的选择可以利用变量之间的相关矩阵来解决。

实际中，很多现象之间的关系并不是线性关系，对这种类型现象的分析预测一般要应用非线性回归预测，通过变量代换，可以将很多的非线性回归转化为线性回归。因而，可以用线性回归方法解决非线性回归预测问题。

二、非线性回归预测模型

有些现象两个因素之间的关系并不是呈线性的关系，这时就要选配适当类型的曲线才符合实际情况。

选择曲线通常可以分下列两个步骤。

(1) 确定变量间函数的类型 变量间函数关系的类型有的可根据理论或过去积累的经验，事前予以确定。但是有时不能事先确定变量之间的函数关系的类型时，就需要根据实际资料作散点图，从散点图中的分布形状选择适当的曲线。

(2) 确定相关函数中的未知参数 函数类型确定以后，接下来就需要确定函数关系式的未知参数。最小二乘法是确定未知参数最常用的方法。但在具体运用时，必须先通过变量变换，把非线性函数关系转化成线性关系。

三、应用回归预测法时应注意的问题

在具体运用回归预测法时，应注意以下几个问题。

(1) 定性分析问题 依靠研究人员的理论知识、专业知识、实

际经验和分析研究能力确定现象之间的相互关系和发展规律性，并且在多数情况下，现象之间只是在一定范围内才具有相关关系。

(2) 回归预测不能任意外推 回归分析的应用，仅仅是限于原来数据所包括的范围内。所谓外推，就是指把相关关系或回归关系用于超出上述范围之外。由于原来资料只提供了一定范围内的数量关系，在此范围以外是否存在着同样的关系，尚未得知。如果有进行外推的充分根据和需要，也应十分慎重，而且不能离开原来的范围太远。

(3) 关于对数据资料的要求问题 在利用回归分析进行预测时，还必须注意数据资料的准确性、可比性和独立性问题。

关于数据资料的准确性问题是容易理解的，只有借以预测的资料是正确可靠的，才能保证分析和预测的可靠性。如果数据是凭经验、拍脑袋估计出来的，那么就不能得出科学的分析结论。在整理资料过程中，如发现个别因素缺少某些年度的数字，可采用一定的统计方法（比如比例推算法、统计插值法、调查估算法等）予以补齐。如发现某一年度的数字畸高畸低，可利用数理统计中的控制理论，按照 3σ 原则对该数字进行检验，如与总体平均数的离差超过 3σ ，那么该数值就不能用来分析和推断。

关于数据资料的可比性和独立性问题应该保证指标数值所包含的专业内容、指标的口径、范围、计算方法和计量单位的一致性，并且，各年的指标应当是当年的。

另外还有事物的基本稳定问题。回归分析是在假定事物没有发生重大变化的情况下进行的，如果事物发展中发生重大变化，变化前后的数字就不能合并在一起进行回归预测。

总之，在进行回归预测时，必须估计到未来因素的变化，来修正分析的结论。

第五节 事故时间序列预测法

时间序列是指一组按时间顺序排列的有序数据序列。时间序

列预测，是从分析时间序列的变化特征等信息中，选择适当的模型和参数，建立预测模型，并根据惯性原则，假定预测对象以往的变化趋势会延续到未来，从而作出预测。该预测方法的一个明显特征是所用的数据都是有序的。这类方法预测精度偏低，通常要求研究系统相当稳定，历史数据量要大，数据的分布趋势较为明显。

一、时间序列分解法

1. 时间序列的分解

时间序列的变化受许多因素的影响，概括地讲，可以将影响时间序列变化的因素分为四种，即长期趋势因素、季节变动因素、周期变动因素和不规则变动因素。

(1) 长期趋势因素 长期趋势因素反映了经济现象在一个较长时间内的发展趋势，它可以在一个相当长的时间内表现为一种近似直线的持续向上或持续向下或平稳的趋势。在某种情况下，它也可以表现为某种类似指数趋势或其他曲线趋势的形式。

(2) 季节变动因素 季节变动因素是经济现象受季节变动影响所形成的一种长度和幅度固定的周期波动。

(3) 周期变动因素 周期变动因素也称循环变动因素，它是受各种经济因素影响形成的上下起伏不定的波动。

(4) 不规则变动因素 不规则变动又称随机变动，它是受各种偶然因素影响所形成的不规则波动。

2. 时间序列分解模型

将时间序列分解成长期趋势 (T)、季节变动 (S)、周期变动 (C) 和不规则变动 (I) 四个因素后，可以认为时间序列 Y 是这四个因素的函数，即：

$$Y_t = f(T_t, S_t, C_t, I_t)$$

时间序列分解的方法有很多，较常用的模型有加法模型和乘法模型。

加法模型为：

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + I_t$$

乘法模型为：

$$Y_t = T_t \times S_t \times C_t \times I_t$$

相对而言，加法模型更易分解和处理。

二、时间序列趋势外推

当预测对象依时间变化呈现某种上升或下降的趋势，并且无明显的季节波动，又能找到一条合适的函数曲线反映这种变化趋势时，就可用时间为自变量，时序数值 y 为因变量，建立趋势模型。当有理由相信这种趋势能够延伸到未来时，赋予变量所需要的值，可以得到相应时刻的时间序列未来值，这就是趋势外推法。

1. 趋势外推法的假设条件

① 假设事物发展过程没有跳跃式变化，一般属于渐进变化。

② 假设事物的发展因素也决定事物未来的发展，其条件是不变或变化不大。也就是说，假定根据过去资料建立的趋势外推模型能适合未来，能代表未来趋势变化的情况，即未来和过去的规律一样。

由以上两个假设条件可知，趋势外推法是事物发展渐进过程的一种统计预测方法。它的主要优点是可以揭示事物发展的未来，并定量地估计其功能特性。

2. 趋势模型的种类

趋势外推法的实质就是利用某种函数分析描述预测对象某一参数的发展趋势，有以下四种趋势预测模型最为常用。

(1) 多项式曲线预测模型

很多事物发展的模型可用多项式表示，常用的多项式预测模型有如下几种。

一次（线性）预测模型： $\hat{y}_t = b_0 + b_1 t$

二次（二次抛物线）预测模型： $\hat{y}_t = b_0 + b_1 t + b_2 t^2$

三次（三次抛物线）预测模型： $\hat{y}_t = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3$

n 次 (n 次抛物线) 预测模型: $\hat{y}_t = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + \cdots + b_n t^n$

式中, t 代表时间自变量。

(2) 指数曲线预测模型

常见的指数曲线预测模型有如下几种。

指数曲线预测模型: $\hat{y}_t = a e^{bt}$

修正指数曲线预测模型: $\hat{y}_t = a + b e^t$

(3) 对数曲线预测模型

常见的对数曲线预测模型: $\hat{y}_t = a + b \ln t$

(4) 生长曲线预测模型

皮尔曲线预测模型: $\hat{y}_t = \frac{L}{1 + a e^{-bt}}$

式中, L 为变量 $\hat{y}_t$ 的极限值; a 、 b 为常数; t 为时间。

龚珀兹曲线预测模型: $\hat{y}_t = k a^{bt}$

3. 趋势模型的选择

趋势外推法主要利用图形识别和差分法计算来进行模型的基本选择。

(1) 图形识别法 这种方法是通过绘制散点图来进行的, 即将时间序列的数据绘制成以时间 t 为横轴, 时序观察值为纵轴的图形, 观察并将其变化曲线与各类函数曲线模型的图形进行比较, 以便选择较为适宜的模型。

然而在实际预测过程中, 有时由于几种模型接近而无法通过图形直观确认某种模型, 这就必须同时对几种模型进行试算, 最后将标准误差为最小的模型作为预测模型。

(2) 差分法 由于模型种类很多, 为了根据历史数据正确选择模型, 常常利用差分法把原时间序列转换为平衡序列。即利用差分法把数据修匀, 使非平稳序列达到平稳序列。这里最常用的是一阶向后差分法。

其定义为:

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$$

一阶向后差分实际上是当时间由 t 推到 $t-1$ 时 y_t 的增量。

二阶向后差分的定义为：

$$\Delta\Delta y_t = \Delta^2 y_t = (y_t - y_{t-1}) - (y_{t-1} - y_{t-2}) = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2}$$

k 阶向后差分的定义为：

$$\Delta^k y_t = y_t + \sum_{r=1}^k (-1)^r C_k^r y_{t-r}$$

计算时间序列的差分并将其与各类模型差分特点进行比较，就可以选择适宜的模型。当时间序列各期数值的一阶差分相等或大致相等，就可以匹配一次（线性）模型进行预测；当时间序列各数值的二阶差分相等或大致相等，就可以匹配二次（抛物线）模型进行预测；当时间序列各期数值的一阶差比率相等或大致相等，就可以匹配指数曲线模型；当时间序列各期数值一阶差的一阶比率相等或大致相等，就可以匹配修正指数曲线模型进行预测。

仅仅依靠图形法等直观方法来选择趋势曲线模型并不总能取得较好的拟合优度。为了找出最优的拟合曲线，一般是用不同的曲线模拟拟合，并比较拟合标准误差，标准误差最小的曲线模型即为最好的拟合曲线模型。

三、时间序列平滑预测法

1. 一次移动平均法

一次移动平均的方法是收集一组观察值，计算这组观察值的均值，利用这一均值作为下一期的观察值，利用这一均值作为下一期的预测值。在移动平均值的计算中包括的过去观察值的实际个数，必须从一开始就确定。每出现一个新观察值，就要从移动平均值中减去一个最早观察值，再加上一个最新的观察值，计算移动平均值，这一新的移动平均值就作为下一期的观察值，计算移动平均值。因此，移动平均值从数列中所取数据点数一直不变，只是包括最新的观察值。

移动平均法有两种极端情况：①在移动平均值的计算中包括的过去观察值的实际个数 $N=1$ ，这时利用最新的观察值作为下一期

的预测值；② $N=n$ ，这时利用全部 n 个观察值的算术平均值作为预测值。当数据的随机因素较大时，宜选用大的 N ，这样有利于较大限度地平滑随机性所带来的严重偏差；反之，当数据的随机因素较小时，宜选用小的 N ，这有利于跟踪数据的变化，并且预测值滞后的期数也少。如果数据是纯随机的，则全部历史数据的均值是最好的预测值。

设时间序列为 $x_1, x_2, \dots$ ，移动平均法可以表示为：

$$F_{t+1} = (x_t + x_{t-1} + \dots + x_{t-N+1})/N$$

式中， x_t 为最新观察值； F_{t+1} 为下一期的预测值。

移动平均法具有两个优点：①计算量少；②移动平均法能较好地反映时间序列的趋势及其变化。

移动平均法的两个主要限制：①计算移动平均必须具有 N 个过去观察值。当需要预测大量数值时，就必须存储大量数据；②该方法在平均的计算过程中，将过去的每个观察值的权重认为是一样的，其实，一般而言，对未来的情况，最新的观察值比早期的数据含有更多的信息，应赋予相对大的权重。指数平滑法可以满足这一要求。此外，利用指数平滑法预测时只需要两个数据值。

2. 线性二次移动平均法

一次移动平均法当用来预测一组具有趋势的数据时估计值往往比实际值偏低（或偏高）。为了避免利用线性一次移动平均法预测有趋势的数据时产生系统误差，发展了线性二次移动平均法。该方法是在对实际值进行一次移动平均的基础上，再进行一次移动平均。二次移动平均法对一次移动平均的滞后量与一次移动平均对实际值的滞后量大致相等。

为了消除预测的系统误差，可将一次移动平均值，加上一移动平均值与二次移动平均值之差。线性二次移动平均法的通式为：

$$S'_t = \frac{x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + \dots + x_{t-N+1}}{N}$$

$$S''_t = \frac{S'_t + S'_{t-1} + S'_{t-2} + \dots + S'_{t-N+1}}{N}$$

$$a_t = 2S'_t - S''_t$$

$$b_t = \frac{2}{N-1}(S'_t - S''_t)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m$$

式中, m 为预测超前期数。

一次线性平均法的两个限制因素在线性二次移动平均法中也存在, 只是后者需要的数据点是 $2N$ 。为改进该方法的限制因素, 则相应的有线性二次指数平滑法, 线性二次指数平滑法只利用三个数据和一个系数就可进行计算。

3. 一次指数平滑法

时间序列平滑法是利用时间序列资料进行短期预测的一种方法。其基本思想在于: 除一些不规则变动外, 过去的时序数据存在着某种基本形态, 假设这种形态在短期内不会改变, 可以作为下一期预测的基础。平滑的主要目的, 在于消除时序的极端值, 以某些较平滑的中间值作为预测的根据。

客观事物的发展是在时间上展开的, 任何一事物随时间的流逝, 都可以得到一系列依赖于时间 t 的数据。

$$Y_1, Y_2, \dots, Y_t$$

其中 t 代表时间, 单位可以是年、季、月、日或小时。依赖于时间变化的变量 Y_t 称之为时间序列, 简称时序列, 记做

$$\{Y_t, t = t_0, t_1, \dots, t_n\} \quad \text{或} \quad \{Y_t, t = 1, 2, \dots, n\}$$

若事物的发展过程具有某种确定的形式, 随时间的变化规律可以用时间 t 的某种确定函数关系加以描述, 这类时序称为确定型时序, 以时间 t 为自变量建立的函数模型为确定型时序模型。事物发展过程若是一个随机过程, 无法用时间 t 的确定函数关系加以描述, 称为随机型时序, 建立的与随机过程相适应的模型为随机型时序模型。

指数平滑预测法, 是在加权平均法的基础上发展起来的, 也是移动平均法的改进。一次移动平均法假定近期 N 个数据同等重要。从加权的观点来看, 即认为预测值 $\hat{y}_{t+T}$ 是前 N 个数据以等权系数

$1/N$ 的加权平均值。这里 $N \times 1/N = 1$, 即 N 个数据的权重系数之和为 1。然而, 越近期的数据反映的信息越新, 在预测研究中也应更受到重视。基于这种思想, 指数平滑法认为, 数据的重要程度按时间呈非线性递减。若以第 1 周期的权 b_i 来刻画这种关系, 即指数平滑值可以看成是时间序列数据的非等权 b_i 的加权平均值。指数平滑又称指数修匀。可以消除时间序列的偶然性变动, 进而寻找预测对象的变化特征和趋势。一次指数平滑法用于实际数据序列以随机变动为主的场合。一次指数平滑值的计算公式为

$$S_t^{(1)} = \alpha \times y_t + \alpha(1-\alpha) \times y_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 y_{t-2} + \dots$$

式中, $S_t^{(1)}$ 为第 t 周期的一次指数平滑值; y_t 为第 t 周期的实际值; α 为平滑系数 ($0 < \alpha < 1$)。

观察上式, 实际值 y_t 、 y_{t-1} 、 y_{t-2} 的权系数分别为 α 、 $\alpha(1-\alpha)$ 、 $\alpha(1-\alpha)^2$ 。依此类推, 离现时刻越远的数据, 其权系数越小。指数平滑法就是用平滑系数 α 来实现不同时间的数据的非等权处理的。因为权系数是指数几何等级数, 指数平滑法也由此而得名。

上式略加变换, 得

$$S_t^{(1)} = \alpha \times y_t + (1-\alpha) \times S_{t-1}^{(1)}$$

式中, $S_{t-1}^{(1)}$ 为第 $t-1$ 周期的指数平滑值。

一次指数平滑法是以最近周期的一次指数平滑值作为下一周期的预测值的。即:

$$\hat{y}_{t+1} = S_t^{(1)} = \alpha \times y_t + (1-\alpha) \times S_{t-1}^{(1)}$$

式中, $\hat{y}_{t+1}$ 为第 $t+1$ 周期的预测值。

一次指数平滑法有两个基本特点:

① 指数平滑法对实际序列有平滑作用, 平滑系数 α 越小, 平滑作用越强, 但对实际数据的变动反应较迟缓;

② 在实际序列的线性变动部分, 指数平滑值序列出现一定的滞后偏差, 滞后偏差的程度随着平滑系数 α 的增大而减少。

指数平滑法的主要优点有:

① 对不同时间的数据的非等权处理较符合实际情况;

- ② 实用中仅需要选择一个模型参数 α 即可预测, 简便易行;
- ③ 具有适应性, 也就是说预测模型能自动识别数据模式的变化而加以调整。

指数平滑法的缺点是: ①对数据的转折点缺乏鉴别能力, 这可通过调查预测法或专家预测法加以弥补; ②长期预测的效果比较差, 故多用于短期预测。如实际数据序列具有较明显的线性增长倾向, 则不宜用一次指数平滑法, 因为之后偏差将使预测值偏低。此时, 通常可采用二次指数平滑法建立线性预测模型, 然后再用模型预测。

4. 二次指数平滑

二次指数平滑, 是对一次指数平滑值序列再作一次指数平滑。二次指数平滑值的计算公式为:

$$S_t^{(2)} = \alpha \times S_t^{(1)} + (1 - \alpha) \times S_{t-1}^{(2)}$$

二次指数平滑值并不直接用于预测, 而是仿照二次移动平均法, 根据滞后偏差的演变规律建立线性预测模型。线性预测模型为:

$$\hat{y}_{t+T} = a_t + b_t T$$

模型中参数 a_t , b_t 可按下述关系得到:

$$a_t = 2S_t^{(1)} - S_t^{(2)}$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} [S_t^{(1)} - S_t^{(2)}]$$

如果实际数据序列具有非线性增长倾向, 则一次、二次指数平滑法都不适用了。此时应采用三次指数平滑法建立非线性预测模型, 再用模型进行预测。

5. 布朗三次指数平滑

三次指数平滑也称三重指数平滑, 它与二次指数平滑一样, 不是以平滑值直接作为预测值, 而是为建立模型所用。

布朗三次指数平滑是对二次平滑值再进行一次平滑, 并用以估计二次多项式参数的一种方法, 所建立的模型为

$$\hat{y}_{t+m} = a_t + b_t m + c_t m^2$$

这是一个非线性平滑模型, 它类似于一个二次多项式, 能表现时序

的一种曲线变化趋势，故常用于非线性变化时序的短期预测。布朗三次指数平滑也被称作布朗单一参数二次多项式指数平滑。参数分别由下式得出：

$$a_t = 3S_t^{(1)} - 3S_t^{(2)} + S_t^{(3)}$$

$$b_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6-5\alpha)S_t^{(1)} - 2(5-4\alpha)S_t^{(2)} + (4-3\alpha)S_t^{(3)}]$$

$$c_t = \frac{\alpha^2}{2(1-\alpha)^2} [S_t^{(1)} - 2S_t^{(2)} + S_t^{(3)}]$$

各次指数平滑值分别为

$$S_t^{(1)} = \alpha \times Y_t + (1-\alpha) \times S_{t-1}^{(1)}$$

$$S_t^{(2)} = \alpha \times S_t^{(1)} + (1-\alpha) \times S_{t-1}^{(2)}$$

$$S_t^{(3)} = \alpha \times S_t^{(2)} + (1-\alpha) \times S_{t-1}^{(3)}$$

三次指数平滑比一次、二次指数平滑复杂得多，但三者目的一样，即修正预测值，使其跟踪时序的变化，三次指数平滑跟踪时序的非线性变化趋势。

6. 平滑常数的选择

指数平滑常数 α 值代表对时序变化的反应速度，又决定预测中修匀随机误差的能力。若选 $\alpha=0$ ， $S_t = S_{t-1}$ ，这是充分相信初始值，预测过程中不需要引进任何新信息。若选 $\alpha=1$ ，平滑值就是 S_t 就是实际观察值 Y_t ，这是完全不相信过去信息。这两种选择都是极端情况。实际上，初始值要做到确定得完全正确是不可能的，而根本不考虑预测对象过去的状态，也难做出正确的预测，因此选 α 值应在 $0 \sim 1$ 之间选择。

从理论上说，选 α 取 $0 \sim 1$ 之间任意数值均可以。其选择原则是使预测值与实际观测值之间的均方误差（MSE）和平均绝对百分误差（MAPE）最小。但在实际预测时，还必须考虑时序数据本身的特征，当选 α 值接近于 1 为最优值时，常常预示着时序数据有明显的趋势变动或季节性变动。在这种情况下，采用一次指数平滑法或非季节性的平滑方法，都难以得到有效的预测结果。

平滑常数 α 的选择主要还是依靠经验。通常，有以下几条准则

可供参考。如果时间序列虽然有不规则变动，但长期变化接近某一稳定常数， α 值一般取为 $0.05 \sim 0.2$ ，以使各观察值在现时的指数平滑中有大小接近的权数。

如果时间序列具有迅速和明显的趋势变动， α 宜取稍大的值，一般为 $0.3 \sim 0.5$ ，以使近期数据对现时的指数平滑值有较大的作用，从而将近期的变动趋势充分地反映在预测值中。

如果时间序列的变化很小， α 宜取稍小的值，一般为 $0.1 \sim 0.4$ ，以使较早的观测值也能充分反映在现时的指数平滑值中。

根据实际预测经验，适用指数平滑法进行预测的时序，通常可在 $0.05, 0.1, 0.2, 0.3$ 之间选择到一个较为理想的值。

四、博克斯-詹金斯法

博克斯-詹金斯法，简称 B-J 法或 ARMA 模型法，是以美国统计学家 Geogre E. P. Box 和英国统计学家 Gwilym M. Jenkins 的名字命名的一种时间序列预测方法。它主要试图解决以下两个问题：①分析时间序列的随机性、平稳性和季节性；②在对时间序列分析的基础上，选择适当的模型进行预测。其模型可分为：①自回归模型（简称 AR 模型）；②滑动平均模型（简称 MA 模型）；③自回归滑动平均混合模型（简称 ARMA 模型）。

自回归模型的公式为：

$$Y_t = \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + \cdots + \Phi_p Y_{t-p} + e_t$$

式中， p 是自回归模型的阶数； Y_t 是时间序列在 t 期的观测值； Y_{t-1} 是该时间序列在 $t-1$ 期的观测值； Y_{t-p} ，是时间序列在 $t-p$ 期的观测值； e_t 是误差或偏差，表示不能用模型说明的随机因素。

滑动平均模型的公式为：

$$Y_t = e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} \cdots - \theta_q e_{t-q}$$

式中， Y_t 是预测所用的时间序列在 t 期的观测值； q 是滑动平均模型的阶数； e_t 是时间序列模型在 t 期的误差或偏差； e_{t-1} 是时间序列模型在 $t-1$ 期的误差或偏差； e_{t-q} 是其在 $t-q$ 期的误差或

偏差。

自回归模型与滑动平均模型的有效组合，便构成了自回归滑动平均混合模型，即：

$$Y_t = \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + \cdots + \Phi_p Y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} \cdots - \theta_q e_{t-q}$$

博克斯-詹金斯法依据的基本思想是：将预测对象随时间推移而形成的数据序列视为一个随机序列，即除去个别的偶然原因引起的观测值外，时间序列是一组依赖于时间 t 的随机变量。这组随机变量所具有的依存关系或自相关性表征了预测对象发展的延续性，而这种自相关性一旦被相应的数学模型描述出来，就可以从时间序列的过去值及现在值预测其未来值。

1. 博克斯-詹金斯法的前提条件

运用博克斯-詹金斯法的前提条件是：作为预测对象的时间序列是一零均值的平稳随机序列。平稳随机序列的统计特性不随时间的推移而变化。直观地说，平稳随机序列的折线图无明显的上升或下降趋势。但是，大量数据总表现出某种上升或下降趋势，构成非零均值的非平稳的时间序列。对此的解决方法是在应用 ARMA 模型前，对时间序列先进行零均值化和差分平稳化处理。

所谓零均值化处理，是指对均值不为零的时间序列中的每一项数值都减去该序列的平均数，构成一个均值为零的新的时间序列，即：

$$X_t = Y_t - \bar{Y}$$

式中， $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Y_t$ ，是时间序列的平均值； n 是该序列数据的个数。

所谓差分平稳化处理，就是指对均值为零的非平稳的时间序列进行差分，使之成为平稳时间序列。即对序列 Y_t 进行一阶差分，得到一阶差分序列 ∇Y_t ：

$$\nabla Y_t = Y_t - Y_{t-1} \quad (t > 1)$$

对一阶差分序列 ∇Y_t 再进行一阶差分，得到二阶差分序列 $\nabla^2 Y_t$ ：

$$\nabla^2 Y_t = \nabla Y_t - \nabla Y_{t-1} = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} \quad (t > 2)$$

依此类推，可以差分下去，得到各阶差分序列。一般情况下，非平稳序列在经过一阶差分或二阶差分后都可以平稳化。

2. 博克斯-詹金斯法的预测过程

博克斯-詹金斯预测法把预测问题划分为三个阶段：①模型的识别；②模型中参数的估计和模型的检验；③预测应用。博克斯-詹金斯法使用的模型是 ARMA 模型体系。

(1) 第一阶段 利用自相关分析和偏相关分析等方法、分析时间序列的随机性、平稳性及季节性，并选定一个特定的模型以拟合所分析的时间序列数据。模型的识别是博克斯-詹金斯法预测中至关重要的一步。识别模型是否恰当需要有一个可以比较的标准，这里给出的标准是：对一般 ARMA 模型体系中的一些特征，分析其理论特征，把这种特定模型的理论特征作为鉴别实际模型的标准，观测实际资料与理论特征的接近程度。最后，根据这种分类比较分析的结果，来判定实际模型的类型。

(2) 第二阶段 用时间序列的数据，估计模型的参数，并进行检验，以判定该模型是否恰当。如不恰当，则返回第一阶段，重新选定模型。这个阶段是博克斯-詹金斯法中复杂繁琐的一步。借助于统计分析软件包如 SCA、TSP、SPSS 等，我们可以方便地在计算机上实现对 ARMA 模型的估计，并对模型进行检验。

(3) 第三阶段 对将来的某个时期的数值作出预测。

3. 博克斯-詹金斯法的评价

博克斯-詹金斯法是最通用的时间序列预测。一般的时间序列预测法，需先假设数据资料存在着什么样的模式，然后根据这个模式建模，实现预测，因而预测结果受到这个先验假设的局限。博克斯-詹金斯法则是根据对时间序列的具体分析，初步选定一个试用的模型，然后用一系列统计方法来检验这个试用模型是否适用。如果证明这个模型是适用的，就可利用这个模型进行预测；如果证明这个试用模型不适用于所用的时间序列数据，可以对这个模型作必要的调整，或基于已有的统计检验的结果，并结合试用模型与实际

资料的偏差，重新选用新的试用模型。这一程序可以反复进行，其最终结果可以保证所选用的模型的预测误差达到最小。博克斯-詹金斯法由于不需要对时间序列的发展模式作先验的假设，同时方法的本身保证了可通过反复识别修改，直至获得满意的模型。因而博克斯-詹金斯法适用于各种类型的时间序列数据。

博克斯-詹金斯法利用一套规定相当明确的准则来处理各种复杂的时间序列模式，其中涉及的运算过程、参数估计等都有明确的公式可以遵循，并且博克斯-詹金斯法进行预测的过程也是相当模式化的，因此便于用电子计算机加以处理。

博克斯-詹金斯法进行预测时，不仅考察预测变量的过去值与当期值，同时对模型同过去值拟合产生的误差也作为重要因素进入模型，这样有利于提高模型的精确度。实际经验已经证明，博克斯-詹金斯法是一种精确度相当高的短期预测方法。

在应用博克斯-詹金斯法时应注意以下几个问题。

① 博克斯-詹金斯法在模型识别时需要 50 个以上历史统计数据，这对按月、按季或按年记录的经济资料往往较难收集。因而在应用此方法时，搜集数据资料是一项十分费时费力的工作。

② 应用博克斯-詹金斯法建模时，逐次增加模型的阶数，的确有可能达到使模型通过统计检验的要求。但是提高模型的阶数，就要增加模型中的项数，对变量前的系数在现实意义上往往解释不通，或根本就无从分析。

③ 应用博克斯-詹金斯法进行预测时所依据的基本假设是：一个时间序列的未来发展模式与其过去的模式是一致的。对未来的短期预测，这一假设往往是可以满足的，但对未来长期的预测，这一假设显然是不符合实际的。

④ 由于现有的许多统计软件包已克服了应用博克斯-詹金斯法的计算的复杂性，这样在应用博克斯-詹金斯法进行预测时，应将注意力放在对所用时间序列资料的模型识别及对所建立的预测模型的实际意义的检验上。模型识别是整个建模阶段最为重要的一步，而对建立的预测模型的实际意义的检验则是预测应用阶段中极为重

要的一步。

博克斯-詹金斯法是一种理论较完善的统计预测方法，有着广泛的应用。

第六节 事故灰色预测模型

灰色系统（Grey System）理论是我国著名学者邓聚龙教授 20 世纪 80 年代初创立的一种兼备软硬科学特性的新理论。该理论将信息完全明确的系统定义为白色系统，将信息完全不明确的系统定义为黑色系统，将信息部分明确、部分不明确的系统定义为灰色系统。由于客观世界中，诸如工程技术、社会、经济、农业、环境、军事等许多领域，大量存在着信息不完全的情况。要么系统因素或参数不完全明确，因素关系不完全清楚；要么系统结构不完全知道，系统的作用原理不完全明了等，从而使得客观实际问题需要用灰色系统理论来解决。十多年来，灰色系统理论已逐渐形成为一门横断面大、渗透力强的新兴学科。

