

城市轨道交通运营危险源辨识和全过程安全管控体系的建立

耿海峰

徐州地铁运营有限公司, 中国·江苏 徐州 221000

摘要:城市轨道交通系统具有高密度的客流承载特性以及繁杂的技术耦合状况,运营安全管理工作存在着诸多危险源互相交织、风险传递链条较长、事故后果严重等诸多现实问题。科学辨识运营危险源,系统构建全过程安全管控体系,这是保证轨道交通安全运营的根本途径。本文以城市轨道交通运营安全为研究对象,在整理危险源基本类型和分布规律的基础上,从危险源辨识方法体系、风险评估与分级管控、全过程安全管控体系构建三个方面进行论述,提出覆盖设备设施、运营组织、人员行为和外部环境的危险源辨识框架,提出贯穿计划、执行、监督、改进各个阶段的闭环安全管控机制,为提高城市轨道交通运营安全管理整体效能提供理论参考和实践指导。

关键词:城市轨道交通;危险源辨识;风险管控;全过程管理;运营安全

Establishment of hazard identification and whole process safety control system for urban rail transit operation

Geng Haifeng

Xuzhou Metro Operation Co., Ltd, China Jiangsu Xuzhou 221000

Abstract: The urban rail transit system has the characteristics of high-density passenger flow and complicated technical coupling, and there are many practical problems in the operation safety management, such as many risk sources intertwined, long risk transmission chain, serious accident consequences and so on. The fundamental way to ensure the safe operation of rail transit is to scientifically identify the operation hazards and systematically build the whole process safety control system. Taking the operation safety of urban rail transit as the research object, based on sorting out the basic types and distribution laws of hazards, this paper discusses the hazard identification method system, risk assessment and hierarchical control, and the construction of the whole process safety control system, proposes a hazard identification framework covering equipment and facilities, operation organization, personnel behavior and external environment, and proposes a closed-loop safety control mechanism throughout the planning, implementation, supervision and improvement stages, so as to provide theoretical reference and practical guidance for improving the overall efficiency of the operation safety management of urban rail transit.

Keywords: Urban rail transit; Hazard identification; Risk control; Whole process management; Operational safety

0 引言

城市轨道交通由于具有大运量、高频次、准时性强的特点,是现代城市公共交通体系的主要支撑。随着国内轨道交通网络规模不断增大,运营线路总里程和日均客流量屡创新高,系统运营的安全压力也越来越大。轨道交通运营系统包含车辆、供电、信号、线路、通信等诸多专业技术子系统,各个子系统之间存在着深层次的技术耦合,任何一个环节出现功能异常都会引起连锁反应,危及行车安全和乘客人身安全。与此同时,运营环境动态复杂、乘客行为随机、极端气候等外界扰动因素一起造成安全工作出现诸多风险叠加的情况。多年来部分运营单位安全管理工

作存在危险源辨识不全面、风险评价流于表面、控制措施缺少动态监测等情况,进而影响到整个安全管理效率的改善。在此背景下,建立科学规范的危险源辨识方法体系,把危险源管控要求嵌入到运营全过程的各个环节中去,构建起系统的全过程安全管控体系,既是行业安全管理标准化建设的迫切需要,又是从根本上遏制事故发生的有效途径。

