 DOI: https://doi.org/10.12349/ptc.v4i1.4729

Analyze the influencing factors of urban rail transit traffic safety and its countermeasures

Guoliang Cao

Beijing Metro Operation Co., Ltd. Operation Command Center, Beijing, 100101, China

Abstract

As an important part of modern urban public transportation, the driving safety of urban rail transit is faced with multiple challenges, such as the aging equipment, personnel error, environmental impact and insufficient technical management. Track cracks, signal failure, driver fatigue, extreme weather and lack of management are common sources of safety risks, which directly threaten the stability of train operation and passenger safety. In order to deal with these problems, this paper systematically analyzes the four main influencing factors of equipment, personnel, environment and technology management, and puts forward the corresponding countermeasures, including strengthening equipment update and maintenance, optimizing personnel training and management, establishment of environmental monitoring system, promotion of intelligent technology and construction of safety culture. The comprehensive implementation of these measures can effectively reduce safety risks, improve operational efficiency, provide a safer and more reliable guarantee for urban rail transit, and lay a solid foundation for the sustainable development of the transportation system.

Keywords

rail transit; traffic safety; influencing factors

分析城市轨道交通行车安全影响因素及对策

曹国梁

北京市地铁运营有限公司调度指挥中心，中国·北京 100101

摘　要

城市轨道交通作为现代城市公共交通的重要组成部分，其行车安全面临设备老化、人员失误、环境影响和技术管理不足等多重挑战。轨道裂纹、信号故障、驾驶员疲劳、极端天气以及管理缺失是常见的安全隐患来源，直接威胁列车运行的稳定性和乘客安全。为应对这些问题，本文系统分析了设备、人员、环境及技术管理四个主要影响因素，并提出了相应对策，包括加强设备更新与维护、优化人员培训和管理、建立环境监测体系、推广智能化技术及构建安全文化。这些措施的综合实施能够有效降低安全风险，提升运营效率，为城市轨道交通提供更加安全、可靠的保障，也为交通系统的可持续发展奠定坚实基础。

关键词

轨道交通；行车安全；影响因素

1 引言

随着城市化发展，轨道交通凭借高效、环保、运载能力强的优势，成为现代城市交通的中坚力量。然而，行车安全问题已成为影响轨道交通运行的重要因素。近年来，因设备老化、人员失误及自然灾害引发的事故时有发生，如列车脱轨、信号故障及暴雨导致的线路中断。这些问题不仅威胁乘客安全，还影响交通系统的效率和公共信任。行车安全的提升需从设备管理、人员培训、环境应对及技术革新等方面入手。本文分析轨道交通行车安全的主要因素，探讨优化措施，为构建安全、高效的轨道交通体系提供参考。

【作者简介】曹国梁（1969–），男，中国山西太原人，本科，工程师，从事轨道交通行车组织、安全管理研究。

2 城市轨道交通行车安全影响因素

2.1 设备因素

设备因素是影响城市轨道交通安全的重要因素。比如轨道状况，轨道出现裂缝或变形，可导致列车不稳定或脱轨。常见轨道异物，如落叶、石块，尤其在风大或建设频繁地区，增加安全风险。电气设施问题，如供电线路老化或接触不良，可能引致列车突停或行驶中断；列车维护关注结构完整性及制动和动力系统。不当维护可能导致制动系统失效或动力系统不稳，增加紧急情况下的事故风险。信号系统的可靠性对于安全行车至关重要，硬件或软件故障可能发出错误信号，增加高峰期或复杂路段的风险；设备老化和维护不当，如忽视常规检查、清

洁和部件更换，会大幅增加事故风险。例如，冷却系统因缺乏定期清洁积聚灰尘杂物可能引发过热和火灾[1]。

2.2 人员因素

驾驶员和维护团队的专业技能、经验以及心理状况是保障运行安全的关键因素。例如，驾驶员需要接受系统的专业培训，掌握列车操作、故障诊断及紧急应对技能。安全协议的熟知与执行能力是他们日常工作的基础，这包括正确解读信号系统信息，如红绿灯信号、速度限制标志等，任何解读失误都可能引发不按规定行驶的情况，导致严重事故；操作错误也是城市轨道交通事故中的常见原因，如速度控制不当可能在转弯区域导致列车脱轨，或在站台停车时过速导致与前车碰撞。驾驶员的工作强度也不容忽视，长时间的连续驾驶会导致疲劳积累，从而影响驾驶员的判断力和反应速度。例如，过度疲劳的驾驶员可能无法快速响应紧急制动的需要，或是在夜间驾驶中出现注意力分散；心理状态的影响同样显著，驾驶员如果承受过多的工作压力，或是在个人生活中遭遇压力事件，可能导致其工作时精神不集中、情绪波动，这种心理状态下的操作失误是导致事故的潜在因素。例如，一个正经历家庭困扰的驾驶员可能在高压的工作环境下无法保持冷静，从而在处理突发情况时做出错误决策。

