

高等教育“十三五”规划教材  
安全科学与工程专业系列教材  
安全工程国家级实验教学示范中心资助  
河南省研究生教育优质课程资助

# 安全学原理

Anquanxue Yuanli

主编 牛国庆 杨 明 邓奇根

非  
外  
借

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等教育“十三五”规划教材  
安全科学与工程专业系列教材  
安全工程国家级实验教学示范中心资助  
河南省研究生教育优质课程资助

# 安全学原理

主 编 牛国庆 杨 明 邓奇根  
副主编 张飞燕 刘佳佳 郭飞鹏



中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书以事故理论为主线,系统阐述了事故与危险源、事故致因理论、典型事故后果分析与计算、事故调查与统计分析、事故预防理论与方法、事故预测理论与方法、事故应急救援等内容。全书在满足安全学原理课程教学基本要求的前提下,力求反映学科前沿进展。通过本课程的学习,使学生能够树立正确的安全观,掌握安全学基本原理,运用正确的方法开展安全工作及安全领域的科学研究。

本书适用于高等院校安全科学与工程、消防工程、采矿工程、公共安全管理等专业本科及研究生教学使用,也可供从事安全管理或安全技术工作的人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

安全学原理 / 牛国庆, 杨明, 邓奇根主编. — 徐州:

中国矿业大学出版社, 2018. 9

ISBN 978 - 7 - 5646 - 4134 - 4

I. ①安… II. ①牛… ②杨… ③邓… III. ①安全科学 IV. ①X9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 225744 号

书 名 安全学原理  
主 编 牛国庆 杨 明 邓奇根  
责任编辑 陈红梅  
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司  
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)  
营销热线 (0516)83885307 83884995  
出版服务 (0516)83885767 83884920  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂  
开 本 787×1092 1/16 印张 15.25 字数 381 千字  
版次印次 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷  
定 价 34.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

---

# 前 言

安全是人类社会生存和发展的基础,是人民安康、社会进步、国家稳定的基石。安全生产是关系人民群众生命财产安全的大事,是经济社会协调健康发展的标志,也是党和国家对人民利益高度负责的要求。

党中央、国务院历来高度重视安全生产工作,党的十八大以来作出一系列重大决策部署,推动全国安全生产工作取得积极进展。同时也要看到,当前我国正处在工业化、城镇化持续推进过程中,生产经营规模不断扩大,传统和新型生产经营方式并存,各类事故隐患和安全风险交织叠加,生产安全事故易发多发,直接危及生产安全和公共安全。

党的十九大报告中指出:树立安全发展理念,弘扬生命至上、安全第一的思想,健全公共安全体系,完善安全生产责任制,坚决遏制重特大安全事故,提升防灾减灾救灾能力。新时代新征程对安全生产工作提出了新要求,安全生产工作要从治标为主向标本兼治、重在治本转变。从事后调查处理向事前预防、源头治理转变。不断夯实安全基础,提升全民安全素质,推进安全科技进步,强化安全风险防控,加快构建全方位立体化安全生产网,把事故消灭在发生之前,最大限度地保护人的生命和健康,是贯彻安全发展理念的必然要求。

国家对安全提出了更高的要求,社会各界对安全的重视也达到了前所未有的高度,提高全社会安全意识和从业人员安全技能,大力推进安全科技进步,充分运用现代技术增强安全保障能力显得尤为重要,而这一切都以安全工程专业高素质人才培养为基础。据初步统计,目前,全国开设安全工程专业本科教育的高校已达 170 余所、研究生教育的高校 60 余所,安全工程专业已成为我国高等教育中重要的新兴专业之一。

在社会对安全专业人才有大量需求的同时,也对安全科技工作者和安全教育工作者提出了更高的要求。开展安全工程专业的高等教育是培养安全类人才的主要途径,是安全科学发展的基础,也是搞好安全工作的重要保证。安全学原理就是安全工程专业一门十分重要的专业基础课程。

本书分为 8 章,以事故理论为主线,系统阐述了事故与危险源的基本概念、事故致因理论、典型事故后果分析与计算、事故调查与统计分析、事故预防理论与方法、事故预测理论与方法、事故应急救援等内容。全书既包括了已经成熟并被公认的安全理论与学术思想,又反映安全工程学科领域具有前瞻性与代表性的新理论、技术和方法。通过本课程的学习,使学

生能够树立正确的安全观,掌握安全学基本原理,运用正确的方法开展安全工作及安全领域的科学研究。

本书由河南理工大学组织编写,具体分工如下:牛国庆负责课程大纲的编制、全书的审稿及统稿、定稿,并负责编写第1章和第4章部分内容;张飞燕负责编写第2章、第3章;刘佳佳负责编写第4章;杨明负责编写第5章;邓奇根负责编写第6章、第7章,并负责审核校对了对全书;郭飞鹏负责编写第8章。在本书编写过程中,安全科学与工程学院研究生参与了部分文字录入、校对整理等工作,在此向他们表示感谢。

本书在编写过程中参阅了大量的文献,在此对所引用参考资料的原作者表示最诚挚的谢意!

