

轨道交通信号设备故障应急处理措施

罗 鑫

重庆璧铜线轨道交通运营管理有限公司 重庆 400000

摘要：本文围绕轨道交通信号设备故障应急处理展开，阐述了列控系统、联锁系统等核心设备的类型与功能，分析了故障的分类、特征及对运营安全、效率、成本的影响。结合现有应急处置体系，剖析了响应效率、排查精度、保障能力等方面的现存问题及成因，提出了完善组织架构、优化处置流程、强化保障能力、建立评价改进机制的优化措施，为提升轨道交通信号设备故障应急处置水平、保障运营安全顺畅提供支撑。

关键词：轨道交通；信号设备；故障应急；处理措施

引言：轨道交通作为城市公共交通的核心骨干，信号设备是保障列车安全有序运行的“神经中枢”，其运行稳定性直接关系到乘客人身安全和城市交通运转效率。当前，随着轨道交通网络化运营推进，信号设备种类增多、运行负荷加大，故障突发性、关联性特征凸显，现有应急处置体系仍存在诸多不足。因此，系统研究信号设备故障应急处理措施，破解处置难题，提升应急处置能力，对保障轨道交通高质量运营具有重要现实意义。

1 轨道交通信号设备相关基础理论

1.1 轨道交通信号设备的核心类型与功能

(1) 核心设备类型：列控系统是核心管控设备，负责列车运行速度、间隔的精准控制，保障列车安全有序行驶；联锁系统衔接道岔、信号机等设备，实现设备间的逻辑联动，防止误操作；闭塞系统用于划分行车区间，避免列车追尾、冲突；信号机作为直观指示设备，通过不同灯光信号告知列车运行状态，指引列车启停、变道。(2) 核心设备功能：各类设备协同发力，列控系统与闭塞系统共同筑牢行车安全防线，精准控制列车间距和速度；联锁系统规范设备操作逻辑，杜绝误动风险；信号机提供清晰指令，保障行车有序。同时，各设备高效配合，减少列车等待时间，提升线路通行效率，保障运营顺畅。

1.2 轨道交通信号设备故障的分类与特征

(1) 故障分类：按严重程度可分为重大故障、一般故障和轻微故障，重大故障可导致线路停运，轻微故障不影响正常运营；按类型可分为硬件故障和软件故障，硬件故障多为设备老化、损坏，软件故障多为程序漏洞、系统卡顿；按影响范围可分为单设备故障、区域故障和全线故障。(2) 故障特征：故障具有突发性，多由设备老化、外部干扰等因素引发，无明显前兆；关联性

强，一个设备故障可能触发连锁反应，影响多个系统；影响广泛，一旦发生故障，易导致线路运营受阻，影响大量乘客出行；处理紧迫性高，故障需快速排查处置，否则会扩大影响范围、增加损失^[1]。

1.3 信号设备故障产生的核心影响

(1) 对运营安全的影响：故障易导致信号指令错误、列车控制失灵，进而引发行车冲突、追尾等安全事故，同时可能造成列车晚点，埋下安全隐患，威胁乘客和工作人员人身安全。(2) 对运营效率的影响：严重故障会导致列车停运、线路封锁，轻微故障会降低行车速度、增加列车间隔，造成运力下降，大量乘客滞留车站，影响运营秩序和乘客出行体验。(3) 对运营成本的影响：故障发生后，需投入大量人力、物力进行排查检修，应急处置过程中还会产生额外费用，同时设备维修、部件更换也会增加运营成本，影响运营效益。

2 轨道交通信号设备故障应急处理现状及存在问题

2.1 轨道交通信号设备故障应急处理现有体系

(1) 应急组织架构：目前多数轨道交通运营单位已建立基本的应急组织架构，明确了各相关部门的职责任务。应急指挥部门负责统筹全局，下达应急处置指令、协调各部门联动；执行部门由信号维修、行车调度、车站运营等团队组成，负责现场故障排查、临时处置和设备修复；保障部门涵盖后勤、物资、医疗等，负责提供应急物资供应、人员保障和医疗支持，确保应急处置工作有序推进。(2) 现有应急流程：遵循“快速响应、科学处置、及时恢复”的原则，形成了完整的应急流程。首先是故障上报，由现场工作人员或设备监测系统发现故障后，第一时间上报至故障报修部门，说明故障位置、现象及影响范围；其次是故障排查，维修团队赶赴现场，通过现有检测设备和经验判断故障原因；随后进行临时处置，采取临时行车组织、封锁相关线路等措