灰色预测法是一种对含有不确定因素的系统进行预测的方法。灰色系统是介于白色系统和黑色系统之间的一种系统。白色系统是指一个系统的内部特征是完全已知的，即系统的信息是完全充分的。而黑色系统是指一个系统的内部信息对外界来说是一无所知的，只能通过它同外界的联系来加以观测研究。灰色系统内的一部分信息是已知的，另一部分信息是未知的，系统内各因素间具有不确定的关系。例如构成系统安全的各种关系是一个灰色系统，各种因素和系统安全主行为的关系是灰色的，人-机-环境系统中三个子系统之间的关系也是灰色关系，安全系统所处的环境也是灰色的。因此就可以利用灰色预测模型对安全系统进行预测。

灰色预测是对既含有已知信息又含有不确定信息的系统进行预测，就是对在一定范围内变化的、与时间有关的灰色过程进行预测。尽管灰色过程中所显示的现象是随机的，但毕竟是有序的，因此这一数据集具备潜在的规律。灰色预测通过鉴别系统因素之间

发展趋势的相异程度，即进行关联分析，并对原始数据进行生成处理来寻找系统变动的规律，生成有较强规律性的数据序列，然后建立相应的微分方程模型，从而预测事物未来的发展趋势的状况。

灰色预测用等时距观测到的反映预测对象特征的一系列数量值构造灰色预测模型，预测未来某一时刻的特征量，或达到某一特征量的时间。

灰色预测一般分为四种类型。

(1) 灰色时间序列预测 用观察到的反映预测对象特征的时间序列来构造灰色预测模型，预测未来某一时刻的特征量，或者达到某一特征量的时间。

(2) 畸变预测 通过灰色模型预测异常值出现的时刻，预测异常值什么时候出现在特定时区内。如事故高峰的预测。

(3) 系统预测 通过对系统行为特征指标建立一组相互关联的灰色预测模型，预测系统中众多变量间的相互协调关系的发展变化。如安全综合评价、大气环境质量评价、系统危险性分级等可建立灰色系统行为模型。

(4) 拓扑预测 将原始数据作曲线，在曲线上按定值寻找该定值发生的所有时点，并以该定值为框架构成时点数列，然后建立模型预测该定值所发生的时点。

灰色预测应用灰色模型 GM(1,1) 对灰色系统进行分析、建模、求解和预测。由于灰色建模理论应用数据生成手段，弱化了系统的随机性，使紊乱的原始序列呈现某种规律，规律不明显的变得较为明显，建模后还能进行残差辨识，即使较少的历史数据，任意随机分布，也能得到较高的预测精度。

一般考虑到事故变化趋势属于非平稳的随机过程，选用具有原始数据需求量少、对分布规律性要求不严、预测精度较高等优点的模糊灰色预测模型 GM(1,1)，同时考虑到减小预测误差，将其与时间序列自相关预测模型 AR(n) 相结合。

GM(1,1) 和 AR(n) 的组合模型为：

$$x^{(0)}(t+1) = [-ax^{(0)}(1) + b]e^{-at} + \sum \phi_i \varepsilon_i$$

灰色预测理论具有要求样本数据量少，并实用、精确的特点，对于安全事故由于漏报、瞒报等人为干扰，以及其他各种原因导致的事故样本量少的情况具有优势。下面简要介绍其基本预测原理。

第一步 依据分析对象（如事故总量或行业事故）历年事故样本数据建立原始数列：

$$x^{(0)} = [x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)]$$

第二步 对上述数列按下式作数据处理，累加生成：

$$x^{(1)}(k) = \sum_{m=1}^k x^{(0)}(m) \quad k = 1, 2, \dots, n$$

$$x^{(1)} = [x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)]$$

第三步 建立白化形式的方程，即 GM(1,1) 模型对应的一阶微分方程

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u$$

式中， a 、 u 为待求参数。

第四步 按最小二乘法，求得微分方程系数向量
其中：

$$\hat{a} \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_N$$

$$Y_N = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)]$$

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(n-1) + x^{(1)}(n)] & 1 \end{bmatrix}$$

在求得 B 之后，再求 B^T 及 $(B^T B)^{-1}$ 。

第五步 求白化形式微分方程的解，亦即时间响应函数为：

$$\hat{x}^{(1)}(t+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right] e^{-at} + \frac{u}{a}$$

离散响应函数为：

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right] e^{-at} + \frac{u}{a} \quad k = 0, 1, \dots, n-1$$

此函数即为原始数列的生成模型。

第六步 对生成模型做一次累减，即可还原为原始数列的预测结果：

$$\begin{aligned} \epsilon(k) &= x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k) \\ \hat{x}^{(0)}(k) &= [\hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1)] \end{aligned}$$

第七步 将模型计算值与原始数列实际值进行比较，计算残差。

第八步 GM(1,1) 模型的精度检验，通常采用“后验差检验法”检验预测模型。具体内容包括：

求原始数列平均值：

$$S_1^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [x^{(0)}(k) - \bar{x}^{(0)}]^2$$

求原始数列的方差：

$$S_2^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [\epsilon(k) - \bar{\epsilon}]^2$$

求残差的平均值：

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \epsilon(k)$$

求残差的方差：

计算后验差比值 c 及小误差频率 p ：

$$c = \frac{S_2}{S_1}$$

$$p = p\{|\epsilon(k) - \bar{\epsilon}| < 0.6745 S_1\}$$

预测模型精度按表 4-2 中的 c 和 p 共同判定。

第九步 若 p 和 c 都不满足精度要求，则需建立残差的 GM(1,1) 模型来对原始模型进行修正。其建模过程如下：

残差也可以写为：

$$\epsilon^{(0)}(k) = x^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k)$$

表 4-2 灰色预测模型精度检验等级表

精度等级	评 语	p	c
1 级	好	$p \geq 0.95$	$0.35 \geq c$
2 级	合格	$0.95 > p \geq 0.80$	$0.50 \geq c > 0.35$
3 级	勉强	$0.80 > p \geq 0.70$	$0.65 \geq c > 0.50$
4 级	不合格	$0.70 > p$	$c > 0.65$

相应的残差数列为：

$$\epsilon^{(0)} = [\epsilon^{(0)}(1'), \epsilon^{(0)}(2'), \dots, \epsilon^{(0)}(n')]$$

用残差数列按 GM(1,1) 原理建模，得到响应式

$$\hat{\epsilon}^{(1)}(k+1) = \left[\epsilon^{(0)}(1') - \frac{u'}{a} \right] e^{-a'k} + \frac{u'}{a}$$

对上式求导数，有：

$$\bar{x}^{(0)} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x^{(0)}(k)$$

$$\hat{\epsilon}^{(0)}(k+1) = (-a') \left[\epsilon^{(0)}(1') - \frac{u'}{a} \right] e^{-a'k}$$

用该残差模型对原预测模型修正后的预测模型为

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right] e^{-ak} + \frac{u}{a} +$$

$$\delta(k-i)(-a') \left[\epsilon^{(0)}(1') - \frac{u'}{a} \right] e^{-a'k}$$

式中

$$i = n - n'$$

$$\delta(k-i) = \begin{cases} 1, & k \geq i \\ 0, & k < i \end{cases}$$

若再不满足要求，原则上继续同样的残差建模，直至满足精度为止。

第七节 事故预测的应用分析

事故指标预测的成败，关键在于对系统结构特征的分析 and 预测模型的建立。统计预测方法是一种具有通用性的方法。实际资料是

预测的依据，专业理论是预测的基础，数学模型是预测的手段。

统计预测方法可以分为定性预测方法和定量预测方法两类，其中定量预测方法又可大致分为回归预测法和时间序列预测法。另外，还可按预测时间长短分为近期预测、短期预测、中期预测和长期预测；按预测是否重复分为一次性预测和反复预测。

一个完整的统计预测研究，一般要经过以下几个步骤。

(1) 确定预测的目的 预测的目的不同，所需的资料和采用的预测方法也有所不同。有了明确的目的，才能据以搜集必要的统计资料和采用合适的统计预测方法。

(2) 搜集和审核资料 准确的统计资料是统计预测的基础。预测之前，必须掌握大量的、全面的、准确有用的数据和情况。为保证统计资料的准确性，还必须对资料进行审核、调整和推算。对审核、整理后的资料，要进行初步分析，画出统计图形，以观察统计数据的性质和分布，作为选择适当预测模型的依据。

(3) 选择预测模型和方法，进行预测 资料审核、调整后，根据资料结构的性质，选择合适的模型和方法来预测。在资料不够完整，精度要求不高时，可采用定性预测法；在掌握的资料比较完备，进行比较精确的预测时，可运用一定的数学模型，如采用回归预测法和时间序列预测法等。

(4) 分析预测误差，改进预测模型 预测误差是预测值与实际观察值之间的离差，其大小与预测准确程度的高低成反比。预测误差虽然不可避免，但若超出了允许范围，就要分析产生误差的原因，以决定是否需要预测模型和预测方法加以修正。

(5) 提出预测报告 即把预测的最终结果编制成文件和报告。

应用通用的统计预测方法时，一定要结合安全专业理论知识。一般每种预测方法都有其适用的条件，不可生搬硬套，只有满足建模的条件的前提下，才可以建模。对于用只适用短期预测的模型来预测远期数据，产生的误差一般较大；在应用模型中要注意不断补充新的数据，使模型的预测更符合实际。表 4-3 概括各种预测方法的特点，以供应用中选择与判断。

表 4-3 各种预测方法的对比

方 法	时间范围	适 用 情 况	应 做 工 作
直观预测法	短、中、长期	对缺乏历史统计资料或趋势面临转折的事件进行预测	需要大量的调查研究工作
一元线性回归预测法	短、中期	自变量和因变量两个之间存在线性关系	收集两个变量的历史数据
非线性回归预测法	短、中期	因变量与自变量之间存在某种非线性关系	收集所有变量的历史数据,并用几个非线性模型试算
趋势外推法	中期到长期	当因变量用时间表示时	只需要因变量的历史资料,要对各种可能趋势曲线进行试算
时间序列分解法	短期	适用于一次性的短期预测或使用其他方法前消除季节变动因素	只需要序列的历史数据
移动平均法	短期	不带季节变动的反复预测	只需要因变量的历史资料,但要确定最佳的权系数
指数平滑法	短期	具有或不具有季节变动的反复预测	只需要因变量的历史资料,是一些反复预测中最简易的方法
博克斯-詹金斯法	短期	适用任何序列的发展形态的高级预测方法	计算过程复杂必须借助计算机
灰色预测法	短、中期	适用于时序的发展呈指数型趋势	收集现象的历史数据

第八节 我国未来小康社会建设期间的事故预测

一、我国事故指数目标预测和推断

1. 我国小康社会建设时期事故总量控制目标预测

应用安全生产指数理论和方法预测和推断我国全面建设小康社会时期事故发展趋势,如图 4-1 和图 4-2 所示。

2. 我国人均 GDP 水平与事故发生率关系分析事故总量控制目标预测

我国 2002 年各省市(自治区)的各类事故亿元 GDP 死亡率和

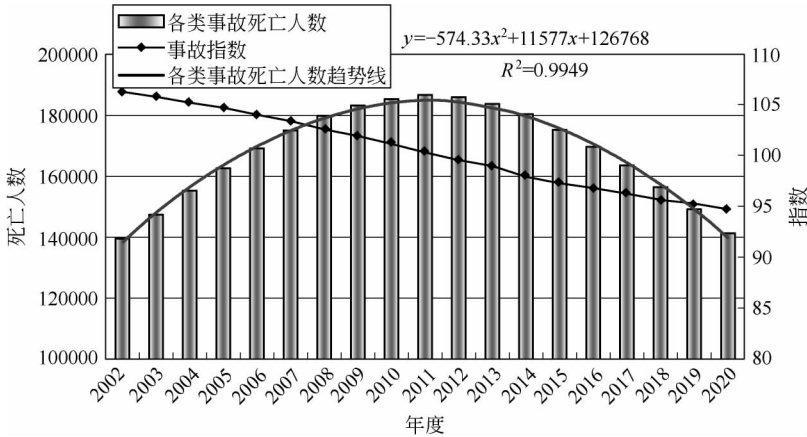


图 4-1 小康社会各类事故死亡问题控制目标推断示意

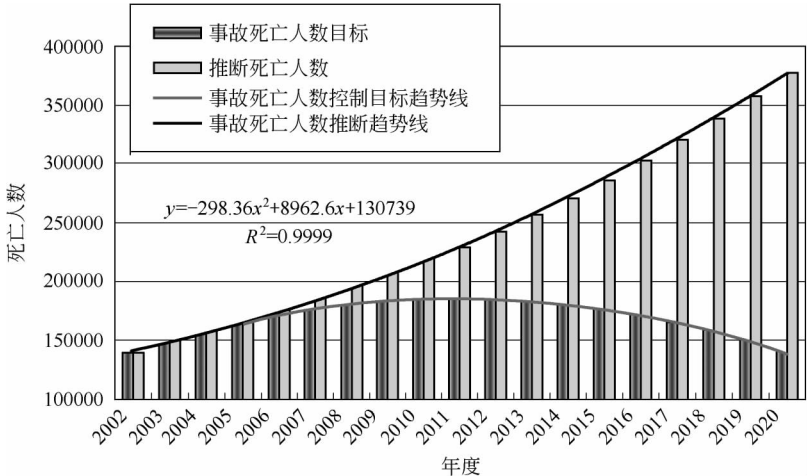


图 4-2 小康社会各类事故死亡人数指标预测与目标推断对比

人均 GDP 的水平数据见表 4-4。根据统计数据可得到图 4-3 统计回归曲线和模型。

图 4-3 横坐标为人均 GDP 值，纵坐标为亿元 GDP 死亡率。通过我国目前 31 个省市（自治区）的亿元 GDP 死亡率与人均 GDP 数

表 4-4 我国 2002 年各省市（自治区）各类事故亿元 GDP 死亡率和
人均 GDP 数据统计表

序 号	省市(自治区)	亿元 GDP 死亡率	2002 年人均 GDP
1	贵州	2.4746	3106
2	甘肃	2.1318	4493
3	广西	1.7385	5062
4	云南	1.7465	5178
5	陕西	1.3649	5523
6	安徽	1.3998	5623
7	四川	1.3292	5638
8	江西	1.4584	5828
9	宁夏	3.2423	5861
10	河南	1.1001	5924
11	西藏	2.3091	6000
12	山西	2.1401	6098
13	海南	0.9258	6353
14	重庆	0.9452	6364
15	青海	2.4487	6424
16	湖南	1.1058	6565
17	内蒙	1.4773	7233
18	湖北	0.6789	7813
19	新疆	1.8870	8365
20	河北	1.0975	9070
21	黑龙江	0.8089	10235
22	吉林	1.2657	11059.8
23	山东	0.9303	11643
24	辽宁	0.9247	13000
25	福建	0.9193	13510
26	江苏	0.7025	14397
27	广东	1.1092	14999
28	浙江	0.9904	16570
29	天津	0.6531	22068
30	北京	0.5383	27746
31	上海	0.3245	41300

值关系，得到亿元 GDP 死亡率与人均 GDP 的趋势线，以及数学回归方程：

$$y = 698.16x^{-0.7009} (R^2 = 0.6295)$$

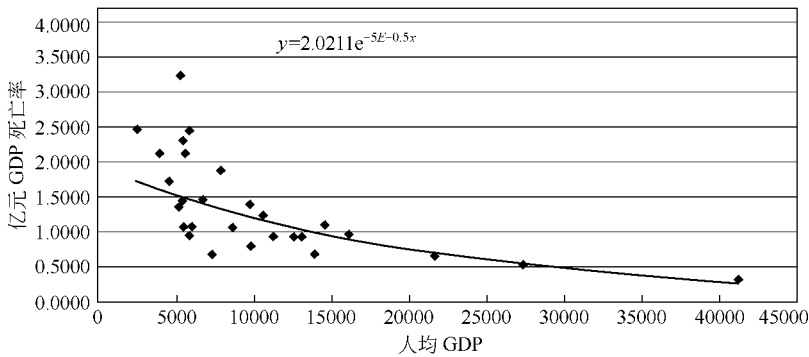


图 4-3 我国 2002 年各省市（自治区）各类事故
亿元 GDP 死亡率与人均 GDP 关系图

通过回归模型，我们可以预测不同人均 GDP 水平下的事故亿元 GDP 死亡率。

根据我国全面建设小康社会的目标，我国的 GDP 将在 2010 年实现比 2000 年翻一番，在 2020 年实现比 2010 年再翻一番的目标。这样，到 2020 年我国的 GDP 将达到 35.7 万亿元，人均 GDP 将达到人民币 26596 元（约合 3216 美元）。根据这一目标水平，我国到 2020 年的亿元 GDP 死亡率为 0.55，推算出 2020 年我国的总死亡人数为 19.6 万人。这一数据显然仅仅考虑了单纯的经济发展规划因素，实际上安全生产的问题还与国家监管体制、法制建设等社会因素，以及全民安全意识、安全素质等文化因素和安全科学技术发展等科技因素有关，即在我国全面建设小康社会进程中，我国安全生产相关的体制、法制也将更加完善健全，安全生产工作的管理也会更加到位，安全监察的力度也进一步加强，安全文化和安全科学技术也将全面发展和进步。因此，总死亡人数为 19.6 万人预测推断是保守的，同时也是与我国社会、经济、文化全面协调发展不相适应的。

因此，预计到 2020 年我国的总死亡人数将控制在 15 万人以内是有希望的，同时也是有科学分析依据的，更重要的是我国全面建

设小康社会所要求的。

二、世界各国 GDP 与职业工伤事故回归分析预测

表 4-5 是部分国家人均 GDP（美元）与职业工伤事故 10 万人死亡率的统计及回归数据，图 4-4 是相应数据的回归曲线图；表 4-6 是部分国家人均 GDP（美元）与职业工伤事故亿元 GDP（美元）死亡率的统计及回归数据，图 4-5 是相应数据的回归曲线图。

表 4-5 部分国家人均 GDP 与职业工伤事故
10 万人死亡率统计数据及排序

国 家	2001 年人均 GDP/美元	10 万人死亡率(1999)	回归模型死亡率
乌克兰	626	9.2	11.36
中国	803	8.1	11.28
俄罗斯	1264	14.4	11.07
罗马尼亚	1569	7	10.94
泰国	1993	11.5	10.76
墨西哥	4797	9	9.61
阿根廷	7668	21.6	8.57
西班牙	14912	9.5	6.42
意大利	20317	8	5.17
澳大利亚	20563	4	5.12
加拿大	20613	6.7	5.11
法国	24010	4.5	4.46
英国	24244	0.7	4.42
德国	25507	3.42	4.20
奥地利	25733	4.9	4.16
丹麦	32834	3	3.13
美国	34096	4	2.98
日本	34426	3.3	2.94
2020 年中国预计	3216		10.24

注：各国人均 GDP 数据为国际相关组织 2001 年公布的数据；各国 10 万人死亡率数据为 ILO 公布的 1999~2000 年各国的数据。

从统计分析数据和回归模型中，可作出如下分析。

1. 人均 GDP 与 10 万人死亡率的关系

世界统计国家的人均 GDP 与职业工伤 10 万人死亡率回归模型为：

$$y = 11.648e^{-4E-0.5x} (R^2 = 0.4587)$$

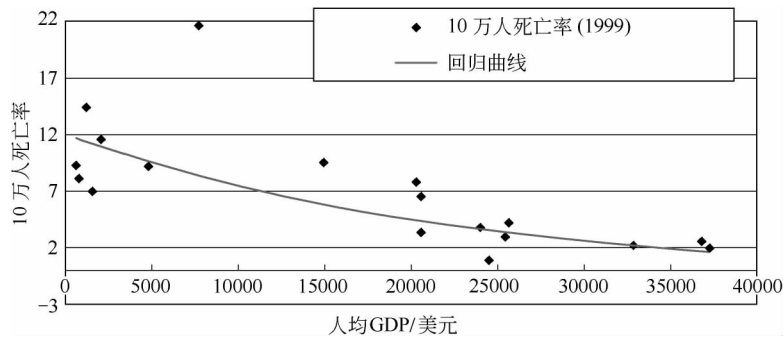


图 4-4 部分国家人均 GDP 与职业工伤 10 万人死亡率回归曲线

表 4-6 部分国家人均 GDP 与职业工伤亿元
GDP 死亡率统计数据及排序

国 家	2001 年人均 GDP/美元	亿元 GDP 死亡率(1999)	回归模型死亡率
乌克兰	626	3. 51	0. 92
中国	803	1. 09	0. 91
俄罗斯	1264	1. 37	0. 87
罗马尼亚	1569	1. 12	0. 84
泰国	1993	0. 53	0. 80
墨西哥	4797	0. 18	0. 61
阿根廷	7668	0. 40	0. 46
西班牙	14912	0. 19	0. 22
意大利	20317	0. 09	0. 13
澳大利亚	20563	0. 07	0. 13
加拿大	20613	0. 12	0. 12
法国	24010	0. 06	0. 09
英国	24244	0. 01	0. 09
德国	25507	0. 07	0. 08
奥地利	25733	0. 07	0. 07
丹麦	32834	0. 04	0. 04
美国	34096	0. 06	0. 03
日本	34426	0. 05	0. 03
2020 年中国预计	3216		0. 71

注：各国人均 GDP 数据为国际相关组织 2001 年公布的数据；各国 10 万人死亡率数据为 ILO 公布的 1999～2000 年各国的数据。

到 2020 年我国人均 GDP 将达到 3000～4000 美元，根据回归

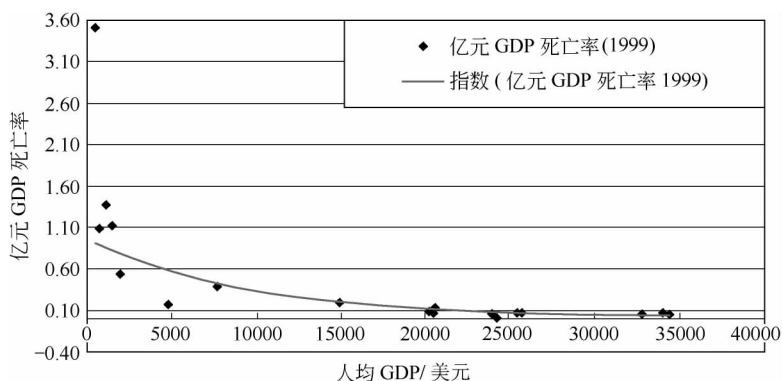


图 4-5 部分国家人均 GDP 与职业工伤亿元 GDP 死亡率回归曲线

模型预测，职业工伤 10 万人死亡率为 10 左右，根据综合因素制定的 10 万人死亡率控制指标小于 8。显然设计的控制目标小于回归预测水平，因为职业工伤事故的状况不仅仅与经济发展水平有关，国家政府体制、经济体制、科学技术、文化素养等都与之有关。同时，反映经济发展水平的人均 GDP 指标，与 10 万人死亡率指标相关性不强也是原因之一。

2. 人均 GDP 与亿元 GDP 死亡率的关系

世界统计国家的人均 GDP 与职业工伤亿元 GDP 死亡率回归模型为：

$$y = 0.9816e^{-0.0001x}$$

到 2020 年我国人均 GDP 将达到 3000~4000 美元，根据回归模型预测，职业工伤亿元 GDP 死亡率为 0.55，根据综合因素制定的相应控制目标小于 0.6。显然根据世界统计国家人均 GDP 与亿元 GDP 死亡率模型预测水平与设计的控制目标很接近。

第五章 事故致因理论

几个世纪以来，人类主要是在发生事故后凭主观推断事故的原因，即根据事故发生后残留的关于事故的信息来分析、推论事故发生的原因及其过程。由于事故发生的随机性质，以及人们知识、经验的局限性，使得对事故发生机理的认识变得十分困难。

随着社会的发展，科学技术的进步，特别是工业革命以后工业事故频繁发生，人们在与各种工业事故斗争的实践中不断总结经验，探索事故发生的规律，相继提出了阐明事故为什么会发生，事故是怎样发生的，以及如何防止事故发生的理论。由于这些理论着重解释事故发生的原因，以及针对事故致因因素如何采取措施防止事故，所以被称作事故致因理论。事故致因理论是指导事故预防工作的基本理论。

事故致因理论是生产力发展到一定水平的产物。在生产力发展的不同阶段，生产过程中出现的安全问题有所不同，特别是随着生产方式的变化，人在生产过程中所处的地位的变化，引起人们安全观念的变化，产生了反映安全观念变化的不同的事故致因理论。

第一节 早期的事故致因理论

早期的事故致因理论一般认为事故的发生仅与一个原因或几个原因因素有关。20 世纪初期，资本主义工业的飞速发展，使得蒸汽动力和电力驱动的机械取代了手工作坊中的手工工具，这些机械的使用大大提高了劳动生产率，但也增加了事故发生率。因为当时设计的机械很少或者根本不考虑操作的安全和方便，几乎没有什么安全防护装置。工人没有受过培训，操作不熟练，加上长时间的疲劳作业，伤亡事故自然频繁发生。

一、事故频发倾向论

1919年英国的格林伍德（M. Greenwood）和伍慈（H. H. Woods）对许多工厂里的伤亡事故数据中的事故发生次数按不同的统计分布进行了统计检验。结果发现，工人中的某些人较其他人更容易发生事故。从这种现象出发，后来法默（Farmer）等人提出了事故频发倾向的概念。所谓事故频发是指个别人容易发生交通事故的、稳定的、个人的内在倾向。根据这种理论，工厂中少数工人具有事故频发倾向，是事故频发倾向者，他们的存在是工业事故发生的主要原因。如果企业里减少了事故频发倾向者，就可以减少工业事故。因此，防止企业中事故频发倾向者是预防事故的基本措施：一方面通过严格的生理、心理检验等，从众多的求职者中选择身体、智力、性格特征及动作特征等方面优秀的人才就业；另一方面一旦发现事故频发倾向者则将其解雇。显然，由优秀的人员组成的工厂是比较安全的。

二、海恩事故法则

美国安全工程师海因里希（Heinrich）在50多年前统计了55万件机械事故，其中死亡、重伤事故1666件，轻伤48334件，其余则为无伤害事故。从而得出一个重要结论，即在机械事故中，死亡、重伤，轻伤和无伤害事故的比例为1：29：300，国际上把这一法则叫海因里希事故法则。这个法则说明，在机械生产过程中，每发生330起意外事件，有300件未产生人员伤害，29件造成人员轻伤，1件导致重伤或死亡。对于不同的生产过程，不同类型事故，上述比例关系不一定完全相同，但这个统计规律说明了在进行同一项活动中，无数次意外事件，必然导致重大伤亡事故的发生。而要避免重大事故的发生必须减少和消除无伤害事故，要重视事故的苗头和未遂事故，否则终会酿成大祸。例如，某机械师企图用手把皮带挂到正在旋转的皮带轮上，因未使用拨皮带的杆，且站在摇晃的梯板上，又穿了一件宽大长袖的工作服，结果被皮带轮绞

入碾死。事故调查结果表明，他这种上皮带的方法每天使用，已有数年之久。查阅 4 年病历（急救上药记录），发现他有 33 次手臂擦伤后治疗处理，他手下工人均佩服他手段高明，结果还是导致死亡。这一事例说明，重伤和死亡事故虽有偶然性，但是不安全因素或动作在事故发生之前已暴露过许多次，如果在事故发生之前，抓住时机，及时消除不安全因素，许多重大伤亡事故是完全可以避免的。

海因里希的工业安全理论是该时期的代表性理论。海因里希认为，人的不安全行为、物的不安全状态是事故的直接原因，企业事故预防工作的中心就是消除人的不安全行为和物的不安全状态。

海因里希的研究说明大多数的工业伤害事故都是由于工人的不安全行为引起的。即使一些工业伤害事故是由于物的不安全状态引起的，则物的不安全状态的产生也是由于工人的缺点、错误造成。因而，海因里希理论也和事故频发倾向论一样，把工业事故的责任归因于工人。从这认识出发，海因里希进一步追究事故发生的根本原因，认为人的缺点来源于遗传因素和人员成长的社会环境。

第二节 第二次世界大战后的事故致因理论

第二次世界大战时期，出现了高速飞机、雷达和各种自动化机械等。为防止和减少飞机飞行事故而兴起的事故判定技术及人机工程等，对后来的工业事故预防产生了深刻的影响。

事故判定技术最初被用于确定军用飞机飞行事故原因的研究。研究人员用这种技术调查了飞行员在飞行操作中的心理学和人机工程方面的问题，然后针对这些问题采取改进措施防止发生操作失误。战后这项技术被广泛应用于国外的工业事故预防工作中，作为一种调查研究不安全行为和不安全状态的方法，使得不安全行为和不安全状态在引起事故之前被识别和被改正。

第二次世界大战期间使用的军用飞机速度快、战斗力强，但是它们的操纵装置和仪表非常复杂。飞机操纵装置和仪表的设计往往超出人的能力范围，或者容易引起驾驶员误操作而导致严重事故。

为防止飞行事故，飞行员要求改变那些看不清楚的仪表的位置，改变与人的能力不适合的操纵装置和操纵方法。这些要求推动了人机工程学的研究。

人机工程学是研究如何使机械设备、工作环境适应人的生理、心理特征，使人员操作简便、准确、失误少、工作效率高的学问。人机工程学的兴起标志着工业生产中人与机械关系的重大变化：以前是按机械的特性训练工人，让工人满足机械的要求，工人是机械的奴隶和附庸；现在是在设计机械时要考虑人的特性，使机械适合人的操作。从事故致因的角度，机械设备、工作环境不符合人机工程学要求可能是引起人失误、导致事故的原因。