1 城市轨道交通运营危险源的基本类型与分布特征

城市轨道交通运营系统中的危险源分布在技术系统、运营组织、人员行为和外部环境这四个领域里,不同的危

险源在性质、触发条件以及可能造成的后果上存在较大差别,并且还会存在着互相影响、相互联系的复杂关系。从技术系统角度来讲,车辆牵引和制动系统的故障、供电系统的接触网异常、信号系统的逻辑错误、道岔失表以及轨道几何尺寸超限这些设备设施的缺陷,属于影响行车安全的基本危险源,这类危险源一般具有隐蔽性较强、单次触发后果严重的特征,依靠定期检测保养和实时状态监测来加以控制。从运营组织角度来讲,行车调度指令出错、行车间隔被压缩造成安全裕度不够、作业计划安排不当、跨专业协同作业中界面管控不到位等都是运营组织类危险源的主要表现形式,这些危险源同人的决策行为有着密切联系,受到信息传递品质、程序执行是否严格、人员状况等要素的影响。从人员行为层面来讲,乘客不规范乘车行为(强行扒门、越线候车、携带违禁物品进站)、一线作业人员违规操作、安全意识淡漠、疲劳作业等都属于人因类危险源,此类危险源发生频率较高,但是单次事件的后果存在较大的差别。从外部环境角度来说,暴雨、大风、雷电、高温等极端天气会引发线路积水、供电系统出现异常状况以及车辆性能受到影响等情况发生,外部施工造成的地面下沉和轨道变形、周边火灾以及危化品事故的次生危害,也属于不能被忽视的外部环境类危险源。重大事故的发生不是单个危险源单独引起的结果,而是一系列危险源在一定条件下互相叠加、一个接一个地解除防护屏障、最后超过安全限度的连锁反应。因此全面掌握危险源的种类构成和分布情况,是进行系统辨识并建立有效控制机制的前提。

2 城市轨道交通运营危险源辨识方法体系

2.1 危险源辨识的基本原则与方法选择

危险源辨识属于安全风险管控的逻辑开端,辨识工作是否系统、准确直接影响到后面的风险评价以及管控举措的制订。城市轨道交通运营危险源辨识要遵照系统性、动态性、实用性这三个基本准则。系统性原则指辨识工作要覆盖运营系统的全部要素和全部场景,不能因为专业分工或者管理边界而漏掉某个区域或者作业类型的危险源;动态性原则指辨识结果要随着设备状态的变化、运营规模的变动、外部环境的改变、历史事件的累积而不断更新,不能使辨识体系僵化失效;实用性原则指辨识方法和成果应该能指导一线操作层面的风险防控,而不是停留在文件层面。就具体方法的选择而言,要依照辨识对象的特性而有所区别,对于设备设施类的危险源,故障模式与影响分析法(FMEA)可以全面整理出各个技术子系统可能出现的故障模式以及它们对运营安全造成的影响途径,适合在新

线开通前准备或者既有线设备大修时系统使用;对于作业流程类的危险源,作业危害分析法(JHA)是对标准作业流程进行逐步分解的过程,找出每一个操作步骤里存在的人员伤害和系统故障风险点,适合用于一线作业人员的岗位风险辨识;对于复杂的系统性风险,危险与可操作性研究(HAZOP)采用引导词驱动的头脑风暴形式,能有效地找出偏离设计意图的异常工况及可能的后果,在信号系统更新、运营模式改变等牵涉到系统变动的情形里,有着较好的适用性。在实践中可以采用多种方法综合使用,用专项辨识和综合审查相结合的方式提高危险源辨识的全面性和深度。

2.2 分专业分场景的结构化辨识框架

由于城市轨道交通运营系统具有高度的专业性,因此危险源辨识工作应该建立结构化的框架,从专业类别和运营场景两个方面进行系统化的开展,保证辨识结果在覆盖范围上没有死角,在专业深度上得到保障。从专业类别上看,应该分别以车辆、供电、信号、轨道、通信、站务、行车组织、综合维修等为专业,由各专业技术力量负责本专业范围内危险源的识别工作,形成包含危险源名称、所属设备或作业环节、可能引发的事故类型以及现有防护措施的结构化清单。从运营场景的角度出发,要针对正常运营、高峰大客流、夜间施工维修、新线或者新设备调试、极端天气应对、应急处置等典型场景展开识别工作,对各种场景所处时段下危险源被触发的状况及暴露的程度差别加以辨别,防止由于只用常态运营视角来忽略特殊情形而造成的风险漏判现象发生。对换乘枢纽站、隧道内区间、高架桥段等特殊地理位置节点以及列车清客作业、带电作业、高处作业等高风险作业类型,应该作为重点辨识对象加以特别注意,适当增加辨识的频率和强度。从辨识组织方式上讲,应该采用自下而上和自上而下的结合方式,一线作业人员根据日常的工作经验给出基本的危险源信息,安全管理人员和技术专家对辨识的结果做系统的审核和补充,使操作层的实践经验同管理层的系统视角结合起来,从而形成一个完整、层次分明的危险源辨识清单,为后面的风险分级评价打下数据基础。

