

Research on intelligent operation management of heavy haul railway engineering equipment

Chaochao Kang

Yuanping Branch of Guoneng Shuohuang Railway Development Co., Ltd., Xinzhou, Shanxi, 034100, China

Abstract

The traditional heavy-haul railway engineering equipment operation mode is faced with many challenges, such as low manual operation efficiency and high safety risk. The development of intelligent operation of heavy-haul railway engineering equipment is the demand of The Times, which will bring revolutionary changes to railway transportation. In order to improve the transportation efficiency and safety of heavy-haul railway engineering equipment, the application of intelligent operation has become an inevitable trend. This paper systematically analyzes the intelligent operation system architecture of heavy haul railway public works equipment, discusses the protection strategy of key facilities such as public works equipment from the aspects of intelligent operation and maintenance, intelligent maintenance, intelligent detection and intelligent construction, and further summarizes the detection method based on multi-source data fusion. Through the actual case verification, it shows that intelligent operation can effectively improve the transportation efficiency, reduce the failure rate of equipment, and provide theoretical support for the intelligent upgrade of heavy-haul railway engineering equipment.

Keywords

intelligent operation; Intelligent operation and maintenance; Intelligent maintenance; Intelligent detection; Intelligent construction

重载铁路工务设备智慧运营管理研究

康超超

国能朔黄铁路发展有限责任公司原平分公司, 中国·山西 忻州 034100

摘 要

传统的重载铁路工务设备运营模式面临着诸多挑战,如人工操作效率低下、安全风险较高等。重载铁路工务设备智慧运营的发展是时代的需求,它将为铁路运输带来革命性的变化。为了提高重载铁路工务设备的运输效率和安全性,智慧运营的应用成为了必然趋势。本文系统分析了重载铁路工务设备智慧运营体系架构,从设备智慧运维、智慧养护、智慧检测及智慧施工等方面,探讨了工务设备等关键设施的保护策略,进一步总结了基于多源数据融合的检测方法。通过实际案例验证,表明智慧运营可有效提升运输效率,降低设备故障率,为重载铁路工务设备的智能化升级提供理论支撑。

关键词

智慧运营; 智慧运维; 智慧养护; 智慧检测; 智慧施工

1 引言

随着经济的快速发展,货物运输需求不断增长,重载铁路工务设备作为一种高效的运输方式,在现代物流体系中发挥着重要作用。本文通过对相关技术的研究和应用,提高重载铁路工务设备的运行效率和安全性,为经济发展提供有力的支持。

2 重载铁路工务设备智慧运维

线路设备智慧运维系统主要由数据采集模块、传感器

与检测设备、数据处理与分析模块、预警与报警模块、维修决策与执行模块及人机交互界面几部分组成。数据采集模块负责实时采集线路设备的状态信息,如轨道几何状态、钢轨温度、轨距变化等。传感器与检测设备用于检测线路设备的运行状态,如振动、噪声、温度等。数据处理与分析模块对采集到的数据进行处理和分析,识别潜在故障和异常。预警与报警模块根据分析结果,对潜在故障和异常进行预警和报警,提醒维护人员及时处理。维修决策与执行模块根据预警信息,制定维修方案,并指导现场维修人员进行操作。人机交互界面提供维修人员与系统交互的平台,便于查看设备状态、维修进度等。线路设备智慧维修系统对线路设备进行实时监测,及时发现异常情况。

【作者简介】康超超(1990-),男,中国山西忻州人,本科,助理工程师,从事重载铁路、智慧运维、智慧检查、智慧养护研究。

3 重载铁路工务设备智慧养护

3.1 轨道电路与绝缘节保护

ZPW-2000A 无绝缘轨道电路凭借其独特的阻抗匹配与陷波滤波技术,有效降低了分路不良的风险。在日常维护中,技术人员需定期对轨道电路进行检测和调试,确保其性能稳定。通过对阻抗的精准匹配和对干扰信号的有效滤波,该轨道电路能够为列车运行提供可靠的信号传输,保障重载铁路工务设备的安全运行^[1]。以朔黄铁路为例,该铁路应用紫外成像仪对绝缘节进行检测,及时发现电蚀损伤等潜在问题。配合使用纳米涂层材料,显著延长了绝缘节的使用寿命,使其寿命达到8年之久。

3.2 轨道几何形位检测与调整

轨道几何形位检测采用全站仪、激光扫描仪等先进设备,对轨道的平面、高程、曲线半径、轨距等参数进行精确测量。检测过程中,需对轨道进行分段检测,确保检测数据的准确性。检测数据通过无线传输至后台处理系统,实现实时监控和数据分析。根据检测数据,对轨道进行针对性调整,确保轨道几何形位符合国家标准。调整方法包括:轨距调整、高低调整、方向调整等。调整过程中,需采用专业的调整工具和设备,确保调整精度。调整完成后,需对轨道进行复测,确保调整效果^[1]。

