

Application of intelligent technology in railway vehicle depot maintenance

Longlong Han

China Railway 16th Bureau Group Railway Engineering Co., Ltd., Gaobeidian, Hebei, 074000, China

Abstract

Railway depot maintenance operations constitute a critical component in ensuring rail transport safety. Traditional maintenance models, which rely on manual experience, suffer from low efficiency, insufficient precision, and delayed risk prevention, making them ill-suited for modern railways' high-density, high-speed operational demands. This study examines railway depot maintenance operations as a research subject, analyzing the necessity of intelligent technology applications. Through four dimensions—intelligent inspection, intelligent diagnosis, intelligent warehousing, and intelligent management—the paper explores specific implementation pathways for intelligent technologies in maintenance processes. It demonstrates how intelligent technologies optimize maintenance workflows, enhance precision, and reduce operational risks. The study proposes collaborative mechanisms and optimization strategies for technology application. Research findings indicate that intelligent technologies can facilitate the transition from “experience-driven” to “data-driven” maintenance practices in railway depots, providing technical support for safe and efficient rail transportation operations.

Keywords

railway depot; maintenance operation; intelligent technology; intelligent detection; intelligent management

智能化技术在铁路车辆段检修作业中的应用实践

韩龙龙

中铁十六局集团铁运工程有限公司，中国·河北 高碑店 074000

摘要

铁路车辆段检修作业是保障铁路运输安全的核心环节，传统检修模式依赖人工经验，存在效率低、精度不足、风险防控滞后等问题，难以适配现代铁路高密度、高速度的运营需求。本文以铁路车辆段检修作业为研究对象，分析智能化技术应用的必要性，从智能检测、智能诊断、智能仓储、智能管理四个维度，探讨智能化技术在检修作业中的具体应用路径。阐述智能化技术如何优化检修流程、提升检修精度、降低作业风险。提出技术应用中的协同机制构建与优化方向。研究表明，智能化技术可推动铁路车辆段检修从“经验驱动”向“数据驱动”转型，为铁路运输安全高效运行提供技术支撑。

关键词

铁路车辆段；检修作业；智能化技术；智能检测；智能管理

1 引言

铁路车辆段作为铁路车辆检修及维护的核心场所，承担车辆日常保养、故障修复、定期检修等关键工作，其检修质量与效率直接决定着铁路运输的安全与否及准点率高低。随着我国铁路网持续完善，高铁与普速铁路车辆保有量持续攀升，传统检修模式逐步显露出弊端。人工检测凭借检修人员经验，易因主观判断差错遗漏隐蔽故障。检修流程大多是串行作业，关键环节等待周期长，整体效率欠佳。作业进行时欠缺实时风险监控，易因操作失误引发安全事故。

智能化技术的迅速发展为铁路车辆段检修作业升级造

就了契机。应用计算机视觉、物联网、大数据、人工智能等技术，可达成检修数据的自动采集、故障的精准诊断以及流程的智能优化，助力检修作业迈向“自动化、精准化、高效化”转型进程。本文依照铁路车辆段检修作业的实际需求，全面探讨智能化技术的应用实践，为检修作业实现提质增效给予参考。

2 铁路车辆段检修作业智能化技术应用的必要性

2.1 解决传统检修效率低的问题

传统铁路车辆段检修作业期间，车辆拆解、部件检测、故障排查等环节多借助人工操作，且各环节的衔接需借助人工协调，存在诸多等待时长。例如，车辆轮对检测，需人工推动检测设备逐对开展，单次检测耗费时间长，查询与调取

【作者简介】韩龙龙（1988—），男，中国河北高碑店人，本科，工程师，从事铁路运输研究。

部件库存需人工核对台账，易出现错拿及漏拿情形。智能化技术可凭借自动化设备替换人工操作、依靠信息化系统优化流程衔接，极大缩短检修所需周期，增进整体作业成效。

2.2 弥补人工检测精度不足的缺陷

铁路车辆关键部件故障往往有隐蔽性，诸如轴承、制动系统、轮对等，人工检测仅能借助外观观察、简单工具测量加以判断，难以察觉内部微小缺陷。如轴承内部磨损、轮对踏面细微裂纹等故障，人工检测极易出现遗漏，而这些故障若未及时予以处理，极有可能引发严重安全事故。智能化技术依靠高精度传感器、计算机视觉等方式达成，发现部件细微异常，精准识别出故障，加大检修精度。

2.3 强化检修作业风险防控能力

铁路车辆段检修作业涉及诸如重型设备操作、高压电路检修等高危环节，传统作业里风险监控依靠人工巡视，存在监控盲区且具有滞后性。车辆举升作业时，若支撑装置存在异常未及时被发觉，易引发车辆坠落。高压电路检修期间，若未实时留意电路状态，存在触电安全隐患。智能化技术借助实时数据采集、风险预警系统达成，提前判明作业风险，保证作业安全无虞。