2.3 环境因素

环境因素对城市轨道交通安全的影响是多方面的，特别是在极端天气条件下。例如，2021 年 7 月，郑州遭遇特大暴雨，这次事件高度体现了极端天气对城市轨道安全的巨大威胁。在北方城市，暴风雪可能覆盖轨道，严重时甚至可能冻结转轨设备，导致列车无法正常行驶。大雾天气中，能见度降低会增加列车司机判断轨道状况的难度，增加碰撞事故的风险；自然灾害如地震和洪水对城市轨道交通系统构成直接威胁。地震可能导致轨道基础设施损坏，如轨道错位或桥梁倒塌，严重影响列车的安全运行。洪水则可能淹没低洼的轨道区域，影响电气设备的正常运行，长期暴露在水中还可能导致轨道结构腐蚀；城市建设活动也是影响城市轨道交通安全的一个重要因素。例如，在轨道附近进行的建设可能涉及重型机械操作，这些活动产生的振动可能对地下的轨道结构产生影响，甚至引起轨道的微小移位。施工区域的不当管理可能导致建筑材料、工具或其他设备误入轨道区域，如未及时清理，可能造成列车脱轨或其他严重事故[2]。

2.4 技术与管理因素

城市轨道交通安全系统是一个复杂的整体，从管理角度来看，安全体系的核心在于风险识别与预防，通过定期开展安全审计，核查安全协议和操作标准的执行情况，并对发现的问题及时整改。事故模拟训练是提高紧急响应能力的重要方式，模拟火灾、列车碰撞等场景，有助于完善突发事件的处理机制。同时，积极构建安全文化，强化全员安全意识，使“安全第一”成为工作准则；技术层面，引入自动化控制系统可有效降低人为失误，这些系统能够实时监控列车状态，自动调整速度和运行间隔，从而提升安全性和运行效率。为防止故障，需定期对系统进行全面检查和更新，使其始终处于良好运行状态。紧急预案的制定与落实是应对突发事件的关键，快速疏散乘客、与紧急救援部门协作及事故后的快速恢复运营是其中的重要环节；技术更新和数据分析的重要性日益凸显，针对监控数据，及时处理异常状况，并利用趋势分析预测潜在故障，提前采取维护措施，从而有效保障系统的连续性和可靠性。

3 提高城市轨道交通行车安全的对策

3.1 设备更新与维护

想要提高城市轨道交通的行车安全，必须严格执行设备更新与维护制度，使运行系统始终处于最佳状态。首先，制定明确的设备检查和故障诊断计划，定期对信号系统、轨道及列车控制系统等核心设备进行检测。例如，每月使用超声波检测轨道裂纹，每周检查轨道表面磨损，结合红外技术实时监控设备温度变化，以发现潜在隐患。检查过程需记录具体问题，如设备磨损程度、可能的故障类型，并根据问题的紧急程度，迅速采取修复或更换措施；对于检测到的设备磨损或故障，应立即进行维修或更换。如发现轨道裂纹，可使用焊接工艺修复，而超出使用年限的信号灯控制器或轨道系统，应及时进行全面更换，尤其是高频次运行线路上的设备，以减少突发性故障的可能性。快速响应和处理机制是降低安全风险的重要保障；技术更新是提升设备性能和检测效率的关键。轨道可选用高耐久性材料，如耐腐蚀合金钢，提高抗磨损和抗疲劳性能；自动化检测设备，如激光扫描仪和振动监测装置，能实时获取轨道平整度和列车运行数据，显著提升问题识别的精度和效率。此外，定期升级故障预测和诊断软件，通过大数据分析和人工智能技术，实现对设备状态的精准预测。例如，当信号系统参数出现异常波动时，软件可以提前报警，提醒维护团队采取行动，从而防患于未然[3]。

3.2 人员培训与管理

人员培训与管理是保障城市轨道交通安全的重要基础。为提升全体员工的专业素养和应急能力，应定期为驾驶员和技术支持人员组织系统的安全培训，不管是最新的行车规则、突发状况的应急响应操作以及事故处理的标准程序。在培训过程中，可采用案例教学法，通过分析实际事故案例帮助员工深刻理解潜在风险和应对策略。同时，应加强模拟训练，结合仿真技术模拟不同环境下的操作场景，使操作人员熟练掌握设备使用和应急处置方法，以减少实际工作中因技术不熟练导致的安全隐患；为了预防疲劳操作引发的事故，需实施科学的疲劳管理制度。合理设计驾驶员的工作班次和休息时长，确保在高强度工作后获得充分的恢复时间。还可以配备驾驶监控设备实时分析驾驶员的状态，如眼动监测、心率分析等指标，及时发现并提醒驾驶员注意疲劳迹象，从技术手段上降低人为失误风险；与此同时，还必须严格执行

