

# 铁路车辆检修设备综合效率提升方法研究

胡成 王雅姝

青岛中车四方轨道车辆有限公司, 山东省青岛市, 266000;

**摘要:** 本文围绕铁路车辆检修设备综合效率提升展开研究, 首先分析该提升的核心意义, 包括保障车辆运行安全、减少人工误差、缩短检修周期; 接着指出当前设备效率低下的关键原因, 涉及停机等待时间长、设备性能损耗、检修工艺与设备不匹配; 最后提出三类提升策略, 分别是建立设备预防性维护体系、推动检修工艺与设备功能协同优化、完善备品备件供应链保障, 通过具体数据支撑与实例说明, 为效率提升提供可操作路径。

**关键词:** 铁路车辆; 检修设备; 综合效率; 提升方法

**DOI:** 10. 64216/3080-1508. 25. 12. 036

## 引言

随着铁路运输规模扩大与安全要求提升, 车辆检修设备的综合效率对运输保障的影响愈发显著。当前, 部分铁路车辆检修设备存在运行瓶颈, 如计划外故障导致停机时间过长、长期使用引发性能损耗、检修工艺与设备功能脱节等问题, 不仅降低检修效率, 还可能影响车辆运行安全。为解决这些问题, 本文以提升设备综合效率为目标, 从实际需求出发, 结合设备运行数据与检修流程, 探索针对性改进思路, 通过构建维护体系、优化工艺设备匹配、完善供应链保障三方面, 为设备效率提升提供系统性方案。

## 1 铁路车辆检修设备综合效率提升的意义

首先, 较大规模的铁路车辆检修设备效率提升意味着能够及时且精准地对车辆开展全面检测与维护工作, 例如先进的无损检测设备效率提高后, 便可以更快速地扫描车轮、车轴等车辆关键部件, 及时发现潜在的裂纹、磨损等缺陷, 从而保证车辆在运行过程中不会因部件故障而引发安全事故。

其次, 高效检修设备往往配备自动化与智能化操作流程, 能够减少人工操作环节和主观判断带来的影响, 比如自动化的制动系统检测设备能够按照预设标准和程序进行精准检测, 避免人工检测可能出现的疏忽和错误。

另外, 综合效率提升的检修设备能够更加快速地完成各项检测与维修任务, 例如采用高速多功能的轨道检测车可以在较短时间内对铁路线路进行全面检测, 及时发现并处理铁路病害, 相较于传统检测方法可大幅度缩短检测周期, 进而减少因线路问题导致的列车限速或停运情况。

## 2 铁路车辆检修设备综合效率低下的原因

铁路车辆检修设备综合效率低下的因素较多。

首先设备停机与等待时间过长, 如计划外故障频发, 像设备核心部件因润滑不足等导致非预期停机维护, 这会大量占用有效工作时间, 并且还存在任务衔接空白, 例如待检测车辆未按时到位、设备备品备件短缺等情况, 使得检测装备处于等活状态而无法连续运转。

其次, 设备本身存在性能损耗, 如长期使用后精度下降、运行速度低于设计标准, 这导致单次检测耗时增加, 且人员操作不规范, 部分检修人员对设备功能不熟悉, 未采用最优操作流程, 甚至因操作失误降低设备运行效率。

另外, 检修工艺与设备不匹配, 现有工艺要求的步骤与设备的自动化功能脱节, 无法利用设备优势缩短检修周期, 同时设备检测精度不足导致部分故障漏检, 检修后的车辆上线后再次出现问题, 需二次检修, 重复占用设备资源。

## 3 铁路车辆检修设备综合效率提升策略

### 3.1 建立设备预防性维护体系, 减少非计划停机

#### 3.1.1 前期评估

建立设备预防性维护体系以减少铁路车辆检修设备非计划停机的关键, 在于开展全面细致的设备评估与信息整合工作, 相关单位需组织专业技术团队, 对各类检修设备的技术参数、运行历史数据、常见故障模式以及维修记录进行系统性收集与分析, 以此精准识别设备的关键部件、易损点以及潜在的故障风险区域, 为后续维护策略的制定提供坚实的数据支撑。

