

文章编号: 1673-193X(2016)-07-0145-05

安全系统思想内涵及其应用研究* ——探讨用安全系统思想实现城市安全发展

李升友^{1,2} 杨国梁^{3,4} 多英全^{3,4} 王如君^{3,4}

(1. 广州市职业安全健康协会, 广东 广州 510110; 2. 广州市安全生产宣传教育中心, 广东 广州 510110; 3. 中国安全生产科学研究院, 北京 100012; 4. 重大危险源监控与事故应急技术国家安监总局安全生产重点实验室, 北京 100012)

摘要: 为了利用安全科学理论解决城市安全中的现实问题, 探讨用安全系统思想实现城市安全这一复杂系统动态安全, 基于安全“三元分形双系统”原理, 开展了安全系统思想内涵及其应用研究。基于安全系统思想内涵, 通过分析归纳、总结概括的方法, 提出了用安全系统思想实现城市安全发展这种复杂系统动态安全的关键技术和思路。并结合城市安全的具体特点, 提出了安全发展城市建设的基本步骤。结果显示, 用安全系统思想实现复杂系统动态安全, 指导城市安全发展是可行的。

关键词: 安全系统思想; 安全系统方法论; 复杂系统动态安全; 城市安全; 城市安全发展

中图分类号: X913 文献标志码: A doi: 10.11731/j.issn.1673-193x.2016.07.026

Study on connotation of safety system idea and its application - Discussion on implementing urban safety development with safety system idea

LI Shengyou^{1,2}, YANG Guoliang^{3,4}, DUO Yingquan^{3,4}, WANG Rujun^{3,4}

(1. Guangzhou Occupational Safety and Health Association, Guangzhou Guangdong 510110, China;
2. Guangzhou Safety Publicity and Education Center, Guangzhou Guangdong 510110, China;
3. China Academy of Safety Science and Technology, Beijing 100012, China; 4. Key Laboratory of Major Hazard control and Accident Emergency Technology, State Administration of Work Safety, Beijing 100012, China)

Abstract: To solve the practical problems of urban safety by theory of safety science, and discuss the realization of urban safety as a complex system with safety system idea, the connotation of safety system idea and its application were studied based on the principle of safety "ternary fractal dual system" theory. The key technologies and thoughts to realize urban safety development, being the dynamic safety of complex system, with safety system idea were put forward based on the connotation of safety system idea through the methods of analysis, induction and summary. The basic steps for construction of safety development city were presented combined with the specific characteristics of urban safety. The results showed that it is feasible to realize the dynamic safety of complex system with safety system idea, and guide the urban safety development.

Key words: safety system idea; safety system methodology; dynamic safety of complex system; urban safety; urban safety development

0 引言

安全科学是研究事故发生、发展规律及其预防的理论体系^[1]。根据我国著名科学家钱学森同志对科学内涵和科学技术体系学的分类思想^[2], 基于安全系统思想的内涵构建的安全科学研究的方法体系, 可以划分为

安全方法论、方法学以及安全的具体方法和工具三个层次。近年来, 国内外在安全方法学和安全具体方法和技术应用方面得到了快速发展^[3-7]。从整体性、系统性方法学的层面来看, 国内外比较有代表性的安全理论成果有: 德国学者 A. KUHLMANN^[8]《安全科学导论》, 从人-机-环境-法制以及社会等几个方面对安全科学的研究做了全面论述; 日本井上威恭^[9]《最新安全科学》, 从安全管理系统工程角度对安全科学进行系统性论述; 我国学者清华大学范维澄教授^[10]《公共安全科学导论》, 提出了公共安全“三角形”理论模型和“4+1”方

收稿日期: 2016-05-04

作者简介: 李升友, 硕士, 高级工程师。

* 基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2015BAK16B01)

