



近 10 年我国安全科学基础理论的研究进展

吴 超

(中南大学 资源与安全工程学院, 长沙 410083)

摘 要: 概述一、二、三级安全科学原理体系及其内涵, 阐述安全系统学、安全科学原理、风险管理、安全物质学、安全人性学的研究方法论, 归纳比较安全学和安全文化学的研究进展, 给出安全科学理论和安全管理的新成果, 指出安全科学关键基础问题与发展方向。

关键词: 安全科学; 安全文化; 安全理论; 研究进展

中图分类号: X91

文献标志码: A

安全是一个古老的问题, 但把安全作为一门科学来研究却是崭新的, 安全科学主要是伴随工业革命的来到应运而生的。由于在工业革命时代发达国家的工业已经走在世界的前面, 其安全科学也随之处于国际前列。由国际劳工局主编的《职业健康与安全百科全书》(第四版)^[1], 不仅涵盖了职业卫生与安全领域的各个学科, 也系统地介绍世界各国在职业卫生与安全方面的工作方法、有效措施以及管理模式。2010年, SWUSTE等^[2-3]在国际刊物 *Safety Science* 发表了两篇比较系统的综述文章, 对20世纪以来近百年美国、英国和荷兰职业安全的标志性成果和安全科学理论等进行了评述, 也充分说明了发达国家对安全科学的研究和取得的成果无疑走在了这一学科的前列。

在中国, 20世纪上半叶的工业几乎一穷二白, 基本谈不上有什么安全科学理论; 解放后的10多年里, 由于外国的封锁和当时中国工业处于起步阶段, 安全科技工作者无条件开展安全科学理论的研究; “文革”阶段在“一不怕苦、二不怕死”的极左思想影响下, 安全科技工作者也无法从事安全科学理论的研究; 20世纪80年代改革开放以来, 我国安全科技工作者开始向发达国家学习和引入一些安全科学理论, 之后一二十年时间里, 很多人几乎养成了一种仅会运用国外安全科学理论解决实际问题的习惯, 而缺乏对安全科学基础理论开展创新研究的动力。近十多年来, 由于我国安全生产和公共安全等领域的形势比较严峻, 在全

社会大众需求的促进之下, 一些安全科技工作者深刻认识到开展安全科学理论研究的重要性, 相继开展了诸多创新性的研究, 并取得了显著的成果^[4]。

中南大学吴超课题组作为我国较早关注安全科学理论研究的队伍, 近十多年来在安全科学理论方面开展了许多卓有成效的创新研究, 在某些领域已经处于国际领先。作为一个典型成果推介, 本文作者主要从6个方面综述吴超课题组近10年来在安全科学理论的研究进展。

1 安全科学原理的研究进展

每门学科都有其特定的基础科学原理。安全学科同样如此, 安全科学原理非常重要, 安全科学原理为安全科学发展和安全活动提供理论支持和方向引导, 对安全科技工作实践具有指导性, 是一切安全活动必须遵循的规律及基本原则; 安全科学原理可用于解释生产生活中的事故致因、概括事故灾难规律、用于指导预防事故灾难、确保人安全健康等。因此, 安全科学原理是安全学科的理论支柱、是安全科学理论的核心、是安全科学创新的基因、是安全科学发展的灵魂、是事故预防与控制的钥匙、是构筑安全系统的指南。

但长期以来, 现有安全科学原理主要存在以下问题^[4-5]: 1) 现有的安全科学原理内容非常缺乏。随着

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(51534008); 中南大学“创新驱动计划”项目(2015CX005)

收稿日期: 2016-02-28; 修订日期: 2016-06-25

通信作者: 吴超, 教授, 博士; 电话: 0731-88879612; E-mail: wuchao@csu.edu.cn

安全内涵和外延不断拓展、大安全体系的建立, 现有的安全科学原理难以解释诸多安全问题, 且不足以提供理论支持, 有更多的安全科学原理有待于安全科学研究者去挖掘和提炼; 2) 现有的安全科学原理体系非常不完整。在现有的安全科学原理著作中, 其层次、逻辑、结构和体系等方面存在许多不足, 也未成为体系, 迫切需要从安全科学原理的结构体系去研究和构建; 3) 现有的安全科学原理成果很少: 安全学科的许多分支缺乏理论、方法、原理等基础内容, 多年来安全科技工作侧重于实际问题的研究, 对安全科学理论研究和安全学科建设研究的投入很少, 相关的研究成果也非常少。

鉴于上述原因, 本课题组近 10 年开展了以下研究, 并取得如下进展。

1.1 一级安全科学原理体系的构建

从顶层设计出发, 提出了安全科学原理的第一层次应包括生命、自然、技术、社会和系统五大要素^[6], 安全科学研究是为了人的生命安全, 这是毋庸置疑的, “生命”理所当然地成为第一要素, 而有形和无形的“物质”是附属于人的, 在安全重要属性排序上它们是在人之下的; 把“自然”与“技术”作为两大要素, 主要原因是自然科学更多的是研究揭示自然现象, 而技术科学更多的是研究“人造环境和人造物”的科学规律, 而且后者已经发展成为为人所用的庞大学科体系; 安全离不开社会, “社会”也是核心要素; 生命、自然、技术和社会组成了一个庞大的系统, 形成了第五个重要的要素“系统”并给出了安全科学的属性。因此, 安全科学原理的研究对象应涉及生命、自然、技术、社会和系统五大领域的安全规律。

安全科学的基本任务在于揭示安全基本规律, 安全规律包括了安全生命规律、安全自然规律、安全技术规律、安全社会规律及其安全系统规律。安全科学原理是安全规律的核心部分, 因此可以认为安全科学原理包括安全生命科学原理、安全自然科学原理、安全技术科学原理、安全社会科学原理和安全系统科学

原理五类原理。五类安全科学原理构成了一个完整的安全科学核心体系, 它们与安全规律体系一一对应, 见表 1^[6]。

从表 1 可以明显看出, 在认知安全现象和解决安全问题的过程中需要掌握 5 种不同的规律, 仅仅掌握其中一种规律是既不能全面认识安全现象更不可能解决安全问题。因此, 从系统性出发, 安全科学完全应该是一门独立科学, 安全规律尽管与生命科学、自然科学、技术科学、社会科学、系统科学有交叉, 但以安全为着眼点和系统性出发, 安全规律也是独立于其他科学规律的规律。上述 5 类安全科学原理是基于大安全科学体系的最高层次提出的, 也可以把这 5 类原理称之为一级安全科学原理。

1) 安全生命科学原理。安全生命科学是安全科学与生命科学的交叉学科, 主要研究生命特征、生命运动规律、生命与环境的相互作用等现象对人的安全状态造成的影响, 以顺应生命规律、保障人的安全、实现人的健康和舒适为根本目标^[6-7]。

2) 安全自然科学原理。安全自然科学是安全学科体系中的一个重要的基础分支, 它主要研究自然灾害和生产安全等的各种类型、状态、属性及运动形式, 揭示各种灾害和事故的现象以及发生过程的实质, 进而把握这些灾害和事故的规律性, 并预见新的现象和过程, 为预防和控制各种灾害和事故开辟可能的途径^[6-7]。

3) 安全技术科学原理。安全技术科学是研究指导安全生产技术的基础理论学科, 以基础学科为指导, 以安全技术客体为认识目标, 研究和考察各个安全技术门类的特殊规律, 建立安全技术理论, 应用于安全工程技术客体。安全技术科学一方面将安全科学转化为安全技术; 另一方面, 又将安全技术的一些共性原理提升为安全科学^[6-7]。

4) 安全社会科学原理。安全社会科学原理主要是从文化、法律、经济、教育、伦理道德等的角度对安全现象、安全规律、安全科学进行研究, 探索社会科学的诸多方面的变化对人的安全状况造成的影响, 从

表 1 5 类安全科学原理与安全规律体系的对应关系^[6]

Table 1 System of five types of safety science principles and regulations^[6]

Composition of core safety principles	System of safety rules
Safety life science principles	Extracting safety life rules from safety phenomenon
Safety natural science principles	Extracting safety natural rules from safety phenomenon
Safety technology science principles	Extracting safety technology rules from safety phenomenon
Safety social science principles	Extracting safety social rules from safety phenomenon
Safety systems science principles	Extracting safety system rules from safety phenomenon

社会科学角度总结保障人的安全的基本规律^[6-7]。

5) 安全系统科学原理。安全系统是灾害和事故发生的场所，是安全管理的对象，安全系统思想是安全科学的核心思想，安全系统科学是安全科学学科的主体。安全系统的构成要素包括人、机、环境、信息、管理等，因此，可以将安全系统科学原理划分为安全系统管理原理、安全环境系统原理、安全人机系统原理、安全信息系统原理、安全局部和谐原理等分支^[6-7]。

1.2 二级、三级安全科学原理的归纳提炼

一级安全科学原理之下由哪些二级原理构成呢？经研究提炼出了 5 类一级安全科学原理之下的 25 条二级核心安全科学原理^[6-7]，如表 2 所示。

依据各二级安全科学原理的内涵，经大量归纳研究，又进一步提炼出其下属的核心三级安全科学原理及其内涵。

1) 安全人性原理。安全人性原理主要是指通过研究人性的基本规律对人的行为安全产生的影响，设计出符合人性规律的生活与生产环境、制度环境、社会环境等，从而保障人的安全，并基于上述目标和过程获得的普适性基本规律。经研究提炼了 5 条安全人性学的基础原理^[8]，包括追求安全生存优越原理、安全人性平衡原理、安全人性层次原理、安全人性双轨原理、安全人性回避原理；并详细论述了它们的内涵和应用。

2) 安全人体学原理。安全人体学原理主要是通过对人体测量学、人体工程学等人体学科知识，研究人们在生活、工作中的安全和效能等方面的规律，探知

人体的工作能力及其极限，使人们在所从事的工作中适应人体测量参数和人体解剖学的各种特征，进而保障生活和生产环境中人的安全，并基于上述目标和过程获得的普适性基本规律。

3) 安全生理学原理。安全生理学原理是指从人的生理因素角度，研究符合人的生理规律的安全理论，解决生活与生产环境中的安全问题，并基于上述目标和过程获得的普适性基本规律。经研究提炼了 5 条安全生理学下属的基础原理^[9]，即安全生理需求原理、安全生理感知原理、安全生理反馈原理、安全生理稳态原理、安全生理作业效能学原理；并详细论述了它们的内涵和应用。

