

铁路信号微机监测系统在铁路信号设备故障诊断中的应用

杨松涛

国能新朔铁路大准铁路分公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 铁路信号设备是保障铁路行车安全与效率的核心,其故障易引发安全事故和运输阻滞,传统诊断方法依赖人工、效率低下。本文阐述铁路信号微机监测系统的构成与工作原理,分析其在轨道电路、道岔、信号机等设备故障诊断中的具体应用,指出系统应用现存问题,提出数据采集、诊断算法及运维管理的优化策略,为铁路信号设备故障精准、高效诊断提供技术参考,助力铁路运输智能化运维。

关键词: 铁路信号;微机监测系统;设备故障;诊断;应用

引言:铁路运输的安全高效离不开信号设备的稳定运行,而信号设备多处于露天、隧道等复杂环境,易受各类干扰引发故障,故障诊断难度较大。当前传统故障诊断技术存在诸多局限,难以适配智能化运维需求。在此背景下,铁路信号微机监测系统凭借全方位监测、精准识别的优势,成为故障诊断的核心手段。本文围绕该系统的应用展开研究,旨在解决故障诊断痛点,提升铁路信号设备运维水平。

1 铁路信号设备故障诊断相关基础理论

1.1 铁路信号设备概述

(1) 铁路信号设备的核心分类及功能:主要分为控制类、显示类和检测类。控制类负责调度列车行进方向,显示类以信号机为主传递行车指令,检测类实时监测设备运行状态,保障各类设备协同运转。(2) 铁路信号设备在铁路运输中的核心作用:作为铁路行车的“眼睛”和“大脑”,精准调控列车运行状态,防范行车冲突,指引列车安全高效通行,是保障铁路运输秩序与安全的核心支撑。(3) 铁路信号设备的运行环境特点及运维要求:多处于露天、隧道等复杂环境,易受温湿度、雨雪、电磁干扰影响;运维需遵循实时监测、定期检修、快速响应原则,保障设备全天候稳定运行。

1.2 铁路信号设备常见故障类型及危害

(1) 轨道电路故障:常见短路、断路、分路不良等,易导致信号误显示、无法检测列车位置,埋下安全隐患。(2) 道岔控制设备故障:主要有转换异常、锁闭失效等,会导致列车无法正常变道、进站,直接阻断行车秩序。(3) 信号机故障:包括灯光异常、机械卡滞等,会传递错误行车指令或无法切换信号,影响行车判断。(4) 故障对铁路行车安全及运输效率的影响:易引发列车追尾、冲突等安全事故,同时导致列车晚点、停运,大幅降低运输效率,造成经济损失^[1]。

1.3 铁路信号设备故障诊断技术现状

(1) 传统故障诊断方法:主要有直观检查法和仪器测试法,前者依赖人工观察设备外观,后者通过专用设备检测电气参数排查故障。(2) 现有故障诊断技术的局限性:传统方法效率低、依赖人工经验,部分智能技术存在识别准确率不足、无法预判潜在故障的问题,适配复杂环境能力有限。(3) 故障诊断技术的发展趋势:朝着智能化、自动化方向推进,结合大数据、人工智能技术,实现故障精准识别、提前预判,减少人工干预。

2 铁路信号微机监测系统的构成与工作原理

2.1 铁路信号微机监测系统的核心构成

(1) 数据采集模块:核心为传感器与采集器,采集轨道电路电气参数、道岔转换状态、信号机灯光强度等关键数据,传感器将物理量转为电信号,采集器规整信号后上传。(2) 数据传输模块:采用铁路专用通信协议,结合有线与无线传输链路,保障数据传输安全准确、高效稳定,避免数据丢失或延迟,实现现场数据向后台的传输。(3) 数据处理与存储模块:内置专用数据库,存储实时监测及历史故障数据;通过数据滤波、降噪算法提纯原始数据,为故障识别提供可靠支撑。(4) 人机交互与报警模块:配备简洁操作界面,方便运维人员查看数据、操作系统;具备分级报警机制,监测数据超阈值时,以声光、弹窗等方式提醒,并标注故障大致位置。

2.2 铁路信号微机监测系统的工作原理

(1) 信号采集原理:模拟量采用变送器采集,将电压、电流等连续信号转换为标准数字信号;开关量通过接口电路采集,捕捉道岔锁闭、信号机开关等离散状态信号,实现全类型信号全覆盖采集。(2) 数据传输与预处理流程:采集的数据经传输模块上传至处理中心,先通过滤波、去噪算法剔除干扰数据,再进行数据标准化

处理,确保数据格式统一,为后续故障识别奠定基础。

(3)故障识别与报警的核心逻辑:将预处理后的数据与预设标准阈值对比,结合历史故障数据进行分析,精准识别故障类型;当数据异常或判定为故障时,触发报警机制,同步记录故障相关信息。

