

铁路货车车辆段数字化管理体系探析

贺怡冉

中国铁路呼和浩特局集团有限公司包头西车辆段 内蒙古 包头 014000

摘要: 随着工业生产对铁路运输效率与安全的要求提升,铁路货车车辆段数字化管理成为关键。本文探讨数字化管理体系的重要性、构成要素及实施路径。体系涵盖数据采集、智能调度、预测性维护和安全防控等要素,通过顶层设计、技术选型与人员培训等路径实现。该体系能提升运营效率、控制成本、保障安全,推动铁路货运智能化、高效化发展。

关键词: 铁路货车; 车辆段; 数字化管理; 实施路径

引言: 在铁路货运需求不断增长的背景下,传统铁路货车车辆段管理模式难以适应发展要求。信息滞后、资源浪费、安全风险高等问题凸显,制约了车辆段运营效率与服务质量。本文旨在探讨铁路货车车辆段数字化管理体系,分析其重要性、构成要素及实施路径,为提升车辆段管理水平、推动铁路货运智能化发展提供参考。

1 铁路货车车辆段数字化管理体系的重要性

铁路货车车辆段数字化管理体系意义重大,能全面提升运营效率、控制成本、保障安全并增强行业适应能力。传统模式依赖人工与经验,存在信息滞后、资源浪费、安全风险高等弊端。数字化体系借助物联网、大数据等技术,实现车辆状态实时监控与数据自动采集,让检修计划从“定期”转向“状态修”,降低成本;动态调度算法整合多维度数据,优化路径,提升车辆周转率;物资管理系统实时监控库存,避免浪费。安全上,传感器实时监测关键参数,提前预警故障,结合视频分析技术构建防护网;面对行业趋势,它为新技术提供数据支撑,推动管理转型。还能减少浪费、降低碳排放,契合绿色发展,全流程数据为优化升级提供方向,帮助车辆段适应变化,是铁路货运发展的核心基础^[1]。

2 铁路货车车辆段数字化管理体系的构成要素

2.1 数据采集与集成系统

2.1.1 物联网设备部署

物联网设备是数据采集的核心载体,传感器可安装在车辆关键部件,实时监控温度、振动、压力等参数,捕捉部件运行状态的细微变化。轴承温度传感器能在温度异常时立即上传数据,提示潜在故障风险;振动传感器可分析部件振动频率,识别磨损或松动问题;RFID标签用于车辆与物资标识管理,通过无线射频技术自动记录车辆进出检修库、物资出入库等信息,减少人工登记误差。GPS定位装置安装在车辆上,实时追踪车辆位置与

运行轨迹,为调度系统提供动态数据支持,这些设备通过无线通信技术将数据传输至管理平台,形成覆盖车辆运行全场景的感知网络。

2.1.2 多源数据融合

车辆段运营涉及车辆运行、检修、库存、人员等多维度数据,传统管理模式下数据分散于不同系统,形成信息孤岛。多源数据融合技术通过数据接口与中间件,将分散的数据流整合至统一平台;车辆运行数据与检修数据关联分析,可评估部件寿命周期;库存数据与检修计划结合,可优化物资采购策略,数据融合不仅提升了信息利用率,还为智能调度、预测性维护等高级功能提供了完整的数据基础,推动管理从局部优化向全局协同转变。

2.1.3 数据标准化建设

不同设备与系统生成的数据格式、接口协议存在差异,直接导致数据整合困难。数据标准化建设通过制定统一的数据规范,确保数据在采集、传输、存储环节的一致性,温度数据统一采用摄氏度单位,振动数据统一为频率值;接口协议采用通用标准,实现不同系统间的无缝对接。标准化建设降低了数据处理的复杂度,提升了系统兼容性,为数字化管理体系的规模化应用奠定基础,避免因格式不统一导致的数据丢失或分析偏差。

2.2 智能调度与作业管理系统

2.2.1 动态调度算法

传统调度依赖人工经验,易因信息滞后导致车辆闲置或作业冲突。动态调度算法结合车辆位置、作业进度、人员状态等实时数据,通过优化模型自动生成最优分配方案,在多辆车辆同时需要检修时,系统可根据检修库空闲工位、维修人员技能水平、车辆故障优先级等因素,动态调整车辆进入检修库的顺序与工位分配,减少等待时间;路径优化算法根据车辆目的地、线路拥堵情况、

作业任务紧急程度,规划最短或最快路径,提升车辆周转率,实现资源的高效利用。

2.2.2 作业流程自动化

装卸作业是车辆段的核心环节,传统模式依赖人工操作,效率低且易出错。自动化技术通过无人叉车、自动识别系统实现装卸流程的无人化;无人叉车配备激光导航与传感器,可自动完成货物搬运、堆码任务,减少人工搬运的体力消耗与时间成本;自动识别系统通过扫描货物标签或识别货物形态,自动核对货物信息,避免错装、漏装问题,自动化装卸系统的引入,显著缩短了单次作业时间,降低了人力成本,提升了作业的准确性与效率。