4) 安全心理学原理。安全心理学主要是研究人的心理现象与安全行为的关系的学科，安全心理学原理是通过研究人的行为特征和对各种事故的安全心理过程，并基于上述目标和过程获得的普适性基本规律。经研究提炼了 6 条安全心理学下属的基础原理^[10]，即事故频发倾向原理、安全心理激励原理、心理阈值有限原理、安全认知原理、安全个性心理原理和安全生理心理原理。

5) 安全生物力学原理。安全生物力学原理主要是通过研究人在各种行为状态下身体各部位与其接触的所有物体的力平衡、变形或运动的关系和表达问题，使人的生活和工作符合人的生物力学规律，从生物力学的角度探讨对生活和各种作业环境中人的安全保护，并基于上述目标和过程获得的普适性基本规律。

6) 安全容量原理。安全容量是在某一确定的系统中，允许各种人、物、环境及其组合作用下的各种非

表 2 5 类一级安全科学原理之下的二级安全科学原理及其对应关系

Table 2 Five types of first grade safety science principles and their corresponding second grade safety science principles

Grade of safety principles		Content of safety science principles			
First grade safety science principles	Safety life science principles	Safety natural science principles	Safety technology science principles	Safety social science principles	Safety systems science principles
Second grade core safety science principles	Safety humanity principles	Safety volume or limit principles	Safety material science principles	Safety culture principles	Safety system management principles
	Safety human body principles	Safety diversity principles	Safety equipment science principles	Safety ethics principles	Safety environment system principles
	Safety physiology principles	Disaster physics principles	Safety energy principles	Safety pedagogy principles	Safety ergonomics principles
	Safety psychology principles	Disaster chemical principles	Safety engineering principles	Safety economics principles	Safety local harmonious principles
	Safety life mechanics principles	Toxicology principles	Safety environment principles	Safety laws and regulations principles	Safety information system principles

正常变化或活动引起的“扰动”，当这种“扰动”达到最大时系统仍然安全的最大允许值。由此看出，安全容量是一个与风险相关的临界量，即在整体风险可承受的范围之内，由各个具体的生活和生产活动环境中的风险所综合确定的一个安全临界总量。安全容量原理是基于对各种确定系统内的安全容量的研究所获得的普适性基本规律。经研究提出安全容量原理的下属子原理，即最大阈值原理、平衡扰动原理、安全可控性原理、安全有序性原理、反馈调控原理、连通交互原理。

7) 安全多样性原理。多样性是自然界复杂性程度的一个内容广泛的概念，是任何事物成长和发展的最基本的条件。安全多样性是安全系统的基本属性之一，决定了安全系统的复杂性，安全多样性原理是安全自然科学原理中的基本原理。安全多样性是一个具有普遍意义的客观存在，它包括安全物质多样性、隐患多样性、安全状态多样性、安全过程多样性、安全功能多样性、事故类型多样性等，这些多样性既有安全系统本身具有的多样性，又包括人类活动所创造的多样性，如人造物质多样性、人类需求与创造多样性、人类生产过程多样性、生产环境多样性等。上述各类安全多样性问题以及它们之间的内在联系的普适性规律称为安全多样性原理。经研究归纳提出了安全人体多样性原理、安全物质多样性原理、安全社会多样性原理、安全系统多样性原理等4条子原理^[11]，同时还分析4条原理的内涵。

8) 灾害物理原理。灾害学是自然灾害学与人为灾害学或自然与人为混合灾害的总称，灾害物理原理主要指在研究由于物理现象、物理因素、物理过程等原因引起的灾害问题、灾害机理及其防灾减灾过程中获得的普适性基本规律。经研究提出物理性致因灾害的五条基本原理，包括破坏力小于安全力原理、物理性有害因素隔离原理、能位尽量降低原理、能量加速衰减原理、物理剂量安全阈值原理等。

9) 灾害化学原理。灾害化学研究的主要目的是对自然灾害的化学问题、有毒有害的危险化学品在生产、使用、经营、贮存和运输过程中，由于自然或人为原因，引起燃烧、爆炸、泄露、腐蚀、污染、中毒等，造成人员伤亡或财产损失的事故进行事先预防和事后处理，灾害化学原理是基于上述目标和过程获得的普适性基本规律。经研究归纳出灾害化学的6条核心原理^[12]，即热平衡原理、过程控制原理、平衡移动原理、反应减速原理、条件阻隔原理、质能守恒原理；并分析这些原理的概念和内涵。

10) 安全毒理学原理。毒理学在学科性质上本属

于预防医学，但将其作为安全科学的基础学科也同样重要。安全毒理学原理是基于安全目的研究毒理学过程获得的普适性基本规律。经研究提出了安全最小剂量原理、活性结构相关安全原理、染毒条件影响安全原理、毒物叠加效应安全原理、机体因素影响安全原理和环境因素影响安全原理6条毒理学核心原理^[13]，并阐释了各原理的内涵。

11) 安全物质学原理。安全物质学是以人的安全健康为着眼点出发，研究各种物质(含人肉眼不可见物质)的状态及其演化对人安全健康的直接和间接危害的规律，用最少投入获得预防、减低、控制乃至完全消除这些危害的方法、措施和设施，使关系到人的安全健康的物质及其演化总是处于安全的状态，安全物质学原理是基于上述目标和过程获得的普适性基本规律。安全物质原理包括物质安全特性、物质安全机理、物质安全能量等^[14]。

12) 安全设备学原理。安全设备学是在设备的设计、选材、制造、安装、使用、维护、评价、认证等一系列工程领域中，使设备从根本上实现安全化所采用的安全科学理论、方法、技术、策略的总称，安全设备学原理是以保障生产安全为目的，基于研究机械、工具、装置等各种设备的本质安全化和功能安全及其无害化所获得的普适性规律。

13) 安全能量原理。机械能、热能、电能、化学能、声能、生物能等，它们的意外释放都可能造成对人的伤害或物的损坏。安全能量原理是基于研究生产过程中能量的流动、转换，以及不同形式能量的相互作用，防止发生能量的意外释放或逸出等过程和目的，所获得的普适性基本规律。

14) 安全工程原理。安全工程原理是安全技术科学原理中的核心部分，安全工程原理是以人类生产、生活中发生的各种事故为主要研究对象，综合运用各种知识，辨识工程领域中的不安全因素，采取有效的措施控制事故，并基于上述目标和过程获得的普适性基本规律。经研究总结归纳出安全工程原理的7条下属原理，即设备设施功能安全原理、人造物宜人原理、环境安全原理、人造物稳固原理、合理空间尺度原理、最小能量原理和输入输出畅通原理^[15]；并对这7条原理的定义和内涵进行了研究。

15) 安全环境原理。安全环境原理主要是研究“人-机-环”系统中的环境子系统，即研究生产生活环境中的危险有害因素，创造良好的工作环境、生活环境，保障环境中人的安全与健康，并基于上述目标和过程获得的普适性基本规律。经研究归纳提出了安全环境产权原理、安全环境定价原理、安全环境容量

原理、环境无毒无害原理、环境因素转化原理、环境舒适宜人原理6条原理^[16],并分析了这6条原理的内涵与内容。

16) 安全文化原理。安全文化通常指人们的安全知识、态度、观念和价值观等。大量实例表明:安全文化在安全生活、生产过程中起决定性作用,安全文化原理主要是指研究安全文化的特征要素、安全文化体系建设、安全文化评价方法以及安全文化与安全管理之间的作用关系等,从提高安全文化的角度加强安全管理,保障生活、生产安全,并基于上述目标和过程获得的普适性基本规律。经研究凝炼出安全文化原理下属的8条核心原理^[17],包括安全文化信仰原理、安全文化熏陶原理、安全文化纪念原理、安全文化互为性原理、安全文化可塑性和塑造性原理、安全文化发展性与延伸性原理、安全文化渐变原理、物质文化趋于本质安全的原理,并具体阐释这些原理的内涵。

17) 安全法律法规原理。安全法学是安全科学与法学的交叉学科,是将法学运用于安全领域后产生的一门新学科。安全法学是关于通过法律法规的控制手段,保障人的身心健康免遭外界因素危害的科学活动及认识成果的总称。安全法律法规原理是基于安全法律法规的理论基础、安全法学科的建设、安全法学的应用实践、安全法学的人才培养等方面的研究目标和过程所获得的普适性基本规律。经研究提炼出安全法律法规原理下属4条核心原理^[18],包括安全法治原理、安全规范原理、安全标准化原理、安全发展原理,并具体阐释这些原理的定义及内涵。

18) 安全经济原理。安全经济学主要是以经济科学理论为基础,以安全为目的,为各种安全活动提供最优化理论指导和实践依据,其核心思想是以最少的资金投入取得最大的经济效益和可持续发展。安全经济学原理主要指在研究事故对经济的影响、事故保险的运行机制、安全资源配置、安全效益理论和投入产出、安全成本变化、安全供求关系及变化等过程中所获得的普适性基本规律。经研究提出了安全经济原理下属的几条核心原理^[19],包括生命安全价值原理、安全经济最优化原理、安全效益辐射原理、安全经济复杂性原理、安全价值工程原理;并给出了5条基础原理内涵和诠释。

19) 安全教育原理。安全教育学是以安全科学和教育科学为理论基础,以保护人的身心安全健康为目的,对安全领域中的一切与教育培训等活动有关的现象、规律进行研究的一门应用性交叉学科。安全教育学原理主要指在研究安全教育基础理论、安全教育方法学、安全教育手段与模式等过程中获得的普适性基

本规律。经研究凝炼出了以下安全教育核心原理^[20],包括:安全教育双主导原理、安全教育反复原理、安全教育层次经验原理、安全教育顺应建构原理、安全教育环境适应原理和安全教育动态超前原理,并分别对这6条原理的内涵进行了分析。

20) 安全伦理道德原理。安全伦理学是以安全道德现象为研究对象,研究人的安全道德情感、安全道德行为、安全权利以及安全道德规范现象等,探讨安全道德的本质、起源和发展、安全道德水平同物质生活水平之间的关系、安全道德的最高原则和安全道德评价的标准、体系、教育、修养以及安全人生观、安全价值取向、安全态度等问题,并基于上述目标和过程获得的普适性基本规律。

21) 安全系统管理原理。安全系统管理原理主要指在研究安全系统的基本特征、安全系统管理的对象、安全系统管理的思想方法和手段等目标和过程中所获得的普适性基本规律。安全系统的基本特征包括整体性、层次性、目的性、非线性、混沌性等;安全系统管理的具体对象如人流、物流、资金流、信息流等;安全系统管理的思想、方法和手段,如人本思想、系统整体性思想、事故因果连锁思想、能量转移思想、扰动起源论、轨迹交叉论、变化论、综合论、安全系统论、安全控制论、安全信息论、安全耗散结构理论、安全协同理论、安全突变理论、安全灰色理论等。