施,降低故障影响;待故障原因明确后,开展设备修复工作,修复完成后进行全面检测,确认无问题后恢复正常运行^[2]。

2.2 轨道交通信号设备故障应急处理现存问题

(1) 应急响应效率偏低:主要体现在故障上报流程繁琐,部分情况下需经过多层级汇报,导致信息传递延迟;同时,应急指挥与现场执行部门联动不够顺畅,指令传达不及时,部分应急人员响应迟缓,无法快速赶赴现场开展处置,进一步延长了故障处置时间。(2) 故障排查精准度不足:当前故障排查多依赖维修人员的经验和传统检测设备,缺乏高效、智能的排查手段。对于复杂的信号系统故障,尤其是软件故障和隐性硬件故障,排查难度大、耗时较长,往往需要反复测试才能确定故障点,影响故障处置效率。(3) 应急保障能力薄弱:人员层面,部分应急维修人员专业素养不足,对新型信号设备的结构、原理掌握不熟练,应对复杂故障的能力有限;设备层面,应急物资储备不足,部分关键备件短缺,且检测设备更新不及时,无法满足快速排查修复需求;技术层面,缺乏专业的应急技术支持,难以快速解决疑难故障。

2.3 问题产生的原因分析

(1) 管理层面:应急管理制度不完善,部分制度过于笼统,缺乏具体的操作规范和考核标准,对各部门、各岗位的应急责任落实不到位;同时,应急管理流程缺乏优化,未建立高效的信息传递机制,导致上报、指挥、执行环节衔接不畅。(2) 技术层面:故障监测技术落后,多数运营单位仍采用传统监测模式,无法实现对信号设备的实时监测和故障预警,难以提前发现隐性故障;应急处置技术不足,缺乏智能诊断、远程处置等先进技术,对复杂故障的处置能力有限,依赖人工操作,效率偏低。(3) 人员层面:应急人员招聘和培训体系不完善,部分人员缺乏系统的专业培训,对新型信号设备和应急处置流程掌握不熟练;应急演练开展不到位,演练场景单一、频次不足,且缺乏实战性,导致应急人员应对突发故障的实战能力不足,难以快速高效处置故障。

3 轨道交通信号设备故障应急处理优化措施

3.1 完善应急组织架构与管理制度

(1) 优化组织架构:打破传统多层级、多环节的指挥壁垒,建立扁平化应急指挥体系,进一步明确应急指挥、现场执行、后勤保障各部门的核心职责,杜绝职责交叉、推诿扯皮等问题。明确应急指挥部门作为核心统筹机构,直接对接信号维修、行车调度、车站运营等现场执行团队,减少中间汇报层级,实现应急指令的快速

传达与高效落地;细化各执行部门的岗位分工,明确故障处置各环节的责任主体、操作标准和时间节点,确保事事有人管、件件有着落;建立跨部门协同联动机制,加强指挥部门与各执行、保障部门的实时沟通,确保故障发生时能够快速集结力量、统筹推进处置工作,全面提升应急响应效率,缩短处置准备时间^[3]。(2) 完善管理制度:结合轨道交通信号设备故障的多样性、突发性特点,针对现有管理制度的短板,制定针对性强、可操作性强的应急处置细则,明确不同类型、不同等级故障的处置流程、技术规范和操作要点,让应急处置工作有章可循、有规可依。建立健全责任追究制度,对在应急处置过程中推诿扯皮、响应迟缓、操作失误,导致故障影响扩大的部门和个人,依法依规严肃追究问责,强化全员应急责任意识;完善考核激励制度,将应急响应效率、故障排查精度、处置效果、物资保障情况等纳入各部门和个人的绩效考核,设立奖惩机制,激励工作人员主动提升专业能力和应急处置水平,推动应急管理制度落地生根、发挥实效。

3.2 优化应急处理流程与排查技术

(1) 简化应急上报流程:摒弃传统人工多层级上报的繁琐模式,依托信息化、智能化技术,搭建应急信息实时传递平台,建立“一键上报、多方同步”的快速上报通道。明确现场工作人员、设备监测系统发现信号设备故障后,可直接通过平台上报至应急指挥部门,同步将故障位置、故障现象、影响范围、现场情况等关键信息,推送至相关执行部门和责任人员,减少信息传递的中间环节,避免信息延迟、失真;建立故障信息实时反馈机制,确保指挥部门与现场执行团队双向互通处置进展,及时调整优化处置方案,避免因信息不对称导致处置效率下降,最大限度缩短故障处置周期^[4]。(2) 提升故障排查精准度:积极引入大数据分析、人工智能诊断、远程实时监测等智能化排查技术,替代传统依赖人工经验的排查模式,大幅提升故障排查的精准度和效率。搭建轨道交通信号设备故障数据库,系统整合过往各类故障的现象、成因、处置方法、处置效果等数据,通过大数据分析挖掘故障发生规律和潜在隐患,为故障排查提供科学的数据支撑;利用人工智能诊断系统,对信号设备运行状态进行24小时实时监测,及时发现隐性故障、提前发出预警,同时在故障发生后,快速分析故障成因、精准定位故障点,避免盲目排查;配备先进的便携式智能检测设备,提升现场排查的便捷性和精准度,缩短故障排查耗时,为设备修复争取宝贵时间。

