

城市轨道交通安全管理体系研究

王 蕾

(华东交通大学经济管理学院, 330013, 南昌//硕士研究生)

摘 要 基于对城市轨道交通系统的功能结构特征分析,建立了由安全系统工程及分析技术、运营安全管理、建设安全管理、公共安全管理、应急管理和运营安全评估等6个部分组成的城市轨道交通安全管理体系。介绍了安全系统工程及分析技术的理论依据和基本方法与技术,分析了基于“人、机、管、环”理论的运营安全管理内容及要求,介绍了建设安全管理的主要内容,阐述了公共安全管理和应急管理的基本概念以及安全需求和管理内容,提出了关于城市轨道交通安全管理体系研究方向的建议。

关键词 城市轨道交通; 安全体系; 风险评估

中图分类号 F530.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.03.002

Research on Safety Management System of Urban Rail Transit

WANG Lei

Abstract Through an analysis of urban rail transit functional and structural characteristics, a safety management system for urban rail transit is established, which consists of safety system engineering and analytical techniques, operation safety management, construction safety management, public safety management, emergency management and operation safety assessment six main parts. The theoretical basis and basic technological methods of the safety management system are introduced, the content and requirements of operation safety management are analyzed according to the "man-machine-management-environment" theory. Then, the basic concepts, safety requirements and management content of public safety management and emergency management are explained separately. Suggestions on the research direction of urban rail transit safety management system are proposed.

Key words urban rail transit; safety system; risk assessment

Author's address Huadong Jiaotong University, 330013, Nanchang, China

0 引言

城市轨道交通作为城市综合交通网络中的骨

干,承担着城市运转的核心功能。随着我国众多城市建成开通城市轨道交通系统,该系统的安全运行越来越引起更多的关注。

文献[1]指出诸发达国家都建立了相对完善的轨道交通安全评估和安全管理体系,并制定相关法律与标准来保证轨道交通系统的可靠性、可用性、可维护性及安全性,通过授权独立的第三方评估机构进行运营安全评估。文献[2]通过对比、分析地铁公司的运营安全管理模式、高职院校理论教材以及安全生产标准化考评细则,提出安全管理应从规划、设计、建设阶段介入,通过机制与专项进行具体的管理和控制,形成良好的应急处置能力。文献[3]指出运营安全管理体系在全国并没有统一模式且安全管理具有长期性特质,可通过运营前预防体系、运营中保障体系、事故后应急体系三大模块建立。文献[4]总结了现行的管理模式及实施细节,分析了安全风险体系建设、安全意识及保障能力、灾变机理、动态预警等方面存在的问题并给出发展建议。文献[5]探讨了安全风险技术管理体系的内涵,提出安全风险技术管理体系主要包括体系文件、相关管理办法和技术支持性文件,具体内容为安全风险技术管理组织体系和岗位管理职责、各阶段风险管理内容及基本要求、各项技术内容要求等。文献[6]从“人员、机械、环境、管理”4个方面入手,对城市轨道交通存在的风险进行了分析,构建了应对突发事件的管理体系,并从安全管理体系、安全管理制度体系、运营安全管理、风险控制体系、应急管理、安全教育培训、绩效考核与持续改进7个方面系统地梳理了运营流程。文献[7]运用安全因素识别方法和事故致因分析理论,以预警预测与综合评价方法为基础,构建了“运营前预警预测、运营中实时监控、运营后效果综合评估反馈”的网络化全方位管理保障体系。

现有的研究成果,大都是安全管理理论和安全管理体制或是较成熟的安全管理技术方法,在城市

轨道交通运营安全管理实践中应用后的总结分析。城市轨道交通是专业系统庞大、组织结构复杂、作业过程严密的巨系统,需要围绕建立城市轨道交通特质的运营安全管理体系展开研究。

1 城市轨道交通安全管理体系架构

1.1 城市轨道交通系统的功能结构及系统特征

从城市轨道交通系统功能结构来看,该系统可分为列车运行系统、客运服务系统、检修保障系统 3 大子系统,各子系统的正常、协调运行是城市轨道交通安全运行和优质服务的基础保障。3 大子系统的设施设备构成及功能如下:

