

铁路机车检修质量管理信息系统应用研究

程学锋

国能朔黄铁路发展有限责任公司 北京 100080

摘要：随着铁路运输事业的飞速发展，对机车检修质量的要求日益严苛。本文围绕铁路机车检修质量管理信息系统应用展开研究，深入剖析其在检修计划制定、质量监控、数据追溯等环节的关键作用。通过实际应用案例验证，该系统显著提高了检修效率与质量管控水平，实现检修工作智能化、标准化。同时针对系统应用中的技术、管理难题提出解决策略，助力铁路机车检修质量管理升级。

关键词：铁路机车；检修质量管理；信息系统；应用

引言：铁路作为国家重要的基础设施，其安全稳定运行至关重要，机车检修质量是保障铁路运输安全的核心要素。传统机车检修质量管理模式依赖人工记录与经验判断，存在效率低、易出错、信息传递不及时等问题。在信息技术飞速发展的当下，引入铁路机车检修质量管理信息系统成为必然趋势。该系统可实现检修流程数字化、质量管控智能化，对提升检修质量、保障铁路运输安全具有重大意义。

1 铁路机车检修质量管理理论分析

1.1 检修质量管理基础理论

(1) 质量管理的核心原则是检修工作的重要指引。PDCA循环涵盖计划、执行、检查、处理全流程，为机车检修质量管控提供闭环管理逻辑，通过持续迭代优化检修方案；ISO质量管理标准则从体系层面规范检修流程、人员资质、设备运维等要求，搭建标准化质量保障框架，确保检修工作的规范性与统一性。(2) 机车检修具有显著特殊性。周期性体现在需按运行里程或时间节点开展分级检修，保障设备状态稳定；复杂性源于机车构造精密，涉及机械、电气、液压等多个系统，检修工序繁琐且关联度高；安全性要求极高，检修质量直接关乎行车安全，任何疏漏都可能引发重大安全事故，因此对检修精度和质量把控提出严苛标准。

1.2 传统检修管理模式的痛点

(1) 人工管理效率低、易出错。传统模式依赖人工记录检修数据、安排工序，不仅耗时耗力，且在数据统计、流程衔接中易出现遗漏或错误，影响检修进度与质量。(2) 数据孤岛与信息传递滞后。各检修环节数据分散存储，缺乏有效整合，形成数据孤岛；信息多通过纸质单据或口头传递，易出现延误、失真，导致各部门协同不畅。(3) 质量追溯与责任界定困难。一旦出现质量问题，传统模式下难以快速追溯检修全流程的关键数据，无法精准

定位责任主体，增加问题处置难度与成本^[1]。

1.3 信息化技术的赋能作用

(1) 大数据与数据分析助力科学检修决策。通过整合检修历史数据、设备运行数据，运用数据分析技术挖掘故障规律，可实现检修需求精准预判，优化检修计划与资源配置。(2) 物联网(IoT)技术实现设备状态实时监测。借助传感器、射频识别等设备，实时采集机车关键部件运行参数，及时预警异常状态，为预防性检修提供数据支撑，降低故障发生率。(3) 区块链技术保障数据安全可追溯。利用区块链去中心化、不可篡改的特性，记录检修全流程数据，形成完整的质量追溯链，确保数据真实可靠，便于快速界定责任。

2 铁路机车检修质量管理信息系统设计

2.1 系统需求分析

(1) 功能需求：核心涵盖检修计划管理、过程监控、质量评价等关键模块。检修计划管理需支持根据机车运行数据自动生成分级检修任务，同步完成人员、备件等资源的智能配置；过程监控需实现检修全流程数据实时采集、工序进度追踪，以及异常情况自动预警；质量评价需依据行业标准与企业规范，对检修成果进行量化评分，并生成针对性改进建议。(2) 非功能需求：安全性方面，需建立多层次防护体系，保障机车核心数据、检修机密等敏感信息不泄露、不篡改；可扩展性方面，系统架构需支持功能模块横向扩展与技术架构纵向升级，适配未来多机型检修需求与技术迭代；用户友好性方面，界面设计需简洁直观，操作流程便捷，降低一线检修人员与管理的学习成本。