2.3 铁路信号微机监测系统的核心性能指标

(1)监测精度与实时性要求:监测精度需满足信号参数测量误差不超过规定范围,实时性要求数据采集、传输、处理延迟控制在毫秒级,确保故障及时发现。

(2)系统稳定性与可靠性标准:具备24小时不间断运行能力,年故障率低,故障恢复时间短,能适应铁路复杂运行环境,避免系统自身故障影响监测工作。(3)兼容性与可扩展性指标:可兼容不同型号的铁路信号设备,支持与其他铁路运维系统对接;具备灵活扩展能力,可根据设备升级、监测需求增加采集点位和功能模块^[2]。

3 铁路信号微机监测系统在故障诊断中的具体应用

3.1 在轨道电路故障诊断中的应用

(1)轨道电路运行参数监测内容:微机监测系统实时采集轨道电路的发送电压、接收电压、轨面电流等核心电气参数,同时监测轨道电路的空闲/占用状态、绝缘性能,全面覆盖短路、断路、分路不良等故障的关联参数,实现24小时不间断监测,留存完整参数变化曲线。

(2)基于监测数据的故障识别方法:通过将实时采集的参数与预设标准阈值进行对比,结合数据趋势分析算法,识别参数异常波动;针对分路不良等隐性故障,通过监测轨面电流变化幅度、接收电压反馈差值,结合历史数据建模,精准判定故障类型及严重程度。(3)实例分析:轨道电路分路不良故障诊断过程,系统监测到某区段轨面电流低于标准阈值、接收电压异常升高,且列车通过后参数未恢复正常,结合该区段历史故障数据,排除绝缘破损因素,判定为轨面氧化导致的分路不良,及时发出报警并标注故障区段,运维人员通过打磨轨面即可完成故障处置,大幅缩短排查时间。

3.2 在道岔控制设备故障诊断中的应用

(1)道岔动作电流、电压等参数监测:重点监测道岔转换过程中的动作电流峰值、电流持续时间、转换电压稳定性,同时监测道岔锁闭电流、表示电压等参数,捕捉转换启动、锁闭、到位全过程的参数变化,精准识别动作异常节点。(2)道岔转换异常与锁闭故障的诊断逻辑:当监测到动作电流峰值超出阈值、转换时间过长,判定为道岔卡滞或转换机构磨损;若锁闭电流为零、表示电压异常,判定为锁闭装置失效或控制电路断路,系统结合参数异常时序,定位故障发生的具体环节

(启动、转换、锁闭)。(3)实例分析:道岔转换不到位故障诊断应用,系统监测到某组道岔转换时动作电流峰值偏高,且转换时间远超标准值,未监测到锁闭电流反馈,判定为道岔尖轨与基本轨卡滞,立即触发报警,运维人员赶赴现场后,发现尖轨处有异物堵塞,清除异物后道岔恢复正常,避免了行车阻断^[3]。

3.3 在信号机故障诊断中的应用

(1)信号机灯光状态与电气参数监测:实时监测信号机红、黄、绿等各灯光的发光强度、点亮状态,同时监测信号机控制电路的电压、电流参数,监测灯丝通断状态,覆盖灯光异常、灯丝断丝、控制电路故障等各类问题的关联参数。(2)灯光故障、控制电路故障的诊断流程:当监测到灯光发光强度低于标准值或灯光不亮,结合灯丝电流监测数据,判定为灯丝断丝或接触不良;若灯光状态正常但控制电路电压、电流异常,判定为控制电路短路、断路或继电器故障,按“参数监测—异常定位—故障归类”的流程,快速锁定故障点。(3)实例分析:信号机灯丝断丝故障诊断应用,系统监测到某进站信号机绿灯灯丝电流为零,发光强度为0,其他灯光参数正常,排除控制电路故障,判定为绿灯灯丝断丝,及时发出报警并明确故障类型,运维人员更换灯丝后,信号机恢复正常,避免了因灯光异常传递错误行车指令。

3.4 在其他信号设备故障诊断中的应用

(1)电源屏故障监测与诊断:监测电源屏输出的交流电压、直流电压稳定性,监测电流波动、频率偏差等参数,当输出电压超出允许范围、出现电压中断或波动过大时,系统立即报警,同时结合数据趋势,预判电源屏部件老化、故障隐患,提醒运维人员提前检修更换。

(2)继电器故障的监测与识别:监测继电器的线圈电流、触点动作状态,捕捉继电器吸合、释放过程中的参数变化,当线圈电流异常、触点动作不灵敏或接触不良时,判定为继电器故障,系统标注故障继电器编号及位置,便于运维人员快速更换,避免因继电器故障引发连锁设备异常。

