

ANQUAN

JIEGOU LILUN

安全结构理论

金智新 著



科学出版社

安全结构理论

金智新 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是一部关于安全科学理论研究的专著,在因素状态空间的架构上,利用集合理论及相关的数学方法给出了具有一定普适意义的安全概念的新定义,以及基于集合理论的系统安全测度分析,并以此构建了安全结构理论体系。该理论的核心在于揭示人类活动的属性与安全事件属性间的内在逻辑关系结构,通过安全关系结构的分析,能够建立可控的活动环境与安全事件的因果联系,最终为构建各种领域的安全管理系统提供数学分析工具。

内容包括安全科学与技术发展现状、安全问题的分类、安全能量流结构分析、集合理论基础、因素空间的事件属性与安全表述、安全结构函数、安全事件属性测度与活动环境安全分析、随机活动环境的安全分析、安全事件的因素与属性获取、生产安全系统结构及生产安全系统的结构分析与评价方法。

本书可供从事安全科学理论、安全工程技术与安全管理研究的科技工作者阅读,也可以作为相关专业领域的研究生和本科生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

安全结构理论/金智新著. —北京:科学出版社,2012. 12

ISBN 978-7-03-036778-5

I. 安… II. 金… III. 安全科学-理论研究 IV. X9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 036504 号

责任编辑:顾英利 / 责任校对:张凤琴

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕 者

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 12 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2012 年 12 月第一次印刷 印张:12

字数:223 000

定价:60.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

目 录

前言

第 1 章 安全科学与技术发展现状	1
1.1 安全科学的基本概念	1
1.1.1 安全的内涵	1
1.1.2 安全学科的属性	2
1.1.3 安全科学理论体系	3
1.2 事故致因理论	12
1.2.1 海因里希因果连锁论	13
1.2.2 心理动力理论	14
1.2.3 能量转移论	14
1.2.4 瑟利模型	21
1.2.5 撒利模型	22
1.2.6 变化-失误理论(变化分析法)	23
1.2.7 轨迹交叉论(事故模型)	23
1.3 危险源理论	24
1.4 安全系统工程	26
1.4.1 安全系统的概念	26
1.4.2 安全系统工程的发展过程	29
1.4.3 安全系统工程的内容及其优越性	30
1.4.4 安全系统工程的方法论	33
1.5 安全人机工程	34
1.5.1 安全心理学	34
1.5.2 安全经济学	37
1.5.3 安全法学	48
第 2 章 安全问题分类	52
2.1 安全问题分类现状	52
2.1.1 依据领域的安全问题分类	52
2.1.2 安全生产事故分类	53
2.2 安全问题的本性分类	54

2.3 危险源与安全直接主体的活动	56
2.4 基于能量流结构的安全分类	57
2.4.1 广义能量	58
2.4.2 广义能量的流动	58
2.4.3 能量流的量变形式	59
第3章 安全能量流结构分析	62
3.1 能量流结构意义下的安全要素	62
3.1.1 安全要素	62
3.1.2 安全要素与能量流结构符号	63
3.2 安全系统能量流结构	64
3.2.1 攻击型能量流结构图举例	64
3.2.2 流失型能量流结构图举例	70
3.3 基于能量流结构分析的安全控制	72
3.3.1 系统能量流结构分析	72
3.3.2 基于能量流结构的安全系统控制	74
3.3.3 基于能量流结构的系统安全分析方法	76
第4章 集合理论基础	78
4.1 经典集合与运算	78
4.2 经典关系及运算	79
4.3 模糊集合与运算	83
4.4 模糊集合的分解定理	86
4.5 模糊关系与运算	88
第5章 因素空间的事件属性与安全表述	91
5.1 因素状态与属性	91
5.1.1 事件的因素状态空间	91
5.1.2 事件的属性	93
5.2 简约因素空间与安全表述	97
5.2.1 事件的活动环境	97
5.2.2 活动环境致因的安全事件因素集	99
5.2.3 因素状态空间与安全结构函数	99
5.3 基于安全结构函数的安全分析	103
5.3.1 事件属性测度与活动环境安全分析	103
5.3.2 随机活动环境的安全分析	106
5.3.3 具有成本的活动环境安全与高危行业评价	108

