

地铁供电电力监控系统现场调试关键技术与优化措施研究

张 凯

中铁电气化局集团有限公司 重庆 401121

摘 要：随着地铁供电系统自动化水平提升，电力监控系统的稳定运行成为保障地铁安全运营的核心。本文围绕现场调试的核心难点，系统分析调试流程、影响因素及关键技术，从流程、技术、管理三方面提出针对性优化措施，结合典型故障案例验证优化效果。研究表明，优化后的调试方案可有效提升调试效率、降低故障发生率，为地铁供电电力监控系统现场调试提供理论支撑与实践参考，保障系统安全稳定运行。

关键词：地铁供电；电力监控系统；现场调试；关键技术；优化措施

引言：地铁供电系统对自动化监控的依赖程度越来越高，调试质量直接决定送电和运营安全。当前地铁供电电力监控系统设备型号复杂、调试环境恶劣，存在故障排查难、设备兼容性差等问题，严重影响调试质量与效率。为解决上述痛点，保障地铁供电安全，本文聚焦现场调试关键技术，结合实际调试难点，探索科学合理的优化路径，对提升地铁供电监控系统可靠性、推动地铁运维智能化发展具有重要意义。

1 地铁供电电力监控系统现场调试概述及难点分析

1.1 地铁供电电力监控系统组成与调试原则

（1）系统组成：核心组件包括监控主机、通信设备、测控装置及传感器。监控主机负责数据汇总与指令下发，通信设备保障信号传输，测控装置与传感器采集设备运行参数，各组件协同工作，构成完整监控体系，调试核心对象为各组件及相互间的联动性能。（2）调试原则：严格遵循安全性、规范性、准确性、高效性四大原则，全程符合地铁供电安全规范，规范操作流程，确保调试数据真实可靠，兼顾调试质量与效率，保障系统后续安全稳定运行。

1.2 现场调试核心流程

（1）调试前期准备：全面检查现场设备完好性，核对设计图纸、设备参数等资料，合理配置专业调试人员，落实安全防护措施，排查前期安全隐患，为调试工作奠定基础。（2）分项调试实施：按照通信组网、点表对点、功能测试、系统联调的先后顺序，分步推进、逐步验证，确保各分项调试达标后，再开展后续联动调试。（3）调试收尾与验收：系统整理调试数据、故障记录等资料，全面排查遗留问题并完成整改，出具规范调试报告，按标准完成验收交接，确保调试成果可追溯^[1]。

1.3 现场调试关键难点分析

（1）故障排查难度大：现有二级管理、三级监控排查方式，仅能确定故障大致范围，难以精准定位具体故障设备或部件，需结合系统联调进一步验证确认，增加排查工作量。（2）设备兼容性差：地铁供电设备型号复杂，不同厂家、不同型号设备的通信协议、生产工艺存在差异，易出现通信异常、数据错乱等问题，影响调试准确性。（3）调试环境复杂：现场空间狭小、设备密集，电磁干扰强烈，且供电设备停役调试易影响下级负载，既增加操作难度，也提升了调试安全风险。

2 地铁供电电力监控系统现场调试关键技术

2.1 通信组网调试技术

（1）通信链路调试：重点检查光纤、电缆等核心通信介质的连接可靠性，排查接头松动、线路破损等隐患，通过专业设备测试通信链路的传输速率、稳定性及抗干扰能力，及时处理链路中断、信号衰减、误码等问题，确保通信链路畅通。（2）通信协议调试：针对不同厂家设备的通信协议差异，开展协议适配调试，通过协议转换、参数配置等方式，消除协议不兼容隐患，确保监控主机与测控装置、传感器之间信号传输顺畅，实现数据实时交互与指令准确下发。（3）冗余通信调试：构建双网冗余通信架构，模拟单点通信故障场景，测试冗余切换的可靠性与及时性，优化切换延迟参数，保障通信系统的容错能力，避免单点故障导致调试工作中断或影响后续运营连续性。

2.2 点表对点调试技术

（1）点表核对：严格对照设计图纸、设备说明书及现场实际参数，逐一核对遥信、遥测、遥控点表的地址、名称、量程等信息，确保点表信息与现场设备一一

对应,杜绝信息错位、遗漏等问题。(2)对点测试:采用模拟信号输入、现场设备手动操作等方式,全面验证点表的响应速度与数据准确性,重点测试遥信变位触发、遥测数据采集精度、遥控指令执行效果,覆盖变压器、开关等各类供电设备的关键点位,确保无死角^[2]。