第二次世界大战后，科学技术飞跃进步，新技术、新工艺、新能源、新材料和新产品不断出现。这些新技术、新工艺、新能源、新材料和新产品给工业生产和人们的生活面貌带来巨大变化的同时，也给人类带来了更多的危险。据说世界上每 20 分钟就有一种新的化学物质问世，其中每一种都可能具有危险性。科技的发展把作为现代物质文明的各种工业产品送到各类人们的面前，这些产品中有些会威胁人员安全，美国 1972 年涉及产品安全的投诉案件超过 50 万起。工业部门要保证消费者利用其产品的安全，在公众的强烈的要求下，美国于 1972 年通过了消费品安全法，日本等国也相继通过了相似的法律，这些法律的共同特征是，制造厂家必须对其产品引起的事故完全负责。

二战后，人们对所谓的事故频发倾向的概念提出了新的见解，一些研究表明，认为大多数工业事故是由事故频发倾向者引起的观念是错误的，有些人较另一些人容易发生事故，是与他们从事的作业有较高的危险性有关。越来越多的人认为，不能把事故的责任简单地说是工人的不注意，应该注重机械的、物质的危险性质在事故致因中的重要地位。于是，在事故预防工作中比较强调实现生产条件、机械设备的安全。先进的科学技术和经济条件为此提供了物质基础和技术手段。

能量转移理论的出现是人们对伤亡事故发生的物理实质认识方

面的一大飞跃。1961 年和 1966 年，吉布森（Gibson）和哈登（Hadden）提出了一种新概念：事故是一种不正常的，或不希望的能量释放，各种形式的能量构成伤害的直接原因。于是，应该通过控制能量，或控制作为能量达及人体媒介的能量载体来预防伤害事故。根据能量转移理论，可以利用各种屏蔽来防止意外的能量释放。

与早期的事故频发倾向理论、海因里希因果连锁论等强调人的性格特征、遗传特征等不同，战后人们逐渐地认识了管理因素作为背后原因在事故致因中的重要作用。人的不安全行为或物的不安全状态是工业事故的直接原因，必须加以追究。但是，它们只不过是其背后的深层原因的征兆、管理上缺陷的反映，只有找出深层的、背后的原因，改进企业管理，才能有效地防止事故。

第三节 系统安全工程理论

系统安全工程创始于美国，并且首先使用于军事工业方面。20 世纪 50 年代末，科学技术进步的一个显著特征是设备、工艺和产品越来越复杂。战略武器的研制、宇宙开发和核电站建设等使得作为现代先进科学技术标志的复杂巨系统相继问世。这些复杂巨系统往往由数以千、万计的元件、部件组成，元件、部件之间以非常复杂的关系相连接；在它们被研制和被利用的过程中常常涉及到高能量。系统中的微小的差错就可能引起大量的能量意外释放，导致灾难性的事故。这些复杂巨系统的安全性问题受到了人们的关注。

在开发研制、使用和维护这些复杂巨系统的过程中，逐渐萌发了系统安全的基本思想。作为现代事故预防理论和方法体系的系统安全产生于美国研制民兵式洲际导弹的过程中。

系统安全是人们为预防复杂巨系统事故而开发、研究出来的安全理论、方法体系。所谓系统安全，是在系统寿命期间内应用系统安全工程和管理方法，辨识系统中的危险源，并采取控制措施使其危险性最小，从而使系统在规定的性能、时间和成本范围内达到最

佳的安全程度。

系统安全在许多方面发展了事故致因理论。系统安全认为，系统中存在的危险源是事故发生的原因。不同的危险源可能有不同的危险性。危险性是指某种危险源导致事故、造成人员伤亡、财物损坏或环境污染的可能性。由于不能彻底地消除所有的危险源，也就不存在绝对的安全。所谓的安全，只不过是没超过允许限度的危险。因此，系统安全的目标不是事故为零，而是最佳的安全程度。

系统安全认为可能意外释放的能量是事故发生的根本原因，而对能量控制的失效是事故发生的直接原因。这涉及能量控制措施的可靠性问题。在系统安全研究中，不可靠被认为是不安全的原因；可靠性工程是系统安全工程的基础之一。

研究可靠性时，涉及物的因素时，使用故障这一术语；涉及人的因素时，使用人失误这一术语。这些术语的含义较以往的人的不安全行为、物的不安全状态深刻得多。一般地，一起事故的发生是许多人失误和物的故障相互复杂关联、共同作用的结果，即许多事故致因因素复杂作用的结果。因此，在预防事故时必须弄清事故致因相互关系的基础上采取恰当的措施，而不是相互孤立地控制各个因素。

系统安全注重整个系统寿命期间的事故预防，尤其强调在新系统的开发、设计阶段采取措施消除、控制危险源。对于正在运行的系统，如工业生产系统，管理方面的疏忽和失误是事故的主要原因。约翰逊等人很早就注意到了这个问题，创立了系统安全管理的理论和方法体系——管理疏忽与危险树（Managment Oversight and Risk Tree, MORT），它把能量意外释放论、变化的观点、人失误理论等引入其中，又包括了工业事故预防中的许多行之有效的管理方法，如事故判定技术、标准化作业、职业安全分析等。它的基本思想和方法对现代工业安全管理产生了深刻的影响。

第四节 事故频发倾向论

事故频发倾向论是阐述企业工人中存在着个别人容易发生事故

的、稳定的、个人的内在倾向的一种理论。1919年，格林伍德和伍慈对许多工厂里伤害事故发生次数资料按如下三种统计分布进行统计检验。

1. 泊松分布

当员工发生事故的概率不存在个体差异时，即不存在事故频发倾向者时，一定时间内事故发生次数服从泊松分布。在这种情况下，事故的发生是由于工厂里的生产条件、机械设备方面的问题，以及一些其他偶然因素引起的。

2. 偏倚分布

一些工人由于存在着精神或心理方面的毛病，如果在生产操作过程中发生过一次事故，则会造成胆怯或神经过敏，当再继续操作时，就有重复发生第二次、第三次事故的倾向。造成这种统计分布的是人员中存在少数有精神或心理缺陷的人。

3. 非均等分布

当工厂中存在许多特别容易发生事故的工人时，发生不同次数事故的人数服从非均等分布，即每个人发生事故的概率不相同。在这种情况下，事故的发生主要是由于人的因素引起的。

为了检验事故频发倾向的稳定性，他们还计算了被调查工厂中同一个人在前三个月和后三个月里发生事故次数的相关系数，结果发现，工厂中存在着事故频发倾向者，并且前、后三个月事故次数的相关系数变化在 0.37 ± 0.12 到 0.72 ± 0.07 之间，皆为正相关。

1926年纽鲍尔德研究大量工厂中事故发生次数分布，证明事故发生次数服从发生概率极小，且每个人发生事故概率不等的统计分布。他计算了一些工厂中前五个月和后五个月事故次数的相关系数，其结果为 $(0.04 \pm 0.009) \sim (0.71 \pm 0.06)$ 。这也充分证明了存在着事故频发倾向者。

1939年，法默和查姆勃明确提出了事故频发倾向的概念，认为事故频发倾向者的存在是工业事故发生的主要原因。

对于发生事故次数较多、可能是事故频发倾向者的人，可以通过一系列的心理学测试来判别。例如，日本曾采用内田-克雷贝林

测验测试人员大脑工作状态曲线,采用 YG 测验测试工人的性格来判别事故频发倾向者。另外,也可以通过对日常工人行为的观察来发现事故频发倾向者。一般来说,具有事故频发倾向的人在进行生产操作时往往精神动摇,注意力不能经常集中在操作上,因而不能适应迅速变化的外界条件。

据国外文献介绍,事故频发倾向者往往有如下的性格特征:①感情冲动,容易兴奋;②脾气暴躁;③厌倦工作、没有耐心;④慌慌张张、不沉着;⑤动作生硬而工作效率低;⑥喜怒无常、感情多变;⑦理解能力低,判断和思考能力差;⑧极度喜悦和悲伤;⑨缺乏自制力;⑩处理问题轻率、冒失;⑪运动神经迟钝,动作不灵活。日本的丰原恒男发现容易冲动的人、不协调的人、不守规矩的人、缺乏同情心的人和心理不平衡的人发生事故次数较多(见表 5-1)。

表 5-1 事故频发者的特征

性格特征	事故频发者/%	其他人/%	性格特征	事故频发者/%	其他人/%
容易冲动	38.9	21.9	缺乏同情心	30.7	0
不协调	42.0	26.0	心理不平衡	52.5	25.7
不守规矩	34.6	26.8			

第五节 事故遭遇倾向论

许多研究结果表明,前后不同时期里事故发生次数的相关系数与作业条件有关。罗奇(Roche)曾调查发现,工厂规模不同,生产作业条件也不同,大工厂的场合相关系数大约在 0.6 左右,小工厂则或高或低,表现出劳动条件的影响。高勃(P. W. Gobb)考察了 6 年和 12 年间两个时期事故频发倾向的稳定性,结果发现前后两段时间内事故发生次数的相关系数与职业有关,变化在 $-0.08 \sim 0.72$ 的范围之内。当从事规则的、重复性作业时,事故频发倾向较为明显。

事故遭遇倾向论是阐述企业工人中某些人员在某些生产作业条件下存在着容易发生交通事故的倾向的一种理论。明兹和布卢姆建议用事故遭遇倾向理论取代事故频发倾向理论的概念,认为事故的发生不仅与个人因素有关,而且与生产条件有关,根据这一见解,克尔调查了 53 个电子工厂中 40 项个人因素及生产作业条件因素与事故发生频度和伤害严重度之间的关系,发现影响事故发生频度的主要因素有运搬距离短、噪声严重、临时工多、工人自觉性差等;与事故后果严重度有关的主要因素是工人的“男子汉”作风,其次是缺乏自觉性、缺乏指导、老年职工多、不连续出勤等,证明事故发生情况与生产作业条件有着密切关系。

一些研究表明,事故的发生与工人的年龄有关。青年人和老年人容易发生事故。此外,与工人的工作经验、熟练程度有关。米勤等人的研究表明,对于一些危险性高的职业,工人要有一个适应期间,在此期间内新工人容易发生事故。内田和大内田对东京都出租汽车司机的年平均事故件数进行了统计,发现平均事故数与参加工作后的一年内的事故数无关,而与进入公司后工作时间长短有关。司机们在刚参加工作的头三个月里事故数相当于每年 5 次,之后的三年里事故数急剧减少,在第五年里则稳定在每年一次左右,这符合经过练习而减少失误的心理学规律,表明熟练可以大大减少事故。

自格林伍德的研究起,迄今有无数的研究者对事故频发倾向理论的科学性问题进行了专门的研究探讨,关于事故频发倾向者存在与否的问题一直有争议。实际上,事故遭遇倾向就是事故频发倾向理论的修正。

许多研究结果证明,事故频发倾向者并不存在。

① 当每个人发生事故的概率相等且概率极小时,一定时期内发生事故次数服从泊松分布。根据泊松分布,大部分工人发生事故,少数工人只出一次,只有极少数工人发生二次以上事故。大量的事故统计资料是服从泊松分布的。例如,摩尔(D. L. Morth)等人研究了海上石油钻井工人连续两年时间内伤害事故情况,得到了受伤次数多的工人数没有超出泊松分布范围的结论。

② 许多研究表明,某一段时间里发生事故次数多的人,在以后的时间里往往发生事故次数不再多了,并非永远是事故频发倾向者。通过数十年的实验及临床研究,很难找出事故频发者的稳定的个人特性。换言之,许多人发生事故是由于他们行为的某种瞬时特征引起的。

③ 根据事故频发倾向理论,防止事故的重要措施是人员选择(Screen)。但是许多研究表明,把事故发生次数多的工人调离后,企业的事故发生率并没有降低。例如,韦勒(Waller)对司机的调查,伯纳基(Bernacki)对铁路调车员的调查,都证实了调离或解雇发生事故多的工人,并没有减少伤亡事故发生率。

对于我国的广大安全专业人员来说,事故频发倾向的概念可能十分陌生。然而,企业职工队伍中存在少数容易发生事故的人这一现象并不罕见。例如,某钢铁公司把容易出事故的人称作“危险人物”,把这些“危险人物”调离原工作岗位后,企业的伤亡事故明显减少;某运输公司把出事故多的司机定为“危险人物”,规定这些司机不能担任长途运输任务,也取得了较好的预防事故效果。

其实,工业生产中的许多操作对操作者的素质都有一定的要求,或者说,人员有一定的职业适合性。当人员的素质不符合生产操作要求时,人在生产操作中就会发生失误或不安全行为,从而导致事故发生。危险性较高的、重要的操作,特别要求人的素质较高。例如,特种作业的场合,操作者要经过专门的培训、严格的考核,获得特种作业资格后才能从事。因此,尽管事故频发倾向论把工业事故的原因归因于少数事故频发倾向者的观点是错误的,然而从职业适合性的角度来看,关于事故频发倾向的认识也有一定可取之处。

第六节 多米诺骨牌理论

骨牌理论,也称作多米诺骨牌理论。该理论认为,一种可防止的伤亡事故的发生,是一系列事件顺序发生的结果。它引用了多米诺效应的基本含义,认为事故的发生,就好像是一连串垂直放置的

骨牌，前一个倒下，引起后面的一个个倒下。当最后一个倒下，就意味着伤害结果发生，其原理如图 5-1 所示。

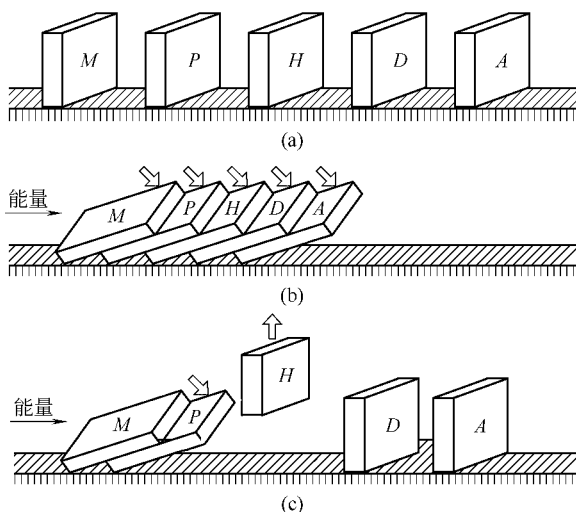


图 5-1 骨牌理论模型

最初，海因里希（Heinrich）认为，事故是沿着如下顺序发生、发展的：人体本身→按人的意志进行动作→潜在的危險→发生事故→伤害。这个顺序表明：事故发生的最初原因是人的本身素质，即生理、心理上的缺陷或知识、意识、技能方面的问题等，按这种人的意志进行动作，即出现设计、制造、操作、维护错误；潜在危险则是由个人的动作引起的设备不安全状态和人的不安全行为；发生事故则是在一定条件下，这种潜在危险就会引起事故发生；伤害则是事故发生的后果。

后来，我国有关专家对此又做了一些修改，变为：社会环境和管理欠缺、人为过失→不安全行为和不安全状态→意外事件→伤亡。也就是说，事故发生的基础原因是社会环境和管理欠缺，是这种原因造就了人。这里强调了社会和管理的作用，但却忽略了人本身的先天素质和后天素质、生理素质和心理素质。其余的内容与原来的几乎没有区别，只是更具体、更明确了。

根据骨牌理论提出的防止事故措施是：从骨牌顺序中移走某一个中间骨牌。例如，尽一切可能消除人的不安全行为和物的不安全状态，则伤害就不会发生。当前，我国正在兴起的安全文化，其目的在于消除事故发生的背景原因，也就是要造就一个人人重视安全的社会环境和企业环境，从提高人的素质方面来解决安全问题。这样，无论从管理上、技术上都不会发生人为失误，从而以上都不存在问题，也就从根本上解决事故发生的问题。

第七节 轨迹交叉论

轨迹交叉论认为，在一个系统中，人的不安全行为和物的不安全状态的形成过程中，一旦发生时间和空间的运动轨迹交叉，就会造成事故。按照轨迹交叉论，描绘的事故模型如图 5-2 所示。

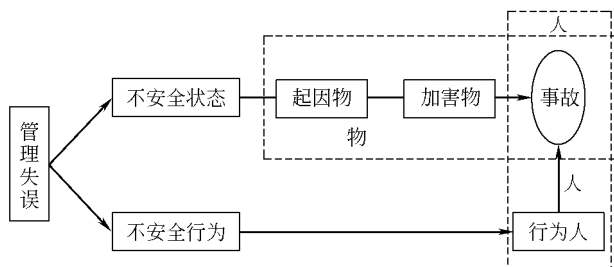


图 5-2 轨迹交叉论事故模型

人的不安全行为或物的不安全状态是引起工业伤害事故的直接原因。关于人的不安全行为和物的不安全状态在事故致因中地位的认识，是事故致因理论中的一个重要问题。

海因里希作过研究，事故的主要原因或者是由于人的不安全行为，或者是由于物的不安全状态，没有一起事故是由于人的不安全行为及物的不安全状态共同引起的（见图 5-3）。于是，他得出的结论是，几乎所有的工业伤害事故都是由于人的不安全行为造成的。

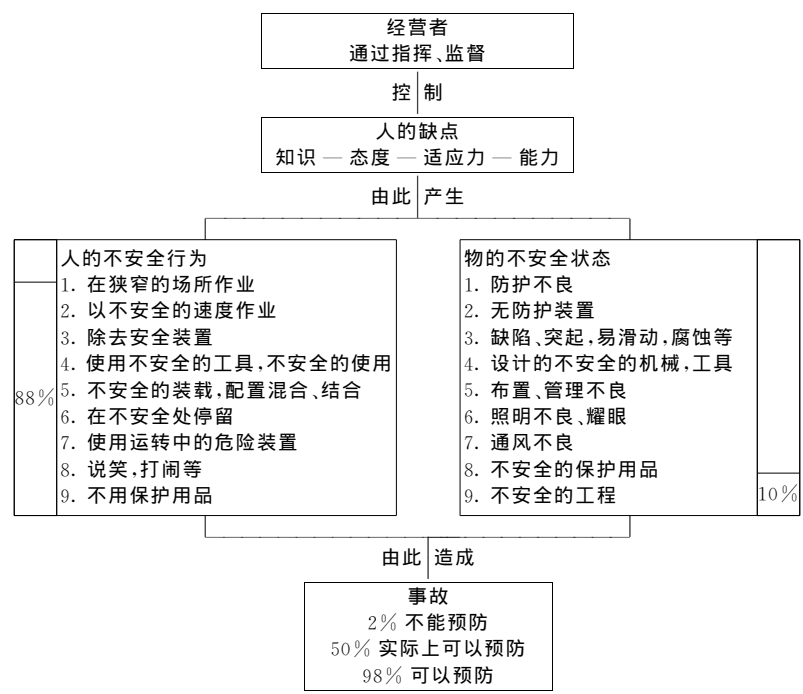


图 5-3 事故的主要原因

后来，海因里希的这种观点受到了许多研究者的批判。根据日本的统计资料。1969 年机械制造业的休工 10 天以上的伤害事故中，96% 的事故与人的不安全行为有关，91% 的事故与物的不安全状态有关；1977 年机械制造业的休工 4 天以上的 104638 件伤害事故中，与人的不安全行为无关的只占 5.5%，与物的不安全状态无关的只占 16.5%。这些统计数字表明，大多数工业伤害事故的发生，既由于人的不安全行为，也由于物的不安全状态。

随着事故致因理论的逐步深入，越来越多的人认识到，一起工业事故之所以能够发生，除了人的不安全行为之外，一定存在着某种不安全条件。斯奇巴（Skiba）指出，生产操作人员与机械设备两种因素都对事故的发生有影响，并且机械设备的危险状态对事故的发生作用更大些。他认为，只有当两种因素同时出现时，才能发

生事故。实践证明，消除生产作业中物的不安全状态，可以大幅度地减少伤害事故的发生。例如，美国铁路车辆安装自动连接器之前，每年都有数百名铁路工人死于车辆连接作业事故中。铁路部门的负责人把事故的责任归因于工人的错误或不注意。后来，根据政府法令的要求，把所有铁路车辆都装上了自动连接器，结果车辆连接作业中的死亡事故大大地减少了。

根据轨迹交叉论的观点，消除人的不安全行为可以避免事故。但是应该注意到，人与机械设备不同，机器在人们规定的约束条件下运转，自由度较少；而人的行为受各自思想的支配，有较大的行为自由性。这种行为自由性一方面使人具有搞好安全生产的能动性，另一方面也可能使人的行为偏离预定的目标，发生不安全行为。由于人的行为受到许多因素的影响，控制人的行为是件十分困难的工作。消除物的不安全状态也可以避免事故，通过改进生产工艺，设置有效安全防护装置，根除生产过程中的危险条件，使得即使人员产生了不安全行为也不致酿成事故。在安全工程中，把机械设备、物理环境等生产条件的安全称作本质安全。在所有的安全措施中，首先应该考虑的就是实现生产过程、生产条件的本质安全。但是，受实际的技术、经济条件等客观条件的限制，完全地根绝生产过程中的危险因素几乎是不可能的，我们只能努力减少、控制不安全因素，使事故不容易发生。

即使在采取了工程技术措施，减少、控制了不安全因素的情况下，仍然要通过教育、训练和规章制度来规范人的行为，避免不安全行为的发生。

在实际工作中，应用轨迹交叉论预防事故，可以从如下三个方面考虑。

(1) 防止人、物运动轨迹的时空交叉 按照轨迹交叉论的观点，防止和避免人和物的运动轨迹的交叉是避免事故发生的根本出路。例如，防止能量逸散、隔离、屏蔽、改变能量释放途径、脱离受害范围、保护受害者等防止能量转移的措施，同样是防止轨迹交叉的措施。另外，防止交叉还有另一层意思，就是防止时间交叉。

例如，容器内有毒有害物质的清洗；冲压设备的安全装置等。人和物都在同一范围内，但占用空间的时间不同。例如，危险设备的连锁装置；电气维修或电气作业中切断电源、挂牌、上锁、工作票制度的执行；十字路口的车辆、行人指挥灯系统等。

(2) 控制人的不安全行为 控制人的不安全行为的目的是切断轨迹交叉中行为的形成系列。人的不安全行为在事故形成的过程中占有主导位置，因为人是机械、设备、环境的设计者、创造者、使用者、维护者。人的行为受多方面影响，如作业时间紧迫程度、作业条件的优劣、个人生理心理素质、安全文化素质、家庭社会影响因素等。安全行为科学、安全人机学等对控制人的不安全行为都有较深入的研究。概括起来，主要有如下控制措施。

① 职业适应性选择 选择合格的职工以便适应职业的要求，对防止不安全行为发生有重要作用。出于工作的类型不同，对职工的要求亦不同。如搬运工和中央控制室操作员。因此，在招工和职业聘用时应根据工作的特点、要求，选择适合该职业的人员，认真考虑其各方面的素质。特别是从事特种作业的职工的选择以及职业禁忌症的问题。避免因职工生理、心理素质的欠缺而造成工作失误。

② 创造良好的行为环境和工作环境 创造良好的行为环境，首先是良好的人际关系，积极向上的集体精神。融洽和谐的同事关系、上下级关系，能使工作集体具有凝聚力，职工工作才能心情舒畅、积极主动的配合；实行民主管理，职工参与管理，能调动其积极性、创造性；关心职工生活，解决实际困难。做好家属工作，可以促进良好的、安全的环境气氛、社会气氛。创造良好的工作环境，就是尽一切努力消除工作环境中的有害因素。使机械、设备、环境适合人的工作，也使人容易适应工作环境。使工作环境真正达到安全、舒适、卫生的要求，从而减少人失误的可能性。

③ 加强培训、教育 提高职工的安全素质，应包括三方面内容：文化素质、专业知识和技能、安全知识和技能。事故的发生与这三种素质密切相关。因此，企业安全管理除对职工的安全素质提

高以外，还应注重文化知识的提高、专业知识技能的提高，密切注视文化层次低、专业技能差的人群。坚持一切行之有效的安全教育制度、形式和方法。如三级教育、全员教育、特殊工种教育等制度；利用影视、广播、图片宣传等形式；知识竞赛、无事故活动、事故处理坚持“四不放过”等方法。

④ 严格管理 建立健全管理组织、机构，按国家要求配备安全人员。完善管理制度。贯彻执行国家安全生产方针和各项法规、标准。制订、落实企业安全生产长期规划和年度计划。坚持第一把手负责，实行全面、全员、全过程的安全管理。使企业形成人人管安全的气氛，才能有效防止“三违”现象的发生。

(3) 控制物的不安全状态 控制物的不安全状态的目的是切断轨迹交叉中物的形成系列。最根本的解决办法是创造本质安全条件，使系统在人发生失误的情况下，也不会发生事故。在条件不允许的情况下，应尽量消除不安全因素，或采取防护措施，以削弱不安全状态的影响程度。这就要求，在系统的设计、制造、使用等阶段，采取严格的措施，使危险被控制在允许的范围之内。

第八节 管理失误论

在早期的事故因果连锁论中，海因里希把遗传和社会环境看作事故的根本原因，表现出了它的时代局限性。尽管遗传因素和人员成长的社会环境对人员的行为有一定的影响，却不是影响人员行为的主要因素。在企业中，如果管理者能够充分发挥管理机能中的控制机能，则可以有效地控制人的不安全行为、物的不安全状态。

1. 博德的事事故因果连锁论

博德在海因里希事故因果连锁论的基础上，提出了反映现代安全观点的事故因果连锁论（如图 5-4 所示）。

(1) 控制不足——管理 事故因果连锁论中一个最重要的因素是安全管理。安全管理人员应该充分理解，他们的工作要以得到广泛承认的企业管理原则为基础。即安全管理者应该懂得管理的基本

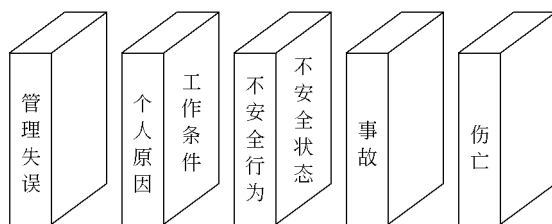


图 5-4 博德的事故因果连锁论

理论和原则。控制是管理机能（计划、组织、指导、协调及控制）中的一种机能。安全管理中的控制是指损失控制，包括对人的不安全行为、物的不安全状态的控制。它是安全管理工作的核心。

大多数正在生产的工业企业中，由于各种原因，完全依靠工程技术上的改进来预防事故既不经济也不现实。只能通过专门的安全管理工作，经过较长时间的努力，才能防止事故的发生。管理者必须认识到，只要生产没有实现高度安全化，就有发生事故及伤害的可能性，因而他们的安全活动中必须包含有针对性对事故连锁中所有要因的控制对策。

在安全管理中，企业领导者的安全方针、政策及决策占有十分重要的位置。它包括生产及安全的目标；职员的配备；资料的利用；责任及职权范围的划分；职工的选择、训练、安排、指导及监督；信息传递；设备、器材及装置的采购、维修及设计；正常时及异常时的操作规程；设备的维修保养等。

管理系统是随着生产的发展而不断变化、完善的，十全十美的管理系统并不存在。由于管理上的缺欠，使得能够导致事故的基本原因出现。

（2）基本原因——起源论 为了从根本上预防事故，必须查明事故的基本原因，并针对查明的基本原因采取对策。基本原因包括个人原因及与工作有关的原因。个人原因包括缺乏知识或技能，动机不正确，身体上或精神上的问题。工作方面的原因包括操作规程不合适，设备、材料不合格，通常的磨损及异常的使用方法等，以

及温度、压力、湿度、粉尘、有毒有害气体、蒸汽；通风、噪声、照明、周围的状况（容易滑倒的地面、障碍物、不可靠的支持物、有危险的物体）等环境因素。只有找出这些基本原因才能有效地控制事故的发生。

所谓起源论，是在于找出问题的基本的、背后的原因，而不仅停留在表面的现象上。只有这样，才能实现有效地控制。

（3）直接原因——征兆 不安全行为或不安全状态是事故的直接原因。这一直是最重要，必须加以追究的原因。但是，直接原因不过是像基本原因那样的深层原因的征兆，一种表面的现象。在实际工作中，如果只抓住了作为表面现象的直接原因而不追究其背后隐藏的深层原因，就永远不能从根本上杜绝事故的发生。另一方面，安全管理人员应该能够预测及发现这些作为管理缺欠的征兆的直接原因，采取恰当的改善措施；同时，为了在经济上可能及实际可能的情况下采取长期的控制对策，必须努力找出其基本原因。

（4）事故——接触 从实用的目的出发，往往把事故定义为最终导致人员肉体损伤、死亡，财物损失的，不希望的事件。但是，越来越多的安全专业人员从能量的观点把事故看作是人的身体或构筑物、设备与超过其阈值的能量的接触，或人体与妨碍正常生理活动的物质的接触。于是，防止事故就是防止接触。为了防止接触，可以通过改进装置、材料及设施防止能量释放，通过训练提高工人识别危险的能力、佩戴个人防护用品等来实现。