5.3.4 安全事件的危险性	110
第6章 安全事件的因素与属性获取	113
6.1 粗糙集基本理论	113
6.1.1 粗糙集的定义	113
6.1.2 知识与粗糙集的分类背景	115
6.2 安全事件表述的精度	122
6.2.1 因素的近似精度	122
6.2.2 分类的近似精度	123
6.2.3 因素的重要度	125
6.3 事件表述的约简	130
6.3.1 因素的简约与核	130
6.3.2 因素的相对简约	132
第7章 生产安全系统结构	136
7.1 生产活动载体与安全事件形式	137
7.1.1 生产安全事件的形式	137
7.1.2 生产活动载体安全事件的要素	138
7.1.3 生产链与安全关联链	140
7.2 生产活动干预载体灾变的简约因素空间	143
7.2.1 生产活动载体的正、负干预	143
7.2.2 载体干预作用及安全事件的简约因素空间	143
7.2.3 生产安全系统的构建	146
7.2.4 简约因素空间上的生产安全分析	149
第8章 生产安全系统的结构分析与评价方法	156
8.1 关键生产活动点——工位因素性分析	156
8.2 关键生产活动点——载体干预方式分析	160
8.3 生产安全事件的危险性评价	164
8.3.1 命题与推理	164
8.3.2 载体安全事件的模糊推理模型与危险性评价	166
8.4 基于工位因素的干预分析及安全预测	171
参考文献	176
后记	177

第1章 安全科学与技术发展现状

安全是人类活动与环境危险因素相互作用的对立统一体。安全是人类生存发展最为重要的物质基础,是人类生存发展的第一要素和必要条件,如果没有安全保障,人类为生存所从事各种活动就会受到环境或灾害的威胁。

安全科学是以研究人类生存系统环境中预防与控制伤害为主要目标的一门科学,安全科学与技术的发展直接源于人类的社会生活和生产的需要,同时,随着人类的不断进步和科学技术的发展,新的安全问题也随之不断地产生,人类对安全科学的认识也逐渐从低级走向高级、从感性走向理性、从经验走向科学。

1.1 安全科学的基本概念

1.1.1 安全的内涵

“安全”是安全科学中的最为本质的概念,由于安全问题几乎涉及人类生存与生产的所有领域,故而,对于“安全”的表述也有很多,例如:

“安全是指不受威胁,没有危险、危害、损失,是免除了不可接受的损害风险的状态。”“安全是人类的整体与生存环境资源的和谐相处,互相不伤害,不存在危险和危害的隐患。”“安全是在人类生产过程中,将系统的运行状态对人类的生命、财产、环境可能产生的损害控制在人类能接受水平以下的状态。”“安全是指不因人、机、媒介的相互作用而导致系统损失、人员伤亡、任务受影响或造成时间的损失。”……国家标准(GB/T 28001)对安全的定义为“免除了不可接受的损害风险的状态”。

从汉字的字面上看,中国人对“安全”的理解是“无危则安,无缺则全”,即安全是指没有威胁、危害和损失。

在传统的安全生产科学研究中,把存在威胁、危险或遭受损害的直接对象称为安全主体。例如,国家安全问题的安全主体是国家,网络安全问题的安全主体是计算机及其网络,生产安全问题的安全主体是生产过程中人与物组成的系统,铁路交通安全问题的安全主体是整个铁路运行过程中的系统等。

事实上,无论是国家安全、网络安全、生产安全、交通安全,还是食品安全、医疗安全等,它们都是与人类的生活息息相关的,任何一个领域受到威胁,最终都要

威胁到人类。无论任何领域中的安全问题,最终都是对人而言的,是指对人没有直接或间接的威胁、危害和损失的状态。离开了人,就没有安全与不安全之分。例如,地震是一个危及安全的事件,但是发生在海洋深部的地震,只要对人类生活和财产不造成任何直接或间接的影响与损失,就认为是安全的。近些年来,人们开始重视珍稀野生动物的安全问题,那也是因为稀有物种的保护有利于自然界生态的均衡发展,进而有利于人类的生存。又如,在计算机遭到病毒的攻击中,安全的主体表面上是计算机,但是,计算机是人类所使用的信息处理工具,计算机感染病毒的结果是人类社会、经济或生产活动受到损害,最终的安全主体仍然是人,或者说,人是一切安全问题的终极主体。