2.2.3 移动端协同

移动端协同工具将调度系统与作业人员连接,实现任务下发、进度反馈、异常上报的实时化。调度人员可通过专用APP向维修人员推送检修任务,明确车辆位置、故障类型、所需工具等信息;维修人员完成作业后,通过APP上传检修结果,系统自动更新车辆状态;APP还支持作业人员实时反馈异常情况,调度系统可立即调整任务分配,避免作业中断;移动端协同打破了空间限制,提升了作业协同效率,使管理更加灵活高效^[2]。

2.3 预测性维护与健康管理系统

2.3.1 故障预测模型

故障预测模型基于车辆历史运行数据与故障记录,通过机器学习算法构建部件寿命预测模型。模型可分析轴承在不同工况下的振动数据,预测其剩余使用寿命;或根据制动系统压力变化趋势,提前识别制动片磨损风险;当模型检测到部件状态接近阈值时,系统自动生成检修任务,避免突发故障导致的运输中断,故障预测模型实现了从被动维修到主动预防的转变,提升了车辆运行的可靠性。

2.3.2 健康状态评估

健康状态评估系统通过实时采集车辆关键部件的振动、温度、压力等参数,结合正常范围阈值,动态评估部件健康状态。系统设定轴承温度的正常范围,当监测到温度持续超过阈值时,立即标记为异常状态,并触发预警,健康状态评估不仅支持单部件分析,还可综合多参数数据评估车辆整体健康水平,为调度与维护决策提供依据,通过实时监测与评估,管理团队可及时掌握车辆状态,采取针对性措施。

2.3.3 维护计划优化

传统定期检修模式易导致过度检修或漏检,造成资源浪费与安全风险。预测性维护系统根据部件健康状态

与故障预测结果,动态调整检修计划,实现状态检修;对于健康状态良好的部件,可延长检修周期;对于高风险部件,则提前安排检修。这种模式减少了不必要的检修作业,降低了材料与人工成本,同时提升了车辆运行的可靠性,维护计划优化使检修工作更加精准高效,推动了维护模式的转型升级^[3]。

2.4 安全风险防控体系

2.4.1 智能安防监控

智能安防监控系统在车辆段重点区域安装高清摄像头,运用视频分析技术持续监测异常状况。该系统能够识别人员未规范佩戴安全帽、擅自进入危险区域、违规操作设备等行为,并及时发出警报告知管理人员。对于火灾、泄漏等突发事件,系统也能自动触发应急响应机制。系统有效弥补人工巡检的不足,显著提升安全监控的及时性与精准度,为车辆段的安全运营提供坚实保障。

2.4.2 作业互控机制

作业互控机制借助设备数据与人工操作的相互验证,保障作业符合规范。在车辆检修时,维修人员需先扫描车辆RFID标签确认身份,再通过移动端APP领取任务。作业期间,传感器实时采集工具使用数据并与预设标准对比,不规范操作会立即收到纠正提示。作业完成后,上传检修影像,系统通过图像识别技术核对结果,降低人为疏忽带来的安全风险,提高作业质量。

2.4.3 应急响应平台

应急响应平台整合车辆位置、人员分布和物资库存等信息,实现突发事件快速定位与资源合理调配,能迅速规划最优救援路线,通过移动端APP协调多方救援力量,有效降低次生灾害风险,车辆段应具对突发事件的能力。

3 铁路货车车辆段数字化管理体系的实施路径

3.1 顶层设计与规划

3.1.1 整体架构设计

传统车辆段管理依赖多个独立系统,数据分散且格式不统一形成数据孤岛,导致信息流通不畅和决策效率低下。整体架构设计核心是构建统一数据中台与业务平台,实现数据集中存储处理与共享,具体设计分层架构:底层物联网设备层通过传感器等采集原始数据;中层数据层整合多源数据流,建立标准化数据库支持数据清洗转换存储;上层应用层部署智能调度等业务模块,通过统一接口与数据层交互,统一平台设计兼顾扩展性,预留接口支持未来新功能接入。

3.1.2 分阶段推进策略

数字化管理体系建设涉及多维度变革,一次性全流

程改造风险高成本大,分阶段推进通过试点优化推广循环,逐步验证技术可行性完善管理流程。第一阶段选择核心环节试点,如检修环节预测性维护或调度环节动态算法应用,明确目标制定计划并设定评估指标;第二阶段根据试点结果优化技术方案与管理流程;第三阶段将成熟方案推广至全流程,实现全链条数字化管理。分阶段推进可降低实施风险,确保成果可量化可复制。

