

地下轨道交通设施设备故障对运营安全的影响及应对措施

高 剑

(南京地铁运营有限责任公司, 江苏 南京 210000)

摘 要 地铁作为现代城市交通网络中的核心组成部分, 其设施设备的运行状态对于确保地铁的安全性和可靠性具有至关重要的作用。但是, 由于设备的老化、维护工作的不充分以及不可预见的突发状况等多种因素的影响, 地铁设施设备的故障已经成为影响地铁正常运营的一个普遍存在的安全隐患。本文深入分析了这些故障对地铁运营安全产生的具体影响, 并且探讨了一系列有效的应对策略和措施, 以期能够为显著提高地铁的安全管理水平提供参考, 从而为乘客提供一个更加安全、可靠的出行环境。

关键词 地铁设施设备; 故障; 运营安全; 安全管理

中图分类号: U231

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.08.024

0 引言

地铁作为现代城市公共交通的重要组成部分, 以其高效、便捷的特点成为市民出行的首选方式。然而, 在地铁运营过程中, 设备老化、维护不足、人为操作失误以及自然灾害等因素可能导致运营中断, 给城市交通和乘客安全带来严重威胁。为应对地铁运营中断带来的挑战, 必须建立科学的风险分析体系和完善的抢修组织策略。本文从设备因素、人为因素和自然因素三个方面, 系统分析地铁运营中断的主要风险来源, 探讨抢修工作的组织策略, 包括抢修前的应急响应、抢修中的协调实施以及抢修后的评估与总结。同时, 结合国内外典型案例, 总结经验教训, 提出优化应急预案、加强人员培训、推动技术革新等建议, 为提升地铁运营安全性和可靠性提供理论支持和实践指导, 为地铁运营管理部门提供参考, 助力城市轨道交通系统的高效、安全运行。

1 地铁设施设备故障的类型与特点

1.1 常见的设施设备故障类型

1. 电力系统故障。地铁运行高度依赖于一个高效稳定的电力系统, 包括各种关键设备, 如牵引供电设备、变电站等。这些设备的正常运作是确保地铁列车能够顺畅运行的基础。然而, 如果电力系统出现任何问题, 比如突发的停电事故或者供电不足的情况, 那么地铁列车的运行将会受到严重影响, 可能会导致列车不得不停运, 进而造成乘客滞留在车站, 影响人们的日常出行^[1]。

2. 信号系统故障。信号系统在地铁运营中扮演着至关重要的角色, 它是确保列车之间保持安全运行间隔以及进行有效调度的关键设施。信号系统通过精确的控制和指示, 保障了列车运行的顺畅和安全。但是, 一旦信号系统发生故障, 比如信号设备的损坏或者软件的错误, 就可能引发一系列的运营问题。这些故障可能导致列车运行的延误, 严重时甚至可能造成列车之间的追尾事故, 对乘客的安全构成直接威胁^[2]。

3. 车辆设备故障。地铁列车的正常运行同样依赖于车辆设备的完好无损。车辆设备包括制动系统、车门、空调系统等多个部分。如果这些设备出现故障, 比如制动系统失灵或者车门故障, 那么列车的运行将会受到直接影响^[3]。制动系统的失灵可能导致列车无法及时减速或停车, 而车门故障则可能造成乘客在上下车时的安全隐患。

4. 轨道设施故障。轨道裂纹、变形或异物入侵等问题, 可能造成列车脱轨或重大安全事故^[4]。

5. 通风空调系统故障。通风系统故障可能导致列车内空气质量下降, 尤其是在隧道内运行时, 可能对乘客的健康和舒适性造成影响。

6. 消防系统故障。在地铁站内部, 消防设施的正常运作至关重要, 因为它们是保障乘客安全的第一道防线。这些消防设施包括灭火器、喷淋系统等关键设备, 它们的存在和良好维护对于预防火灾事故的发生以及在紧急情况下控制火势蔓延起着至关重要的作用。地铁站作为人流密集的公共场所, 一旦发生火灾, 后果不堪设想。因此, 定期检查和维护消防设施, 确保

其在需要时能够正常启动和运作，是地铁站安全管理中不可或缺的一部分。然而，如果这些设备出现故障或失效，那么在不幸发生火灾的情况下，它们将无法发挥应有的作用，从而导致安全隐患的加剧^[5]。

1.2 设施设备故障的特点

1. 隐蔽性。在众多设备中，存在着许多难以及时被发现的故障问题，这些问题可能包括线路的老化或者是一些微小的裂缝等。

2. 突发性。故障可能在运行过程中突然发生，没有任何明显的前兆，这使得预防和及时处理变得相当困难。

3. 连锁反应。一项设备的故障可能会触发一系列的连锁反应，导致一系列次生故障的发生。例如，当供电系统出现中断时，可能会进一步导致信号系统的失效，从而影响整个系统的正常运作。