22) 安全环境系统原理。在安全系统中,人与环境相互作用是普遍存在的。安全环境系统原理主要指在研究环境因素对人的影响及其控制等过程中所获得的普适性基本规律。安全环境系统原理涉及的主要研究内容包括:安全环境系统的认识,如辨识环境中的危险源、隐患等有害因素;安全环境系统的控制,在认识的基础上控制环境系统中各参量的状态变化等;安全环境系统的评价,如建立安全环境系统的评价指标体系,定期进行环境评价,保障环境中人与物的安全等。

23) 安全人机系统原理。安全人机系统原理主要指研究人-机之间的相互作用关系,探讨如何使“机”符合人的形态学、生理学、心理学等方面的特性,使得人-机相互协调,以达到人的能力与机操作要求相适应,创造出安全、高效、舒适的工作条件,并基于上述目标和过程获得的普适性基本规律。经研究提出了安全人机系统下属的几条核心原理^[21],包括系统性安全原理、本质安全化原理、安全协作增效原理、役物宜人原理、安全目标原理,并对这5条原理的定义和内涵进行了分析。

24) 安全信息系统原理。安全信息是安全系统的

精髓。安全信息系统原理主要指在研究安全信息流,如组织系统的信息流、上下级之间的信息流、人机系统的信息流、环境的信息流、致灾源和危险源信息流等过程中所获得的普适性基本规律。经研究提炼出安全信息系统的几条核心原理,包括载体本质原理、传播原理、资源过程管理原理、资源管理法规原理、3E原理、不对称原理,并分析这6条原理的内涵。

25) 安全局部和谐原理。安全系统是复杂的巨系统,研究安全系统浩瀚的时空属性、综合属性,任何一种客观的安全现象背后都隐藏着千丝万缕的复杂联系,事故的致因因素是多维的,因此,在实际处理中,很难实现整个安全系统的功能最优化,只能抓住问题的主要矛盾,追求安全系统的局部和谐,这种对“系统”中“部分”的有效控制才是安全系统科学能够实际应用的精华所在,安全局部和谐原理是基于上述目标和研究过程所获得的普适性基本规律。经研究提出了6条安全系统和谐核心原理,包括安全系统异物共存原理、安全子系统功能强制协同原理、安全系统整体涌现性原理、安全系统正负功能输出原理、安全系统人主体能动性原理和安全系统最优化原理,并对这6条原理的定义和内涵进行了诠释。

在上述研究成果的基础上,本文作者还进一步构建了一、二、三级安全科学原理的所组成的结构体系和协同作用,并开展了系列应用实践研究^[6-21]。

2 安全科学方法的研究进展

古今中外,方法格外受到人们的重视,“授人以鱼,不如授之于渔”就是一个形象的例证。方法的创新更具原创性和更有价值。安全科学方法也是如此。安全科学方法是经验、知识、智慧的结晶,具有重要的理论和实际意义。在诸多等待解决的安全问题面前,人们最为急需的是找到正确有效的安全科学方法。

令人遗憾的是,当我们翻开现有的安全基础理论中文教科书时,会很快发现,其中的安全科学方法大多都是国外学者发明的,都带有外国引进的痕迹。其实,已发明的许多安全科学理论与方法都很简单。多年来,我国许多的安全科技工作者习惯性地重视应用别人总结的方法,特别是外国人的方法,而忽略或轻视从方法论的高度开展理论研究并创立自己的方法。作者通过较长时间的思索之后认识到,开展安全科学的研究,首先需要从安全科学方法作为突破口,并进而开展了安全科学方法的系列研究和取得以下阶段性成果。

1) 开展安全系统学方法论研究。安全学科的理论基础是系统科学,为发展安全系统科学理论,需要对安全系统学从方法论视角进行了探究。首先结合安全科学与系统学,论述了安全系统学方法论定义,分析了安全系统学方法论的特点,并确定了在遵循辩证唯物这一大原则的前提下,还应遵循整体性原则、相关性原则和动态性原则。对现在应用较多的系统方法进行统计分析,从切入思考维度将安全系统方法分为整体性方法、层次研究方法、分解研究方法三大类;按照方法模型将安全系统方法分为构件模型、层序模型等7类,将错综复杂的安全系统研究方法条理清晰化。在对安全系统方法综合分析的基础上,提出了涵盖两条研究路线的安全系统方法研究的动态模型,该动态模型有效地清晰化了错综复杂的安全系统研究,并指导安全系统方法研究。

2) 开展了安全科学原理方法论的研究。为指导安全科学原理研究工作的开展,从方法论角度出发对安全科学原理研究进行探讨。研究了安全科学原理及安全科学原理研究方法论的定义及内涵,将安全科学原理研究的目的层次总结为安全描述、安全解释、预测指导及借鉴启示,清晰了安全科学原理研究的层次思路。从安全科学原理体系发展的角度,将安全科学原理按照存在形态分为已知安全科学原理和未知安全科学原理,在此基础上以构建思路的不同将未知安全科学原理划分为3类:从安全现象中提炼和归纳的安全科学原理;由已有其他学科知识中提炼和归纳出的安全科学原理;通过科学实验等研究从未知世界中提炼和归纳安全科学原理。确立了不同存在形态安全科学原理的研究取向:已知安全科学原理的“理解-应用-检验”自上而下演绎的研究取向;未知安全科学原理以“研究-构建-提出”为主的研究取向,并提出以安全现象为基线自下而上归纳的第一类未知安全科学原理研究路线,以及以比较法为切入点第二类未知安全科学原理的研究思路。在提出安全科学原理的结构基础上,将“安全现象-安全规律-安全原理”作为安全科学原理发展主线,厘清了未知安全科学原理构建的思维逻辑过程,整理了对应于该主线每个阶段对应的方法,建立了包括“发现现象-提出问题-解释问题-揭示本质-检验-抽象化-实践检验”的第一类未知安全科学原理构建研究的一般循环步骤。确立以“并列-比较-假设-检验”为主线的第二类未知安全科学原理构建思路,在此基础上,通过综合分析安全科学原理研究方法的逻辑层次结构,建立了一种安全科学原理研究的典型范式体系,使安全科学原理的研究更加清晰化和条理化^[22]。

3) 开展了风险管理方法论的研究。论述了风险管理研究的方法论基础是建立在哲学方法、数学方法、系统论方法、信息论方法等方法之上,由这些方法论的理论基础构成了风险管理研究的方法系统,包括关于研究目的的方法层次、关于达到研究目的的研究途径的方法层次、关于达到目的研究策略手段的方法层次、关于达到研究目的所需要的工具的方法层次、关于合理科学使用研究工具的方法层次。阐述了风险管理是复杂系统,涉及多个学科的理论,风险管理研究的方法论结构体系是由专业维、技术维、理论维、时间维组成的4维体系,在不同维度又存在横向维和纵向维两种逻辑思维,研究人员在选择研究方法时应根据研究对象的特征和理论基础确定研究方法的各个维度。风险管理研究常用的方法有囊括了5个层次的方法,第一至第三层次的方法主要是指导风险管理的理论研究,第四和第五层次的方法主要是指导实践研究。风险管理研究的一般范式包括:确定研究主题、制定技术路线、收集并整理信息、分析数据信息、提出假设或构建模型、验证假设或模型、得出结论,当论证失败时,研究者还需要反复循环开展上述的研究工作,直至得到比较可行的结论^[23]。

4) 开展了安全物质学的方法论的研究。为了完善安全物质学的理论体系,指导并促进安全物质学研究与应用的开展,提出了安全物质学方法论的定义并阐述其内涵,论述了安全物质学方法论的学科基础和理论基础。按照安全科学、安全科学原理,将安全物质学的研究分为3个阶段:物质安全现象-物质安全规律-物质安全科学,并归纳和概括安全物质学研究的一般方法,即相似方法与比较方法相结合、还原方法与整体方法相结合、定性判断与定量描述相结合、微观分析与宏观综合相结合、静态分析与动态考察相结合。阐述安全物质学研究方法的多样性与多元化,方法论的指导性与实践性,方法论体系的系统性与完整性、动态性与开放性;建立了包括时间维、空间维、能量维、信息维、专业维和逻辑维的安全物质学方法论六维结构体系,分析各个维度内涵。以“事前-事中-事后”为主线思路,提出了“物质安全信息收集与处理-物质安全特性识别-物质危害分析-物质危险性评估-物质安全管理-物质安全功能防御-物因事故预防-物因事故应急救援-物因事故调查”的一般实践步骤,并归纳各步骤的具体方法。

5) 开展了安全人性学的方法论研究。为了合理利用和改善安全人性及有效开展安全教育,基于方法论宏观的指导意义研究安全人性学。给出了安全人性学方法论的定义及研究内容,基于人性学方法论和安全

科学方法论等构建安全人性学方法论的多维结构体系,该结构体系分为:安全人性学方法论时间维、数量维、专业文化维、环境维、技术维、理论维。从学科特性出发,提炼出安全人性学研究方法。确立了安全人性学研究的一般步骤,并在此基础上,建立安全人性学研究的范式体系。安全人性学方法论是在安全人性学原理以及相关内容的指导下所形成的系统化和程式化思想,对安全人性学的研究起理论指导作用^[24]。

6) 开展了安全统计学的研究。安全统计学是综合利用安全科学、系统科学和统计学的原理和方法,研究人们在生产、生活领域中与安全问题有关的信息的数量表现和关系,揭示安全问题的本质与一般规律,对安全生产、生活规律进行预测和决策,并提出具体的应对措施,保障安全运行的一门综合性应用学科。安全统计学是综合利用安全科学、系统科学和统计学的原理和方法,研究人们在生产、生活领域中与安全问题有关的信息的数量表现和关系,揭示安全问题的本质与一般规律,对安全生产、生活规律进行预测和决策,并提出具体的应对措施,保障安全运行的一门综合性应用学科。安全统计学是建立在安全基础学科和安全工程技术理论学科的基础上,从统计研究的侧重点、安全系统统计范围、典型行业安全统计、具体统计对象和统计指标等方面来构建安全统计学的分支体系,其中在行业安全、伤亡事故、自然灾害、职业健康安全、安全经济学和安全社会学中运用统计学的方法比较多^[25]。我们通过对安全统计学的创建与分支学科及其统计方法的研究,发表了一组论文和出版了国际上第一部中文《安全统计学》著作^[26]。