书中不足之处在所难免,恳请安全工程领域的专家、学者和广大师生提出宝贵意见。

编者

2018年6月

---

# 目 录

第 1 章 绪论	1
第 1 节 安全的概念与特征	1
第 2 节 安全科学的产生和发展	7
第 3 节 安全科学的定义及研究对象	11
第 4 节 新时代我国安全生产工作	17
复习思考题	19
本章参考文献	19
第 2 章 事故和危险源	21
第 1 节 事故	21
第 2 节 事故的分类	24
第 3 节 危险源	28
第 4 节 危险源辨识	30
复习思考题	38
本章参考文献	38
第 3 章 事故致因理论	39
第 1 节 事故致因理论的由来和发展	39
第 2 节 事故频发倾向理论	41
第 3 节 事故因果连锁理论	44
第 4 节 事故的流行病学方法理论	47
第 5 节 能量转移理论	48
第 6 节 管理失误论	50
第 7 节 系统观点的人失误主因论	53
第 8 节 扰动起源理论	60
第 9 节 动态变化理论	61
第 10 节 轨迹交叉论	64
第 11 节 综合论	65
第 12 节 STAMP 模型	66
第 13 节 HFACS 模型	68
复习思考题	70
本章参考文献	70

<b>第4章 典型事故后果分析与计算</b> .....	71
第1节 泄漏 .....	71
第2节 火灾 .....	78
第3节 爆炸 .....	82
第4节 中毒 .....	90
复习思考题 .....	93
本章参考文献 .....	93
<b>第5章 事故调查与统计分析</b> .....	94
第1节 事故调查概述 .....	94
第2节 事故报告 .....	98
第3节 事故调查的组织及调查程序 .....	102
第4节 事故调查的方法与技术 .....	110
第5节 事故调查报告的组成与要求 .....	119
第6节 伤亡事故统计分析 .....	121
复习思考题 .....	137
本章参考文献 .....	138
<b>第6章 事故预防理论与方法</b> .....	139
第1节 事故可预防原理 .....	139
第2节 事故预防的方法 .....	142
复习思考题 .....	164
本章参考文献 .....	164
<b>第7章 事故预测理论与方法</b> .....	165
第1节 事故预测概述 .....	165
第2节 定性预测技术 .....	169
第3节 定量预测技术 .....	176
第4节 其他预测方法 .....	200
复习思考题 .....	203
本章参考文献 .....	204
<b>第8章 事故应急救援</b> .....	205
第1节 事故应急救援预案的编制 .....	205
第2节 事故的应急救援体系建设 .....	211
第3节 事故应急救援过程中的管理 .....	217
第4节 企业常见事故应急处置 .....	221
复习思考题 .....	235
本章参考文献 .....	235

# 第 1 章

## 绪 论

安全是人类永恒的主题,是人类生存和发展的基本要求,是人们生命与健康的基本保障,也是人民安康、社会进步、国家稳定的基石。人类生存、繁衍和发展离不开生产与安全。生产劳动是人类改造自然、征服自然、创造财富的社会活动,它既有给人类提供物质财富、促进社会发展的一面,但也有给人类带来灾难的一面。这是因为在生产劳动过程中,存在着各种不安全因素和潜在的职业危害,凡是人类生产和生活的活动时间与空间领域,都普遍存在着安全问题。因此,安全与人类利益联系密切。

### 第 1 节 安全的概念与特征

#### 一、安全问题的产生及其认识过程

##### 1. 安全问题的产生

任何事物的发展都有两个流向:一是自然流向,二是人为流向。

按事物本身的动力作用来说,它总要按自然状态发展,但也受随机因素的控制与调节。事物按其自然流向总有产生、发展、衰退和消亡的过程,部分事物在此过程中会产生危害、危险,从而产生了安全问题;同时,这种自然发展不会完全符合人们的需要,在生产水平较低时,人们只能适应自然。

随着科学技术和生产力水平的发展,人类开始不满于现状,要设法遏制事物发展的自然流向,改变事物的发展过程,使其向有利于人类的方向流动,这就构成了事物发展的人为流向。但是,人类往往不能完全扭转事物发展的自然流向,于是出现了保持协调、相互适应的问题。人类处于不同的社会发展阶段,对自然界或生产、生活系统的改变是不同的,也就出现了不同的安全问题。

在远古的石器时代,生产力极为低下,人类祖先挖穴而居,栖树而息,是一种纯粹的“自然存在物”,完全依附于自然。当时的人类在自然界面前是软弱被动的,不仅受到雷电、风暴、地震和火灾等自然灾害的困扰,甚至野兽的侵袭也可以造成局部氏族的消亡。这一时期的安全问题主要来自于自然,比如水灾、野兽侵袭等。

在农业经济时代,人类开始逐渐摆脱大自然的桎梏,但在人类改造自然、创造人类文明的过程中,人为灾害就越来越多了。这一时期由于人类对客观世界的认识还十分肤浅,与大

自然抗争的手段也十分简单、有限；同时，可利用的自然资源也极为有限，安全问题大多数仍来源于自然，只有少数的人为灾害，如人为引起的火灾、耕作中受到的伤害等。

到了工业时代，人类的科技水平和生产力水平飞速发展，工业技术的进步则给人类社会和自然界带来了翻天覆地的变化。人类利用技术开发资源、制造机器、生产物质财富，可以说技术无处不在。然而，技术给人类带来了文明和财富的同时，也随之带来了新的灾难。现代高科技的发展更是功过参半：人类在 20 世纪所创造的成就多于此前人类所创造的全部成就，但是科学技术的进步在很大程度上改变了灾害的原有属性，使得许多自然灾害成为人为灾害，使许多原本危害程度轻的灾害上升为人类无法控制、造成巨大损失的灾难。20 世纪人类所经受的灾害事故也比历史上任何一个时期都更惨重，更从根本上危及了人类的生存。

