

安全系统学导论

主 编 王凯全

副主编 王晓宇 毕海普

毛 宁 袁雄军



科学出版社

安全系统学导论

主 编 王凯全

副主编 王晓宇 毕海普

毛 宁 袁雄军

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以辩证唯物论的认识论、系统论、系统工程学、安全学等安全科学的基础理论为指导,分章论述了系统与安全系统、安全系统动力学、安全系统方法学、安全系统工程学、安全系统技术等内容。

全书共分为5章。第1章介绍安全系统学的基本概念,分析安全系统和事故系统的关系,阐述安全系统的思维、安全系统学的研究方法和内容;第2章说明安全系统动力学的特征,简述安全系统结构论、信息论、协同论、控制论、突变论的基本内容;第3章阐述安全系统方法学的基本原则,分别介绍安全系统规划论、预测论、决策论、对策论、图论、价值论、排队论等内容;第4章介绍安全系统工程学的内涵,分别介绍安全系统的功能安全、结构整合、层级保障、持续改进及可靠性工程等内容;第5章阐述安全系统技术特征,分别介绍安全系统风险评估技术、事故防控技术、本质安全化技术等内容。

本书可供高等学校安全工程及相关专业师生学习和参考,也可供安全科学和工程技术、安全管理人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

安全系统学导论 / 王凯全主编. —北京: 科学出版社, 2019.3

ISBN 978-7-03-058324-6

I. ①安… II. ①王… III. ①安全系统工程 IV. ①X913.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第163647号

责任编辑: 陈雅娴 侯晓敏 付林林 / 责任校对: 杨 赛

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 迷底书装

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>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年3月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2019年3月第一次印刷 印张: 17 3/4

字数: 454 000

定价: 69.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

安全是人的身心免受外界因素危害的存在状态（健康状况）及其保障条件。

人类在社会历史发展的漫长进程中，对安全认识的过程经历了自发安全认识、局部安全认识两个阶段。20 世纪初，随着工业生产高度系统化，它给人类社会带来了复杂的安全问题，人们开始进入系统安全认识阶段。20 世纪中叶，在工业工程和生产技术工程人员中出现了运用系统安全认识的技术理论解决种种安全问题的、专门的安全技术职业人员。与后来的安全系统认识相对应，安全科学学科理论创建的标志是 1981 年德国锅炉专家库尔曼出版《安全科学导论》（德文版）一书，指出“应该将安全科学看作是相互渗透的跨学科的科学分支”，“研究技术应用中的可能危险产生的安全问题”。1983 年，日本井上威恭教授将生产过程中的种种安全技术理论概括为安全工程学。1985 年，我国召开全国劳动保护科学体系第二次学术讨论会，我发表了《从劳动保护工作到安全科学之二——关于创建安全科学的问题》论文，开始了安全科学学科理论的创立与实践，并获得重大成果，得到学术界认可。时任中国科学技术协会主席、中国工程院院长的朱光亚在 1994 年中国科协组织召开的全国学科发展与科技进步研讨会上指出：“中国劳动保护科学技术学会始终围绕学科、专业框架体系的建立，打破行政部門容易产生的分割束缚，使学科理论不断发展，终于在 1993 年 7 月 1 日开始实施的国家标准《学科分类与代码》中，实现以‘安全科学技术’为名列为该标准的一级学科（代码 620），为在学科分类中打破自然科学与社会科学的界线，设置环境、安全、管理综合学科，从而在世界科学学科分类史上取得了突破，做出了贡献。”以此为基础，开始从系统安全理论认识向安全系统理论即安全学科理论认识的升华，进入安全科学学科理论的创立与实践的关键时期。

系统安全认识是对安全存在领域的认识，即对安全的外延和静态的认识。而安全系统认识是对安全自身作为相对独立系统的认识，该系统由安全的学科科学（对安全自身的本质及其运动变化规律的理论）、应用科学（解决安全实践问题的方法、手段、措施的理论）和专业科学（将学科科学理论转变为应用科学理论的桥梁和载体）三种科学学科及特定问题研究（如安全事故研究）共四个方面构成。

安全系统认识是对安全的本质、运动变化规律及其保障条件的认识，是人类对安全从现象到本质的理论认识规律上的一次科学革命。安全科学学科理论的创立则是安全科学革命成功的标志，体现了人类进入对安全本身的内涵结构、功能及其完整的理论体系认识的新阶段。