正因为人是一切安全问题的终极主体,所以,安全也是相对的。对于具有根本利益冲突的两部分人群(如战争中的敌对双方),一方的安全存在往往被视为对另一方的威胁。所以,“安全”只是对某一特定人群或个人而言的。

但是,在安全管理的现实问题中,我们主要还是关心那些存在威胁、危险或遭受损害的直接对象,我们称这些对象为安全直接主体。它可以是人,也可以是社会组织、人的生产活动过程、政治活动、生产资料、设施与资产等。

1.1.2 安全学科的属性

安全科学成为一门独立的学科始于 20 世纪 80 年代初。然而,对于安全学科的属性争论一直未停止。

由于安全问题几乎涉及自然科学与社会科学的所有领域,涉及人类生活、生产、生存的所有环节,进而产生了许多领域性安全问题,如:国际关系安全、社会安全、经济安全。其中国际关系安全还可以细分为国家领域安全(包括领土、领海、领空安全)、军事安全等;社会安全包括食品安全、医疗安全、生态安全、交通安全、消防安全等;经济安全包括能源安全、金融安全、网络安全、农业安全、信息安全、生产安全等问题。

也正是由于安全问题涉及领域的广泛性,学者们对安全学科也形成了如下一些认识:

- (1) 安全学科是一个跨门类、综合性强的横断学科。
- (2) 安全学科是一个跨门类、多学科、综合性、横断性和交叉性的学科。
- (3) 安全学科属于既非自然科学、亦非社会科学;既非纵向学科、亦非横向学科的综合学科。

综上所述,一些学者认为,安全学科无本身的专属领域,或者说,安全学科是一门难以被科学界所承认的“杂烩”学科。

要使安全科学成为一门独立的科学,就需要构建一个既适于各种不同的领域

(包括社会、经济、生产、信息等)、又具有自身独特属性的理论体系,也就是说,要摒弃上述对安全学科的各种认识,就必须去发现安全学科的独有属性和普适的规律。

1.1.3 安全科学理论体系

任何一门学科都有其独特的学科定位、研究对象和研究方法,形成科学的理论演绎体系。安全科学亦如此。经过几十年的发展,安全科学已经形成了自身的科学体系,有自成一体的概念、原理、方法和系统。

1.1.3.1 安全科学的定义

“安全科学”一词最初在1973年美国创刊的《安全科学文摘》中出现。1981年,德国教授库尔曼在《安全科学导论》专著中首次把“安全科学”作为学科概念做出了解释,他认为:“安全科学的主要目的是使应用技术的危害作用绝对地最小化,或者至少将其保持在可容许的限度内。为实现这一目标,安全科学的特定功能是获取及总结有关知识,并将有关发现和获得的知识引入到安全工程中来。这些知识包括应用技术系统的安全状况和安全设计,以及预防技术系统内固有危险的各种可能性。”在库尔曼的安全科学定义中,将安全科学的研究领域仅局限于技术应用中潜在危险带来的安全问题,没有涉及人们最为关心的社会或军事上的安全,也不涉及与疾病有关的安全问题,显然对安全科学的研究领域的表述是不够的或者说是全面的。

比利时J. 格森教授对安全科学做了这样的定义:“安全科学研究人、技术和环境之前的关系,以建立这三者的平衡共生生态(equilibrated symbiosis)为目的。”此定义将安全科学的研究对象限定在技术的应用安全领域,从系统的角度来全面考察事故,明确指出安全科学以探索技术系统内各种组元运动规律为研究对象,其目标是保障人的安全,避免财产损失,并保护环境,实现人、技术和环境的和谐发展。

1985年,我国学者刘潜将安全科学定义为:“安全科学是一门专门研究人们在生产及其他活动过程中的身心安全(包括安全、健康、舒适、愉快乃至享受)与否的矛盾,以达到保护活动者及其活动能力,保护其活动效率的跨门类、综合性的横断科学。”这一定义将安全科学的研究对象从技术的安全领域,延伸到人类一切活动中危及人的身心安全的其他因素。后来,刘潜教授根据科学技术学的原理,对安全科学的研究内容重新做了界定,将安全科学重新定义为:“安全科学是一门专门研究安全的本质及其运动、转化规律与保障条件的科学。”

还有的学者认为:“研究生产中的人-机-环境系统,实现本质安全化及进行随机

安全控制的技术和管理方法的工程学称之为安全科学。”