7) 开展了比较安全学的方法论研究。结合比较学方法论、安全科学方法论,总结了比较安全学方法论的基础与原则;分析了比较安全学的研究方法,包括比较学研究的一般方法和结构-功能分析法、统计分析法、因素分析法等方法的引入与应用;从比较安全学的学科特性出发,提炼了比较安全学方法论的5大基本特征,依据众多方法论体系的启示,建立了比较安全学方法论四维结构体系;综合相关文献资料,确立了比较安全学研究的一般步骤,可概括为选择安全主题建立假设、搜集整理安全信息资料、安全问题描述与解释、进行安全比较分析、验证假设得出成果五个部分,并在此基础上建立了比较安全学的研究范式体系,以指导、促进比较安全学研究工作的进行^[27]。

8) 开展了比较安全伦理学的方法论研究。为更加有效开展比较安全伦理学研究,根据安全科学方法学及伦理学方法学等理论,提出了比较安全伦理学的方

方法论。比较安全伦理学的方法论是在辩证唯物主义和历史唯物主义的指导下,遵从客观性、整体性、统一性、发展性原则,从价值分析、西方伦理学等视角,利用文献分析、实验设计、调查分析、统计分析、系统分析、跨学科等方法共同组成的。比较安全伦理学方法论体系的建立是其学科本身得以顺利发展的基本前提和必要条件,也对推动人类在生产、生活和社会发展等方面的进步起到了积极的作用。

9) 安全科学方法学是以解决安全问题为着眼点,以人们认识世界、改造世界所应用的方式、手段和遵循的途径作为研究对象,在原始创新和组合创新安全科学方法的同时,既分别研究各种安全科学方法的内容、特点、作用及其合理性,又从整体上研究这些方法的相互联系和渗透,概括出它们间存在的规律的一门科学。通过对安全科学方法论进行系统梳理和创新研究,出版了国际上第一部中文《安全科学方法学》著作^[28],该书系国家“十一五”重点图书和国家科学技术出版基金资助图书,其成果为本项研究的理论方法奠定了扎实的基础。

3 比较安全学的研究进展

比较安全学是从人体免受外界因素危害的角度出发,并以在生产、生活、生存过程中创造保障人体健康条件为着眼点,通过对安全体系中彼此有某种联系的不同时空的事、物、环境、人的行为、社会文化、知识等进行对照,从而揭示它们的共同点和差异点并提供借鉴和相互渗透的一种安全科学方法,也是人类认识客观事物最原始、最基本的方法之一。比较安全学的学科分支体系从安全科学的理论类别、灾害类别、安全管理类别、工程类别与安全学的纵向分支来构建。比较安全学的方法主要包括质与量的比较、静态与动态的比较、现象与本质的比较。由于安全学科的时空巨大,比较安全学具有广阔的应用领域。

1) 构建了比较安全学的学科框架体系。借鉴比较学和安全科学学的理论,建立了基于不同视角建立的安全学科分支构成的框架、基于比较方法类别构成的框架、基于安全内涵构成的框架、比较安全学的其他框架,展示了比较安全学的巨大时空领域和下属的学科分支体系^[29]。

2) 开展了比较安全法学的研究。基于比较学、安全法学、法学和安全学基本理论,给出比较安全法学的定义及其内涵;结合比较安全法学研究的特有空间地域等特点,阐述其研究的时空和知识维度,以确定

其研究层次、结构、时空;基于安全法层次、生命周期与管理属性构建了比较安全法学纵向与横向学科分支体系;提出比较安全法学的研究内容,并构建比较安全法学的四维研究方法论体系;根据比较研究基本活动,结合比较安全法学研究特点,指出各阶段使用的比较研究方法;最后建立以规范比较为起点、功能比较为主体、文化比较为辅的比较安全法学综合比较路径;结合比较安全法学社会属性、学科特点与实践特征,构建比较安全法学的“规范-功能-文化”的多层次系统研究模式,以指导和促进比较安全法学研究与发展^[30]。

3) 开展了比较安全管理学的研究。基于比较学、安全管理学、管理学基本理论,给出比较安全管理学的定义及其内涵;阐述比较安全管理学的研究时空和知识维度,并确定其研究层次、结构、时空;基于组织安全管理的4个层次,提出比较安全管理学的研究内容,构建比较安全管理学知识维-技术维-逻辑维-理论维的四维研究方法论体系;结合比较研究基本活动,指出各阶段适用的比较研究方法;最后,构建了比较安全管理学的层次化研究范式,以指导和促进比较安全管理学研究^[31]。

4) 开展了比较安全教育学的研究。为了构建比较安全教育学学科体系,以促进安全教育学的发展,基于比较学、安全教育学基本理论和比较安全教育研究实践,从学科角度提出比较安全教育学定义及内涵,并分析比较安全教育研究的三大要素——主体、客体与维度;基于比较安全教育学交叉学科属性,提出以“历史为基础—实证为方法—多元文化为辅”的综合多层次分析框架,并构建基于比较研究一般过程的“客体-资料-比较-结论”比较安全教育研究四部曲;最后,提出比较安全教育学的比较研究方向与类型,以及安全教育理论、管理、技术与实践四方面的比较研究内容,并举例说明其应用,为比较安全教育学应用研究提供指导^[32]。

5) 开展了比较安全伦理学的研究。根据比较安全学原理提出了比较安全伦理学的含义,并对其内涵进行了分析;确立了比较安全伦理学主要的研究对象,从理论和应用两个视角建立了比较安全伦理学的研究体系和框架,并对其研究模式及方法进行了分析阐述,为其在安全领域的实践与应用奠定了基础;研究表明,比较安全伦理学的形成与发展在完善安全科学体系,推进安全学科的发展等方面具有积极的作用^[33]。

6) 开展了比较安全心理学的研究。在比较安全学学科体系框架下,依据安全心理学具有综合性与交叉性的学科属性,将比较研究方法应用于安全心理学领

域,提出比较安全心理学的定义,阐述了比较安全心理学的研究意义,论述了研究方法和研究内容,对比较安全心理学研究进行了简单综述,指出了比较安全心理学还处于低层次的、个案研究,但有广泛的应用前景。

7)开展了比较安全伦理学的研究。比较安全伦理学具有综合性和交叉性的学科属性,具有巨大的时间、空间维度,其研究领域包括人类生存、生活和生产以及社会发展的各个方面,能为伦理学与安全科学的研究与安全问题的解决提供一种新的有效途径,具有广阔的研究与应用前景。现代安全活动离不开安全伦理反思也离不开比较方法的运用,因此,社会的安全平稳健康的发展和科学发展观的落实离不开二者的结合以及比较安全伦理学的研究。研究提出了比较安全伦理学的定义、内涵,确立了安全比较伦理学主要研究对象,创建了其研究体系和框架,并对其研究内容、方法及应用进行了分析与研究,为比较安全伦理学学科的创建和安全学科、伦理学科、比较学科的进一步发展起到了一定的推动作用。

8)开展了比较安全系统工程的研究。阐述了安全系统的可比和可比性的概念,阐述了比较安全系统工程的定义和内涵;给出了比较安全系统工程的基本原理和应用方法,分析了开展比较安全系统工程研究的程式和步骤;最后将比较安全系统工程学原理运用于职业病危害预评价和安全预评价之中^[34]。

9)开展了许多比较安全学的应用实践。出版了国际上第一部《比较安全学》著作,该书分为3个部分,第一部分主要介绍比较安全学的内涵及其创立的意义,比较安全学的基础与学科体系,比较安全学方法论与方法等;第二部分主要介绍比较安全学的几个分支:比较安全法学、比较安全管理学、比较安全教育学、比较安全伦理学、比较安全心理学、比较安全系统工程、分形比较安全研究和安全管理力比较表达研究;第三部分主要介绍比较安全学在安全学科发展、注册安全师制度、安全人才培养与安全教育、食品安全监管、国家安全监管和企业安全管理标准化等的比较实践^[34-38]。

4 安全文化学的研究进展

安全文化(特别是企业安全文化)已有诸多的研究,但过去的相关研究都没有从学科建设的高度和从安全文化学的层面开展。本课题组近年在安全文化学的构建和基础理论方面取得了以下进展。

1)开展了安全文化与和谐社会的不研究。研究结果认为:安全与和谐的一致性体现在两者是不可分的整体,安全是和谐的表现,在和谐的基础上创造出来的,而和谐又是保证安全的必要条件;和谐与安全的吻合关系可以从社会和谐、经济和谐、自然和谐这3个不同层面进行考证,和谐社会与安全文化一方面强调人的生存或物质层面,另一方面强调人的价值或精神层面,二者形散神聚;安全文化建设与和谐社会构建的关系是紧密相连的,从特征、任务、原则和目的来阐述安全文化建设与和谐社会构建的统一性^[39]。

2)开展了安全史学的研究。安全史学是研究安全科学的历史,即借助史料,研究历史上安全活动中人的活动、使用的工具以及所处环境之间的关系,分析人类认识、掌握和避免危险、灾难的过程,找出人类安全活动的发展规律的一门科学。安全史学的源头是安全科学的过程和结果,即安全史学是从安全科学发源的,随安全科学的发展而发展。在与其他安全技术二级学科和三级学科间的交叉中,可将安全史学分为15类。以安全与事故的矛盾为中心,用辩证的方法分析历史上安全活动规律,总结出安全史学方法论原则即求实性原则、历史主义原则和整体性原则。将归纳方法、比较方法、综合方法等史学研究的一般方法应用到安全史学方法学领域。将考古方法学和史学方法学融入到安全史学中,介绍了史料的搜集过程、整列过程以及分析解释过程。在安全史学方法论原则和安全史学的方法学的基础上,建立了基于人的需求层次的安全史学系统研究法,该方法可以为安全史学问题的发现和解决提供科学的理论基础^[40-41]。

3)开展了安全文化符号学的建构研究。为丰富安全科学基础理论,促进安全文化学研究发展,从符号学和安全文化学角度,提出安全文化符号学的定义。分析安全文化符号学的理论基础,阐述安全文化符号学的学科内容和研究方法论。结果表明:安全文化是一个由各种安全文化符号构成的体系,安全文化符号学创建的条件已成熟,其作为安全文化学的一个分支学科,研究内容广泛,研究的学科理论基础牢固,从时间维、理论维等5个维度构建的安全文化符号学方法论结构体系对安全文化符号学的研究具有极强的理论指导作用^[42-43]。

4)开展了安全文化演进机理与过程的研究。为明晰人类安全文化的演进机理与过程,进一步完善安全文化学基础理论,基于人类的生物学进化视角,运用逻辑推演方法,构建安全文化起源与演进模型,并分析其内涵及启示。在此基础上,分析安全文化发展与

