

铁路线路工对铁路线路养护维修技术的创新

武新文

新朔大准公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 核心阐述铁路线路工在线路养护维修中的技术创新实践, 围绕智能化检测、新型材料应用、作业工艺优化、数字化管理等方向, 结合一线实践探索改良路径, 涵盖工具研发、工艺创新及跨学科融合, 同时注重技能传承与人才培养, 凸显线路工在突破传统养护局限、推动养护模式转型、保障铁路运输安全中的核心作用, 凝练技术创新的核心价值与实践意义。

关键词: 铁路线路工; 养护维修; 技术创新; 智能化检测; 工艺优化

引言: 铁路运输发展呈现新的特征, 线路设备承受的荷载压力不断变化, 病害发生机理愈发复杂, 传统养护维修技术已难以满足安全、高效的养护需求, 存在诸多局限。为突破发展瓶颈, 实现养护模式的转型升级, 铁路线路工立足一线实践, 主动探索技术创新路径, 从检测、材料、工艺、管理等多方面发力, 下文将详细阐述技术创新的必要性、主要方向及实践路径。

1 铁路线路养护维修技术创新的必要性

现代铁路运输呈现高速化、重载化、密集化的发展特征, 线路设备承受的动荷载强度、频次显著增加, 导致钢轨磨耗、道床变形、轨枕失效等病害的发生机理更趋复杂。传统养护维修技术存在三方面局限性: 一是人工检测依赖目视和简单工具, 对微小病害的识别精度不足, 易形成安全隐患; 二是维修作业多采用“故障修”模式, 缺乏预防性养护的系统性手段, 导致病害扩大后维修成本激增; 三是作业流程标准化程度低, 受人员技能差异影响大, 质量稳定性难以保障。在此背景下, 技术创新成为突破瓶颈的必然选择, 通过引入智能化检测设备、新型材料及优化作业工艺, 可实现从“被动维修”向“主动预防”的转变, 显著提升养护维修的效率与质量, 为铁路运输安全提供坚实保障^[1]。

2 铁路线路养护维修技术创新的主要方向

2.1 智能化检测技术应用

智能化检测技术是实现精准养护的基础, 其核心在于通过自动化、数字化手段提升线路状态监测的精度与效率。线路工在实践中探索的智能化检测技术主要包括: 基于机器视觉的钢轨伤损识别系统, 通过高清摄像头与图像算法实时捕捉钢轨表面裂纹、剥离等病害, 识别精度可达0.1mm级别; 惯性导航与激光雷达融合的轨道几何参数检测设备, 可同步获取轨距、水平、高低、轨向等数据, 采样频率达1000Hz以上, 实现毫米级测量; 道床

状态雷达检测技术, 利用电磁波穿透特性分析道床密实度、空吊板及翻浆冒泥等内部病害, 避免传统开挖检测对线路的破坏。这些技术的应用使线路工能够快速掌握设备状态, 为制定精准维修方案提供数据支撑, 改变了传统“凭经验判断”的作业模式。

2.2 新型材料在养护维修中的应用

材料技术创新是提升线路设备耐久性的关键, 线路工在实践中不断探索新型材料的应用场景。在钢轨修复领域, 采用低合金钢药芯焊丝进行电弧堆焊, 其耐磨性比传统焊条提高30%以上, 修复层与母材结合强度达350MPa以上; 道床养护中推广使用高分子聚氨酯弹性道床, 通过现场发泡成型, 弹性模量可达200-300MPa, 既能吸收列车冲击荷载, 又能抑制道床颗粒磨损, 使用寿命较传统碎石道床延长2-3倍; 轨枕方面, 纤维增强复合材料轨枕逐步替代传统混凝土轨枕, 其密度仅为混凝土的1/4, 抗弯强度达200MPa, 抗腐蚀性能显著提升, 特别适用于潮湿、盐碱等恶劣环境。新型材料的应用不仅降低了设备更换频率, 还减少了养护作业对运输的干扰, 体现了“长寿命、少维护”的技术创新理念。

2.3 养护作业工艺优化

作业工艺优化是提升养护效率的核心途径, 线路工通过改进操作流程与工具设备, 实现维修作业的精准化与高效化。在钢轨打磨工艺中, 开发多频变幅打磨技术, 根据钢轨磨耗类型自动调整打磨头振幅(1-3mm)与转速(1500-3000r/min), 使打磨精度控制在0.05mm以内, 延长钢轨使用寿命30%以上; 道床捣固作业采用液压高频振动捣固机, 激振频率达45-50Hz, 夹实时间缩短至0.8-1.2秒, 道床密实度提升20%, 轨道几何尺寸稳定性显著增强; 轨缝调整引入激光对准系统, 将轨缝误差控制在 ± 0.5 mm, 避免传统人工对准导致的轨端受力不均问题。此外, 线路工创新采用“天窗点流水作业法”, 将换轨、