- 1) 列车运行系统:包括隧道、站台、线路、车辆、牵引供电、信号、通信、控制中心、车站行车等。
- 2) 客运服务系统:包括车站及其照明、售检票及计算中心、导向及预告措施、消防、环控、自动扶梯、电梯、车站服务等。
- 3) 检修保障系统:为保障上述设备性能良好,能随时启动重新投入运行而具备的检修手段及检修能力等。

城市轨道交通系统特征可概括为:

- 1) 公共设施特性:对所有人开放。
- 2) 大流量高密度:是所有交通系统中客流量最大的交通工具。
- 3) 封闭性:地下线路位于城市地下,空间相对狭小封闭,消防、安全、医疗救护等人员很难及时到达事发地点,灾后救援难度极大。
- 4) 受定向空气流动影响:机械通风装置、固定的风口以及车辆活塞式运行,使毒气、生化毒剂、火灾等灾情容易随列车或通风系统运行沿线路蔓延。
- 5) 设施设备系统庞大,结构复杂。

1.2 城市轨道交通安全管理体系结构

城市轨道交通作为一个设施设备数量庞大、结构复杂的巨系统,其安全管理体系的形成,需要运用安全系统工程的方法进行构建。

系统工程运用各种组织管理技术,使系统的整体与局部之间的关系协调和相互配合,实现整体的最优运行。安全系统工程是运用系统论的观点和方法,结合工程学原理及有关专业知识来研究生产安全管理和工程的新学科,是系统工程学的一个分支。在系统思想指导下,运用先进的系统工程的理论和方法,对安全及其影响因素进行分析和评价,建立综合集成的安全防控系统并使之持续有效运

行。安全系统工程研究内容是分析构成安全系统各单元间的关系和相互影响,协调各单元之间的关系,取得系统安全的最佳设计等。目的是使生产条件安全化,使事故减少到可接受的水平。

安全管理体系应包括管理目标内容和管理方法两方面内容。

管理目标内容设计应从城市轨道交通全生命周期、全系统构成 2 个维度考虑。城市轨道交通全生命周期包括规划、设计、建设施工和运营 4 个阶段。城市轨道交通全系统结构,可利用安全管理“人、机、管、环”理论进行分析。“人”,包括工作人员和乘客;“机”,指设施设备,可分为车辆、通信、信号、供电、线路土建、车站机电 6 大专业系统;“管”,指各种规章制度,包括行车规章、客运服务规章等业务规章,以及各种行政规章;“环”,指内部环境和外部环境,内部环境安全管理可纳入专业安全管理体系,外部环境及涉及乘客的公共环境的安全管理可设计为公共安全管理范畴。因此,安全管理内容可归纳为建设安全管理、运营安全管理、公共安全管理和应急管理 4 个组成部分。

安全系统工程主要技术手段包括,系统安全分析、系统安全评估和系统安全管理。因此,在城市轨道交通安全管理方法的设计中,需要建立安全系统工程及分析技术和运营安全评估两个子系统。

