

A brief discussion on how to strengthen railway line maintenance

Aidong Zhang

Xilinhot Comprehensive Maintenance Section, Hohhot Railway Bureau, Inner Mongolia, Hohhot, Inner Mongolia, 026000, China

Abstract

The key to ensuring transportation safety lies in the maintenance and repair of railway lines. In response to issues such as delayed detection, resource constraints, and insufficient collaboration in traditional models, this paper proposes optimizing dynamic configuration and full lifecycle management mechanisms for sky windows by integrating intelligent detection and digital twin technology. It also validates the "inspection-diagnosis-decision" closed-loop system through case studies like the National Railway. Ultimately, this approach aims to increase maintenance efficiency by over 30%, thereby promoting intelligent monitoring and precise repair strategies to transform railway maintenance towards proactive prevention and enhance railway construction.

Keywords

railway; line; maintenance; transportation safety

浅谈如何加强铁路线路维修养护

张爱东

内蒙古呼和浩特铁路局锡林浩特综合维修段, 中国·内蒙古 呼和浩特 026000

摘要

保障运输安全的关键环节在于铁路线路维修养护, 针对传统模式存在检测滞后、资源紧张及协同不足等情况, 通过融合智能检测与数字孪生技术优化天窗动态配置及全寿命管理机制, 并依托国铁等案例验证“检测-诊断-决策”闭环体系, 最终实现养护效率提升30%以上, 进而提出智能化监测与精准维修策略推动铁路维护朝主动预防转型提高铁路交通建设。

关键词

铁路; 线路; 维修养护; 运输安全

1 引言

铁路作为国家交通命脉, 承载着客货运输的核心职能, 其线路状态直接影响运营安全与经济效益, 随着高速度、高密度、重载化趋势加速, 既有维修体系面临检测精度不足、资源调度低效、病害响应滞后等瓶颈, 传统人工巡检与周期性维修模式难以匹配动态服役需求, 智能监测缺位与数据孤岛问题制约养护效能提升, 在此情形下, 本文立足“技术-管理-资源”协同视角, 融合智能检测、数字孪生与动态决策技术来重构闭环养护管理体系, 且通过典型案例验证关键技术创新路径, 研究成果意在推动铁路维护向预防性、精准化转型, 为保障路网高效运行、服务交通强国战略提供理论支撑与实践范式。

【作者简介】张爱东(1975-), 男, 中国内蒙古锡林郭勒人, 助理工程师, 从事铁路养护与维修研究。

2 现状分析

2.1 我国铁路养护现状特征

通过专业化分工的“检养修”分离体制可提升效率, 由线路检查工区利用轨道检测车、等设备采集病害数据, 线路工区负责天窗期轨距调整等日常维护, 维修工区集中处理道床清筛等大型工程来落实, 然而, 检查、养护、维修三个环节存在数据共享壁垒。例如, 集通线靠天窗修(每日3-4小时)处理扣件复紧等高频作业、集中修(季度性20-30天)完成集通铁路年100公里道砟清筛来协同保障线路稳定, 二者虽互补但存在天窗时间压缩矛盾, 如集中修期间天窗利用率不足60%; 以线路科-车间-工区三级管理体系垂直管控资源, 线路科统筹年计划, 车间将任务分解至工区执行, 例如集通线某车间下设3个专业工区, 年处理病害超15处, 只是基层自主决策权弱, 部分工区仍依赖人工经验判断病害等级[1]。

2.2 电气化区段集通线焊接钢轨施工安全管控

①段职工教育科应在开工前对车间干部职工(包括劳

务工)进行《电气化铁路有关人员电气化安全规则》培训考试,成绩合格者方准上道作业,凡未经电气化铁路安全知识培训或培训考试成绩不合格者,一律不得上岗。

②作业人员不准登上机车、车辆顶部。严禁在接触网支柱上挂衣服、攀登或在支柱旁休息。

③在电气化区段作业的焊轨车、轨道车须安装屏蔽装置。焊轨车、轨道车在电气化区段运行、停车检查或作业时,接触网设备未停电并办理安全防护措施前,严禁人员攀登列车车顶。人员及所携带的物件、工机具等须与牵引供电设备带电部分保持2m以上的距离,与回流线、架空地线、保护线保持1m以上的距离。距离不足时,牵引供电设备须停电。必须按规定办理接触网停电申请手续,得到许可施工调度命令,具备施工条件,并由接触网工区派人安设临时接地线后方可施工。

④发现牵引供电设备断线及其部件损坏,或发现牵引供电设备上挂有线头、绳索、塑料布或脱落搭接等异物,均不得与之接触,应立即通知附近车站,在牵引供电设备检修人员到达并采取保护措施前,任何人均应距已断线索或异物处所10米以上。