安全系统本身需要结构保障作为条件，其结构理论是“安全三要素四因素”系统原理。安全的保障条件表现为安全科学技术体系结构，这个体系结构的横向由安全人体学、安全物质学、安全社会学、安全系统学四个分支学科构成；纵向由安全哲学、安全学（安全基础科学）、安全技术（安全技术科学）、安全工程（安全工程学）三个台阶四个层次构成。

安全科学理论的建立，使其在我国科教六大领域中获得了一级地位，即：一级学术团体、《中国图书馆分类法》基本大类、一级学会刊物《中国安全科学学报》、国家标准 GB/T 13745—2009《学科分类与代码简表》安全科学技术一级学科（代码 620）、单列安全工程师技术资格以及在 2011 年 3 月经国务院学位委员会第二十八次会议通过的《学位授予和人才

培养学科目录》中将“安全科学与工程”单列为工学门类的第 37 个一级学科，标志着安全科学学科、专业高等教育进入新阶段。

构建“安全科学与工程”一级学科、专业相匹配的安全科学技术体系基础理论教材，对于提升“安全科学技术”学科科学教育水平，培养高素质的安全工程技术及管理人才，满足国民经济和社会的安全科学发展的需求，具有重要意义。惜作为安全科学学科理论体系核心内容的安全系统学，国内迄今尚未有专门的论著面世，实为憾事。

常州大学王凯全教授长期从事安全科学与工程的教学科研工作，对安全系统学的研究有一定的造诣。其所著《安全系统学导论》一书，系统全面、深入浅出地介绍了安全系统的相关理论、技术，集中反映了当前人们对安全系统的认识和实践水平。本人拜读该书，受益匪浅，特予推荐，以期抛砖引玉，推动安全系统学教学和科研的发展。

我作为一名从事安全科教工作近 40 年的“老兵”，亲历了我国成功创立安全科学技术一级学科，自始至终参加“安全科学与工程”一级学科、专业目录的创立，经历了艰难而曲折的历程，深感当今安全科学和学科建设与发展局面来之不易。今天有幸与大家共享成果，备感欣慰。如今虽已八十老朽，仍愿继续在安全科教发展的道路上尽自己绵薄之力。

刘 潜

2017 年 9 月于北京

前 言

安全是人类生存的基本条件,也是人类生产活动中必须解决的首要问题。在一定程度上可以认为,人类生存与生产的发展史就是消灭和克服所面临的危险因素,预防和控制各类意外事件,在安全领域不断认识世界和改造世界的奋斗史。

人类在认识世界和改造世界的进程中,伴随着对安全的不懈追求,积累了大量预防和控制各类意外事件的技术、方法、手段、措施等,构建了保障人类生存和生产过程的安全系统。

安全系统在人类安全领域实践的探索中不断深化。一方面,随着生活、生产范围的扩大和工程技术领域的扩张,人类出现了更繁多、更严重、更复杂的安全问题;另一方面,随着经济的发展和社会的进步,人类自身的安全需求不断提高,不但要预防和控制各类意外事件的发生,还要满足安定、舒适、和谐、有尊严的生活和劳动等更高的安全追求。

安全系统在人类安全领域认识的深化中逐渐清晰。一方面,涉及安全问题的生产、生活领域之间,其安全问题的关联度和耦合化日渐明显;另一方面,支撑安全系统的安全科学理论体系、技术手段也呈现多元化、层次化、系统化。

安全系统学是研究安全系统的存在依据、结构特征、运行规律的科学,是人们对安全系统长期不懈的理论研究、实践探索和认识深化的总结,是人类安全哲学发展的标志。安全系统学作为安全科学的重要思想认识基础,在安全科学、技术、工程体系中占据了重要的地位。

安全系统学的生命力在于其理论和实践的统一性。安全系统学在实践探索中诞生,也必将在实践的烈火中淬炼,其本身不仅是理论和科学,还是工程和技术方法。在实践、认识、再实践、再认识的进程中,对安全系统学及安全系统的动力学、方法学、工程学、技术实践等内容和其逻辑关系不断完整、清晰、系统化。

