

地铁信号系统设备维护技术

王 贺

徐州地铁运营有限公司 江苏 徐州 221000

摘要：随着城市化进程的加速和地铁网络的不断扩展，地铁信号系统设备的复杂性和集成度日益提升，对维护技术提出了更高要求。维护技术不仅是保障信号系统可靠性的关键，也是提升地铁运营效率、降低故障风险的重要手段。鉴于此，本文旨在探讨地铁信号系统设备维护的先进技术和方法，包括预防性检修、故障诊断与定位、智能化维护等，以期为地铁信号系统的安全、高效运行提供有力支持。通过不断优化维护策略和技术手段，能够进一步提升地铁信号系统的稳定性和可靠性，为乘客创造更加安全、便捷的出行环境。

关键词：地铁；信号系统；设备维护技术

引言：地铁作为现代城市公共交通的骨干力量，其高效、准时、大运量的特点极大地缓解了城市交通拥堵问题，提升了市民的出行体验。而地铁信号系统，作为地铁运营的中枢神经系统，负责列车运行控制、调度指挥、安全防护及信息传递等核心功能，其稳定性、可靠性和安全性直接关系到地铁运营的整体效能与乘客安全。因此，地铁信号系统设备维护技术的重要性不言而喻，其价值体现在多个方面。

1 地铁信号系统设备维护技术的价值

1.1 确保运营安全

安全作为地铁运营的首要原则，必须放在第一位。地铁信号系统能够通过精确控制列车运行间隔、速度及方向，有效防止列车追尾、碰撞等安全事故的发生^[1]。维护技术的有效实施，能够及时发现并修复信号设备中的潜在故障或隐患，确保信号系统始终处于最佳工作状态，为地铁运营提供坚实的安全保障。

1.2 提升运营效率

高效的地铁运营依赖于信号系统的精准调度和快速响应。先进的维护技术，如远程监控、智能诊断等的应用，可以实现对信号设备状态的实时监测和预警，减少因设备故障导致的运营中断，缩短故障处理时间，从而提升地铁列车的准点率和运营效率。另一方面，优化信号系统配置和算法，还能进一步缩短列车运行间隔，提高运输能力。

1.3 降低运营成本

地铁信号系统设备维护技术的提升，有助于实现预防性维护和精准维修，减少不必要的设备更换和过度维修，从而帮助地铁运营部门节约维护成本。基于这种考虑，实施科学的数据分析和预测性维护，可以提前规划备件采购和人力资源调配，避免资源浪费，进一步降低

运营成本。除此之外，高效的维护还能延长设备使用寿命，减少设备更新换代的频率，为地铁公司带来长期的经济效益。

1.4 促进技术创新与发展

地铁信号系统设备维护技术的不断进步，是推动整个轨道交通行业技术创新与发展的重要动力。随着物联网、大数据、人工智能等先进技术的融合应用，地铁信号系统的智能化、自动化水平不断提高，为设备维护带来了更多可能性。例如，利用AI算法进行故障预测和智能诊断，可以大大提高维护效率和准确性；通过云计算平台实现数据共享和协同作业，可以优化维护流程，提升整体管理水平。

1.5 增强乘客满意度

地铁信号系统设备维护技术的优化，直接提升了地铁运营的可靠性和舒适度，减少了因设备故障导致的延误和不便，增强了乘客的出行体验^[2]。准时、高效的地铁服务，节省了乘客的时间成本，也提升了城市公共交通的整体形象，增强了市民对地铁的信赖和满意度。

2 地铁信号系统设备维护技术

2.1 预防性检修技术

作为地铁信号系统设备维护的重要手段之一，预防性维护技术采用计划性的检修周期、检修内容及技术标准，对信号设备进行定期的检查和维护，以预防设备故障的发生。预防性检修包括计划修和状态修两种方式：第一，计划修：根据设备的可靠性预先制定设备的检修周期、检修内容及技术标准，并按照年度、月度检修计划进行维护作业。这种方式有助于合理安排维修资源，减少设备突发故障的风险。第二，状态修：通过连续监控或定期监测设备的状态参数，当设备状态或其变化量超过规定范围时，及时进行维修或更换。状态修以设备

的实际技术状态为基础,更加精准地把握维修时机,提高维修效率。

2.2 故障诊断与定位技术

故障诊断与定位是地铁信号系统设备维护中的关键环节。系统出现故障时,工作人员需要迅速准确地找出故障位置和原因,以便及时修复。常见的故障诊断技术包括:

2.2.1 主动故障定位:利用专业的检测设备和仪器,如检测仪表、示波器等,对信号系统的各个部件进行测试和排查,找出故障点。

2.2.2 被动故障定位:依靠维修人员的经验和观察,通过观察设备的状况和运行时的现象来初步判断故障位置,再结合设备工作原理和电路图进行深入分析。

2.3 RCM(以可靠性为中心的维修)技术

RCM技术是一种先进的设备维护方法,它强调从设备的可靠性出发,对设备的故障模式和影响进行分析,从而确定最佳的维修策略。在地铁信号系统维护中,RCM技术可以帮助确定哪些部件是关键的、哪些故障模式是最常见的,从而制定针对性的维修计划,提高维修的效率和效果。

2.4 远程监控与诊断技术

现代地铁系统广泛部署了高精度传感器和先进监控设备,这些设备如同神经末梢般遍布信号系统的每一个角落,能够实时、准确地捕捉并传输系统运行的关键数据。借助云计算和物联网技术构建的远程服务平台,这些数据被迅速汇聚并进行高效处理,实现了对信号系统状态的全面监控与即时分析^[3]。一旦系统出现异常或潜在故障迹象,平台能立即触发报警机制,并启动远程诊断流程,由专家团队远程分析数据,快速定位问题根源,从而极大地缩短了故障响应时间,减轻了现场维修人员的工作负担,同时显著提升了维护效率和系统运行的可靠性。

2.5 智能化维护技术的未来展望

在人工智能与大数据技术的浪潮推动下,地铁信号系统的维护正逐步迈向智能化新纪元。智能化维护的核心在于故障预测与健康管理(PHM)技术的深度应用。该技术可构建复杂的数据分析模型,对海量设备运行数据进行深度挖掘,揭示出隐藏在数据背后的设备运行规律与故障模式。有了这些洞察,系统能够精准预测设备的故障发生时间与类型,评估其剩余使用寿命,并据此自动生成个性化的维修计划。前瞻性的维护策略能够有效避免设备突发故障对地铁运营造成的冲击,还能优化维修资源配置,减少不必要的维护成本,推动地铁信号

系统维护向更加精准、高效、经济的方向发展。

2.6 标准化作业流程

在地铁信号系统设备维护的复杂环境中,标准化作业流程从工班长精心部署每一项作业内容开始,需确保每项任务都有明确的目标与要求。随后,准备必要的工具与设备,确保它们在最佳状态下服务于维护工作。在作业前,与相关部门紧密沟通,进行详尽的登记与要点确认,以保障作业的安全性及协调性。维护过程中,每一步操作都需严格遵循既定规程,不容丝毫懈怠。待设备检修圆满完成后,还需进行严格的试验,验证修复效果,并确保轨行区彻底出清,为地铁的安全运行扫清障碍。以上一系列标准化流程的实施,保障了维修工作的质量与安全,更促进了维修效率的显著提升。

3 加强地铁信号系统设备维护技术应用的策略

3.1 构建科学的维护管理体系

3.1.1 预防性维护策略。

预防性维护是地铁信号系统维护管理的核心策略。该策略强调在日常工作中对信号系统设备进行定期巡视、检查、测试和清扫,及时发现并处理潜在问题,避免设备故障对运营造成影响。具体措施包括:一是日常巡视:对信号系统设备进行日常巡视,检查设备外观、指示灯状态、连接线缆等是否正常。二是,定期测试:利用专业测试工具对信号系统设备进行定期测试,确保设备性能符合标准。三是清洁保养:定期对设备进行清洁保养,如擦油、上漆等,防止设备因积尘、锈蚀等原因导致性能下降。

3.1.2 维修期维护与检修。

对于检修期满的设备、部件,应及时进行更换、测试和调试,确保信号系统的正常运行。并且,根据设备运行实际情况,制定科学合理的维修计划,对需要维修的部位进行中修、大修等处理。

3.2 优化维修资源配置

为确保地铁信号系统维护和维修工作的顺利开展,应配备专业的维修机械设备和设置专门的信号系统维修设施。这些设备包括各种专用工具、仪器、仪表以及通用工具和仪器、仪表^[4]。地铁信号系统供货商应提供为维持系统正常运行所需的测试设备和专用工具。仅仅采取以上措施远远不够,自动列车监控系统(ATS)在控制中心应设有维护终端,提供ATS控制中心和车站所有设备的检测及故障报警信息。设备集中站设有微机远程诊断采样单元,对ATP、微机联锁设备、基础信号设备等进行检测和故障报警。这样一来,才能及时发现并处理设备故障,提高维护效率。