3.3 道床养护与维修

道床是重载铁路工务设备的重要组成部分,它直接关系到列车运行的平稳性和安全性。在自动化线路养护技术体系中,道床的养护与维修是至关重要的环节。利用现代化检测技术,如激光、摄像、图像处理、非接触测量等,对道床进行实时监测。监测内容包括道床高度、平整度、坚实度等,以确保列车平稳运行。针对监测到的道床病害,如沉陷、开裂、排水不畅等,及时采取整治措施。具体方法包括:(1)道床翻修:对严重病害的道床进行翻修,更换新的道床材料,确保道床的稳定性和承载能力。(2)病害修复:对轻微病害的道床进行修复,如填充裂缝、平整表面等,以恢复道床的原有功能。(3)排水设施维护:对道床排水设施进行检查和维护,确保排水系统畅通,防止道床积水。

随着列车运行和自然因素的长期作用,道床材料可能会出现老化、磨损等问题。定期对道床材料进行更新,以保证道床性能。利用压路机、振动机等设备对道床进行压实,确保道床的密实度和稳定性。同时,对压实度进行检测,确保符合设计要求。运用自动化养护设备,如道床清筛机、道砟整形机等,提高道床养护效率。这些设备能自动完成道床材料的筛选、整形、压实等工作。

3.4 钢轨养护与修理

钢轨养护与修理主要采用钢轨探伤技术、钢轨打磨技术、钢轨涂油润滑、钢轨更换技术等。钢轨探伤技术利用钢轨探伤车、超声波探伤仪等设备,对钢轨进行定期探伤,检测钢轨内部是否存在裂纹、锈蚀、剥离等缺陷。通过自动化

检测技术,提高检测效率和准确性,确保钢轨安全运行。钢轨打磨技术针对钢轨表面出现的波纹、磨损等缺陷,采用钢轨打磨车进行打磨处理。自动化打磨技术可确保打磨均匀,提高钢轨使用寿命。对钢轨进行定期涂油润滑,减少钢轨与轮对的摩擦,降低磨损,延长钢轨使用寿命。自动化涂油设备可实现定量、定时、定位涂油,提高养护效率。当钢轨出现严重缺陷或磨损时,需进行更换。采用自动化钢轨更换技术,可实现快速、准确、安全的更换作业。钢轨切割利用自动化切割设备,快速、精确地切割损坏钢轨。钢轨吊装采用自动化吊装设备,将新钢轨吊装到指定位置。钢轨焊接利用自动化焊接设备,实现钢轨的快速、高质量焊接。定期对钢轨轨距进行调整,确保列车平稳运行。检查轨枕是否有损坏、变形等情况,及时更换损坏轨枕。清理道床上的杂物,确保排水畅通,减少钢轨磨损。

4 重载铁路工务设备智慧故障检测

4.1 先进故障检测技术与方法

4.1.1 无损检测技术

无损检测技术是一种在不对被检测物体造成损害的情况下,对材料、结构进行检测的方法。在铁路自动化故障检测中,无损检测技术主要包括以下几种:(1)超声波检测:通过超声波在材料中传播的速度、衰减、反射等特性,判断材料内部是否存在缺陷。在铁路自动化故障检测中,超声波检测可用于检测钢轨、桥梁、隧道等结构。(2)射线检测:利用X射线、 γ 射线等射线对材料进行穿透,通过观察射线穿透后的图像,判断材料内部是否存在缺陷。在铁路自动化故障检测中,射线检测可用于检测钢轨、桥梁、隧道等结构。(3)磁粉检测:利用磁粉吸附在材料表面,通过观察磁粉分布情况,判断材料内部是否存在缺陷。在铁路自动化故障检测中,磁粉检测可用于检测钢轨、桥梁、隧道等结构。(4)涡流检测:利用涡流在材料表面产生的磁场变化,判断材料内部是否存在缺陷。在铁路自动化故障检测中,涡流检测可用于检测钢轨、桥梁、隧道等结构^[2]。

4.1.2 智能监测技术

智能监测技术是利用人工智能、大数据、云计算等技术,实现对铁路设备、系统、环境等方面的实时监测和故障预警。在铁路自动化故障检测中,智能监测技术主要包括传感器监测、图像识别技术、物联网技术等。传感器监测通过在铁路设备、系统、环境等关键部位安装传感器,实时采集数据,分析设备运行状态,实现故障预警。如温度、湿度、振动、压力等传感器。图像识别技术利用图像识别技术,对铁路设备、系统、环境等进行实时监控,发现异常情况。如利用摄像头对钢轨、桥梁、隧道等进行监控,发现裂纹、变形等异常情况。