2.4 适配铁路车辆检修规模化需求

伴随铁路车辆保有量的增多，车辆段检修任务量迅猛增长，传统“一人一岗”作业模式对大量检修人员有需求，且难以适应高峰期检修要求。智能化技术凭借设备自动化及流程智能化，降低对人工的依赖，增进单位时间检修的水平，适应规模化检修需求，与此同时削减人力成本。

3 智能化技术在铁路车辆段检修作业中的应用路径

3.1 智能检测技术实现部件缺陷自动识别

智能检测技术依靠自动化设备与高精度感知手段，替换人工实现车辆部件检测。轮对智能检测采用的是计算机视觉与激光扫描技术，车辆进入检修线的瞬间，自动采集轮对踏面与轮缘的三维数据，利用图像识别算法对比标准参数值，识别踏面磨损、裂纹与轮缘厚度异常等相关缺陷，无需人工去拆解与测量，检测过程只需数分钟^[1]。轴承智能检测借助超声波探伤与振动传感器，实时采集轴承运行时振动频率、声波信号，依靠大数据分析对比正常轴承信号特征，甄别轴承内部磨损、滚珠损伤等故障情形，防止人工检测出现主观性偏差。制动系统智能检测借助压力传感器、位移传感器监测制动管路压力及制动闸瓦位移，自动判定制动系统有无泄漏、闸瓦磨损超标等状况，同时模拟制动相关过程，测定制动响应时间及制动力，保证制动系统性能达到要求。

3.2 智能诊断技术：推动故障分析智能化

智能诊断技术借助大数据及人工智能算法，实现对故障原因的自动分析以及检修方案的精准推荐。整合与分析故障数据以构建铁路车辆故障数据库，结合历史检修、部件寿命及运行工况数据，运用机器学习算法挖掘故障规律，如剖

析不同运行里程下轴承故障的高发类型，成为预防性检修的凭据。车辆检修期间开展实时故障诊断与预警，智能诊断系统实时采集检测数据，一旦检测到部件异常，自动找出数据库中的故障案例进行匹配，对故障原因进行分析，并推送相应检修方案。预防性诊断跟寿命预测凭借分析部件运行数据与损耗规律，预测部件剩余可用寿命，比如依据轮对磨损速率、运行里程，预先判定轮对更换时机，防止故障突发情况，完成“事后修复”至“事前预防”的转型。

3.3 智能仓储技术优化检修物资管理

智能仓储技术借助物联网及自动化设备，实现对检修部件的精准管理和高效调度。智能库存管理将RFID标签粘贴在检修部件上，如轴承、闸瓦、螺栓等。仓储货架安装RFID阅读器，实时记录部件库存数量、存放位置以及入库时间，依靠仓储管理系统自动更新库存台账，无需人工去盘点，同时开展库存预警设置工作，若部件数量低于阈值则自动提醒补货^[2]。自动化物资调度采用AGV以及智能分拣系统，检修工位提出部件需求时，系统自动规划AGV行驶路径，从货架提取对应部件并运抵工位，防止人工搬运产生耗时及错拿风险，尤其适合针对重型部件进行调度。部件溯源管理运用区块链技术记载部件采购、入库、检修、更换的全流程数据，若某部件存在质量问题，能快速追溯其来源及使用轨迹，利于责任界定及同类部件排查，增强物资管理规范性。

3.4 智能管理技术：优化检修全流程管控

智能管理技术借助信息化系统与数据集成，实现对检修作业全流程的可视化及智能化管控。智能编制检修计划依据车辆运行里程、故障记录、检修周期，智能管理系统自动产出车辆检修计划，合理安排检修工位、设备及人员，杜绝资源矛盾，例如依照多辆车的检修需求，优先将故障风险高、运营需求紧急的车辆安排至检修线^[3]。作业过程的实时监控借助工位终端、视频监控及人员定位系统实现，实时采集检修作业的进度、人员位置及设备状况，在监控中心予以可视化展示，管理人员可借助远程方式查看各环节进展，若出现进度滞后，如某工位未在规定时间内完成、人员违规操作。实施检修质量追溯管理，创建检修质量档案，记录每辆车的检修项目、检测数据、故障处理成果及检修人员信息，若车辆投入运营后出现检修关联故障，可追踪至具体的检修环节与责任人员，同时借助质量数据分析，实现检修流程与标准的优化。

3.5 应急处理技术：铁路货车故障应急及时性

在铁路货车检修中，一旦智能检测或人工巡检发现故障，应立即启动应急处理流程。首先，由现场检修人员根据智能诊断系统提供的故障定位和风险等级，快速隔离故障部件，防止故障扩大。对于关键走行部件如轮对、轴承、制动系统等，应采取临时加固或更换措施，确保车辆在回送或下线检修过程中的安全。同时，通过智能管理系统记录故障信息、处理过程及更换部件的编号，实现全流程追溯。对重大或复杂故障，应组织技术人员联合研判，结合历史数据和运

