

地铁车辆电气系统故障诊断与维修

钱伟航

340111199711187515

摘要：地铁车辆电气系统是支撑列车动力传输、运行控制、信号交互及辅助设备运转的核心集成系统，整体涵盖供电、控制、辅助电气等多个关联子系统，结构层级复杂、设备联动性强，是保障地铁安全稳定运营的核心基础。本文结合地铁车辆电气系统的整体结构特征与运行规律，系统梳理电气系统常见故障类型与内在成因，深入分析当前故障诊断与维修工作存在的普遍性问题，针对性提出科学化、规范化、智能化的故障诊断方法与维修优化策略，旨在全面提升地铁车辆电气系统运维质量与安全保障能力，为城市轨道交通行业长效稳定发展提供理论参考。

关键词：地铁车辆；电气系统；故障诊断；设备维修；轨道交通运维

引言

城市地铁是现代化城市公共交通体系的核心骨干，具备运量大、通行效率高、绿色低碳、安全性稳定的突出优势，对缓解城市交通拥堵、优化城市交通格局、提升居民出行品质具有重要作用。持续深化电气系统故障诊断技术研究，完善标准化维修管理体系，提升故障预判、识别与处置能力，能够有效降低列车故障停运概率，全面提升轨道交通运营的安全性、稳定性与连续性，具备重要的工程应用价值与行业研究意义。

一、地铁车辆电气系统常见故障及成因

（一）供电系统故障

供电系统是地铁车辆电气体系的动力核心，负责为列车牵引系统与全部辅助电气设备提供持续稳定的电力支撑，是车辆运行过程中故障发生率最高的关键模块。供电系统常见故障主要包含供电电压不稳、供电回路断路、线路接触不良、电源模块性能失效等多种类型，故障发生后直接引发列车动力输出异常、车载设备停机、运行功率不足等问题。造成供电系统故障的诱因较为多元，车辆长期行驶产生的持续机械振动，容易造成线路接头松动、接线端子移位；电气元件长期高负荷运行会自然出现老化衰减，性能逐步下降；设备散热工况不佳，会造成

电气部件过热损伤、绝缘性能下降，各类问题长期叠加累积会逐步破坏供电稳定性，严重影响列车正常动力输出。

（二）控制系统故障

车辆控制系统是地铁列车运行调度、指令传输与功能调控的核心中枢，主要负责接收驾驶操作指令与调度信号，统筹控制列车牵引、制动、通风、照明等所有功能设备的有序运行。控制系统故障主要表现为操作指令响应滞后、信号传输中断或紊乱、控制模块功能失灵、系统程序运行异常等情况。此类故障的形成原因较为复杂，车体运行过程中的电磁干扰会影响控制信号传输精度，造成信号失真或延迟；车载控制程序长期运行易出现逻辑紊乱、数据缓存异常等问题；各类传感监测设备长期使用会出现参数漂移、精度偏移。

（三）辅助电气系统故障

辅助电气系统主要涵盖车载照明、通风空调、车门控制、应急供电、报警装置等配套电气设施，直接关系列车乘坐舒适性与应急安全保障能力，是地铁车辆电气体系不可或缺的重要组成部分。辅助电气系统常见故障包括设备启停异常、运行功能失效、线路短路断路、局部区域断电等问题。线路长期摩擦挤压会造成外层绝缘磨损，潮湿环境会降低线路绝缘性能，引发漏电或短路问题；各类开关元件频繁启停会产生疲劳损耗，接触性能逐步下降；辅助设备长期不间断运行，内部元件老化速度加快，易出现功能失效。

二、当前电气系统故障诊断与维修现存问题

（一）故障诊断方式较为传统

目前部分轨道交通运维单位的电气故障诊断工作仍沿用传统作业模式，主要依靠运维人员现场人工排查、经验判断、常规仪器检测完成故障定位与问题分析，整体智能化、自动化水平偏低。人工诊断模式对运维人员从业经验、专业能力依赖度极高，主观判断成分较多，对于隐蔽性强、层级复杂、多因素耦合的复合型电气故障，极易出现漏判、误判问题。同时人工排查流程繁琐、作业效率较低，无法快速精准定位故障根源，对城市地铁线路整体运营秩序造成不利影响。