基于以上认识,本书以辩证唯物论的认识论、系统论、系统工程学、安全学等安全科学的基本理论为基础,广泛汇集和总结当前有关安全系统学的研究成果(主要是国内研究人员的成果),概括性地阐述安全系统的基本观念、基本知识及基本技术,试图较为系统全面、逻辑清晰地介绍安全系统的核心和精髓。

作为基础理论教材,本书跟踪安全学科的现状和发展趋势,对安全系统学相关的认识论、方法学、工程学、技术概要等进行归纳、整合、提炼,为安全工程专业后续课程提供理论支撑和逻辑引导。

作为“导论”性书籍,本书力争将安全系统、系统安全、系统安全工程、事故系统等涉及安全系统学的相对模糊的概念、提法予以梳理、对照和简介,使其在安全科学和安全系统学的体系中清晰、严谨。

本书首次系统地阐述了安全系统学的概念、内涵及相关主要内容,同时强调了逻辑上的完整性、章节的相对独立性及内容的实用性,初步构建了安全系统学的框架。

本书是在教育部高等学校安全工程专业教学指导委员会的指导下,在科学出版社的支持下,主要由常州大学王凯全撰稿,常州大学毕海普和袁雄军、常州工程职业技术学院王晓宇、东北大学毛宁参与了部分章节的编写、资料的收集和整理。

我国著名安全专家、安全科学开创者和倡导者、中国职业安全健康协会顾问刘潜先生对本书的编写予以热情的关怀和细致的指导，多次就安全系统观念、理论和科学问题、安全系统的工程和技术方法等深入讨论、认真推敲。刘潜先生的人格修养和学术造诣，不仅促成本书的顺利问世，使本书增色，也为安全工程后辈树立了典范，在此深表敬意。另外，在本书编写过程中，还参考、引用了大量国内外文献资料，在此也向文献作者表示诚挚的谢意。

本书得到安全工程江苏高校品牌专业建设工程一期项目（苏教高〔2015〕11号，PPZY2015B154）、江苏省高等教育教改研究重点课题（苏教高函〔2017〕48号，2017JSJG026）、常州大学2015年度教材建设经费资助，对此深表谢意！

由于编者学识有限，且本书所阐述的主要内容国内尚无专门的论著论述，故书中难免存在不当和疏漏之处，敬请读者批评指正。

编 者

2017年12月

目 录

序

前言

第1章 绪论	1
1.1 系统和系统思维	1
1.1.1 系统	1
1.1.2 系统思维	3
1.2 安全系统	6
1.2.1 安全与安全哲学	6
1.2.2 安全系统及其特征	10
1.2.3 事故系统	17
1.2.4 安全系统思维	20
1.3 安全系统学	22
1.3.1 安全系统学的概念	22
1.3.2 安全系统学的学科地位	23
1.3.3 安全系统学的研究方法	27
1.3.4 安全系统学的研究内容	29
1.3.5 安全系统学研究方法和内容的关联	32
第2章 安全系统动力学	33
2.1 概述	33
2.1.1 系统动力学	33
2.1.2 安全系统动力学特征	33
2.2 安全系统结构论	34
2.2.1 系统结构	34
2.2.2 安全系统要素的两重性	35
2.2.3 安全系统的结构演变	36
2.2.4 安全系统的结构形式	37
2.3 安全系统信息论	39
2.3.1 信息与信息论	39
2.3.2 安全信息	40
2.3.3 安全信息管理	42
2.3.4 安全管理信息系统	44
2.4 安全系统协同学	47
2.4.1 协同学及其特征	47
2.4.2 安全系统协同模型	49
2.5 安全系统控制论	54