4. 高危性。在某些情况下，设备出现故障，例如制动系统或轨道设施的故障，可能会直接对乘客的生命安全构成威胁^[6]。

2 设施设备故障对地铁运营安全的影响

2.1 对列车运行的直接影响

当运营中断信号系统或供电系统发生故障时，将直接导致列车无法正常运行，从而引发停运的状况，这种情况会严重影响城市交通的正常运行，给市民的出行带来极大的不便。列车在运行过程中，如果遇到安全风险增加，比如制动系统出现故障或者轨道设施出现问题，那么这些因素都可能导致列车失控或脱轨，进而引发严重的安全事故，对乘客的生命安全构成威胁。

2.2 对乘客安全的间接威胁

在高峰时段，由于人流密集，车站或列车内可能会出现严重的拥堵情况。如果在此期间发生设备故障，比如自动售票机或检票闸机停止工作，可能会导致乘客感到恐慌和不安。这种恐慌情绪的蔓延，有可能进一步加剧拥堵状况，甚至可能引发踩踏事故，对乘客的安全构成直接威胁。当列车因故障或其他原因长时间停运时，乘客可能会被迫滞留在车厢内。在这样的密闭空间中，如果通风系统无法正常工作，可能会导致车厢内氧气含量下降，乘客可能会感到呼吸困难。同时，车厢内温度可能会逐渐升高，特别是在炎热的夏季，过热的环境可能会对乘客的健康造成严重影响，甚至可能引发中暑等紧急医疗状况。

2.3 对地铁系统整体的影响

在运营调度的过程中，一旦出现复杂化的故障，将导致临时调度的难度大幅增加，进而可能对整个运营网络，包括全线或多条线路的正常运行造成影响。

当运营过程中发生故障时，不仅需要立即进行维修工作，还可能面临停运的损失，同时在故障解决后，还需要投入额外的管理成本以确保后续运营的顺畅，这些因素共同作用导致运营成本显著增加。

3 设施设备故障的应对措施

3.1 建立完善的设施设备维护机制

1. 定期巡检与维护。制定详细的巡检计划，确保电力、信号、车辆和轨道设施等核心设备的定期检查与维护。采用先进的检测设备和工具，以提高巡检的准确性和效率。同时，对巡检人员进行专业培训，确保他们能够识别潜在的问题并及时上报。

2. 状态监测技术应用。利用传感器、大数据和人工智能技术，对设备进行实时监测，提前发现潜在隐患。通过实时数据分析，可以对设备的运行状态进行深入分析，预测可能出现的故障，并及时进行预警。这种技术的应用不仅提高了故障检测的准确性，还大大缩短了故障响应时间，从而有效降低了因设备故障导致的运营中断风险。

3. 设备寿命管理。制定设备更新计划，定期更换老旧或高故障率设备，确保设施设备始终处于最佳运行状态。采用先进的寿命评估技术，对设备的剩余使用寿命进行准确预测，避免因设备老化导致的突发故障。同时，通过科学的备件管理策略，确保关键备件的充足供应，减少因备件短缺导致的维修延误。

3.2 提高故障应急处理能力

1. 建立多部门联动机制。在故障发生后，地铁公司需与电力、消防、医疗等部门协同配合，确保迅速恢复正常运营。

2. 优化应急预案。针对常见故障类型（如信号故障、供电中断），制定专项应急预案，明确职责分工与处理流程。

3. 定期开展应急演练。（1）模拟不同故障场景的突发状况，通过演练提升员工的应急响应能力。（2）加强应急演练的针对性和实用性，确保演练内容贴近实际，提高员工对真实故障情况的应对能力。（3）定期评估和更新应急预案，根据地铁运营的实际情况和新技术的应用，不断优化预案内容。（4）强化演练后的总结分析，及时发现演练中的不足和问题，制定改进措施，确保演练效果得到实际应用。

3.3 提升人员能力与意识

1. 专业技能培训。为了确保设备的高效运行和长期稳定，对设备维护和运营人员进行定期的培训至关重要。通过这样的培训，可以显著提高他们对设备故障的判断与处理能力，从而减少设备停机时间，

提升整体的工作效率。

2. 安全意识教育。为了确保地铁环境的安全,提升工作人员和乘客的安全意识至关重要,尤其是在面对突发事件时,能够有效地进行自救和互救,这对于减少事故伤害和提高应急处理能力具有极其重要的意义。

