探讨设备智能维修保养系统在设备安全管理方面的应用

张立强
中铁六局集团丰桥桥梁有限公司　北京　100000

摘　要　在信息化与工业化深度融合的背景下，施工企业设备安全管理正从经验管理向科学管理转型。本文基于中铁六局集团某有限公司的现场实践，深入分析设备智能维修系统在设备安全管理中的科学化应用路径。该系统依托物联网、大数据、移动互联等现代信息技术，构建数据驱动的设备安全管理新模式，实现设备安全状态可视化监控、维保流程智能化管控及风险因素预测性预警，形成“风险识别—过程控制—持续改进”的完整科学管理闭环。系统的落地应用显著提升了维保计划执行力与管理水平，有效降低设备故障率和安全事故发生率，实现管理成本优化与组织效能提升，为施工企业设备安全管理的数字化转型提供了可复制的实践方案与技术参考。

关键词　设备安全管理；信息化；智能维修系统；科学管理；大数据；预测性维护

Exploring the Application of Intelligent Equipment Maintenance Systems in Equipment Safety Management

Zhang Li-qiang
Fengqiao Bridge Co., Ltd., China Railway Sixth Group, Beijing 100000, China

Abstract　In the context of the deep integration of informatization and industrialization, equipment safety management in construction enterprises is transitioning from empirical management to scientific management. Based on the on-site practices of a company under China Railway Sixth Group, this paper provides an in-depth analysis of the scientific application pathways of an intelligent equipment maintenance system in equipment safety management. Relying on modern information technologies such as the Internet of Things, big data, and mobile internet, the system establishes a data-driven new model for equipment safety management. It enables visual monitoring of equipment safety status, intelligent control of maintenance workflows, and predictive warning of risk factors, thereby forming a complete scientific management cycle of “risk identification–process control–continuous improvement.” The implementation of the system significantly enhances the execution of maintenance plans and management levels, effectively reduces equipment failure rates and safety incidents, optimizes management costs, and improves organizational efficiency. This provides a replicable practical solution and technical reference for the digital transformation of equipment safety management in construction enterprises.

Key words　Equipment Safety Management; Informatization; Intelligent Maintenance System; Scientific Management; Big Data; Predictive Maintenance

现如今，国家“制造强国”的战略不断推进，施工企业正从传统粗放式管理向着精细化、智能化管理的方向转变。转变的过程中，设备安全管理是企业安全生产的重要组成部分，其管理水平严重影响到企业的生产效率和经营效益。根据国家应急管理部相关统计了解，机械设备的故障和维保不当是施工安全事故发生的主要原因之一。传统的设备安全管理模式主要依靠人工巡检、纸质记录和经验进行判断，存有信息滞后、标准不一、误差大、难以追溯等诸多问题[1]。为此，研究并实践一种基于科学和信息化的新型设备安全管理模式，可以提升企业的核心竞争力，促进企业可持续发展。

1　设备安全管理的信息化转型需求与科学基础

1.1 传统管理模式困境催生信息化需求

以中铁某局集团某有限公司为例，设备管理面临的主要问题是信息单一和过程失控。公司有多台机械设备分布广泛，且设备种类多，保养周期不同，保养方式不同，保养单位以及保养人员分散，使得公司层面无法获得有效统一、真实的安全状态全景，不利于风险控制。设备管理处于管理者下发指令，一线操作员人工自觉执行，维修人员的操作行为没法全面监管，检查、维修保养报告存在漏报、补报的情况，而且公司设备内部调拨频繁，各个使用阶段的设备档案资料难以汇总成整体的

设备档案，经常容易出现设备使用者不清楚设备以往的维保情况、无法针对性地开展检查，从而导致设备故障频发，这使得设备安全管理流程存有严重问题，风险预警只能在事后响应，决策也由于缺少数据支撑而依靠经验[2]。

1.2 信息化技术奠定科学管理基石

信息技术为解决以上管理问题提供了有效的方法和工具。以技术创新驱动的管理科学，通过对设备全生命周期数据进行收集、分析和挖掘，识别运行规律以及故障的模式，推动管理决策从主观依赖向客观数据转变。以流程再造为中心的管理工程，利用信息技术对传统低效的维护流程进行改造，保证安全管理制度可以有效落地。以系统集成为导向的系统工程思想，指导我们将设备管理的各环节进行整合，实现管理要素的协同优化以及整体效能的提升。三者协同，奠定了设备安全管理向信息化方向转型的基础。