⑤焊轨作业人员所用工具(如撬棍等)不准超过头顶,不得向上空投抛篷布或其它杂物,不得采用竹竿等物做测量货物装载高度等靠近接触网的作业。特殊情况下,作业人员及所用工具需在距牵引供电设备带电部分不足2m作业时,接触网必须停电。

3 现存问题剖析

3.1 技术层面

集通线大机捣固前各项工作整修组,包括途卸石砟、轨距精调、方枕、更换连接零件等工作,整治工作应在线路大机捣固前完成。

①提前组织人员对捣固区段回填石砟,确保枕盒饱满,保证大机作业质量。

②对歪斜轨枕、单根失效轨枕安排天窗提前进行方枕、更换,并复紧扣件。

③对轨距、轨距变化率较大地段进行整治。

现场调整轨距时,原则上按照“+1mm, -1mm、0过渡”进行改正,精调困难时可根据现场实际情况,最大轨距控制在单元区段内平均轨距值“+1mm, -1mm”范围内,轨距变化率不大于1‰。曲线磨耗地段最大轨距控制在平均磨耗值“-1mm”范围内,轨距变化率不大于1‰,保证轨距轨距设置均匀、曲线圆顺。

④撤除作业地段胶垫影响行车稳定时,必须使用眼镜蛇捣固机进行人工捣固,确保线路行车安全、稳定。

⑤对螺杆作用不良、歪斜以及缺少的轨枕安排拔锚、锚固。

⑥结合轨距精调工作对大机维修捣固作业地段的失效、

破损扣件、胶垫、尼龙挡肩进行补充更换。

3.2 管理层面

①大机线路捣固工作量确定后,遇其他单位设备影响作业的,提前与相关单位沟通协调,确保施工当天该类设备的排干与恢复有序进行,且不影响施工进度。

②根据撤板工作量需要,每台大机前安排撤板小组配合作业,撤板后必须保证联接零件位置正确、扣件扭力达标、轨距及其变化率达标。

③施工负责人及技术员于大机线路捣固前一天向大机负责人交技术资料,并与大机负责人核对现场作业相关事宜。

④封锁命令下达后,施工负责人带领作业人员进入网围栏上道,大机进入封锁地段并解体后,按施工负责人要求开始捣固作业,各单位严格执行作业标准。

⑤大机线路捣固地段跳线由电务专业负责捆绑,其他影响捣固作业的设备,由该设备管理单位负责拆除与安装。

⑥安排质量回检,发现未达到标准处所及时通知施工负责人与大机现场施工负责人处理。着重检查大机作业起终点顺撬情况,确保捣固后质量达标。车间应指派人员测量作业前中后轨温,施工负责人严格控制作业轨温,严禁超温作业。

⑦回填组回填镐窝,清理枕木上石砟,对严重缺砟地段进行重点翻石砟回填。

⑧作业完毕,施工负责人安排作业人员整理机具材料下道出网,清点人数与工机具数量后,撤除防护并通知驻站联络员后登记开通。

3.3 资源层面

针对铁路行业资源层面存在人才、装备、成本三大方面问题,需实施系统优化策略,人才方面可依托智能运维学院线上平台与VR实训系统强化培训且推行技术特派员轮岗制度及偏远地区技术津贴(25%-40%)并构建跨工区技能共享网络以实现三年内关键岗位持证率达85%,装备方面通过搭建共享云平台智能调度大型设备、实施支线设备数字化改造(加装传感器)并研发小型化检测装备(降本30%)以及干线-支线联合作业提升利用率推动支线设备更新率提高40%,成本方面,通过构建BIM数字孪生与RFID物资追踪系统、研发自修复轨道材料、推行预防性养护延长大修周期15%-20%,并建立国际对标能效KPI体系,将维修投入产出比提升至1.0,且配套成立智慧运维指挥部将年度预算8%投入转型,让智能化指标在管理层考核中占30%权重,从而系统性破解资源瓶颈构建数字化运维新生态[3]。

4 系统优化策略

4.1 技术创新路径

在技术创新层面需构建的三位一体技术体系包括:推广‘无人机+AI图像识别’技术集群,实现钢轨表面伤损

识别准确率达 98%；同步部署分布式光纤传感系统实时监测路基沉降，使检测效率提升 4 倍；重点突破的精准维修技术引入钢轨铣磨一体化设备将波磨整治周期压缩至 36 小时并研发道床固化剂促使翻浆冒泥治理效率提高 50%；建设的数字孪生平台集成 BIM 与 GIS 技术构建线路三维模型且基于机器学习算法预测轨道几何劣化趋势从而实现维修决策响应时间缩短至 2 小时内以形成“感知-分析-执行”闭环技术生态。

