

铁路货车检修数据信息化管理平台构建与实践研究

宋嘉懿

呼和浩特局集团有限公司包头西车辆段 内蒙古 包头 014010

【摘要】：铁路货车检修长期受人工模式弊端、数据整合困难等问题制约，智能化水平偏低。本文以铁路货车检修数据信息化管理平台构建与实践为核心，分析平台建设现实困境，探索数据库构建、多源数据整合、智能预警闭环管理及人员绩效数字化管控的实施路径，结合相关实践案例及数据，阐述平台在提升检修效率、增强安全防控、实现设备集中管控等方面的成效，为铁路货车检修数字化、智能化转型提供实践参考与技术支撑。

【关键词】：铁路货车检修；数据信息化；管理平台；智能识别；实践应用

DOI:10.12417/2811-0528.26.15.023

随着铁路货运量持续攀升，货车运行强度不断加大，传统人工检修模式已难以适配现代化铁路安全运维需求，人工审图负荷大、漏检风险高、数据分散等问题日益凸显，严重制约检修效率与安全防控水平。当前，铁路检修领域数字化转型已成为行业发展必然趋势，构建高效、精准的检修数据信息化管理平台，实现检修业务数据化、智能化管控，是破解传统检修困境、提升铁路货车运维质量的关键举措。基于此，本文围绕铁路货车检修数据信息化管理平台的构建与实践展开研究，为推动铁路货车检修领域高质量发展提供支撑。

1 铁路货车检修数据信息化管理平台建设现实困境

1.1 传统人工检修作业模式弊端突出

传统铁路货车检修长期依靠人工目检开展 TFDS 图像审阅工作，现场作业环节需面对海量车辆部件影像信息，单名作业人员日常需承载超大量级图片审阅任务，长时间高强度视觉作业易造成生理疲劳与注意力涣散。车辆零部件结构繁杂、故障隐患隐蔽性较强，部分细微裂纹、配件松动等隐性故障难以依靠肉眼精准甄别，人工判别标准缺乏统一量化尺度，不同作业人员的经验差异会直接造成故障判定结果出现偏差。固定时段高强度审图作业模式固化，整体作业流程缺乏智能化辅助手段支撑，人工巡检模式下隐患漏检、误判概率始终处于较高水平，难以适配铁路路网高密度、大运量的货车安全通行保障需求。

1.2 检修多源数据整合归集难度较大

铁路货车检修业务涉及车型种类繁多，不同车型故障特征、部件参数标准存在明显差异，各类检修数据分散存储于不同作业站点、设备终端与业务系统当中，数据格式异构化特征显著^[1]。现场 TFDS 探测站采集的影像数据、设备运行监测数据、车辆故障记录数据彼此独立割裂，缺乏统一的数据汇聚标准与共享通道，零散化的数据分布状态无法形成完整的数据资

源体系。各类业务数据采集口径不统一、存储规范不统一，原始影像资料、故障台账信息、设备运维信息难以实现互联互通，海量检修数据资源无法进行深度挖掘与二次利用，制约检修业务数字化转型推进节奏。

1.3 故障智能识别研判体系尚不健全

铁路货车故障类型细分品类繁杂，各类故障特征缺乏系统化梳理与标准化入库梳理，未形成覆盖全车型、全品类故障特征的专业数据库资源。现有技术手段难以实现 AI 算法与车辆故障图谱的深度融合，故障特征标注、智能比对、自动甄别技术应用程度偏低，无法依托算法模型完成疑似故障点位的自动定位与精准筛查。故障研判流程仍以人工主观判别为主，缺乏智能化预警推送机制，故障信息从发现、复核到整改的业务链条缺少数字化闭环流程支撑，隐患溯源、成因分析、规律研判缺少智能化技术工具依托，难以形成常态化的故障智能研判运行模式。

1.4 人员绩效数字化管控机制不完善

铁路货车检修作业人员工作量核算依旧沿用传统人工统计方式，作业时长、审图数量、故障甄别质量等核心业务指标缺乏自动化采集渠道，各项作业数据难以实现实时动态留存与精准溯源。检修工作质量评价缺乏统一量化评判标准，人工主观评价占比偏高，无法依托真实作业数据构建客观公正的考核评价体系，评价结果易受经验偏差、人为因素影响^[2]。作业人员工作成效、业务能力、履职表现无法形成系统化数字化档案记录，岗位工作量分配、人员能力调配缺少可靠数据依据支撑，检修队伍的业务素养提升、岗位激励约束机制难以依托数字化手段落地实施，整体人力管理模式与智能化检修作业发展节奏不相适配，制约检修队伍管理效能提升。

