

基于微机监测的铁路信号设备的维护

王莉棚

通号工程局集团有限公司北京分公司 北京 100070

摘要: 铁路信号设备是保障列车安全高效运行的核心设施,微机监测系统对其维护至关重要。本文先概述铁路信号设备分类、功能及微机监测系统组成、原理与作用。阐述了基于微机监测的故障诊断与数据分析方法,包括数据采集处理、模型构建及典型故障分析。随后提出微机监测驱动的预防性维护策略,分析传统模式问题,优化基于状态监测的维护策略,合理配置资源并构建评估体系。旨在通过微机监测提升铁路信号设备维护水平,保障铁路运输安全高效。

关键词: 铁路信号设备;微机监测系统;故障诊断;预防性维护

引言:在现代铁路运输中,信号设备的安全稳定运行是保障列车有序通行、提升运输效率的关键。传统铁路信号设备维护模式存在诸多局限,难以满足日益增长的运输需求。微机监测系统凭借其强大的数据采集、传输、处理与分析能力,为铁路信号设备维护带来了革新。它能够实时监测设备状态,实现故障早发现、精准定位,为预防性维护提供科学依据。深入研究基于微机监测的铁路信号设备维护,对提升铁路运输安全性与稳定性意义重大。

1 铁路信号设备与微机监测系统概述

1.1 铁路信号设备分类与功能

铁路信号设备是保障列车安全高效运行的核心基础设施,按功能可分为控制设备、显示设备、检测设备三大类。控制设备包含道岔转辙机、轨道电路、联锁装置,负责列车运行路径规划与避让控制,其中联锁装置通过逻辑判断防止错误操作引发冲突。显示设备以信号机为核心,通过红、黄、绿等灯光组合传递行车指令,为司机提供明确的运行指引。检测设备则用于实时捕捉设备运行参数,为维护工作提供数据支撑^[1]。各类设备协同工作,构成完整的信号系统,不仅能保障列车在区间和车站内的安全运行,还能提升铁路运输效率,是铁路行车指挥系统的重要组成部分,对铁路运输的安全性、稳定性具有决定性作用。

1.2 微机监测系统组成与原理

微机监测系统由数据采集层、传输层、处理层和应用层四部分组成,形成闭环式数据处理体系。数据采集层通过传感器、采集模块等设备,实时采集轨道电路电压、道岔转换电流、信号机灯光状态等关键参数,实现对信号设备运行状态的全面感知。传输层采用以太网、串口等多种通信方式,将采集到的原始数据安全、高效传输

至处理层,同时具备数据校验功能,确保数据完整性。处理层是系统核心,通过服务器对数据进行滤波、降噪、整合等预处理,剔除无效数据,提取特征信息,并与预设标准阈值对比。应用层通过终端软件实现数据展示、异常报警、历史查询等功能,以图表、曲线等直观形式呈现设备状态。其核心原理是基于数据驱动,通过对设备运行参数的实时监测与分析,精准捕捉异常信号,为设备维护提供技术支撑。

1.3 微机监测在设备维护中的核心作用

微机监测在铁路信号设备维护中发挥着不可替代的核心作用,彻底改变了传统维护模式的被动局面。首先,实现故障早发现,通过实时监测设备运行参数,能在故障萌芽阶段捕捉异常趋势,发出预警信号,避免故障扩大化影响行车安全。其次,提升故障定位精度,系统可通过数据分析锁定故障发生的具体部位、类型及原因,为维修人员提供精准指引,大幅缩短故障排查与修复时间,减少运输中断损失。另外,支撑维护工作科学化,通过积累历史运行数据,可分析设备磨损规律与故障高发周期,为制定合理维护计划提供数据依据。降低维护成本,避免盲目巡检造成的人力、物力浪费,实现针对性维护,既保障设备稳定运行,又提升维护工作的效率与质量,为铁路信号设备可靠运行筑牢防线。

2 基于微机监测的故障诊断与数据分析方法

2.1 数据采集与预处理

数据采集与预处理是基于微机监测进行故障诊断的基础环节,直接影响诊断结果的准确性。数据采集采用多点同步采集模式,覆盖轨道电路、道岔、信号机等核心设备,采集参数包括电气参数、机械参数及环境参数,采集频率根据设备特性动态调整,关键设备参数采集频率不低于1次/秒,确保捕捉到瞬时异常。采集过程中采用

冗余设计,避免单点采集故障导致的数据丢失^[2]。预处理环节主要包括数据清洗、标准化与特征提取三步:通过滤波算法剔除电磁干扰、传感器误差带来的无效数据;将不同类型、不同单位的参数标准化处理,统一数据维度;运用统计分析、小波变换等方法提取与故障相关的特征参数,如道岔转换电流峰值、轨道电路电压波动范围等,为后续故障诊断模型构建提供高质量数据支撑,保障诊断模型的可靠性。