现代安全问题可分为 3 大类：

一是对人的生命与健康的损害。在全球范围内，每年大约有 400 万人死于意外伤害事故，约占人类死亡总数的 8%，是除自然死亡以外人类生命与健康的第一杀手。在很多发达国家，意外伤害事故已经成为人类非正常死亡的第一死因。据国际劳工组织报告，世界范围内的工矿企业，每年发生各种工业事故 5 000 万起，造成 200 多万人丧生，上千万人受伤致残。

二是对社会、企业、家庭财产的危害。统计表明，每年各类事故和灾害造成的经济损失高达国内生产总值(GDP)的 3%~5%，为此人类要拿出国民生产总值(GNP)的 3.5%用于应急救援。这是一个惊人的数字，有些专家估计在某些国家这个比例甚至更高。因此，生产事故和职业病会严重危及经济发展，特别是在那些最为贫困的国家，因为这些国家的工作场所往往存在一些风险隐患，而不幸的是这些地方的劳动监察力量也往往最薄弱。这些损失对于企业而言，可能意味着高昂的保费、企业形象及信誉的损毁、事故调查时间的消耗以及其他费用的支出。对于国家而言，则意味着经济发展的停滞、劳动监察及其他部门需承担更重的责任、社会保障和国家医疗费用的增加等。

三是对环境的破坏。化学工业的诞生极大地促进了人类社会生产力水平的提高，但是它给人类的生存环境也带来了巨大的破坏，污染了空气和水源，侵蚀了土壤，扰乱了地球的大气循环、化学循环和生物循环，使地球患上“综合不适症”。在已知的 1 100 万种化学品中，进入人类环境的化学物质约有 9 600 种之多。许多化学物质的生产、使用以及排放到环境中的量日益增多，环境质量变得越来越差，以至于现代的人类从胚胎到死亡，始终处于化学物质的包围之中。全世界 55 000 亿  $\text{m}^3$  左右的淡水被污染，水污染造成的疾病在发展中国家呈上升趋势。大量的动植物物种灭绝，遗传的多样性遭到破坏。从燃煤、燃油的工业烟囱中喷出的滚滚浓烟，把大量的烟尘和有毒气体排向空中，导致严重的环境污染。另外，还有噪声污染、电磁辐射污染、核污染等也是重要的污染源。近年来，人类的多发病病谱发生了显著变化，与环境条件有关的疾病(如心血管病、癌症、职业病、公害病等)已取代了生物性和营养性疾病，它们造成的死亡率已占总死亡率的 90%以上。人类疾病病谱的变化，与环境污染有着密切的关系。

## 2. 人类对安全的认识过程

安全与人类所从事的各种活动是密不可分的，纵观人类社会的进步与发展，安全思想贯穿始终。人类对安全问题认识的历程大致可以分为以下 5 个阶段：

(1) 无知安全认识阶段。在远古的石器时代，人类完全依附于自然，生产力极为低下，人类几乎没有任何主动的安全意识，对自然灾害毫无反抗与预防能力，只有动物性的躲避灾

害行为。

(2) 初级安全认识阶段。进入农业社会后,人类的生产力和科技水平有了较大的提高,对灾害有了防御的意识。由于生产力和仅有的自然科学都处于自然和分散发展的状态,人类对安全的认识停留在表面,是自发的、模糊的,从未探究过安全的内在规律,而采取的安全技术措施也是简单的、被动的。

(3) 局部安全认识阶段。大型动力机械和能源在生产中的使用,导致生产力和危害因素同步增长,迫使人们对这些局部人为危害问题不得不进行深入认识并采取专门的安全技术措施。这一时期各个行业经过无数次血的教训,逐渐形成了各自较为深入的安全理论与技术。但是,这些安全理论与技术都是局部的、分散的,以至于人们对安全规律的认识停留在相互隔离、分散和彼此缺乏有机联系的状态。

(4) 系统安全认识阶段。由于军事工业、航空工业,特别是原子能和航空技术等复杂的大型生产系统和机器系统的形成,局部的安全认识和单一的安全技术措施已经无法解决这类生产制造和设备运行系统的安全问题,所以必须通过深入揭示安全的本质规律并将其系统化、理论化,使之成为指导解决各种具体安全问题的科学依据,并发展与生产力相适应的生产系统和制定相应的安全技术措施。人们对安全的认识进入了系统的安全认识阶段。

(5) 动态安全认识阶段。当今生产和科学技术的发展,特别是高科技的发展,虽然极大地促进了生产力的发展,但由于系统的高度集成,一旦发生事故,带给人类的灾害也是相当严重的,加之系统是不断发展和变化的,静态的系统安全技术措施已不能满足人们对安全的需求。因此,人们要求对系统的运行进行动态掌握,以达到安全生产的目的,进而带动人们对安全的认识进入一个新阶段。

## 二、安全的概念及其属性

### 1. 安全的概念

“安全”是人们频繁使用的词汇,从词意和典故考虑的安全的原始含义,描述如下:

“安全”在希腊文之中的意思是“完整”,而在梵语中的意思是“没有受伤”或“完整”,在拉丁文中有“卫生”(salutem)之意。

“安”是指不受威胁、没有危险、太平、安全、安适、稳定等,可谓无危则安。“全”是指完美、完整,或指没有伤害、无残缺等,可谓无损则全。

安全,顾名思义,“无危则安,无缺则全”,即安全意味着没有危险,免受人员伤害、疾病或死亡,或引起设备、财产破坏或损失的状态,这是与人类的传统安全认识相吻合的。

随着人类对安全问题研究的逐步深入,对安全的概念也有了更深的认识,并从不同的角度给它下了各种定义。

其一,安全是指客观事物的危险程度能够为人们普遍接受的状态。

可以看出,该定义明确指出了安全的相对性及安全与危险之间的辩证关系,即安全与危险不是互不相容的。当系统的危险性降低到某种程度时,该系统便是安全的,而这种程度即为人们普遍接受的状态。如骑自行车的人不戴头盔并没有头部受伤的危险,只是人们普遍接受了该危险发生的可能性;而对于自行车赛车运动员必须戴头盔的规定,也是国际自行车联合会在经历了一系列事故及伤害之后做出的决定。同样是骑车,环境不一样,要求也不一样,体现了安全与危险的相对性。

其二,安全是指免于造成死亡、伤害、职业病、设备或财产的损坏或损失,或对环境的危害的状况。

此定义来自美国军用标准《系统安全》(MIL-STD-882E)。该标准是美国军方与军品生产企业签订订购合同时约束企业保证产品安全性的纲领性文件,提供了一种标准的、通用的辨识、分级和减轻危险的方法,也是系统安全管理思想的典型代表。该标准从1964年问世以来,经历882、882A至882E若干个版本,对安全的定义也从开始是仅关注人身伤害,进而到关注职业病、财产或设备的损坏、损失直至环境危害,体现了人们对安全问题认识进化的过程,也从另外一个角度说明了人类对安全问题研究的不断扩展。系统安全创新了安全观念:提出了安全的相对性;安全应贯穿于系统的整个生命周期;危险源是事故发生的根本原因;系统可靠性和系统安全性相辅相成。

其三,安全是指不因人、媒介的相互作用而导致系统损失、人员伤亡,影响或造成时间的损失。

其四,安全是免除了不可接受的损害风险的状态。

安全是广义的,对于安全的概念还有很多的理解。由于人们主观上对安全的认识不同,判别安全或不安全也存在差异。

霍巴特大学的罗林教授提出,“所谓安全系指判明的危险性不超过允许的限度,所谓危险系指判明的危险发生概率以及有害性超过了允许限度”。那不勒斯大学的史密斯教授在日本机械学会建立80周年纪念国际会议上引用了罗林教授的关于安全的定义,并发表了《安全是人们的心理状态》的论文。

美国哈佛大学的劳伦斯教授认为,安全就是被判断为不超过允许限度的危险性,是指没有受到伤害或危险,或损害概率低的通常术语。

从以上的安全定义中可以看出,安全表述的是一个复杂物质系统的动态过程或状态。过程或状态的目标是使人、财、物、环境不会受到伤害或损失。安全还可表述的是人们的一种理念,即人、财、物、环境将不会受到伤害和损失的理想状态。安全也可表述为一种特定的技术状态,即满足一定安全技术指标要求的物态。

尽管有各种各样关于安全的定义和理解,从系统工程的观点,应给安全做如下定义:安全是指任何一个客体或系统在规定的条件下,使事故的风险控制在可接受的水平的一种状态。也就是说,安全是指在生产、生活过程中,能将人员、财产或环境的损失(害)控制在可以接受的水平的状态。安全并非是客观存在的系统无导致人员伤亡、疾病,无造成人类财产、生命及环境损失的条件,而意味着人员、财产或环境遭受损失(害)的可能性是可以接受的。如果这种可能性超过了可以接受的水平,即被认为是不安全的。

## 2. 安全的属性

安全属性是认识安全本质的基础,也是安全学理论最基本的内容。因此,对安全属性的认识在安全学中占有很重要的位置。由于安全的主体是人,从人的生存和生活方式来看,人的本性表现为自然属性和社会属性,而作为人的最基本的需要——安全,也就相应地具有自然属性和社会属性。因此,安全一词所涉及的纷繁复杂的因素与它的自然属性和社会属性有着密切的关系。但是,安全的这两个属性密切相关,要从整体的、系统的角度对这两个属性进行认识。

安全的自然属性是指安全属性中那些与自然界物质及其运动规律相联系的现象和过程。安全的自然属性可以从两个方面来讨论:

① 安全是人的生理与心理需要,或者说由生命及生的欲望决定了自我保护意识。按照马斯洛的需求层次论,人们对安全的需求属于五个层次的第二层次,属于低级别的需求,其

中包括对人身安全、生活稳定以及免遭痛苦、威胁或疾病等。因此,寻求安全的本能是天生的,也是安全存在的主动因素。

② 人类对天灾的无奈以及新陈代谢、生老病死等规律的不可抗拒,使人们不得不把生命安全经常提到议事日程,这虽然是被动因素,但它与前一个主动因素相结合,就决定了安全是自古以来人类生活、生存、进步的永恒主题。

