

# 地铁运营安全风险分析及强化安全管理研究

陈 波

中交轨道交通运营有限公司 天津 300000

**摘 要：**地铁运营安全受设备、人员、环境等因素影响。本文剖析了地铁运营系统构成要素、安全风险特征及关键影响因素，从设备运行、人员行为、环境影响等维度分析风险，提出强化设备维护、优化人员管理、加强环境管控等策略，并探讨完善风险预警体系、协同管理流程、深化技术应用等优化路径，为提升地铁运营安全管理水平提供参考。

**关键词：**地铁运营；安全风险；设备维护；人员管理；环境管控

引言：地铁作为城市交通的关键动脉，其运营安全至关重要。地铁运营系统由硬件设施与运营管理主体构成，安全风险具有突发性、关联性和多样性等特征，受设备、人员、环境等因素影响。一旦发生安全事故，将严重威胁乘客生命财产安全，影响城市正常运转。全面分析地铁运营安全风险，探索强化安全管理的有效策略与优化路径，具有重要的现实意义。

## 1 地铁运营安全风险的基础认知

### 1.1 地铁运营系统的构成要素

地铁运营系统的构成要素包含硬件设施与运营管理主体两部分。硬件设施涵盖轨道线路、列车车辆、供电系统、通信信号系统等，轨道线路作为列车行驶的依托，其结构稳固性与线路平顺度直接影响行车平稳性；列车车辆由多个精密部件组合而成，各部件的协调运作决定了运行状态；供电系统为整个运营系统提供动力支持，稳定的电力输出是列车正常运行的前提；通信信号系统则承担着信息传递与指令发送的功能，保障列车行驶有序<sup>[1]</sup>。这些硬件设施通过特定的连接方式形成协同整体，任何一部分出现异常都可能干扰运营流程。运营管理主体由站务管理、调度指挥、维修养护等人员组成。站务管理人员在车站内负责引导乘客、处理票务及维护站内秩序，确保乘客安全进出；调度指挥人员通过监控系统掌握列车运行动态，及时调整行车计划以保障线路顺畅；维修养护人员专注于设备的检查与修复，维持硬件设施的良好性能。这些人员依据明确的职责分工开展工作，通过有效地沟通协作，承担起系统运行的操作与监控职责。

### 1.2 安全风险的核心特征

风险存在突发性，可能由设备故障或人为操作不当引发，短时间内对运营秩序造成冲击。设备突发故障如制动系统失灵可能导致列车紧急停车，人为操作失误如

信号误判可能引发行车冲突，这类情况往往缺乏预警时间，需快速响应以减少影响。风险具有关联性，某一环节出现问题可能引发连锁反应，影响多个运营节点。车站站台门故障若未及时处理，可能导致列车无法正常进出站，进而造成后续列车延误，波及整条线路的运行节奏。风险表现形式多样，涉及设备运行、人员行为、环境变化等多个层面。设备层面可能出现轨道变形、接触网断线等问题，人员层面可能存在操作步骤遗漏、应急处置迟缓等情况，环境层面可能遭遇暴雨引发的线路积水、大风导致的异物侵入等状况。不同形式的风险相互交织，增加了识别与管控的难度，需要全面覆盖各风险来源。

### 1.3 影响安全风险的关键因素

设备使用年限与运行强度会导致老化速度差异，使用年限较长的设备，其部件磨损程度相对严重，故障发生概率较高；而运行强度大的设备，如在高峰时段频繁运行的列车，部件老化速度会加快，也容易出现故障。人员操作的规范性与应急处置能力对风险控制效果产生直接影响。操作人员严格按照规范流程作业，能有效减少操作失误引发的风险；在面对突发情况时，若能迅速采取合理的应对措施，可降低风险造成的影响，反之则可能使风险扩大。外部环境变化可能增加运营安全隐患，极端天气如暴雨可能导致车站进水，影响设备运行；大风可能将异物吹到轨道上，干扰列车行驶；地质条件波动可能影响隧道结构稳定，对轨道和设备造成损害；野生动物闯入轨道也可能干扰列车正常行驶，这些外部因素都可能给地铁运营带来安全风险。