2.5.1 控制与安全控制	54
2.5.2 安全控制系统	55
2.5.3 安全控制系统与事故分析	58
2.6 系统突变论	61
2.6.1 突变论及其数学模型	61
2.6.2 事故致因的尖点突变模型	63
2.6.3 安全系统的蝴蝶突变模型	65
第3章 安全系统方法学	68
3.1 概述	68
3.1.1 系统方法及基本原则	68
3.1.2 安全系统方法学的研究对象和程序	69
3.2 安全系统规划论	69
3.2.1 规划论及其数学模型	69
3.2.2 安全系统的线性规划	70
3.2.3 目标规划和整数规划	74
3.2.4 动态规划	77
3.3 安全系统预测论	79
3.3.1 预测论及其分类	79
3.3.2 德尔菲法	80
3.3.3 时间序列法	83
3.3.4 回归预测法	87
3.3.5 灰色预测法	90
3.3.6 模糊预测法	92
3.4 安全系统决策论	96
3.4.1 决策论及其分类	96
3.4.2 确定型决策	97
3.4.3 风险型决策	97
3.4.4 不确定型决策	100
3.4.5 安全系统的综合决策	101
3.5 安全系统对策论	104
3.5.1 对策论及其分类	104
3.5.2 零和博弈	105
3.5.3 非零和博弈	108
3.6 安全系统图论	112
3.6.1 图论及其基本概念	112
3.6.2 安全系统的树图	114
3.6.3 安全系统的连通图	121
3.6.4 安全系统控制流程图	132
3.6.5 安全系统的统筹网络图	134
3.7 安全系统价值论	139

3.7.1 安全的价值特征	139
3.7.2 安全系统效益分析	140
3.7.3 安全系统价值工程	144
3.8 安全系统排队论	147
3.8.1 排队系统及其教学模型	147
3.8.2 安全系统的排队问题	151
第4章 安全系统工程学	158
4.1 概述	158
4.1.1 安全系统与系统工程	158
4.1.2 安全系统工程学的内涵	161
4.1.3 安全系统的开发程序	162
4.2 安全系统功能安全	166
4.2.1 功能安全的概念	166
4.2.2 安全系统完整性等级的确定	167
4.2.3 安全系统功能设计示例	170
4.3 安全系统结构整合	171
4.3.1 安全系统结构整合的原则	171
4.3.2 人的安全工程	173
4.3.3 机的安全工程	175
4.3.4 环境的安全工程	180
4.3.5 安全系统结构的综合分析	182
4.4 安全系统层级保障	185
4.4.1 安全系统层级和屏障	185
4.4.2 安全系统保护层	186
4.4.3 安全系统层级保障的工程化	189
4.5 安全系统持续改进	194
4.5.1 安全系统持续改进的基本认识	194
4.5.2 安全系统持续改进的实施程序	196
4.6 安全系统可靠性工程	200
4.6.1 安全系统的可靠性	200
4.6.2 安全系统结构的可靠性	201
4.6.3 安全系统自检测的可靠性	203
4.6.4 安全系统运行的可靠性	209
4.6.5 安全系统的可靠性评估	211
第5章 安全系统技术概要	216
5.1 概述	216
5.1.1 安全系统技术结构	216
5.1.2 风险及其定量化描述	217
5.1.3 事故预防和控制原理	219
5.1.4 系统本质安全化	223

5.2 风险评估技术	224
5.2.1 风险评估技术的选择	224
5.2.2 典型风险评估技术	228
5.3 事故防控技术	239
5.3.1 事故预防和控制原则	239
5.3.2 事故预防和控制技术	242
5.3.3 事故应急技术	252
5.4 本质安全化技术	257
5.4.1 系统本质安全化技术	257
5.4.2 组织本质安全化技术	262
5.4.3 设备本质安全化技术	268
参考文献	272

第1章 绪 论

1.1 系统和系统思维

1.1.1 系统

1. 系统及其特征

系统源于对英文 system 的音译，意为由部分组成的整体，自成体系的组织。

一般系统论的创始人贝塔朗菲 (Bertalanffy) 强调系统的整体性，认为“系统是相互联系、相互作用的诸元素的综合体”。系统具有边界、组织（或相互作用）、动态的含义。

我国著名系统工程专家钱学森把辩证法引进了系统论，认为系统不但具有整体性，还具有辩证性。他指出，“系统是由相互作用相互依赖的若干组成部分结合而成的具有特定功能的有机整体，而且这个有机整体又是它从属的更大系统的组成部分”，“局部与全部的对立统一是辩证唯物主义的常理，而这就是系统概念的精髓”。钱学森对“系统概念”的内涵作了科学界定，言简意赅地揭示了系统学最核心的概念，使其成为辩证的系统论，即现代系统论。

系统具有整体性、层次性、目的性、适应性等基本特征。

系统的整体性又称为系统性，是系统最基本的特征。系统的整体性包括时间、空间两个方面：在时间上，任何系统都经历从诞生到消亡的过程，任何现实系统所展示的状态既是其先前发展的结果，也是其今后发展的根据；在空间上，系统是所有元素构成的复合统一整体，一个整体系统在任何相互依存的集、群暂时的互动部分。

