

铁路工务道岔维修工艺改进及质量控制体系构建

张旭文

国能新朔铁路有限责任公司大准铁路公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 本文围绕铁路工务道岔维修工艺改进及质量控制体系构建展开研究。首先分析道岔常见的结构性、功能性及关联性病害;其次剖析现有维修工艺的应用现状、核心痛点与质量控制薄弱环节;进而从病害精准诊断、关键工序改进、智能装备集成、材料性能升级四方面提出工艺改进方案;最后构建“三层四维”质量控制总体框架,建立三级指标体系,完善全流程机制与保障体系。研究为提升道岔维修质量、保障铁路运营安全提供系统性参考。

关键词: 铁路工务;道岔维修;工艺改进;质量控制

1 铁路工务道岔常见病害

1.1 结构性病害

结构性病害指道岔自身结构部件的损坏或变形。尖轨在列车反复碾压冲击下易出现裂纹、掉块、侧磨,小号道岔曲尖轨因曲线半径小、无超高,侧磨问题更突出,裂纹若不及时处理会发展为掉块。基本轨可能发生横移、顶铁离缝,横移会改变道岔框架尺寸,影响电务转辙机表示缺口,甚至致挤切销变形;顶铁离缝过大会使轨距动态变化,干扰电务设备。辙叉心轨与翼轨易出现非正常磨损、裂纹,有害空间经大量列车通行后可能脆断,严重威胁安全^[1]。滑床板常出现脱焊、断裂等问题,多发生于曲基本轨一侧,因直向行车更频繁,尖轨纵向力传递给滑床板,加之转折部捣固困难,易造成其疲劳伤损。

1.2 功能性病害

功能性病害主要阻碍道岔正常功能发挥。尖轨与基本轨不密贴是常见问题,成因包括转辙部岔枕位置不当、轨间有异物、顶铁过硬等,严重时会导致道岔失表或卡阻。道岔2mm、4mm失效也属此类,按规定插入试验棒后,若锁闭和表示状态不符合标准即失效,多由尖轨不密贴、肥边、连接杆销子磨损、扣件失效等引起。道岔转换阻力大同样影响功能,表现为电机异响、尖轨心轨扭曲颤动,甚至转换不良,主要因道岔不方正、杆件别劲、滑床板注油不足、辊轮调整不当,以及短心轨与叉跟尖轨配合摩擦等因素导致。

1.3 关联性病害

关联性病害由工务与电务设备相互影响产生。道岔爬行是典型表现,两尖轨尖端相错量超20mm或无缝道岔位移超20mm即属此类,多因锁定轨温不标准、存在非标轨导致。爬行会使转辙机杆件别劲,严重时造成道岔卡阻,还可能让尖轨跟部间隔铁顶死,导致尖轨顶面过

高。顶铁与尖轨、基本轨配合不当也会引发问题,顶铁顶死会造成第二牵引点不密贴,强行调整易出现抗劲;顶铁过短则起不到作用,还可能致尖轨弯曲。电务转辙机安装调整不当会影响道岔转换表示,而工务道岔几何尺寸变化也会对转辙机工作产生不良影响。

2 铁路工务道岔现有维修工艺及存在的问题

2.1 主流维修工艺应用现状

当前,铁路工务道岔的主流维修工艺涵盖了多个方面。在日常检查中,工作人员通过人工巡检结合各类检测设备,对道岔的几何尺寸、部件状态等进行细致查看。例如,利用道尺测量轨距、水平,使用塞尺检查尖轨与基本轨的密贴程度等。对于道岔的结构部件,当尖轨出现侧磨时,通常会采用打磨工艺来修复,以减缓磨损并延长其使用寿命。在一些大型铁路枢纽,还会配备专业的道岔打磨车,它能够按照预设的廓形对道岔钢轨进行高效打磨,保证钢轨的平整度和接触状态。道床的维护也是关键环节,大机捣固作业广泛应用。捣固车凭借其强劲的机械臂深入道床道砟之下,通过高频振动使轨底道砟变得更加紧密,增强道床对道岔的支撑作用,显著提升道岔的稳定性。另外,对于道岔的电气设备,电务人员会定期进行检查和调试,如道岔密贴试验、缺口调试等,确保道岔转换和表示的准确性。

2.2 维修工艺的核心痛点

尽管主流维修工艺在保障道岔正常运行方面发挥了重要作用,但也存在一些核心痛点。传统的人工巡检方式效率较低,且受人为因素影响较大。在复杂的道岔结构中,一些隐蔽部位的病害难以被及时发现。例如,滑床板脱焊或断裂等问题,在日常巡检中可能因视线受阻而被忽略。道岔部件的维修更换成本高昂且耗时费力。一旦道岔砵枕螺栓折断,传统维修需更换整根轨枕,这不仅要调用大型吊装设备,耗费大量人力、物力,还需