捣固、打磨等多工序在同一天窗内有序衔接,使单次作业效率提升40%,有效减少对运输的影响^[2]。

2.4 数字化管理系统构建

数字化管理是实现养护维修全过程管控的重要手段,线路工参与开发的线路设备数字化管理系统整合了多源数据资源,构建起“检测-评估-维修-反馈”的闭环管理体系。系统核心功能包括:基于BIM技术的线路三维模型,可直观展示轨道、道床、桥隧等设备的空间位置与技术参数;设备状态评估模块采用层次分析法与模糊综合评价模型,结合检测数据自动生成设备健康指数(0-100分),为维修决策提供量化依据;维修作业管理模块实现工单派发、进度跟踪、质量验收的全流程线上化,关键工序设置电子签认环节,确保作业质量可追溯。系统还具备预测性维护功能,通过分析历史数据与环境因素,提前6-12个月预测钢轨伤损、道床沉降等病害发展趋势,使养护维修从“被动应对”转向“主动预防”。

3 铁路线路工在技术创新中的实践路径

3.1 基于现场经验的技术改良

线路工长期在铁路养护一线工作,对设备病害特征与作业难点有着深刻理解,其技术改良实践具有鲜明的问题导向性。在钢轨伤损检测方面,针对传统人工检查易漏检的问题,线路工提出“锤击-听诊”与电磁感应相结合的复合检测法。作业时,先使用0.5-1kg的检查锤轻击钢轨,通过声音频率变化判断内部是否存在裂纹,正常钢轨声音清脆,伤损钢轨声音沉闷。之后,再用便携式电磁感应仪进行复核,这一方法使伤损检出率提升至98%以上,有效避免了因漏检带来的安全隐患。道床清筛作业中,传统清筛机矩形筛孔存在道砟流失量大、脏污筛除效率低的问题。线路工对筛网结构进行改良,将传统矩形筛孔改为梯形筛孔,上宽15mm、下宽10mm。这种结构优化有效减少道砟流失量达15%,同时提高了筛除脏污的效率,降低了道砟补充成本,减轻了后续养护工作的负担。在曲线轨道养护中,列车离心力作用易导致轮轨磨耗加剧和轨道几何形位变化。线路工根据列车离心力作用规律,创新采用“梯度超高”设置方法。在曲线缓和段实现超高从0到设计值的线性过渡,使列车通过时横向加速度变化率降低25%。这一创新显著减少了轮轨磨耗,延长了钢轨使用寿命,降低了养护维修频率,提升了列车运行的平稳性和安全性。这些改良实践源于线路工对现场细节的精准把握,无需复杂的技术设备投入,却能在实际应用中产生显著效益,充分体现了技术创新的实用性与经济性,为铁路养护技术的优化提供了宝贵的实践经验^[3]。

3.2 智能化工具的研发与应用

线路工结合现场作业实际需求,深度参与研发了一系列智能化便携工具,显著提升了单人作业效率与数据精度。其中,便携式钢轨轮廓测量仪采用激光扫描技术,设备重量仅1.5kg,单次测量时间不足10秒,可快速获取钢轨断面轮廓数据。通过内置算法与标准轮廓比对后自动计算磨耗量,数据经蓝牙实时传输至手机APP生成可视化检测报告,较传统人工卡尺测量效率提升5倍,同时避免了人为读数误差。手持道床密度检测仪基于 γ 射线散射原理,检测深度达300mm,实现不破坏道床结构的无损检测。该设备通过分析散射射线强度反演道床密度,检测误差控制在3%以内,为精准制定道床捣固方案提供了量化依据,有效避免过度捣固或漏检问题。智能轨距尺集成倾角传感器、温度传感器与北斗定位模块,在完成轨距、水平常规测量的同时,可自动记录测量位置坐标与环境温度参数。数据通过4G网络实时上传至线路管理系统,结合历史数据形成轨距变化趋势图谱,为预防性养护提供数据支撑。这些智能化工具的推广应用,使线路工从传统的重体力、低效率作业模式中解放出来,工作重心逐步转向数据异常分析、养护方案优化等决策支持领域,推动线路维护从经验驱动向数据驱动转型。