3.3 提升维护人员技能水平

3.3.1 因地铁信号系统设备维护技术复杂且专业性强,所以相关部门必须加强对维护人员的技能培训。定期举办培训班、技能竞赛等活动,可以提升维护人员的专业技能水平和实际操作能力。在此基础上,应鼓励维护人员参加行业交流和技术研讨活动,了解最新的技术动态和发展趋势。而为了激发维护人员的工作积极性和创造力,应建立科学合理的激励机制。应用设立奖励制度、晋升渠道等方式,对表现优秀的维护人员进行表彰和奖励。

3.4 引入先进维护技术

第一,基于大数据和人工智能的故障预测与健康管理。随着大数据和人工智能技术的不断发展,基于大数据和人工智能的故障预测与健康(PHM)技术将成为信号系统维护的重要发展方向。收集和信号系统设备的运行数据,利用算法模型进行故障预测和健康,可以提前发现设备故障隐患并采取相应的维护措施,降低故障发生率并提高维护效率。第二,5G通信技术的应用。5G通信技术的普及和应用将进一步提升信号系统的数据传输和处理能力。采取5G网络实现信号系统设备之间的实时通信和数据共享,可以更加准确地掌握设备运行状态和故障信息,为故障排查和维修提供有力支持。更重要的是,5G通信技术还可以应用于远程监控和故障诊断等领域,提高维护工作的智能化水平。

3.5 完善应急预案与演练

在地铁信号系统维护中,完善应急预案与强化演练是不可或缺的一环。首先,应构建多层次、全方位的应急预案体系,不仅涵盖常见的信号故障、通信中断等紧急情况,还需考虑极端天气、人为破坏等复杂场景,确保预案的全面性和针对性。其次,应急响应流程需细化至每一步操作,包括故障识别、初步处理、信息上报、资源调配及后续恢复等,确保在紧急情况下能够迅速启动、有序执行。定期组织跨部门、跨专业的应急演练,通过模拟真实故障场景,检验预案的实用性和团队的协同作战能力。演练后,应深入分析演练过程中发现的问题,及时调整预案内容,优化应急流程,确保预案的时效性和有效性。

3.6 设备更新与改造的加速推进

面对城市轨道交通的快速发展,地铁信号系统设备更新与改造势在必行。一方面,应积极跟踪国内外信号

系统技术的最新动态,评估新技术、新设备的适用性和经济性,适时引入如CBTC(基于通信的列车控制系统)等先进技术,提升信号系统的自动化、智能化水平^[5]。另一方面,对于老旧设备,应制定科学合理的更新改造计划,逐步替换为性能更优越、维护更便捷的设备,减少故障率,提高系统稳定性。除此之外,应建立关键备件和易损件的快速响应机制,确保在设备故障时能够迅速更换,减少停运时间。

3.7 安全管理意识的全面强化

安全是地铁信号系统维护工作的生命线。为强化安全管理意识,需从多个维度入手。首先,加强安全教育培训,通过定期举办安全知识讲座、案例分析会等形式,提升维护人员的安全意识和风险识别能力。利用虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等现代技术手段,模拟真实工作环境中的安全风险场景,增强培训的实战性和趣味性。其次,完善安全管理制度,明确各级人员的安全职责和操作规程,确保安全管理工作有章可循、有据可查。同时,加大安全监督力度,通过定期检查、随机抽查等方式,督促各项安全措施得到有效执行。最后,营造浓厚的安全文化氛围,通过悬挂安全标语、张贴安全海报、举办安全知识竞赛等活动,让安全理念深入人心,成为全体员工的自觉行动。

结语:综上所述,地铁信号系统设备维护技术的价值体现在确保运营安全、提升运营效率、降低运营成本、促进技术创新与发展以及增强乘客满意度等多个方面。随着技术的不断进步和应用的深化,地铁信号系统的维护将更加智能化、高效化,为城市公共交通的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]王宗琰.地铁信号系统设备维护技术[J].中国科技信息,2021(10):64-65.
- [2]莫志刚,骆汉宾.基于BIM的地铁信号设备维护管理系统设计[J].铁路计算机应用,2018,27(1):59-63,73.
- [3]顾佳樑,袁建军,楚彭子.城市轨道交通信号系统设施设备维护表现评估[J].价值工程,2024,43(3):44-46.
- [4]孟繁华.地铁通信信号电源系统设备维护策略[J].户外装备,2023(5):442-444.
- [5]黄昭硕.分析地铁信号系统的维护方法与检修技术[J].电脑爱好者(普及版),2022(3):206-208.