3.4 推动技术革新与智能化改造

1. 引入智能监控系统。在现代城市交通系统中,部署物联网(IoT)设备已经成为提升地铁运营效率和安全性的关键措施。通过将这些智能设备安装在地铁的关键部位,我们可以实现对地铁设备运行状态的实时监控。这些设备能够不间断地收集各种数据,包括但不限于温度、振动、压力和电流等关键参数。利用先进的数据分析技术,我们可以对这些数据进行深入分析,从而及时发现设备的异常行为或潜在的故障风险。更重要的是,通过实时监控系统,我们可以提前预警,采取预防措施,避免故障的发生,确保地铁的安全运行和乘客的舒适体验^[7]。

2. 自动化故障排查。借助于先进的人工智能技术,我们能够有效地执行故障诊断和分析任务,这使得我们能够大幅度地减少在故障排查过程中所需投入的时间,进而显著提高整体的工作效率和对问题的响应速度。

3. 高效备件管理。建立智能备件库存管理系统,确保维修所需零部件的及时供应。

4 典型案例分析与经验借鉴

4.1 国内外地铁故障应对案例

案例:某市地铁7号线的部分站点由于信号系统故障导致了列车运行的延迟和中断。故障发生后,地铁运营部门迅速启动应急预案,组织维修人员对故障进行排查和修复。同时,通过广播和电子显示屏向乘客通报故障信息,并安排临时接驳车辆,尽量减少对乘客出行的影响。此次事件暴露出信号系统在维护和升级方面存在的不足,也提示了加强日常巡检和故障预防措施的重要性。

1. 问题:由于信号设备的老化问题,导致了列车的大规模延误现象,给乘客的出行带来了极大的不便。

2. 应对:为了应对这一问题,我们计划引入自动化调度系统,以提高调度效率和准确性。同时,我们也将优化设备维护机制,确保设备的正常运行,减少因设备故障导致的延误。

4.2 经验总结

1. 提前预防是关键。通过完善的维护和监测机制,可有效减少突发故障发生的概率。同时,通过定期培

训和教育,提高员工对潜在风险的识别和应对能力,可以进一步降低故障带来的影响。此外,技术的持续创新和智能化改造,如引入先进的监控系统和自动化故障排查技术,将为地铁运营安全提供更为坚实的保障^[8]。

2. 快速响应能力决定影响范围。故障发生后的第一时间处理效率决定了事件的影响程度。因此,建立一个高效的故障响应团队至关重要。该团队应由经验丰富的技术人员和管理人员组成,他们能够迅速评估故障情况,制定应对策略,并协调各部门资源以最小化故障带来的影响。此外,建立一个全面的故障信息共享平台,可以确保所有相关人员都能实时获取到最新的故障信息和处理进展,从而提高整体的响应速度和处理效率^[9]。

5 结束语

地铁设施设备故障对运营安全具有直接且深远的影响,可能威胁乘客安全、影响城市交通运行。通过建立完善的维护机制、优化应急预案、加强人员培训以及推动技术革新,可以显著降低设备故障带来的安全风险。未来,随着智能化技术的进一步发展,地铁系统有望实现设备运行状态的全面实时监控,从而大幅提升地铁运行的安全性和可靠性。为了实现这一目标,地铁运营部门需要与技术供应商紧密合作,不断更新和升级监控系统,确保能够及时发现并处理各种潜在的故障。

参考文献:

- [1] 马飞,许红杰.地铁供电系统安全作业分析与优化策略研究[J].现代职业安全,2024(09):58-60.
- [2] 孙超.基于岭回归的地铁车载设备故障预测[J].铁路通信信号工程技术,2024,21(08):74-79.
- [3] 李佳晨.基于地铁运营事故的安全预警及联动主体选择研究[D].西安:西安建筑科技大学,2023.
- [4] 孙幸福.兰州轨道交通有限公司运营安全风险研究[D].兰州:兰州交通大学,2022.
- [5] 王树茂.地铁轨道线路运营的可靠性分析与维护策略[J].人民公交,2024(14):110-112.
- [6] 赵德凤.城市地铁运营安全系统韧性评估及优化策略研究[D].青岛:青岛理工大学,2022.
- [7] 高彦军.乙市地铁运营设备预防性维修策略研究[D].郑州:华北水利水电大学,2022.
- [8] 刘琴,葛森,俞铭.基于智慧地铁的异常告警应用[J].无线互联科技,2023,20(01):90-92.
- [9] 林宇航.基于复杂网络的地铁灾害链演化分析及影响仿真[D].西安:西安理工大学,2022.