人类社会类型变革之间的关系,并阐释安全文化的累积与创新机理。结果表明:安全文化的起源与演进具有深厚的生物性基础,其与社会类型变革之间存在互动性发展关系,安全文化累积与创新是安全文化发展的必要前提和基本途径;基于人类的生物学进化可清晰阐释人类安全文化的起源与演进的前提条件、基础条件、触发条件等关键问题,基于人类社会类型的变革可完整展示人类安全文化的变迁、演进历程,表明基于人类的生物学进化及社会类型变迁轨迹研究安全文化演进机理与过程的方法科学可行^[44]。

5) 开展了情感性安全文化作用机理的研究。为促进情感性组织安全文化建设,解析人的情感性安全需要的内涵,从安全文化和心理相结合的角度,提出情感性安全文化并分析其涵义和功能。在此基础上,剖析情感性组织安全文化的作用机理。结果表明:人的情感性安全需要包括爱与被爱的需要等3个不同层次,情感性安全文化是组织安全文化建设的基础和内在需要,爱与被爱需要作用下的人的行为选择趋向于安全型,情感性安全文化可促使人选择安全型行为,并指出情感性组织安全文化建设需遵循3点基本要求和把握2条总体思路。

6) 开展了家庭安全文化的建构研究。为建立家庭安全文化的理论框架,奠定家庭安全文化建设的基础,基于安全文化和家庭文化的内涵,提出家庭安全文化的概念。分析家庭安全文化的涵义、功能及层次结构,并构建其功能的“4层”结构和其内在结构示意图。在此基础上,提炼家庭安全文化的建设理念。结果表明:家庭安全文化以亲情为基础,以家庭安全价值观为核心,以家庭组织体系为主体,具有基础层等4层功能,由家庭情感安全文化等5个层面构成,其建设理念包括基础理念和实践理念两类,具体细分为28条具体理念和20个关键要素^[45]。

7) 开展了企业安全文化认同机理及其影响因素研究。为明晰企业安全文化认同机理,进而提升企业安全文化建设效率与质量,分析企业主流安全文化的形成过程,并构建企业安全文化认同机理模型。在此基础上,分别从个体认同、群体认同与组织认同3个层面,阐释企业安全文化认同机理,提取对企业安全文化认同有显著影响的12个关键因素,并指出促进企业安全文化认同应从12个关键影响因素着手。结果表明:企业主流安全文化是员工认同企业安全文化的基础,企业安全文化认同是企业主流安全文化向企业强势安全文化过渡的关键环节。

8) 出版科第一部中文《安全标语鉴赏与集粹》专著。本书共分3篇10章。上篇为安全标语鉴赏,包括

安全标语概述,安全标语传播者及受众的心理认知分析,安全标语鉴赏基础理论,安全标语评价方法,安全标语应用现状及改进对策分析。中篇为安全标语集粹,共精选了以安全为了谁、安全有策略和安全靠知识3个主题的6000余条安全标语。下篇为安全文苑天地,汇集了一些流行的安全对联200副、古文400句、山寨名言100句。全书内容丰富,雅俗共赏,既有学术性,又有科普性,可读性很强^[46]。

5 安全科学新论的研究进展

1) 开展了安全科学学的研究。安全科学学是研究安全学科的学科,以安全学科为研究对象,研究目的在于认识安全学科的性质特点、关系结构、运动规律和社会功能等,并在认识的基础上研究促进安全科学发展的一般原理、原则和方法。安全科学学研究包括3方面:一是关于安全科学技术的研究;二是关于安全科学技术研究成果向现实安全生产力转化的研究;三是安全科学技术的发展同经济、社会相互关系的研究。安全科学学可帮助提高人们对安全科学技术事业社会作用的认识和重视程度,可为国家制订发展安全科技的路线、战略、政策提供理论依据,可促进安全科学技术的组织管理工作实现合理化和提高效率,可帮助安全科技研究人员扩展知识宽度、推进思维深度和提高创新能力等。因此,安全科学学是安全学科的顶层领域,其研究是安全科学的前沿和最高境界^[47]。

2) 开展了安全科学学公理的研究。安全科学学公理是从安全科学学的高度审视安全学科的属性,通过多维分析总结得出以下公理。公理1:由于安全学科的综合特性,它的应用涉及到其他各种学科,因此,其他各学科的知识都可以应用和渗透到安全学科的研究中。公理2:由于安全学科的综合特性,安全学科的思想基础是安全系统思想。公理3:由于安全学科的综合特性,它具有浩瀚的时空,安全科学方法是研究和发展安全学科的最重要和最基本方法。公理4:由于安全学科的综合属性,它具有浩瀚的时间和空间,比较研究方法是研究安全科学的最有效的途径。公理5:从安全学科的综合属性可以得出,安全学科具有特定的目的性、功能系统性、复杂非线性和整体综合性特征。安全科学学公理是一个安全理论系统中公认的不需要证明而成立的命题,是构造某个安全理论体系的前提。安全科学学公理的不证自明的性质是相对的,在某个安全理论体系中作为公理的命题,在另一理论系统中不一定作为公理^[47]。

3) 提出了安全工作十大公理。公理 1: 安全第一, 预防为主。这句话现在大家都知道, 没有一个人说它是错误的; 公理 2: 安全是每一个人的事。安全工作很多情况下都是互惠的行为, 人只要活着, 谁都会与安全牵扯上关系。公理 3: 安全文化是第一文化。一个人需要学习很多文化, 但安全文化是首要的, 安全文化不可或缺。公理 4: 安全教育是终身教育。社会总是发展的, 科学技术总是在推陈出新的, 人的衣食住行和工作生活环境总是在变化的, 这里面总伴随着新的安全问题, 也要求人不断学习新的安全知识。公理 5: 安全教育从出生开始。婴儿出生后, 父母总会在养育其长大的过程中多多少少传授一些安全知识, 只是称职的父母会更加有意识系统性的教会儿女更多安全意识和知识。公理 6: 安全是一个系统工程。这个公理本身就是安全的属性, 不管系统多大, 从微观到宏观, 单一因素入手是解决不了所有安全问题的。公理 7: 风险恒存且是动态的。风险存在是绝对的, 只是风险的大小不一, 有时小到可以暂时忽略而已。公理 8: 有安全知识和意识才能感知危险。没有安全意识, 即使有丰富的安全知识, 也很难预知危险。公理 9: 事故总在系统弱处引发。不管是硬件、软件, 还是人自身, 在一个系统中, 哪里有漏洞, 那里就可能发生事故。公理 10: 发生伤亡总有前因后果。由于事故发生是动态的, 客观上就存在时间因素和时间序列, 也带出了一系列相关的事件, 有各种直接和间接原因, 即所谓事件链、事件网链等^[48]。

4) 开展了安全混沌学的研究。安全混沌学是基于对混沌科学与安全科学基本特征的比较, 将混沌科学中的现代化知识运用到安全科学领域的理论与实践。安全混沌学是以现代数学理论为工具, 以系统非线性动力学为基础, 以安全系统“混沌-耗散-突变-协同-灰色-唯象-分形-拓扑”等理论为主体, 以实现安全系统混沌控制、降低事故发生率和负效应为目标, 对安全科学基本规律、安全学基本原理进行探索研究的学科。安全混沌学的构造思想是用归纳演绎方法对目前应用于安全领域的各种非线性理论抽象后的再汇总、联系后的再创新; 安全混沌学整合了混沌理论、耗散结构、突变论、协同论、灰理论、唯象理论、分形理论等非线性理论在安全科学研究中的作用与联系, 进一步深化了对安全系统本质规律的认识并革新了安全观, 发展了传统的安全学原理, 可指导安全科学量化研究的方向, 安全混沌学的创建顺应安全科学发展的时代趋势, 有利于引导安全领域的科学观念与研究方法产生质的变化^[49]。

5) 开展了安全物质学的学科体系的创建研究。结

合安全科学及物质学, 提出安全物质学定义, 分析其内涵, 构建包括安全物质原理学、物质致灾学、物质功能安全学、人物环交互安全系统学 4 个学科分支的安全物质学学科框架, 并详细介绍各分支学科的概念、内涵及研究内容^[14]。

6) 开展了复杂系统灾害链的研究。在对灾害链演化规律进行分析的基础上, 构建了基于复杂网络的灾害链数学模型, 描述了各灾害节点的灾害损失速率和灾害损失度, 提出了基于网络节点脆弱性和连接边脆弱性的断链减灾模式。从网络节点的结构重要性和功能重要性出发, 根据均衡熵的概念对单功能网络的灾损敏感性进行了表征; 引入脆性熵, 对系统之间的脆性关联度进行了表征; 以此为基础构建了系统的灾损敏感性评估模型。运用贝叶斯公式得到了各节点灾害损失等级的联合概率分布, 构建了灾害链的风险评估模型; 以多米诺效应为核心建立了灾害链的风险评估模型^[50]。

7) 开展了安全人性学的学科体系研究。基于安全科学、人性学和系统科学原理, 归纳提出安全人性学特性、功能等研究内涵。提出由时间维、数量维、物质维、文化维、关系维、环境维组成的六维度来考量安全人性学的学科框架和纵向分支, 并建立其维度关系模型。从历史视角、基本原理与规律、不同工程应用、不同文化区域 4 个不同层面建立了相应的学科分支^[51]。

8) 开展了安全心理尺度的数学表达方法研究。安全心理学是心理学与安全科学的交叉学科, 而两大学科集中的定性研究使得安全心理学的定量研究较少。通过建立安全心理尺度模型, 提出了一种适用于心理尺度定量表达的通用方法, 该方法也可推广至多数文科定性问题量化的研究中。通过安全心理尺度随个性心理这一影响因素的实例论证, 同理可做出安全心理尺度随其他影响因素的变化函数规律^[52]。

9) 开展安全教育学及其方法学的系统研究。通过对教育学与安全教育的比较研究, 界定安全教育学概念、内涵与属性, 论述安全教育学研究内容、理论基础、特征、功能意义及其与其他学科关系等, 系统构建了其学科体系, 解决了安全教育在基础理论与学科体系上所存在的问题^[53]; 通过对安全教育学哲学方法论思辨, 提出了安全教育学方法学定义并分析其内涵与属性, 阐述了其研究范式、理论基础、内容、特征及其学缘关系, 构建了安全教育学方法学体系; 基于上述对安全教育学及其方法学研究, 运用类比、归纳与系统方法, 构建了安全教育综合研究过程与模式, 为安全教育研究提供规范性思路。出版了《现代安全教育学及其应用》一专著^[54]。