上述安全科学的定义分别从不同角度揭示了安全科学某一方面的内容。

安全科学与人类生产、科学实践活动中所遇到的危险、异常、隐患、事故、灾害的关系就像几何与现实空间中的具体实体的关系一样,它是以一切危险、异常、隐患、事故、灾害为研究对象的。安全科学研究的是一个理念的、抽象的但又是技术的科学体系,在方法上,与数学、物理、化学中研究一些理想系统是一样的。在研究某种事故规律时,并不是侧重于该事故是甲是乙,而是用逻辑抽象的办法研究其规律。也就是说安全科学是研究危险和事故规律的科学。学科不同、专业不同、生产科研过程不同,却存在事故的相似性。规律是知识体系的核心,只有掌握了危险因素、危险状态及转化变化为事故的规律时,才能正确地解释事故现象、预测事故发生的规律,安全科学才能真正建立起来,揭示安全事件的本质,研究和掌握安全事件发生的规律,是安全科学的重要任务。

长期以来,发展安全技术的驱动力是人类在应用有关技术时从损害中获得的经验。然而,这种经验只在有限的认识能力范围内取得,它所感知的只是损害与原因之间简单的因果关系,而不是洞察许多不同现象之前普遍的因果关系。为了从简单的因果分析或仅以单一组元为研究对象的感知模式中解脱出来,安全科学要处理系统中包含的各种组元,不仅需要处理那些由人、机器、环境及其相互作用构成的安全技术、产业安全和污染控制的许多问题,还需要揭示人的身心免受外界因素危害的安全状态及保障条件的本质与其变化规律、影响因素及转化条件,研究消除或控制危险和转化条件的理论和技术,为人们提供安全科学的思想方法。由于安全问题的广泛与过程的渗透性、突变性的特点,安全科学需要研究整个工程领域、生产领域的复杂大系统才能实现安全科学任务。当今时代已经具备研究复杂现象、大系统的条件。过去人们只是研究单一的事故及其规律,研究某一行业、某些工程领域,如果不能按照哲学抽象的逻辑推理和分析的方法研究其共同规律,建立起理论科学体系,就不能实现这个目的。

综上所述,我们将安全科学定义如下:安全科学是研究事物安全与危险矛盾运动规律的科学。其主要研究内容为:研究事物安全的本质规律,揭示事物安全相对应的客观因素及转化条件;研究预测、消除或控制事物安全与危险影响因素和转化条件的理论与技术;研究安全的思维方法和知识体系。

1.1.3.2 安全科学中的基本概念与研究对象

1) 安全科学的状态概念

安全科学的状态概念,是指能够对事物安全状态进行定性描述的基本概念。

概念 1 安全:事物的主体受到损伤在某一限度内的状态,该限度可以根据具

体事物对安全度的要求来确定。

概念 2 危险:事物的主体受到损伤和威胁超过了某一限度的状态。

概念 3 事故:事物的损伤量达到极限值而发生的原事物的局部或整体秩序紊乱与瓦解的状态。自然界的事故状态称为灾害。

2) 安全科学的本质概念

安全科学的本质概念是指能对事物安全性态进行本质性描述的基本概念。

概念 1 损伤(E):事物在内、外因作用下随时间的破坏量。

$$E = F(I, W, t) = H(A_d/A_0) = H((A_0 - A_e)/A_0)$$

其中, I 表示造成事物损伤的内因; W 表示造成事物损伤的外因; t 为时间; A_0 表示事物的整体; A_d 表示事物整体中受到损伤的部分; A_e 表示事物整体中未受到损伤的部分。