综上,城市轨道交通安全管理体系由安全系统工程及分析技术、运营安全管理、建设安全管理、公共安全管理、应急管理和运营安全评估 6 个部分构成,如图 1 所示。



图 1 城市轨道交通安全管理体系

2 城市轨道交通安全管理体系解析

2.1 系统工程及分析技术

在城市轨道交通安全管理体系中,安全科学与

工程提供理论与技术支撑,是进行安全系统建设与安全评价的基础。

2.1.1 安全系统工程

安全系统工程是运用系统论的观点和方法,结合工程学原理及有关专业知识来研究生产安全管理和工程的新学科。其主要技术手段包括系统安全分析、系统安全评价和系统安全管理。

1) 系统安全分析:使用系统工程的原理和方法,辨别、分析系统存在的危险因素,并根据实际需要对其进行定性、定量描述的技术方法。

2) 系统安全评价:以系统安全分析为基础,通过分析、了解和掌握系统存在的危险因素,但不一定要对所有危险因素采取措施。

3) 系统安全管理:应用系统安全分析和系统安全评价技术,以安全工程技术为手段,控制系统安全性,是使系统达到预定安全目标的一整套管理方法、管理手段和管理模式。

2.1.2 可靠性理论

可靠性理论主要是研究与解决各种可靠性问题相关的数学方法和数学模型,研究可靠性的定量规律。城市轨道交通系统的可靠性,是指保证乘客准时到达目的地的能力,保证乘客方便舒适地出行的能力。其可靠性体系可分解为可靠性技术体系、可靠性管理体系、维修性技术体系以及可靠性研究。

2.2 运营安全管理

运营安全管理是城市轨道交通安全管理体系中的核心内容。城市轨道交通运营过程中发生的因列车撞击、脱轨,设施设备故障、损毁,火灾以及大客流等情况,造成人员伤亡、行车中断、财产损失的这一类事故后果严重,社会影响巨大,是运营安全管理中必须防范的重点。

回顾城市轨道交通发展历史,重大事故的发生原因可归结为设施设备故障、人员的不安全行为、相关环境的负反馈。在分析了近30年全球城市轨道交通安全事故及原因后,发现人为过失、管理不善和设备故障所导致的事故占事故总数的80%以上。这一数据反映出:城市轨道交通系统安全仍存在许多隐患和风险,虽然“故障导向安全”保证了核心设备系统的运行安全,但以“人、机、管、环”为支撑的系统安全管理体系需要建立并不断完善。

2.2.1 人员风险

人员风险主要来源于城市轨道交通工作人员或乘客的生理、心理及技术能力等3方面。风险源

中的人员因素几乎和自然灾害等环境因素一样变幻莫测,而且人员风险因素伴随在从设计建造到保养维护的全生命过程中。

城市轨道交通的功能是完成乘客运输,乘客安全是其安全管理的核心任务。如何对大客流实施有效监控预警,及时采取应对措施,是人员安全管理中需要研究的课题,其中客流安全状态的识别是关键技术。

2.2.2 设施设备风险

设施设备故障是城市轨道交通事故的重要诱因。轨道线路、列车、牵引供电、通信信号、运行控制、消防等设备设施相互关联、整体联动运行,设施设备问题造成的安全影响往往是系统性的。而城市轨道交通网络化运行形成的系统其复杂化趋势也会越来越明显。系统越复杂,其中潜在的不可测风险就越多,发生安全问题的可能性就越大。

在管控设施设备风险的实践中,人们形成了一个共识:故障导向安全,即设施设备一旦发生故障应马上采取应对措施以确保安全。这是城市轨道交通设施设备风险控制的基本原则。

2.2.3 环境风险

城市轨道交通运行的环境风险可分为大环境风险和小环境风险。大环境包括自然环境和社会环境。自然环境中会发生地震、海啸、台风及暴风雪等自然灾害,社会环境中会发生的社会治安(恐怖袭击等问题),以及因相关法律、规范不完善而引发的对城市轨道交通系统安全产生重大影响的事件。社会环境引发的事件通常可归类于公共安全管理范畴。小环境主要是指运营系统(设施设备)所处的环境、运营部门外购的技术支持系统以及系统周边一定范围内的环境。

2.2.4 管理风险

城市轨道交通的运营管理漏洞及规章制度缺陷虽然不会直接导致事故,却常常间接作用于其他风险源,成为压垮骆驼的最后一根稻草。

城市轨道交通系统复杂,相应的规章制度体系的建立也是一个庞大的工程。除去与一般企业相同的行政管理制度外,专业技术方面的规章制度可谓汗牛充栋。可称之为“城市轨道交通企业宪法”的基本规章为技术管理规程,其主要系统性规范包括行车组织规则、客运组织规则、调度规则、安全规则、事故处理规则和运行检修规则等一系列规章制度文件。

2.3 建设安全管理

城市轨道交通工程具有地下工程多、施工技术复杂、不可预见风险因素多、对周围环境影响大和恶性事故较难控制等特点^[8]。其建设全过程由前期阶段、施工阶段和竣工验收阶段 3 部分组成。