法学;中南大学吴超教授^[11]出版的《安全科学方法学》,从科学学的高度对安全科学方法进行了广泛论述。在方法论研究方面,我国安全科学开创者刘潜先生^[13]从人的安全需要出发,研究安全本身的内在联系,提出了安全“三要素四因素”系统原理。刘潜先生^[14]认为安全科学包含安全学科科学、应用科学和专业科学,并提出作为安全专业科学思想基础的安全实践思想,其核心内容可简要概括为:用安全系统思想解决系统安全问题。为了进一步明晰安全系统思想的内涵,笔者从安全专业科学的角度,进行了安全系统思想及其理论核心的研究^[15],并提出了安全“三元分形双系统”原理和“用安全

系统思想实现复杂系统动态安全”的安全系统方法论。

为促进安全系统思想的应用和实践,本文基于安全系统思想内涵,分析实现城市安全发展的步骤及涉及的技术方法,探讨如何用安全系统思想实现城市安全发展这一复杂系统的动态安全。

1 安全系统思想的内涵

安全系统思想内涵包括安全“三元分形双系统”原理、安全系统思想核心理论、安全系统方法论三个核心内容,三个核心内容共同作用实现复杂系统动态安全的流程如图1所示。

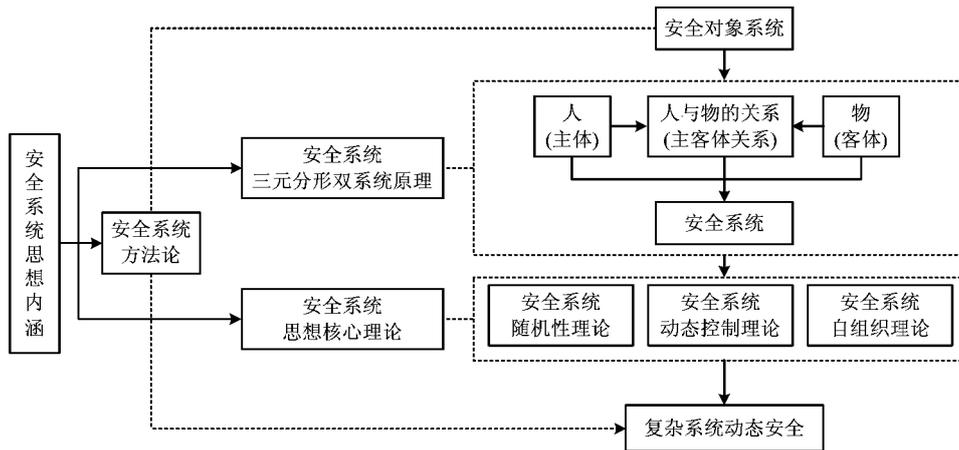


图1 安全系统思想内涵

Fig. 1 Ideological connotation of safety system

安全“三元分形双系统”原理,将安全系统描述为依附于安全对象系统的实体组织形式的安全功能系统^[15],是由安全的主体、客体和主客体关系三个基本元素不断嵌套、分形迭代(局部与整体有某种方式相似的形成成为分形)构成具体的安全保障体系及运行机制。

安全系统方法论是指用安全系统思想实现复杂系统动态安全的思维过程和方法。即是指在对复杂的对象系统进行系统安全分析研究的基础上,应用安全系统思想和理论,依附于对象系统的实体组织形式,使对象系统形成自身功能系统的同时形成动态的安全保障功能系统的思维方法。

安全系统思想核心理论包含安全系统随机性理论、动态控制理论和自组织理论三大核心理论^[15]。安全系统随机性理论认为,安全系统是随机性多主体复杂自适应系统,可以采用复杂自适应系统理论和多主体建模技术和方法,分析、研究复杂安全系统随机性运行和发展的规律。安全系统动态控制理论指出,安全系统有其必然存在的客观条件和自身的内部整体结构。它通过依附于对象系统的动态反馈控制机制,保持自身的内部结