安全的社会属性是指在安全社会实践活动的基础上人与人之间发生的各种关系。安全的社会属性也可以从两方面来阐述。自从人类有组织活动以来,社会安定、有序、进步始终是各社会阶段追求的目标,而这一目标实现的重要标志之一就是安全,这是社会促进安全的主动因素。但是,人类的社会活动如政治、军事、文化、社交等,有的对安全直接起破坏作用,有的间接影响着安全;人类的经济活动导致的安全问题,包括生产事故(职业病)、高技术灾害(化学品致灾、核事故隐患、电磁环境公害、航天事故、航空事故)、交通灾害等,则是自人类开展经济活动以来就存在的突出的安全问题。如今更加突出的一个安全问题是环境问题,环境恶化(包括自然环境和人为环境)是人类生活、生存安全的重要威胁。总之,人类的社会活动、经济活动一方面本身在不断制造事故,另一方面也通过技术和管理措施不断消除隐患,减少事故。出于受政治利益和经济利益的驱使,安全技术管理措施多数是被动的。

实际上,安全的自然属性与社会属性存在着辩证关系。安全的自然属性是社会属性的基础,同时自然属性又受社会属性的制约和指导,因此二者是不可分割的。故在安全要素中,不可能单独来研究某个要素,或者是它们之间的隔离的、静态的关系,只能用系统的观点来研究安全要素之间的动态的、有机的联系,才能正确地把握安全的发展动态及其规律。因此,安全的系统属性正是安全的自然属性和社会属性的耦合点。随着生产力水平的不断提高和科学技术的不断进步,人们解决安全的能力也在不断提高,安全的自然属性和社会属性在耦合的过程中,同安全系统的特点一样,也是在追求其在一定时期、一定条件下的可为人们所接受的耦合条件。

### 三、安全的基本特征

#### 1. 安全的必要性和普遍性

安全是人类生存的基本前提,也是社会发展的基本要求。保障人类社会的安全发展是十分必要的,但是人和物遭遇到人为的或天然的危害或损坏却极为常见。因此,不安全因素是客观存在的。人类生存的必要条件首先是安全,如果生命安全都不能保障,生存就不能维持,繁衍也无法延续。实现人的安全又是普遍需要的,在人类活动的一切领域,人们必须尽力减少失误、降低风险,尽量使物趋向本质安全化、使人能控制和减少灾害,维护人与物、人与人、物与物相互间的协调运转,为生产活动提供必要的基础条件,发挥人和物的生产力作用。

#### 2. 安全的动态性

“安全”一词描述的是一种状态,但这种状态也决非是一种确定的、静止不变的状态。平安也好,安全也好,其本身就带有很大的模糊性、不确定性,所以“安全状态”具有动态特征。也就是说,安全所描述的状态具有动态特征,它是随时间而变化的。安全取决于人、机、环境的关系协调,如果失调,就会出现危害或损坏。安全状态的存在和维持时间、地点及其动态平衡的方式都带有随机性。如果安全条件变化,人、机、环境之间的关系失调,事故会随时发生。

安全的动态特征还体现在安全描述的不只是一个相对稳定的状态特征,“安全”一词还

可作为对事故安全过程的一种表征。过程表征和状态表征最本质的区别就在于前者描述的是事物的发展趋势,后者描述的是一种目标。从这个角度讲,“安全”一词表述的又可认为是动态过程。

### 3. 安全的相对性

安全状态绝非是一种事故为零的所谓“绝对安全”的概念。从科学的角度讲,“绝对安全”的状态在客观上是不存在的。世界上没有绝对安全的事物,任何事物中都包含有不安全的因素,具有一定的危险性。安全只是一个相对的概念,它是一种模糊数学的概念:危险性是对安全性的隶属度;当危险性低于某种程度时,人们就认为是安全的。安全性(S)与危险性(D)符合互补律,即  $S=1-D$ 。

从安全技术的角度讲,产品的安全性能是不断发展和完善的,其安全技术标准要求是不断提高的。因此,保障安全的条件是相对的,限定在某个时空内,条件变了,安全状态也会发生变化。对某一产品而言,也无绝对的安全。某一事物在特定条件下是安全的,但在其他条件下就不一定会是安全的,甚至可能是很危险的(即安全具有相对性)。绝对的安全,即100%的安全性是安全性的最大值(理想值),这很难实现,甚至不可能达到,但却是社会和人们努力追求的目标。

在实践中,人们或社会客观上自觉或不自觉地认可或接受其一安全性(水平)。当实际状况达到这一水平,人们就认为是安全的;低于这一水平,则认为是危险的。安全的程度和标准取决于人们的生理和心理承受的程度、科技发展的水平和政治经济状况、社会的伦理道德和安全法学观念、人民的物质和精神文明程度等现实条件。对于同一事物是安全还是危险的认识,不同的人是不一样的;即使同一个人当其具有不同的心理状态、不同的立场、不同目的时,对危险的认识也是不同的。

研究表明,有许多因素影响人们对危险的认识程度。一般来说,当人们进行某项活动时,可能获得的利益越多,所能承受的危险程度越高。如图 1-1 所示,处于 A 处且相对获得的利益较少的人认为是安全的,而处于 B 处且获利较多的人也认为是安全的。美国原子能委员会曾引用它的利益与危险关系图来说明人们从事非自愿活动所获得的利益与承受的危险之间的关系,如图 1-2 所示。