较长时间,严重影响铁路的正常运营。而且,在一些频繁使用的道岔区域,病害发展迅速,现有维修工艺往往难以跟上病害发展的速度。比如在运输繁忙的货运车站,道岔每天承受大量列车的冲击,尖轨、辙叉等部位的磨损速度加快,常规的打磨和维修周期无法满足设备的稳定运行需求。再者,工务与电务维修工作的协同性不足也是一大痛点。道岔维修涉及工务和电务两个专业领域,由于两者工作侧重点不同,在维修过程中有时会出现沟通不畅、配合不默契的情况,影响维修效率和质量。

2.3 质量控制的薄弱环节

在铁路工务道岔维修质量控制方面,存在多个薄弱环节。维修人员的专业技能和责任心参差不齐。部分维修人员对新技术、新设备的掌握程度不够,在操作复杂的检测和维修设备时,无法准确判断道岔的病害情况,从而影响维修质量。而且,一些维修人员在工作中存在敷衍了事的态度,对维修标准执行不严格,如在更换道岔部件时,未按照规定的扭矩紧固螺栓,导致部件连接不牢固。维修过程中的质量检测手段相对单一^[2]。目前主要依赖人工测量和简单的检测工具,对于一些深层次的病害,如道岔内部结构的应力变化、隐蔽部位的疲劳损伤等,缺乏有效的检测手段。这使得一些潜在的病害无法被及时发现,为道岔的长期稳定运行埋下隐患。维修质量的跟踪和反馈机制不完善。在完成道岔维修后,对维修效果的跟踪监测不及时、不全面,无法准确评估维修质量。当出现维修后病害复发的情况时,也难以快速追溯维修过程中的问题,不利于持续改进维修工艺和提升维修质量。

3 铁路工务道岔维修工艺的改进方案

3.1 基于病害精准诊断的维修工艺优化

为实现病害精准诊断,需构建“人工巡检+智能监测+数据研判”三位一体的诊断体系。在人工巡检基础上,引入轨道几何状态测量仪、钢轨超声探伤仪等高精度设备,对道岔轨距、水平、钢轨内部裂纹等进行全面检测。同时,在道岔关键部位安装振动传感器、位移传感器等物联网设备,实时采集尖轨转换阻力、辙叉受力变形等动态数据,通过5G网络传输至云端数据平台。平台运用大数据分析和AI算法,对历史检测数据、实时运行数据进行比对分析,精准识别病害类型、定位病害位置,并预测病害发展趋势。例如,针对尖轨侧磨问题,可通过算法计算磨损速率,制定个性化打磨周期,避免过度维修或维修不足,实现“按需维修”替代传统“计划维修”。

3.2 关键维修工序的技术改进

针对核心维修工序的痛点,需针对性优化工艺细节。在尖轨打磨工序中,采用数控打磨技术,根据AI诊断生成的廓形方案,自动调整打磨头的角度、压力和速度,确保打磨后的尖轨与基本轨贴合度误差控制在0.5mm以内。对于砟枕螺栓折断问题,研发螺栓原位修复工艺,使用专用钻孔设备在原螺栓孔旁精准钻孔,植入新型膨胀螺栓,无需更换整根轨枕,将维修时间从8小时缩短至2小时。在道床捣固环节,推广液压高频捣固技术,通过调整振动频率匹配道砟特性,增强道床密实度的同时减少对轨枕的损伤。建立工务与电务联合维修机制,明确双方在道岔密贴调整、转换设备检修等工序中的协同流程,提前3天沟通维修计划,现场同步作业,避免重复施工。

3.3 智能化维修装备的集成应用

加速智能化装备在维修全流程的集成落地。在巡检阶段,投入轨道巡检机器人,其搭载高清摄像头、红外热像仪,可自主沿轨道行驶,识别滑板板脱焊、扣件松动等隐蔽病害,夜间作业效率较人工提升3倍。维修施工阶段,推广道岔综合养车,集成打磨、捣固、清筛等多功能模块,实现“一次作业、全项养护”,大幅减少封锁线路次数。在质量检测环节,应用三维激光扫描技术,对维修后的道岔进行全方位扫描,生成三维模型与标准模型比对,精准检测几何尺寸偏差。同时,搭建智能管理平台,整合装备运行数据、维修记录等信息,实现维修流程可视化、全生命周期管控。

3.4 维修材料的性能升级

从材料源头提升道岔维修质量与耐久性。在钢轨材料方面,采用高锰钢与耐磨合金复合轧制技术,生产高强度耐磨尖轨、辙叉,其耐磨性较传统材料提升50%以上,使用寿命延长至8-10年。道床道砟选用玄武岩破碎砟,通过优化级配设计增强颗粒间咬合力,减少道床板结和粉化现象,延长清筛周期^[3]。对于扣件、螺栓等连接件,采用热浸锌+达克罗双重防腐处理工艺,提升其在潮湿、多尘环境下的耐腐蚀性能,降低更换频率。在密封材料上,研发道岔专用高弹性橡胶密封条,具备优异的防水、防尘性能,有效保护转辙机内部部件免受侵蚀。此外,推广新型无砟道床混凝土材料,掺入纳米硅灰和钢纤维,提升其抗裂性和抗压强度,适应复杂地质条件下的使用需求。