1) 前期阶段安全管理。主要体现在安全预评价的工作之中,目的是为城市轨道交通初步设计提供科学依据,以利于工程项目的本质安全。

2) 施工阶段安全技术及管理。施工阶段的基本安全措施管理包括以下内容:开工前安全生产条件审查;编制施工组织设计及专项施工方案;制定施工安全技术措施;落实安全生产风险抵押金、措施费;实施安全教育;文明施工管理;临时用电安全管理;施工设备安全管理;安全资料管理;安全检查及监督考核。

3) 竣工验收阶段安全管理。主要工作内容为竣工验收阶段风险管理和试运营前安全评估。

2.4 公共安全管理

公共安全是一个成功且有效率的公共交通系统最重要的特征。目前,城市轨道交通公共安全管理基本策略包括实施公共安全规划和建立公共安全防范系统。

2.4.1 公共安全规划

城市轨道交通公共安全规划的必要性体现在:

1) 在不能采用隔离封闭式的安检措施的要求下,需要系统地运用多重和多种安全防范技术和措施构建协调一致的整体防范体系,达到逐步化解威胁的目的。

2) 城市轨道交通系统的复杂性和关联性使局部威胁容易扩散,以至于影响到整个系统。规划是对不同安全风险的防护对象建立防护与整体设防的协调一致的途径。

3) 有限的安全投入需要通过规划安排才可能获得最大的安全效果,达到防范技术运用与安全目标的平衡与协调,并避免过度防范或陷入“安全化陷阱”。

2.4.2 公共安全防范系统

城市轨道交通公共安全防范系统采用技术防范、实体防范和人力防范等多重措施,构建一体化公共安全防范系统。技术防范、实体防范应相互配合,并能支撑人力防范。防范系统具体内容如下:

1) 技术防范系统:包括视频安防监控系统、入侵报警系统、便携式安全检查及探测系统、出入口

控制系统、电子巡查系统和安防集成平台。

2) 公共安全实体防范系统:包括的设施设备有围栏与围墙、安全照明、车辆控制和停车设施、车站环境设计以及其他安全措施。

3) 公共安全人力防范系统:是指围绕安全管理开展的建章立制、安全岗位设置、人力和资源配置等一系列活动。

2.5 应急管理

按照风险管理理论,发生突发事件的可能性是一定存在的。城市轨道交通作为重要的城市基础设施,必须建立相应的应急管理系统。

应急管理是一个过程,包括预防、准备、响应和恢复 4 个阶段。在这 4 个阶段中,预防和准备工作尤其重要,这两方面工作的重要性体现在应急预案和演练 2 个环节中。

2.5.1 应急预案

应急预案是针对可能发生的事故,为迅速、有序地开展应急行动而预先制定的行动方案。应急预案内容包括:

1) 指定组织和个人的有关责任,在紧急情况下,指定组织和个人超越某个机构的能力或常规职责,在预定的时间和地点采取特定的行动。

2) 说明各自权限以及机构之间的关系,说明如何协调所有的行动。

3) 描述紧急情况和灾难发生时如何保护生命、财产安全和环境安全。

4) 明确辖区内(单位内)在应急响应和恢复行动中可以利用的人员、设备、设施、物资和其他资源。

5) 明确应急响应和恢复行动过程中实施减灾的步骤。

应急预案体系一般分为综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案 3 个层次。

2.5.2 应急演练

应急演练目的是为了发现应急预案中存在的问题。应急演练分为桌面演习和实战演习,实战演习又分为功能演习和全面演习。

1) 桌面演习:由应急组织的代表或关键岗位人员参加的,按照应急预案及其标准工作程序,讨论紧急情况时采取行动的演练活动。

2) 功能演习:是针对某项应急响应或其中某些应急响应行动举行的演练活动。

3) 全面演习:针对的是应急预案中全部或大部分应急响应功能,是检验、评价应急组织应急行动

能力的演练活动。

2.6 运营安全评估

安全评估是由独立第三方评估者或机构,在整个生命周期的各个阶段,对安全控制系统是否能按要求实现其安全性保障功能所进行的客观审查和判断,在城市轨道交通风险控制和安全管理方面有重要作用。