2 铁路货车检修数据信息化管理平台搭建实施路径

2.1 统筹构建全车型故障智能识别数据库

依托铁路货车现有车型谱系开展系统性梳理归类,对路网运行各类货运车辆构造结构、部件装配形式、易损部件分布特征开展精细化拆解剖析,按照部件类别、故障位置、损伤形态完成故障特征维度划分。依托技术迭代迭代优化算法模型版本架构,持续完成故障样本图像标注、特征提取与模型训练优化工作,对不同运营线路、不同运用年限车辆的差异化故障表现进行样本扩充入库,完善多维度故障特征标签体系。依托规模化样本沉淀形成标准化数据库架构,实现不同车型部件故障特征参数的规范化存储、结构化归类与智能化调用,数据库架构采用分层存储与分级索引设计,适配海量影像数据与故障特征数据的快速检索与后台运算需求,为智能识别算法模型的持续迭代、故障自动匹配与精准判定提供底层数据支撑,也为同行业同类交通装备故障数据库搭建提供标准化建设范式与技术参考路径。

2.2 打造多源检修数据集成统一管理体系

依托铁路货车检修全业务链条开展多源数据资源梳理整合,对沿线 TFDS 探测终端采集的影像流数据、设备工况监测数据、车辆检修台账数据、线路运维台账数据进行协议适配与格式归一化处理。采用中间件数据适配技术打通不同业务系统、不同探测站点之间的数据接口壁垒,制定统一的数据接入标准、传输规范与存储范式,实现异构数据源的实时汇聚、异步同步与集中池化管理。采用分布式存储架构承载海量检修影像与业务台账资源,配套设置数据清洗、格式校验、冗余剔除等后台处理机制,完成原始数据的标准化规整与结构化重构^[3]。通过全域数据资源的集中管控架构搭建,实现检修业务数据跨站点、跨线路、跨业务模块的互联互通,形成可复用、可挖掘、可溯源的检修数据资源池,为铁路检修数字化平台架构设计、多源异构数据融合治理提供可复制的技术实施范式。

2.3 搭建 AI 驱动故障预警闭环管理模块

基于深度学习算法架构嵌入机器视觉识别模型,对货车车辆关键走行部、连接部、制动部等核心部件影像进行像素级特征解析与目标检测定位,依托训练完成的故障特征模型自动比对影像样本与标准故障图谱。系统后台完成疑似故障区域智能标注与风险等级自动划分,按照隐患严重程度完成影像资料分层筛选与精准分流推送,仅将高风险疑似故障影像纳入人工复核流程。业务流程内嵌数据回传与模型自优化机制,人工复核后的故障判定结果反向录入算法训练样本库,持续修正模型识别阈值与特征判定规则,形成影像采集、智能初筛、人工复核、样本反哺、模型迭代的完整业务流转架构。以算法赋能重构传

统故障处置业务流程,实现故障隐患从被动人工排查向主动智能预警转变,为轨道交通装备故障智能化研判、业务流程闭环再造提供技术架构参考与流程设计借鉴价值。见图 1。

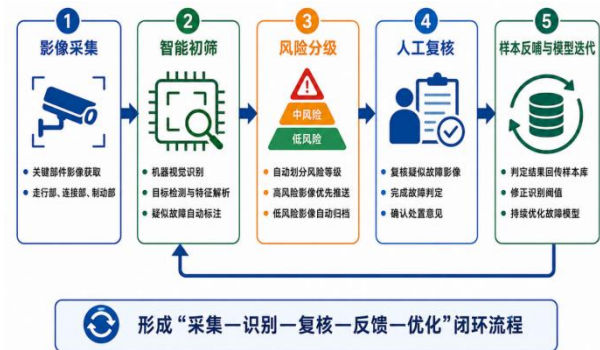


图 1 基于深度学习的货车故障智能识别闭环流程图

2.4 建立检修作业人员数字化绩效管控体系

依托平台后台数据采集接口自动抓取 TFDS 审图作业、故障甄别、隐患上报等全流程业务行为数据,对作业过程中的影像处理数量、故障识别精度、隐患处置时效等核心维度进行全维度数据采集与结构化存储。构建多维度量化评价指标体系,从作业负荷、识别准确率、隐患处置效率、业务规范执行度等维度设置量化评分阈值,依托后台算法实现作业过程全时段动态量化计分。系统内置绩效数据自动归档与维度分析模块,可按照岗位、时段、业务类型完成作业数据横向对比与纵向趋势分析,形成标准化数字化绩效档案库^[4]。以数据化指标替代传统定性评价模式,实现检修岗位作业效能的客观量化评判与动态监管,依托数据驱动完成岗位资源合理调配与业务能力精准画像,为铁路运维行业一线作业人员绩效考核体系数字化重构、量化评价模型构建提供理论支撑与实操落地范本。

3 铁路货车检修数据信息化管理平台应用实践成效

3.1 货车检修作业整体工作效率大幅提升

依托某 TFDS 智能识别系统落地运行架构,智能算法与故障图谱的深度融合重构货车检修作业流转模式,机器视觉自动筛选替代传统全量人工审图模式,影像数据经过算法前置甄别后仅留存关键隐患影像进入复核环节。单班人均审图量级由原有 64 万张实现大幅压降,压缩幅度达到 96%,单列货运列车全套配件影像检测周期固化至 5 分钟即可完成全流程解析校验,作业岗位人员配置规模从 447 人优化调整至 200 人,人力资源配置结构得到结构性优化。TFDS 作业劳动生产率实现 120% 以上的增长幅度,系统后台每日可稳定承载超百万幅图像数据的解析、存储与分流处理任务。该效率提升模式依托版本迭代后的智能识别架构实现业务流程再造,为全国同类型铁路货车检测体系提供标准化效率优化模型,后续全路推广应用