2.2 系统架构设计

(1) 总体架构：采用分层设计模式，清晰划分三层核心架构。数据层负责全量检修数据的存储与管理，涵盖机车基础信息、检修记录、人员权限、标准规范等数

据,保障数据的集中化与完整性;逻辑层为核心业务处理层,封装检修计划生成算法、质量评价模型、异常预警规则等核心逻辑,实现数据的加工处理与业务逻辑的协同联动;应用层面向用户提供具体功能服务,通过桌面端、移动端等多终端呈现检修计划管理、过程监控、质量评价等操作界面,实现与用户的交互。(2)技术选型:数据库选用MySQL集群,兼顾数据存储容量与查询效率,支持海量检修数据的稳定存储;开发框架采用SpringBoot+Vue,后端依托SpringBoot实现高效的业务逻辑开发,前端通过Vue构建轻量化、高交互性的用户界面;接口设计采用RESTfulAPI规范,实现前后端数据交互及与外部系统的对接,同时采用WebSocket技术保障过程监控数据的实时推送,提升系统响应速度^[2]。

2.3 核心模块设计

(1)检修计划管理模块:基于机车运行里程、故障历史等数据,通过算法模型自动化生成检修任务清单,同时根据人员技能等级、备件库存状态智能匹配资源,支持计划的手动调整与审批流程线上化。(2)过程监控模块:依托物联网传感器与智能终端,实时采集检修工序进度、关键部件参数等数据,通过预设阈值判断异常情况,及时推送预警信息至相关人员,确保问题早发现、早处置。(3)质量评价模块:内置行业标准与企业质量规范,通过数据比对自动完成检修质量量化评分,针对扣分项目生成针对性改进建议,形成质量评价报告供后续优化参考。(4)数据追溯模块:记录机车检修全生命周期信息,包括检修人员、工序详情、备件使用、质量检测等数据,支持按机车编号、检修批次等多维度查询追溯,实现质量问题精准定位。

2.4 数据库设计

(1)数据表结构:核心数据表包括检修记录表(存储检修任务ID、机车编号、检修工序、检测数据、检修人员等信息)、设备信息表(记录机车及检修设备的型号、参数、维护历史等基础数据)、人员权限表(存储用户信息、角色类型、操作权限范围等数据),同时配套设计检修标准表、异常预警表等辅助数据表,覆盖全业务流程数据需求^[3]。(2)数据关系与存储优化:采用外键关联构建数据表间逻辑关系,如检修记录表通过机车编号关联设备信息表,通过用户ID关联人员权限表,确保数据一致性;存储优化方面,对高频查询的检修过程数据建立索引提升查询效率,对历史归档数据采用分区存储策略,减少主表数据量,同时定期进行数据备份与清理,保障数据库运行效率与数据安全性。

3 铁路机车检修质量管理信息系统应用实践与效果验证

3.1 案例背景与实施环境

(1)案例背景:选取某铁路局下属核心机务段作为试点单位。该机务段承担着区域内货运与客运机车的检修任务,现有检修机车涵盖和谐号、复兴号等多种机型,年均检修量达320台次。试点前,因传统管理模式存在数据分散、协同不畅等问题,导致检修周期波动较大,质量追溯效率低,亟需通过信息化系统提升管理水平与检修效能。(2)实施环境:硬件设施方面,配置工业级服务器5台构建数据处理集群,配备120台智能手持终端供一线检修人员现场数据录入,在检修车间部署45个物联网传感器实时采集设备状态数据,同时升级车间局域网至千兆带宽,保障数据传输稳定;网络环境方面,搭建内外网隔离架构,通过防火墙、入侵检测系统构建安全防护体系,接入铁路局统一数据交换平台,实现与上级管理系统的网络互通。

3.2 系统实施过程

(1)人员培训与系统部署:实施前期开展分层分类培训,针对管理人员开展决策分析、系统运维等模块培训,针对一线检修人员开展数据录入、异常上报等实操培训,累计培训8场次、覆盖350余人次,确保全员掌握系统操作要点。系统部署采用分步推进模式,先完成核心模块的安装调试,再逐步扩展功能范围,部署过程中安排技术团队驻场值守,及时解决部署过程中出现的设备兼容、参数适配等问题,保障系统平稳上线。(2)数据迁移与接口对接:开展全量历史数据梳理与迁移工作,组织专人对过去3年的检修记录、设备信息、人员档案等数据进行清洗、标准化处理,确保迁移数据的完整性与准确性,累计迁移数据量达12万条。同时完成与机务段既有ERP系统的接口对接,实现检修计划、备件需求、成本核算等数据的双向同步,打破数据孤岛,保障检修业务与财务管理、备件管理等业务的协同联动^[4]。

3.3 应用效果分析

(1)效率提升:系统应用后,检修计划自动化生成与资源智能配置功能大幅缩短了计划编制周期,单台机车检修计划编制时间从原来的2天缩短至4小时;通过过程监控优化工序衔接,单台机车平均检修周期缩短15%,同时资源利用率显著提高,检修人员工作饱和度优化至合理区间,备件库存周转率提升20%,有效减少了资源闲置浪费。(2)质量改善:依托实时监控与异常预警功能,检修过程中的违规操作与参数异常被及时发现并处置,试点期间机车检修后故障率从原来的3.2%下降至

