

地铁信号系统设备维护技术研究

权修竹

徐州地铁运营有限公司 江苏 徐州 221000

摘要：地铁信号系统设备维护技术研究是保障城市轨道交通安全、高效运行的关键环节。本文简介分析了地铁信号系统运行常见问题，包括硬件设施及软件问题、人为因素影响、外界因素干扰等方面，并提出了安全风险防控措施、地铁信号机房环境维护、参数指标维护和检修、注重应急处理方案的设置等措施，旨在提高地铁信号系统设备的维护效率与可靠性，确保列车在复杂多变的运营环境中能够安全、稳定地运行。

关键词：地铁；信号系统；设备维护；技术

引言

随着城市化进程的加速和人口密度的不断增加，地铁作为城市公共交通的重要组成部分，其重要性日益凸显。地铁信号系统作为控制列车运行、保障行车安全的核心系统，其稳定性与可靠性直接关系到乘客的生命安全和城市轨道交通的整体运营效率。然而，在实际运行过程中，地铁信号系统设备往往受到多种因素的影响，因此加强对地铁信号系统设备维护技术的研究，探索科学有效的维护策略与应急处理方案，对于保障地铁运行安全、提高运营效率具有重要意义。

1 地铁信号系统运行常见问题

1.1 硬件设施及软件问题

在深入探讨地铁信号系统运行中常见的问题时，我们不得不聚焦于其核心组成部分——硬件设施与软件系统的稳定性与兼容性，这两者是确保地铁高效、安全运营的关键所在。地铁信号系统，作为现代城市轨道交通的神经中枢，其复杂性和精密性不言而喻，任何细微的故障都可能引发连锁反应，影响整个地铁网络的顺畅运行乃至乘客的安全。一方面，硬件设施作为地铁信号系统的物理基础，其质量直接关乎系统的整体性能和可靠性。然而，在实际运营过程中，硬件设施方面的问题却时有发生^[1]。这源于采购与安装环节的疏漏，在追求成本效益的同时，若忽视了对设备质量的严格把控，就可能造成部分劣质或不符合设计标准的元部件被安装到系统中。这些设备在初期或许能勉强维持运行，但随着时间的推移，其性能衰退、故障频发的问题将逐渐暴露，严重制约信号系统的稳定性和安全性。同时，硬件设施的老化也是不容忽视的问题，地铁信号系统长期处于高负荷运行状态，加之环境因素（如温度、湿度、振动等）的影响，系统中的电子元件、机械部件等都会逐渐磨损、老化。若未能及时对这些老化设备进行更换或维

护，就可能导致信号传输延迟、误报故障等问题的出现，进而威胁到地铁列车的安全行驶。另一方面，除了硬件设施的问题外，软件系统的稳定性与兼容性也是影响地铁信号系统正常运行的重要因素。地铁信号系统通常集成了多种复杂的软件模块，这些模块之间需要高度协同工作，以实现列车定位、速度控制、安全防护等功能。然而，在实际应用中，软件系统的更新迭代、不同模块间的接口兼容性问题等都可能引发系统故障。例如，新版本的软件可能与旧版本的硬件设备不兼容，导致系统无法正常运行；或者，软件中的逻辑错误、算法缺陷等也可能导致信号误判、控制失灵等严重后果。

1.2 人为因素影响

在地铁信号系统的复杂运行体系中，尽管技术进步使得自动化程度显著提升，但人为因素依然是保障系统稳定与安全不可或缺的一环。尽管自动化系统能够高效处理大量数据并执行精密操作，但系统的日常操纵、维护管理以及紧急故障应对仍依赖于高技能、高责任心的专业技术人员。从地铁信号系统的操作管理层面来看，设备操作人员，包括调度人员和行车值班员，扮演着至关重要的角色。他们负责监控列车运行状态、调整信号指示、处理突发事件等任务，其操作的准确性和及时性直接关系到地铁运营的顺畅与安全。然而，如果操作人员在执行任务时未能严格遵守操作规程，或是因疏忽、疲劳、判断力失误等原因导致操作偏差，就可能造成信号系统误动作，进而引发列车冲突、延误等严重后果。例如，调度员在安排列车运行时，若未充分考虑前方列车的运行状态和间距，就可能造成列车追踪间隔过近，增加碰撞风险。另外，地铁信号系统作为高度集成的技术系统，其各个组成部分之间相互关联、相互影响，任何一个环节的故障都可能影响到整个系统的性能。因此，检修维护人员必须具备扎实的专业知识和技