6 安全管理新论的研究进展

1) 开展了安全管理力学分析方法的研究。“安全管理力学分析方法”英文作者将其译为“Safety Management Mechanics Analysis”，并简称为“SMMA”。安全管理力学分析方法是指把自然科学中力的概念引入安全管理中，对各种有形、无形联系进行研究，从而建立了一种安全管理系统的力学分析方法和实施程序。将力学与安全管理理论进行映射关联。通过对比找出模型中存在的各种力，对模型进行受力分析并建立函数方程式。再据方程式及其参数对模型的各种状态进行分析，把分析结果反馈到安全管理系统中用以指导安全管理工作。最后，把安全管理力学分析法概括为定量分析法和定性分析法，并为研究安全管理提供了理论基础。由于力学具有准确、严谨、逻辑性强的特点，因此，引入力学后可以发挥力学与数学的优势。建立的安全管理力学分析方法是一种新方法，该方法对安全管理系统的定量化研究和实施有一定的促进作用^[55]。

2) 开展了企业安全文化力场的研究。运用类比的方法把企业安全文化对企业安全生产产生的巨大能动作用虚拟为一种场的作用，这种场称为企业安全文化场。将安全文化场的性质用安全文化场强度来描述；安全文化场对企业生产中活动的具有思想和行为的企业员工的作用力称为安全文化力；企业安全文化场效用是企业安全文化场对企业员工作用的结果。企业安全文化力场的提出丰富了企业安全文化理论，成为指导企业安全文化建设的新理论^[56]。

3) 开展了安全管理系统分形表达的研究。企业安全组织结构是企业安全机构赖以生存的基础，企业安全组织结构的调整与优化有利于规范责权关系、明确安全部门的功能定位、优化安全资源配置、提升安全管理水平。提高安全信息的时效性与准确性可以达到优化企业安全组织结构的效果，同时相似维数可以量化企业安全组织结构，而企业分形安全组织结构中的结构层数与分形单元数是决定相似维数大小的参量。企业分形安全组织结构的优化模型能够在限定因素条件下对企业安全组织结构进行择优，并重新建立起符合企业安全战略的结构模式，从而满足企业安全组织结构灵活变化的要求。我国企业的安全组织结构由最初的分权模式正逐渐向集权模式转变，在分析我国企业安全组织结构的发展动态以及论证企业安全组织结构具有分形特征的基础上，研究了企业分形安全组织

结构、相似维数、安全绩效三者间的关系，并利用多属性决策确定最佳的企业分形安全组织结构模式，从而提出了企业分形安全组织结构优化的一般步骤和优化模型^[57]。

4) 开展了安全系统管理学的研究。安全系统管理学是基于安全管理学的研究提出的分支学科，是综合运用安全科学、系统科学和管理学的原理和规律，研究系统内规划、组织、协调和控制应进行的全部安全工作，研究系统的风险分析、预测、评价、决策等实施过程，通过风险预控管理，制定消除或控制风险的管理措施，使系统形成有机协调、自我控制的安全管理模式，最终保障系统安全运行的一门综合性管理学科。安全系统管理学发展的理论基础是安全科学、系统科学和管理学的理论和方法；研究对象是安全系统；研究任务是运用现代管理科学的理论和原理，揭示系统管理活动的规律，建立系统的安全管理模式；主要内容有安全系统的范畴和特性、安全系统管理的规律、实施过程以及方法、手段等。系统安全管理是我国安全管理发展的方向，在霍尔的系统工程三维结构基础上设计出系统安全管理的三维结构，建立我国的安全管理模式，为企业安全管理提供了一种新思路^[58]。

5) 开展了四维安全管理系统的研究。通过对安全系统学的研究，建立了四维安全系统工程学方法论的结构体系框架，新的安全系统工程学的具体方法体系包括安全系统分析法、安全系统评价法、安全系统决策法、安全系统优化法、安全系统建模与模拟法，及安全系统预测法，各种方法相互联系。其研究经验为新的安全管理模式和事故致因理论体系所涉及的有关因素的协同规律提供了新思路^[59-61]。

6) 开展了安全人性学视阈下的企业安全管理路径研究。为给企业安全管理路径的设计和选择提供安全人性学方面的依据，基于人性的“X-Y理论”假设和事故倾向理论，提出安全人性的“X-Y理论”假设，并建立安全人性的正态分布模型。在此基础上，对企业安全管理的两种重要途径，即安全管理制度和安全文化进行比较研究。结果表明：企业安全管理制度的设计应以安全人性的“X理论”假设为依据，其功能是约束员工的不安全行为；而企业安全文化的建设应以安全人性的“Y理论”假设为依据，其功能是引导员工的积极安全人性，进而提高员工的安全意愿。另外，从安全人性学角度，提出企业安全管理路径的优化和选择的3条建议^[62]。

7) 开展了安全管理学视阈下的安全标语研究。为增强安全标语在安全管理中应用的有效性，从安全管理学视角，提出安全标语的概念和功能，构建安全标

语功能的伞状结构。分析安全标语的传播过程,构建安全标语的传播模型和目视管理模型。结果表明:发挥安全管理功能是安全标语设置的最终目的,安全标语有效传播是其发挥安全管理功能的基本前提。并从安全管理学角度,指出安全标语创作及应用应遵循的4点基本要求,提出提升安全标语创作质量及应用效果的6条建议^[62]。

8) 开展了安全生产指标的宏观预测研究。根据对安全生产状况影响的密切程度,应用统计的方法,计算了亿元GDP死亡率和影响因素之间的Spearman相关系数,确定四大安全生产指标的主要影响因素,提出了区域性安全生产控制指标的预测模型,得出各安全生产指标影响因素的预测值,对区域性安全生产控制指标的总体发展趋势进行预测^[63]。结合安全管理存在的一些问题,构建了安全价值工程理论^[64],并对其相关基本概念、定义和主要内容进行了研究,为安全生产管理工作提供一条新的角度和参考思路。

7 安全科学关键基础问题与展望

7.1 关键基础科学问题

1) 人们经常说安全以人为本。但以人的什么为本?其实这涉及到与人密切相关的几门重要的安全科学分支:如安全人性、安全心理、安全生理、安全生物力学、安全行为科学等。而这些学科分支的基础科学问题可以将其概括为安全生命科学原理问题,安全生命科学原理可以为实现安全以人为本提供理论支持和指导。

2) 人们经常说安全无小事。但在大量小事件中,哪些小事可以孕育、演化成大灾难?其实这涉及到具有自然科学特征的事件链、事件网链、事件尺度演化、事故致因模型、灾害容量、灾害物理、灾害化学等安全科学分支。而这些学科分支的基础科学问题可以将其概括为安全自然科学原理问题,安全自然科学原理可以为判别和预防小事件酝酿成大灾难提供理论支持和指导。

3) 在各种人造工程及设备的设计、施工和使用中,如何实现物的本质安全,需要遵循哪些原则?其实这涉及到与人造物密切相关的几门重要的技术性安全科学分支:如物质安全、能量安全、功能安全、环境安全、人造物宜人、人机工程等。而这些学科分支的基础科学问题可以将其概括为安全技术科学原理问题,安全技术科学原理可以为实现人造物的本质安全提供理论支持和指导。

4) 为什么很多事故一而再再而三的重复发生?其实这涉及到几门与社会科学密切相关的重要的安全科学分支:如人-机-环-管的相似规律、安全法规、安全教育、安全文化、安全伦理、安全经济等。而这些学科分支的基础科学问题可以将其概括为安全社会科学原理问题,安全社会科学原理可以为避免或减少事故多次重发提供理论支持和指导。

5) 世界万事万物都处在不断变化的大大小小的系统之中,如何使系统做无害化变化?其实这涉及到几门与系统科学密切相关的重要的安全科学分支:安全管理系统、安全信息系统、安全系统和谐、安全系统自组织等。而这些学科分支的基础科学问题可以将其概括为安全系统科学原理问题,安全系统科学原理可以为实现系统安全运行提供理论支持和指导。在某种意义上讲,第五个安全科学问题在宏观上也涵盖了前4个安全科学问题,因为再小的问题也可以构成一个系统。

7.2 发展方向展望

1) 安全生命科学的发展方向。该学科研究方向主要包括安全人性学、安全人体学、安全生理学、安全心理学和安全生物力学等方面。安全人性学方面今后要重点研究安全人性对安全行为的影响,人的性格特征与安全状态的相互作用反馈机理,生产环境、制度环境和社会环境的发展演化对人的行为的影响等。安全人体学重点研究人机匹配问题,即人的体型特征与机械和工作环境的相互匹配参数等。安全生理学主要研究人体的劳动负荷极限,以及工作环境因素、职业能力等对其影响等。安全心理学主要研究人的不安全行为产生的心理基础和物质基础,极端工作环境对人的心理波动的影响规律。安全生物力学主要研究人体肌肉和骨骼结构与工作强度之间的响应匹配机制,特别是各种危险作业条件下,人体所处的力学状态与极限等。

2) 安全自然科学的发展方向。自然灾害就是使人类生存环境恶化的自然现象,自然灾害就是人类改造自然的导致生存环境恶化的自然现象。自然灾害是由致灾因子、孕灾环境与承灾体共同作用下的灾情强度、时空分布的灾害系统。人类耐于生存的大气、水和陆地环境也给人类带来了大大小小的各种自然灾害,人类正是从认知自然、趋利避害的过程中发展起来。因此,安全自然科学是系统总结和研究大气、水和陆地环境领域的各种灾害起因事件的孕育、发生、发展、后果及其对社会的影响、政府监管、社会响应、应急救援等规律的科学,它可以从“时间、空间、强

度”3个方面形成学科的研究层次与内容。

3) 安全技术科学的发展方向。技术发展离不开科学理论、方法和原理的支持,安全技术科学的发展方向很多,如① 研究各类灾害事故的形成演化机理及其诱发传导机制和原理,建立各类灾害事故防控的理论基础。② 根据各类灾害事故的特点,辨识确定不同类型灾害的危险源,研究分析灾害监测和探测的关键致灾指标,结合自动化、信息论、控制论、数学逻辑、计算机科学等多门学科,实现安全监测与探测数据的自动采集、获取和储存,提高安全监测与探测的自动化与智能化。③ 建立灾害预测和评价的指标体系,从量化的角度对危险、有害因素进行辨识与分析,挖掘安全监测数据潜在的含义及关联,结合工业生产过程具有时滞性、非线性、时变、强耦合的特征,建立非线性思维基础,构架安全动态演化体系,通过人机安全动态演化模型构建实现安全预测机理,形成系统的灾害预测理论和方法。④ 安全急救包含应急救援决策、应急救援通讯、灾害重现、事故调查、灾害评估、行业应急救援等多个方面,研究依靠系统安全工程学科运行机制确定最佳科学应对方案,整合社会应急资源,构建灾变时,遇险人员能够安全逃生和紧急避险,救护队伍能够及时科学施救,灾害可以得到快速控制和治理的安全急救体系的理论和技术基础非常必要。⑤ 针对矿业、冶金、化工、交通、土建等典型行业,形成特殊行业的安全技术科学理论、原理和方法体系,融合相关基础知识及理论,采用物理、化学、生物、信息等科学对危险源进行预防和控制,保障矿山、石油化工、建筑等高危行业安全生产。