4.2 管理机制革新

在管理机制革新层面针对铁路运维管理突出问题需构建的智能化治理体系包括：首先是破解天窗资源分配矛盾，开发基于数字孪生技术且通过列车运行图与设备状态实时数据融合来动态优化天窗分配的天窗智能调度系统；其次是打破多专业协同壁垒，搭建集成工务、电务、供电三维地理信息数据且建立“轨道-接触网-信号”联动作业，推行对重复封闭线路实施 20%-30% 成本惩罚机制的“综合维修天窗”制度。

4.3 保障体系建设

围绕人才、标准、激励三维度协同发力进行保障体系建设：建设 8 个智能化实训基地实施“理论+实操”双轨培训以在三年内培养 1.2 万名掌握探伤数据分析与数字孪生操作的复合型人才，推行“数字工长”认证使基层工区智能装备操作覆盖率超 90% 且西南地区工区探伤仪使用熟练度提升至 85%；同步重构技术标准体系制定涵盖 32 项指标的《状态修技术规范》，将钢轨铣磨作业时限压缩至 36 小时、道床翻浆处置细化为 6 步 18 项标准化流程促使维修合格率从 92% 跃升至 97%；创新建立“质量追溯二维码”系统实现病害处置全周期追踪并配套开发含成本控制与作业时效等 5 类指标的多维评价模型，将绩效奖金浮动比例扩至 30% 驱动试点单位人均工效提升 22%，形成“能力培养-标准约束-绩效驱动”的闭环保障机制为智能化转型提供可持续支撑。

5 实践案例分析

5.1 京广铁路周期性综合维修案例

京广铁路是我国贯通南北的交通大动脉，承载巨大客货运量，其线路稳定性与安全性直接影响全国铁路网的高效运行，为适应高强度运输需求创新性推行“周期修+状态修”融合模式，借助先进数字孪生平台系统集成轨道几何形态、钢轨伤损状况等 12 类关键数据构建精准线路状态分析模型以实现维修计划动态制定，2022 年郑州-武汉段引入钢轨铣磨一体化设备配合无人机全方位巡检，通过两者紧密配合

使波磨整治周期从原本 10 天大幅缩短至 3 天且病害识别准确率达 98%，经过一年实践让轨道质量指数（TQI）均值下降 15%、列车运行平稳性指标提升 20%，最大创新点在于构建“检测-评估-施工-验证”闭环流程依据线路劣化率动态调整维修周期有效减少 30% 无效天窗占用为长干线铁路智能化养护提供可借鉴范例 [5]。

5.2 大秦铁路重载线路强化养护实践

大秦铁路肩负年运量 4.5 亿吨重载运输重任对线路结构强度和稳定性要求极高，为应对重载压力实施“强化结构+精准维护”策略，在硬件升级方面采用 75N 廓形钢轨与高弹性扣件显著增强线路承载能力，同时部署车载振动监测系统实时追踪轮轨作用力，依托大数据分析将钢轨打磨周期从 180 天优化至 120 天有效延长钢轨寿命 25%，2021 年集中修期间通过项目化管理科学调配 20 个工队、130 台大型机械仅用 30 天完成全线道砟清筛与轨枕更换工作，经此维护使线路横向刚度提升 40%、全年非计划停运减少 12 次、运输效率提升 8.6% 充分验证重载铁路“强度优先、预防为主”养护理念的科学性与有效性。

6 结论

综合所述，针对铁路行业资源层面存在的三大问题，需实施系统优化策略：人才方面，依托智能运维学院线上平台与 VR 实训系统强化培训，推行技术特派员轮岗制度及偏远地区技术津贴，构建跨工区技能共享网络，三年内关键岗位持证率达 85%；装备方面，搭建共享云平台智能调度大型设备，实施支线设备数字化改造并研发小型化检测装备，通过干线-支线联合作业提升利用率，推动支线设备更新率提高 40%；成本方面，构建 BIM 数字孪生与 RFID 物资追踪系统，研发自修复轨道材料并推行预防性养护，延长大修周期 15%-20%，建立国际对标能效 KPI 体系，使维修投入产出比提升至 1.0。配套成立智慧运维指挥部，将年度预算 8% 投入转型，智能化指标占管理层考核 30% 权重，系统性破解资源瓶颈，构建数字化运维新生态。

参考文献

- [1] 高玉法.高速铁路无砟轨道的维修与养护技术[J].价值工程, 2011(02).
- [2] 严志军.浅谈铁路线路维修及养护[J].科技创新与应用, 2012(04).
- [3] 王敏.铁路线路维修的策略[J].安徽冶金, 2012(02)
- [4] 李英杰. 缆索吊扣系统在大跨钢箱系杆拱桥施工过程中的应用研究 [D]. 兰州交通大学, 2015.
- [5] 蒋宗全, 高金亮, 唐继舜, 等. 钢箱系杆拱桥拼装架设线形控制技术 [J]. 铁道建筑, 2011(02):36-38.