例如, 针对转向架智能拆解机, 企业需组织由设备工程师、维修技师和数据分析师构成的专业技术团队开展前期评估, 团队先收集该拆解机的技术参数, 包括最大拆解力 300kN、定位精度 $\pm 0.1\text{mm}$ 、液压系统工作压力 16MPa 等原厂数据, 再调取设备近 12 个月的运行历史数据, 如日均拆解转向架 12 台、连续作业最长时长 8 小

时、单次停机超过1小时的故障共15次,同时梳理维修记录中高频故障项,发现液压系统泄漏(占比40%)、伺服电机卡顿(占比30%)、夹具定位传感器失灵(占比20%)是主要问题,最终明确液压泵、伺服电机编码器、定位传感器为关键部件,液压管路接口、夹具连接螺栓为易损点,为维护策略制定提供数据支撑。

### 3.1.2 规划预防性维护的周期与内容

基于评估结果,可结合铁路车辆检修的作业流程、生产计划以及设备的重要程度,科学合理地规划预防性维护的周期与内容,明确不同设备在不同时间节点的具具体维护任务,如定期的清洁、润滑、紧固以及零部件的检测与更换等,确保维护工作既具有针对性又能够有效覆盖设备的各个方面。期间,还需构建完善的设备维护档案系统,利用信息化手段对设备的维护历史、故障记录、更换零部件信息进行实时更新与动态管理,以便维护人员能够快速查阅设备过往情况,为当前维护决策提供准确依据,同时为后续设备优化与改进积累宝贵的数据资源。

例如,基于评估结果,结合转向架检修线每日8台的生产计划,规划该拆解机的预防性维护周期与内容:液压系统每500工时更换46#抗磨液压油并清洗油箱滤网,伺服电机每300工时拆解检查碳刷磨损情况,定位传感器每200工时时用校准仪进行精度校验,夹具连接螺栓每100工时时用扭矩扳手复紧至 $80\text{N}\cdot\text{m}$ ;同时搭建基于MES系统的设备维护档案模块,维护人员每次完成工作后,需在系统内录入维护时间、更换部件型号(如液压油型号L-HM46、碳刷型号MG70)、设备当前运行参数等信息,系统自动生成维护趋势图,便于后续追溯与分析。

### 3.1.3 维护计划的制定阶段

#### (1) 计划的制定

在完成设备评估与技术信息准备后,须进入维护计划的制定阶段,相关单位需依据规划好的维护周期与内容,制定详细可操作的月度甚至周度预防性维护计划,明确各项维护任务的具体开展时间、结束时间、责任人以及所需要的工具材料等,确保维护工作能够按照预设时间节点有序推进。

例如,依据上述周期与内容,制定月度与周度维护计划,月度计划明确每月5日凌晨2-4点(车间停产时段)完成液压系统油液更换,每月20日晚6-8点完成伺服电机碳刷检查;周度计划明确每周一上午9-10点完成定位传感器校准,每周三下午3-4点完成夹具螺栓复紧,每个计划项均标注责任人(如液压维护由维修技师张工负责、传感器校准由设备工程师李工负责),并列明所需工具(如滤油机、扭矩扳手、校准仪)与材料

清单。

#### (2) 资源调配

在资源调配方面,要根据维护计划提前储备足够的常用易损零部件和维修工具,建立专门的零部件库存管理系统,对库存数量进行实时监控与预警。当库存低于安全水平时及时进行采购,避免因零部件短缺导致维护工作延误。同时,还需合理安排维护人员的工作任务和班次,根据维护工作的复杂程度和紧急程度合理分配人力资源,确保每个维护任务都有足够且合适的人员参与,并且要定期对维护人员进行专业技能培训与考核,提高其维护技能水平和故障处理能力,使其能够熟练掌握各类设备的维护要点和操作规程,高效完成预防性维护工作。