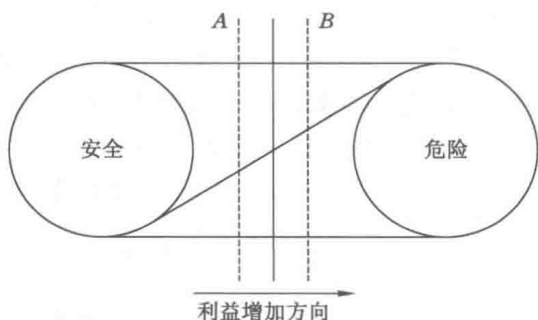


图 1-1 社会允许的危险

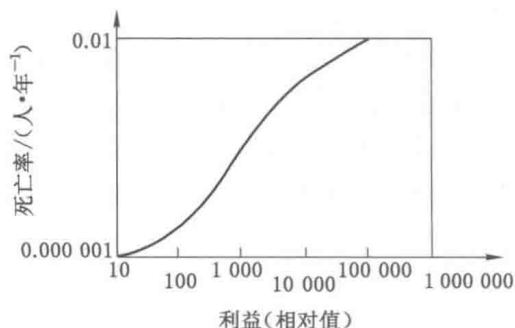


图 1-2 利益与危险关系

影响可接受危险程度的因素还包括:人们是否自愿从事某项活动,危险的后果是否立即出现,对危险的认识程度,等等。

### 4. 安全的局部稳定性

无条件地追求系统的绝对安全是不可能的,但有条件地实现局部安全是可以达到的。

要利用系统工程原理调节和控制安全的要素,就能实现局部稳定的安全。安全协调运转正如可靠性及工作寿命一样,有一个可度量的范围,其范围由安全的局部稳定性所决定。

#### 5. 安全的经济性

安全是可以产生效益的,从安全的功能看,可以直接减轻或免除事故或危害事件给人、社会或自然造成的损伤,实现保护人类财富、减少无益损耗和损失的功能;同时还可以保障劳动条件和维护经济增值过程,实现其间接为社会增值的功能。

#### 6. 安全的复杂性

安全与否取决于人、机、环境及其相互关系的协调,实际上形成了人一机—环境系统,这是一个自然与社会结合的开放性系统。系统中的人是安全的主体,由于人的主导作用和本质属性——生物性和社会性——包括了人的思维、行为、心理和生理等因素,使得安全问题具有极大的复杂性。

#### 7. 安全的社会性

安全与社会的稳定直接相关,无论是人为的灾害还是自然的灾害,如生产中出现的伤亡事故,交通运输中的车祸、空难,家庭中的伤害及火灾,产品对消费者的危害,药物与化学产品对人健康的影响,甚至旅行娱乐中的意外伤害等,都将给个人、家庭、企事业单位或社会群体带来心灵和物质上的危害,成为影响社会安定的重要因素。安全的社会性的一个重要方面还体现在对各级行政部门以及对国家领导人或政府高层决策者的影响,如“安全第一、预防为主、综合治理”安全生产方针,反映在国家的法令、各部门的法规及职业安全与卫生的规范标准等,从而使社会和公众在安全方面受益。

#### 8. 安全的潜隐性

对各类事物的安全本质和运动变化规律的把握程度,总是受人的认识能力和科技水平限制的。广义安全的含义,不仅考虑不死、不伤、不危及人的生命和躯体,还必须考虑不对人的行为、心理造成精神伤害。如何掌握伤害程度的界限及确定公众能接受的安全标准有待研究,各种产品(特别是化工产品)、医药、人工合成材料、生物工程产品、遗传工程产品等均有许多潜在危害,需要人去专门探讨。客观安全由明显的和潜隐的两种安全因素组成,它包括能识别、感知和控制的安全和无把握控制的模糊性安全。所谓安全的潜隐性,是指控制多因素、多媒介、多时空、交混综合效应而产生的潜隐性安全程度。人们总是努力使安全的潜隐性转变为明显性。因此,安全的潜隐性问题亟待人们研究,只有通过探索实践,才能找到实现安全的方法。

## 第2节 安全科学的产生和发展

### 一、安全科学的产生

科学是人类认识事物本质和规律的知识体系。安全问题自有人类以来就一直存在,但是安全作为科学却是新兴发展起来的。由于人类在不同历史时期对事物认识的局限性以及所处时代背景不同,需要解决的矛盾各异,历史上形成了自然科学和社会科学两大科学体系。随着科技进步和社会发展,各门类科学在纵向高度分化的同时,又形成了横向高度综合的趋势,导致自然科学和社会科学日趋交叉和融合。当代社会的纵横发展,拓展了人类对客观事物从宏观到微观的认识领域,提高了对事物本质的洞察力。与此同时,出现了学科间相

互交叉、综合、渗透、重构的趋势,在各学科间的交叉地带孕育着新兴学科群。交叉科学的出现是历史的必然,这为安全科学的诞生创造了良好的条件。

随着科技进步和社会的飞速发展,当人们的物质生活水平日益提高的同时,也对自身的健康和环境的质量提出了更高要求。要减少意外事故,保障安全、健康的生产条件和作业环境,亟须把有关安全的科学技术从众多学科中分化出来,形成与各工程学科不同的独立分支,如通风安全、电气安全、机械安全、防火防爆、锅炉与压力容器安全、工业防尘、工业防毒、噪声与振动控制以及矿业、交通、建筑、化工、航空、航天、农业、林业、能源、纺织、食品等产业安全技术。半个多世纪以来,各国为尽可能减少或消除事故和灾害对生产和人身安全的危害,科学地估量风险与评价灾害,进行了大量的防灾减灾、风险控制以及安全设计、施工、验收等工作。历史的教训和成功经验证明,要处理好生产和生活领域的重大安全问题,绝非某单一学科的理论或技术所能解决的。