4.1.3 故障诊断与预测模型

在铁路自动化故障检测与应急管理中,可以采用机器

学习模型、深度学习模型、专家系统、可解释性故障诊断等先进模型诊断故障。例如,在机器学习模型中,线性回归模型通过分析历史数据,建立故障与相关特征之间的线性关系,实现故障预测。支持向量机(SVM)针对非线性关系,利用核函数将数据映射到高维空间,寻找最佳分割超平面进行故障分类。随机森林通过集成多个决策树,提高预测的准确性和鲁棒性。深度学习模型中,卷积神经网络(CNN)通过提取图像特征,对故障图像进行分类,如裂纹、变形等。循环神经网络(RNN)通过处理时间序列数据,预测未来一段时间内的故障发生概率。专家系统中,基于规则的故障诊断:通过专家经验,构建故障规则库,实现故障诊断。基于案例推理的故障诊断:利用历史故障案例,通过类比推理进行故障诊断。可解释性故障诊断中,针对复杂模型,如深度学习模型,通过可视化、解释模型决策过程,提高故障诊断的可信度^[3]。

4.2 检测技术融合创新

4.2.1 多模态传感器网络

在重载铁路工务设备故障检测中,多模态传感器网络发挥着重要作用。通过融合振动、声发射、电流等多维度数据,能够实现对钢轨裂纹等问题的精准检测。该技术可提高定位精度。例如,当钢轨出现裂纹时,振动传感器可以检测到钢轨的振动变化,声发射传感器能够捕捉到裂纹产生的声波信号,电流传感器则可监测电流的异常情况。多模态传感器网络将这些数据进行融合分析,从而准确地定位和诊断钢轨裂纹问题。

4.2.2 数字孪生诊断平台

数字孪生诊断平台为重载铁路工务设备的故障诊断提供了新的思路和方法。以神华集团为例,他们构建了线路-车辆耦合模型,通过仿真轮轨力异常工况,提高了诊断准确率。该模型能够模拟重载铁路工务设备在实际运行中的各种情况,包括线路条件、车辆状态以及运行环境等。通过对这些因素的综合分析,数字孪生诊断平台可以提前发现潜在的故障隐患,并及时采取相应的措施进行处理,从而有效提高了重载铁路工务设备的运行安全性和可靠性^[4]。

4.3 典型故障案例分析

钢轨波浪磨耗是钢轨轨头踏面在长度方向上出现的周期性不均匀塑性变形和磨耗,导致钢轨整体呈现出波浪状的不平整。在波磨的波谷位置,塑性变形显著,使得踏面宽度增加或出现辗边现象,同时轮轨接触的光带也随之变宽。相比之下,波峰处的踏面塑性变形量较小,接触光带较窄。此

外,波峰与波谷踏面的光带明暗程度也存在差异。

在钢轨波浪磨耗事件中,通过时频分析成功锁定了激振源。时频分析作为一种有效的信号处理技术,能够将时域和频域信息相结合,精确地找出问题所在。随后,采用铣磨车对受损钢轨进行修复。

5 重载铁路工务设备智慧施工

为了减轻维修工的劳动力负担,提高设备质量,可以采用高精度、自动化检测设备对铁路轨道、桥梁、隧道等基础设施进行全面预估,实时掌握设备状态,提前发现潜在问题。利用先进大型机械,实现施工、维修等工作的自动化、标准化,降低维修工的劳动强度及操作疏忽带来的风险。利用BIM(建筑信息模型)技术,对施工过程进行三维建模,实现施工方案的优化,提高施工质量。通过无人机等设备对施工现场进行实时监控,确保施工安全、规范。利用大数据、人工智能等技术,对施工进度、资源分配进行智能化调度,提高施工效率^[5]。

6 结论

随着科技的不断进步,重载铁路工务设备智慧运营的实现为我国铁路运输事业带来了革命性的变化。通过引入先进的自动化装备和智能化管理系统,不仅提高了铁路运输的效率与安全性,更有效保障了铁路线路的稳定运行。线路养护与故障检测技术的革新,使得铁路工务部门能够更加精准、高效地处理线路问题,极大降低了故障发生的频率和影响范围。未来,应继续深化智慧运营的研发与应用,不断提升铁路运输的整体水平,为推动我国铁路事业的持续发展贡献力量。

参考文献

- [1] 马子钦,刘洋.重载铁路工务设备轨道机械设备故障检测数据加密存储方法研究[J].电子元器件与信息技术,2024,8(08):201-205+209.
- [2] 杨文辉.重载铁路工务设备智慧运营的实现及线路保护与故障检测[J].内蒙古科技与经济,2023,(13):111-112+116.
- [3] 陈子豪.基于深度学习的重载铁路工务设备扣件缺陷辨识方法研究[D].北京交通大学,2023.
- [4] 王毅.重载铁路工务设备电化区段信号机械设备故障自动检测方法[J].机械与电子,2023,41(04):35-40.
- [5] 惠蓬勃.重载铁路工务设备电子开关自动过分相系统研究——以SS重载铁路工务设备工程为例[J].光源与照明,2022,(01):234-236.