能,严格按照检修规程和相关标准开展工作,确保每一台设备、每一个部件都处于良好的工作状态^[2]。但在实际工作中,如果检修人员工作态度不严谨、责任心不强,或是检修技术不过硬,就可能导致检修工作不到位,遗留安全隐患。如在对道岔设备进行检修时,若未按照规范流程进行彻底检查和试验,就可能导致道岔表示异常,影响列车正常行驶路径的选择,甚至引发脱轨等严重事故。

1.3 外界因素干扰

在长期、高强度的运行过程中,地铁信号系统不仅需要应对来自系统内部的多重挑战,还时刻面临着外界环境因素的干扰与考验。这些外界因素,以其不可预测性和多样性,对地铁信号系统的稳定运行构成了潜在威胁,一旦影响加剧,可能导致系统性能下降,甚至引发安全事故,严重威胁乘客的生命财产安全及地铁运营秩序。自然环境的极端变化是外界因素中最为显著的一类,环境温度的骤变,无论是酷暑的炙烤还是严寒的侵袭,都可能对地铁信号系统的电子元件、电缆线路等造成不利影响。高温环境下,设备易过热,加速老化,降低使用寿命;而低温则可能导致部件性能下降,影响信号传输速度和质量。并且,恶劣天气如暴雨、雷电等更是直接威胁信号系统的稳定运行。雷电产生的强大电磁脉冲能够干扰信号传输,甚至直接损坏系统设备,如723甬温线特别重大铁路交通事故便是此类干扰的极端案例,多次雷击导致了信号系统的严重故障,进而酿成悲剧。此外,湿度过高或非设备正常工作温度的环境条件,同样对地铁信号系统构成严峻挑战。湿度过大容易导致设备内部电路短路、腐蚀加剧,影响信号处理的准确性和稳定性。同时,非适宜的工作温度范围也会使设备性能偏离最佳状态,降低系统整体效能。长期处于这样的环境中,信号系统不仅会频繁出现故障,还可能遭受不可逆的损害,增加维修成本和运营风险。

2 地铁信号系统检修与维护的策略

2.1 安全风险防控措施

为切实有效地强化对地铁信号系统的管理维护,尽可能地提升风险控制水准,需要从以下几个角度着手:首先,构建安全一体化管理体系是实现这一目标的基础,该体系应全面覆盖人员、区域、设备、操作和应急五大关键要素,形成一个紧密相连、相互支撑的安全管理网络^[3]。在人员方面,应加强对信号系统维护人员的专业培训与安全教育,提升其专业技能与安全意识,确保每一位工作人员都能严格遵守操作规程,减少人为因素导致的故障风险。在区域管理上,要明确划分责任区

域,实施网格化管理,确保每个区域都有专人负责,实现安全隐患的早发现、早处理。设备方面,则要建立健全设备档案,实施全生命周期管理,从采购、安装、调试到日常维护、大修更换,每一环节都需严格把关,确保设备始终处于良好状态。其次,通过实施常规检查、专项检查与不定期抽查相结合的方式,对信号系统进行全面、深入的检查,及时发现并消除潜在的安全隐患。同时,要明确各级管理人员的安全责任,将安全监督职责细化到岗、到人,形成上下联动、齐抓共管的安全监督格局。此外,还应借助现代信息技术手段,如智能监控系统、大数据分析等,提高安全监督的效率和精准度,实现安全隐患的智能化识别与预警。最后,通过对历史安全事故进行整理、分析、分类和总结,我们可以深入剖析事故发生的根本原因,提炼出具有普遍性和规律性的经验教训,这些案例不仅为今后的安全管理工作提供了宝贵的参考和借鉴,还有助于我们识别出潜在的安全风险点,提前采取措施加以防范。

2.2 地铁信号机房环境维护

在地铁信号机房的设计与建设过程中,必须充分考虑设备运行的实际需求,确保机房设计既能满足信号设备的正常运行,又能为工作人员提供一个安全、舒适、高效的工作环境,这要求机房在设计时就应具备高度的安全性、先进性和高质量特性。为了实现机房内部环境的恒温恒湿,必须配备先进的空气调节系统,这一系统能够自动调节室内温度和湿度,确保信号设备在最佳的工作环境中运行,避免因温湿度变化引起的设备故障或性能下降。同时,机房内还需安装完善的通风系统,确保空气流通,减少静电积累,为设备提供清新的工作环境。然而,在实际工程建设中,往往面临工期紧张、资金有限等挑战,这可能导致机房环境建设被忽视或简化^[4]。部分建设单位在土建工程刚完成就急于进行设备调试,此时机房内的电缆孔洞、空调通风系统等可能尚未调试完毕,防尘措施也未能到位。这种仓促上马的做法很可能为后期运行埋下隐患,如设备进水、灰尘积累等问题,严重影响信号系统的正常运行。因此,在机房建设及后期运维过程中,必须严格把控每一个细节。其一,要确保所有电缆孔洞得到有效封堵,防止雨水、灰尘等进入机房内部。其二,要定期对空调通风系统进行维护和检查,确保其正常运行,为机房提供稳定的温湿度环境。其三,还需加强机房的清洁和消毒工作,减少细菌和病毒的滋生,保障工作人员的身心健康。