3.3 新型维修工艺的探索与推广

线路工在长期实践中积极探索新型维修工艺,成功突破传统作业模式的局限,为解决铁路线路复杂病害提供了创新方案。在钢轨焊接领域,创新采用“移动式闪光焊接”工艺,将焊接设备集成于专用作业车,实现了现场焊接作业的高效化。该工艺可在天窗点内完成钢轨现场焊接,焊接接头强度达到母材的95%以上,焊接时间缩短至30分钟以内,与传统工厂焊接后运输铺设的方式相比,节省成本40%,大幅提升了作业效率和经济效益。道床整治方面,开发了“高压旋喷注浆”工艺。通过高压泵将水泥浆以20-30MPa的压力注入道床空隙,形成连续的水泥结石体,能够有效治理道床翻浆冒泥病害。经实践验证,采用该工艺后道床使用寿命可达5年以上,较传统换砟作业减少70%的道砟用量,在降低资源消耗的同时,显著提高了道床的稳定性和耐久性。针对无缝线路胀轨跑道这一安全风险,线路工提出“温度应力释放法”。通过在钢轨特定位置施加横向力,使钢轨产生微小位移以释放内应力,并配合应力监测设备实现精准控制。该方法成功将无缝线路的安全温度范围扩大5-8℃,有效提升了无缝线路在复杂温度条件下的运行安全性。这些新型维修工艺的推广应用,不仅显著提升了铁路养护维修的技术含量,还在提高作业效率、降低成本、保障安全

等方面取得了综合效益,为铁路线路的高质量维护提供了有力支撑^[4]。

3.4 跨学科技术融合的实践

线路工积极推动跨学科技术在养护维修中的融合应用,拓展技术创新的边界。将土木工程与材料科学结合,研发出“自修复混凝土轨枕”,在混凝土中掺入微胶囊型修复剂,当轨枕产生微裂纹时,胶囊破裂释放修复剂,与水反应生成碳酸钙晶体实现裂纹自愈,修复效率达80%以上。引入机械工程中的模态分析技术,通过监测钢轨振动频率变化判断螺栓松动情况,当螺栓扭矩降低15%时,振动频率变化达3-5Hz,可实现早期预警。结合环境工程技术,开发道床植被防护系统,在道床边坡种植固土能力强的草本植物,配合生态混凝土基材,使道床水土保持能力提升60%,同时降低列车运行产生的噪声10-15dB。跨学科技术融合不仅解决了单一学科难以突破的技术瓶颈,还催生了“绿色养护”“智能养护”等新理念,为铁路线路养护维修注入新的发展动力。

3.5 技能传承与创新能力培养

技术创新的持续推进依赖于线路工队伍创新能力的提升,为此,行业内构建了多层次的技能传承与培养体系。建立“师带徒”机制,由资深线路工通过现场实操传授设备病害判断、维修工艺优化等经验,将隐性知识转化为显性技能;开展“技术创新工作室”建设,为线路工提供实验设备与研发经费支持,鼓励其围绕实际问题开展创新项目,近年来已涌现出“钢轨打磨参数优化系统”“道床状态智能评估模型”等多项成果。此外,定期组织跨区域技术交流活动,通过现场观摩、案例研

讨等形式分享创新经验,促进技术成果的快速推广。在技能培养方面,引入虚拟现实(VR)培训系统,模拟不同病害场景下的维修操作,使新入职线路工的技能掌握周期缩短50%。通过这些措施,线路工队伍的创新意识与技术能力得到显著提升,为养护维修技术的持续创新提供了人才保障^[5]。

结束语:铁路线路养护维修技术创新是适应运输发展、保障线路安全的关键举措。线路工立足一线经验,在智能化检测、新型材料应用、工艺优化、数字化管理等领域开展了丰富的创新实践,探索出切合实际的创新路径,同时强化技能传承与人才培养,有效突破传统养护局限。这些创新实践不仅提升了养护效率与质量,更筑牢了铁路运输安全防线,为铁路养护事业发展提供了有力支撑。

参考文献

- [1]刘婉莹,龚枫盛,祁诗韵.铁路工务线路相关养护维修问题及有效管理策略分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(12):155-157.
- [2]常陶睿.试论普速铁路道岔维修与养护[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(4):200-203.
- [3]郝振华,祁卫东.北方铁路普速线路养护技术探究[J].包头职业技术学院学报,2024,25(4):49-51.
- [4]赵梦辉.山区铁路无缝线路小半径曲线养护维修探讨[J].铁道工务,2024,2(4):9-13.
- [5]赵锋.浅谈铁路工务线路维修与养护[J].汽车周刊,2024(7):0155-0157.