(3)点表纠错:针对对点测试中发现的错误点、遗漏点,及时进行修正、补充与复核,建立完整规范的点表档案,详细记录点位信息、调试结果,为后续调试优化、设备维护及故障排查提供可靠依据。

2.3 分项功能测试技术

(1)遥测功能测试:重点测试电压、电流、功率、频率等核心电力参数的采集精度与实时性,对比测试数据与标准值的偏差,验证数据传输过程中的准确性,确保采集数据符合监控系统设计要求,为供电状态判断提供支撑。(2)遥信功能测试:模拟设备故障、运行状态切换等各类场景,测试遥信信号的上传速度与准确性,验证故障告警的及时性、准确性,确保工作人员能快速掌握设备运行异常情况,及时处置隐患。(3)遥控功能测试:对开关、断路器等关键设备进行遥控操作测试,反复验证遥控指令的执行准确性、响应速度,重点完成400伏备自投等特殊功能的远程操控测试,排查遥控误动、拒动等问题,确保遥控操作安全可靠。

2.4 系统联调技术

(1)子系统联调:将通信子系统、测控子系统、监控主机等各独立子系统进行联动调试,测试各子系统之间的信号交互、指令传达能力,排查协同工作中的衔接隐患,确保各子系统高效配合。(2)全系统联调:结合地铁供电系统实际运行工况,模拟正常运营、设备故障、应急处置等场景,开展全系统联动测试,验证系统整体运行的稳定性、可靠性,确保系统能适应各类运行场景的需求。(3)联调验收标准:明确联调合格的判定指标,涵盖数据传输精度、设备响应速度、故障处置能力等核心内容,对照指标全面完成联调验收,覆盖主变电所、牵引变电所、降压变电所等全范围设备,确保系统满足地铁供电运营要求。

3 地铁供电电力监控系统现场调试优化措施

3.1 调试流程优化

(1)前期准备优化:建立标准化前期准备流程,明确设备检查需覆盖监控主机、通信设备等所有核心组件,重点核查安装牢固性与线路连接完整性;规范资料核对清单,确保设计图纸、设备参数、点表等资料齐全准确;强化人员岗前培训,聚焦调试技术、安全规范及应急处置能力,提前排查设备安装隐患,从源头避免调

试过程中出现返工,提升前期准备效率与质量。(2)分项调试优化:结合调试实际需求,优化通信组网、点表对点、功能测试、系统联调的先后顺序,明确各分项调试的衔接节点与责任分工;合理分配人力、设备等调试资源,对关键调试环节优先配置专业人员与先进设备,减少各环节等待时间,有效提高整体调试效率,确保调试工作有序推进^[3]。(3)收尾验收优化:建立完善的调试验收标准,细化验收指标与判定依据,明确验收流程、各环节时间节点及责任分工;验收过程中严格核查调试数据完整性、故障整改闭环情况,确保所有问题整改到位;同步整理调试档案,实现调试与运营的无缝衔接,为后续系统维护提供完整依据。

3.2 调试技术优化

(1)故障定位技术优化:引入智能故障定位工具,结合大数据分析技术,对调试过程中出现的通信中断、数据异常等故障进行实时监测与分析,精准定位故障位置、类型及原因,打破传统排查方式的局限,降低故障排查难度,大幅缩短排查时间,提升故障处置效率。

(2)设备兼容性优化:提前制定统一的设备选型标准,明确通信协议、接口参数等核心要求,优先选用兼容性强、性能稳定的设备;对现有不兼容设备,通过协议改造、固件升级等方式优化,无法改造的及时替换,从根本上减少调试过程中的设备兼容问题,保障调试工作顺利开展^[4]。(3)抗干扰技术优化:针对现场电磁干扰强的问题,采用屏蔽电缆传输信号,在关键设备处加装隔离装置,合理规划设备安装布局,避开干扰源;同时优化信号滤波技术,减少电磁干扰对调试数据采集、信号传输的影响,显著提升调试数据的准确性与系统运行稳定性。

3.3 调试管理优化

(1)人员管理:组建专业调试团队,明确人员招聘标准与岗位职责,建立分层培训体系,定期开展技术考核与技能比拼,重点提升调试人员的专业技能、操作规范性及应急处置能力;完善绩效考核机制,激发人员工作积极性,确保调试工作有序、高效开展。(2)设备管理:建立调试设备全生命周期管理档案,详细记录设备采购、校准、使用、维护等信息;定期对调试仪器、工具进行维护与校准,及时更换老化、精度不足的设备,确保调试设备的精度与可靠性,为调试质量提供保障。