（5）伤害——损坏——损失 博德的模型中的伤害，包括了工伤、职业病，以及对人员精神方面、神经方面或全身性的不利影响。人员伤害及财物损坏统称为损失。

在许多情况下，可以采取恰当的措施使事故造成的损失最大限度地减少。例如，对受伤人员的迅速抢救，对设备进行抢修以及平日对人员进行应急训练等。

2. 亚当斯的事故因果连锁论

亚当斯（Edward Adaams）提出了与博德的事故因果连锁论类似的事故因果连锁模型（如表 5-2 所示）。

表 5-2 亚当斯基于管理失误的事故因果连锁理论

管理体制	管 理 失 误		现场失误	事故	伤害 或损坏
目 标	领导者在下述方面 决策错误或没做决策：	安技人员在下述方面 管理失误或疏忽：	不安全行为	事故	伤害
组 织	政策 目标 权威 责任	行为 责任 权威 规则	不安全状态		损坏
机 能	职责 注意范围 权限授予	指导 主动性 积极性 业务活动			

在该因果连锁理论中，第四、第五个因素基本上与博德的理论相似。这里把事故的直接原因，人的不安全行为及物的不安全状态称作现场失误。本来，不安全行为和不安全状态是操作者在生产过程中的错误行为及生产条件方面的问题，采用现场失误这一术语，其主要目的在于提醒人们注意不安全行为及不安全状态的性质。

该理论的核心在于对现场失误的背后原因进行了深入的研究。操作者的不安全行为及生产作业中的不安全状态等现场失误，是由于企业领导者及事故预防工作人员的管理失误造成的。管理人员在管理工作中的差错或疏忽，企业领导人决策错误或没有做出决策等失误，对企业经营管理及事故预防工作具有决定性的影响。管理失误反映企业管理系统中的问题，它涉及到管理体制，即仍有组织地进行管理工作，确定怎样的管理目标，如何计划、实现确定的目标等方面的问题。管理体制反映作为决策中心的领导人的信念、目标及规范，它决定各级管理人员安排工作的轻重缓急，工作基准及指导方针等重大问题。

第九节 事故因果连锁理论

日本的北川彻三认为，工业伤害事故发生的原因是很复杂的，

企业是社会的一部分，一个国家、一个地区的政治、经济、文化、科技发展水平等诸多社会因素，对企业内部伤害事故的发生和预防有着重要的影响。

在日本，北川彻三的事故因果连锁理论被用作指导事故预防工作的基本理论。北川彻三从四个方面探讨事故发生的间接原因。

(1) 技术原因 机检、装置、建筑物等的设计、建造、维护等技术方面的缺陷。

(2) 教育原因 由于缺乏安全知识及操作经验，不知道、轻视操作过程中的危险性和安全操作方法，或操作不熟练、习惯操作等。

(3) 身体原因 身体状态不佳，如头痛、昏迷、癫痫等疾病，或近视、耳聋等生理缺陷，或疲劳、睡眠不足等。

(4) 精神原因 消极、抵触、不满等不良态度，焦躁、紧张、恐怖、煽激等精神不安定，狭隘、顽固等不良性格，白痴等智力缺陷。

在工业伤害事故的上述四个方面的原因中，前两种原因经常出现，后两种原因相对地较少出现。

北川彻三认为，事故的基本原因包括下述三个方面的原因。

(1) 管理原因 企业领导者不够重视安全，作业标准不明确，维修保养制度方面有缺陷，人员安排不当，职工积极性不高等管理上的缺陷。

(2) 学校教育原因 小学、中学、大学等教育机构的安全教育不充分。

(3) 社会或历史原因 社会安全观念落后，工业发展的一定历史阶段，安全法规或安全管理、监督机构不完备等。

在上述原因中，管理原因可以由企业内部解决，而后两种原因需要全社会的努力才能解决。

第十节 能量转移理论

事故能量转移理论是美国的安全专家哈登（Haddon）于 1966

年提出的一种事故控制论。其理论的立论依据是对事故的本质定义，即哈登把事故的本质定义为：事故是能量的不正常转移。这样，研究事故控制的理论则从事物的能量作用类型出发，即研究机械能（动能、势能）、电能、化学能、热能、声能、辐射能的转移规律；研究能量转移作用的规律，即从能级的控制技术，研究能转移的时间和空间规律；预防事故的本质是能量控制，可通过对系统能量的消除、限值、疏导、屏蔽、隔离、转移、距离控制、时间控制、局部弱化、局部强化、系统闭锁等技术措施来控制能量的不正常转移。

1. 能量在事故致因中的地位

能量在人类的生产、生活中是不可缺少的，人类利用各种形式的能量做功以实现预定的目的。生产、生活中利用能量的例子随处可见，如机械设备在能量的驱动下运转，把原料加工成产品；热能把水煮沸等。人类在利用能量的时候必须采取措施控制能量，使能量按照人们的意图产生、转换和做功。从能量在系统中流动的角度，应该控制能量按照人们规定的能量流通渠道流动。如果由于某种原因失去了对能量的控制，就会发生能量违背人的意愿的意外释放或逸出，使进行中的活动中止而发生事故。如果事故时意外释放的能量作用于人体，并且能量的作用超过人体的承受能力，则会造成人员伤害；如果意外释放的能量作用于设备、建筑物、物体等，并且能量的作用超过它们的抵抗能力，则会造成设备、建筑物、物体的损坏。生产、生活活动中经常遇到各种形式的能量，如机械能、热能、电能、化学能、电离及非电离辐射、声能、生物能等，它们的意外释放都可能造成伤害或损坏。

麦克法兰特（McFartand）在解释事故造成的人身伤害或财物损坏的机理时说：“……所有的伤害事故（或损坏事故）都是因为：①接触了超过机体组织（或结构）抵抗力的某种形式的过量的能量；②有机体与周围环境的正常能量交换受到了干扰（如窒息、淹溺等）。因而，各种形式的能量构成伤害的直接原因。”

人体自身也是个能量系统。人的新陈代谢过程是个吸收、转

换、消耗能量，与外界进行能量交换的过程；人进行生产、生活活动时消耗能量，当人体与外界的能量交换受到干扰时，即人体不能进行正常的新陈代谢时，人员将受到伤害，甚至死亡。表 5-3 为人体受到超过其承受能力的各种形式能量作用时受伤害的情况；表 5-4 为人体与外界的能量交换受到干扰而发生伤害的情况。

事故发生时，在意外释放的能量作用下人体（或结构）能否受到伤害（或损坏），以及伤害（或损坏）的严重程度如何，取决于作用于人体（或结构）的能量的大小、能量的集中程度、人体（或结构）接触能量的部位、能量作用的时间和频率等。显然，作用于人体的能量越大、越集中，造成的伤害越严重；人的头部或心脏受到过量的能量作用时会有生命危险；能量作用的时间越长，造成的伤害越严重。

表 5-3 能量类型与伤害

能量类型	产生的伤害	事故类型
机械能	刺伤、割伤、撕裂、挤压皮肤和肌肉、骨折、内部器官损伤	物体打击、车辆伤害、机械伤害、起重伤害、高处坠落、坍塌、冒顶片帮、放炮、火药爆炸、瓦斯爆炸、锅炉爆炸、压力容器爆炸
热能	皮肤发炎、烧伤、烧焦、焚化、伤及全身	灼烫、火灾
电能	干扰神经-肌肉功能、电伤	触电
化学能	化学性皮炎、化学性烧伤、致癌、遗传突变、致畸胎、急性中毒、窒息	中毒和窒息、火灾

表 5-4 干扰能量交换与伤害

影响能量交换类型	产生的伤害	事故类型
氧的利用	局部或全身生理损害	中毒和窒息
其他	局部或全身生理损害(冻伤、冻死)、热痉挛、热衰竭、热昏迷	

从能量转移论出发，预防伤害事故就是防止能量或危险物质的意外转移，防止人体与过量的能量或危险物质接触。我们把约束、限制能量，防止人体与能量接触的措施叫做屏蔽。这是一种广义的

屏蔽。在工业生产中经常采用的防止能量转移的屏蔽措施主要有以下几种。

(1) 用安全的能源代替不安全的能源 有时被利用的能源具有的危险性较高,这时可考虑用较安全的能源取代。例如,在容易发生触电的作业场所,用压缩空气动力代替电力,可以防止发生触电事故。但是应该注意,绝对安全的事物是没有的,以压缩空气做动力虽然避免了触电事故,而压缩空气管路破裂、脱落的软管抽打等都带来了新的危害。

(2) 限制能量 在生产工艺中尽量采用低能量的工艺或设备,这样即使发生了意外的能量释放,也不致发生严重伤害。例如,利用低电压设备防止电击;限制设备运转速度以防止机械伤害;限制露天爆破装药量以防止个别飞石伤人等。

(3) 防止能量蓄积 能量的大量蓄积会导致能量突然释放,因此要及时释放多余的能量,防止能量蓄积。例如,通过接地消除静电蓄积;利用避雷针放电保护重要设施等。

(4) 缓慢地转移能量 缓慢地释放能量可以降低单位时间内转移的能量,减轻能量对人体的作用。例如,各种减振装置可以吸收冲击能量,防止人员受到伤害。

(5) 设置屏蔽设施 屏蔽设施是一些防止人员与能量接触的物理实体,即狭义的屏蔽。屏蔽设施可以被设置在能源上,例如安装在机械转动部分外面的防护罩;也可以被设置在人员与能源之间,例如安全围栏等。人员佩戴的个体防护用品,可被看作是设置在人员身上的屏蔽设施。

(6) 在时间或空间上把能量与人隔离 在生产过程中也有两种或两种以上的能量相互作用引起事故的情况。例如,一台吊车移动的机械能作用于化工装置,使化工装置破裂而有毒物质泄漏,引起人员中毒。针对两种能量相互作用的情况,我们应该考虑设置两组屏蔽设施:一组设置于两种能量之间,防止能量间的相互作用;另一组设置于能量与人之间,防止能量达及人体。

(7) 信息形式的屏蔽 各种警告措施等信息形式的屏蔽,可以

阻止人员的不安全行为或避免发生行为失误，防止人员接触能量。

根据可能发生的意外释放的能量大小，可以设置单一屏蔽或多重屏蔽，并且应该尽早设置屏蔽，做到防患于未然。

从能量的观点出发，按能量与被害者之间的关系，可以把伤害事故分为三种类型，相应地，应该采取不同的预防伤害的措施。

① 能量在人们规定的能量流通渠道中流动，人员意外地进入能量流通渠道而受到伤害。设置防护装置之类屏蔽设施防止人员进入，可避免此类事故。警告、劝阻等信息形式的屏蔽可以约束人的行为。

② 在与被害者无关的情况下，能量意外地从原来的渠道里逸脱出来，开辟新的流通渠道使人员受害。按事故发生时间与伤害发生时间之间的关系，又可分为二种情况，事故发生的瞬间人员即受到伤害，甚至受害者尚不知发生了什么就遭受了伤害。这种情况下，人员没有时间采取措施避免伤害，为了防止伤害，必须全力以赴地控制能量，避免事故的发生。事故发生后人员有时间躲避能量的作用，可以采取恰当的对策防止受到伤害。例如，发生火灾、有毒有害物质泄漏事故的场合，远离事故现场的人们可以恰当地采取隔离、撤退或避难等行动，避免遭受伤害。这种情况下人员行为正确与否往往决定他们的生死存亡。

③ 能量意外地越过原有的屏蔽而开辟新的流通渠道；同时被害者误进入新开通的能量渠道而受到伤害。实际上，这种情况较少。

2. 能量观点的事故因果连锁论

调查伤亡事故原因发现，大多数伤亡事故都是因为过量的能量，或干扰人体与外界正常能量交换的危险物质的意外释放引起的，并且，几乎毫无例外地，这种过量能量或危险物质的释放都是由于人的不安全行为或物的不安全状态造成。即人的不安全行为或物的不安全状态使得能量或危险物质失去了控制，是能量或危险物质释放的导火线。

美国矿山局的札别塔基斯（Micllael Zabetakis）依据能量转移理论，建立了新的事故因果连锁模型（如图 5-5 所示）。

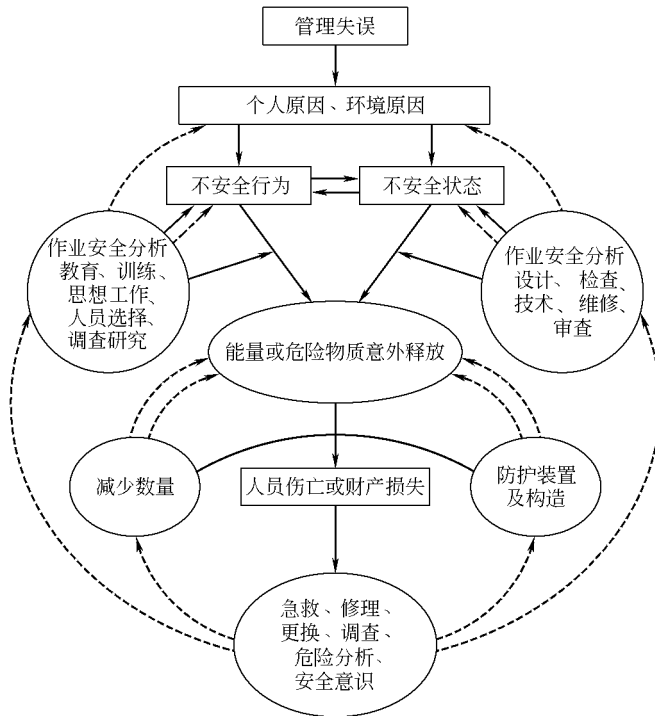


图 5-5 能量转移理论观点的事故连锁模型

(1) 事故 事故是能量或危险物质的意外释放，是伤害的直接原因。为防止事故的发生，可以通过技术改进来防止能量意外释放，通过教育训练提高职工识别危险的能力，佩戴个体防护用品来避免伤害。

(2) 不安全行为和不安全状态 人的不安全行为 and 物的不安全状态是导致能量意外释放的直接原因，它们是管理缺欠、控制不力、缺乏知识、对存在的危险估计错误，或其他个人因素等基本原因的征兆。

(3) 基本原因 基本原因包括三个方面的问题。

① 企业领导者的安全政策及决策。它涉及生产及安全目标；职员配置；信息利用；责任及职权范围、职工的选择、教育训练、安排、指导和监督；信息传递、设备、装置及器材的采购、维修；正常时和异常时的操作规程；设备的维修保养等。

② 个人因素。能力、知识、训练；动机、行为；身体及精神状态；反应时间；个人兴趣等。

③ 环境因素。

为了从根本上预防事故，必须查明事故的基本原因，并针对查明的基本原因采取对策。

第十一节 人因系统理论

系统理论方法的焦点集中于人与其工作任务间相互关系的细节。要说明在这种相互作用中的心理逻辑过程，最重要的是与感觉、记忆、理解、决策有关的过程，并要辨识事故将要发生时的状态特性。

例如，对于一个事故，瑟利（Surry, 1969）的模式考虑两组问题，每组包含 3 个心理学的成分：对事件的感知、对事件的理解（认识活动）、行为响应。第一组关注危险的构成，第二组关注于危险放出。在此期间，如果不能避免危险，将产生损坏或伤害。如图 5-6 所示。

三个心理学成分共有六个问题，按感觉→认识→行为响应的顺序排列。如果前面对任何一个问题的处理失败，都立即导致不希望的形势（危险迫近、造成伤害或物质损坏）出现；如果每步都处理成功，则最后导致无危险或无损坏（伤害）。在第一组中如处理成功，使危险不能构成，就不存在第二组的问题（危险放出）。当危险构成部分（第一组）处理失败之后，在危险放出期间尚能处理成功，也不会导致人受伤害或物质受损坏。

再例如，海尔（Hale, 1970）认为当人们在对付事情的真实状况时失效，或者说对事情的真实状况不能做出适当的响应时，事

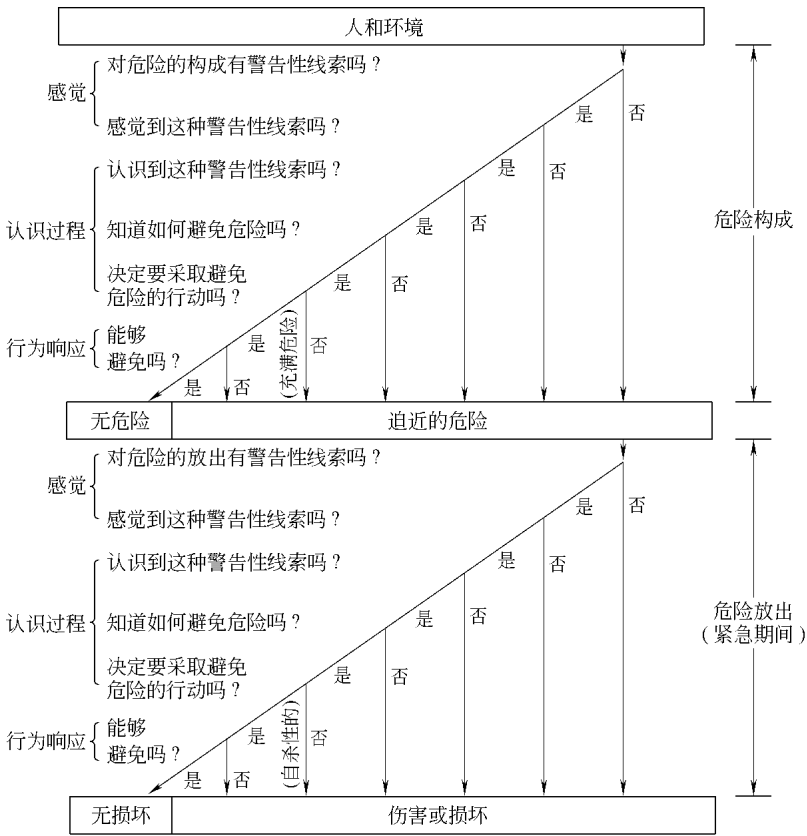


图 5-6 瑟利模式示意图

故就会发生。像瑟利一样，海尔模式也集中于“进行中”的系统运行，集中于操作者与运行系统间的相互作用。这一点通过把模式描述成一个闭环清楚地显示出来。他们的反馈环考虑了以下方面：①情况被察觉；②信息被处理；③操作者采取行动以改变形势；④新的察觉、处理、响应。

把人因系统理论方式成功地引向调查方法论的是法国国家安全研究所的 Monteau 和美国事件分析公司的 Bellner。表 5-5 给出了几种致因理论对事故调查和预防方面的指导。

表 5-5 几种致因理论对事故调查和预防的指导意义

致因理论	对调查的指导	对预防的指导
单因素理论	目标:鉴定单个原因或主要原因 调查只需很少时间	对伤害的原因加以简单的 预防措施(个体防护,需要注意的提示,危险机械的防护)
违章论	着重于查责任者,查违章和错误很少涉及产生失误的条件	预防措施通常是提醒规章的要求
线性理论 (Demino 模型)	鉴定“危险条件”和“危险行动”的时间 接序性 经常使用检查表 调查结果很大程度上取决于调查者的 经验 预防的成分弱	结论通常与危险行动有关
多因素理论	费力地研究以收集事实 (环境、当事人、媒介等) 着重于每个事故的偶然特性 在收集事实方面没有相应的标准 需要复杂的统计处理	对各个案例的判断分析作 用不大,而更适用于统计(趋向、表、图等)

第十二节 事故原因树

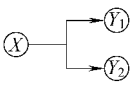
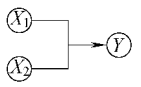
事故原因树是由法国国家安全研究所 Monteau 教授及其同事开发的，已在欧洲很多国家得到实际应用，并成为不少国家大学安全专业的教材。原因树的突出优点是：适合于各种文化层次的人，只需要清晰的逻辑分析，不需要专门的数学计算——像故障树分析（FTA）那样，把直接原因与管理原因自然地联系起来，能够借以找到适当的预防措施。

（1）信息收集——两种前导事件 造成伤害或损坏的前导事件有两种：惯常性前导事件和非正常性（改变或变化）前导事件。惯常性前导事件，通过非正常性质前导事件或与其相结合，在事故发生过程中起了重要作用。例如，如果有操作者进入危险区域去处理某故障（非正常前导事件），则机械防护不充分（惯常性前导事件）可以成为引发事故的因素。

事故发生后应尽快在事故发生现场收集信息，最好由懂得操作的人或认真负责且与事故无关的人去收集信息，对操作者、受伤者、现场目击者、一线管理监督人员进行询问，必要时进行技术调查、聘请外部专家，从伤害的发生开始追溯一层层的可导事件。

(2) 构造原因树 构造原因树就是描绘出造成伤害或损坏的所有前导事件的逻辑关系和时间关系的网络，“重现”事故发生的真实图景。从诸事件的结束点——伤害或损坏开始，系统地反向追溯原因。对每个前导事件 Y ，都要提出下列问题：①前导事件 Y 是哪个前导事件 X 直接导致的？②对 Y 的发生， X 是充分的吗？③如否，对 Y 的发生，还有其他的前导事件 $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 也是必要的。这组问题可以揭示出前导事件之间的三类逻辑联系，见表 5-6。图 5-7 是一原因树实例。

表 5-6 原因树中的逻辑关系

项 目	链 式	分 离	结 合
意义	一个前导事件(Y)只有一个直接起因(X)	两个或几个前导事件(Y_1, Y_2)有一个共同的直接起因(X)	一个前导事件(Y)有几个直接因(X_1, X_2)
图示例	 对单独前臂放在机器操作者,工作下面法困难	 需要协作者 单独工作 工作方法困难	 无协作者 工作任务紧急 单独工作
特点	对 Y 的发生, X 是必要且充分的	对 Y_1, Y_2 的发生, X 是必要的	对 Y 的发生, X_1, X_2 都是必要的,但任何一个都不充分,两者结合才是充分的

(3) 选择预防措施并追查潜在因素 通过综合比较造成伤害的所有前导事件，找出那些具有决定意义的前导事件，提出修正或预防措施。选择中要注意：对靠近伤害点的措施消除危险状态的影响，而在伤害“上游”的措施则消除危险状态本身。如图 5-7 所示的原因树，所选择采取前导事件及相应的措施是：①现场有已损坏的吊具——把损坏的吊具存于适当处，禁止使用损坏的吊具；②单独工作——列出需工人完成的工作任务，根据任务安排人

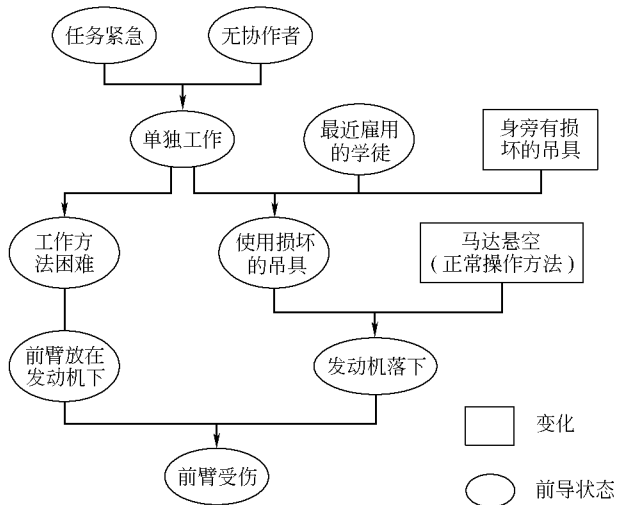


图 5-7 某机械学徒工在车里重新安装发动机时受伤的原因树

力；③任务紧急——确定工作中的轻重缓急。

应当了解，所发现的事故因素，是更一般的一个因素的一个表现形式，它还可能以别的形式在其他地方出现。这个更一般的因素，称为“潜在事故因素”。例如上述①、②、③的潜在事故因素分别是：现场有已损坏的工具；不适当的工作组织；没有工作计划。

然后，在一个范围内（如车间、工地）追查所有这三种潜在因素的表现，或者分别针对潜在事故因素，追查它在所有地方的表现形式，然后采取改进措施，达到“事先”预防的目的。

第十三节 变化-失误连锁理论

约翰逊（Johnson）很早就注意了变化在事故发生、发展中的作用。他把事故定义为一起不希望的或意外的能量释放，其发生是由于管理者的计划错误或操作者的行为失误，没有适应生产过程中物的因素或人的因素的变化，从而导致不安全行为或不安全状态，破坏了对能量的屏蔽或控制，在生产过程中造成人员伤亡或财产损失

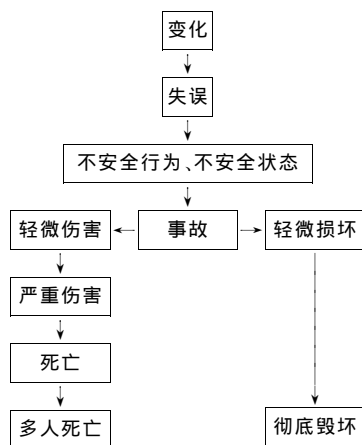


图 5-8 约翰逊的事故因果连锁模型

失。图 5-8 为约翰逊的事故因果连锁模型。

在系统安全研究中，人们注重作为事故致因的人失误和物的故障。按照变化的观点，人失误和物的故障的发生都与变化有关。例如，新设备经过长时间的运转，即时间的变化，逐渐磨损、老化而发生故障；正常运转的设备由于运转条件突然变化而发生故障等。

在安全管理工作，变化被看作是一种潜在的事故致因，应该被尽早地发现并采取相应的措施。作为安全管理人员，应该注意下述的一些变化。

(1) 企业外的变化及企业内的变化 企业外的社会环境，特别是国家政治、经济方针、政策的变化，对企业内部的经营管理及人员思想有巨大影响。例如，纵观新中国建立以后工业伤害发生状况可以发现，在大跃进和文化大革命两次大的社会变化时期，企业内部秩序被打乱了，伤害事故大幅度上升。针对企业外部的变化，企业必须采取恰当的措施适应这些变化。

(2) 宏观的变化和微观的变化 宏观的变化是指企业总体上的变化，如领导人的更换、新职工录用、人员调整、生产状况的变化等。微观的变化是指一些具体事物的变化。通过微观的变化，安全管理人员应发现其背后隐藏的问题，及时采取恰当的对策。

(3) 计划内与计划外的变化 对于有计划进行的变化，应事先进行危害分析并采取安全措施；对于没有计划到的变化，首先是发现变化，然后根据发现的变化采取改善措施。

(4) 实际的变化和潜在的或可能的变化 通过观测和检查可以发

现实际存在的变化；发现潜在的或可能出现的变化则要经过分析研究。

(5) 时间的变化 随时间的流逝，性能低下或劣化，并与其他方面的变化相互作用。

(6) 技术上的变化 采用新工艺、新技术或开始新的工程项目，人们不熟悉而发生失误。

(7) 人员的变化 人员的各方面变化影响人的工作能力，引起操作失误及不安全行为。

(8) 劳动组织的变化 劳动组织方面的变化，交接班不好造成工作的不衔接，进而导致人失误和不安全行为。

(9) 操作规程的变化 应该注意，并非所有的变化都是有害的，关键在于人们是否能够适应客观情况的变化。另外，在事故预防工作中也经常利用变化来防止发生人失误。例如，按规定用不同颜色的管路输送不同的气体；把操作手柄、按钮做成不同形状防止混淆等。应用变化的观点进行事故分析时，可由下列因素的现在状态、以前状态的差异来发现变化：①对象物、防护装置、能量等；②人员；③任务、目标、程序等；④工作条件、环境、时间安排等；⑤管理工作、监督检查等。

约翰逊认为，事故的发生往往是多重原因造成的，包含着一系列的变化-失误连锁。例如，企业领导者的失误、计划人员失误、监督者的失误及操作者的失误等（如图 5-9 所示）。

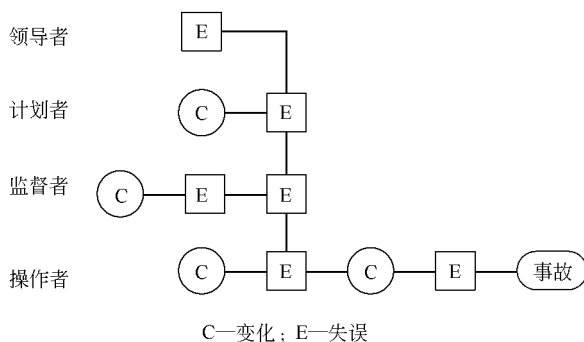


图 5-9 变化-失误连锁

例如，某化工装置事故发生经过如下：

变化前——装置安全地运转了多年；

变化 1——用一套更新型的装置取代；

变化 2——拆下的旧装置被解体；

变化 3——新装置因故未能按预期目标进行生产；

变化 4——对产品的需求猛增；

变化 5——把旧装置重新投产；

变化 6——为尽快投产恢复必要的操作控制器；

失误——没有进行认真检查和没有检查操作的准备工作；

变化 7——一些冗余的安全控制器没起作用；

变化 8——装置爆炸，6 人死亡。

图 5-10 为煤气管路破裂而失火，造成事故的变化-失误分析。

由图可以看出，从焊接缺陷开始，一系列变化和失误相继发生的结果，导致了煤气管路失火事故。

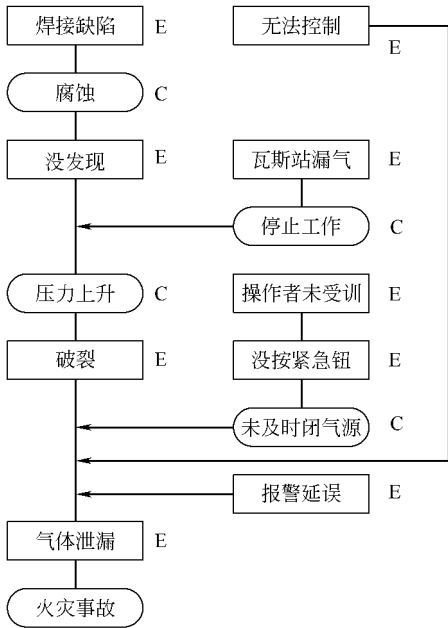


图 5-10 煤气管路破裂而失火的变化-失误分析

第十四节 扰动理论

本尼尔（Benner）认为，事故过程包含着一组相继发生的事件。所谓事件是指生产活动中某种发生了的事物，一次瞬间的或重大的情况变化，一次已经避免了或已经导致了另一事件发生的偶然事件。因而，可以把生产活动看作是一组自觉地或不自觉地指向某种预期的或不测的结果的相继出现的事件，它包含生产系统元素间的相互作用和变化着的外界的影响。这些相继事件组成的生产活动是在一种自动调节的动态平衡中进行的，在事件的稳定运动中向预期的结果方向发展。