构与其外在复杂的客观条件之间在物质能量信息方面的系统交换,从而保障人类生命活动在时间上的稳定性和空间上的完整性,真正实现人的动态安全。安全系统自组织理论强调,安全的本质,除了与人类种种活动本身及其复杂与多变的外在条件密切相关外,同时依赖于安全保障功能系统的运行。安全的外在客观条件和安全的自身的内部整体结构的共同作用,决定了安全系统状态的演化。对于安全复杂系统,可以通过动态反馈控制技术实现自组织,而对于城市级别的安全复杂巨系统,则需要采用从定性到定量综合集成的方法和技术,形成动态反馈控制技术,并通过对外适应和对内整合的机制,实现安全保障功能系统。

2 用安全系统思想实现城市安全发展的关键技术及思路

城市安全问题由来已久,伴随着城市的兴起、发展、演变、衰落、瓦解整个城市生命过程,涉及个体安全、群体安全、生产安全、社会安全和人类生存环境安全,内容非常复杂宽泛。如何实现复杂城市系统的动态安全,

构建可持续发展的安全城市^[24],是人类面临的重大课题,是一项系统工程。基于安全系统思想的内涵,将实现城市安全发展这一系统工程梳理出三项基本原则,六项关键技术以及四个主要环节。

2.1 用安全系统思想实现城市安全发展的基本原则

从安全系统方法思想的内涵中可以看出,用安全系统思想实现城市安全发展应具有以下三个方面的基本原则:

1) 基于系统安全分析。用安全系统思想实现城市这样一个复杂系统动态安全,需要加强对对象系统中存在的危险、有害因素分析,注重对象系统整个生命周期(过程)中各阶段的安全措施研究。

2) 突出安全系统思想。用安全系统思想实现城市的动态安全,必须强化安全功能系统动态结构保障体系的构建,注重对象系统整个生命周期(过程)中整体安全系统的保障。

3) 强调系统动态安全。用安全系统思想实现城市安全发展,需要根据对象系统的复杂性,构建动态的安全系统,针对不同复杂程度的安全系统采取不同的构建方法和运行机制。

2.2 用安全系统思想实现城市安全发展的安全关键技术

根据安全系统方法论特点和安全系统思想核心理论,系统安全分析涉及一系列系统安全工程的方法和技术,城市安全发展的实现涉及安全系统思想核心理论和方法的具体应用,据此分析得出,用安全系统思想实现城市安全发展主要涉及以下六项的关键方法和技术:

1) 系统安全分析的方法和技术^[16-17]。为了保证对象系统的安全,必须仔细地寻找引起对象系统中发生事故的各种事件和触发因素,以充分认识对象系统中的危险(危害)。系统安全分析就是采用系统、合乎逻辑的方法来全面识别对象系统整个生命周期(过程)中存在的各种危险、有害因素,并提出防范措施进行控制的方法和技术。系统安全分析方法大致可分为四类:表格法、工程逻辑法、人机工程分析法、概率统计分析法。

2) 重大(重点)危险源辨识、分析、评价的方法和技术^[18]。这里所谓的重大(重点)危险源,是指极易导致或可能导致群死群伤事故发生的危险场所、区域。为了加强重大(重点)危险源的控制,可以根据人类生存发展条件和对安全水平的需要,将重大(重点)危险源划分为不同的等级,实行分级监控和管理。控制重大(重点)危险源的目的,不仅仅是预防重大事故的发生,而且是要做到一旦发生事故,能够将事故范围和损失限制到最低程度,或者说能够控制到人们可接受的程度。重大

(重点)危险源经常涉及到易燃、易爆、有毒的危害物质,发生事故时失控能量强、危害大,导致事故的触发因素复杂,需要有专门有效的辨别、分析、评价方法和技术。

3) 安全系统保障体系分形嵌套迭代构建的方法^[19]。安全系统是由安全的主体、客体、主客体关系三个基本元素构成的抽象系统。安全系统的功能是安全保障的功能。安全系统保障体系建设,需要从安全的角度和着眼点出发,即从安全的人、物、人物关系实现方式(事)三个要素出发,不断嵌套迭代而构建一个整体。