可实现整体检测效率 40%以上的提升空间,为轨道交通检修作业降本增效提供可落地的技术实践范本。

3.2 车辆故障识别安全防控能力显著增强

某 TFDS 智能识别系统通过海量故障样本训练与算法参数持续调优,车辆各类隐蔽故障、部件损伤、连接松动等隐患识别精度实现跨越式提升,故障识别精准度稳定维持在 99.8% 的运行标准,重大行车安全隐患实现全程无遗漏甄别管控。系统 2024 年 4 月进入试运行阶段以来,依托智能化识别防控体系完成超 1.2 万列中欧、中亚班列的通行安全保障,依托精准故障研判机制筑牢国际物流通道车辆运行安全底线。智能识别模型依托分层特征提取与多维度比对机制,可精准捕捉人工目检难以辨识的细微结构损伤与隐性故障点位,构建起技术赋能的多层级安全防控屏障^[1]。该故障识别与安全防控的技术架构,可为铁路路网货车车辆故障风险防控体系建设提供量化参考标准,也为跨境班列车辆运行安全智能化保障模式搭建提供实践依据与学术借鉴价值。

3.3 管内检修设备资源实现全域集中管控

某 TFDS 智能识别管理平台采用分布式架构与数据专线传输模式,完成粤湘区域内 43 套 TFDS 专业检测设备的全天候在线接入与状态感知,设备运行参数、采集影像质量、终端工作工况均纳入统一后台监测范畴。平台打破原有探测站独立运行、数据分散存储的格局,实现 43 个 TFDS 探测站影像数据、设备运维数据、故障台账数据的统一接入与集中调度,构建跨区域、跨站点的设备资源一体化管控架构。后台搭载设备状态实时巡检模块,可自动捕捉终端异常工况、影像采集故障、数据传输中断等异常状态,实现设备运行状态的动态感知与源头管控。这种全域设备集中管控的搭建模式,为铁路系统跨区域检修设备集约化管理、资源统筹调度、运维模式革新提供成

熟技术路径,也为交通行业同类智能检测设备集群化管控体系构建提供参考范式。

3.4 铁路货车检修智能化运营水平全面升级

某 TFDS 智能识别系统经过两年多技术攻关与 17 个版本持续迭代,完成 67 种铁路车型适配建模与 438 类故障特征的标准化入库解析,构建起适配路网复杂运营场景的智能化检修技术底座。平台融合数据集成、智能识别、闭环管控、绩效数字化等多重功能模块,重构传统货车检修业务的作业流程、管理模式与资源配置方式,推动检修模式从人工经验驱动向数据算法驱动深度转型。按照整体建设规划布局,2025 年底可完成管内 6500 多公里铁路线路智能安防网络全覆盖,形成线路、设备、车辆、人员一体化的智能检修运营格局。整套系统的架构设计、算法适配、模块布局与运营模式,丰富铁路货车检修智能化领域的理论研究与实践成果,为全国铁路系统检修数字化、智能化转型提供完整的建设思路、技术标准与落地实施参照体系。

4 结语

铁路货车检修数据信息化管理平台的构建与实践,有效破解了传统检修模式下效率偏低、数据分散、防控不足等突出困境,通过科学的实施路径搭建起功能完善的智能化管理体系。平台依托全车型故障数据库、多源数据整合、智能预警闭环及数字化绩效管控,实现了检修效率、安全防控、设备管控与智能化水平的全方位提升,相关实践成果为铁路货车检修数字化转型提供了可复制、可借鉴的技术路径与实施范本。未来,需持续优化平台算法与功能模块,深化数据资源挖掘利用,进一步推动铁路货车检修领域向智能化、集约化、高效化方向发展,助力铁路货运安全运维高质量提升。

参考文献:

- [1] 高善兵,刘波,李晓龙,等.铁路货车检修时管理系统的研发与应用[J].铁路计算机应用,2025,34(03):52-56.
- [2] 刘书银,魏吉瑞.大秦铁路重载 C80B 系列货车 PHM 系统设计与应用[J].铁路计算机应用,2025,34(11):69-74.
- [3] 张雪,春玲,林世龙,等.铁路货车轮轴故障预测与健康管理系统设计与实现[J].铁路计算机应用,2025,34(05):84-89.
- [4] 杨文澈,刘茂朕,史晓磊,等.铁路货车里程管理及辅助分析应用系统设计及应用[J].铁路计算机应用,2024,33(12):59-64.
- [5] 董文博.铁路货车转向架检修数字化生产线设计与应用[J].金属加工(冷加工),2025,(09):78-81.