事件的发生一定是某人或某物引起的，如果把引起事件的人或物称为“行为者”，则可以用行为者和行为者的行为来描述一个事件。在生产活动中，如果行为者的行为得当，则可以维持事件过程稳定地进行；否则，可能中断生产，甚至造成伤害事故。

生产系统的外界影响是经常变化的，可能偏离正常的或预期的情况。这里称外界影响的变化为扰动（Perturbation），扰动将作用于行为者。

当行为者能够适应不超过其承受能力的扰动时，生产活动可以维持动态平衡而不发生事故。如果其中的一个行为者不能适应这种扰动，则自动动态平衡过程被破坏，开始一个新的事件过程，即事故过程。该事件过程可能使某一行为者承受不了过量的能量而发生伤害或损坏；这些伤害或损坏事件可能依次引起其他变化或能量释放，作用于下一个行为者，使下一个行为者承受过量的能量，发生串联的伤害或损坏。当然，如果行为者能够承受冲击而不发生伤害或损坏，则依据行为者的条件、事件的自然法则，过程将继续进行。

综上所述，可以把事故看作由相继事件过程中的扰动开始，以伤害或损坏为结束的过程。这种对事故的解释叫做扰动理论。图 5-11 为该理论的示意图。

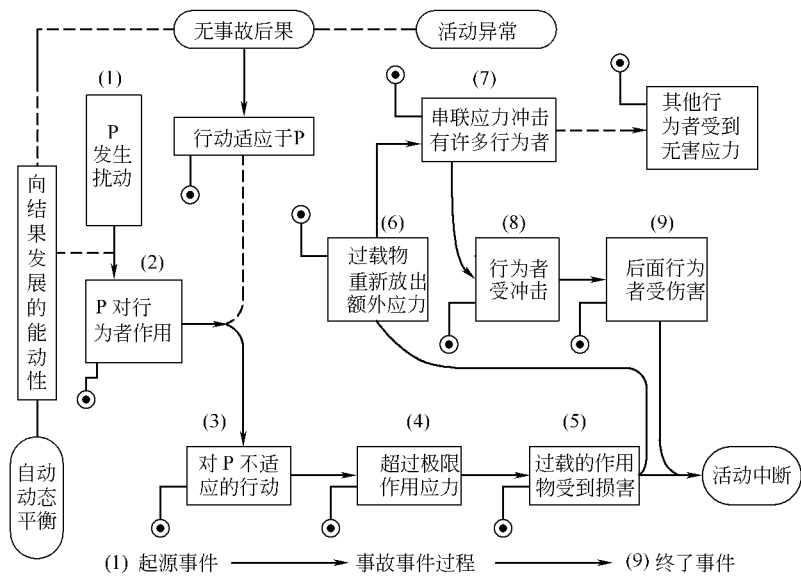


图 5-11 扰动理论

第十五节 作用-变化与作用连锁理论

作用-变化与作用连锁模型（Action-Change and Action Chain Model）是日本佐藤吉倍提出的，这是一种着眼于系统安全观点的事故致因理论。该理论认为，系统元素在其他元素或环境因素的作用下发生变化，这种变化主要表现为元素的功能发生变化——性能降低。作为系统元素的人或物的变化可能是人失误或物的故障。该元素的变化又以某种形态作用于相邻元素，引起相邻元素的变化。于是，在系统元素之间产生一种作用连锁。系统中作用连锁可能造成系统中人失误和物的故障的传播，最终导致系统故障或事故。该模型简称为 A-C 模型。

通常，系统元素间的作用形式可以分成以下 4 类：

- 能量传递型作用，用“a”表示；

- 信息传递型作用，用“b”表示；
- 物质传递型作用，用“c”表示；
- 不履行功能型作用、即元素故障，用“f”表示。

为了表示元素间的作用，采用下面的特殊记号：

$Xa-w$ ，作用 a 从元素 X 传递到 W ；

$Xa-w(\cdot)$ ，作用 a 从元素 X 传递到 W ，并引起伤害或损坏 $(\cdot)$ 。

这样，可以根据导致某种事故的作用链来识别事故致因。例如，图 5-12 所示的间歇处理反应器，反应釜 R 内物质发生放热反应，釜内温度、压力上升，当釜内温度超过正常反应温度 91°C 并达到 92°C 时反应釜破裂；反应釜内的生成物泄漏将严重地污染

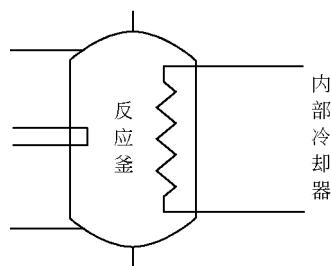
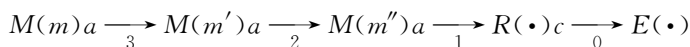


图 5-12 间歇处理反应器

环境。该事故的原因可由下述作用连锁描述：



系统要素及其变化如下：

$M(m)$ —— 反应物质 M 及其反应 (m) ；

$M(m')$ —— 反应物质 M 及其温度上升到 1 的状态 (m') ；

$M(m'')$ —— 反应物质 M 及其温度上升到 2 的状态 (m'') ；

$R(\cdot)$ —— 反应釜 R 及其破裂 $(\cdot)$ ；

$E(\cdot)$ —— 环境 $E(\cdot)$ 及其污染 $(\cdot)$ 。

式中箭头下面的数字为作用的编号，按从结果到原因的方向排序。

根据 A-C 模型，预防事故可以从以下四个方面采取措施。

(1) 排除作用源 把可能对人或物产生不良作用的因素从系统中除去或隔离开来，或者使其能量状态或化学性质不会成为作用源。

(2) 抑制变化 维持元素的功能,使其不发生向危险方面的变化。具体措施有采用冗余设计、质量管理、采用高可靠性元素、通过维修保养来保持可靠性、通过教育训练防止人失误、采用耐失误技术等。

(3) 防止系统进入危险状态 发现、预测系统中的异常或故障,采取措施中断作用连锁。

(4) 使系统脱离危险状态 通过应急措施控制系统状态返回到正常状态,防止伤害、损坏或污染发生。

例如,针对图 5-12 所示的间歇处理反应器,可以采取预防事故措施如下。

(1) 排除故障源

- 采用不生成污染性物质的工艺或原料;
- 将装置隔离起来。

(2) 抑制变化

• 采用虽能生成污染性物质却不发生放热反应的工艺或原料;

• 增加反应釜等装置的结构强度或改善运行条件,增加安全系数;

- 提高装置、系统元素的可靠性;
- 教育、训练操作者防止发生人失误;
- 采用人机学设计防止人失误;
- 加强维修保养。

(3) 防止系统进入危险状态

- 设置与工艺过程连锁的异常诊断装置,发现、预测异常;
- 设置保持反应釜内温度 91°C 低于 92°C 的内部冷却系统。

(4) 使系统脱离危险状态

- 设置应急反应控制系统;
- 设置外部冷却系统。

采取这些事故预防措施后,间歇反应器及其安全措施形成图 5-13 所示的系统。

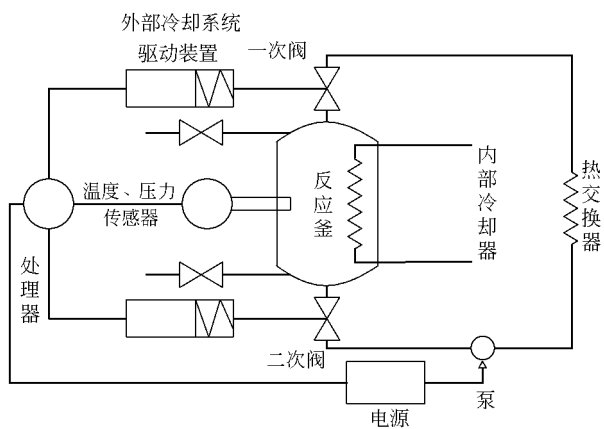


图 5-13 采取事故预防措施后的间歇反应器

第六章 事故预防原理

第一节 事故可预防性理论

一、事故可预防性的认识

根据事故模式我们知道，事故是引起事故的原因及其原因之间相互作用的结果。只有当排除阻碍生产的不安全因素，根除事故的基本原因事件，才能防止事故发生。因此，事故预防就是根据事故模式理论，分析事故的致因及相互关系，采取有效的防范措施，消除事故致因因素，从而避免事故发生。

事故预防包括两个方面：第一，对重复性事故的预防，即对已发生事故的分析，寻求事故发生的原因及其相互关系，提出防范类似事故重复发生的措施，避免此类事故再次发生；第二，对预计可能出现事故的预防，此类事故预防主要只对可能将要发生的事故进行预测，即要查出由哪些危险因素组合，并对可能导致什么类型事故进行研究，模拟事故发生过程，提出消除危险因素的办法，避免事故发生。

无论什么类型的事故，都有其原因，只要我们能消除这些原因，就可控制事故，实现防止事故发生的目的。从事故发生机理还可以看出，事故是其原因之间相互作用的结果。因而，我们还可以从协调事故原因之间的关系入手，采取措施，减少事故。

(1) 事故的因果性 工业事故的因果性是指事故由相互联系的多种因素共同作用的结果，引起事故的原因是多方面的，在伤亡事故调查分析过程中，应弄清事故发生的因果关系，找到事故发生的主要原因，才能对症下药，有效地防范。

(2) 事故的随机性 事故的随机性是指事故发生的时间、地点、事故后果的严重性是偶然的。这说明事故的预防具有一定的难度。但是,事故这种随机性在一定范畴内也遵循统计规律。从事故的统计资料中可以找到事故发生的规律性。因而,事故统计分析对制定正确的预防措施有重大的意义。

(3) 事故的潜伏性 表面上,事故是一种突发事件。但是事故发生之前有一段潜伏期。在事故发生前,人、机、环境系统所处的这种状态是不稳定的,也就是说系统存在着事故隐患,具有危险性。如果这时有一触发因素出现,就会导致事故的发生。在工业生产活动中,企业较长时间内未发生事故,如麻痹大意,就是忽视了事故的潜伏性,这是工业生产中的思想隐患,是应予以克服的。掌握了事故潜伏性对有效预防事故起到关键作用。

(4) 事故的可预防性 现代工业生产系统是人造系统,这种客观实际给预防事故提供了基本的前提。所以说,任何事故从理论和客观上讲,都是可预防的。认识这一特性,对坚定信念,防止事故发生有促进作用。因此,人类应该通过各种合理的对策和努力,从根本上消除事故发生的隐患,把工业事故的发生降低到最小限度。

二、事故预防的基本原则

在预防事故发生的过程中,应遵循下列原则。

(1) 事故是可以预防的原则 除自然灾害造成的事故无法采取主动的防止措施,以及某些事故原因在技术上尚未有有效控制措施外,其余事故都可以通过消除原因,控制事故发生,但无论什么事故,都可以寻求出避免或减少损失的办法。例如,地震灾害的预防,可以通过对地震活动规律进行分析,预测地震可能出现的时间、地点,采取疏散、撤离、转移等手段,减少其损失。因此,我们要分析事故发生的原因和过程,研究防止事故发生的理论及对策,是可以防止事故发生,减少损失的。

(2) 防患于未然的原则 预防事故的积极有效的办法是防患于未然,即采用“事先型”解决问题的方法,将事故隐患、不安全因

素消除在潜伏、孕育阶段，这是我们防止事故的根本出发点。

(3) 根除事故原因原则 引起事故的原因是多方面的，而原因之间又有其因果关系，那么什么是事故的最根本原因呢？事故预防就是要从事故的直接原因着手，分析引起事故的最本质的原因，只有消除这些最根本的原因，才能消除事故的所有原因，才能根除事故。

(4) 全面治理、系统工程原则 消除事故隐患，根除事故的最基本原因，应遵循全面治理的原则。即在安全技术、安全教育、安全管理等方面，对物的不安全状态（包括环境的不安全条件）、人的不安全行为、管理的不安全因素进行治理和消除，从而达到对事故原因的多方位控制的目的。技术（Engineering）、教育（Education）、管理（Enforcement）称为事故预防的“三 E”对策，它是企业预防事故的三大支柱。只有全面发挥三大支柱的作用，实行全过程的控制措施，对事故隐患与事故苗头进行全面治理，才能有效地实现预防事故的目的。

第二节 事故的宏观战略预防对策

采取综合、系统的对策是搞好职业安全健康和有效预防事故的基本原则。随着工业安全科学技术的发展，系统安全工程、安全科学管理、事故致因理论、安全法制建设等学科和方法技术的发展，在职业安全健康和减灾方面总结和提出了一系列的对策。安全法制对策、安全管理对策、安全教育对策、安全工程技术对策、安全经济手段等都是目前在职业安全健康和事故预防及控制中发展起来的方法和对策。

一、安全法制对策

安全法制对策就是利用法制和管理的手段，对生产的建设、实施、组织以及目标、过程、结果等进行安全的监督与监察，使之符合职业安全健康的要求。

职业安全健康的法制对策是通过如下几方面的工作来实现的。

(1) 职业安全健康责任制度 职业安全健康责任制度就是明确企业一把手是职业安全健康的第一责任人；管生产必须管安全；全面综合管理，不同职能机构有特定的职业安全健康职责。如一个企业，要落实职业安全健康责任制度，需要对各级领导和职能部门制定出具体的职业安全健康责任，并通过实际工作得到落实。

(2) 实行强制的国家职业安全健康监督 国家职业安全健康监督就是指国家授权劳动行政部门设立的监督机构，以国家名义并运用国家权力，对企业、事业和有关机关履行劳动保护职责、执行劳动保护政策和劳动卫生法规的情况，依法进行的监督、纠正和惩戒工作，是一种专门监督，是以国家名义依法进行的具有高度权威性、公正性的监督执法活动。

(3) 建立健全安全法规制度 这是指行业的职业安全健康管理要围绕着行业职业安全健康的特点和需要，在技术标准、行业管理条例、工作程序、生产规范，以及生产责任制度方面进行全面的建设，实现专业管理的目标。

(4) 有效的群众监督 群众监督是指在工会的统一领导下，监督企业、行政和国家有关劳动保护、安全技术、工业卫生等法律、法规、条例的贯彻执行情况；参与有关部门制定职业安全健康和劳动保护法规、政策的制定；监督企业安全技术和劳动保护经费的落实和正确使用情况；对职业安全健康提出建议等方面。

二、工程技术对策

工程技术对策是指通过工程项目和技术措施，实现生产的本质安全化，或改善劳动条件提高生产的安全性。如，对于火灾的防范，可以采用防火工程、消防技术等技术对策；对于尘毒危害，可以采用通风工程、防毒技术、个体防护等技术对策；对于电气事故，可以采取能量限制、绝缘、释放等技术方法；对于爆炸事故，可以采取改良爆炸器材、改进炸药等技术对策等。在具体的工程技

术对策中，可采用如下技术原则。

(1) 消除潜在危险的原则 即在本质上消除事故隐患，是理想的、积极、进步的事故预防措施。其基本的作法是以新的系统、新的技术和工艺代替旧的不安全系统和工艺，从根本上消除发生事故的基础。例如，用不可燃材料代替可燃材料；以导爆管技术代替导火绳起爆方法；改进机器设备，消除人体操作对象和作业环境的危险因素，排除噪声、尘毒对人体的影响等，从本质上实现职业安全健康。

(2) 降低潜在危险因素数值的原则 即在系统危险不能根除的情况下，尽量地降低系统的危险程度，使系统一旦发生事故，所造成的后果严重程度最小。如手电钻工具采用双层绝缘措施；利用变压器降低回路电压；在高压容器中安装安全阀、泄压阀抑制危险发生等。

(3) 冗余性原则 就是通过多重保险、后援系统等措施，提高系统的安全系数，增加安全余量。如在工业生产中降低额定功率；增加钢丝绳强度；飞机系统的双引擎；系统中增加备用装置或设备等措施。

(4) 闭锁原则 在系统中通过一些元器件的机器连锁或电气互锁，作为保证安全的条件。如冲压机械的安全互锁器，金属剪切机室安装出入门互锁装置，电路中的自动保安器等。

(5) 能量屏障原则 在人、物与危险之间设置屏障，防止意外能量作用到人体和物体上，以保证人和设备的安全。如建筑高空作业的安全网，反应堆的安全壳等，都起到了屏障作用。

(6) 距离防护原则 当危险和有害因素的伤害作用随距离的增加而减弱时，应尽量使人与危险源距离远一些。噪声源、辐射源等危险因素可采用这一原则减小其危害。化工厂建在远离居民区、爆破作业时的危险距离控制，均是这方面的例子。

(7) 时间防护原则 是使人暴露于危险、有害因素的时间缩短到安全程度之内。如开采放射性矿物或进行有放射性物质的工作时，缩短工作时间；粉尘、毒气、噪声的安全指标，随工作接触时

间的增加而减少。

(8) 薄弱环节原则 即在系统中设置薄弱环节,以最小的、局部的损失换取系统的总体安全。如电路中的保险丝、锅炉的熔栓、煤气发生炉的防爆膜、压力容器的泄压阀等。它们在危险情况出现之前就发生破坏,从而释放或阻断能量,以保证整个系统的安全性。

(9) 坚固性原则 这是与薄弱环节原则相反的一种对策。即通过增加系统强度来保证其安全性。如加大安全系数,提高结构强度等措施。

(10) 个体防护原则 根据不同作业性质和条件配备相应的防护用品及用具。采取被动的措施,以减轻事故和灾害造成的伤害或损失。

(11) 代替作业人员的原则 在不可能消除和控制危险、有害因素的条件下,以机器、机械手、自动控制器或机器人代替人或人体的某些操作,摆脱危险和有害因素对人体的危害。

(12) 警告和禁止信息原则 采用光、声、色或其他标志等作为传递组织和技术信息的目标,以保证安全。如宣传画、安全标志、板报警告等。

显然,工程技术对策是治本的重要对策。但是,工程技术对策需要安全技术及经济作为基本前提,因此,在实际工作中,特别是在目前我国安全科学技术和社会经济基础较为薄弱的条件下,这种对策的采用受到一定的限制。

三、安全管理对策

管理就是创造一种环境和条件,使置身于其中的人们能进行协调的工作,从而完成预定的使命和目标。安全管理是通过制定和监督实施有关安全法令、规程、规范、标准和规章制度等,规范人们在生产活动中的行为准则,使劳动保护工作有法可依,有章可循,用法制手段保护职工在劳动中的安全和健康。安全管理对策是工业生产过程中实现职业安全健康的基本的、重要的、日常的对策。工

业安全管理对策具体由管理的模式，组织管理的原则，安全信息流技术等方面来实现。安全管理的手段包括：①法制手段，即监察制度、许可制、审核制等；②行政手段，即规章制度、操作程序、责任制、检查制度、总监督制度、审核制度、安全奖罚等；③科学的手段，即推行风险辨识、安全评价、风险预警、管理体系、目标管理、无隐患管理、危险预知、事故判定、应急预案等；④文化手段，即进行安全培训、安全宣传、警示活动、安全生产月、安全竞赛、安全文艺等；⑤经济手段，即安全抵押、风险金、伤亡赔偿、工伤保险、事故罚款等。

四、安全教育对策

安全教育是对企业各级领导、管理人员以及操作工人进行安全思想政治教育和安全技术知识教育。

(1) 安全思想政治教育 安全思想政治教育的内容包括国家有关安全生产、劳动保护的方针政策、法规法纪。通过教育提高各级领导和广大职工的安全意识、政策水平和法制观念，牢固树立安全第一的思想，自觉贯彻执行各项劳动保护法规政策，增强保护人、保护生产力的责任感。

(2) 安全技术知识教育 安全技术知识教育包括一般生产技术知识、一般安全技术知识和专业安全生产技术知识的教育，安全技术知识寓于生产技术知识之中，在对职工进行安全教育时必须把二者结合起来。一般生产技术知识含企业的基本概况、生产工艺流程、作业方法、设备性能及产品的质量和规格。一般安全技术知识教育含各种原料、产品的危险危害特性，生产过程中可能出现的危险因素，形成事故的规律，安全防护的基本措施和有毒有害的防治方法，异常情况下的紧急处理方案，事故时的紧急救护和自救措施等。专业安全技术知识教育是针对特别工种所进行的专门教育，例如锅炉、压力容器、电气、焊接、危险化学品的管理、防尘防毒等专门安全技术知识的培训教育。安全技术知识的教育应做到应知应会，不仅要懂得方法原理，还要学会熟练操作和正确使用各类防护

用品、消防器材及其他防护设施。

安全教育的对策是应用启发式教学法、发现法、讲授法、谈话法、读书指导法、演示法、参观法、访问法、实验实习法、宣传娱乐法等，对政府官员、社会大众、企业职工、社会公民、专职安全人员等进行意识、观念、行为、知识、技能等方面的教育。安全教育的对象通常有政府有关官员、企业法人代表、安全管理人员、企业职工、社会公众等。教育的形式有法人代表的任职上岗教育、企业职工的三级教育、特殊工种教育、企业日常性安全教育、安全专职人员的学历教育等。教育的内容涉及专业安全科学技术知识、安全文化知识、安全观念知识、安全决策能力、安全管理知识、安全设施的操作技能、安全特殊技能、事故分析与判断的能力等。

第三节 事故预防的基本要求和原则

一、事故预防的基本要求

采取事故预防对策时，应能够：

- ① 预防生产过程中产生的危险和危害因素；
- ② 排除工作场所的危险和危害因素；
- ③ 处置危险和危害物并降低到国家规定的限值内；
- ④ 预防生产装置失灵和操作失误产生的危险和危害因素；
- ⑤ 发生意外事故时能为遇险人员提供自救条件的要求。

二、选择事故预防技术的原则

在选择事故预防技术方法时，应该遵循如下原则。

(1) 设计过程中，当事故预防对策与经济效益发生矛盾时，宜优先考虑事故预防对策上的要求，并按下列事故预防对策等级顺序选择技术措施：

- ① 直接安全技术措施；

② 间接安全技术措施；

③ 指示性安全技术措施；

④ 若间接、指示性安全技术措施仍然不能避免事故、危害发生，则应采用安全操作规程、安全教育、培训和个人防护用品等来预防、减弱系统的危险、危害程度。

(2) 按事故预防对策等级顺序的要求，设计时应遵循以下具体原则。

① 消除 通过合理的设计和科学的管理，尽可能从根本上消除危险、危害因素。

② 预防 当消除危险、危害因素有困难时，可采取预防性技术措施，预防危险、危害发生。

③ 减弱 在无法消除危险、危害因素和难以预防的情况下，可采取减少危险、危害的措施。

④ 隔离 在无法消除、预防、减弱的情况下，应将人员与危险、危害因素隔开和将不能共存的物质分开。

⑤ 连锁 当操作者失误或设备运行一旦达到危险状态时，应通过连锁装置终止危险、危害发生。

⑥ 警告 在易发生故障和危险性较大的地方，配置醒目的安全色、安全标志。必要时，设置声、光或声光组合报警装置。

三、事故预防对策的科学性与合理性

提出的对策应针对行业的特点和辨识评价出的主要危险、危害因素及其产生危险、危害因素的条件。还要满足经济、技术、时间上的可行性。

① 针对性是指针对行业的特点和辨识评价出的主要危险、危害因素及其产生危险、危害后果的条件，提出对策。

② 提出的对策应在经济、技术、时间上是可行的，能够落实、实施的。

③ 经济合理性是指不应超越项目的经济、技术水平，按过高的劳动安全卫生指标提出事故预防对策。

四、安全生产危害因素的控制方法和措施

根据预防伤亡事故的原理，有如下 7 种行之有效的、基本的控制危险、危害因素的对策。

(1) 改进生产工艺过程，实行机械化、自动化生产 减轻劳动强度，消除人身伤害。

(2) 设置安全装置 安全装置包括防护装置、保险装置、信号装置及危险标牌识别标志。

(3) 机械强度试验 如果不能及时发现机械强度的问题，就可能造成设备事故以至人身事故。因此，必须进行机械强度试验。

(4) 电气安全对策 通常包括防触电、防电气火灾爆炸和防静电等，防止电气事故可采用 5 项对策：①安全认证；②备用电源；③防触电；④电气防火防爆；⑤防静电措施。

(5) 机器设备的维护保养和计划检修 机械设备在运转过程中有些零部件逐渐磨损或过早破坏，以至引起设备上的事故，因此，必须对设备进行经常的维护保养和检修。

(6) 工作地点的布置与整洁 工作地点就是工人使用机器设备、工具及其他辅助设备对原材料和半成品进行加工的地点，完善地组织与合理地布置，不仅能够促进生产，而且是保证安全的必要条件；工作地点的整洁也很重要。工作地点散落的金属废屑、润滑油、乳化液、毛坯、半成品的杂乱堆放，地面不平整等情况都能导致事故的发生。因此，必须随时清除废屑、堆放整齐，修复损坏的地面以保持工作地点的整洁。

(7) 个人防护用品 采取各类措施后仍不能保证作业人员的安全时，必须根据须防护的危险、危害因素和危险、危害作业类别配备具有相应防护功能的个人防护用品，作为补充对策。对于个人防护用品应当注意其有效性、质量和使用范围。

第四节 人为事故的预防

人为事故在工业生产发生的事故中占有较大比例。有效控制人

为事故，对保障安全生产发挥重要作用。

人为事故的预防和控制，是在研究人与事故的联系及其运动规律的基础上，认识到人的不安全行为是导致与构成事故的要素，因此，要有效预防、控制人为事故的发生，依据人的安全与管理的需求，运用人为事故规律和预防、控制事故原理联系实际，而产生的一种对生产事故进行超前预防、控制的方法。

一、人为事故的规律

在生产实践活动中，人既是促进生产发展的决定因素，又是生产中安全与事故的决定因素。在第二章中我们已清楚地揭示了人一方面是事故要素，另一方面是安全因素。人的安全行为能保证安全生产，人的异常行为会导致与构成生产事故。因此，要想有效预防、控制事故的发生，必须做好人的预防性安全管理，强化和提高人的安全行为，改变和抑制人的异常行为，使之达到安全生产的客观要求，以便超前预防、控制事故的发生。

表 6-1 揭示了人为事故的基本规律。为了深入的研究人为事故规律，我们还可利用安全行为科学的理论和方法。

在掌握了人们异常行为的内在联系及其运行规律后，为了加强人的预防性安全管理工作，有效预防、控制人为事故，可从以下四个方面入手。

① 从产生异常行为表态始发致因的内在联系及其外延现象中得知；要想有效预防人为事故，必须做好劳动者的表态安全管理。例如，开展安全宣传教育、安全培训，提高人们的安全技术素质，使之达到安全生产的客观要求，从而为有效预防人为事故的发生提供基础保证。

② 从产生异常行为动态续发致因的内在联系及其外延现象中得知：要想有效预防、控制人为事故，必须做好劳动者的动态安全管理。例如，建立、健全安全法规，开展各种不同形式的安全检查等，促使人们的生产实践规律运动，及时发现并及时改变人们在生产中的异常行为，使之达到安全生产要求，从而预防、控制由于人

表 6-1 人为事故规律

异常行为系列原因		内在联系	外 延 现 象
产生异常行为 为内因	一、表态始发致因	1. 生理缺陷	耳聋、眼花、各种疾病、反应迟钝、性格孤僻等
		2. 安技素质差	缺乏安全思想和安全知识,技术水平低,无应变能力等
		3. 品德不良	意志衰退、目无法纪、自私自利、道德败坏等
	二、动态续发致因	1. 违背生产规律	有章不循、执章不严、不服管理、冒险蛮干等
		2. 身体疲劳	精神不振、神志恍惚、力不从心、打盹睡觉等
		3. 需求改变	急于求成、图懒省事、心不在焉、侥幸心理等
产生异常行为 为外因	三、外侵导发致因	1. 家庭社会影响	情绪反常、思想散乱、烦恼忧虑、苦闷冲动等
		2. 环境影响	高温、严寒、噪声、异光、异物、风雨雪等
		3. 异常突然侵入	心慌意乱,惊慌失措、恐惧失措、恐惧胆怯、措手不及等
	四、管理延发致因	1. 信息不准	指令错误、警报错误
		2. 设备缺陷	技术性能差、超载运行、无安技设备、非标准等
		3. 异常失控	管理混乱、无章可循、违章不纠