系统的层次性是指任何较为复杂的系统都有一定的层次结构，其中低一级的要素是它所属的高一级系统的有机组成部分。系统的运动能否有效，效率高低，在很大程度上取决于能否分清层次。

系统的目的性是指系统在一定的环境下必须具有达到最终状态的特性，它贯穿于系统发展的全过程，并集中体现了系统发展的总倾向和趋势。

系统的适应性是指系统随环境的改变而改变其结构和功能的能力。系统在适应性方面涉及三种不同的情况：系统能够依靠本身的稳定性来适应环境的改变；靠一个特殊机制使系统回到原来的稳定状态；系统稳态结构被破坏。

2. 系统要件及运动模式

要素、联系、结构、功能和环境是系统构成的要件。

(1) 要素是构成系统的基本成分。这些要素可能是一些个体、元件、零件，也可能其本身就是一个系统（或称为子系统）。要素和系统的关系是部分与整体的关系，具有相对性。一个要素只有相对于由它和其他要素构成的系统而言，才是要素；而相对于构成它的组成部分而言，则是一个系统。

(2) 联系是系统中的要素与要素、要素与系统、系统与环境之间的相互作用关系。一方面表明系统要素处于不断的运动和变化之中，任何要素的变化都会影响其他要素的变化，进

而影响系统的发展。同时,要素的发展也要受到系统的制约,系统的发展是要素或部分存在和发展的前提。另一方面,作为一个整体的系统与它周围的环境进行物质、能量和信息的交换,形成了从系统的输入端到系统输出端的物质流、能量流和信息流。

(3) 结构是系统内部各要素的排列组合方式。每个系统都有自己特定的结构,它以自己的存在方式,规定了各个要素在系统中的地位与作用。系统的整体功能是由结构来实现的,结构的变化制约着整体的发展变化,也会导致整体性能的改变。

(4) 功能是系统与外部环境在相互联系和作用的过程中所产生的效能。系统的功能体现了系统与外部环境之间的物质、能量和信息的交换关系,是由系统的运动表现出来的。离开系统和要素之间及其外部环境之间的物质、能量和信息的交换过程便无从考察系统的功能。

(5) 环境是系统与边界之外进行物质、能量和信息交换的客观事物或其总和。系统边界起到对系统的投入与产出进行过滤的作用,在边界之外是系统的外部环境,它是系统存在、变化和发展的必要条件。系统的作用会给外部环境带来某些变化,同时系统外部环境的性质和内容发生变化,也会引起系统的性质和功能发生变化。

为了实现系统的功能,系统各要件需有机整合为系统与环境、系统内部处理、系统反馈和自适应等运动模式,如图 1-1 所示。

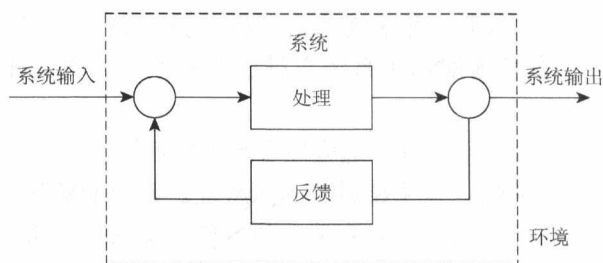


图 1-1 系统的运动模式

(1) 系统与环境的交互过程。系统由环境输入能量、物质、信息,经系统处理后向环境输出能量、物质、信息。系统在其环境约束下,通过输入、输出单元实现系统对外界进行能量、物质、信息等的接收和发布。

(2) 系统内部处理过程。系统内部都有能量、物质、信息三种流的流动。系统本身的运动过程就是在这三种流的处理过程,系统运用处理单元完成对能量、物质、信息等的整理、分析、加工。