4) 安全系统动态反馈控制方法和技术^[20]。安全系统是依附于对象系统的离散迭代型动态反馈控制系统。安全系统的控制方式有三种:前馈控制、负反馈控制和正反馈控制。对象系统包括一些子系统、孙系统……中存在的危险、有害因素需要依靠前馈控制技术予以解决,其中的先进安全技术措施,通过正反馈控制加以强化,其运行过程中出现的有害倾向,通过适时负反馈控制予以及时消除。安全功能系统的形成是一个离散型动态控制过程,通过依附于对象系统的动态反馈控制机制实现安全系统的自组织。

5) 安全系统多主体适应性分析建模的方法和技术。安全系统是随机性多主体复杂自适应系统,可以采用复杂自适应系统的理论和多主体建模技术和方法^[21]。把安全系统看作一个由多主体交互协作组成的复杂适应系统,从而把对安全系统的建模分解为对行为主体的建模,通过多主体来分析、研究安全复杂系统随机性运行和发展的规律。

6) 安全复杂巨系统保障体系及其运行机制综合集成方法和技术。由于安全系统的对象复杂性、环境开放性、结构迭代性和整体适应性,如何把总系统更好分解为子系统,以及把子系统更有效地合成为总系统,为对象系统构建完备的安全保障体系及其运行机制,需要广泛运用意见综合、模型集成、系统重构分析等方法和技术^[22-23]。

2.3 用安全系统思想实现城市安全发展的主要思路

经过归纳总结,实施用安全系统思想实现城市安全发展的主要思路可以归纳为以下四个环节:

1) 采用系统安全分析方法,全面系统分析城市这个对象系统整个生命周期(过程)中存在的危险、有害因素,分阶段、分区域、分层次、分专线识别不同类别危险、有害因素,提出相应的防范技术和措施。

2) 对城市中的重大(重点)危险、有害因素进行专题分析,深入分析、全面挖掘对象系统存在的危险、有害因素和根源,提出相应的防范措施和意见。

3) 根据安全系统原理,按照安全系统理论和方法,

对存在重大(重点)危险、有害因素的重点阶段、区域、层次、专线 构建相应的安全保障功能体系。

4) 依附城市的组织形式,结合安全系统的复杂程度,采用人机结合以人为主的系统集成方法,构建完善的安全保障功能体系及其运行机制,实现安全系统自组织。

3 应用安全系统思想实现城市安全发展基本步骤

基于安全系统思想实现复杂系统动态安全的方法论,结合用安全系统思想的核心理论实现城市安全发展的关键技术和主要思路,提出了建设安全发展城市,实现城市安全发展的八个步骤:

1) 明确城市安全问题范围。根据《中华人民共和国突发事件应对法》对突发事件的定义,文中将城市安全问题对应分为四类:自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全事件。其中,导致事故灾难的城市安全风险主要包括:工业危险源带来的城市安全风险、人员密集场所存在的城市安全风险、城市生命线工程(公用设施设备、交通运输设施设备)带来的城市安全风险等。

2) 系统辨识城市风险源。结合城市各环节领域的安全内涵,对城市发展过程中存在的自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全事件等类型风险单元进行系统辨识。结合国内外近年来发生的重大事故案例,对各类型风险单元进行逐一辨识,筛选出各类风险源。

3) 系统评估城市风险源风险水平并划分风险等级。采用系统安全工程的技术,结合危险有害因素辨识、定量风险评估(QRA)、定性风险评估从定性到定量系统集成方法,对城市各类风险源进行风险量化评估,并结合各风险源的事故发生可能性和严重程度,将风险源划分为一级特别高风险、二级高风险和三级普通风险三个级别,结合不同等级高风险源的分布情况,制作城市高风险源地图。

4) 全面评估城市安全整体风险。制订完善城市安全风险控制考评体系,采用先进的决策分析技术,对城市安全风险控制能力进行分级考评。根据安全系统自组织反馈控制技术和安全系统多主体适应性分析建模的方法和技术,对城市安全整体风险状况进行综合性水平评估。