的异常行为而导致的事故发生。

③ 从产生异常行为外侵导发致因的内在联系及其外延现象中得知:要想有效预防、控制人为事故,还要做好劳动环境的安全管理。例如,发现劳动者因受社会或家庭环境影响,思想混乱,有产生异常行为的可能时,要及时进行思想工作,帮助解决存在的问题,消除后顾之忧等,从而预防、控制由于环境影响而导致的人为事故发生。

④ 从产生异常行为管理延发致因的内在联系及其外延现象中得知:要想有效预防、控制人为事故,还要解决好安全管理中存在的问题。例如,提高管理人员的安全技术素质,消除违章指挥;加

强工具、设备管理消除隐患等，使之达到安全生产要求，从而有效预防、控制由于管理失控而导致的人为事故。

二、强化人的安全行为，预防事故发生

强化人的安全行为，预防事故发生，是指通过开展安全教育，提高人们的安全意识，使其产生安全行为，做到自为预防事故的发生。主要应抓住两个环节：一要开展好安全教育，提高人们预防、控制事故的自为能力；二要抓好人为事故的自我预防。人为事故的自我预防如下。

① 劳动者要自觉接受教育，不断提高安全意识，牢固树立安全思想，为实现安全生产提供支配行为的思想保证。

② 要努力学习生产技术和安全技术知识，不断提高安全素质和应变事故能力，为实现安全生产提供支配行为的技术保证。

③ 必须严格执行安全规律，不能违章作业，冒险蛮干，即只有用安全法规统一自己的生产行为，才能有效预防事故的发生实现安全生产。

④ 要做好个人使用的工具、设备和劳动保护用品的日常维护保养，使之保持完好状态，并要做到正确使用，当发现有异常时要及时进行处理，控制事故发生，保证安全生产。

⑤ 要服从安全管理，并敢于抵制他人违章指挥，保质保量地完成自己分担的生产任务，遇到问题要及时提出，求得解决确保安全生产。

三、改变人的异常行为，控制事故发生

改变人的异常行为，是继强化人的表态安全管理之后的动态安全管理。通过强化人的安全行为预防事故的发生，改变人的异常行为控制事故发生，从而达到超前有效预防、控制人为事故的目的。

如何改变人的异常行为，控制事故发生，主要有如下五种方法。

(1) 自我控制 指在认识到人的异常意识具有产生异常行为，

导致人为事故的规律之后，为了保证自身在生产实践中的自为改变异常行为，控制事故的发生。自我控制是行为控制的基础，是预防、控制人为事故的关键。例如，劳动者在从事生产实践活动之前或生产之中，当发现自己有产生异常行为的因素存在时，像身体疲劳、需求改变，或因外界影响思想混乱等，能及时认识和加以改变，或终止异常的生产活动，均能控制由于异常行为而导致的事故。又如当发现生产环境异常，工具、设备异常时，或领导违章指挥有产生异常行为的外因时，能及时采取措施，改变物的异常状态，抵制违章指挥，也能有效控制由于异常行为而导致的事故发生。

(2) 跟踪控制 指运用事故预测法，对已知具有产生异常行为因素的人员，做好转化和行为控制工作。例如，对已知的违章人员指定专人负责做好转化工作和进行行为控制，防其异常行为的产生和导致事故发生。

(3) 安全监护 指对从事危险性较大生产活动的人员，指定专人对其生产行为进行安全提醒和安全监督。例如，电工在停送电作业时，一般要有两人同时进行，一人操作、一人监护，防止误操作事故的发生。

(4) 安全检查 指运用人自身技能，对从事生产实践活动人员的行为，进行各种不同形式的安全检查，从而发现并改变人的异常行为，控制人为事故发生。

(5) 技术控制 指运用安全技术手段控制人的异常行为。例如，绞车安装的过卷装置，能控制由于人的异常行为而导致的绞车过卷事故；变电所安装的连锁装置，能控制人为误操作而导致的事故；高层建筑设置的安全网，能控制人从高处坠落后导致人身伤害的事故发生等。

第五节 设备因素导致事故的预防

设备与设施是生产过程的物质基础，重要的生产要素。物作为

事故第二大要素，已在上述的系统安全论原理中得到揭示。为了有效预防、控制设备导致的事故发生，运用设备事故规律和预防、控制事故原理联系生产或工艺实际，即提出了这种超前预防、控制事故的方法。

在生产实践中，设备是决定生产效能的物质技术基础，没有生产设备特别是现代生产是无法进行的。同时设备的异常状态又是导致与构成事故的重要物质因素。例如，没有机械设备的异常运行，就不会发生与锅炉相关的各种事故等。因此，要想超前预防、控制设备事故的发生，必须做好设备的预防性安全管理，强化设备的安全运行，改变设备的异常状态，使之达到安全运行要求，才能有效预防、控制事故的发生。

一、设备因素与事故的规律

设备事故规律，是指在生产系统中，由于设备的异常状态违背了生产规律，致使生产实践产生了异常运动而导致事故发生，所具有的普遍性表现形式。

(1) 设备故障规律 设备故障规律，是指由于设备自身异常而产生故障及导致发生的事故，在整个寿命周期内的动态变化规律。认识与掌握设备故障规律，是从设备的实际技术状态出发，确定设备检查、试验和修理周期的依据。例如，一台新设备和同样一台长期运行的老、旧设备，由于投运时间和技术状态不同，其检查、试验、检修周期是不应相同的。应按照设备故障变化规律，来确定其各自的检查、试验、检修周期。这样既可以克服单纯以时间周期为基础表态管理的弊端，减少一些不必要的检查、试验、检修的次数，节约一些人力、物力、财力，提高设备安全经济运行的效益，又能提高必要检查、试验、检修的效果，确保设备安全运行。

设备在整个寿命期内的故障变化规律，大致分为三个阶段：第一阶段，是设备故障的初发期；第二阶段，是设备故障的偶发期；第三阶段，是设备故障的频发期。

设备故障初发期是指设备在开始投运的一段时间内，由于人们

对设备不够熟悉，使用不当，以及设备自身存在一定的不平衡性，因而故障率较高。这段时间也称设备使用的适应期。

设备故障偶发期是指设备在投运后，由于经过一段运行，其适应性开始稳定，除在非常情况下偶然发生事故外，一般是很少发生故障的。这段时间较长，也称设备使用的有效期。

设备故障频发期是指设备经过了一段、二段长时期运行后，其性能严重衰退，局部已经失去了平衡，因而故障—修理—使用—故障的周期逐渐缩短，直至报废为止。这段时间故障率最高，也称设备使用的老化期。

从设备故障变化规律中得知，设备在第一阶段故障初发期，尽管故障率较高，但多半是属于局部的、非实质性故障，因而只需增加安全检查的次数，即检查周期要短。其定期试验、定期检修的周期，可同第二段故障偶发期的试验、检修周期相同。但到了第三阶段故障频发期时，随着设备故障频率的增高，其定期检查、试验、检修的周期均要相应的缩短，这样才能有效预防、控制事故发生，保证设备安全运行。

(2) 与设备相关的事故规律 设备不仅因自身异常能导致事故发生，而且与人、环境的异常结合，也能导致事故发生。因此要想超前预防、控制设备事故的发生，除要认识掌握设备故障规律外，还要认识掌握设备与人、环境相关的事故规律，并相应地采取保护设备安全运行的措施，才能达到全面有效预防、控制设备事故的目的。

(3) 设备与人相关的事故规律 设备与人相关的事故规律，是指由于人的异常行为与设备结合而产生的物质异常运动，在导致事故中的普遍性表现形式。例如，人们违背操作规程使用设备，超性能使用设备，非法使用设备等，所导致的各种与设备相关的事故，均属于设备与人相关事故规律的表现形式。

(4) 设备与环境相关的事故规律 设备与环境相关的事故规律，是指由于环境异常与设备结合而产生的物质异常运动，在导致事故中的普遍性表现形式。其中又分为固定设备与变化的异常环境

相结合而导致的设备故障，如由于气温变化，或环境污染导致的设备故障；另一种是移动性设备与异常环境结合而导致的设备事故，如汽车在交通运输中由于路面异常而导致的交通事故等。

二、设备故障及事故的原因分析

导致设备发生事故的原因，从总体上分为内因耗损和外因作用两大原因。内因耗损是检查、维修问题，外因作用是操作使用问题。其具体原因又分为：是设计问题，还是使用问题；是日常维修问题，还是长期失修问题；是技术问题，还是管理问题；是操作问题，还是设备失灵问题等。

设备事故的分析方法，同其他生产事故一样，均要按“四不放过”原则进行，即事故原因分析不清不放过、事故的责任者没有受到处理不放过、整改措施不落实不放过、有关责任人和群众没有受到教育不放过。

通过设备事故的原因分析，针对导致事故的问题，采取相应的防范措施，如建立、健全设备管理制度，改进操作方法，调整检查、试验、检修周期，加强维护保养，以及对老、旧设备进行更新、改造等，从而防止同类事故重复发生。

三、设备导致事故的预防、控制要点

在现代化生产中，人与设备是不可分割的统一整体，没有人的使用，设备是不会自行投入生产使用的，同样没有设备人也是难以从事生产实践活动的，只有把人与设备有机地结合起来，才能促进生产的发展。但是人与设备又不是同等的关系，而是主从关系。人是主体，设备是客体，设备不仅是人设计制造的，而且是由人操纵使用的，服从于人，执行人的意志。同时人在预防、控制设备事故中，始终是起着主导支配的作用。

因此，对设备事故的预防和控制，要以人为主导，运用设备事故规律和预防、控制事故原理，按照设备安全与管理的需求，重点做好如下预防性安全管理工作。

① 首先要根据生产需求和质量标准,做好设备的选购、进厂验收和安装调试,使投产的设备达到安全技术要求,为安全运行打下基础。

② 开展安全宣传教育和技术培训,提高人的安全技术素质,使其掌握设备性能和安全使用要求,并要做到专机专用,为设备安全运行提供人的素质保证。

③ 要为设备安全运行创造良好的条件,如为设备安全运行保持良好的环境,安装必要的防护、保险、防潮、防腐、保暖、降温等设施,以及配备必要的测量、监视装置等。

④ 配备熟悉设备性能、会操作、懂管理,能达到岗位要求的技术工人。其中危险性设备要做到持证上岗,禁止违章使用。

⑤ 按设备的故障规律,定好设备的检查、试验、修理周期,并按期进行检查、试验、修理,巩固设备安全运行的可靠性。

⑥ 要做好设备在运行中的日常维护保养,如该防腐的要防腐,该降温的要降温,该去污的要去污,该注油的要注油,该保暖的要保暖等。

⑦ 要做好设备在运行中的安全检查,做到及时发现问题,及时加以解决,使之保持安全运行状态。

⑧ 根据需要和可能,有步骤、有重点的对老、旧设备进行更新、改造,使之达到安全运行和发展生产的客观要求。

⑨ 建立设备管理档案、台账,做好设备事故调查、讨论分析,制定保证设备安全运行的安全技术措施。

⑩ 建立、健全设备使用操作规程和管理制度及责任制,用以指导设备的安全管理,保证设备的安全运行。

第六节 环境因素导致事故的预防

安全系统的最基础要素就是人-机-环境-管理四要素。显然,环境因素也是重要方面。通过环境揭示环境与事故的联系及其运动规律,认识异常环境是导致事故的一种物质因素,使之能有效地预防、控制异常环境导致事故的发生,并在生产实践中依据环境安全

与管理的需求,运用环境导致事故的规律和预防、控制事故原理联系实际,最终对生产事故进行超前预防、控制的方法,这就是研究环境因素导致事故的目的。

一、环境与事故的规律

环境,是指生产实践活动中占有的空间及其范围内的一切物质状态。其中,又分为固定环境和流动环境两种类别。

固定环境是指生产实践活动所占有的固定空间及其范围内的一切物质状态。

流动环境是指流动性的生产活动所占有的变动空间及其范围内的一切物质状态。

环境包括的内容,依据其导致事故的危害方式,分为如下五个方面内容:①环境中的生产布局,地形、地物等;②环境中的温度、湿度、光线等;③环境中的尘、毒、噪声等;④环境中的山林、河流、海洋等;⑤环境中的雨水、冰雪、风云等。

环境是生产实践活动必备的条件,任何生产活动无不置于一定的环境之中,没有环境,生产实践活动是无法进行的。例如,建筑楼房不仅要占用自然环境中的土地,而且施工过程还要人为形成施工环境,否则是无法建筑楼房。又如,船舶须置于江河、湖、海的环境之中才能航行,否则寸步难行。

同时环境又是决定生产安危的一个重要物质因素。其中,良好的环境是保证安全生产的物质因素;异常环境是导致生产事故的物质因素。例如,在生产过程中,由于环境中的温度变化,高温天气能导致劳动者中暑,严寒能导致劳动者冻伤,也能影响设备安全运行而导致设备事故。又如,生产环境中的各种有害气体能引起爆炸事故和导致劳动者窒息;尘、毒危害能导致劳动者患职业病;以及生产环境中的地形不良、材料堆放混乱,或有其他杂物等,均能导致事故发生。

总之,环境是以其中物质的异常状态与生产相结合而导致事故发生的。其运动规律,是生产实践与环境的异常结合,违反了生产

规律而产生的异常运动，在导致事故中的普遍性表现形式。

二、环境导致事故的预防、控制要点

在认识到良好的环境是安全生产的保证，异常环境是导致事故的物质因素及其运动规律之后，依据环境安全与管理的需求，对环境导致事故的预防和控制，主要应做好如下四个方面的工作：①运用安全法制手段加强环境管理，预防事故的发生；②治理尘、毒危害，预防、控制职业病发生；③应用劳动保护用品，预防、控制环境导致事故的发生；④运用安全检查手段改变异常环境，控制事故发生。

因此，为了使生产环境的安全管理、尘毒危害治理及劳动保护用品使用，均能达到管理标准的要求，防其发生异常变化，就要坚持做好生产过程中的安全检查，做到及时发现并及时改变生产的异常环境，使之达到安全要求，同时对不能加以改变的异常环境，如临电作业、危险部位等，还要设置安全标志，从而控制异常环境导致事故的发生。

第七节 时间因素导致事故的预防

时间导致事故的预防和控制，是在揭示了时间与事故的联系及其运动规律，认识到时间变化是导致事故的一种相关因素之后，为了有效预防、控制由于时间变化导致发生的事故，依据安全生产与管理的需求，运用时间导致事故的规律和预防、控制事故原理联系实际，而产生的一种对生产事故进行超前预防、控制的方法。

一、时间导致事故的规律

任何生产劳动无不置于一定的时间之内。时间表明生产实践经历的过程。正确运用劳动时间，能保证安全生产，提高劳动效率，促进经济发展。反之异常的劳动时间，则是导致事故的一种相关因素。

时间导致事故的规律，是指生产实践与时间的异常结合，违反了生产规律而产生的异常运动，在导致事故中的普遍性表现形式。其具体表现如下。

(1) 失机的时间能导致事故 失机的时间能导致事故，是指在生产实践中，出现了改变原定的时间而导致发生的事故。如火车在抢点、晚点中发生的撞车事故；电气作业不能按规定时间按时停送电，发生的触电事故等。

(2) 延长的时间能导致事故 延长的时间能导致事故，是指在生产实践中，超过了常规时间而导致发生的事故。如，职工加班、加点搞大干，或不能按规定时间休息，由于疲劳而导致的各种事故；设备不能按规定时间检修，由于故障不能及时消除，而导致的与设备相关的事故等。

(3) 异变的时间能导致事故 异变的时间能导致事故，是指在生产实践中，由于时间变化而导致发生的事故。如，由于季节变化而导致发生的各种季节性事故；节日前后或下班前后，由于时间变化，人们心慌意乱而导致发生的各种事故等。

(4) 非常时间能导致事故 非常时间能导致事故，是指在出现非常情况的特殊时间里，而导致发生的事故。如在抢险救灾中发生的与时间相关的事故；在生产中争时间抢任务，而导致发生的各种事故等。

二、时间导致事故的预防技术

在认识到正常劳动时间能保证安全生产，异常的劳动时间具有导致事故的因素及其运动规律之后，依据安全生产与管理的需求，对时间导致事故的预防和控制，主要应抓住两个环节：一要正确运用劳动时间，预防事故发生；二要改变与掌握异常的劳动时间，控制事故发生。

1. 正确运用劳动时间，预防事故发生

正确运用劳动时间预防事故发生，是依据劳动法规定结合本企业安全生产的客观要求，正确处理劳动与时间的关系，合理安排劳

动时间，保证必要的休息时间，做到劳逸结合，以此预防事故的发生。

2. 改变与掌握异常的劳动时间，控制事故发生

异常劳动时间，是指在生产过程中，由于时间变化而具有导致事故因素的非正常生产时间。为了控制由于异常劳动时间导致发生的事故，依据安全生产与管理的需求，运用时间导致事故的规律，要做好如下工作。

(1) 限制加班、加点控制事故发生 职工在法定的节日或公休日从事生产或工作的，称为加班。在正常劳动时间外又延长时间进行生产或工作的，称为加点。加班、加点属于异常的劳动时间，具有导致事故的因素，因此在一般情况下严禁加班、加点，只有在特殊情况下才可以加班、加点，但必须做好在加班、加点中的安全管理。例如，生产设备、交通运输线路、公共设施发生故障，影响生产和公众利益，必须加班、加点及时抢修时，在抢修前要有应急的安全技术措施，抢修中严禁违章蛮干，不要因抢修而扩大事故的发生。

(2) 抓好季节性事故的预防和控制 季节性事故，是指随着季节时间的变化，而导致发生的与气候因素相关的事故。如，雷害、火灾、风灾、水灾、雪灾，以及中暑、冻伤、冻坏设备等季节性事故。季节性事故的预防和控制，首先要认识与掌握本企业可能发生的季节性事故，根据季节的特点制定安全防范措施，如，夏季要做好防雷、防排水、防暑降温的准备工作，冬季做好防寒、防冻的准备工作等。然后还要根据实际变化情况具体做好防范工作，如开展安全宣传教育提高人们的安全生产思想，加强劳动者的劳动保护和设备的安全运行保护，以及开展安全检查，整改存在问题，从而达到预防、控制季节性事故的目的。

(3) 做好异常劳动时间的安全管理控制事故发生 首先，要掌握在异常的劳动时间里导致生产发生异常变化的原因，以及发展变化的动态，如停电作业为什么不能按时停电，做到心中有数，及时提出应变措施，如作业前必须检电、接地等，从而控制事故的发生。

生。其次，要做好在异常劳动时间里的安全宣传教育工作和信息沟通，如在抢险救灾中人们要保持清醒的头脑，做到忙而不乱，有序地完成任务，不能因抢险而扩大事故。再次，要及时组织人力、物力，积极有效的排除异常变化中的问题，如抢修线路、排除设备故障、救护人员等，要努力缩短异常变化的时间，控制事故的扩大，减少灾害损失。

第七章 事故调查处理技术

第一节 事故调查统计分类

为了评价企业安全状况，研究发生事故的原因和有关规律，在对伤亡事故进行统计分析的过程中，需要对事故做科学的分类。

1. 按伤害程度分类（对伤害个体）

（1）重大人身险肇事故 指险些造成重伤、死亡或多人伤亡的事故。下列情况下包括在内：①非生产区域、非生产性质的险肇事故；②虽发生了生产或设备事故，但不至于引起人身伤亡的事故；③一般违章行为。

（2）轻伤 职工受伤后歇工满一个工作日以上，但未达到重伤程度的伤害。

（3）重伤 凡有下列情况之一者均列为重伤：①经医生诊断为残废或可能为残废者；②伤势严重，需要进行较大手术才能挽救的；③人体部位严重烧伤、烫伤、或虽非要害部位，但烧伤部位占全身面积 $1/3$ 以上；④严重骨折、严重脑震荡；⑤眼部受伤较剧，有失明可能；⑥手部伤害，大拇指轧断一节的，其他四指中任何一指轧断两节或任何两指各轧断一节的，局部肌肉受伤甚剧、引起功能障碍，有不能自由伸屈的残废可能；⑦脚部伤害，脚趾轧断三节以上，局部肌肉受伤甚剧，引起机能障碍，有不能行走自如残废可能的；⑧内脏伤害，指内出血或伤及腹膜等；⑨不在上述范围的伤害，经医生诊断后，认为受伤较重，可参照上述各点，由企业提出初步意见，报当地安全生产监督管理机构审查确定。

（4）死亡 第六届国际劳工统计会议规定，造成死亡或永久性全部丧失劳动能力的每起事故相当于损失 7500 工作日，这是假定

死亡或丧失劳动能力者的平均年龄为 33 岁，死或残后丧失了 25 年劳动时间，每年劳动 300 天，则损失的工作日数为 $300 \times 25 = 7500$ （工作日）。

2. 按一次事故的伤亡严重度分类

为便于管理，《国家伤亡事故报告规程》（GB 6441—86）作出如下分类。

（1）轻伤事故 指只有轻伤的事故。

（2）重伤事故 负伤人员中只有重伤而无死亡的事故。

（3）重大伤亡事故 指一次死亡 1~2 人的事故。

（4）特别重大伤亡事故 指一次死亡 3 人以上（含 3 人）的事故。

3. 按致伤原因分类

《企业职工伤亡事故分类》（GB 6441—86）中，将事故类别划分为 20 类。这一分类方法同 20 世纪 50 年代制定的分类标准相比有所改进。具体分类如下。

（1）物体打击 指失控物体的惯性力造成的人身伤害事故。如落物、滚石、锤击、碎裂、崩块、砸伤等造成的伤害，不包括爆炸而引起的物体打击。

（2）车辆伤害 指本企业机动车辆引起的机械伤害事故。如机动车辆在行驶中的挤、压、撞车或倾覆等事故，在行驶中上下车、搭乘矿车或放飞车所引起的事故，以及车辆运输挂钩、跑车事故。

（3）机械伤害 指机械设备与工具引起的绞、辗、碰、割、戳、切等伤害。如工件或刀具飞出伤人，切屑伤人，手或身体被卷入，手或其他部位被刀具碰伤，被转动的机构缠压住等。但属于车辆、起重设备的情况除外。

（4）起重伤害 指从事起重作业时引起的机械伤害事故。包括各种起重作业引起的机械伤害，但不包括触电，检修时制动失灵引起的伤害，上下驾驶室时引起的坠落式跌倒。

（5）触电 指电流流经人体，造成生理伤害的事故。适用于触电、雷击伤害。如人体接触带电的设备金属外壳或裸露的临时线，

漏电的手持电动手工工具；起重设备误触高压线或感应带电；雷击伤害；触电坠落等事故。

(6) 淹溺 指因大量水经口、鼻进入肺内，造成呼吸道阻塞，发生急性缺氧而窒息死亡的事故。适用于船舶、排筏、设施在航行、停泊作业时发生的落水事故。

(7) 灼烫 指强酸、强碱溅到身体引起的灼伤，或因火焰引起的烧伤，高温物体引起的烫伤，放射线引起的皮肤损伤等事故。适用于烧伤、烫伤、化学灼伤、放射性皮肤损伤等伤害。不包括电烧伤以及火灾事故引起的烧伤。

(8) 火灾 指造成人身伤亡的企业火灾事故。不适用于非企业原因造成的火灾，比如，居民火灾蔓延到企业。此类事故属于消防部门统计的事故。

(9) 高处坠落 指出于危险重力势能差引起的伤害事故。适用于脚手架、平台、陡壁施工等高于地面的坠落，也适用于地面踏空失足坠入洞、坑、沟、升降口、漏斗等情况。但排除以其他类别为诱发条件的坠落。如高处作业时，因触电失足坠落应定为触电事故，不能按高处坠落划分。

(10) 坍塌 指建筑物、构筑物、堆置物的倒塌等以及土石塌方引起的事故。适用于因设计或施工不合理而造成的倒塌，以及土方、岩石发生的塌陷事故。如建筑物倒塌，脚手架倒塌，挖掘沟、坑、洞时土石的塌方等情况。不适用于矿山冒顶片帮事故，或因爆炸、爆破引起的坍塌事故。

(11) 冒顶片帮 指矿井工作面、巷道侧壁由于支护不当、压力过大造成的坍塌，称为片帮；顶板垮落为冒顶。二者常同时发生，简称为冒顶片帮。适用于矿山、地下开采、掘进及其他坑道作业发生的坍塌事故。

(12) 透水 指矿山、地下开采或其他坑道作业时，意外水源带来的伤亡事故。适用于井巷与含水岩层、地下含水带、溶洞或被淹巷道、地面水域相通时，涌水成灾的事故。不适用于地面水害事故。

(13) 放炮 指施工时,放炮作业造成的伤亡事故。适用于各种爆破作业。如采石、采矿、采煤、开山、修路、拆除建筑物等工程进行的放炮作业引起的伤亡事故。

(14) 瓦斯爆炸 是指可燃性气体瓦斯、煤尘与空气混合形成了达到燃烧极限的混合物,接触火源时,引起的化学性爆炸事故。主要适用于煤矿,同时也适用于空气不流通,瓦斯、煤尘积聚的场合。

(15) 火药爆炸 指火药与炸药在生产、运输、储藏的过程中发生的爆炸事故。适用于火药与炸药生产在配料、运输、储藏、加工过程中,由于振动、明火、摩擦、静电作用,或因炸药的热分解作用,储藏时间过长或因存药过多发生的化学性爆炸事故,以及熔炼金属时,废料处理不净,残存火药或炸药引起的爆炸事故。

(16) 锅炉爆炸 指锅炉发生的物理性爆炸事故。适用于使用工作压力大于 0.7 表压 (0.07MPa)、以水为介质的蒸汽锅炉 (以下简称锅炉),但不适用于铁路机车、船舶上的锅炉以及列车电站和船舶电站的锅炉。

(17) 容器爆炸 容器 (压力容器的简称) 是指比较容易发生事故,且事故危害性较大的承受压力载荷的密闭装置。容器爆炸是压力容器破裂引起的气体爆炸,即物理性爆炸,包括容器内盛装的可燃性液化气在容器破裂后,立即蒸发,与周围的空气混合形成爆炸性气体混合物,遇到火源时产生的化学爆炸,也称容器的二次爆炸。

(18) 其他爆炸 凡不属于上述爆炸的事故均列为其他爆炸事故。

(19) 中毒和窒息 指人接触有毒物质,如误吃了有毒食物或呼吸有毒气体引起的人体急性中毒事故,或在废弃的坑道、暗井、涵洞、地下管道等不通风的地方工作,因为氧气缺乏,有时会发生突然晕倒,甚至死亡的事故称为窒息。两种现象合为一体,称为中毒和窒息事故。不适用于病理变化导致的中毒和窒息事故,也不适用于慢性中毒的职业病导致的死亡。

(20) 其他伤害 凡不属于上述伤害的事故均称为其他伤害,如扭伤,跌伤,冻伤,野兽咬伤,钉子扎伤等。

4. 按受伤性质分类

受伤性质是指人体受伤的类型。实质上这是从医学的角度给予创伤的具体名称,常见的有如下一些名称。

(1) 电伤 指由于电流流经人体,电能的作用所造成的人体生理伤害。包括引起皮肤组织的烧伤。

(2) 挫伤 指由于挤压、摔倒及硬性物体打击,致使皮肤、肌肉肌腱等软组织损伤。常见有颈部挫伤和手指挫伤。严重者可导致休克、昏迷。

(3) 割伤 指由于刀具、玻璃片等带刃的物体或器具割破皮肤肌肉引起的创伤。严重时可导致大出血,危及生命。

(4) 擦伤 指由于外力摩擦,使皮肤破损而形成的创伤。

(5) 刺伤 指由尖锐物刺破皮肤肌肉而形成的创伤。其特点是伤口小但深,严重时,可伤及内脏器官,导致生命危险。

(6) 撕脱伤 指因机器的辗轧或绞轧,或炸药的爆炸使人体的部分皮肤肌肉由于外力牵拽造成大片撕脱而形成的创伤。

(7) 扭伤 指关节在外力作用下,超过了正常活动范围,致使关节周围的筋受伤害而形成的创伤。

(8) 倒塌压埋伤 指在冒顶、塌方、倒塌事故中,泥土、沙石将人全部埋住,因缺氧引起窒息而导致的死亡或因局部被挤压时间过长而引起肢体麻木或血管、内脏破裂等一系列症状。

(9) 冲击伤 指在冲击波超压或负压作用下,人体所产生的原发性操作。其特点是多部位、多脏器伤损,体表伤害较轻而内脏损伤较重,死亡迅速,救治较难。

5. 按管理因素分类

为了从管理方面加强安全工作,我国有的行业还规定导致伤亡事故的原因,作如下分类:

- ① 设备、工具、附件有缺陷;
- ② 防护、保险、信号等装备缺乏或有缺陷;

- ③ 个人防护用品缺乏或有缺陷；
- ④ 光线不足或地点及通风情况不良；
- ⑤ 没有操作规程、制度或不健全；
- ⑥ 劳动组织不合理；
- ⑦ 对现场工作缺乏指导或指导有错误；
- ⑧ 设计有缺陷；
- ⑨ 不懂操作技术；
- ⑩ 违反操作规程或劳动纪律；
- ⑪ 其他。