4 铁路工务道岔维修质量控制体系构建

4.1 质量控制体系的总体框架设计

铁路工务道岔维修质量控制体系总体框架采用“三层四维”架构,以“安全优先、精准管控、持续改进”

为核心原则。“三层”即决策层、执行层、监督层：决策层由铁路集团工务部门牵头，负责制定质量控制战略、审批体系标准及资源调配；执行层涵盖工务段、车间、班组三级，具体落实维修作业与质量管控任务；监督层由第三方检测机构、集团质量督查组及内部审计部门组成，开展独立质量核验与问题督查。“四维”则围绕“人员、设备、流程、数据”构建管控维度，人员维度聚焦技能与责任管理，设备维度覆盖维修装备与道岔部件状态，流程维度规范维修全环节操作，数据维度依托信息化平台实现质量数据闭环管理。该框架通过层级联动与维度协同，形成“决策-执行-监督-反馈”的闭环管控机制，为质量控制提供系统性支撑。

4.2 质量控制指标体系的建立

基于道岔维修关键环节与核心要求，建立“基础指标+关键指标+效能指标”三级指标体系。基础指标涵盖道岔几何参数（轨距偏差 $\leq 1\text{mm}$ 、水平偏差 $\leq 1\text{mm}$ 、方向偏差 $\leq 2\text{mm}$ ）、部件状态（尖轨与基本轨密贴间隙 $\leq 0.2\text{mm}$ 、辙叉心轨磨耗深度 $\leq 3\text{mm}$ ）等硬性标准；关键指标聚焦维修工艺合规性，包括数控打磨廓形匹配度 $\geq 95\%$ 、捣固密实度 $\geq 90\%$ 、螺栓扭矩达标率 100% 等；效能指标则侧重维修效果与经济性，如维修后道岔无故障运行周期 ≥ 180 天、重复维修率 $\leq 5\%$ 、单组道岔维修成本控制在预算范围内等。同时，针对不同类型道岔（如高速道岔、重载道岔）设置差异化指标阈值，并明确指标检测方法与数据来源，确保指标可量化、可考核、可追溯。

4.3 全流程质量控制机制的构建

构建“事前预防-事中管控-事后评估”全流程质量控制机制。事前预防阶段，开展维修方案评审，结合病害诊断数据制定个性化作业方案，同时对维修人员进行专项培训与技术交底，考核合格后方可上岗；对维修材料、装备进行进场检验，杜绝不合格品投入使用。事中管控阶段，推行“作业标准化+过程可视化”管理，要求维修人员严格执行作业指导书，通过视频监控、移动巡检APP实时记录作业过程，技术人员全程跟班指导，重点把控打磨精度、捣固质量等关键工序。事后评估阶段，通过三维激光扫描、轨检车检测等手段开展维修质量验收，对照指标体系进行量化评分；建立维修效果跟踪机

制，持续监测道岔运行状态，分析病害复发原因，形成“验收-跟踪-分析-改进”的闭环管理。

4.4 质量控制保障体系的完善

从制度、技术、人员、应急四个方面完善质量控制保障体系。制度保障上，制定《道岔维修质量管控细则》《质量责任追究办法》等规章，明确各层级、各岗位质量责任，实行“谁维修、谁负责，谁验收、谁担责”的责任追溯制度。技术保障上，升级智能管理平台，整合检测数据、维修记录、运行状态等信息，运用AI算法实现质量异常预警；建立技术专家库，针对复杂质量问题提供技术支持^[4]。人员保障上，构建“岗前培训+在岗轮训+技能比武”的培训体系，提升维修人员专业能力；完善绩效考核机制，将质量指标完成情况与薪酬、晋升挂钩，激发工作积极性。应急保障上，制定质量问题应急预案，储备应急维修材料与装备，明确应急处置流程，确保出现道岔几何尺寸超标、部件失效等质量问题时，能够快速响应、高效处置，最大限度降低对行车的影响。

结束语

道岔作为铁路线路的关键节点，其维修质量直接关系到行车安全与运输效率。本文提出的工艺改进方案与质量控制体系，立足实际病害与现有问题，融合智能化、精准化技术手段，形成了“诊断-改进-管控-保障”的完整闭环。未来需进一步推动技术落地与多专业协同，持续优化体系机制，不断提升道岔维修的科学性与高效性，为铁路运输的安全稳定发展提供更坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 杨飞, 常文浩, 郑文臻, 孙加林, 陶凯. 高原高寒铁路工务设备状态评价及养护维修决策平台建设[J]. 中国铁路, 2021(11):95-101.
- [2] 秦永伟. 提高铁路工务线路维修质量的措施[J]. 工程建设与设计, 2021(05):183-186.
- [3] 沈鹏, 王东妍, 樊涛, 徐鹏, 任京楠. 铁路工务线路维修方案智能决策系统的设计与实现[J]. 铁路计算机应用, 2021, 30(12):51-55.
- [4] 朱加发, 柴强. 我国铁路工务维修直接成本测算指标体系研究[J]. 理论学习与探索, 2021(05):77-79.