2.3 参数指标维护和检修

结合不同类别的报警信息,地铁信号维护支持系统

需要提供不同种类的维护管理。(1)预防性检修作为维护策略的重要一环,其核心在于“未雨绸缪”,即在潜在故障尚未显现之前,便通过精准的分析与预测,提前采取措施加以防范。具体而言,当地铁车辆累计运行达到一定公里数,或设备持续运作时间超过预设阈值时,预防性检修机制会依据维护程序的提示,自动触发相应的检查流程。这一过程中,地铁信号维护支持系统会持续监控各项技术参数,一旦发现某项参数频繁接近或超过预设的安全界限,便会立即发出警报,提醒维护人员及时介入,对可能存在的问题进行细致排查与修复。通过这种方式,预防性检修有效降低了故障发生的概率,保障了信号系统的持续稳定运行。(2)而计划性检修则更加注重对设备全生命周期的管理,它要求地铁信号维护支持系统具备强大的数据收集与分析能力,能够全面记录并整理设备的基础信息、报警记录、维护历史等关键数据。在此基础上,系统会根据设备的运行状况、历史故障模式及维修经验,智能生成针对性的检修计划。这些计划不仅明确了检修的时间节点、内容和方法,还考虑了资源调配、人员安排等实际操作问题,为维护人员提供了清晰、可行的指导。通过严格执行计划性检修,地铁信号系统得以在预定的时间窗口内接受全面、系统的检查与维护,进一步提升了系统的可靠性和稳定性。(3)状态性检修作为一种更为灵活、高效的维护方式,也在地铁信号系统的维护管理中得到了广泛应用。它依托于先进的监测技术和数据分析手段,能够实时捕捉设备的运行状态信息,并对其进行深度挖掘与分析。当发现设备性能出现下降趋势或存在潜在故障隐患时,状态性检修会立即触发相应的维修流程,确保问题得到及时解决。

2.4 注重应急处理方案的设置

为实现这一目标,我们需要从多个方面入手。一方面,相关人员应深入研究地区抢修及线缆维护的特定要求,紧密结合当地发展特点与地铁列车的实际运行状况,对信号系统可能面临的风险进行全面、细致的评

估,这包括但不限于设备老化、外部环境影响、人为操作失误等多个方面。在此基础上,我们应制定出一套针对性强、操作性好的应急处理方案,明确各类故障或异常情况下的应对措施、责任分工及资源调配方案,确保在紧急情况下能够迅速启动预案,有序开展抢修工作。另一方面,我们应充分利用现代科技手段,提升应急处理的智能化、精准化水平。例如,通过引入先进的监测系统,实现对信号系统运行状态的实时监控与数据分析,一旦发现异常情况,系统能够立即发出警报并自动定位故障位置。这不仅有助于我们快速掌握故障信息、判断故障性质,还能为后续的抢修工作提供有力支持。同时,我们还应建立健全应急调度机制,确保在接到故障报告后能够迅速调集最近的检修维护人员赶赴现场开展作业。通过优化人员配置、提高响应速度,我们可以进一步缩短故障处理时间,减少对列车运行的影响。

结语

综上所述,地铁信号系统作为城市轨道交通的“神经中枢”,其维护质量直接影响到列车的运行安全和乘客的出行体验。通过安全风险防控措施、地铁信号机房环境维护、参数指标维护等策略的实施,为地铁信号系统设备的维护工作提供了有力的理论支撑和实践指导。未来,随着科技的不断进步和城市轨道交通的持续发展,我们将继续探索更加先进、高效的维护技术和管理模式,以期为城市公共交通事业的发展贡献更大的力量。

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]王立志.浅谈西安地铁14号线与既有机场线信号系统贯通方案[J].铁道通信信号,2020,56(12):89-93.
- [3]雷黎明,陈浩,朱亨国,等.系统工程技术在地铁信号系统建设中的应用[J].铁道通信信号,2020,56(11):75-78.
- [4]何彬.地铁信号系统的维护方法与检修技术探析[J].黑龙江交通科技,2021,44(11):220-221.