行工况制定最优维修方案。故障处理完成后，需通过复检确认设备性能达标，并由系统更新车辆健康状态，以便调度部门及时安排回库或投入运用。这样的闭环管理，可有效缩短故障处置时间，降低运输风险，保障铁路货车运行安全。

4 智能化技术应用的协同机制与优化方向

4.1 构建多技术协同应用机制

智能化技术在铁路车辆段检修作业中的运用并非孤立状态，必须构建“检测-诊断-仓储-管理”的协同机制。智能检测生成的部件相关数据、智能诊断输出的故障相关数据、智能仓储的物资相关数据、智能管理的流程相关数据，需依靠统一数据平台集成，实现数据的彼此共享，如智能诊断系统借助智能检测数据开展故障分析，智能管理系统凭借故障数据调整检修计划。各智能化技术应用环节应实现顺畅衔接，例如智能检测识别轮对出现故障后，智能诊断系统自动剖析故障原因并给出替换方案，智能仓储系统同步取出备用轮对，智能管理系统针对工位作业计划进行调整，推动故障处理高效推进^[4]。智能化设备应跟检修人员协同开展工作，比如智能检测设备探测到故障后，提示检修人员开展重点核查，检修人员依据智能诊断方案实施维修，维修后借助智能管理系统确认作业完成，形成以“设备辅助-人工执行-系统确认”为内容的协同模式。

4.2 智能化技术应用的优化方向

4.2.1 提升技术适配性与稳定性

部分智能化技术在复杂检修环境里易受干扰，有待进一步优化。车辆段粉尘多、光线不足的环境下开展计算机视觉检测，识别精度也许会下降，须改进图像采集设备的防尘、补光功能。车辆段高频设备运行环境的振动传感器，容易受到干扰信号的影响，要优化信号滤波算法，增进数据准确性。

4.2.2 推动技术标准化与模块化

当前铁路车辆段智能化技术应用多采用定制化方案，不同车辆段以及不同车型的智能化设备与系统兼容性差劣，应推动技术标准化。制定智能检测设备的参数标准，同时采用模块化的设计方式，诸如智能诊断系统根据不同车型的故障特征，灵活变换算法模型，加大技术通用性。

4.2.3 加强检修人员智能化技能培养

智能化技术应用须检修人员具备设备操作、数据解读、

故障处理的综合能力，当下部分检修人员对智能化设备不熟，容易造成设备利用率低、故障误判。需强化人员培训，开展智能化设备操作、数据分析、故障诊断等课程。同时借助“老带新”及“实操演练”方式，提高人员智能化技能水平，保证技术落地达成预期效果^[5]。

4.2.4 强化数据安全与隐私保护

智能化技术应用牵涉大量检修数据与设备数据，部分数据呈现敏感性，如车辆核心部件参数、检修工艺等，应加强对数据安全的保护。确立数据分级分类机制，对敏感数据实施加密存储。实施访问权限设置，关键数据的查看与操作仅限授权人员。定期实施数据安全检测，预防数据泄露及篡改风险，维护智能化技术应用的安全状态。

5 结语

智能化技术给铁路车辆段检修作业带来了革命性突破，依靠智能检测实现缺陷自动识别，智能诊断推动故障分析走向精准化，智能仓储实现物资管理优化，智能管理增进流程管控效率，四大技术协同开展，可有效处理传统检修模式效率低、精度不足、风险防控滞后等问题，助力检修作业迈向“数据驱动、智能高效、安全可靠”的转型之路。中铁十六局集团铁运工程有限公司作为铁路运输与检修领域的重要参与主体，在智能化技术应用实践期间，需不断优化技术适配性、助力标准化建设、提升人员技能水平，充分实现智能化技术的价值。未来伴随5G、数字孪生等技术的进步，铁路车辆段检修作业还会实现“虚拟仿真检修”“远程协同检修”等更高级别的智能化应用，为铁路运输安全、高效运行给予更坚实保障，推动我国铁路事业高质量前行。

参考文献

- [1] 刘光禄.如何运用智能化技术优化铁路车辆制造系统检修[J].人民公交,2024,(02):31-34.
- [2] 马冬,林庆城,李浩铭,等.智能眼镜在铁路车辆运维行业的应用[J].黑龙江科学,2022,13(22):109-111.
- [3] 潘明辉.铁路5T安全监控系统智能化开发研究[J].智慧轨道交通,2021,58(06):15-18.
- [4] 李伟,祁书慧.无人值守技术在铁路车辆轮轴检修中的应用与研究[J].铁道车辆,2021,59(05):119-121.
- [5] 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.