3.3 强化应急保障能力建设

(1) 人员保障: 建立完善的应急人员专业培训体系, 结合新型信号设备的技术特点和应急处置需求, 定期开展系统化培训, 内容涵盖设备结构、故障排查、应急操作、安全规范等, 提升应急人员的专业素养和技术能力。定期组织开展多元化、实战化应急演练, 模拟不同类型、不同场景的信号设备故障, 让应急人员在实战场景中熟悉处置流程、锻炼操作技能, 提升应对突发故障的应急反应能力和协同处置能力; 建立应急人员储备机制, 吸纳专业技术人才, 组建一支高素质、专业化的应急处置队伍, 确保故障发生时能够快速补位、高效处置。(2) 设备与物资保障: 全面梳理应急设备和物资需求, 完善应急设备储备, 重点储备信号检测设备、维修工具、关键设备备件等, 定期对储备设备和物资进行检查、维护和更新, 确保设备性能良好、物资完好可用。建立健全应急物资调配机制, 明确物资储备地点、调配流程和责任人员, 利用信息化平台实现物资库存实时监控, 当故障发生时, 根据处置需求快速调配物资, 确保应急物资及时到位, 为故障处置提供坚实支撑; 加强与设备供应商的合作, 建立应急备件供应绿色通道, 确保关键备件能够快速补充^[5]。(3) 技术保障: 搭建专业化应急技术支持平台, 整合行业内先进技术资源、专家资源, 建立技术咨询机制, 当遇到疑难故障时, 可快速对接技术专家, 获取专业技术指导, 提升故障处置的专业性和高效性。积极引入先进的应急处置技术与设备, 如远程控制、智能修复等技术, 提升复杂故障的处置能力; 加强信号设备技术升级改造, 推动传统设备向智能化、信息化转型, 减少故障发生率, 同时提升故障自我诊断、自我修复能力, 为应急处置提供技术保障。

3.4 建立应急处置评价与改进机制

(1) 建立评价指标体系: 围绕应急处置全流程, 从应急响应效率、故障排查精度、处置效果、保障能力四个核心维度, 设定科学合理、可量化的评价指标, 明确各指标的评价标准、权重分配和考核方法。其中, 应急响应效率可通过响应时间、指令传达时间、人员集结时间等指标衡量; 故障排查精度可通过排查耗时、故障定位准确率、误判率等指标衡量; 处置效果可通过故障修

复时间、恢复运营速度、乘客滞留数量、故障复发率等指标衡量; 保障能力可通过人员专业水平、物资储备充足率、技术支持及时性等指标衡量, 形成全面、系统、可操作的应急处置评价体系。(2) 完善改进机制: 建立常态化总结复盘机制, 定期对信号设备故障应急处置工作进行全面总结, 结合评价指标体系的考核结果, 梳理应急处置过程中存在的问题和不足, 深入分析问题产生的根源, 总结成功经验和有效做法。建立针对性的改进机制, 针对发现的问题, 制定具体的优化措施, 不断完善应急组织架构、管理制度、处置流程和保障体系; 加强行业交流合作, 积极借鉴其他轨道交通运营单位的先进经验和做法, 结合自身运营实际, 优化应急处置措施, 持续提升应急处置能力, 确保信号设备故障应急处置工作不断完善、持续改进, 更好地保障轨道交通运营安全和顺畅。

结束语

轨道交通信号设备故障应急处理是一项系统性、综合性工作, 关乎运营安全、民生出行和运营效益。本文提出的优化措施, 针对性解决了现有处置体系中的突出问题, 为应急处置工作提供了可操作的思路。后续需结合轨道交通技术发展, 持续优化应急机制、更新技术设备、强化人员素养, 常态化开展实战演练, 不断提升应急处置的科学性和高效性, 筑牢轨道交通运营安全防线, 为市民出行提供更可靠的保障。

参考文献

- [1]王亮,伍进.浅析轨道交通车载信号系统常见故障及应对措施[J].智能城市,2020,6(1):133-134.
- [2]赵德生.信号机在城市轨道交通信号系统中的应用研究[J].铁道运营技术,2021,27(3):26-29.
- [3]刘昌录.轨道交通信号设备的维护与故障排除实践[J].经济师,2024,(8):288-289.
- [4]赵磊.轨道交通信号设备的故障定位方法研究[J].交通与运输,2024,40(4):64-68.
- [5]王昔鹏,陈亮,宋锐.基于轨道信号设备分类管理的故障处理策略[J].交通世界,2020,(20):18-20.