（二）维修工作缺乏前置性与系统性

现阶段多数运维单位的电气运维工作仍以事后故障抢修、被动处置为主，预防性维保体系建设不够完善，尚未形成常态化的设备状态监测与故障预判机制。

日常维保工作大多停留在表面设备检查、基础外观检测等简单作业，忽视线路隐性损耗、元件性能缓慢衰减、系统参数偏移等渐进性故障问题，无法实现故障的提前干预与源头防控。同时电气维修工作存在明显的碎片化问题，单次故障维修仅针对故障点位进行修复，缺乏对整体电气系统的系统性复检、性能校验与隐患排查，无法彻底消除关联隐患，容易出现同类故障反复复发的情况，整体维修质量与维保稳定性难以有效保障。

（三）运维人员专业能力有待提升

随着地铁车辆技术不断升级迭代，新型列车电气系统的集成化、智能化、精密化程度持续提升，各类新型电气设备、智能控制模块、数字化运维系统广泛应用，对运维人员的专业知识储备、实操技能和故障处置能力提出了更高标准的要求。部分基层运维人员知识体系更新滞后，对新型电气系统的内部结构、运行原理、智能故障特征、数字化诊断模式掌握不够全面，难以适配新型设备的故障诊断与精细化维修工作。同时企业常态化专项培训机制不够完善，培训内容较为笼统，针对性实操训练不足，导致运维人员实操能力、应急处置经验参差不齐，整体专业化运维水平难以匹配现代化地铁运维发展需求。

三、优化故障诊断与提升维修质量的有效策略

（一）推广智能化精准故障诊断技术

全面升级传统人工诊断模式，依托数字化、智能化技术搭建电气系统全时段实时监测与智能诊断体系，在车辆关键电气设备点位布设智能传感装置，全天候采集电气运行压力、电流、温度、信号参数等核心数据，实现设备运行状态动态监测与异常数据自动预警。通过智能数据分析系统对海量运行数据进行深度研判，精准锁定故障位置、故障类型与核心成因，有效规避人工诊断的局限性与主观性。建立完善的电气故障数据库，持续积累各类故障的特征数据与处置案例，不断优化智能诊断算法模型，有效提升复杂故障、隐性故障的识别精度，实现电气故障诊断的高效化、精准化、智能化。

（二）构建全周期预防性维修体系

主动转变传统被动抢修的老旧运维理念，构建覆盖设备全生命周期的事前预防、事中监测、事后复盘闭环维修管理体系。结合地铁电气设备的运行规律、损耗特征与使用周期，制定科学规范、分层分类的周期性预防性维保方案，定期开

展线路完整性检测、电气元件性能校验、设备除尘防锈、线路紧固梳理等基础维保作业，从源头降低故障发生概率。针对修复完成的电气设备，开展全方位系统性复检与性能测试，严格把控维修质量，杜绝隐患残留。同时结合设备实时运行状态动态调整维保计划，实现差异化、精细化、常态化维保作业，大幅提升电气系统运行稳定性。

（三）强化专业运维人才队伍建设

建立常态化、系统化、专业化的运维培训体系，围绕新型电气系统构造、智能诊断设备操作、复杂故障研判处置、标准化维修流程、应急抢修规范等核心内容开展专项培训，持续更新运维人员专业知识体系。重点强化实操训练与现场模拟演练，全面提升运维人员故障排查、设备维修、应急处置的实操能力，打造高素质复合型运维人才队伍。建立完善的岗位考核、技能评级与能力提升机制，统一规范现场运维作业标准，强化全员安全责任意识与专业服务意识，以高水平、专业化的人才队伍为电气系统稳定运维提供坚实保障。

结束语

地铁车辆电气系统是保障列车安全、稳定、持续运行的核心载体，其故障诊断与维修工作是城市轨道交通运维管理的核心重点，直接决定地铁运营安全水平与公共出行保障能力。在轨道交通智能化、精细化发展的大趋势下，行业需持续深耕电气运维技术创新与管理体系优化，不断完善故障诊断与维修机制，推动地铁电气运维工作向智能化、前置化、标准化方向转型，全面提升城市轨道交通运营的安全性、稳定性与高效性，助力城市轨道交通行业高质量可持续发展。

参考文献

- [1]郝博. 地铁车辆电气系统故障分析和可靠性研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2021.
- [2]潘颖. 地铁车辆电气系统中牵引及辅助系统故障检修[J]. 科技创新与应用, 2018, (11): 95-96.
- [3]黄文斌. 地铁车辆电气系统中牵引与辅助系统故障与检修[J]. 设备管理与维修, 2017, (16): 59-60.