概念 2 安全度(S):描述事物保持安全状态的概率值。

$$S = 1 - S_d$$

其中, S_d 表示事物可能发生事故状态的概率, 也即危险度。

概念 3 寿命极限(T):事物仅在内因作用下损伤量达到极限的时间, 或事物从诞生经理想环境过渡到事故发生所经历的时间。

$$T = T(E_{\max}),$$

其中, $E_{\max}$ 表示事物损伤的最大极限值。

概念 4 系统:进行安全状态研究的对象, 是一个或多个事物的集合。

3) 安全科学的过程概念

安全科学的过程概念指能对事物安全性态进行动态描述的基本概念。

概念 1 秩序:事物自身的组成、结构和内部运行规律。

概念 2 安全流变:事物的损伤量随时间变化的量变过程。

概念 3 安全突变:事物从危险状态到事故状态的质变过程。

4) 安全科学的研究对象

安全系统是由人-机-环境构成复合系统。从灾害根源上看, 事故是人-机-环境系统出现异常状况的结果。从另一角度, 人类安全活动所追求的是保护系统中的人、技术、设备及环境。从实现安全的手段上看, 除了技术措施, 还需要人的合作、环境的协同。因此, 安全科学的研究对象可定义在某一特定领域的人-机-环境系统。图 1-1 表示简化的人-机-环境系统, 包含三个子系统, 即人的子系统、机器的子系统、环境的子系统。这里的“机”是广义的, 它包括劳动工具、特定的机器(设备)、劳动手段以及其他任何技术产物。

在人-机-环境系统中, 各个子系统都不是孤立存在的, 而是相互作用、相互联系的。首先, 机器的设计、制造、安装和使用都是由人来进行的, 而人与机器发生

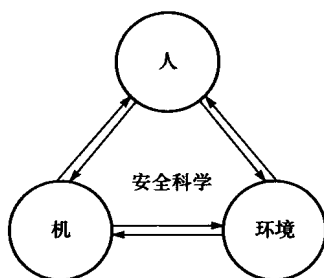


图 1-1 安全科学研究对象

作用的时候,也就暴露在机器的危害之中,这是人和机器的相互作用。此外,人在操作、控制机器的时候,要作用于环境,例如,一座生产着的造纸厂就会产生污水、废气和固体废弃物等污染环境。反之,环境系统也会作用于人、机两个子系统,例如声、光、热等环境会影响人的思维和行为,影响机器的寿命,而震耳欲聋的噪声环境容易使人得病,地震、地下水位等环境因素则会影响城市建筑、水库大坝等。图 1-1 包含了无数重叠的子系统 and 反馈过程。人类生活的空间可以看作是一个庞大的人-机-环境系统,根据不同的研究目标,可将此系统进行分解。由于我们所涉及、关心的安全主要是人们的生产、生活领域中的安全,所以,在考查与研究时,人们选用的主要是人类在生活和生产领域的人-机-环境系统,如家庭、交通和产业中的人-机-环境系统。人-机-环境系统的安全性取决于各子系统的特性和子系统之间的交互作用,以及系统与外部环境的相互影响。

人-机-环境系统工程的研究内容可用图 1-2 来形象地予以描述。它包括 7 个方面:人的特性的研究、机器特性的研究、环境特性的研究、人-机关系的研究、人-环境关系的研究、机-环境关系的研究、人-机-环境系统总体性能的研究。

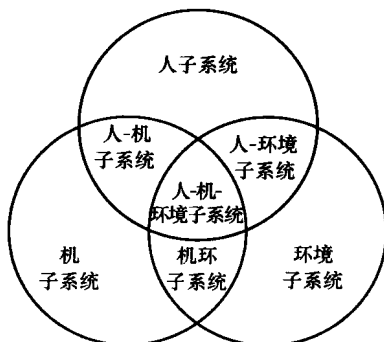


图 1-2 安全系统元素构成及关系图

1.1.3.3 安全科学的研究方法

由于安全科学理论基础的多学科性以及安全科学研究人员从业背景的多样性,安全科学的研究也具有多样性。在安全科学的研究方法中,既有自然科学的研究方法,又有社会科学的研究方法;既有定量的方法,又有定性的方法,同时还有定性定量相结合的综合集成的方法。安全科学的研究方法体系可视为多种研究方法交叉组合、综合运用系统集成。

1) 观察法

观察法是人们对自然现象在自然发生的条件下进行考察的一种方法。观察是人们初步感知安全问题、认知安全科学的一种方法。从安全科学发展史看,早期人们仅从自然现象中去观察、观测一些危险和事故。通过大量的观测,分析归纳总结出隐藏在现象(经验材料)背后的一些安全现象及规律,得出一些结论,并由此可以解释一些自然现象。早于人们干预自然能力的限制,即使在科学技术高度发达的今天,也仍然存在无法用人工方法重现自然现象的领域。只有经验材料十分完备、准备可靠,才能在这些材料的基础上建立正确的概念和理论,揭示对象的本质和规律。因此,观察法不仅在古代非常重要,而且在今天仍然十分重要。