(3) 系统反馈和自适应过程。系统运用反馈单元实现对处理结论的调整、修正,调整自身的运行,以适应环境的条件,实现系统整体的功能。

3. 系统的分类

系统的类别主要以其存在的形态区分。

1) 系统的宏观层面

在系统的宏观层面上,分为自然系统、人工系统、复合系统形态。

自然系统内的要素、结构按自然法则存在或演变,产生或形成一种群体的自然现象与特征;人工系统内的要素、结构根据人为的、预先编排好的规则或计划好的方向运作,以实现或完成系统内各要素不能单独实现的功能、性能与结果;复合系统是自然系统和人工系统的组合。可以说,在有人类活动的时空领域,任何系统都是自然系统与人工系统的复合,只是

具有不同的偏重。例如,任何人工构建的生产系统必须顾及自然法则的存在和演变规律,受到自然系统要素的制约。

2) 系统与环境的关联程度

在系统与环境的关联程度上,分为封闭系统和开放系统形态。

封闭系统是一个与外界无明显联系的系统,环境仅仅为系统提供了一个边界,不管外部环境有什么变化,封闭系统仍表现为其内部稳定的均衡特性;开放系统是在系统边界上与环境有信息、物质和能量交互作用的系统。例如,任何生产系统都要与环境有信息、物质和能量的交互作用,是一个开放系统。

3) 系统的状态与时间的关系

在系统的状态与时间的关系上,分为静态系统和动态系统形态。

宏观上没有活动部分的结构系统或相对静止的结构系统是静态系统,如大桥、公路、房屋等。但是由于宇宙本身是动态系统,因此任何静态系统都是相对的、短时的,大桥、公路、房屋都有服务期,都会逐渐劣化,从这个意义上说,任何系统都是动态过程的集合体,运动是永恒的。

4) 系统的物质状态

在系统的物质状态上,分为实体系统和概念系统形态。

实体系统的组成要素是具有实体的物质,如由机械、设备、物料、能源等组成的系统;而概念系统是由概念、原理、原则、制度等概念性非物质实体所组成的系统。在实际生活中,实体系统和概念系统两者是不可分的,概念系统为实体系统提供指导和服务,而实体系统是概念系统的服务对象。

5) 系统的运行模式

在系统的运行模式上,分为控制系统和行为系统形态。

控制系统是具有控制功能和手段的系统,如安全控制系统就是向控制对象施加限制性要求以达到安全目的的系统;行为系统是以完成目的的行为作为组成要素而形成的系统。例如,安全管理系统是执行安全管理功能的系统,其作用是产生安全价值和效用。

6) 系统的内部结构

在系统的内部结构上,分为简单系统和巨系统形态。

钱学森根据系统的规模将其分为简单系统和巨系统两大类,在巨系统中又分为简单巨系统和复杂巨系统。简单巨系统的子系统或元素数量非常庞大,但系统宏观层次上的自组织行为明显、层次简单,而且没有人类意识的参与;复杂巨系统不仅构成的子系统非常多,还表现出系统中的层次复杂,系统的功能和行为不是各子系统功能和行为的简单叠加或复合,甚至可能还有人类意识活动参与系统中,如生态系统、社会系统等。

1.1.2 系统思维

1. 系统思维及其特征

系统思想是系统论的认识基础。系统思想表现在哲学上,是以整体性、辩证观去认识客观世界;表现在工程实践上,是从事物之间相互联系的角度去改造客观世界。

系统思维方式即思维方式的系统性,是系统思想指导下的整体性、结构性、立体性、动态性、综合性思维,是主观思维的系统性与客观实在的系统性的一致性。

(1) 整体性思维是由客观系统的整体性决定的, 它存在于系统思维运动的始终, 也体现在系统思维的成果之中, 是系统思维方式的基本特征。

坚持整体性思维, 就是把整体作为认识的出发点和归宿。在对整体情况充分理解和把握的基础上提出整体目标及限制条件, 再提出能够创造这些条件的各种可供选择的方案, 最后选择最优方案来实现。提出整体目标, 是从整体出发进行综合的产物; 提出条件, 是在整体目标统摄下, 分析系统各要素及其相互关系而做出的; 方案的提出和优选, 是在系统分析的基础上重新进行系统综合的结果。

例如, 解决交通安全问题, 不仅要把车况、路况、天气、驾驶员和行人等影响交通安全的全部要素看作一个系统来考察, 还要把交通安全问题这个系统纳入城市经济建设和社会发展的去考察; 不仅要考察对交通事故个别案例进行分析, 更要认识以认识和解决交通系统整体性、规律性的隐患为目标来进行危险辨识、分析并提出整改措施, 这样才能从根本上预防和减少交通事故的发生。