4) 安全社会科学的发展方向。安全科学除了涉及自然系统的因素,更主要的是涉及社会科学因素。社会是由人组成的,是人们在社会实践活动中按照一定目的和方式进行互动而结成的有机整体。安全是人的基本需求,根本上是指人的安全,包括人的身体、心理和权利三维度的安全。安全不仅仅是通过工程技术理性加以保障,更需要经济物质投入保障,需要制度、组织和管理保障,也需要文化熏陶、宣传教育等外在的方法手段和内在的人伦道德自控去保障。安全科学的研究必然需要和延伸到社会科学乃至人文科学领域,即安全社会科学。这是安全科学发展的基本规律和必然趋势。从目前安全社会科学态势看,国内外研究较早的是安全经济学、安全文化学、安全哲学、安全管理学、安全心理学/安全行为学,此后逐步涌现出安全逻辑学、安全社会学、安全法学、安全伦理学、安全教育学、安全传播学、安全政治学、安全行政学、安全历史学、安全文化学等。

5) 安全系统科学的发展方向。安全系统科学由于其综合性和与学科间普遍存在的交叉性,其所依据的基本理论,已由传统的系统理论向更为复杂的现代系统理论发展;研究对象已由之前的简易系统到规模庞大的系统再到巨型规模且日益复杂的系统上转变;而应用范围也从安全系统组织管理、技术工程应用等范围领域中逐渐向社会经济、自然系统与社会系统等范围领域迈进;并且,安全系统也逐渐的从常规工程系统向软工程系统方向上发展,从微观分析向宏观战略方向上发展。由于安全系统科学具有非线性、混沌、分形、模糊等复杂特性,因而,控制论、信息论、运筹学、耗散论、协同论、突变论、行为科学等学科都是安全系统规划的理论基础,各种系统工程方法均可用于安全系统规划当中。

REFERENCES

- [1] International Labour Office. The encyclopaedia of occupational health and safety[M]. 4th ed. Geneva, International Labour Organization, 1998.
- [2] SWUSTE P, COEN van G, WALTER Z. Safety metaphors and theories: A review of the occupational safety literature of the US, UK and the Netherlands, till the first part of the 20th century[J]. Safety Science, 2010(48): 1000-1018.
- [3] SWUSTE P, COEN van G, WALTER Z, YVETTE O. Occupational safety theories, models and metaphors in the three decades since World War II, in the United States, Britain and the Netherlands: A literature review[J]. Safety Science, 2014(62): 16-27
- [4] 中国职业安全健康协会编著. 安全科学与工程学科发展报告(2007-2008)[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2008. China Occupational Safety & Health Association. Report on advances in safety science and engineering[M]. Beijing: China Press of Science and Technology, 2008.
- [5] 吴超, 杨冕. 安全科学原理研究综述[C]// 第27届全国高校安全工程专业学术年会暨第9届全国安全工程领域工程硕士研究生教育研讨会论文集. 华北科技学院主编, 北京: 煤炭工业出版社, 2015: 7-15. WU Chao, YANG Mian. Review on safety science principles[C]// Proceedings of the 27th Academic Annual Meeting of Safety Engineering Professional of China Colleges & the 9th National Safety Engineering Field of Engineering Master's Graduate Education Seminar. Editor of North China Institute of Science and Technology, Beijing: Coal Industry Press, 2015: 7-15.
- [6] 吴超, 杨冕. 安全科学原理及其结构体系研究[J]. 中国安全科学学报, 2012, 22(11): 3-10. WU Chao, YANG Mian. Study of safety science principles and

- their constructions[J].China Safety Science Journal, 2012, 22(11): 3-10.
- [7] 吴超, 杨冕. 25条安全学原理的内涵[J]. 湖南安全与防灾, 2013, 26(2): 42-45.
WU Chao, YANG Mian. Connotations of 25 principles of safety science[J]. Hunan Safety and Disaster Prevention, 2013, 26(2): 42-45.
- [8] 周欢, 吴超. 安全人性学的基础原理研究[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(5): 3-8.
ZHOU Huan, WU Chao. Research on basic principles of safety humanology[J]. China Safety Science Journal, 2014, 24(5): 3-8.
- [9] 游波, 吴超, 杨冕. 安全生理学原理及其体系研究[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(12): 9-15.
YOU Bo, WU Chao, YANG Mian. Study on safety physiology principles and their system[J]. China Safety Science Journal, 2013, 23(12): 9-15.
- [10] 李双蓉, 王卫华, 吴超. 安全心理学的核心原理研究[J]. 中国安全科学学报, 2015, 25(9): 8-13.
LI Shuang-rong, WANG Wei-hua, WU Chao. Study on core principles of safety psychology[J]. China Safety Science Journal, 2015, 25(9): 8-13.
- [11] 张一行, 吴超. 安全多样性原理研究及其应用[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(4): 10-14.
ZHANG Yi-hang, WU Chao. Study on safety diversity principle and their applications[J]. China Safety Science Journal, 2014, 24(4): 10-14.
- [12] 刘冰玉, 吴超. 灾害化学的核心原理研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(4): 147-152.
LIU Bing-yu, WU Chao. Study on core principles calamity chemistry[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2015, 11(4): 147-152.
- [13] 张丹, 吴超, 陈婷. 安全毒理学的核心原理研究[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(6): 3-7.
ZHANG Dan, WU Chao, CHEN Ting. Study on basic toxicology principles from a view of safety[J]. China Safety Science Journal, 2014, 24(6): 3-7.
- [14] 石东平, 吴超. 安全物质学的学科体系与研究方法[J]. 中国安全科学学报, 2015, 25(7): 16-22.
SHI Dong-ping, WU Chao. Study on framework of materials safety science and its methodology[J]. China Safety Science Journal, 2015, 25(7): 16-22.
- [15] 游波, 吴超, 任才清. 安全工程原理理论及其应用研究[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(2): 35-40.
YOU Bo, WU Chao, REN Cai-qing. Research on theory and application research of safety engineering principle[J]. China Safety Science Journal, 2014, 24(2): 35-40.
- [16] 贺威, 吴超. 安全环境的核心原理研究[C]// 安全生产标准化与诚信管理的实践研究——2014浙江省安全科学与工程学术研讨会论文集. 杭州: 浙江大学出版社, 2014: 16-23.
HE WEI, WU Chao. Study on core principles of safety environment[C]// Research on the Practice of Safety Production Standardization and Integrity Management—Proceedings of 2014 Academic Symposium of Zhejiang Provincial Security Science and Engineering Technology. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2014: 16-23.
- [17] 谭洪强, 吴超. 安全文化学核心原理研究[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(8): 14-20.
TAN Hong-qiang, WU Chao. Study on core principles of safety culture[J]. China Safety Science Journal, 2014, 24(8): 14-20.
- [18] 谭洪强, 苏汉语, 雷海霞, 马浩鹏. 安全法律法规核心作用原理及其方法论研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(8): 186-191.
TAN Hong-qiang, SU Hang-yu, LEI Hai-xia, MA Hao-peng. Study on core principles and methodology of safety laws and regulations[J]. Journal of Safety and Technology, 2015, 11(8): 186-191.
- [19] 马浩鹏, 吴超. 安全经济学核心原理研究[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(9): 3-7.
MA Hao-peng, WU Chao. Study on core principles of safety economics[J]. China Safety Science Journal, 2014, 24(9): 3-7.
- [20] 徐媛, 吴超. 安全教育学基础原理及其体系研究[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(9): 3-8.
XU Yuan, WU Chao. Study on basic principles of safety pedagogy and their system[J]. China Safety Science Journal, 2013, 23(9): 3-8.
- [21] 张建, 吴超. 安全人机系统原理理论研究[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(6): 14-19.
ZHANG Jian, WU Chao. Study on principles of safety ergonomic system from a theoretical perspective[J]. China Safety Science Journal, 2013, 23(6): 14-19.
- [22] 贾楠, 吴超. 安全科学原理研究的方法论[J]. 中国安全科学学报, 2015, 25(2): 3-8.
JIA Nan, WU Chao. Methodology of safety science principle research[J]. China Safety Science Journal, 2015, 25(2): 3-8.
- [23] 李顺, 吴超. 风险管理研究的方法论[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(11): 52-58.
LI Shun, WU Chao. Methodology of risk management research[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2015, 11(11): 52-58.
- [24] 李美婷, 吴超. 安全人性学的方法论研究[J]. 中国安全科学学报, 2015, 25(3): 3-8.
LI Mei-ting, WU Chao. Study on methodology of safety humanology[J]. China Safety Science Journal, 2015, 25(3): 3-8.
- [25] 吴超, 王婷. 安全统计学的创建及其研究[J]. 中国安全科学学报, 2012, 22(7): 3-11.
WU Chao, WANG Ting. Foundation of safety statistics and its investigation[J]. China Safety Science Journal, 2012, 22(7): 3-11.
- [26] 吴超, 王婷. 安全统计学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.