为了适应现代工业发展的进程和国民经济发展的需要,减少灾害给人类带来的伤害和风险,世界各国均对原有学科体系进行调整,促使原来分散并寓于各学科的安全科学技术,在分化、独立的基础上,以人的安全为出发点,或者说以人的身心安全与健康为研究对象,重新进行高度综合与系统化,尤其是在联合国提出将20世纪90年代确定为“国际减灾十年”并提出总体规划要求后,世界各国加快了大安全学科的建设,力图以大安全观为主旨,反映安全的本质和运动规律,运用减灾的一切手段和方法,融合、协同构建综合的安全减灾交叉科学,这就是安全科学技术这一新兴学科产生的时代背景。

人们对安全的认识由感性上升到理性的时候,安全科学的产生是很自然的事情。人们开始把原来对部门的、行业的、就事论事的安全问题联系起来,逐步提升到用系统的、抽象的、综合的、科学的方法去认识和分析各类安全问题的时候,最终导致了安全科学的产生。

## 二、安全科学的发展

### 1. 国外安全科学技术的发展历程

安全与人类的生产、生活和生存是相伴相生的,在原始社会人类为了生存就与大自然进行抗争。原始人为了提高劳动效率和抵御猛兽的袭击,利用石器和木器制造了作为狩猎(即生产)和自卫(即安全)的工具,可以说这是最原始的“安全技术”措施。随着手工业生产的出现和发展,生产技术提高和生产规模逐步扩大,生产过程中的安全问题随之突出。因此,安全防护器械也随着工具的进步而发生了质的飞跃。

安全科学真正起源于工业革命,以安全技术为先导。科学技术的发展和應用以及带来的安全问题大大促进了安全科学的发展。16世纪,西方开始进入资本主义社会。到了18世纪中叶,蒸汽机的发明给人类发展提供了新的动力,使人类从繁重的手工劳动中解脱出来,劳动生产率空前提高。但是,劳动者在自己创造的机器面前致死、致伤、致残的事故与手工业时期相比也显著增多。起初,资本所有者为了获得最高利润率,把保障工人安全、舒适和健康的一切措施视为不必要的浪费,甚至还把损害工人的生命和健康以及压低工人的生存条件本身看作不变资本使用上的节约,以此作为提高利润的手段。后来,由于工伤事故的频繁发生以及劳动者的斗争和大生产的实际需要,促使人们不得不重视安全工作。因此,人们开始认识到需要在技术上、设备上进行研究,采取措施,防止危害工人的人身安全,保证生产的顺利进行,于是相继发明了各种防护装置、保险设施、信号系统以及预防性机械强度检验方法等。这些伴随新的生产工具和生产技术发展而产生的安全技术,为防止工伤事故的发生、改善生产条件创造了前提。与此同时,根据安全工作的需要,许多国家制定一些有关

劳动安全方面的法律、改善劳动条件的有关规定。例如：1833年，美国制定了《蒸汽船检验规则》，用来保障该行业设备和运行的可靠与安全；1867年，通过工厂检查员的法律；1893年，颁布了《铁路安全生产法》，用于铁路使用的安全；法国北部联邦于1869年制定了《工作灾害防止法案》等。在法律面前，资本所有者不得不拿出一定资金改善工人的劳动条件，同时也需要一些工程技术人员、专家和学者研究生产过程中不安全和不卫生的问题，这样逐渐形成了局部的安全技术理论。

真正从事安全技术研究，是在19世纪的下半叶。为了防止生产事故和职业病，许多国家也先后出现了防止生产事故和职业病的保险基金等组织，并资助建立无利润的科研机构。例如，德国于1863年建立的威斯特伐利亚采矿联合保险基金会，1887年建立的公用工程事故共同保险基金会和事故共同保险基金会联合会等。国家政府部门根据法律也相继建立了研究机构。又如，1871年德国建立的研究噪声与振动、防火与防爆、职业危害防护理论与组织等内容的科研机构。再如，1890年荷兰国防部支持建立了以研究爆炸预防技术与测量仪器，以及参加国际爆炸危险物质鉴定为宗旨的荷兰应用科学研究院工业技术实验室。

到20世纪初，许多西方国家建立了与安全科学有关的组织和科研机构（据1977年统计，德国36个，英国44个，美国31个，法国46个，荷兰13个）。从内容上看，有安全工程、卫生工程、人一机工程、灾害预防处理、预防事故的经济学、职业病理论分析和科学防范等。