5) 系统构建城市安全保障体系。根据安全系统动态控制理论,按照安全的主体、客体、主客体关系三个基本元素,采用综合集成的方法和技术,分层嵌套构建城市安全保障体系。主要包括:①城市安全高风险源安全保障体系。从安全设备、能量控制、标准体系等方面,进行分层构建。②城市安全风险监管体系。从法规体系、

经济投入、管理机构等方面,进行分层构建。③城市安全文化保障体系。从信用体系、技能培养、文化氛围等方面,进行分层构建。④城市安全行为保障体系。从生理适应、心理干预、行为规范等方面,进行分层构建。

6) 建立突发事件应急救援机制。按照城市安全风险触发事故发生过程,结合城市社会各方力量,采用综合集成的方法和技术,建立事故预警、现场处置、应急救援、恢复重建、信息发布等机制。

7) 科学编制城市安全系统规划^[25]。根据城市土地利用、城市建设和城市经济社会发展,可以将城市安全系统规划分为三大类:一是城市安全用地规划,如城市工业新区安全规划、城市经济技术开发区安全规划等;二是城市安全建设规划,如城市产业布局安全规划、城市物流园区安全规划等;三是城市安全发展规划。其中,城市安全发展规划涉及内容众多,体系复杂。依附城市管理组织形式,按城市安全风险来源及其管控手段来划分,主要包括:①城市安全高风险源管控安全规划;②城市工业重大危险源管控安全规划;③城市人员密集场所(地铁、机场、学校、商场等)安全规划;④城市生命线工程(供水、供电、燃气管网等)安全规划;⑤城市减灾防灾安全规划;⑥城市公共卫生事件防控规划;⑦城市社会治安和群体事件防控规划;⑧重点区域(城中村、避险场所等)安全规划;⑨重点行业领域(交通、消防、建筑等)安全规划;⑩城市安全风险综合防控(体制机制、管理创新、科技应用、信息化建设等)规划。

8) 完善城市安全保障运行机制^[26]。在编制城市安全系统规划的基础上,根据PDCA循环(Deming Cycle)模式,采用综合集成的方法和技术,构建城市安全运行体系和保障机制。①建立城市安全基本制度,完善城市安全法律法规,制订城市安全标准规范,依法行政、依规办事;②完善城市安全监管体系和机制,实施城市安全风险责任制度,分级分区分线监管;③加强城市安全文化建设,构建城市安全信用体系,培育良好的城市安全文化,把城市的各种安全行为控制在城市组织的期望之上;④发挥城市安全系统多主体行为交互协作的适应性,构建城市安全系统对外适应和对内整合的机制,通过城市安全动态反馈控制技术实现城市安全系统的自组织。

4 结论

1) 安全系统思想内涵,应包括安全“三元分形双系统”原理,安全系统思想核心理论,用安全系统思想实现复杂系统动态安全的方法论三个核心内容。安全系统思想内涵可为如何实现复杂系统动态安全提供明晰的思路。

2) 用安全系统思想实现城市安全发展这一复杂系统动态安全,是基于系统安全分析,突出安全系统思想,强调系统动态安全三个基本原则开展的安全系统重要实践。基于安全系统思想,城市安全发展的实现步骤可以归纳为首先通过系统识别、全面评估城市安全风险,然后构建城市安全保障体系,通过完善城市安全运行机制,实现城市安全系统的自组织,最终达到保障城市安全发展的目的。可以看出,用安全系统思想实现复杂城市系统的动态安全,促进城市安全发展,具有实际的指导意义。

3) 用安全系统思想实现城市级别的复杂系统动态安全主要涉及的六项关键方法和技术中,系统安全分析的方法和技术,重大(重点)危险源辨识、分析、评价的方法和技术,以及安全系统动态反馈控制方法和技术等三项技术研究相对完善;而安全系统保障体系分形嵌套迭代构建的方法,安全系统多主体适应性分析建模的方法和技术,以及安全复杂巨系统保障体系及其运行机制综合集成方法和技术等三项方法和技术,其研究则相对匮乏,是今后安全系统方法论及其应用研究的重点和方向。