4 铁路信号微机监测系统故障诊断应用的优化策略

4.1 当前系统应用中存在的问题

(1)数据采集的完整性与准确性不足问题:部分采集模块配置不合理,传感器分布存在盲区,对偏远区段、复杂环境下的信号设备参数采集不全面;同时受电磁干扰、环境温湿度影响,采集数据易出现偏差,部分隐性故障相关参数未纳入采集范围,导致故障排查存在遗漏。(2)故障诊断算法的局限性:现有诊断算法多基于阈值对比,缺乏对复杂场景下多参数关联分析的能

力,易受干扰数据影响出现误报;针对早期隐性故障、复合型故障,算法识别灵敏度不足,难以精准捕捉参数细微波动,存在漏报现象,影响故障处置时效性。(3)系统与运维工作的协同性不足:系统报警信息缺乏分级分类优化,无效报警过多增加运维人员工作量;监测数据与运维管理系统脱节,故障信息无法快速同步至运维调度、人员分派环节,且系统未结合运维经验优化诊断逻辑,导致诊断结果与现场实际故障存在偏差^[4]。

4.2 数据采集与预处理优化

(1)采集模块的优化配置与校准:结合不同信号设备的运行特点,优化传感器分布,填补采集盲区,新增隐性故障关联参数的采集点位;定期对传感器、采集器进行校准,采用抗干扰型采集设备,减少电磁、温湿度对采集数据的影响,确保采集数据的准确性和完整性。

(2)数据降噪与异常数据剔除方法改进:引入小波分析、自适应滤波等先进算法,对采集的原始数据进行降噪处理,剔除干扰数据;建立异常数据识别模型,结合参数变化趋势、历史数据对比,精准区分无效干扰数据与故障相关异常数据,为后续故障诊断提供可靠的数据支撑。

4.3 故障诊断算法优化

(1)智能算法的融合应用:融合神经网络、大数据分析等智能技术,构建多参数关联诊断模型,实现对单一故障、复合型故障的精准识别;利用大数据技术挖掘历史故障数据、运行参数之间的关联规律,提升算法对早期隐性故障的识别能力。(2)故障诊断模型的训练与优化:依托海量历史故障数据、实时监测数据,持续对诊断模型进行训练,优化模型参数,提升模型适配不同运行场景、不同故障类型的能力;结合现场故障处置反馈,动态调整模型诊断逻辑,确保诊断结果与现场实际高度契合。(3)误报、漏报的防控措施:建立分级报警机制,根据故障严重程度、影响范围对报警信息分类标注,减少无效报警;引入故障复核机制,对疑似故障数据进行多维度验证,结合历史故障规律排查误报、漏报隐患,同时优化算法灵敏度,平衡故障识别精度与防控

效率^[5]。

4.4 系统运维与管理优化

(1)系统日常维护流程完善:制定标准化的系统日常维护流程,明确采集模块、传输链路、处理模块的定期检修周期和内容,建立维护台账,及时发现并处置系统自身故障,确保系统长期稳定运行;定期对系统软件进行升级,优化系统运行性能。(2)运维人员专业能力提升策略:开展针对性的技能培训,重点提升运维人员对智能诊断算法、系统操作、故障排查的专业能力;建立运维经验交流机制,汇总典型故障处置案例,促进运维人员积累经验,提升故障处置效率和准确性。(3)系统与铁路运维体系的协同优化:推动微机监测系统与铁路运维调度系统、设备管理系统对接,实现故障信息、监测数据的实时共享,打通故障报警、调度分派、现场处置、结果反馈的闭环流程;结合运维实际需求,优化系统功能设计,提升系统与运维工作的适配性。

结束语

铁路信号微机监测系统在信号设备故障诊断中发挥着不可替代的作用,有效弥补了传统诊断技术的不足,实现了故障精准识别、及时报警与高效处置,大幅提升了运维效率,保障了铁路行车安全。结合现存问题进行优化后,系统适配性与诊断精度进一步提升。未来需持续融合智能技术,完善系统功能,推动其向更智能、更高效方向发展,为铁路运输高质量发展筑牢保障。

参考文献

- [1]曾木团.铁路信号设备故障诊断技术研究[J].交通运输系统工程与信息,2022,18(2):11-15.
- [2]杨桦.基于微机监测的铁路信号设备故障诊断方法研究[J].信号与信息处理,2022,35(4):31-36.
- [3]马梦娜.铁路信号设备故障诊断与微机监测系统设
计[J].通信技术,2023,42(1):41-44.
- [4]郭永举.基于模糊神经网络的铁路信号设备故障诊
断方法研究[J].计算机应用与软件,2022,34(10):91-94.
- [5]尹旭.铁路信号设备故障诊断与微机监测技术研
究[J].交通运输系统工程与信息,2023,16(3):75-77.