3.1.3 标准化体系建设

标准化是数字化管理体系规模化应用前提。需从数据格式接口协议和业务流程三个层面制定规范,数据格式标准化统一数据单位编码规则和字段命名,确保数据在采集传输存储环节一致性。接口协议标准化采用通用标准,实现不同系统间无缝对接,业务流程标准化梳理现有流程,去除冗余环节,明确各环节输入输出责任人与时间节点,形成标准化操作手册;标准化体系可降低系统集成难度,提升协作效率^[4]。

3.2 技术选型与系统集成

3.2.1 关键技术匹配

数字化管理体系依赖物联网云计算AI算法等核心技术,需根据业务场景选择适配技术,物联网技术用于数据采集,根据监测对象选择传感器类型与通信方式;云计算技术用于数据存储与计算,根据数据量与处理需求选择部署模式;AI算法用于数据分析与决策,根据业务目标选择算法类型,技术匹配需兼顾成本与效益,避免过度追求高端技术导致资源浪费。3.2.2 硬件设备升级

硬件设备是数字化管理体系物理基础,需根据性能可靠性兼容性原则选型。传感器选型关注精度响应时间和工作环境适应性,确保能准确监测目标参数,服务器选型根据数据处理需求选择配置,满足数据量大且需实时分析的要求;网络设施选型关注带宽稳定性和安全性,确保数据传输无延迟并保障数据安全,为硬件设备升级预留扩展空间,避免短期内因业务增长导致设备过载。

3.2.3 系统兼容性测试

车辆段可能存在部分旧系统,数字化管理体系需与旧系统兼容。系统兼容性测试覆盖数据接口和业务逻辑和用户界面三个层面,数据接口测试验证新系统能否通过标准化接口读取旧系统数据,以及旧系统能否接收新系统推送的数据;业务逻辑测试验证新旧系统在协同作业时是否逻辑一致,用户界面测试验证新系统界面是否与旧系统风格统一,降低用户学习成本,兼容性测试模拟真实场景,确保系统在高负载下稳定运行。

3.3 人员培训与组织变革

3.3.1 技能提升计划

数字化管理体系依赖工具与数据,需通过培训提升人员技能,培训内容覆盖工具操作与数据分析两部分。工具操作培训教授人员使用新系统基本功能与高级功能,如维修人员使用移动端APP扫描车辆标签领取任务;数据分析培训教授人员理解数据含义运用分析方法挖掘数据价值,如管理人员通过分析检修数据优化物资采购策略,培训采用理论实操模式,通过案例演练巩固技能。

3.3.2 岗位职能重构

数字化管理体系改变传统岗位工作方式,需重构岗位职能以适应新模式,传统岗位依赖人工经验,数字化岗位依赖数据决策;岗位职能重构明确数据在各环节作用,如调度岗位基于算法动态调度,检修岗位根据部件健康状态数据调整检修计划,管理岗位通过分析运营数据优化流程,岗位职能重构配套调整绩效考核标准,将数据应用能力纳入考核指标。

3.3.3 协同机制优化

数字化管理体系打破部门壁垒,需优化协同机制支持跨部门数据共享与决策。协同机制优化建立数据共享平台,明确各部门数据权限,实现数据实时共享,决策流程再造将数据作为决策依据,如采购部门根据库存数据与消耗趋势制定采购计划;协同机制优化还需建立跨部门沟通机制,确保问题快速响应,如车辆故障时立即通知相关部门协同制定维修方案^[5]。

结束语

铁路货车车辆段数字化管理体系是提升运营效率、保障安全、控制成本的重要途径。通过数据采集与集成、智能调度、预测性维护和安全防控等要素的协同作用,以及合理的顶层设计、技术选型和人员培训,能够实现车辆段的智能化管理。未来,应持续优化体系,推动铁路货运向更高水平发展。

参考文献

- [1]权绍春,闫巍.铁路客车轮轴智能检修系统研究[J].铁路技术创新,2025,(01):48-54.
- [2]李战胜,李木存,阮奇海.铁路货车轮轴智慧检修方案研究[J].中国设备工程,2022,(08):26-27.
- [3]崔桐赫,郭祥,李春红等.智能铁路BIM数字化建设管理系统设计与应用[J].铁路计算机应用,2023(7):25-28.
- [4]张轩,黄新文,李纯等.基于铁路工程的数字化协同设计平台应用研究[J].铁道标准设计,2023(10):47-54.
- [5]梁庆福.数字工程推进铁路工程建设数字化转型研究[J].铁路技术创新,2022(5):120-124.