参考文献

- [1] 吴宗之. 20世纪安全科学的形成与发展[J]. 劳动保护, 1999(12): 9-10.
WU Zongzhi. The formation and development of Safety Science in twentieth Century [J]. Labour Protection, 1999(12): 9-10.
- [2] 刘则渊. 论钱学森的科学学思想[J]. 科学学研究, 2012, 30(1): 5-11.
LIU Zeyuan. On Hsue-shen Tsien's thoughts of the science of science [J]. Studies in Science of Science, 2012, 30(1): 5-11.
- [3] LINTON J. What does journal fit and focus look like: A visual representation [J]. Technovation, 2011, 31(12): 613-614.
- [4] HELTON J. C. Quantification of margins and uncertainties: Conceptual and computational basis [J]. Reliability Engineering & System Safety, 2011, 96(9): 976-1013.
- [5] SHAHAR A, ALBERTI C F, CLARKE D, et al. Hazard perception as a function of target location and the field of view [J]. Accident Analysis & Prevention, 2010, 42(6): 1577-1584.
- [6] 2012年全国安全科学与工程(0837)学科评估排名[EB/OL]. [2014-08-15]. <http://www.cdgdc.edu.cn/webrms/xww/queryXKPG.do?flag=1&xkpgdxselect=0837>.
- [7] 国内安全科学在做什么? [EB/OL]. [2014-09-12]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-554179-827219.html>.
- [8] A. KUHLMANN. Introduction to safety science [M/OL]. New York: Springer-verlag New York Inc., 1986: 1-5. <http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4613-8596-7>.
- [9] 井上威恭(日). 最新安全科学[M]. 冯翼,译. 南京: 江苏科学技术出版社, 1988: 16-18.
- [10] 范维澄, 刘奕, 翁文国等. 公共安全科学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 165-180.
- [11] 吴超. 安全科学方法学[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2011: 4-63.
- [12] 傅贵. 安全管理学: 事故预防的行为控制方法[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 272-273.
- [13] 刘潜. 安全科学和学科的创立与实践[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 120-122.
- [14] 刘潜, 赵云胜, 李升友. 安全科学导论[M]. 北京: 气象出版社, 2014: 166-168.
- [15] 李升友. 安全系统思想及其理论核心研究[J]. 中国安全科学学报, 2016, 26(1): 18-23.
LI Shengyou. Research on core theories of safety system thoughts [J]. China Safety Science Journal, 2016, 26(1): 18-23.
- [16] US Department of Defense Standard Practice System Safety, MIL-STD-882E [S/OL]. [2012-05-11]. <http://www.system-safety.org/>.
- [17] 隋鹏程, 陈宝智, 隋旭. 安全原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 11-15.
- [18] 刘诗飞, 姜威. 重大危险源辨识与控制[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2012: 45-103.
- [19] 朱华, 姬翠翠. 分形理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 325-332.
- [20] 王先华. 安全控制论原理和应用[J]. 工业安全与防尘, 2000, 26(1): 28-31.
WANG Xianhua. Safety cybernetics principle and application [J]. Industrial Safety and Dust Control, 2000, 26(1): 28-31.
- [21] 方美琪, 张树人. 复杂系统建模与仿真[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2005: 19-30.
- [22] 顾基发, 王浣尘, 唐锡晋. 综合集成方法体系与系统学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 2-3.
- [23] 许国志. 系统科学[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2000: 95-195.
- [24] 唐恢一, 陆明. 广义城市学: 城乡规划系统工程[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2013: 161-170.
- [25] 陈彦光. 分形城市与城市规划[J]. 规划研究, 2005, 29(2): 33-40.
CHEN Yanguang. Fractal cities and city planning [J]. Planning Studies, 2005, 29(2): 33-40.
- [26] 赵辉越, 卢艳宏. 中国城市自组织性与控制性研究[J]. 长春工业大学学报(社会科学版), 2014, 26(6): 13-17.
ZHAO Huiyue, LU Yanhong. Research of China's urban self-organizing and controlling [J]. Journal of Changchun University of Technology (Social Sciences Edition), 2014, 26(6): 13-17.