

地铁机电设备智能化维护与管理研究

文 攀

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 401120

摘 要：地铁机电设备智能化维护与管理意义重大，是保障运营安全、降低成本、提升效率的必然选择。其关键技术涵盖物联网、大数据和人工智能，可实现设备监测、数据分析与故障诊断决策。管理模式上，全生命周期、协同化、可视化管理模式优化了设备管理。但目前面临技术融合难、标准不完善、人才短缺等问题。针对这些问题，可通过加强技术整合与设备改造、推动标准体系建设、强化专业人才培养等对策，推动地铁机电设备智能化维护与管理持续发展。

关键词：地铁机电设备；智能化维护；管理研究

引言：在城市化进程加速、地铁网络不断拓展的当下，地铁机电设备数量与复杂度与日俱增，传统维护管理模式面临诸多挑战，已难以满足高效、安全、经济的运营需求。地铁机电设备智能化维护与管理成为必然趋势，其不仅能保障地铁运营安全、降低运维成本，还可提升运维效率。同时，借助物联网、大数据、人工智能等关键技术，优化设备全生命周期、协同化、可视化等管理模式，可进一步推动地铁运维向智能化迈进。不过，其发展也面临技术、标准、人才等难题，亟待探索解决之道。

1 地铁机电设备智能化维护与管理的必要性

1.1 保障地铁运营安全的核心需求

地铁机电设备的稳定运行是地铁安全运营的基础。供电系统故障可能导致列车停运，通风空调系统故障会影响车站与车厢内的空气质量与温度，电梯与自动扶梯故障则直接威胁乘客人身安全。传统维护模式难以实时掌握设备运行状态，无法及时发现潜在故障隐患，易引发安全事故。智能化维护与管理通过实时监测设备运行参数，提前识别故障风险，能够有效降低设备突发故障概率，为地铁运营安全筑牢防线。

1.2 降低运维成本的现实需要

当前地铁运维成本中，机电设备维护成本占比居高不下。传统定期维护模式下，不仅需要投入大量人力、物力进行周期性检修，还可能因过度维护造成零部件浪费。此外，设备突发故障导致的停运损失与应急维修成本也十分高昂。智能化维护与管理通过“预测性维护”替代传统模式，仅在设备出现故障征兆时进行针对性维修，减少不必要的检修作业，降低零部件消耗与人工成本；同时，通过优化维护计划与资源调度，进一步提升运维资源利用效率，实现运维成本的有效控制^[1]。

1.3 提升运维效率的必然选择

随着地铁网络规模扩大，机电设备数量呈指数级增长，传统依赖人工巡检与纸质记录的管理模式效率低下。人工巡检存在覆盖范围有限、数据采集误差大、信息反馈滞后等问题，难以满足大规模设备管理需求。智能化维护与管理借助物联网技术实现设备数据自动采集，通过大数据平台实现信息实时共享与高效分析，减少人工干预，提升数据处理与决策效率；同时，智能化系统可自动生成维护任务清单、分配维护人员，优化维护流程，缩短故障处理时间，显著提升整体运维效率。

2 地铁机电设备智能化维护与管理的关键技术

2.1 物联网技术

物联网技术是实现地铁机电设备智能化监测的基础，通过在设备上部署各类传感器（如电流传感器、电压传感器、温度传感器、振动传感器、湿度传感器等），构建“设备-传感器-网络”的数据采集体系，实时采集设备运行参数与环境数据。例如，在供电系统的变压器上安装温度传感器与振动传感器，可实时监测变压器绕组温度、铁芯温度与振动频率；在通风空调系统的风机上安装转速传感器与压力传感器，可监测风机运行转速与风道压力。采集到的数据通过无线或有线网络传输至数据平台，为后续分析与决策提供数据支撑。

2.2 大数据技术

地铁机电设备运行过程中会产生海量数据，包括实时运行数据、历史维护数据、故障记录数据、设备参数数据等。大数据技术能够对这些多源、异构数据进行整合、清洗与分析，挖掘数据背后的设备运行规律与故障关联关系。一方面，通过构建设备运行状态分析模型，可识别设备正常运行的参数阈值范围，当数据超出阈值时及时发出预警；另一方面，通过分析历史故障数据与

维护记录,可总结故障发生的规律与诱因,为故障预测与维护策略优化提供依据。例如,通过分析电梯运行的电流、电压与振动数据,结合历史故障记录,可建立电梯故障预测模型,提前判断电梯门机系统、曳引系统的潜在故障^[2]。