(2) 结构性思维是由客观系统的层次性决定的, 将系统结构理论作为思维方式的指导, 强调从系统的结构去认识系统的整体功能, 并从中寻找系统最优结构, 进而获得最佳系统功能。

坚持结构性思维, 就是要紧紧抓住系统结构这一中间环节, 去认识和把握系统的要素和功能的关系, 在要素不变的情况下, 努力创造优化结构, 实现系统最佳功能。

例如, 构成生产系统的基本结构是人、机械设备和生产运行环境, 解决安全生产问题, 就要从三者的状态及其相互关系入手, 进行结构分析。同时, 应特别注意人是整个系统起控制作用的中心要素, 要坚持以人为本, 考察和修正与其他要素的联系, 形成预防和抵御各类事故隐患的优化结构。

(3) 立体性思维即开放性思维, 是以纵横交错的现代科学知识为思维参照系, 使思维对象处于纵横交错的交叉点上。在思维的具体过程中, 既注意了解思维对象与其他客体的横向联系, 又能认识思维对象的纵向发展; 既观察系统的现实状况, 又注意系统的历史和发展趋势; 既分析系统内部各要素之间的相互影响和关联, 又判断系统外部环境因素的制约和影响, 从而全面准确地把握思维对象的特征及其发展趋势。

坚持立体性思维, 就要将纵向思维和横向思维有机地统一在一起, 形成一种互为基础、互相补充的关系。

例如, 在进行生产系统事故分析时, 在横向上, 要考察人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全条件及管理缺欠四个要素在系统中的相互作用; 在纵向上, 要考察这些要素的孕育、发生、发展的进程及其对系统的影响; 在此基础上, 还要考察系统外部因素对四个要素及系统整体运行状态的制约。从中找到事故的决定因素和发展规律, 以便科学有效地预防和控制事故, 实现系统安全。

(4) 动态性思维是根据任何系统都是动态的特点, 在思维过程中充分考虑系统内部诸要素的结构及其作用的动态性、系统与周围环境交换活动的动态性。

坚持动态性思维, 就要当系统的内部结构相对稳定时, 考虑系统相对有序的动态性; 当系统的内部结构剧烈变化时, 考虑系统无序的动态性。由于无序的动态性的系统具有更大的不确定性, 是需要疏导和控制的。

例如, 在进行安全管理中, 要全面理解和正确认识系统所特有的动态因素及其外在表现, 创造条件消除和限制系统的不稳定、不安全的因素, 通过能动性的干预使系统不断地从无序向有序转化, 向符合人们安全意愿的方向发展。

(5) 综合性思维是人类思维的基本方式,任何思维过程都包含着方法或内容的综合。其根据有两方面:一是任何系统整体都是这些或那些要素为特定目的而构成的综合体;二是任何系统整体的研究,都必须对它的成分、层次、结构、功能、内外联系方式的立体网络作全面综合考察,才能从多侧面、多因果、多功能、多效益上把握系统整体。

系统思维方式的综合,要求人们在考察对象时要从它纵横交错的各个方面的关系和联系出发,从整体上综合地把握对象,实现从“部分相加等于整体”上升到“整体大于部分相加之和”的综合。

运用系统思维方式综合地考察和处理安全问题,是现代化工业、社会 and 科学发展的客观要求。现代化社会发展使人们进入“地球村”,人类对安全要求空前提高,事故的负面影响迅速扩大,导致人们对安全问题关注的多元化;现代工业生产的集中化、复杂化、自动化,其中的系统安全保障更加关键和复杂,导致安全问题的耦合化;现代科学技术的发展在给人类带来各种便利和享受的同时,也伴随众多留给后代的各种“负效应”,导致美好向往和风险忧患的对立化。

2. 两种思维方式的比较

与系统思维方式相对立的是传统思维方式,是以形而上学的认识论为指导的“孤立、静止、片面的观点”观察事物的思维方式。传统思维方式把被研究对象分成若干独立部分,将其行为定义为各独立部分特性的简单相加;忽视研究对象内外部要素的联系、运动、变化和发展,以固定观念理解研究对象的演化规律;忽视对研究对象历史性的、全周期的观察,仅关注其局部、短时的表现。