2 设备智能维修系统的科学架构与核心技术

基于系统工程理念，构建了分层解耦、功能集成的设备智能维修系统架构，分为感知层、数据层、平台层和应用层[3]。感知层集成移动终端、传感器与视频监控，保障数据真实有效。数据层依托阿里云平台建立结构化数据库，整合设备档案、维保记录与运行数据等。平台层集成数据处理引擎、智能预警模型与微服务接口，实现智能分析与业务灵活配置。应用层面向不同用户，提供维保管理、安全监控及知识库学习等功能。

该系统实现设备从采购至报废的全流程管控，具备预测性、自适应性和可追溯性[4]。预测性基于智能模型实现预警；自适应性动态调整维保策略；可追溯性通过全息数字档案形成完整责任链条。主要技术支撑包括：云计算数据中心提供算力；微信生态轻量化应用降低使用门槛；机器学习分析引擎推动智能决策；工作流引擎确保流程标准刚性落地。

3 系统在设备安全管理中的核心科学应用路径

此系统在设备安全管理时，构建了基于数据挖掘的预测性风险管理路径、基于固定流程的标准化作业管控路径以及基于物联网与大数据的深化感知与决策优化路径，通过这3个路径对设备进行全流程安全管控联动，实现设备的高效全面安全管理，以下将对其具体的运用方法进行分析。

3.1 基于数据挖掘的预测性风险管控路径

重点在于构建量化风险评估模型，以设备运行时间、历史故障频率、维保记录完整性及人员技能等多维数据为输入，通过机器学习动态校准权重，计算风险系数。系统建立三级智能预警机制：计划预警（维保分级提醒）、异常预警（传感器实时报警）与风险预警（高风险设备标注）。预警信息通过微信、短信自动推送，责任到人，实现从“事后警报”向“事前预警”的转变。依托大数据支持，量化评估与多层级预警显著提升系统安全风险防控能力[5]。

3.2 基于流程固化的标准化作业控制路径

系统将安全操作与维保标准全面数字化、标准化，构建电子化工单系统，将任务分解为附有图文说明、视频演示及安全红线的标准步骤，降低操作失误风险。系统支持智能化动态表单，依据设备类型与维保类别自动生成含必填项、拍照项的数据收集界面，保障维修的精准性与科学性。通过流程固化，实现“以标准定流程、以流程明责任、以责任保安全”的闭环管理，推动安全生产责任制从制度要求转化为规范行动[6]。

3.3 基于物联网与大数据的深度感知与决策优化路径

通过集成振动、温度、压力等传感器及GPS与环境监测数据，系统对设备状态进行实时监控与多源数据融合分析。平台实现三大功能：设备健康度量化评分、故障模式智能关联分析、维保策略动态优化，推动维保模式从定期维护向预测性维护转变。信息技术与物理设备的深度融合，显著提升设备联动性与系统运行安全稳定性。

3.4 基于分级授权的人员资质管控路径

系统建立人员数字档案，将岗位职责、持证情况、培训记录与操作权限自动关联，实现分级授权与权限控制。不同岗位人员仅能执行权限内操作，关键操作需具备相应资质和审批流程。通过移动身份认证与操作日志记录，落实“人、证、岗、权”统一，并可在高风险作业中强制双人复核或电子工票审批，从源头杜绝违规操作带来的安全风险，实现人员因素的可知、可控与可追溯。

4 实施成效

4.1 关键安全与管理指标的全面跃升

系统应用之后，设备安全管理核心绩效指标有明显的积极变化。最直接的成效就是事故预防，依靠预测性预警和标准化作业管控，设备相关安全事故发生率大幅度降低，安全管理的被动局面得到根本性的改变。效率上，数字化流程取代了以前的纸质传递、人工协调方式，维保任务从下达、执行、验收的全过程耗时大大缩短，管理人员从繁杂的事务性工作中解脱出来，转而进行风险分析和决策优化。合规性管理也得到了加强，系统固化下来的操作规范以及自动记录的功能，保证了每一次的维保活动都符合安全规程，也为安全审计提供了一个完整的、不可篡改的数据链。这些改善都指向一个目标，即创建