1.1%；质量评价与追溯体系的完善，推动检修环节精准把控质量要点，返修率从4.5%降低至1.3%，大幅提升了检修质量稳定性。（3）管理优化：系统整合的海量检修数据为管理层提供了数据支撑，通过数据分析实现检修趋势预判与资源优化配置，决策支持能力显著增强；同时，成本核算模块实现检修全流程成本实时追踪，单台机车检修平均成本降低8%，成本可控性大幅提升，为精细化管理提供了有力保障。

3.4 用户反馈与改进建议

（1）操作便捷性评价：多数用户反馈系统界面简洁直观，核心操作流程清晰，智能提示功能降低了操作难度，一线检修人员通过手持终端可随时随地完成数据录入，提升了现场工作效率；但部分年龄较大的检修人员反映部分高级功能操作繁琐，需要进一步简化操作步骤。（2）系统稳定性与兼容性反馈：系统运行期间整体稳定性良好，未出现重大故障，数据传输实时性满足业务需求；但存在少数老旧检修设备与系统兼容性不足的问题，部分传感器数据采集偶尔出现延迟，需进一步优化设备适配方案与数据传输协议。改进建议方面，用户建议增加操作视频教程与智能客服功能，优化高级功能操作流程；同时建议加强系统与老旧设备的兼容性适配，升级数据传输模块，提升数据采集的稳定性与实时性。

4 铁路机车检修质量管理信息系统实施的挑战与对策

4.1 实施过程中的主要挑战

（1）数据标准化与共享难题。不同机务段原有数据格式不统一，检修记录、设备参数等数据存在字段缺失、口径不一等问题，难以直接整合接入系统；同时，各部门数据壁垒明显，跨单位、跨部门数据共享机制不完善，导致系统数据采集不全面，影响数据分析与决策效果。（2）人员信息化素养不足。一线检修人员多习惯于传统人工操作模式，对信息化系统的操作熟练度较低，部分管理人员对系统数据应用能力不足；此外，信息化技能培训覆盖不全面，后续技术支持跟不上，制约了系统功能的充分发挥。（3）系统安全性与隐私保护压力。系统存储大量机车核心参数、检修机密及人员信息等敏感数据，面临网络攻击、数据泄露等安全风险；同

时，数据共享过程中易出现隐私信息泄露问题，对系统安全防护与隐私保护机制提出极高要求。

4.2 应对策略

（1）制定统一的数据接口标准。联合行业主管部门与各机务段，建立铁路机车检修数据标准化规范，明确数据字段、格式、编码等要求；搭建统一的数据共享平台，规范数据交换流程，打破部门数据壁垒，保障数据高效整合与安全共享。（2）加强分层培训与技术支持。针对不同岗位人员制定差异化培训方案，对一线人员侧重实操技能培训，对管理人员强化数据应用能力培养；建立常态化技术支持机制，设立线上线下载询渠道，及时解决人员操作过程中遇到的问题，提升全员信息化素养。（3）引入加密技术与权限管理机制。采用数据传输加密、存储加密等技术，保障敏感数据全生命周期安全；建立精细化权限管理体系，按岗位划分操作权限，实现数据访问全程追溯，同时完善隐私保护制度，明确数据使用边界，防范隐私泄露风险。

结束语

铁路机车检修质量管理信息系统的应用研究，为提升机车检修质量与效率提供了有效路径。通过实践验证，该系统在优化检修流程、强化质量监控、实现数据共享等方面成效显著。然而，系统应用中仍存在如人员操作熟练度、数据安全防护等挑战。未来，需持续完善系统功能，加强人员培训，提升数据安全保障，让系统更好地服务于铁路机车检修，为铁路运输安全高效运行筑牢根基。

参考文献

- [1] 刘晓萌. 铁路机车信号综合诊断测试系统探讨[J]. 商品与质量, 2021, (10): 221-221.
- [2] 吴斌. 质量管理体系在飞行模拟训练设备中的应用研究[J]. 工程技术研究, 2021, 3(8): 146-147.
- [3] 王美云, 喻成, 蒋凌力. 机车检修质量管理过程控制系统的设计与实现[J]. 铁路计算机应用, 2021, (12): 104-106.
- [4] 吴明新, 朱航. 机车检修质量管理系统的设计与实现[J]. 武汉理工大学学报, 2022, (04): 126-128.