## 3.2 推动检修工艺与设备功能协同优化

### 3.2.1 前期分析

推动铁路车辆检修工艺与设备功能协同优化,要求对现有检修工艺和设备功能进行全面深入剖析,相关单位需组织跨部门专业团队,涵盖检修工艺工程师、设备技术专家以及一线操作人员,从检修流程的完整性、合理性以及设备功能的适配性、先进性等多个维度展开分析。

对于检修工艺,要梳理每个环节的操作步骤、技术要求、质量标准以及所消耗的时间和人力成本,识别其中的繁琐环节、重复作业以及可能影响检修质量的潜在因素。

对于设备功能,需评估设备的技术性能指标、操作便捷性、稳定性以及与检修工艺的匹配程度,明确设备在运行过程中出现的故障模式、维修频率以及对检修工作的制约情况。

例如,组织由检修工艺工程师、拆解机技术专家、一线拆解操作人员构成的跨部门团队开展分析,工艺工程师梳理转向架拆解工艺环节:先通过天车将转向架吊装至拆解机工作台,再定位轮对中心(要求误差 $\leq 0.5\text{mm}$ ),接着拆解轴箱螺栓(需扭矩控制在 $120\sim 130\text{N}\cdot\text{m}$ ),最后分离轴箱与轮对,整个流程原耗时约40分钟,其中轮对定位环节因需人工调整工作台高度,耗时达10分钟;拆解机技术专家评估设备功能:原设备工作台高度调整依赖手动操作杆,调整精度 $\pm 1\text{mm}$ ,且扭矩传感器最大误差 $\pm 10\text{N}\cdot\text{m}$ ,无法满足轴箱螺栓拆解的精度要求;一线操作人员反馈,设备夹具仅适配25t型转向架,更换为30t型转向架时,夹具拆装需2小时,严重影响换型效率。

### 3.2.2 精准定位

基于分析结果,要精准定位检修工艺与设备功能之

间的不匹配重点,例如某些检修工艺步骤因设备功能限制而无法高效完成,或者设备具备的某些先进功能未能在检修工艺中得到充分利用,进而明确协同优化的具体需求和目标。

例如,基于分析结果,定位出 3 处核心不协同问题:一是轮对定位工艺要求误差 $\leq 0.5\text{mm}$ ,但拆解机工作台手动调整精度仅 $\pm 1\text{mm}$ ,导致定位后需人工二次修正,增加 5 分钟工时;二是轴箱螺栓拆解工艺要求扭矩精度 $\pm 5\text{N}\cdot\text{m}$ ,但设备扭矩传感器误差 $\pm 10\text{N}\cdot\text{m}$ ,需后续用扭矩扳手复检,增加 3 分钟工时;三是拆解工艺涵盖 25t、30t 两种转向架,但设备夹具仅适配 25t 型,换型时夹具拆装耗时过长,无法匹配工艺的多车型需求。

### 3.2.3 协同优化方案的制定

之后便进入协同优化方案的制定阶段,由专业团队根据检修工艺与设备功能实际情况,结合铁路车辆检修的行业标准规范,制定具有针对性和可操作性的系统优化方案,包括检修工艺的调整与改进措施,如简化不必要的操作环节、优化作业顺序、引入新的检修技术与方法等,以提高检修效率和质量;同时涵盖设备功能的升级与改造方案,如对设备进行软件升级以提升其智能化水平,增加必要的功能模块以满足检修工艺的新要求,对设备硬件结构进行优化设计以提高其稳定性和可靠性。在方案制定过程中,要充分考虑技术可能性、经济合理性以及实施难度等因素,以保证方案能够有效解决现存不协同问题,又能够在企业可承受的成本范围内顺利实施。