2.3 人工智能技术

人工智能技术是实现地铁机电设备智能化故障诊断与决策的核心。在故障诊断方面,机器学习、深度学习等算法可基于大数据分析结果,构建故障诊断模型,实现对设备故障的精准识别与定位。例如,采用神经网络算法对通风空调系统的运行数据进行训练,可快速诊断出过滤器堵塞、风机轴承磨损等故障类型与故障位置。在故障预测方面,人工智能算法能够根据设备运行趋势与历史数据,预测故障发生的时间与概率,为预测性维护提供支持。此外,人工智能技术还可应用于维护决策优化,通过分析设备重要性、故障影响范围、维护资源状况等因素,自动生成最优维护计划,实现维护资源的合理分配。

3 地铁机电设备智能化管理模式优化

3.1 设备全生命周期管理模式

在传统设备管理模式中,管理重心往往过度集中于运维阶段,而对设备从设计、采购、安装等前期关键环节,到报废回收等后期重要环节缺乏系统性考量,使得设备管理呈现出明显的“碎片化”特征,各阶段信息脱节,难以形成整体的管理合力。智能化管理模式则带来了全新变革,通过构建设备全生命周期管理平台,全面整合设备在设计、采购、安装调试、运行维护直至报废回收的全流程数据。在设计阶段,借助历史设备运行数据,能够精准优化设备参数设计,提升设备性能与适配性;采购阶段,通过对设备性能与可靠性数据的深度分析,可筛选出优质供应商,保障设备质量;运维阶段,实时监测设备状态,制定精准维护策略,降低故障发生率;报废阶段,依据设备使用年限、性能衰减等数据,科学判断报废时机,实现设备资源的高效利用与合理配置。

3.2 协同化管理模式

地铁机电设备涵盖了供电、通风空调、给排水等多个不同专业系统,在传统管理模式中,各系统独立运行,信息处于严重孤立状态,缺乏有效的协同配合机制,极易形成“各管一摊”的分散局面。就像供电系统突发故障,很可能对通风空调系统的正常运行产生连锁影响,然而由于系统间信息不互通,通风空调系统的维护人员往往无法及时获取供电故障信息,难以迅速做出响应和采取应对措施。而智能化协同化管理模式则能有

效解决这一问题。它通过搭建统一的运维管理平台,成功打破各专业系统间的信息壁垒,达成数据共享与协同作业。一旦某一系统设备出现故障,平台会迅速自动将故障信息精准推送至相关系统维护人员,及时协调各专业资源共同开展故障处理工作。此外,还能借助数据分析深入挖掘不同系统设备间的关联关系,提前预判跨系统故障风险,显著提升整体运维协同效率。

3.3 可视化管理模式

在传统设备管理模式里,文字记录与表格统计是主要的信息承载方式,然而这种方式存在明显弊端,难以直观、清晰地呈现地铁机电设备的分布、运行状态以及维护情况。管理人员面对海量且繁杂的文字和表格数据,往往需要花费大量时间和精力去梳理分析,无法快速掌握全局信息,进而影响决策效率。智能化可视化管理模式则巧妙地借助三维建模、地理信息系统(GIS)等先进技术,构建起地铁机电设备可视化管理平台。该平台能够以直观的图形界面展示车站内各机电设备的位置分布、外观状态以及实时运行参数,通过不同颜色标识,清晰区分设备的正常、预警、故障等状态。同时,还能动态呈现维护人员的工作轨迹、维护任务进度等关键信息,实现对设备与运维过程的全方位可视化监控。管理人员借助这一平台,可迅速获取关键信息,大幅提升决策的直观性与及时性^[3]。

4 地铁机电设备智能化维护与管理现存问题与对策

4.1 现存问题

(1) 地铁机电设备智能化维护与管理在推进过程中,面临技术融合难度大的严峻挑战。该领域涉及物联网、大数据、人工智能等众多前沿技术,不同技术体系间兼容性欠佳。部分老旧设备因设计年代久远,无法直接接入物联网系统,必须额外加装传感器与通信模块才能实现互联。同时,大数据平台与现有运维管理系统数据格式差异明显,数据整合时困难重重。而且,人工智能算法模型训练依赖大量高质量数据,可部分设备历史故障数据缺失,这严重影响了模型的训练精度与实际应用效果。(2) 在地铁机电设备智能化维护与管理领域,标准体系不完善的问题十分突出。当下,由于缺乏统一的技术标准与管理规范,不同城市地铁运营方以及各设备供应商在智能化技术方案的选择上各行其是,数据采集指标、故障诊断标准也参差不齐。这使得跨区域、跨品牌的设备管理难以形成有效协同,增加了运维成本与复杂度。此外,在数据安全性与隐私保护方面,相关标准的缺失犹如“定时炸弹”,让设备数据极易遭受泄露风险,严重威胁地铁运营的安全性与稳定性。(3) 地铁机