两种思维方式在表面上看好像只是形式上的不同,事实上却有本质的差别,用两种方法处理同一问题所得结果是不同的,如表 1-1 所示。

表 1-1 系统思维方式与传统思维方式的差别

对客观事物的认识	系统思维方式	传统思维方式
出发点	整体	部分
研究基点	各组成部分之间的关系	把部分当成孤立的单元
研究顺序	从整体到局部(或由上级到基层),再由局部向整体(或由基层向上级)综合	从局部到整体,由基层到上级
局部目标和整体目标的关系	局部目标必须服从整体目标,整体目标是局部目标的综合	以局部利益为基础形成局部目标,将局部目标叠加,形成整体目标
考虑系统状态	动态地研究事物的全过程	静态地研究事物的单一过程

随着科学技术的发展,人类社会活动不断大型化和复杂化,出现了许多庞大而复杂的系统,如社会经济系统、生态系统、管理系统及本书研究的安全系统等。其系统化的特征更加突出:

- (1) 规模越来越大,结构越来越复杂。
- (2) 需要从时间、性能、费用、可靠性、可维修性等方面进行综合评价。
- (3) 不确定因素越来越多和要求准确性越来越高的矛盾日益加深。
- (4) 需要处理的信息量越来越大,信息的作用也越来越强。
- (5) 解决问题需要各学科协同等。

面对这些复杂的巨系统,孤立、静止、片面的传统思维方式不仅是无益的,甚至可能是有害的,它不能正确地揭示这些系统的本质特征,严重干扰和误导了对系统的认识、分析、

构建和维护。因此,摒弃传统思维方式,始终坚持辩证唯物论的系统思维是研究系统问题的基本原则,也是研究安全系统的基本原则。

1.2 安全系统

1.2.1 安全与安全哲学

1. 安全

关于安全有多种不同的解释。在生产、生活系统中,相对科学的解释是:安全是能将人员伤亡或财产损失的概率和严重程度控制在社会可接受的危险度水平之下的状态。

这一概念基于“危险无处不在”这个基本认识,将可量化的安全指标引入主观世界与客观世界的对立统一关系之中。以“伤亡或损失的概率和严重程度”来表达客观系统的危险性,而以“社会可接受危险度水平”来表达人们主观上的安全标准,通过辨识、评价这些可以量化的指标值,在主观标准与客观状态的比较中确定系统的安全程度。

这一概念的科学价值在于运用严谨的数学化语言定量化地表述安全这一抽象、模糊的概念,使安全成为可以系统化和公式化的知识,安全也因此成为一门科学。正如马克思所说:“一门科学只有当它达到了能够成功地运用数学时,才算真正发展了。”^①这一概念的工程技术价值在于,面对具体的安全工程问题,可以通过运用各种数学方法和工程技术手段来定量化表述系统中的危险性及安全程度,有重点地采取可以量化预测的工程技术措施,从而为实现系统化的安全目标指出工程技术方向。

2. 安全的特征

关于安全概念的各种解释都包含以下共同的特征。

1) 安全是相对的

安全的相对性是由系统中的危险性和安全性共存决定的。任何系统中安全与危险的关系可以参照图 1-2 来说明。其中,左右两端的圆分别表示系统处于绝对危险或绝对安全状态。由于任何实际系统都包含一定的危险性和一定的安全性,因此可以用介于左右两圆之间的一条垂线表示其实际状态。垂线的上半段表示其安全度(安全性的量度),下半段表示其危险度(危险性的量度)。当实际系统处于“可接受的危险度”线(图 1-2 中虚线)的右侧时,人们认为这样的系统是安全的。

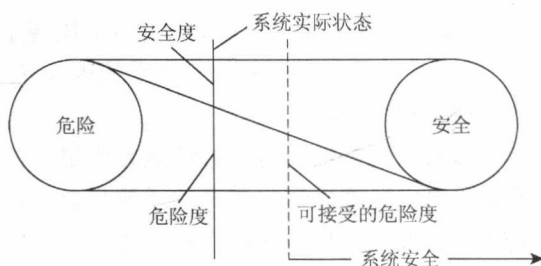


图 1-2 安全与危险

^① 出自 [法] 法拉格, 李卜克内西. 1954. 回忆马克思. 北京: 人民出版社: 8.