2.2 故障诊断模型构建

基于微机监测数据的故障诊断模型构建需结合机器学习、统计分析等多学科技术,实现精准故障识别。模型构建首先需建立故障样本库,收集历史故障数据、对应的参数特征及故障原因,涵盖轨道电路、道岔、信号机等各类设备的典型故障类型,通过数据扩充与标注,提升样本库的完整性与代表性。随后采用混合诊断模型架构,融合规则推理与深度学习算法:规则推理基于行业标准与专家经验,设定明确的参数阈值与故障判断逻辑,快速识别常见简单故障;深度学习算法通过神经网络对复杂特征数据进行训练,捕捉参数间的隐性关联,实现复杂故障与潜在故障的精准诊断。模型还具备自优化能力,通过持续纳入新的故障数据,不断调整模型参数,提升诊断精度与泛化能力,适配设备运行状态的动态变化。

2.3 典型故障分析

2.3.1 轨道电路红光带故障诊断

轨道电路红光带故障是铁路信号系统常见故障,表现为轨道电路区段显示占用(红光带),实际无列车占用,易导致列车停车、运输中断。基于微机监测系统的诊断方法核心是分析轨道电路电压、电流参数变化特征。正常情况下,轨道电路电压稳定在预设范围,当出现红光带故障时,微机监测数据会显示电压骤降、电流异常波动。通过对比历史故障数据与实时参数,可精准定位故障原因:若电压持续偏低且无波动,多为轨道电路短路或电缆破损;若电压间歇性下降,可能是钢轨接触不良、连接件松动;若伴随电流突变,大概率是轨道电路元件老化或故障。结合现场巡检验证,可快速排除故障。

2.3.2 道岔转换卡阻的预测与定位

道岔转换卡阻会导致列车无法正常变道,严重影响铁路运输灵活性,基于微机监测系统可实现卡阻故障的提前预测与精准定位。系统通过实时监测道岔转辙机的转换电流、转换时间、动作次数等参数,构建卡阻故障预警模型。正常转换过程中,电流呈规律性变化,转换时间稳定在固定区间;当出现卡阻隐患时,电流峰值升高、转换时间延长,甚至出现电流停滞现象。系统可根

据参数异常程度发出分级预警,轻微异常提示巡检维护,严重异常立即触发报警。通过分析电流变化曲线的拐点位置、异常出现的转换阶段,可定位卡阻发生的具体部位,如尖轨与基本轨卡阻、转辙机内部零件卡阻等,为维修人员提供精准指引,实现故障早干预、快修复。

2.3.3 信号机灭灯的根源分析

信号机灭灯故障直接导致司机失去行车指引,极易引发行车安全事故,基于微机监测系统可深入分析故障根源,避免表面修复后故障反复。系统通过监测信号机的供电电压、电流、灯光反馈信号等参数,捕捉故障关联特征。若监测数据显示供电电压正常、无灯光反馈信号,多为信号机灯泡烧毁、灯座接触不良或灯光控制模块故障;若供电电压异常波动伴随灭灯,可能是供电线路接触不良、电压调节器故障;若单灯灭灯且其他灯光正常,大概率是对应灯光支路故障;若多灯同时灭灯,需排查总供电回路或核心控制元件。结合参数变化时序与历史故障数据,可追溯故障引发的连锁反应,找到根源问题,不仅修复当前故障,还能优化相关线路与元件配置,提升信号机运行稳定性。

3 微机监测驱动的预防性维护策略

3.1 传统维护模式的问题分析

传统铁路信号设备维护模式以定期巡检、计划修为主,存在诸多弊端,难以适配现代铁路高效运行需求。首先,维护针对性不足,采用“一刀切”的维护周期,无论设备运行状态好坏,均按固定周期开展维护,导致状态良好的设备过度维护,而存在潜在故障的设备未能及时检修。其次,被动应对故障,多数维护工作在故障发生后开展,缺乏提前预警与预防措施,故障造成的运输损失已无法挽回,且故障排查耗时久,进一步加剧影响^[3]。再者,资源配置不合理,维护人力、物力按计划分配,易出现重点区域资源不足、非重点区域资源闲置的情况。另外,维护决策缺乏数据支撑,依赖维修人员经验,难以精准判断设备磨损状态与故障风险,导致维护效率低、成本高,无法满足铁路信号设备精细化维护需求。