(3)安全管理:完善现场调试安全防护措施,配备齐全的安全防护用品,规范设备停役、复役的操作流程,明确停役前排查、复役后验证的具体要求;加强现场安全巡查,及时排查安全隐患,定期开展安全培训与应急演练

练,杜绝安全事故发生,保障调试人员与设备安全。

3.4 优化措施实施保障

(1) 制度保障:制定完善的调试管理制度、安全操作规范及验收标准,细化各环节操作要求与责任划分,形成“事前有标准、事中有监管、事后有考核”的管理体系,确保优化措施落地执行,避免形式化。(2) 技术保障:加强与科研机构、设备厂家的深度合作,引进先进的调试技术与智能设备,开展技术研发与创新,及时解决优化实施过程中遇到的技术难题,为优化措施的有效实施提供强有力的技术支持^[5]。(3) 资源保障:合理分配人力、物力、财力资源,根据调试优化需求,优先调配专业人员与先进设备,保障调试物资供应;建立资源动态调整机制,根据调试进度与实际情况及时优化资源配置,确保调试优化工作顺利推进,保障调试进度与质量。

4 典型故障案例分析及优化效果评估

4.1 典型故障案例分析

(1) 案例一:通信链路中断故障,经排查,故障原因主要为现场电缆破损及部分设备协议不兼容,导致信号传输中断。调试中先排查通信介质,更换破损电缆,再通过协议适配调试统一通信参数,恢复链路畅通。经验教训为调试前期需加强电缆检查,提前规避协议兼容问题。(2) 案例二:点表对点错误导致遥测数据异常,核心原因是调试前期点表核对不细致,存在点位遗漏、参数错位问题。通过重新对照图纸逐项核对点表,修正错误点位、补充遗漏信息,采用模拟测试验证准确性,有效解决数据异常问题,避免同类错误重复发生。(3) 案例三:系统联调中遥控指令无法执行,重点是400伏设备自投远程操控异常,根源为遥控回路接线错误及协议适配不当。通过重新核查接线、优化协议配置,开展多次遥控测试,制定针对性调试改造方案,确保遥控指令正常执行。

4.2 优化措施实施效果评估

(1) 评估指标设定:围绕调试效率、故障发生率、整改成本、系统稳定性设定核心指标,明确调试效率提升30%以上、故障发生率下降50%以上、整改成本降低

25%以上、系统连续稳定运行无故障的评估标准。(2) 评估方法:采用对比分析与量化分析结合,收集优化前后调试数据,对比各项指标变化,验证优化措施的实际效果,确保评估结果客观可信。(3) 评估结果分析:优化后调试效率显著提升,故障定位时间缩短,整改成本大幅降低,系统运行稳定性明显增强;同时发现部分老旧设备适配不足,建议进一步优化设备改造方案,完善常态化调试机制。

4.3 优化措施改进建议

(1) 针对评估发现的问题,进一步细化调试前期点表核对流程,加强老旧设备协议改造,完善故障排查闭环管理,优化调试资源分配。(2) 结合地铁供电智能化发展趋势,引入更先进的智能调试技术与设备,加强人员专业培训,推动调试工作向智能化、标准化升级,保障优化措施的适用性与前瞻性。

结束语

本文系统研究了地铁供电电力监控系统现场调试关键技术与优化措施,明确了调试核心难点与影响因素,提出的流程、技术、管理优化方案经实践验证成效显著。展望未来,可实现两大创新点:一是引入数字孪生技术构建调试模拟平台,提前规避现场隐患;二是融合AI算法优化故障定位,提升排查效率;三是搭建线网级智能调试管控平台,实现多站点协同调试,推动调试工作向智能化、标准化升级。

参考文献

- [1]刘路鹏,钱雪军.地铁电力调度监控系统的仿真及其应用[J].铁路计算机应用,2023,29(7):62-66.
- [2]魏冲.地铁供电系统电力监控调试措施[J].通讯世界,2024,27(4):150-153.
- [3]陈国瑞.地铁供电系统电力监控调试研究[J].科技资讯,2021,19(2):49-52.
- [4]孟祥飞,张小芳.地铁供电系统电力监控调试探讨[J].技术与市场,2022,24(6):93-96.
- [5]孔令媛.地铁供电系统电力监控调试探讨[J].山东工业技术,2023,18(10):171-175.