2) 实验法

实验法就是人们根据研究的目的,应用科学仪器人为地控制、创造或纯化某种自然过程,使之按预期的进程发展,同时在尽可能减少干扰的情况下进行定性或定量观测,以探求该自然过程的变化规律。实验法是安全科学最直接、最常用的方法之一。通过安全工程实验,人们可以获得关于事故原型的信息,认识各类危险、各种事故的行为。

3) 假说法

科学假说是针对某一旧理论无法说明或解释新事实和新现象,在资料收集比较丰富的基础上,提出的一种假定性理论说明。这个假说是否正确或能否上升为科学理论,要求对材料和现象进行一系列的逻辑推理和观察实验论证。如果论证结果正确,就要逐步系统化和合理化使之成为普遍接受的科学理论。哥白尼的“日心说”和开普勒的行星运动定律在很大程度上是一种数学假说,这种数学假说是基于毕达哥拉斯学派“数学的和谐性”思辨,但不是先验的,为了论证假说,他们运用了大量的数学方法来分析归纳行星运动。开普勒对此就有很明确的表示:“有效的数学假说必须是在观察到的世界中能够严格地加以证实的假说。”在假说论证过程中必须要以严密的逻辑推理来保证。最早对假说引入一套完整的逻辑推理的笛卡儿,为了辩护他的涡旋假说,他提出了“以直观一演绎的逻辑方法为核

心,以事实验证为补充”的逻辑模式。伽利略在反驳亚里士多德的论断时,也曾假设的基础上,运用逻辑推理的方法进行论证。科学假说在近代后期成为了一种重要的研究方法,同时带动了分析、比较、分类、归纳、演绎等逻辑规则的运用与发展,为辩证的发展奠定了基础。

4) 归纳与演绎方法

归纳和演绎是两种不同的推理和认识现实的科学方法。归纳法指从具体事实到抽象理论的过程,从数据或证据出发推出结论。事实支持结论,而结论解释事实,归纳出结论是一个推理上的飞跃。演绎法则是指从抽象理论到具体事实的过程,它的结论必然能从前提推衍出来,如前提为真则结论为真。演绎法常可理解成归纳的逆向思维。演绎从一般到具体,从解释到事实,而归纳从具体到一般,从事实到解释。事实上,在安全科学研究过程中经常需要综合运用两种推理方法。当观测到一项事实并产生“为什么”的疑问时,归纳推理出现,人们将提出一种初步的解释(假设),如果能解释面临的事实或事件则假设合理。至于是否能解释这个事实或事件,根据是否正确,又要凭借演绎思维。在实际研究中,演绎和归纳方法总是相互交替运用。图 1-3 所示的华莱士(W. L. Wallace)总结的科学研究过程推理模型,理论、假设、观测和经验概括四要素形成没有终端的研究工作循环。将些模型分成左右两半的话,右边 T—H—O 表示演绎推理过程,先以某种理论为根据提出假设,然后观测事实,验证此假设;左边 O—E—T 表示归纳推理过程,先观测事实,再进行经验概括,经验概括就是根据统计数据和事实,概括出经验定律或经验公式,然后将此经验公式纳入理论体系,作出机理解释。如将此模型分成上下两半,则上半部 E—T—H 表示理论研究内容。经验概括只适合于一定的时空环境,仍然停留在经验层次上。经过研究者的猜想、想象、洞察和思辨对此经验概括提出机理解释,形成新假设或命题,以至形成新理论或修正,充实原有理论。这种由经验概括上升到理论的过程,实际上是经历了认识上的一次“飞跃”,并非是靠观测事实和规则概括就能推导出来的,需要研究者的直觉判断。在形成新理论基

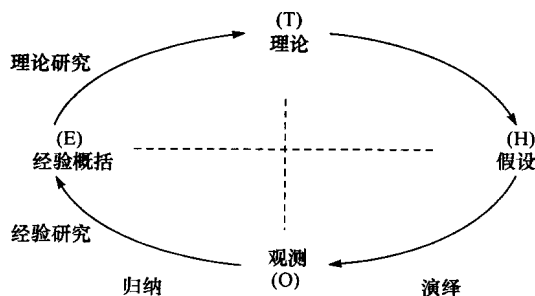


图 1-3 归纳与演绎的关系

础上,又可演绎出新的假设。模型下半部 H—O—E 表示经验研究即实证研究,提出以一种假设作研究的起点,然后观测事实,并通过统计分析总结这些观测结果,证实或证伪最初的假设。