其中又分为物质原因（第 1～第 4 条）、管理原因（第 5～第 9 条）、人为原因（第 10 条），当一起事故涉及到多个原因时，必须从中找出一条最主要的原因。

6. 特别重大事故分类

国务院《特别重大事故调查程序暂时规定》将特大事故分为：

- ① 民航客机发生的机毁人亡（死亡 40 人及其以上）事故；
- ② 专机和外国民航客机在中国境内发生的机毁人亡事故；
- ③ 铁路、水运、矿山、水利、电力事故造成一次死亡 50 人及其以上，或者一次造成直接经济损失 1000 万元及其以上的；
- ④ 公路和其他发生一次死亡 30 人及其以上或直接经济损失在 500 万元及其以上的事故（航空、航天器科研过程中发生的事故除外）；
- ⑤ 一次造成职工和居民 100 人及其以上的急性中毒事故；
- ⑥ 其他性质特别严重产生重大影响事故。

7. 火灾事故按严重程度分类

- ① 一般事故。
- ② 重大火灾事故。
- ③ 特大火灾事故。

在《火灾统计管理规定》（公安部、劳动部，1997 年）中第六条规定：火灾等级划分为 3 类。

① 具有下列情形之一的火灾，为特大火灾：死亡 10 人以上（含本数，下同）；重伤 20 人以上；死亡、重伤 20 人以上；受灾 50 户以上；直接财产损失 100 万元以上。

② 具有下列情形之一的火灾，为重大火灾：死亡 3 人以上；重伤 10 人以上；死亡、重伤 10 人以上；受灾 30 户以上；直接财产损失 30 万元以上。

③ 不具有前述两项情形的火灾，为一般火灾。

8. 航空飞行事故分类

- ① 一般飞行事故。
- ② 重大飞行事故。
- ③ 特别重大飞行事故。

9. 触电事故分类

- ① 一般事故。
- ② 重大事故。
- ③ 特别重大事故。

10. 道路交通事故严重程度分类

- ① 轻微事故。
- ② 一般事故。
- ③ 重大事故。
- ④ 特大事故。
- ⑤ 特别重大事故。

11. 水上交通事故分类

- ① 小事故。
- ② 一般事故。
- ③ 大事故。
- ④ 重大事故。

12. 铁路交通事故严重程度分类

- ① 一般事故。
- ② 险性事故。
- ③ 大事故。

- ④ 重大事故。
- ⑤ 特别重大事故。

13. 其他分类方法

国际劳联 1923 年召开的统计工作会议上, 建议尽可能按加害物体进行分类。列出的加害物有: ① 机械, 原动机、动力传动装置、起重机加工机械; ② 运输, 铁路、船舶、车辆; ③ 爆炸; ④ 有害、高温或腐蚀性物质; ⑤ 电气; ⑥ 人员坠落; ⑦ 冲击和碰撞; ⑧ 落下物体; ⑨ 坠落; ⑩ 非机械操作; ⑪ 手工工具; ⑫ 动物。

日本劳动省规定的伤亡事故类别为 19 种: ① 坠落、滚落; ② 翻倒; ③ 强烈碰撞; ④ 飞来物、落下物崩溃、倒塌; ⑤ 撞穿; ⑥ 被拦截、被卷入; ⑦ 切断、摩擦、刺伤; ⑧ 淹溺; ⑨ 接触高低温物体; ⑩ 接触有害物体; ⑪ 触电; ⑫ 爆炸; ⑬ 破裂; ⑭ 火灾; ⑮ 道路交通事故; ⑯ 其他交通事故; ⑰ 动作相反; ⑱ 其他; ⑲ 不能分类。

事故分类的方法和粗细决定于对伤亡事故进行统计的目的和范围。上级管理部门需要综合掌握全局伤亡事故的情况, 事故类别的划分可以概括些, 一个部门或一个企业为了便于追究事故的根源和探索整改方案, 常希望划分得详细一些。样本数一定的情况下, 分类越细, 数据越分散。为了保证在较细分类的情况下数据不致过分分散, 就需要扩大统计范围, 例如将歇工不足一个工作日的伤害事故或非伤害事故也统计在内。

第二节 事故报告

做好事故的调查、统计、分析工作, 有利于掌握事故情况, 查明事故原因, 分清事故的责任, 拟定改进措施, 防止重复事故发生。

事故报告是指企、事业单位发生伤亡事故后, 负伤者或最先发现人逐级报告的程序与报告内容要求。一般来说, 负伤者或最先发

现人发现事故后必须立即报告班组长、车间主任或有关领导；有关领导应及时逐级上报至企业厂长（经理或主管）；厂长接到事故报告后，除轻伤事故外，要立即报告企业主管部门、当地劳动部门、工会组织或检察院。对重大伤亡事故和特别重大伤亡事故，上述部门应迅速分别逐级报告省、自治区、直辖市有关部门和中央有关部委、国务院有关部门。

事故发生后，不论何种情况，均需在事故发生的当天及时报告主管部门和当地劳动部门；对重大伤亡事故和特别重大伤亡事故须在事故发生后 24 小时内用电话、电传、电报或事故快报及时报企业主管部门和劳动部。

《企业职工伤亡事故报告和处理规定》对事故的报告程序做了以下具体规定。

① 伤亡事故发生后，负伤者或者事故现场有关人员应立即直接或逐级报告企业负责人。

② 企业负责人接到重伤、死亡、重大死亡事故报告后，应立即报告企业主管部门和企业所在地劳动部门、公安部门、人民检察院、工会。

③ 企业主管部门和劳动部门接到死亡、重大死亡事故报告后，应当立即按系统上报；死亡事故报至省、自治区、直辖市企业主管部门和劳动部门，重大死亡事故报至国务院有关主管部门。

④ 发生死亡、重大死亡事故的企业应当保护事故现场，并迅速采取措施抢救人员和财产，防止事故扩大。

《企业职工伤亡事故报告和处理规定》要求各级领导严格遵守执行，如果发生伤亡事故后隐瞒不报、谎报、故意拖延时间不报、故意破坏现场，将由有关部门按照国家有关规定，对有关单位负责人和直接责任人给予行政处分，构成犯罪的，由司法机关依法追究刑事责任。

事故报告的基本内容包括：事故单位、事故发生的时间、地点和伤亡者姓名、性别、年龄、工种、工龄、伤害程度以及事故简要经过和发生事故的原因等，报告方式可用电话、电报、电传或其他

快速办法。

根据国家相关法规，事故报告程序要求如下所述。

生产经营单位发生伤亡事故，应按照规定及时进行事故报告。《安全生产法》第二章第七条规定：生产经营单位的主要负责人负有“及时、如实报告生产安全事故”的职责；国务院令 [1991] 75 号《企业职工伤亡事故报告和处理规定》及相关地方和行业对伤亡事故的报告、调查和处理作了具体的规定。

企业发生轻伤事故，应在 24 小时内报告企业负责人、安全管理部门和基层工会组织。发生重伤事故，事故单位应在发生后 24 小时内报告上级主管单位、安全生产监督管理部门和工会组织。发生重伤 3 人以上或死亡 1~2 人的事故，事故单位应在事故发生后 4 小时内如实报告上级主管单位、安全生产监督管理部门、工会组织和公安机关，并填报《事故快报表》。发生死亡 3 人以上的重、特大死亡事故应在事故发生后 2 小时内报告市人民政府、市安全生产监督管理部门、工会组织和公安机关。

事故单位发生事故后，应以最快捷方式（电话、传真等）向有关部门报告，报告内容包括发生事故的单位名称、地址、发生时间、伤亡人员、经济损失情况，以及事故的初步原因和经过。

若事态仍在继续，要随时报告。后续报告应该包括以下内容：事故更具体一些的信息，事故发生后，各方采取了何种应急措施，事故现场处理情况。

发生事故的企业，要按规定填写事故报告。对重大事故，企业应写出事故调查报告书，于事故后 15 天内报送上级有关部门。事故调查报告应详尽描述事故的发生过程，进行调查取证和事故原因分析，得出事故分析结论，分清责任，拿出处理意见和整改意见。

事故调查报告编写的内容包括：事故经过、原因分析、责任分析与处理意见、防范措施等。

凡因工负伤者，从发生事故受伤起，若 1 个月后，由轻伤转为重伤，或由重伤转为死亡，则不再按重伤、死亡事故上报。

第三节 事故调查

一、事故调查原则与步骤

1. 我国伤亡事故调查的原则

目前我国伤亡事故调查基本上是按照逐级上报，分级调查处理的原则。

事故调查组织是指按事故严重程度组成相应的调查组，对事故进行调查和分析。

① 轻伤事故、重伤事故由企业负责人或其指定人员组织生产、技术、安全等有关人员及工会成员参加调查组，进行调查。

② 死亡事故由企业主管部门会同企业所在地的市（或相当于设区的市一级）劳动部门、公安部门、工会组成调查组，进行调查。

③ 重大死亡事故，按照企业隶属关系，由省、自治区、直辖市企业主管部门或者国务院有关主管部门会同同级部门、公安部门、监察部门、工会组成事故调查组，进行调查。

④ 死亡、重伤事故调查组应当邀请人民检察院派员参加，还可邀请其他部门的人员和有关专家参加。

事故调查应遵循以下基本原则：

① 调查事故应实事求是，以客观事实为根据；

② 坚持做到“四不放过”的原则，即事故原因分析不清不放过、事故责任者没有受到处理不放过、整改措施不落实不放过、有关责任人和群众没有受到教育不放过；

③ 事故是可以调查清楚的，这是我们调查事故最基本的原则；

④ 事故调查成员一方面要有调查的经验或某一方面的专长，另一方面应与事故没有直接利害关系。

2. 事故调查的步骤

国家有关法规关于事故调查的基本程序（步骤）可总结如下：

①事故的通报；②事故调查小组的成立；③事故现场处理；④事故有关物证收集；⑤事故事实材料收集；⑥事故人证材料收集记录；⑦事故现场摄影及拍照；⑧事故图（表）的绘制；⑨事故原因的分析；⑩事故调查报告编写；⑪事故调查结案归档。

二、事故调查组的工作程序及要求

1. 《企业职工伤亡事故调查分析规则》规定的调查步骤

对于死亡事故、重伤事故，应按如下步骤进行调查，轻伤事故的调查可参照执行：①事故的现场处理；②物证搜集；③事故事实材料的搜集；④证人材料搜集；⑤向被调查者搜集材料，对证人的口述材料，认真考证其真实程度；⑥现场摄影；⑦事故图绘制。

2. 国务院第 75 号令《企业职工伤亡事故报告和处理规定》对事故调查的规定

（1）调查组的人员构成 轻伤、重伤事故，由企业负责人或其指定人员组织生产、技术、安全等有关人员以及工会成员参加的事故调查组，进行调查；死亡事故，由企业主管部门会同企业所在地设区的市（或者相当于设区的市一级）劳动部门、公安部门、工会组成事故调查组，进行调查；重大死亡事故，按照企业的隶属关系由省、自治区、直辖市企业主管部门或者国务院有关主管部门会同同级劳动部门、公安部门、监察部门、工会组成事故调查组，进行调查；死亡事故、重大死亡事故调查组应当邀请人民检察院派员参加，还可邀请其他部门的人员和有关专家参加。

调查组成员应具有事故调查所需要的某一方面的专长并且与所发生事故没有直接利害关系。

（2）调查组的职责 查明事故发生原因、过程和人员伤亡、经济损失情况；确定事故责任者；提出事故处理意见和防范措施的建议；写出事故调查报告。

（3）调查组的权利 事故调查组有权向发生事故的企业和有关单位，有关人员了解有关情况和索取有关资料，任何单位和个人不得拒绝；任何单位和个人不得阻碍、干涉事故调查组的正常工作。

3. 《特别重大事故调查程序暂行规定》对特大事故调查的规定

(1) 调查组的人员构成 按照事故发生单位的隶属关系，由省、自治区、直辖市人民政府或者国务院归口管理部门组织成立特大事故调查组，负责事故的调查工作。涉及军民两个方面的特大事故，组织事故调查的单位应当邀请军队派员参加事故的调查工作。

国务院认为应当由国务院调查的特大事故，由国务院或者国务院授权的部门组织成立特大事故调查组。

根据所发生事故的具体情况，特大事故调查组由事故发生单位的管理部门、公安部门、监察部门、计划综合部门、劳动部门等单位派员组成，并应当邀请人民检察院和工会派员参加。根据调查工作的需要，可以选聘其他部门或者单位的人员参加，也可以聘请有关专家进行技术鉴定和财产损失评估。

调查组成员应具有事故调查所需要的某一方面的专长并且与所发生事故没有直接利害关系。

(2) 调查组的职责 查明事故发生原因、过程和人员伤亡、经济损失情况；查明事故的性质和责任；提出事故处理及防止类似事故再次发生所应采取措施的建议；提出对事故责任者的处理建议；检查控制事故的应急措施是否得当和落实；写出事故调查报告。

(3) 调查组的权利 特大事故调查组有权向发生事故的企业和有关单位、有关人员了解有关情况和索取有关资料，任何单位和个人不得拒绝；任何单位和个人不得阻碍、干涉事故调查组的正常工作。调查报告写出后应当报送组织调查的部门。经组织调查部门同意，调查工作即告结束。

4. 《火灾事故调查规定》对火灾事故调查的规定

(1) 调查组的工作程序 火灾事故调查人员接到调查任务后，应当立即赶赴火灾现场，开展火灾事故调查工作。

公安消防机构有权根据需要封闭火灾现场，有关单位、个人应当积极配合和协助保护火灾现场。

重、特大火灾事故调查，应当成立火灾事故调查组，并根据火灾事故调查的需要，邀请有关部门和技术专家参加。

(2) 调查组的职责 查明事故发生原因、过程和人员伤亡、经济损失情况；查明事故的性质和责任；提出对事故责任者的处理建议；提出事故处理及防止类似事故再次发生所应采取的措施的建议；写出事故调查报告。

(3) 调查组的权利 起火单位和个人应当主动、如实地提供火灾事实的情况；公安消防机构根据需要，可以传唤有关责任人员，对不接受传唤和逃避传唤的可以强制传唤；根据火灾事故调查的需要，公安消防机构对复杂疑难的火灾事故可以进行模拟实验等。

5. 《道路交通安全法》第五章对道路交通事故的调查要求

(1) 调查组的工作程序 公安机关交通管理部门接到交通事故报警后，应当立即派交通警察赶赴现场，先组织抢救受伤人员，并采取措施，尽快恢复交通。

(2) 调查组的职责 公安机关交通管理部门应当对交通事故现场进行勘验、检查、收集证据，并根据交通事故现场勘验、检查、调查情况和有关的检验、鉴定结论，及时制作交通事故认定书，作为处理交通事故的依据。交通事故认定书应当载明交通事故的基本事实、成因和当事人的责任，并传达当事人。

(3) 调查组的权利 交通警察因收集证据的需要，可以扣留事故车辆，但是应当妥善保管，以备核查。对当事人的生理、精神状态等专业性较强的检验，公安机关、交通部门应当委托专业机构进行鉴定。鉴定结论应当由鉴定人签名。

三、事故调查程序及项目

事故调查按如下程序进行。

(1) 现场处理 事故发生后，应首先救护受害者，采取措施制止事故蔓延、扩大；凡与事故有关的物体、痕迹、状态不得破坏，保护好事故现场；为抢救受害者，需移动现场某些物体时，必须做好标志。

(2) 物证收集 物证是指破坏部件、碎片、残留物、致害物及其位置等；在现场收集到的所有物体均应贴上标签，注明地点、时

间、管理者；所有物体应保持原样，不准冲洗擦拭；对健康有害的物品应采取不损坏原始证据的安全防护措施。

(3) 事故事实材料搜集 与事故有关的事实材料的收集，主要从以下几方面考虑。

① 与事故鉴别、记录有关材料，包括事故发生的单位、地点、时间、受害人和肇事者的姓名、性别、年龄、文化程度、职业、技术等级、工龄、本工种工龄、支付工资形式；受害者和肇事者的技术情况、接受安全教育情况；出事当天，受害者和肇事者什么时间开始工作、工作内容、工作量、作业程序、操作时的动作或位置，受害者和肇事者过去的事故记录。

② 事故发生的有关事实材料，包括事故发生前设备、设施等的性能和质量状况；对使用的材料，必要时进行物理性能或化学性能实验分析；有关设计和工艺方面的技术文件、工作指令和规章制度方面的资料及执行情况，关于环境方面的情况，如照明、温度、湿度、通风、声响、色彩、道路、工作面情况以及工作环境中的有毒有害物质取样分析记录；个人防护措施状况，即个人防护用品的有效性、质量、使用范围；出事前受害者和肇事者的健康与精神状况；其他有可能与事故有关的细节或因素。

③ 证人材料的搜集，要尽快找被调查者搜集材料。对证人的口述材料，应认真考证其真实程度。

④ 现场摄影，包括显示残骸和受害原始存息地的所有照片；可能被清除或被践踏的痕迹，如刹车痕迹，地面和建筑物痕迹，火灾引起损害的照片，坠下落物的空间等；事故现场全貌；利用摄影、录像，以提供较完善的信息内容。

⑤ 事故图。报告中的事故图包括了解事故情况所必需的信息，如事故现场示意图、流程图、受害者位置图等。

四、事故调查的内容与方法

事故调查的基本内容包括如下方面。

① 发生事故的单位、地点、时间。

② 受害人和肇事人的姓名、年龄、性别、文化程度、职业、技术等级、工龄、本工种工龄、支付工资的形式。

③ 受害人和肇事者的技术情况、接受安全教育的情况。

④ 出事当时，受害人和肇事者的工作内容、工作量、作业程序、操作时的动作或站位、姿势等。

⑤ 事故发生前后设备、工具等的性能和质量情况。

⑥ 使用的材料，必要时可进行物理或化学性能的实验与分析。

⑦ 有关设计和工艺方面的技术文件、工作指令和规章制度方面的资料及执行情况。

⑧ 工作环境的状况：照明、温湿度、通风、道路、工作面状况及有毒有害物质的取样分析记录。

⑨ 个人防护措施状况：质量、规格、式样等。

⑩ 出事前受害人和肇事者的健康情况。

⑪ 其他可能与事故致因有关的细节和因素。

事故调查的内容也可以按事故系统要素原理，即包括与事故有

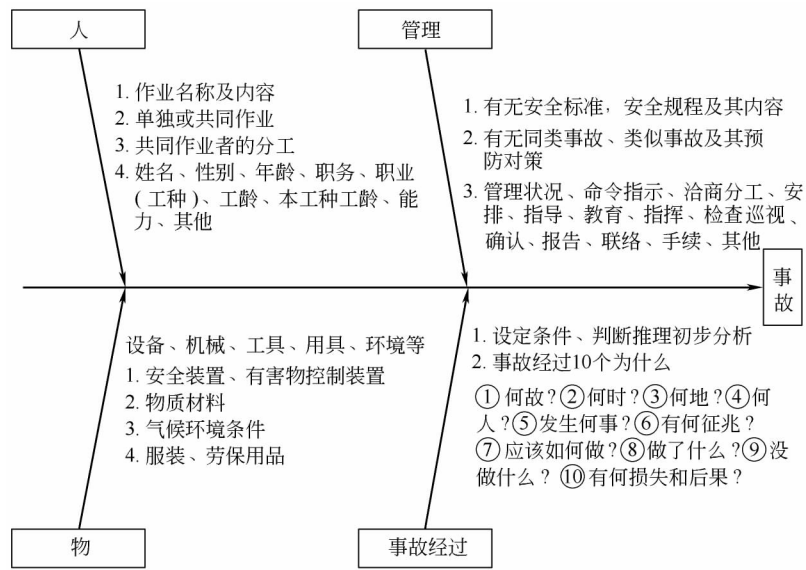


图 7-1 事故调查内容

关的人，与事故有关的物，以及管理状况与事故经过等方面进行。其具体内容如图 7-1 所示。

事故调查方法应从现场勘察、调查询问入手，收集人证、物证材料，进行必要的技术鉴定和模拟试验，寻求事故原因及责任者，并提出防范措施。事故调查方法如图 7-2 所示。

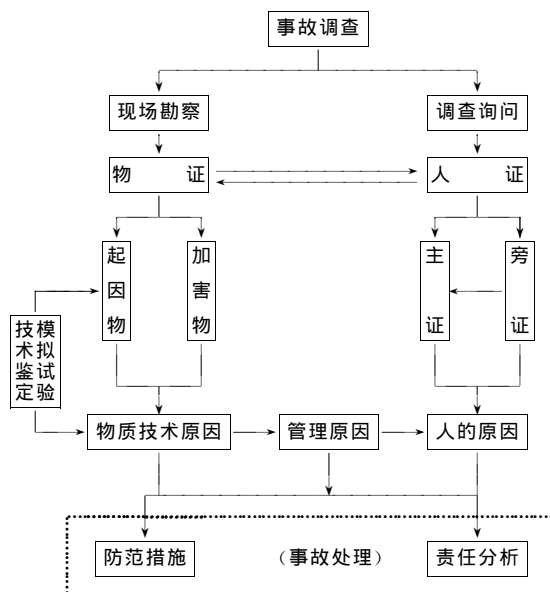


图 7-2 事故调查方法

进行技术鉴定与模拟试验的方法有：①对设备、器材的破损、变形、腐蚀等情况，必要时可作技术鉴定；②对设备的零部件结构、设计及规格尺寸的复核、计算；③必要时可作模拟试验，如火的起因分析，但应在保证安全的前提下进行。

五、事故调查中应弄清的几个问题

① 在什么情况下，为什么发生事故；② 在操作什么机器或进行什么作业时发生事故；③ 事故的性质和原因是什么；④ 机器设备工具是否合乎安全要求；⑤ 防护用具是否完好；⑥ 劳动组织是否合

理；⑦操作是否正确、正常；⑧有无规章制度，并且是否认真贯彻执行；⑨负伤者的工种、性别及其作业的熟练程度如何；⑩工种间的相互协作如何；⑪劳动条件是否安全；⑫道路是否畅通；⑬工作地点是否满足作业需要；⑭通风、照明是否良好；⑮有无必要的安全装置和信号装置。

第四节 事故调查分析

事故调查完毕要进行合理、科学的分析，分析的基本程序和内容如下。

① 整理和阅读调查材料。

② 材料分析。材料分析是对受害者的受伤部位、受伤性质、起因物、致害物、伤害方式、不安全状态、不安全行为等进行分析、讨论和确认。

③ 事故直接原因分析。事故直接原因分析是对人的不安全行为和物的不安全状态的分析。

④ 事故间接原因分析。主要是对事故发生起间接作用的管理因素的分析。

⑤ 事故责任分析及处理。事故责任分析是在查明事故的原因后，应分清事故的责任，使企业领导和职工从中吸取教训，改进工作。事故责任分析中，应通过调查事故的直接原因和间接原因分析，确定事故的直接责任者和领导责任者及其主要责任者。并根据事故后果和事故责任者提出处理意见。

因下述原因造成事故，应首先追究领导者的责任：

① 没有按规定对工人进行安全教育和技术培训，或未经工种考试合格就上岗操作的；

② 缺乏安全技术操作规程或不健全的；

③ 设备严重失修或超负荷运转；

④ 安全措施、安全信号、安全标志、安全用具、个人防护用品缺乏或有缺陷的；

⑤ 对事故熟视无睹，不认真采取措施或挪用安全技术措施经费，致使重复发生同类事故的；

⑥ 对现场工作缺乏检查或指导错误的。

凡因下述原因造成事故，应追究肇事者和有关人员的责任：

① 违章指挥或违章作业、冒险作业的；

② 违反安全生产责任制，违反劳动纪律、玩忽职守的；

③ 擅自开动机器设备，擅自更改、拆除、毁坏、挪用安全装置和设备的。

事故责任者或其他人员，凡有下列情形之一者，应从重处罚：

① 毁灭、伪造证据、破坏、伪造事故现场，干扰调查工作或者嫁祸于人的；

② 利用职权隐瞒事故，虚报情况，或者故意拖延报告的；

③ 多次不管理，违反规章制度，或者强令工人冒险作业的；

④ 对批评、制止违章行为，如实反映事故情况的人员进行打击报复的。

事故分析和责任者的处理如果不能取得一致意见时，劳动部门有权提出结论性意见；如果仍有不同意见，应当报请上级劳动部门协商有关部门处理，仍不能达到一致意见时，报请同级人民政府裁决，但不得超过事故处理工作结案时限。伤亡事故处理结案时间一般不得超过 90 天，特殊情况不得超过 180 天。伤亡事故处理结案后，应当公开宣布处理结果，并将有关资料整理存档，以备查考。

第五节 伤亡事故结案归档

伤亡事故结案归档是处理事故的最后一个环节。对事故调查分析的结果进行归纳整理、建档，有利于指导安全教育、事故预防等工作，对制定安全生产法规、制度以及隐患整改提供了重要依据。

事故处理结案后，应归档的事故资料应有以下内容：①职工伤亡事故登记表；②职工死亡、重伤事故调查报告书及批复；③现场调查记录、图纸、照片等；④技术鉴定和试验报告；⑤物证和人证

材料；⑥直接经济损失和间接经济损失材料；⑦事故责任者的自述材料；⑧医疗部门对伤亡人员的诊断书；⑨发生事故时的工艺条件、操作情况和设计资料。

第六节 事故处理

事故处理是事故调查的重要环节，是一项政策性很强的工作。事故处理涉及如下方面。

1. 事故调查处理

为了掌握事故情况，查明原因，分清责任和采取防范措施，必须对每一起伤亡事故进行调查分析，事故现场是安全的一次信息。

事故调查的一般程序：发生伤亡事故后，首先要保护好事故现场，同时要抓紧向上级和有关部门报告；在保护好事故现场的同时要积极抢救受伤者；发生事故的单位和有关上级主管单位要及时派出事故调查组赴事故现场调查，调查组成员原则上应包括单位行政领导、工会负责人、人事劳动部门、医务部门和安全部门的同志；在现场收集有关事故各方面的情况与人证、物证，召开有关人员座谈会、分析会；在掌握全部情况的基础上，明确原因，分清责任，提出事故处理意见，最后填写《企业职工伤亡事故调查报告书》。将一起事故的全部资料汇总、归档、结案、上报。

2. 事故现场的处理

必须认真保护事故现场，凡与事故有关的物体、痕迹、状态，不得破坏，为抢救受伤者而需要移动现场某些物件时，应做好标记。

3. 人因事故调查处理

通过对事故原因的分析，可以判断产生不安全行为的个性根据。企业管理人员应具备事故的心理知识，这对调查处理事故的发生原因，提高预防事故的管理水平有帮助。

安全管理心理学与分析事故原因的关系有三个相互联系的内容。

一是安全工程师所关心的几种不安全行为，称为已经知道的不安全行为，即：①有意违反安全规程；②无意违反安全规程；③破坏或错误地调整安全设备；④放纵的喧闹、玩笑，分散了他人的注意力；⑤安全操作能力低，工作缺乏技巧；⑥与人争吵，心境下降；⑦匆忙的行动，行动草率过速或行动缓慢；⑧无人道感，不顾他人；⑨超负荷工作，力不胜任。

二是可能成为直接的人为的事故原因：①没有经验，不能查知事故危险；②缓慢的心理反应和心理上的缺陷；③各器官缺乏协调；④疲倦，身体不适；⑤找工作“窍门”，发现不安全的方法便当；⑥注意力不集中，心不在焉；⑦职业，工种选择不当；⑧夸耀心，贪大求全。

三是心理上的主要原因：①激情，冲动，喜冒险；②训练，教育不够，无上进心；③智能低，无耐心，缺乏自卫心，无安全感；④涉及家庭原因，心境不好；⑤恐惧，顽固，报复或身心缺陷；⑥工作单调，或单调的业余生活；⑦轻率，嫉妒；⑧未受重用，身受挫折，心绪不佳；⑨自卑感，或冒险逞能，渴望超群；⑩受到批评，心有余悸。

4. 物因事故调查处理

引起人身伤亡的事故除了人因事故以外，还有物因事故。工业企业日常工作环境下，常见的物因事故有电气事故、机械事故和火灾与爆炸事故。

(1) 电气事故 电是工业企业生产的最基本能源。由于缺少用电安全措施和安全知识，缺少安全管理和维修不当，或设备绝缘老化等原因，就会造成人身触电、设备烧毁、电气火灾爆炸等电气事故。缺乏保护接地、保护接零、漏电保护装置，或者未采用合理的安全电压、绝缘、屏护、间距，都是造成电气事故的基本原因。

(2) 机械事故 在使用机械的过程中，由于机械设计、制造上的缺陷、机械的完好状态不佳，或由于对机械性能了解不足、操作不当，或安全防护措施不当、作业场所条件恶劣等原因，就潜在着机械伤害的危险。不了解机械的危险部位、机械运行状态下的危险

部件，就无法有效地采取防护措施。

(3) 火灾与爆炸事故 在具有易燃、易爆的工业场所和具有压力容器的生产环境都可能发生火灾爆炸事故。可燃物、氧化剂、点火源同时存在，就会发生燃烧。若没有限制火势蔓延的措施，扑灭与扑救措施，疏散措施等，就会发生火灾，造成事故。