在第二次世界大战时期和之后的军事尖端武器系统开发过程中，安全工程师发展了有效的系统安全管理方法，在早期工程的规划与设计阶段就查明、消除或控制危险。其中很重要的环节是危险分析，有计划地进行定期审查，提交危险分析、风险评价以及对总体系统的安全有效性评价。20世纪60年代中后期，美国安全科学进入了一个飞跃发展时期。1974年，美国南加州大学原安全与系统管理学院创办了《安全科学文摘》。该刊物收集和定期公布的信息就包含了“安全科学”的内容。以它为媒介，安全科学在美国和许多国家的学术界都引起了关注。麦金太尔在他的著作《安全思想综述》一书中，把1965—1975年定义为美国安全科学发展“黄金十年”。在这期间，美国各个阶层都关注安全，人们大力提倡“安全”。在安全科学领域，涌现了许多对安全的新型认知模式和理论，如1969年瑟利依据人的认知模式，提出R—O—R事故认知模型；著名安全理论家海因利希（H. W. Heinrich）出版了《工业事故预防》一书，形成了可应用于安全管理方法的确切的基本原则或“工业安全原理”，主要涉及事故致因理论（多米诺骨牌理论）、人机界面、管理者的作用和安全的经济性与功效的关系。系统安全分析或系统安全工程得以发展起来，是由于航天安全、飞行安全的需要，安全技术领域逐步发展并形成一些安全系统工程的分析方法和技术手段。在安全监管方面，提出了更为广泛的安全方面的法律，初步建立了安全监察机构体系。例如，在1970年美国尼克松总统签署了《职业安全卫生法》，随之依据此法于1971年成立了职业安全与健康管理局（OSHA）。从中可见美国公众对安全的关注度和要求、安全科学领域活跃的学术氛围以及政府对安全立法和安全监管的重视程度。

国外主要工业国家的职业安全与卫生法规基本上是在20世纪70年代趋于完整化、系列化、规范化的。随着职业安全与卫生立法的发展，国家职业安全与卫生的行政管理和监管机构逐步建立、健全起来，到20世纪80年代，美、英、法、联邦德国、日本等主要工业发达国家已建立起完善的职业安全与卫生监察体制。与此同时，工业安全生产需要大批专门从事

职业安全与卫生的设计、咨询、管理、监察等工作的人员,因此有关职业安全与卫生人才培养专业也在大学应运而生。随着更多的人员从事安全管理和安全工程的工作,安全开始成为一个学科,很多高等学校设立了安全方面的独立教学与研究单位,如莫纳什大学的事故预防中心、伊利诺伊大学的安全健康科学系、俄克拉荷马大学的火灾与安全工程系等。从国际学术杂志 *Safety Science*《安全科学》、*Journal of Safety Research*《安全研究学报》、*Reliability Engineering & System Safety*《可靠性工程与系统安全》等的成熟与发展水平可以看出,安全科学与学科在西方或欧美国家已经趋于成熟。

在安全学科高等教育方面,美国的安全教育发展较快,到20世纪70年代末,一部分大学设立了卫生工程、安全工程、安全管理、毒物学和安全教育方面的硕士点和博士点。目前,美国有密西西比州立大学等54所高校设置了安全类专业,英国有伯明翰大学、爱丁堡大学等,日本有横滨国立大学、东京大学等大学设置了安全类专业,设置的专业与方向涉及安全管理、安全工程技术、职业卫生等各个方面。日本在安全方面的研究虽起步较晚,但发展较快,它注重吸收世界各国的经验和教训,在安全工程学这一科学技术层次上进行了研究和发展。由于坚持安全科学的研究和实践,日本近20年来产业事故频度率、死亡人数逐年下降,居世界最低水平,安全科学在日本日益受到人们的重视。

安全工程技术作为一门新兴的交叉学科,在进一步发展的同时,安全科学的理论体系、研究方法尚不完善,安全科学的基本理论研究还表现为分散状态。安全科学家、医学家、心理学家、管理学家、行为学家、社会学家和工程技术专业人员等分别从各自的研究立场,以自己的分析方法进行研究,在安全科学的研究对象、研究起点、研究前提、基本概念等方面缺乏一致性。进入21世纪后,安全科学正在重整自己的理论体系,夯实理论基础,试图在理论体系、方法论和研究内容等方面有所突破和创新,逐渐发展成为一门成熟的学科。

### 2. 我国安全科学技术的发展历程

中国对安全的研究具有悠久的历史,翻开《考工记》《左传》《战国策》《元史》《四库全书》等古籍,很容易发现许多的安全思想和方略。但有关中国古代的安全史研究还基本为空白,还有待安全科学研究者的努力。可喜的是,近年来有一些学者开始研究安全史学,如孙安弟先生所著的《中国近代安全史》,该书描述了从1840年鸦片战争到中华人民共和国成立之间的109年里,中国近代劳动安全卫生产生和发展的历史。鸦片战争后,随着中国工业的发展,大量的伤亡事故和职业疾病产生,为遏制和减少伤亡,中国劳动安全卫生事业不断发展,安全规章制度法律法规也经历了从无到有再到不断完善的过程。1949年后,我国就开始了安全科学技术的研究和发展,我国“安全科学与工程”学科是从劳动保护学科逐渐发展起来的。

我国的劳动保护科学技术研究自中华人民共和国成立后就已经开始。中华人民共和国建立初期,中央人民政府就设立劳动部,劳动部下设劳动保护司,各地方劳动部门设劳动保护处、科,作为劳动保护工作的专管机构;政府许多产业部门相继在部内的生产或人事部门设立了专管劳动保护工作的机构。中华全国总工会在各级工会中设立了劳动保护部,工会基层组织一般设立了劳动保护委员会,以加强对企业劳动保护的监督。1950年,国务院批准了《中央人民政府劳动部试行组织条例》《省、市劳动局暂行组织通则》等规定,各级劳动部门自建立伊始,即担负起监督、指导各产业部门和工矿企业劳动保护工作的任务。1951年,中央人民政府燃料工业部制定了《改善现有矿井通风的规程》;一些从事劳动保护的研究人员从重点行业的劳动安全和卫生条件出发,并结合当时的形势,开始翻译当时苏联的著作;