操作规范，强化管理监督机制。通过定期检查与抽查，使每一位员工都能够按照既定规程操作设备与处理事件。同时，建立奖惩分明的管理制度，对于遵守规范表现优异的员工给予表彰，对违规行为进行纠正和教育。多重保障之下，全员共同维护安全行车环境，最终实现城市轨道交通的高效与安全运营目标。

3.3 应对环境风险

建立全面的环境监测系统，对天气变化和自然灾害进行实时监控，是提升城市轨道交通安全的重要措施。通过在沿线安装高精度传感器和监测设备，可对暴雨、雪、大雾等天气条件及地震、洪水等自然灾害进行精准跟踪。当暴雨引发积水风险时，监测系统应立即发出预警，列车调度中心可迅速调整运行计划，降低列车速度、延长发车间隔和增加列车间距，从而最大限度地降低事故风险。在雪天情况下，应提前启动除雪设备，对轨道积雪进行清理，同时加强轨道电路的防冻保护，以避免系统失灵。对于大雾天气，可优化信号系统，利用自动化驾驶技术提高列车运行的精准性，并通过语音和灯光提醒保障安全；在地震和洪水高发地区，应制定专项加固计划。轨道和桥梁应采用耐震设计，选用抗震等级高的建筑材料，并定期进行结构安全检查。洪水风险较高的地区应优化排水系统设计，暴雨或洪水发生时水流能够快速排出，避免对轨道基础造成侵蚀。还需规划紧急撤离通道和备用运输方案，以减少突发情况下对乘客和列车运行的影响；为提升决策的准确性，应与气象部门建立紧密合作关系，实时接收高精度天气预报数据，并结合轨道交通的大数据分析系统，快速评估天气对运营的潜在影响。

3.4 技术创新与智能化应用

推广智能化管理系统，引入自动驾驶辅助系统，可结合精准算法与传感器实现列车速度控制、停车精准定位及自动刹车功能。系统实时监测运行轨迹，减少人为误操作导致的风险。实时监控预警系统依托沿线安装的高清摄像头和传感器，全天候监测列车运行状态和轨道设施。例如，传感器检测到轨道变形或设备异常时，会立刻发出警报，将信息传送至指挥中心以便迅速处理问题；大数据和人工智能技术用于行车数据和乘客流量的动态分析，优化列车运行计划和调度策略。通过分析历史客流数据和实时信息，系统可合理调整发车间隔和班次安排，如高峰时增加班次，低谷时减少发车数量，从而提高资源利用效率。调度系统还可实时监测线路运行，自动调整列车间距，避免因突发状况导致拥堵；先进监控设备为系统运行提供保障。关键区域部署的高性能传感器和摄像头，可监测列车运行异常，如温度传感器监控设备过热，振动传感器识别轨道震动异常，有效预防事故。自动化控制系统减少人为干预，提高运行精准性，复杂条件下保持高度安全；设备的定期升级与维护是智能化系统正常运转的基础。硬件需定期检测与更换老化部件，软件及时更新以修复漏洞并优化性能。操作人员应接受专业培训，熟悉设备功能，快速处理异常情况。

3.5 强化安全文化

强化安全文化需要从管理层到普通员工共同参与，将安全理念融入日常工作和行为中。管理层应以身作则，主动倡导安全优先的原则，制定严格的安全规章制度并督促执行到位。员工则需定期参加安全教育和技能培训，掌握必要的安全知识与操作规范。例如，针对设备使用、紧急情况处置等关键内容，可开展实际操作演练，使员工熟练应对各种潜在风险，避免因操作不当引发事故；公众教育是提高整体安全水平的重要环节。在媒体、地铁站、公交车站等公共场所设置宣传屏幕或发放安全手册，向乘客普及应急逃生、自救互救等安全知识。

4 结语

城市轨道交通行车安全关乎乘客生命财产安全和交通系统的稳定运行。通过分析设备老化、人员管理不足、环境风险及技术短板等问题，本文提出了设备更新与维护、优化人员培训与管理、建立环境监测系统、推广智能化技术和强化安全文化的系统性对策。未来，随着轨道交通规模的持续扩展和技术的飞速发展，安全保障工作将面临更高要求。政府、企业和社会需协同努力，通过政策引导、资金投入和技术创新，不断提升安全管理水平，确保轨道交通系统高效、稳定运行，为市民提供安全、便捷的出行服务，助力城市交通体系的可持续发展。

参考文献

[1] 周荣.城市轨道交通运营行车安全的双重预防机制分析[J].人民公交,2024,(18):108-110.

[2] 武晓雪.城市轨道交通车站客运组织的安全管理与控制浅述[J].时代汽车,2024,(11):165-167.

[3] 黄虎.浅析城市轨道交通行车安全影响因素及对策[J].科学技术创新,2019,(26):129-130.