## 2 地铁运营安全风险的分析维度

### 2.1 设备运行风险

列车车辆的制动系统、牵引系统等关键部件性能衰减，可能影响行驶稳定性。制动系统刹车片磨损会延长制动距离，紧急情况下难以及时停车；牵引系统电机功

率下降会导致启动迟缓,破坏运行节奏<sup>[2]</sup>。轨道线路的钢轨磨损、道床沉降等问题,会降低列车运行轨迹的安全性。钢轨表面磨损不均形成高低差,会加剧列车振动;道床沉降造成轨道凹陷,可能引发列车轮对异常受力。供电系统的接触网故障、变电设备异常,可能导致列车动力中断。接触网导线磨损或绝缘子老化,会影响电流传输稳定性,严重时出现短路断路;变电设备变压器过热、断路器失灵,会直接造成供电中断,使列车滞留区间。通信信号系统的传输延迟或指令错误,会干扰列车调度与行车秩序。信号机显示错误可能导致司机误判,通信中断会阻碍调度指令传递,影响应急响应效率。

## 2.2 人员行为风险

驾驶人员的操作失误,如超速行驶、信号误判等,可能引发行车事故。超速会使制动距离超出安全范围,信号误判可能导致列车闯入禁行区域。驾驶时注意力分散,未能及时发现轨道障碍物或线路异常,也会增加事故概率。站务人员的作业疏忽,如站台监护不到位、应急指引不及时,会增加乘客安全隐患。监护时未关注列车进出站状态,可能导致乘客抢上抢下或跌落轨道;遇突发事件未及时引导疏散,会扩大影响范围。票务设备操作不当可能引发乘客拥堵,间接干扰车站秩序。乘客的不安全行为,如违规进出轨道、携带危险物品等,对自身及他人安全构成威胁。翻越护栏进入轨道会迫使列车急停,危及自身安全并导致线路中断;携带易燃易爆物品进站,泄漏或爆炸可能引发大规模伤亡与设施损坏。车厢内倚靠车门、堵塞通道,会影响紧急疏散效率。

## 2.3 环境影响风险

地下车站与隧道内的通风不良,可能导致空气质量下降或温度异常。风机故障或风道堵塞会使二氧化碳浓度升高、粉尘积聚,影响人员健康;夏季通风不足导致隧道高温,可能影响列车设备运行,引发电路故障。极端天气如暴雨、暴雪,可能影响地面车站进出通道的通行安全,或造成线路积水。暴雨可能淹没出入口,雨水渗入线路引发轨道电路短路;暴雪覆盖轨道、冻结道岔,会导致列车无法正常切换轨道,延误行车。周边施工活动可能引发地质结构变化,对轨道基础稳定性产生影响。深基坑开挖支护不当可能导致地层沉降,使轨道变形;地下管线施工误碰地铁结构,会破坏隧道或车站主体,引发漏水或开裂。施工振动与噪音还可能影响设备精密性,导致运行参数偏差。周边建筑物的沉降也可能间接影响地铁结构稳固性,增加运营安全风险。

# 3 强化地铁运营安全管理的策略

## 3.1 设备维护管理强化

建立设备定期检查机制,结合设备类型与运行强度确定检查频率。针对列车制动片磨损、轨道平顺度、接触网张力等关键部件,制定专项检查内容。检查时结合目视与专业工具测量,查看部件是否有裂纹、变形或松动,及时发现潜在故障并修复。记录检查结果,通过比对掌握损耗规律,为后续维护提供参考<sup>[3]</sup>。优化设备维修流程,依据部件损耗规律与运营时间安排养护周期。易损部件如车门密封胶条、信号机指示灯缩短养护间隔;耐用设备如隧道结构、主变压器适当延长检查周期。维修前明确目标、材料与步骤,过程中严守技术标准把控质量,完成后测试验证,确保设备性能达标,提升维修质量与效率。引入状态监测技术,在列车发动机、供电接头、信号发射器等位置装传感器,实时采集温度、压力、振动等参数。数据传至监控平台分析,参数异常时预警,提示关注性能异常部位。借助监测数据预判故障,提前检修避免影响运营。

## 3.2 人员管理优化

明确各岗位安全职责与操作规范,按驾驶、站务、调度等岗位特性,制定涵盖日常操作与应急处理的详细规范。通过系统培训提升安全意识与专业技能,内容包括设备原理、风险识别、应急流程等,结合课堂讲授与实操训练,确保人员理解掌握。培训后考核,合格者上岗。加强作业现场监督指导,安排管理人员巡查各岗位操作,重点检查驾驶人员信号执行、站务人员站台巡视、调度人员指令发布等。发现不规范操作当场纠正,示范正确做法。定期汇总监督结果,针对常见问题专项培训,强化规范意识,形成良好安全作业习惯。开展应急演练,模拟列车故障、客流拥挤、设备异常等场景,明确各岗位职责。演练前讲解流程与注意事项,过程中观察反应速度、协同配合与处置合理性。结束后总结不足优化流程,通过反复演练提升突发状况下的协同处置能力,确保反应迅速、措施得当。