1) 运营安全评估模式。安全评估覆盖城市轨道交通生命周期全过程,涵盖所有专业领域。评估模式主要包括设计或可行性研究阶段评估、安全预评价、新线试运营安全评价和既有线运营安全评价。

2) 安全评估方法。安全评估也称为风险评估,是通过提供基于事实的信息并进行分析,就如何处理特定风险及如何选择风险应对策略进行科学决策。风险评估是由风险识别、风险分析、风险评价以及风险应对构成的一个完整过程。

3 结语

城市轨道交通结构组成复杂,对运营安全性要求极高,需要建立与之相应的安全管理系统。本研究建立了由6个子系统组成的管理体系,其中运营安全管理、建设安全管理、公共安全管理和应急管理组成安全管理的主体内容。从建设和运营的时间维度、内部系统和外部系统的空间维度,覆盖了安全体系的主体研究内容。安全系统工程及分析技术和运营安全评估2个子系统为运营安全管理提供理论研究和提供技术方法,组成管理体系的理论技术基础。

围绕城市轨道交通运营安全管理系统的建设,需要进一步展开研究的课题有以下几个方面。

1) 建设安全管理与运营安全管理的关系。城市轨道交通全生命周期大致可分为设计建设和运营2个阶段,从安全管理的专业要求上看,建设阶段与运营阶段的内容各成体系。但是建设阶段所形成的非建设安全问题,如设施设备功能缺陷及不良状态,到运营阶段就可能形成安全风险或隐患。因此需研究建设安全管理和运营安全管理内容的全

过程协同设计。

2) 运营安全管理与公共安全管理的融合。运营安全管理主要针对城市轨道交通系统内的要求;公共安全管理内容则涵盖城市轨道交通系统内外,涉及系统运行的社会大环境。两者的管理内容重合度高、交叉点多,如何协调两者的管理职能和管理内容,是管理体系研究中需探讨的问题。

3) 人员因素管理需关注的问题。在城市轨道交通安全管理体系中,人员是核心要素。在运营安全管理中,大客流安全状态的识别与管控是亟需解决的课题。在应急管理中,如何提升各岗位员工的应急反应能力、设计有效的演练方案、研究针对性评价演练效果的方法,是需要展开探讨的课题。

4) 设施设备的安全管理。近些年,自动化、信息化、大数据、智能化等技术已在城市轨道交通领域得到普遍应用。在提高生产效率的同时,更应关注新技术在设施设备安全管理中的应用。

5) 探讨适用于城市轨道交通的安全管理理论和技术方法。安全科学与工程与交通运输工程分属不同学科,将安全管理理论和方法应用到城市轨道交通运营管理中,不仅满足实际应用需求,还具有学科交叉的创新价值。

参考文献

- [1] 燕飞,闫宏伟.北京市轨道交通安全领域管理体系框架研究[J].城市轨道交通研究,2015(10):5.
- [2] 张红欣.城市轨道交通运营安全管理体系探讨[J].都市快轨交通,2017(1):110.
- [3] 王铭,刘翠.城市轨道交通运营安全管理体系探讨[J].建筑工程技术与设计,2018(13):3771.
- [4] 吕培印,刘森.城市轨道交通建设安全风险现状与发展建议[J].都市快轨交通,2018(6):4.
- [5] 金淮,张成满,马雪梅,等.城市轨道交通安全风险管理体系的建立[J].都市快轨交通,2010(1):34.
- [6] 张素嫣.城市轨道交通运营应急管理与安全管理体系研究[D].山东:山东科技大学,2017.
- [7] 白丽.城市轨道交通线网运营安全保障及评估体系研究[D].北京:中国铁道科学研究院,2016.

(收稿日期:2020-08-20)

欢迎订阅《城市轨道交通研究》

服务热线 021—51030704