3.2 基于状态监测的维护策略优化

3.2.1 基于设备状态大数据的精准维护策略构建

借助微机监测系统采集的海量设备状态数据,构建精准维护策略,可提升铁路信号设备维护的科学性与精准度。先对收集的各类设备运行参数深度挖掘,运用聚类、关联分析等算法,找出不同运行状态的参数特征模式,明确正常参数范围与潜在故障的异常特征,建立设备状态与故障风险的关联模型,以此准确评估当前故障风险等级。接着,依据风险等级划分维护优先级,对高

风险设备高频次、精细化监测维护,及时发现隐患;对低风险设备适当降低频率,节约资源。然后,利用大数据分析预测故障发展趋势,掌握设备性能退化规律,提前制定维护计划、准备配件工具、安排维修人员,实现故障提前预防,保障铁路信号设备可靠运行。

3.2.2 维护周期动态调整模型

基于微机监测数据构建维护周期动态调整模型,可实现维护周期的科学优化,兼顾设备安全与维护效率。模型以设备运行状态评估结果为核心依据,结合设备使用年限、环境因素、故障历史等多维度数据,建立维护周期计算模型。通过微机监测系统实时更新设备状态参数,采用模糊综合评价法对设备健康状态分级,分为优秀、良好、一般、异常四个等级。对健康状态优秀的设备,在保障安全的前提下适当延长维护周期;对状态良好的设备,维持基准维护周期;对状态一般的设备,缩短维护周期并加强监测;对状态异常的设备,立即启动检修流程。模型具备自校准功能,通过持续纳入维护效果数据,不断优化评价指标与周期计算参数,适配不同类型设备的运行规律,实现维护周期的动态精准调整。

3.3 维护资源优化配置

微机监测系统作为现代铁路等大型设施维护管理的关键技术支撑,为维护资源的优化配置提供了精准且全面的数据支撑,有力推动人力、物力、财力资源实现高效利用。借助系统监测数据,能够深入分析各区域、各类型设备的故障高发时段、故障频率以及维护需求。依据这些分析结果,精准划分维护优先级区域,将优质资源向故障高发、设备关键的区域倾斜,确保关键区域和设备得到及时有效的维护。在人力资源配置方面,依据不同故障类型对维修技能的要求,结合维修人员的专业能力,构建技能匹配机制。如此一来,当故障发生时,能够迅速调配合适人员前往处理,大大缩短故障处理时间。物力资源配置上,基于各区域故障类型统计,提前在重点区域储备高频故障维修配件和检测设备,有效减少配件调配时间。通过监测数据预判故障趋势,科学合理规划配件采购计划,避免库存积压造成资金浪费,或因库存短缺影响故障处理进度^[4]。另外,通过对维护成本

与效果的数据分析,进一步优化资源投入结构,将资源集中投入到核心设备与高风险环节,提高整体维护资源利用效率,保障设施安全稳定运行。

3.4 维护效果评估体系

构建科学的维护效果评估体系,可全面检验微机监测驱动的预防性维护策略实施成效,为策略优化提供依据。评估体系以量化指标为核心,涵盖设备运行、维护成本、运输影响三大维度。设备运行维度指标包括设备故障率、平均无故障运行时间、故障复发率,通过微机监测数据与维护记录统计,评估维护对设备稳定性的提升效果;维护成本维度指标包括单位设备维护成本、配件消耗率、人力投入成本,对比传统维护模式,评估成本优化成效;运输影响维度指标包括故障导致的运输中断时间、列车晚点次数,衡量维护策略对铁路运输效率的保障作用。建立评估反馈机制,定期开展维护效果评估,分析指标异常原因,针对性调整维护策略、资源配置及模型参数,形成“评估-优化-提升”的良性循环,持续提升维护工作质量。

结束语

基于微机监测的铁路信号设备维护,通过故障诊断与数据分析、预防性维护策略的实施,实现从被动维修到主动预防的转变。这不仅显著提升设备运行的可靠性与稳定性,减少故障对铁路运输的影响,还优化了维护资源配置,降低维护成本。未来,随着技术的不断进步,微机监测系统将进一步完善,为铁路信号设备维护提供更精准、高效的支持,推动铁路运输事业向更高质量、更安全的方向发展。

参考文献

- [1]刘鑫.微机监测技术在铁路信号设备维护中的应用研究[J].中国新通信,2021,23(04):121-122.
- [2]禄占林.微机监测技术在铁路信号维护中的应用[J].设备管理与维修,2023,(18):176-177.
- [3]常悱.如何利用微机监测系统分析和处理铁路信号设备故障[J].信息系统工程,2023(04):83-85.
- [4]黄聪.铁路信号集中监测智能综合分析系统研究与实现[J].数字通信世界,2022(06):67-69.