2.3 危险源动态更新与信息化管理机制

危险源辨识并不是一次性的静态工作,而应该随着运营系统的状况不断更新,也就是一个动态的过程。触发危险源清单更新的情形有新线路开通或者既有线路延伸引起的新增设备和运营界面,设备系统重大改造或者功能升级引入的新技术风险,运营组织模式调整(增设贯通运行、

新增大小交路等)改变的风险暴露条件,事故或者典型未遂事件揭示的既有清单遗漏,外部法规标准修订提出的新辨识要求。为了保证动态更新机制有效运行,应该建立危险源变更评审程序,规定触发更新评审的条件、责任人和完成时间,避免系统变更与危险源管理相脱离。信息化管理上创建危险源信息库,把辨识清单数字化保存起来,按照专业、场景、风险等级等各方面展开查询和统计分析的功能,支持危险源信息在安全管理部门、专业技术部门以及一线班组之间高效地共享和传递。通过和设备管理系统、作业计划系统之间的数据接口,把危险源的状态同现场作业活动联系起来,在高风险作业计划审批的时候自动发出有关危险源的提醒,把辨识出来的结果变成一线作业安全管控的实际依据,防止辨识工作成果被束之高阁,脱离实际操作层面的常见情况。

3 城市轨道交通全过程安全管控体系构建

3.1 基于风险分级的差异化管控策略

全过程安全管控体系有效运转的基础就是建立科学合理的风险分级评价。对已经识别出的危险源进行评价,采用风险矩阵法,从危险源触发可能性和潜在后果严重程度两个方面综合考虑,将风险分为重大风险、较大风险、一般风险、低风险四个等级,根据分级结果采取不同的管控措施。重大风险要采取最高级别的管控措施,即制定专项安全管控方案、配备冗余防护设施、列为公司级安全监督重点并挂牌督办,危险源状态变化要及时报告,保证管理层对重大风险的实时掌握;较大风险在部门级安全管理层面要建立定期排查机制,明确专业负责人责任,制定针对性的预防措施和应急处置程序;一般风险和低风险在落实班组级日常管控措施的基础上,通过安全教育培训提高人员防范意识,纳入常规安全检查范围。风险分级结果要同资源配置决策直接挂钩,把安全投入、技术改造资金和专项排查力量集中配置到高等级风险防控领域,防止安全管理资源平均化分散使用造成重点风险防护不到位。

3.2 覆盖运营全环节的过程管控机制

全过程安全管控的本质就是把危险源控制的要求融入到运营活动的各个环节当中,而不能停留在事后检查或者专项整治上。行车计划、维修作业计划和应急预案编制时,必须把相关危险源清单加入到风险审查之中,保证计划方案在审批之前就已识别并应对了可能的风险,在作业执行阶段,采用标准化作业程序把关键危险源的防控要求变成一线人员的操作规范,对高风险作业实行作业票证管理制度,确定作业前危险源确认、作业中监护、作业后安全恢

复检查的全过程管控节点,在运营监控环节,行车调度、设备监控、客运服务监控要创建起异常信息快速识别和升级报告的机制,把设备报警、客流异常、行车偏差等运营态势信息同危险源触发条件对比起来,加强对于潜在风险的即时察觉能力,在班后总结和安全例会上,形成危险源动态信息定期通报制度,把当天危险源触发情况、未遂事件、设备异常信息系统整理起来,当作安全管理持续改进的输入。经过以上环节的有机串联,把危险源控制从专项安全管理活动变成贯穿运营组织全过程的常态工作机制,从而达到安全管理同生产运营深度融合的目的。