第七节 事故原因分析

事故的发生具有随机性，即事故发生的时间、地点、事故后果的严重性是偶然的。这说明事故的预防具有一定的难度。但是，事故这种随机性在一定范畴内也遵循统计规律。从事故的统计资料中可以找到事故发生的规律性。因而，事故统计分析对制定正确的预防措施有重大的意义。

做好统计记录，有助于企业本身和行业整体安全管理水平的提高。

① 从事故统计报告和数据分析中，可以掌握事故的发生原因和规律，针对安全生产工作的薄弱环节，有的放矢地采取避免事故的对策。

② 通过事故的调查研究和统计分析，可以反映一个企业、一个系统或一个地区的安全生产成绩，找出与同类企业、系统或地区的差距。统计数字是检验其安全工作好坏的一个重要标志。

③ 通过事故的调查研究和统计分析，为制订有关安全卫生法规、标准提供科学依据。

④ 通过事故的调查研究和统计分析，可以使广大员工受到深刻的安全教育，吸取教训，提高遵纪守法的安全自觉性，使企业管理人员提高对安全生产重要性的认识，明确自己的责任，提高安全管理水平。

⑤ 通过事故的调查研究和统计分析，领导机构可以及时、准确、全面地掌握本系统安全生产状况，发现问题，并作出正确决策。这项工作也有利于监察、监督和管理部门开展工作。

⑥ 通过对事故的分析研究，促进科学技术的进步和社会的发展。

事故统计分析就是运用数理统计方法，对大量的事故资料进行加工、整理和分析，从中揭示出事故发生的某些必然规律，为防止事故指明方向。

事故统计分析是建立在完善的事故调查、登记、建档基础上的，也就是说，是依赖于事故资料的完善和齐备。然而这些完备的事故资料，只不过是一件件独立的偶然事件的客观反映，并无规律可言。但是，通过对大量的、偶然发生的事故进行综合分析，就可以从中找出必然的规律和总的趋势，从而达到能对事故进行预测和预防的目的。

事故统计分析是事故管理工作的重要内容。做好该项工作，能及时掌握准确的统计资料，如实反映企业的安全状况和事故发展趋势，为各级领导决策，指导安全生产，制订计划提供依据。

事故统计分析的基本程序是：事故资料的统计调查—加工整理—综合分析。三者是紧密相连的整体，是人们认识事故本质的一种重要方法。

(1) 事故资料的统计调查 采用各种手段收集事故资料，将大量零星事故原始资料系统全面地集中起来。事故调查项目，应按事故调查目的设置，如事故的时间、地点、受害人的姓名、性别、年龄、工龄、工种、伤害部位、伤害性质、直接原因、间接原因、起因物、致害物。事故类型、事故经济损失、停工天数等。项目的填写方式，可采用数字式、是否式或文字式等。

(2) 事故资料的整理 根据事故统计分析的目的进行恰当分组和进行事故资料的审核、汇总，并根据要求计算有关数值，统计分组。如按行业、事故类型、伤害严重程度、经济损失大小、性别、年龄、工龄、文化程度、时间等进行分组。

(3) 审核汇总过程 要检查资料的准确性，看资料的内容是否合乎逻辑，指标之间是否相互矛盾，通过计算，检查有无差错。

(4) 事故资料的综合分析 将汇总、整理的事故资料及有关数

据填入统计表或标上统计图，得出恰当的统计分析结论。

把统计调查所得数字资料，经过汇总整理，按一定要求填在一定的表格中，这种表叫统计表。即填有统计指标的表格就叫统计表。例如职工伤亡事故综合月报表。利用表中的绝对指标、相对指标和平均指标，可以研究各种事故现象的规律、发展速度和比例关系等。统计表的形式很多，有简单表、分组表和复合表等。简单表，如逐月事故统计表，按性别、单位划分的统计表等；分组表，如按工龄、年龄、文化程度划分的事故统计表；复合表则为两者结合的统计表。

统计分析的结果，可以作为基础数据资料保存，作为定量安全评价和科学计算的基础。科学的计算方法需要建立相应的数据库系统，如果数据这方面的积累不充分，所应用的评价方法将受到一定的限制。

第八节 事故统计分析

一、伤亡事故统计报表制度

1. 事故统计报表规定

为及时、准确、全面掌握企业职工伤亡事故情况，进一步搞好事故统计工作，提高安全工作管理水平，原国家安监局、国家统计局在原有职工伤亡事故统计办法的基础上，逐步完善事故报表制度。《企业职工伤亡事故统计报表制度》是按照“既能取得全面可靠的统计资料，又不加重企业负担”的原则，制定新的报表。

① 原劳动部、国家统计局 1992 年 10 月 15 日，劳计字 [1992] 74 号文件印发关于《企业职工伤亡事故统计报表制度》的通知，对企业基层单位填报报表、劳动部门和主管部门填报综合报表以及说明做出具体规定。

② 原劳动部办公厅 1992 年 10 月 26 日，劳办计字 [1992] 21 号文下发关于实施《企业职工伤亡事故统计报表制度》有关事项的

通知,对实施《报表制度》、《企业职工伤亡事故调查报告书》、《企业职工伤亡事故登记表》、《事故统计劳动部内各单位分工》以及建立计算机报表系统等事项提出要求。

③ 原劳动部办公厅 1993 年 9 月 17 日,劳办发 [1993] 140 号文印发《企业职工伤亡事故报告统计问题解答》的通知,针对各地区、各部门在贯彻执行职工伤亡事故报告、统计工作中所遇到的一些问题,做出统一的解答。

④ 原劳动部办公厅 1995 年 3 月 20 日,劳办发 [1995] 71 号文下发《关于实行企业职工伤亡事故快报制度的通知》,为尽快掌握全国企业职工伤亡事故的总体情况、及时对全国的劳动安全监察工作进行指导,决定从 1995 年 7 月 1 日开始实行企业职工伤亡事故快报制度。

2. 统计报表的填报

(1)《企业职工伤亡事故登记表》(劳办计字 [1992] 21 号文附件,表 2.8) 企业建立伤亡事故管理台账使用的原始记录表,对发生的每起伤亡事故进行登记,并以此作为企业填报伤亡事故统计月(年)报表的依据。

(2)《企业职工伤亡事故月(年)报表》(表号:劳安 1-1 表、1-2 表),为基层表“称为 A 表” 由企业安技部门依据《企业职工伤亡事故登记表》原始记录,编制统计月(年)报表。此表由独立核算的基层企业单位(指经济上、行政上独立的单位。行政上有独立的组织形式;独立核算盈亏,独立编制资金平衡表或会计预算、决算表;有权与其他单位签订合同;在银行有独立的户头)填报。非独立核算单位的,不单独填报,而由其上一级企业统一填报。企业上报时限是在每月 3 日前、每年 1 月 10 日前,报送当地劳动部门、企业主管部门及工会组织。

(3)《非矿山企业职工伤亡事故月(年)报表》(综合表一、表二、表三、表四,表号:劳安综 1-1 表、1-2 表、1-3 表、1-4 表,称为“B1 表”) 由非矿山企业主管部门和各市、县级劳动部门职业安全监察机构,依据《企业职工伤亡事故月(年)报表》基层表

“A表”汇总上报（矿山企业主管部门和劳动部门矿山安全监察机构汇总填报综合表报“B2表”）。各省、自治区、直辖市及计划单列劳动部门职业安全监察机构，使用劳动部统一制发的主结构软件汇总（B1、C表），按规定时限向劳动部职安局上报（B1表）伤亡事故统计报表。

（4）《企业职工伤亡事故月（年）报表》中的“C表” 各级劳动部门汇总非矿山和矿山企业全部事故统计数字后向政府及有关部门提供本辖区内伤亡事故情况的统计报告参数表式。各省、自治区、直辖市劳动部门不需将C表上报劳动部。市、地、县劳动部门是否向上一级劳动部门报送C表，由各地自行规定。

（5）《非矿山企业职工伤亡事故快报表》（表一），《矿山企业职工伤亡事故快报表》（表二） 由各省、自治区、直辖市劳动行政部门，将本地：①全民所有制企业；②城镇集体所有制企业；③乡村集体所有制企业；④其他各种所有制企业，包括三资企业；⑤私营企业职工当月死亡与重伤数字，经单位负责人签章后，于下月的6日前以电话、传真、电子邮件或特快专递等快速传递形式分别报告劳动部职业安全卫生与锅炉压力容器监察局和矿山安全卫生监察局。

二、事故统计分析方法

事故统计分析方法，是以研究工伤事故统计为基础的分析方法。在事故统计分析中，为直观地展示同时期伤亡事故指标和事故发生的趋势，研究分析事故发生规律，有针对性地采取预防事故对策的目的。因此，不仅要对每一起工伤事故进行调查分析，而且还要对已发生的事故，应用事故统计分析方法进行统计分析。

几种常用的事故统计分析方法如下。

1. 综合分析法

综合分析法是将大量的事故资料进行总结分类，进行综合统计分析，通过对大量的事故资料综合分析，从各种变化的影响中找出事故发生的规律性，利用这种方法，进行下列分析：事故类别分析；事故发生的时间、地点分析；对受害者的年龄、工种、工

龄、本工种工龄、技术等级、接受安全培训教育情况分析；对事故件数、伤亡人数、伤害部位、伤害程度、致害物、施害物、不安全行为、不安全状态分析；对损失工作日、经济损失进行分析。

2. 统计分析

用这种分析方法，可比较各地方、各行业以及企业之间、车间、工段之间的事故频率。

(1) 算数平均法 以 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 代表各项标志值，以 h 代表单位总数，以 E 代表算数平均值，以 $\sum_x$ 代表加总符号。则算数平均法一般公式如下。

$$E = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{h} = \frac{\sum_x}{n}$$

【例】某单位某年 1~12 月发生事故总起数分别为 24、26、36、29、28、31、22、29、33、34、36、39，则 $\sum_x = 366$

$$E = \frac{366}{12} = 30.5 (\text{次})$$

(2) 相对指标比较法 即两个有联系的总量指标之比。运用相对指标比较法具有如下作用。

① 可以体现相互之间的比例关系，如某厂 30 年死亡事故中，车辆伤害占 19.6%，物体打击占 15.7%，机械伤害占 13.4%，高处坠落占 9.3%，其相互比例为 5:4:3 和 5:2:3。

② 可以使不能直接对比的指标，找出共同比较的基础，如各省之间、各企业之间由于工业规模、职工人数等不同，很难比较，但采用相对指标，如千人死亡率、百万吨死亡率、万米木材死亡率等指标则可以互相比较，并在一定程度上说明安全生产的情况。

3. 统计图表法

统计图表是将事故资料数字变成图和表格，利用表中的绝对指标或相对指标及平均指标，来表示各类事故统计数学的比例关系。

统计图表是用点的位置、线的转向、面积的大小来形象地表达伤亡事故的统计分析结果，通过事故统计图表来直观地展示事故的

趋势或规律，是事故统计分析的重要方法。常用的事故统计图有如下几种。

(1) 趋势图 即折（曲）线图，直观地展示伤亡事故的发生趋势，对比不同时期的伤亡事故指标等。其横坐标多由时间、年龄或工龄等组成。而纵坐标可以反映出：

① 表明工伤事故规模的指标（如工伤事故次数、工伤事故伤害总人数、事故损失工作日数、事故经济损失等）；

② 反映工伤事故严重程度的指标（如平均每次事故的伤害人数、平均每个工伤人员的损失、每百万工时的事故损失工作日数、百万元产值事故经济损失等）；

③ 反映工伤事故相对程度的指标（如千人负伤率、千人死亡率、万吨钢死亡率、百万工时伤亡率等）。

(2) 排列图 又称因素主次图，是柱状图（直方图）与折（曲）线图的结合。直方图用来表示某项目的各分类工伤频数（人次），而折线图则表示各分类的累积相对频数。利用排列图能直观的显示属于各分类的频数的大小及其累积频数的百分比。

(3) 控制图 或称管理图，在质量管理中得到广泛的应用，经不断发展和完善，近年来应用于安全管理中，并发挥越来越大的作用。由于排列图、趋势图等的计量值、分布规律及其图形等所表示的都是数据在某一时间内的静止状态，而企业或部门在安全管理中，用静止方法不能随时发现所出现的安全问题以及调整安全工作。因此，在事故统计分析中，不仅需要处理数据的静止方法，而且需要能了解事故随时间变化的“动态”管理方法，也是现代安全管理的重要方面。这种动态的方法是将控制图用于安全管理中，以此来控制生产过程中的伤亡人数，明确伤亡事故管理目标，有目标的降低伤亡事故发生的频率，掌握伤亡事故发展趋势，有利于总结经验、吸取教训，在动态中强化安全管理，以达到预测、预防、控制事故的目的。

伤亡事故控制图做法，如掌握统计期间内伤亡事故次数的变化

动态，可应用伤亡事故次数（频）控制图。

用于评价行业部门或企业以及地区某时期的安全状况的指标，目前大多应用伤亡事故频率（千人负伤率或千人死亡率）控制图，以千人负伤率或千人死亡率作为某时期的伤亡事故频率作为评价指标，掌握伤亡事故的动态变化，具有实际意义。

伤亡事故控制图是衡量统计年度内各个阶段相对年度水平管理程度的一种方法，如果各个阶段（月份）的统计数值在中心线两侧，上、下控制限之间无规则跳动，则认为事故的水平都保持在统计年度水平上。若出现统计值超出上控限时，说明有新的事故触发因素。必须分析原因，制订控制伤亡事故措施。统计值低于中心线或下控制限时，表示事故触发因素减少，总结经验，促进安全工作的

三、伤亡事故经济损失统计

1. 伤亡事故经济损失统计标准

《企业职工伤亡事故经济损失统计标准》（GB 6721—1987）中规定了企业职工伤亡事故经济损失的统计范围、计算方法和评价指标。其中，关于伤亡事故经济损失主要包括 5 个方面：用于伤亡者的费用；物资损失；生产成果的减少；因劳动时间的丧失而引起劳动价值的损失；因事故引起的其他损失。

伤亡事故经济损失包括直接经济损失和间接经济损失。

（1）直接经济损失 指因事故造成人身伤亡及善后处理支出的费用和毁坏财产的价值。直接经济损失的统计范围如下：人身伤亡后所支出的费用，包括医疗费用、丧葬及抚恤费用、补助及救济费用、歇工工资；善后处理费用，包括处理事故的事务性费用、现场抢救费用、清理现场费用、事故罚款和赔偿费用；财产损失价值，包括固定资产损失价值和流动资产损失价值。

（2）间接经济损失 指因事故导致产值减少、资源破坏和受事故影响而造成其他损失的价值。间接经济损失的统计范围如下：停产、减产损失价值；工作损失价值；资源损失价值；处理环境污

染的费用；补充新职工的培训费用；其他损失费用。

2. 伤亡事故经济损失计算办法

(1) 伤亡事故经济损失计算公式

$$E = E_d + E_i$$

式中， E 为经济损失，万元； E_d 为直接经济损失，万元； E_i 为间接经济损失，万元。

(2) 工作损失价值计算公式

$$V_w = D_L \cdot M / (S \times D)$$

式中， V_w 为工作损失价值，万元； D_L 为一起事故的总损失工作日数，死亡一名职工按 6000 个工作日计算，受伤职工视伤害情况按《企业职工伤亡事故分类标准》(GB 6441—1986) 的附表确定， d ； M 为企业上年税利（税金加利润），万元； S 为企业上年平均职工人数； D 为企业上年法定工作日数， d 。

(3) 固定资产损失价值计算 ①报废的固定资产，以固定资产净值减去残值计算；②损坏的固定资产，以修复费用计算。

(4) 流动资产损失价值计算 ①原材料、燃料、辅助材料等均按账面值减去残值计算；②成品、半成品、在制品等均以企业实际成本减去残值计算。

(5) 事故已处理结案而未能结算的医疗费、歇工工资等计算 采用测算方法计算。

(6) 对分期支付的抚恤、补助等费用计算 按审定支出的费用，从开始支付日期累计到停发日期。

(7) 停产、减产损失 按事故发生之日起到恢复正常生产水平时止，计算其损失的价值。

3. 事故伤害损失工作日标准

事故伤害损失工作日的计算，在国家标准《事故伤害损失工作日标准》(GB/T 15499—1995) 中给了比较详细的说明。标准规定了定量记录人体伤害程度的方法及伤害对应的损失工作日数值。该标准适用于企业职工伤亡事故造成的身体伤害。

第九节 事故的认定与责任划分

一、事故性质的认定

(一) 事故性质认定的原则和程序

1. 事故性质认定的原则

尊重事实，依法认定。

2. 事故性质认定的程序

(1) 区分事故的性质 按事故的性质可分为以下几种：自然事故、技术事故、责任事故。

(2) 确定事故的责任者 根据事故调查所确定的事实，通过对事故原因（包括直接原因和间接原因）的分析，找出对应于这些原因的人及其与事件的关系，确定是否属于事故责任者；按责任者与事故的关系分为：直接责任者、领导责任者。

(3) 事故责任分析的步骤

① 按照事故调查确认的事实；

② 按照有关组织管理（劳动组织、规程标准、规章制度、教育培训、操作方法）及生产技术因素（如规划设计、施工、安装、维护检修、生产指标），追究最初造成不安全状态（事故隐患）的责任；

③ 按照有关技术规定的性质、明确程度、技术难度，追究属于明显违反技术规定的责任，不追究属于未知领域的责任；

④ 根据事故后果（性质轻重、损失大小）和责任者应负的责任以及认识态度（抢救和防止事故扩大的态度、对调查事故的态度和表现）提出处理意见。

(二) 安全生产伤亡事故的分析方法和事故性质的认定方法

事故分析和性质的认定，主要包括以下步骤：①事故类型分

析；②事故原因分析；③事故责任分析；④事故性质的认定；⑤事故经济损失分析。

二、事故责任的划分

（一）有关安全生产责任追究的具体规定的法律法规

1. 政府及其领导干部安全生产责任追究的主要规定

① 国务院第 302 号令第 2 条、第 11 条、第 12 条、第 14 条、第 15 条、第 16 条、第 20 条；

② 《安全生产法》第 77 条、第 78 条、第 92 条；

③ 《宪法》第 41 条；

④ 《安全生产行政复议暂行办法》第 31 条、第 34 条。

2. 中介机构责任追究的主要规定

① 《安全生产法》第 79 条；

② 《特种设备安全监察条例》第 81 条；

③ 《职业病防治法》第 74 条。

3. 生产经营单位及负责人安全生产责任追究的主要规定

《安全生产法》第 80 条、第 81 条、第 82 条、第 83 条、第 84 条、第 85 条、第 86 条、第 87 条、第 88 条、第 89 条、第 91 条、第 93 条、第 95 条。

4. 从业人员安全生产责任追究的主要规定

① 《安全生产法》第 90 条；

② 《企业职工奖惩条例》第 11 条、第 12 条、第 14 条、第 15 条、第 16 条、第 17 条。

（二）安全生产事故责任认定和处理的依据

1. 安全生产事故责任认定的依据

为了准确地实行处罚，必须依据客观事实分清事故责任。

（1）直接责任者 指其行为与事故的发生有直接关系的人员。

（2）主要责任者 指对事故的发生起主要作用的人员。

有下列情况之一时，应由肇事者或有关人员负直接责任或主要责任：

- ① 违章指挥或违章作业、冒险作业造成事故的；
- ② 违反安全生产责任制和操作规程，造成伤亡事故的；
- ③ 违反劳动纪律、擅自开动机械设备或擅自更改、拆除、毁坏、挪用安全装置和设备，造成事故的。

(3) 领导责任者 指对事故的发生负有领导责任的人员。

有下列情况之一时，有关领导应负领导责任：

- ① 由于安全生产责任制、安全生产规章和操作规程不健全，职工无章可循，造成伤亡事故的；
- ② 未按规定对职工进行安全教育和技术培训，或职工未经考试合格上岗操作造成伤亡事故的；
- ③ 机械设备超过检修期限或超负荷运行，或因设备有缺陷又不采取措施，造成伤亡事故的；
- ④ 作业环境不安全，又未采取措施，造成伤亡事故的；
- ⑤ 新建、改建、扩建工程项目的尘毒治理和安全设施不与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用，造成伤亡事故的。

2. 安全生产事故处理的依据

(1) 事故调查处理的原则

① 实事求是、尊重科学的原则。对事故的调查处理就是执法办案。它不仅要揭示事故发生的内外原因，找出事故发生的机理，研究事故发生的规律，制定预防重复发生事故的措施，做出事故性质和事故责任的认定，依法依责对有关责任人进行处理，而且据此为政府加强安全生产、防范重特大事故、实施宏观调控政策和对策提供科学的依据。

② “四不放过”的原则。即事故原因分析不清不放过、事故责任者没有受到处理不放过、整改措施不落实不放过、有关责任人和群众没有受到教育不放过。

③ 公正、公开的原则。

④ 分级管辖的原则。事故的调查处理是依照事故的分类级别来进行的。根据目前我国有关法律、法规的规定,事故调查和处理分别依据《特别重大事故调查程序暂行规定》(国务院 34 号令)和《企业职工伤亡事故报告和处理规定》(国务院 75 号令)进行。

(2) 事故调查处理的分工规定

① 轻伤、重伤事故,由企业负责人或指定人员组织生产、技术、安全等有关人员及工会成员参加的事故调查组进行调查。

对一次重伤 3 人以上(含 3 人)的重伤事故,安全生产监督综合管理部门视情况进行调查。

② 一般死亡事故,由企业主管部门会同企业所在地设区的市(或者相当于设区的市一级)安全生产监督综合管理部门、纪检监察部门、公安部门、工会组成事故调查组,进行调查。县(区)等以下企业发生死亡事故,地市一级安全生产监督综合管理部门可视情况,委托县(市)一级安全生产监督综合管理部门参加事故调查。

上级安全生产监督综合管理部门委托下级安全生产监督综合管理部门参加调查时,原则上是委派下一级。

③ 重大死亡事故,按照企业的隶属关系由省、自治区、直辖市企业主管部门或者国务院有关主管部门会同同级安全生产监督综合管理部门、公安部门、纪检监察部门、工会组成事故调查组,进行调查。对一次死亡 3 人(含 3 人)以上事故,省安全生产监督管理部门和有关部门可授权市(地)安全生产监督管理局和有关部门调查,报省级安全生产监督管理局批复结案。

④ 特别重大事故,按照事故发生单位的隶属关系,由省、自治区、直辖市人民政府参与,国家安全生产监督管理局会同行业有关主管部门成立特大事故调查组,负责事故的调查工作。国务院认为应由国务院调查的特大事故,由国务院或者国务院授权部门组织成立国务院特大事故调查组。

⑤ 按照规定参加调查组的单位,因故不能参加事故调查时,已组成的调查组可继续进行调查工作。

⑥ 对重大死亡事故的调查，可邀请有关部门的专家参加。聘请有关方面的专家组成专家组，参与重大伤亡事故调查，提供技术支持。

（三）事故处理意见的形成方法及格式

1. 事故调查处理意见的形成方法

即事故调查组成员应遵循的原则：①对本单位和外单位人员不分亲疏，一视同仁；②对信息、事物和物证不得采取歪曲、隐藏和销毁的态度；③力求将所有可用于确定事故原因的、经证实的、记录下来的信息，提供给调查组的任何成员；④处理任何可能不利于某些人、单位或机构的信息要特别谨慎，必须有事实证明；⑤调查过程中要查明和分析与事故有关的所有事实、情况和状态；⑥完全依据个人的经验作出判断和评估要特别谨慎；⑦不要匆忙作出结论，特别是在调查初期；⑧与其他单位参加调查的人员讨论问题时要委婉和客观，力求平静的商讨；⑨凡是提出来商讨的问题，自己首先要把它弄清楚。

2. 事故调查处理意见的格式

即事故调查报告。

① 背景信息。a. 事故单位的基本情况；b. 事故发生的时间和地点；c. 事故涉及到的人员及其他情况；d. 职工伤亡事故登记表；e. 操作人员及证人。

② 事故描述。a. 事故发生的顺序；b. 破坏的程度；c. 人员伤亡及经济损失情况；d. 事故的类型；e. 事故的性质；f. 承载物或能量（能量或有害物质）。

③ 事故原因。a. 直接原因；b. 间接原因。

④ 事故教训及预防事故发生的建议（包括立即采取的措施以及长期的行动规划）。

⑤ 对事故责任人的处理建议。

⑥ 事故调查组的成员名单。

⑦ 其他需要说明的事项。

第十节 安全生产事故整改措施

一、事故预防措施的设计

1. 安全技术整改措施

针对不同的事故及其原因采取相应的安全技术整改措施。

(1) 防火防爆技术措施 ①消除可燃可爆系统的形成；②消除、控制引燃能源。

(2) 电气安全技术措施 ①接零、接地保护系统；②漏电保护；③绝缘；④电器隔离；⑤安全电压（或称安全特低电压）；⑥屏护和安全距离；⑦连锁保护。

(3) 机械伤害防护措施 ①采用本质安全技术；②限制机械应力；③材料和物的安全性；④履行安全人机工程学原则；⑤设计控制系统的安全原则；⑥安全防护措施。

(4) 起重作业的安全对策措施。

(5) 厂内运输安全对策措施。

2. 安全管理整改措施

① 建立安全管理制度；

② 建立并完善生产经营单位的安全管理组织机构和人员配置；

③ 建立健全生产经营单位安全生产投入的长效保障机制。

3. 安全培训和教育

生产经营单位的安全培训和教育work分3个层面进行。

① 单位主要负责人和安全生产管理人员的安全培训教育，侧重为国家有关安全生产的法律法规、行政规章和各种技术标准、规范，了解企业安全生产管理的基本脉络，掌握对整个企业进行安全生产管理的能力，取得安全管理岗位的资格证书。

② 从业人员的安全培训教育在于了解安全生产知识，熟悉有关的安全生产规章制度和安全操作规程，掌握本岗位的安全操作技能。

③ 特种作业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训，取得特种作业操作资格证书。

二、事故整改计划的编制与实施

1. 事故预防对策的基本要求

采取事故预防对策时，应能够：

- ① 预防生产过程中产生的危险和危害因素；
- ② 排除工作场所的危险和危害因素；
- ③ 处置危险和危害物并降低到国家规定的限值内；
- ④ 预防生产装置失灵和操作失误产生的危险和危害因素；
- ⑤ 发生意外事故时能为遇险人员提供自救条件的要求。

2. 选择事故预防对策的原则

设计过程中，当事故预防对策与经济效益发生矛盾时，宜优先考虑事故预防对策上的要求，并按下列事故预防对策等级顺序选择技术措施：

- ① 直接安全技术措施；
- ② 间接安全技术措施；
- ③ 指示性安全技术措施；
- ④ 若间接、指示性安全技术措施仍然不能避免事故、危害发生，则应采用安全操作规程、安全教育、培训和个人防护用品等来预防、减弱系统的危险、危害程度。

参 考 文 献

- 1 吕海燕. 生产安全事故统计分析及预测理论方法研究: [博士论文]. 北京: 北京林业大学, 2004
- 2 宋大成. 事故信息管理. 北京: 中国科学技术出版社, 1988
- 3 肖爱民等. 事故管理. 北京: 冶金工业出版社, 1990
- 4 郭太生. 事故对策学. 北京: 中国人民公安大学出版社, 2002
- 5 蒋军成. 事故调查与分析技术. 北京: 化学工业出版社, 2003
- 6 孙连捷. 职工伤亡事故调查处理指南. 北京: 中国劳动出版社, 1992
- 7 中国职业安全健康协会. 安全小康社会发展战略及目标研究报告. 2004
- 8 煤炭科学研究总院. 小康社会矿山安全发展战略及目标研究报告. 2004
- 9 建筑学会建筑安全分会. 小康社会建筑业安全发展战略目标和对策研究报告. 2004
- 10 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所. 安全小康社会职业卫生形势及其战略研究报告. 2004
- 11 闪淳昌. 中国安全生产形势及对策. 见: 中国国际安全生产论坛论文集. 国家安全生产监督管理局, 国家劳工组织. 2002
- 12 范维唐, 钟群鹏, 闪淳昌等. 我国安全生产形势、差距和对策. 北京: 煤炭工业出版社, 2003
- 13 杨富. 我国安全生产的形势和任务. 中国安全科学学报, 2000, 2
- 14 罗云. 科学构建小康社会安全指标体系. 中国安全生产报, 2003, 3.1
- 15 罗云. 安全生产与经济发展关系研究. 见: 中国国际安全生产论坛论文集. 国家安全生产监督管理局, 国家劳工组织. 2002
- 16 罗云. 防范来自技术的风险. 济南: 山东画报出版社, 2001
- 17 金磊, 徐德蜀, 罗云. 21 世纪安全减灾战略. 开封: 河南大学出版社, 1999
- 18 施卫祖. 事故责任追究与安全监督管理. 北京: 煤炭工业出版社, 2002
- 19 A. 库尔曼著. 安全科学导论. 赵云胜等译. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991
- 20 国家安全生产监督管理局, 中国地质大学(北京)等. 安全生产与经济发展关系研究报告. 2003
- 21 刘铁民等. 中国非煤矿山安全生产现状与对策. 见: 中国国际安全生产论坛论文集. 2002. 10
- 22 刘强. 全球道路交通事故形势、特点和主要对策. 现代职业安全, 2003, 10