华莱士模型表示观测、经验概括、理论和假设四个要素直接或间接相互作用。从经验概括到理论(E—T)是机理解释的过程,T—H 是以理论为根据臆测出某种假设的过程,H—O 是设计收集数据和事实的方法以验证假设的过程,而 O—E 则是统计分析从数据和事实中定量地辨识出变量间关系的过程。然而,此模型中上、下和左、右部分无法分离,实证研究中假设的提出离不开以现有理论为出发点,而理论研究也离不开在观测事实基础上的经验概括。理论推理与经验论证以及演绎推理与归纳推理的互动,形成研究工作的良性循环。具体的研究工作可能只包括其中一个或几个阶段,但都与此模型中的其他阶段互相关联,理论和观测事实不能脱节。例如从观测到经验概括阶段,这段工作价值的大小直接受制于所要验证的假设的价值。同样,在理论演绎推出假设的阶段也要考虑到假设在现实生活中验证时所应用的事实。

5) 系统分析法

系统分析方法来源于系统科学。系统科学是 20 世纪 40 年代以后迅速发展起来的一个横跨自然科学与社会科学的新兴学科,它从系统的角度去考察和研究整个客观世界,为人类认识和改造世界提供了科学的理论和方法。系统科学的产生和发展标志着人类的科学思维由主要以“实物为中心”逐渐过渡到以“系统为中心”,是科学思维的一个划时代突破。

系统分析方法就是按照事物本身的系统性把对象放在系统的形式中加以考察的一种方法,强调从整体与部分相互依赖、相互渗透、相互制约的关系中揭示系统的特征和运动规律。系统分析方法不仅是安全科学研究最基本的方法,而且是解决相关安全问题的重要手段。

系统概念的范畴很广,通常包括系统的定义、结构、层次、实体、属性、行为、功能、环境、演化与进化等。在自然界和人类社会中,凡是具有特定功能、按照某些规律结合起来相互联系、相互制约、相互作用、相互依存的事物总体,均可称为系统。为了便于分析、研究、控制和管理,可从不同角度对其进行各种分类。广义地讲,系统包括自然系统和人工系统,工程系统和非工程系统,并有简单系统与复杂系统,中小系统、大系统和巨系统之分。由于构成系统的实体、属性、行为及环境等方面的内容各异,一个独门的系统总是以其特有的外部表征和内在特性而区别于其他系统,系统内部各要素的综合作用决定了整体性。在分析和解决安全问题时,不能孤立地、静止地、片面地处理系统的不安全因素,必须强调系统整体动态的安全,对各要素统筹兼顾,增加安全因子的整体功能,削弱危险因子的整体

功能。

6) 矛盾分析法

矛盾分析法就是运用唯物辩证法关于矛盾学说的观点,对客观事物的矛盾进行辩证分析的方法。安全现象是诸多矛盾的外部表现,矛盾在不同时期有各自不同的特殊性,在这里必须用质和量两个方面加以分析,矛盾的质发生了变化,事物的安全状态也要发生根本性变化;矛盾的质没有发生变化,但量发生了变化,使事物安全的发展显示出阶段性。如果能深刻认识安全领域中各种矛盾,区分主要矛盾和次要矛盾、矛盾的主要方面和次要方面,并能正确地解决矛盾,就会促进事物的安全发展。

7) 过程还原法

过程还原法就是用现有的科学手段对事物由安全向危险转化的过程进行再现,并据此研究和发现这一过程的规律和方法。事故的发生发展过程遵循其自身的发展规律。研究事物由安全向危险发展的过程不能只从过程的表面出发,必须对事物发生和发展过程进行深入调查和分析,由表面特性入手寻找这一发展过程内在的根本原因和发展规律。由于安全科学本身的学科属性和特殊性,即以研究事物发生事故的发展过程为主要研究内容,而事故的发生基本是不能再现的,也很难进行现场实地实验,因此,过程还原法是安全科学研究方法所固有的独特的研究方法。过程还原法主要有如下几种:依靠人的记忆和经验还原;管理制度、文件资料和记录数据还原;现场痕迹还原;逻辑推演还原;模拟实验还原和计算机数值模拟还原等方法。在安全科学研究过程中,一般都采用多种还原方法综合进行。还原的目的在于深入研究事物安全与危险的转化过程,发现导致过程秩序紊乱、隐患产生和扩大,最终导致事故发生的关键环节和问题,得出其规律性,汲取教训,采取有效防范措施,预防、控制事故的重复发生。