- WU Chao, WANG Ting. Safety statistics[M]. Beijing: China Machine Press, 2014.
- [27] 曹莹莹, 吴超. 比较安全学的方法论研究[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(5): 3-9.
- CAO Ying-ying, WU Chao. Study methodology of comparative safety science[J]. China Safety Science Journal, 2013, 23(5): 3-9.
- [28] 吴超. 安全科学方法学[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2011.
- WU Chao. Methodology of Safety Science[M]. Beijing: China Labor and Social Security Publishing House, 2011.
- [29] 吴超, 易灿南, 胡鸿. 比较安全学的创立及其框架的构建研究[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(6): 17-28.
- WU Chao, YI Can-nan, HU Hong. Study on comparative safety science and the construction of its framework[J]. China Safety Science Journal, 2009, 19(6): 17-28.
- [30] 易灿南, 吴超, 胡鸿, 廖可兵. 比较安全法学的创建与研究[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(11): 3-9.
- YI Can-nan, WU Chao, HU Hong, LIAO Ke-bing. Establishment of comparative safety jurisprudence and its study[J]. China Safety Science Journal, 2013, 23(11): 3-9.
- [31] 易灿南, 吴超, 廖可兵, 胡鸿. 比较安全管理学研究[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(10): 3-8.
- YI Can-nan, WU Chao, LIAO Ke-bing, HU Hong. Research on comparative safety management science[J]. China Safety Science Journal, 2013, 23(10): 3-8.
- [32] 易灿南, 吴超, 胡鸿, 廖可兵. 比较安全教育学研究及应用[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(1): 3-9.
- YI Can-nan, WU Chao, HU Hong, LIAO Ke-bing. Research on comparative safety pedagogy and its applications[J]. China Safety Science Journal, 2014, 24(1): 3-9.
- [33] 黄麟淇, 吴超. 比较安全伦理学的创建研究[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(3): 3-8.
- HUANG Lin-qi, WU Chao. Foundation of comparative safety ethics and its investigation[J]. China Safety Science Journal, 2014, 24(3): 3-8.
- [34] 易灿南, 吴超, 胡鸿. 比较安全学比较研究的要素、单元及路径[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(4): 140-146.
- YI Can-nan, WU Chao, HU Hong. Research on elements, units and paths of comparative study for comparative safety science[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2015, 11(4): 140-146.
- [35] 吴超. 中美高校安全类学科专业教育现状的比较研究[C]//中国职业安全健康协会2007年学术年会论文集. 中国会议全文数据库, 2007: 246-254.
- WU Chao. A comparative study on the current situation of the major education of safety discipline between the US and China universities[C]// Proceedings of 2007 Academic Annual Meeting of China Occupational Safety & Health Association. China Conference Paper Database, 2007: 246-254.
- [36] 易灿南, 胡鸿, 吴超, 廖可兵. 安全生产标准化体系与杜邦安全管理体系比较研究[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(4): 110-116.
- YI Can-nan, HU Hong, WU Chao, LIAO Ke-bing. Comparative study on work safety standardization and DuPont safety management system[J]. China Safety Science Journal, 2014, 24(4): 110-116.
- [37] 钟期进, 吴超, 刘辉. 中美安全科学发展“黄金十年”比较研究[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(4): 3-13.
- ZHONG Qi-jin, WU Chao, LIU Hui. Comparative study on the “golden ten-year” development of safety science between China and USA[J]. China Safety Science Journal, 2010, 20(4): 3-13.
- [38] 吴超, 易灿南, 曹莹莹. 比较安全学[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2014.
- WU Chao, YI Can-nan, CAO Ying-ying. Comparative safety science[M]. Beijing: China Labor and Social Security Publishing House, 2014.
- [39] 吴超, 刘爱华. 安全文化与和谐社会的关系及其建设的研究[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(5): 67-74.
- WU Chao, LIU Ai-hua. Study on the relationship between safety culture and harmonious society and its construction[J]. China Safety Science Journal, 2009, 19(5): 67-74.
- [40] 石英, 吴超, 阳富强. 安全史学的方法论研究[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(5): 3-10.
- SHI Ying, WU Chao, YANG Fu-qiang. Study on the methodology of safety history[J]. China Safety Science Journal, 2010, 20(5): 3-10.
- [41] 吴超, 王秉. 安全文化学方法论研究[J]. 中国安全科学学报, 2016, 26(4): 1-7.
- WU Chao, WANG Bing. Research on methodology of safety culture[J]. China Safety Science Journal, 2016, 26(4): 1-7.
- [42] 王秉, 吴超, 黄浪. 安全文化符号系统的建构研究[J]. 中国安全科学学报, 2015, 25(12): 9-15.
- WANG Bing, WU Chao, HUANG Lang. Research on construction of safety culture semiology[J]. China Safety Science Journal, 2015, 25(12): 9-15.
- [43] 王秉, 吴超. 安全标语的文化作用机理研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2016, 12(1): 50-55.
- WANG Bing, WU Chao. Research on culture mechanism of safety slogan[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2016, 12(1): 50-55.
- [44] 王秉, 吴超. 安全文化建设原理研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(12): 26-32.
- WANG Bing, WU Chao. Research on construction principles of safety culture[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2015, 11(12): 26-32.
- [45] 王秉, 吴超. 家庭安全文化的建构研究[J]. 中国安全科学学报, 2016, 26(1): 26-32.
- WANG Bing, WU Chao. Research on construction of family safety culture[J]. China Safety Science Journal, 2016, 26(1): 26-32.

- [46] 王秉, 吴超. 安全标语鉴赏与集粹[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016.
WANG Bing, WU Chao. Safety slogans assessment and collection[M]. Beijing: Chemistry Industry Press, 2016.
- [47] 吴超. 安全科学学的初步研究[J]. 中国安全科学学报, 2007, 17(11): 5-15.
WU Chao. Initial study of the science of safety science[J]. China Safety Science Journal, 2007, 17(11): 5-15.
- [48] 吴超. 安全工作十公理[J]. 湖南安全与防灾, 2012, 25(12): 58.
WU Chao. Ten axioms for safety work[J]. Hunan Safety and Disaster Prevention, 2012, 25(12): 58.
- [49] 吴超, 杨冕. 安全混沌学的创建及其研究[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(8): 3-16.
WU Chao, YANG Mian. Establishment and study of safety chaos science[J]. China Safety Science Journal, 2010, 20(8): 3-16.
- [50] 刘爱华, 吴超. 基于复杂网络的灾害链风险评估方法的研究[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(2): 466-472.
LIU Ai-hua, WU Chao. Research on risk assessment method of disaster chain based on complex network[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2015, 35(2): 466-472.
- [51] 许洁, 吴超. 安全人性学的学科体系研究[J]. 中国安全科学学报, 2015, 25(8): 10-16.
XU Jie, WU Chao. Research on discipline branches of safety humanology[J]. China Safety Science Journal, 2015, 25(8): 10-16.
- [52] 刘琛, 吴超. 安全心理尺度的三角模糊数学表达方法研究[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(8): 16-22.
LIU Chen, WU Chao. Study on triangular fuzzy mathematical method for representing safety psychological distance[J]. China Safety Science Journal, 2013, 23(8): 16-22.
- [53] 胡鸿, 吴超, 廖可兵, 易灿南. 安全教育学及其学科体系构建研究[J]. 安全与环境工程, 2014, 21(3): 109-113, 120.
HU Hong, WU Chao, LIAO Ke-bing, YI Can-nan. Research on safety pedagogy and its disciplinary construction[J]. Safety and Environmental Engineering, 2014, 21(3): 109-113, 120.
- [54] 吴超, 孙胜, 胡鸿. 现代安全教育学及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016.
WU Chao, SUN Sheng, HU Hong. Modern safety pedagogy and applications[M]. Beijing: Chemistry Industry Press, 2016.
- [55] 孟娜, 吴超. 安全管理力学分析方法(SMMA)及其应用研究[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(4): 55-61.
MENG Na, WU Chao. Innovation of safety management mechanics analysis (SMMA) and its applications[J]. China Safety Science Journal, 2009, 19(4): 55-61.
- [56] 孟娜, 吴超. 企业安全文化力场初探[C]// 中国职业安全健康协会 2008 年学术年会论文集. 中国会议数据库, 2008: 21-25.
MENG Na, WU Chao. Study on the safest culture field of enterprise[C]// Proceedings of 2008 Academic Annual Meeting of China Occupational Safety & Health Association. China Conference Paper Database, 2008: 21-25.
- [57] 廖伯超, 吴超. 企业分形安全组织结构的构建方法与模型优化[J]. 中国安全科学学报, 2012, 22(3): 3-9.
LIAO Bo-chao, WU Chao. Methodology for establishing enterprise fractal safety organization structure and its model optimization[J]. China Safety Science Journal, 2012, 22(3): 3-9.
- [58] 张舒, 史秀志, 吴超. 安全系统管理学的建构研究[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(6): 9-16.
ZHANG Shu, SHI Xiu-zhi, WU Chao. Study on the building of safety system management[J]. China Safety Science Journal, 2010, 20(6): 9-16.
- [59] 阳富强, 吴超, 覃好月. 安全系统工程学的方法论研究[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(8): 10-20.
YANG Fu-qiang, WU Chao, QIN Yu-yue. Study on the methodology of safety system engineering[J]. China Safety Science Journal, 2009, 19(8): 10-20.
- [60] 王爽英, 吴超. 系统安全管理的三维模型探讨[J]. 现代管理科学, 2010(8): 30-31, 34.
WANG Shuang-ying, WU Chao. Three dimensional model of system security management[J]. Modern Management Science, 2010(8): 30-31, 34.
- [61] 王爽英, 吴超. 企业生产与安全协同动力机制研究[J]. 现代管理科学, 2012(6): 65-66, 87.
WANG Shuang-ying, WU Chao. Research on the dynamic mechanism of enterprise production and safety[J]. Modern Management Science, 2012(6): 65-66, 87.
- [62] 王秉, 吴超. 安全管理学视阈下的安全标语研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(9): 138-143.
WANG Bing, WU Chao. Research on safety slogan under the guidance of safety management[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2015, 11(9): 138-143.
- [63] 刘爱华, 吴超. 区域性四大安全生产指标的宏观预测[J]. 安全与环境学报, 2011, 11(6): 250-254.
LIU Ai-hua, WU Chao. Four regional safety-production indexes and their macro prediction[J]. Journal of Safety and Environment, 2011, 11(6): 250-254.
- [64] 李明, 吴超. 关于安全价值工程理论的思考[J]. 中国安全生产科学技术, 2006, 2(4): 70-73.
LI Ming, WU Chao. Some ideas and discussions on the safety value engineering theory[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2006, 2(4): 70-73.

Some advances of safety science fundamental theories of China in recent ten years

WU Chao

(School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha Hunan 410083, China)

Abstract: The first, second and third grades safety science principles system and their connotations were summarized. The methodologies for investigating the safety systems science, safety principles, risk management, safety materials science, safety humanology were explained. The comparative safety science and safety culturology were built. New series safety science theories and the safety management as well as the proposes for developing safety discipline were introduced. Also, the key basic issues and development directions of safety science were put forward.

Key words: safety science; safety culture; safety theory; research advances

Foundation item: Project(51534008) supported by the Key Program of the National Natural Science Foundation of China; Project(2015CX005) supported by Innovation Driven Plan of Central South University

Received date: 2016-02-28; **Accepted date:** 2016-06-25

Corresponding author: WU Chao; Tel: +86-731-88879612; E-mail: wuchao@csu.edu.cn

(编辑 龙怀中)