出一个更加主动、高效、可靠的设备安全运行环境。

4.2 经济效益与隐性价值的科学核算

该系统投入运行后，显著降低了维修费用。通过预测性维护减少了大修与紧急维修频次，优化了备件库存并减少资金占用。同时，设备可靠性提升保障了生产连续性，安全事故的减少也降低了潜在赔偿风险并改善了企业形象。系统积累的设备全生命周期数据，更持续为管理决策提供支持，形成安全与效益的良性循环。

4.3 管理效能与组织能力的结构性提升

该系统深远的影响就是促使设备安全管理体系和组织能力整体升级。管理流程已经完成了数字化转型，形成由数据感知、智能决策、执行反馈构成的闭环，管理的透明度以及控制力度达到了前所未有的高度。组织知识得以有效沉淀与传承，系统内置的知识库、案例库把个人经验转化为组织财富，加快了新员工的培养以及整个团队技术能力的提高。更重要的是，它塑造了一种以数据、流程为核心的安全文化氛围。员工渐渐适应了在系统指引下规范作业，依靠数据分析做决策，持续改进的意识融入日常工作中。文化与体系的协同进化，使企业形成了动态、自适应的设备安全管理长效机制，核心竞争力得到实质性的提升。

5 关键成功因素、挑战与未来展望

5.1 多维度协同的成功关键

系统成功得益于技术、管理与组织文化三者的有效协同。技术层面，采用微信小程序作为轻量化前端载体，降低了使用门槛与培训负担；依托标准化数据治理框架，保障数据全生命周期的质量与可靠性；模块化的底层架构为功能拓展奠定基础。管理层面，公司管理层展现战略决心并投入资源，通过明确责任划分、优化组织结构确保流程落地；建立全员参与、理论与实践结合的阶梯式培训体系，持续提升团队能力。文化层面，通过制度设计与常态化运营，培育注重数据与事实的决策文化，并借助PDCA循环机制，使持续改进理念内化为员工习惯。

5.2 直面挑战与应对策略

系统推进中面临多重挑战：历史数据缺失或不规范、部分老员工数字化接受度低、新旧系统并存导致数据孤岛与流程断层。项目组采取系统性应对策略：数据治理方面，组建跨部门专项小组，制订标准化清洗与补录流程，提升历史数据可用性；人员适应方面，创新推行“数字导师”机制，结合青年骨干与老员工经验，通过手把手教学与场景化演练，在技能传递中缓解转型焦虑；系统整合方面，采取“急用先行、由点及面”的渐进式集成路径，优先打通设备台账、维保记录等核心业务流数据接口，以可见成效赢得支持，为后续全面融合与流程重构奠定基础。

5.3 未来技术演进方向

将来系统向着智能化、可视化、平台化和生态化的方向发展，通过引入先进的机器学习算法，可以有效实现故障的准确判断以及处理方案的自动生成。结合数字孪生技术建设，三维可视化模型，实现沉浸式监控以及模拟维护。推动系统从封闭管理向着开放共享的设备服务生态平台转变，结合供应商、服务商和外部专家资源，形成可以自我优化的智能设备安全管理生态。

6 结束语

设备智能维修系统通过数据驱动的预测管控、流程固化的作业控制及深度感知的决策优化，实现了设备安全管理科学化与信息化，有效解决了传统管理中的突出问题。系统的成功运行依赖于技术场景匹配、管理机制适配及企业文化的协同支持。未来，随着5G、人工智能等新技术的进一步融合，该系统将向更智能的方向持续演进，为施工行业高质量发展提供支撑。

参考文献

[1]赵阳,孙秀鑫,赵文豪.智能消防系统及消防设备在工业企业安全管理中的应用分析[J].机电安全,2025(7):37-41.

[2]吴山.港口设备智能化监控系统在港口安全管理中的应用研究[J].中国设备工程,2025(11):28-30.

[3]陈国伟,杜晓东,杨维涛.智能监测系统在机械设备故障预测与预防性维修中的应用研究[J].家电维修,2025(7):12-14.

[4]马风雪.广播电视发射塔机电设备智能化维修系统的设计与应用[J].现代工业工程,2025(11):5-7.

[5]况军.机场场道工程设备智能化管理与维修系统研究[J].建筑机械,2025(6):144-147,154.

[6]马登秋,喻登攀,邓孝丽,李青.实验室设备安全智能管理系统设计[J].物联网技术,2025,15(13):61-65.

（本文编辑　杜宇琪）