事故发生后进行调查就是过程还原法的典型应用。事故调查是掌握整个事故发生过程、原因和人员伤亡及经济损失情况的重要工作,它根据调查结果分析事故责任,提出处理意见和事故预防措施,并撰写事故调查报告书。事故调查的主要程序包括组成调查组,进行现场痕迹勘察与取证、人员调查询问、资料查阅、事故鉴定、模拟试验等,并收集各种物证、人证、事故事实材料(包括人员、作业环境、设备、管理、事故过程材料)、调查结果是进行事故分析的基础材料。事故树分析(逻辑推演还原)是从结果到原因找出与灾害有关的各种因素间因果关系和逻辑关系的分析法。模拟实验是充分收集事故现场及其诸要素而进行的一种还原事故的实验。由于绝大多数事故现场所反映出来的事故发生信息都是支离破碎或残缺不全的,对事故现场的模拟恢复也多是不完整的、局部的和片段的。计算机深化模拟则是根据事故现场收集的一些基本数据、图片资料,

利用计算机三维空间模拟系统,还原出事故发生过程,并对事故后果进行模拟分析。

1.1.3.4 安全科学的学科体系

安全问题不仅涉及人,还涉及人可以利用的物,其知识涉及面较为广泛。安全科学以物质在各种状态和条件下是否能够产生危险、构成事故为研究的共同点,在概念、语言、方法等方面筑起了一座座贯通的桥梁,建立起一门新兴科学。安全科学本质上不仅包括自然科学,而且包括社会科学,是社会科学与自然科学的交叉学科,具有跨学科、交叉性,横断性、跨行业性等特点。安全科学的结构见图 1-4。

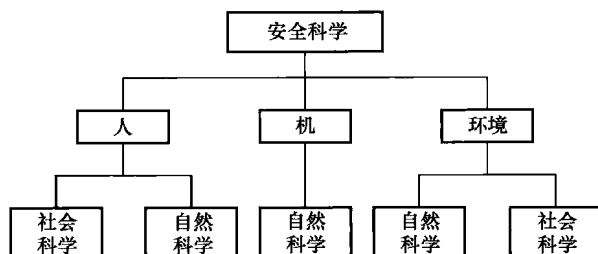


图 1-4 安全科学是社会科学与自然科学的交叉学科

安全科学以不同门类的学科为基础,经过几十年的发展,已经形成了自身的科学体系,有自成一体的概念、原理、方法和系统,安全科学的学科体系见图 1-5。

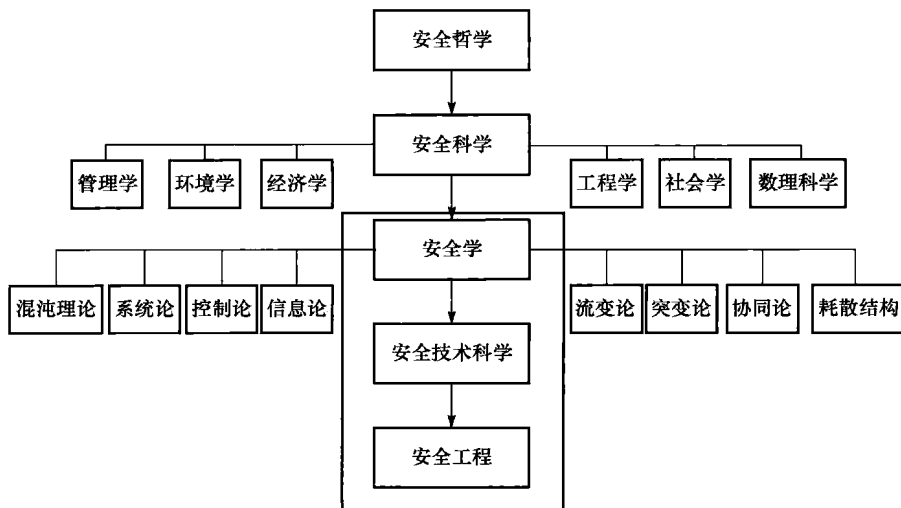


图 1-5 安全科学的学科体系层次