3.3 多层次安全责任落实与考核体系

安全管控体系实际效果的取得,要看责任主体是否清楚,责任落实是否到位。城市轨道交通运营单位应当按照“管业务必须管安全”的原则,建立以公司、部门、班组三级为安全责任主体的安全责任体系,把危险源管控责任逐级分解到具体的岗位上。公司管理层对危险源辨识体系的建立、风险管控资源的保障和重大风险的决策审批负有主要责任;各专业部门对本专业范围内的危险源清单进行维护更新、制定执行管控措施并组织专项排查;班组长是为本班组作业范围内危险源的日常确认人、人员安全交底人和现场管控措施的督促人。就责任落实保障机制而言,应当把危险源辨识和管控工作完成情况纳入到各个层次的安全绩效考核指标当中,对危险源漏报、管控措施执行不到位、风险信息隐报瞒报等行为予以明确的问责,从而达成有效的责任约束。

3.4 安全管控体系的持续改进与闭环运行机制

全过程安全管控体系的生命力在于持续改进的能力,而不是一成不变的固化制度。闭环运行机制的建立应该以“计划、执行、检查、改进”管理循环为基础,把危险源辨识、风险评价、管控措施落实和效果检验融合到一起进行统一的循环管理。检查环节要创建起多层次的安全检查和审核机制,日常班组自查关注一线作业现场危险源状态的确认,专业部门月度检查重点考察管控措施执行的合规性核查,公司级季度安全审核从体系角度评判危险源辨识覆盖程度和风险管控总体有效性,引进外部安全评价机构实施年度独立审核,给体系改良赋予客观视角。改进输入方面,事故和未遂事件调查结论、安全检查发现、内外部审核建议、行业安全信息、法规标准更新等都应作为触发管控体系优化调整的正式改进输入,经过评审后纳入危险源清单更新和管控措施修订流程。经过不断改进的闭环机制,促使全过程安全管控体系在实践中不断得以完善,危险源

辨识的深入程度、风险控制的精确度会随着运营经验的累积以及管理能力的提高而逐步提高,从而塑造出具有自我更新能力的安全管理体系。

4 结语

城市轨道交通运营安全管理工作属于一项系统工程,也是长期的工程,危险源辨识以及全过程安全管控体系的创建是提高安全管理水平的主要途径。本文从危险源基本类型和分布特征入手,对危险源辨识方法体系的建立逻辑进行了系统的论述,围绕风险分级管控、全环节过程管控、多层次责任落实和闭环改进机制四个方面,提出了全过程安全管控体系的框架设计。伴随着信息技术的深入应用,以物联网为基础的设备状态实时感知、大数据驱动的风险趋势研判、人工智能辅助的异常预警,正在给危险源动态监控和风险主动防控赋予新的技术手段,未来要积极探寻技术赋能之路,促使安全管控由依靠人工经验转向数据智能支撑。

参考文献:

- [1] 刘壮壮. 城市轨道交通运营危险源主动辨识及预警系统[J]. 物流科技, 2024, 47(4): 68-71.
- [2] 史淦. 城市轨道交通运营故障扩散态势预判及应急防控研究[D]. 上海工程技术大学, 2024.
- [3] 邱光明, 李佰福, 崔小满. 基于城市轨道交通全过程管理的安全管控平台建设及应用研究[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(13): 35-38.
- [4] 陈家萍. 城市轨道交通运营危险源挖掘及风险链的构建[D]. 上海工程技术大学, 2022.
- [5] 蔡德国. 城市轨道交通建设全过程安全质量隐患管控及信息化关键技术研究及示范. 陕西省, 西安市地下铁道有限责任公司, 2017-06-26.

作者简介: 耿海峰 (1991.07-), 男, 汉族, 江苏邳州人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 城市轨道交通运营管理。