电设备智能化维护与管理正遭遇专业人才短缺的困境。智能化运维要求人员兼具地铁机电设备专业知识以及信息技术与数据分析能力,是典型的复合型人才。然而,目前地铁运维队伍中,多数人员擅长传统设备检修,对物联网、大数据、人工智能等新兴技术知之甚少,难以满足智能化运维需求。同时,高校相关专业人才培养模式与行业实际脱节,课程设置、实践教学等未能紧跟行业发展趋势,导致毕业生无法快速适应岗位,进一步加剧了专业人才缺口的矛盾,严重制约了智能化运维工作的顺利推进^[4]。

4.2 解决对策

(1) 加强技术整合与设备改造:为有效解决技术融合难题,加强技术整合与设备改造势在必行。在设备改造方面,需制定科学合理的分阶段计划,精准聚焦老旧设备,逐步为其加装智能传感器与通信模块,让这些设备顺利接入智能化系统,打破信息孤岛。在数据层面,构建统一的数据中台是关键,通过制定标准化的数据接口与格式,搭建起不同系统间数据流通的桥梁,实现无缝对接与数据互通。此外,针对人工智能模型训练中历史故障数据缺失的问题,采取数据补采、模拟生成等多样化手段,完善历史故障数据集,为模型提供充足且优质的数据支撑,从而显著提升人工智能模型的训练效果与实际应用价值。(2) 推动标准体系建设:为推动地铁机电设备智能化维护与管理实现高质量发展,构建完善的标准体系刻不容缓。应由行业内权威组织牵头,汇聚设备制造商、地铁运营企业、科研机构等多方力量,共同制定科学合理的标准体系。明确技术要求,统一设备数据采集指标,对温度、振动、电流等关键参数的监测频率与精度作出细致规定,确保数据准确可靠。规范智能化系统技术架构,为系统建设提供统一遵循。制定故障诊断分级标准,实现故障精准定位与分级处理。同时,制定严格的数据安全管理规范,从数据采集、存储、传输到使用的各个环节,明确安全要求,全方位保障数据安全,为行业健康发展筑牢根基。(3) 强化专业人才培养:为适应地铁机电设备智能化维护与管理的

发展需求,强化专业人才培养至关重要,建立“高校-企业-培训机构”协同培养机制是有效途径。高校应发挥人才培养基础作用,及时调整相关专业课程设置,将物联网、大数据、人工智能等前沿技术课程纳入教学体系,并强化实践教学环节。通过搭建校内实训基地、开展校企合作项目等方式,让学生在实际操作中掌握技能,培养既懂地铁机电设备原理又具备智能化技术应用能力的复合型人才;地铁企业要与专业培训机构紧密合作,针对在职人员开展智能化技术培训。采用“理论+实操”模式,让运维人员在理解原理的基础上,熟练掌握设备智能化操作与维护技巧;此外,积极引进信息技术领域专业人才,组建跨学科运维团队,不同专业背景的人员相互交流、优势互补,推动人才结构优化,为地铁机电设备智能化维护与管理提供坚实的人才保障。

结束语

地铁机电设备智能化维护与管理是保障地铁安全、高效运营的必由之路。尽管当前在技术融合、标准体系及专业人才等方面存在挑战,但通过加强技术整合与设备改造,可打破技术壁垒;推动标准体系建设,能为行业发展提供统一规范;强化专业人才培养,则能提供坚实人力支撑。随着物联网、大数据、人工智能等技术的持续发展与应用,以及各参与方协同努力,地铁机电设备智能化维护与管理将不断完善,实现设备全生命周期高效管理、跨系统协同运维与可视化精准决策,推动地铁运营向更安全、更经济、更高效的方向迈进,为城市公共交通发展注入强劲动力。

参考文献

- [1]敖建强.浅谈煤矿机电设备智能化维护研究现状与发展趋势[J].中国设备工程,2024(7):36-38
- [2]马传高,刘玉水.矿山机电设备的管理与维护策略分析[J].内蒙古煤炭经济,2024(2):145-147
- [3]王丹.智能化煤矿机电设备的特点与需求[J].煤炭科学技术,2020,48(12):1-5.
- [4]张明,李华.智能化维护与管理方法与技术的研究进展[J].矿山机械,2021,39(6):10-15.