## 3.3 环境管控措施

完善车站与隧道环境监测系统,在站厅、站台、隧道装传感器,实时追踪温度、湿度、空气质量等指标。数据传至控制中心,指标超限时及时启动通风、空调、除湿等装置改善环境。定期校准维护监测设备,保证数据准确,确保调控有效。针对极端天气制定专项应对方案,依当地气候预判暴雨、暴雪、高温等出现时间与范围。来临前加固出入口挡雨设施、清理排水管道、检查除雪设备与防护物资,做好防护准备。发生时加强巡查,处理积水、积雪、高温等问题,必要时调整列车间隔或停运,保障乘客安全。关注周边施工动态,与施工

单位建立信息交流机制,及时了解范围、方式与进度。评估施工对轨道、供电、信号等的影响,分析沉降、信号干扰等风险。依评估结果采取防范措施,如加密轨道监测、设隔离屏障减振动。施工期间保持沟通,方案变更时重新评估调整措施。

#### 4 地铁运营安全管理的优化路径

##### 4.1 风险预警体系完善

构建覆盖设备、人员、环境的综合监测网络,在列车关键部件、车站重点区域、隧道环境中布设多样化传感器,实时捕捉设备运行参数、人员操作行为、环境指标变化<sup>[4]</sup>。通过统一的数据传输协议,将各类监测数据汇总至中央处理平台,平台对数据进行分类整理与关联分析,从设备异常波动、人员操作偏差、环境指标超标等信息中识别风险前兆。建立风险分级响应机制,根据风险发生概率与可能造成的影响程度,将风险划分为不同等级。针对不同等级风险制定对应的处置措施,低等级风险由现场管理人员及时处理,中等级风险启动部门协同处置流程,高等级风险则调动多方资源进行紧急干预。通过明确各等级风险的响应主体与操作规范,提升风险干预的针对性,确保风险在可控范围内得到解决。

##### 4.2 管理流程的协同化

加强各部门之间的信息共享与协作配合,建立跨部门的信息交流平台,实时推送设备状态、客流变化、施工进展等信息,确保各部门掌握全面的运营动态。定期召开协调会议,沟通安全管理中存在的问题与解决方案,打破部门间的管理壁垒。在日常工作中明确各部门的协作节点,如维修部门及时向调度部门反馈设备修复情况,调度部门根据信息调整行车计划,形成安全管理合力。优化应急处置流程,梳理突发事件从发现到解决的全流程环节,明确每个环节的责任部门与具体职责,规定各环节的完成时限与交接方式。在流程中设置关键衔接节点,如现场人员上报信息的内容标准、各部门响应的启动条件等,确保信息传递准确高效。通过流程演练检验各环节的衔接顺畅度,对存在的阻滞点进行优

化,确保突发事件处置高效有序。

##### 4.3 技术应用深化

引入智能化管理工具,开发具备数据自动分析、风险自动识别、指令自动生成功能的管理系统,提升安全监测的实时性与准确性。在风险分析中运用智能算法,对历史数据与实时信息进行比对,快速定位风险源与影响范围。应急指挥时借助可视化系统,直观展示现场情况与资源分布,辅助决策者制定处置方案,提升安全监测、风险分析、应急指挥的自动化水平。推动设备与系统的技术升级,选用强度更高、耐磨性更好的材料制造列车部件与轨道设施,采用密封性更强、抗干扰能力更优的工艺生产通信信号设备。对现有设备进行技术改造,如为列车加装自动防撞系统,为车站配备智能客流监测装置,通过技术升级减少因材料老化、工艺缺陷导致的安全风险。在系统升级过程中注重兼容性,确保新设备与原有系统无缝对接,维持运营的连续性与稳定性。

#### 结束语

地铁运营安全管理是一项复杂且长期的系统工程。通过对安全风险的深入分析,采取设备维护强化、人员管理优化、环境管控加强等策略,并完善风险预警体系、实现管理流程协同化、深化技术应用,可有效提升地铁运营安全管理水平。未来,还需持续关注新情况、新问题,不断优化管理措施,以保障地铁运营长期安全稳定。

#### 参考文献

- [1]李元菊.地铁运营安全风险管理的优化路径分析[J].人民公交,2024,(02):109-111.
- [2]戴锐.大数据分析技术在地铁运营安全风险管控中的应用[J].运输经理世界,2024,(19):132-134.
- [3]裴康.地铁运营安全风险现状分析探讨[J].人民公交,2024,(10):70-72.
- [4]秦艺高,姚悦,刘秉政.地铁运营安全与风险分析评价[J].交通科技与管理,2023,4(04):17-19.