例如,在工艺调整方面,将轮对定位环节的“人工调整工作台 $\rightarrow$ 定位”改为“设备自动定位 $\rightarrow$ 人工复检”,利用拆解机的视觉识别系统(原闲置功能)捕捉轮对中心标记,自动调整工作台高度,复检误差 $\leq 0.5\text{mm}$ 即可进入下一环节,减少 3 分钟工时;设备改造方面,一是更换扭矩传感器为高精度型号(误差 $\pm 3\text{N}\cdot\text{m}$ ),并升级设备控制系统软件,新增“螺栓扭矩实时监控”功能,拆解时自动显示扭矩值,无需后续复检;二是在设备夹具底座加装快换接口,配套设计 30t 型转向架专用夹具,夹具与底座通过 4 个快速锁销连接,拆装时间从 2 小时缩短至 15 分钟;方案实施前,团队核算成本:高精度扭矩传感器采购价 8000 元,快换接口改造费用 1.2 万元,软件升级费用 5000 元,总投入 2.5 万元,预计 2 个月可通过效率提升收回成本,且改造期间可利用车间停产的凌晨时段施工,不影响正常检修。

## 3.3 完善备品备件供应链保障,减少设备等待时间

### 3.3.1 备品分析

完善设备备品备件供应链保障以减少铁路车辆检

修设备等待时间,也是提升综合效率的重要举措,相关单位需要组织由设备管理人员、检修技术人员和供应链专家构成的联合小组,深入剖析铁路车辆检修设备的运行特点、故障模式以及历史维修数据,通过对设备技术文档的研读和实时运行情况的监测,明确各类备品备件的关键程度、消耗频率和需求规律,划分出核心备件、常用备件以及一般备件等不同类别,从而为后续供应链规划提供数据支撑。

### 3.3.2 搭建合理的供应链架构

基于分析结果,要搭建合理的供应链架构,选择具备良好信誉、稳定供货能力和优质服务水平的供应商,建立起长期稳定的合作关系,期间还需构建多层次的供应链体系,包括一级供应商、二级分销商,以保证在不同情况下都能够快速获取配件。

### 3.3.3 加强库存动态管理

在供应链架构搭建完成之后,要着重加强库存动态管理,相关单位可运用先进的库存管理模型,如经济订货批量模型和再订货点模型,结合备品备件的需求预测和供应周期,精准计算各类备件的合理库存水平,设置库存上下限预警机制,当库存量接近下限及时调整采购计划,避免库存积压,并且通过定期对库存进行盘点和清查,保证账实相符,及时发现并处理滞销、过期和损坏的配件。

## 4 结束语

综合全文研究可知,铁路车辆检修设备综合效率提升并非单一措施可实现,而是需通过多维度策略的协同落地形成长效机制。建立预防性维护体系可实现设备故障从“被动维修”向“主动预防”的转变,形成数据驱动的维护闭环;推动工艺与设备协同优化,不仅解决当前适配问题,更推动检修技术与设备功能的深度融合;完善备品供应链保障则为设备连续运行提供基础支撑,减少资源浪费。这些策略的实施,不仅能直接提升设备效率,更可为铁路车辆检修领域的设备管理提供体系化思路,助力铁路运输安全与效率的长远提升。

### 参考文献

- [1]徐通.市域铁路车辆检修工艺设备管理系统研发[J].铁道技术监督,2024,52(11):36-42+54. DOI:CNKI:SUN:TDJJ.0.2024-11-008.
- [2]张杰,向勇,李宝志,等.车辆检修工业 4.0 基础初探[J].铁道车辆,2021,59(03):110-113. DOI:CNKI:SUN:TDCL.0.2021-03-031.
- [3]铁路机车车辆非标检修设备[J].国外铁道车辆,2021,58(01):47-48. DOI:CNKI:SUN:GWTD.0.2021-01-013.