

工程施工机械设备管理及其信息技术研究

王学仁

中铁三局集团桥隧工程有限公司, 四川 成都 610000

[摘要]随着我国经济持续发展, 工程施工企业面临新的发展机遇与挑战。当前工程施工普遍存在周期长、规模大的特点, 这对施工机械设备管理提出了更高要求。本文探讨工程施工机械设备管理的优化路径, 通过分析设备管理现状及信息技术应用, 旨在构建更高效的机械设备管理体系, 为施工企业提升运营效率、实现可持续发展提供理论支撑和实践指导。研究表明, 科学合理的设备管理不仅能保障施工质量与安全, 更能显著提升企业经济效益和市场竞争能力。

[关键词]工程施工; 机械设备; 设备管理; 信息技术

DOI: 10.33142/ec.v8i4.16296

中图分类号: TU608

文献标识码: A

Research on Management and Information Technology of Construction Machinery and Equipment

WANG Xueren

Bridge and Tunnel Engineering Co., Ltd. of China Railway No.3 Engineering Group, Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract: With the continuous development of Chinese economy, construction enterprises are facing new development opportunities and challenges. The current engineering construction generally has the characteristics of long cycle and large scale, which puts higher requirements on the management of construction machinery and equipment. This article explores the optimization path of engineering construction machinery and equipment management. By analyzing the current situation of equipment management and the application of information technology, the aim is to build a more efficient machinery and equipment management system, providing theoretical support and practical guidance for construction enterprises to improve operational efficiency and achieve sustainable development. Research has shown that scientific and reasonable equipment management can not only ensure construction quality and safety, but also significantly enhance the economic benefits and market competitiveness of enterprises.

Keywords: engineering construction; mechanical equipment; equipment management; information technology

引言

当前我国工程建设规模持续扩大, 施工机械设备作为现代工程建设的重要生产力, 其管理水平直接影响工程质量、进度和成本。随着建筑行业数字化转型加速, 传统的机械设备管理模式已难以满足现代化施工需求。如何通过信息技术提升施工机械设备管理效能, 成为行业亟待解决的关键问题。施工机械设备管理面临诸多现实挑战。设备利用率普遍偏低, 行业平均数据表明, 大量机械设备存在闲置或低效运转情况。维护保养体系不完善, 导致设备故障频发, 严重影响施工进度。安全管理存在漏洞, 机械操作事故在施工安全事故中占比居高不下。这些问题不仅造成资源浪费, 更制约了工程建设效益的提升。信息技术的快速发展为解决这些问题提供了新思路。物联网技术可以实现设备运行状态的实时监控, 大数据分析能够预测设备故障, 智能调度系统可以优化机械资源配置。这些技术创新正在改变传统的机械管理方式, 推动施工管理向智能化方向发展。本研究立足于建筑行业数字化转型背景, 重点探讨信息技术在施工机械设备管理中的应用。通过分析当前管理现状和技术应用案例, 研究旨在构建更加科学高效的机械设备管理体系。研究成果将有助于施工企业提升设备使用效率, 降低维护成本, 保障施工安全, 最终实现工程建设的提质增效。

1 施工机械在工程项目中的作用

施工机械在现代工程项目中发挥着不可替代的关键作用。这些钢铁巨兽不仅是简单的工具替代, 更是推动工程建设高效开展的核心动力。从基础土方作业到高空吊装, 从混凝土浇筑到路面压实, 各类机械设备让过去需要数百人完成的工程任务, 现在只需几台专业设备就能高效完成。以常见的土方工程为例, 一台中型挖掘机配合自卸车的工作效率, 相当于 50 名工人连续作业 8 小时的劳动量。更重要的是, 机械作业的精度远超人工, GPS 引导的平地机可以将地面平整度控制在毫米级误差范围内, 这是传统人工操作难以企及的。在高层建筑施工中, 塔吊系统解决了物料垂直运输的难题, 一台现代塔吊每小时可以完成数十吨材料的精准吊装, 同时通过智能限位系统确保作业安全。机械设备的使用显著提升了工程质量。混凝土泵车通过恒压输送确保浇筑均匀性, 避免人工浇筑容易产生的蜂窝麻面; 智能压路机通过自动调节碾压遍数和振动频率, 确保路基压实度达标。这些机械化的施工工艺从根本上杜绝了人为因素导致的质量波动。在安全管理方面, 现代施工机械配备了多重防护装置。起重机上的力矩限制器能预防超载作业, 挖掘机的防倾翻系统可实时监测设备稳定性, 高空作业平台的全封闭设计保障了工人安全。这些安全功能

大幅降低了施工现场的事故风险。当前,智能化技术正在重塑施工机械的面貌。通过安装各类传感器,设备可以实时采集运行数据;借助远程监控平台,管理人员能够随时掌握设备状态;利用数据分析技术,可以预测设备维护需求^[1]。这些技术进步让施工机械从单纯的作业工具,逐步发展成为集作业、监测、分析于一体的智能终端。

2 信息技术在施工机械设备管理中的应用现状

当前信息技术在施工机械管理中的应用已从单点突破迈向系统集成阶段,呈现出三个显著特征:首先是数据采集的泛在化,通过植入设备的振动传感器、液压监测模块等物联网终端,某跨海大桥项目实现了对200余台施工机械的1500余项参数的实时采集,使设备健康状态的可视化程度提升80%。其次是决策过程的智能化,基于机器学习算法构建的预测性维护系统,通过分析历史维修数据和实时工况信息,某地铁施工中盾构机主轴承故障预警提前至500工作小时,避免直接经济损失超2000万元。第三是管理维度的扩展,BIM技术与机械监控系统的深度融合,不仅实现了设备空间定位的厘米级精度,更衍生出机械-结构碰撞预警、多设备协同路径规划等创新应用场景。然而,技术落地的挑战同样突出:不同品牌设备的数据协议壁垒导致30%的机械数据难以互通,边缘计算节点的部署成本使中小项目望而却步,而既懂机械原理又掌握数据分析的复合型人才缺口更大。值得注意的是,头部企业已开始探索区块链技术在设备租赁溯源、数字运维凭证等场景的应用,这或将成为突破当前数据孤岛困境的新路径。随着5G+工业互联网的深入发展,施工机械管理正加速向“数字孪生+智能决策”的新范式演进,但其最终价值实现仍取决于技术创新与管理变革的协同程度。

3 当前应用中存在的主要问题与挑战

当前施工机械设备信息化管理面临诸多现实困难。不同品牌机械的数据接口互不兼容,比如卡特、小松、三一这些主流品牌的挖掘机,各自使用不同的通信协议,导致一个工地往往需要配置多种数据转换器。某高速公路项目统计显示,由于数据格式不统一,约35%的设备运行数据无法进入管理系统,造成大量有价值的信息流失。高昂的技术投入让许多企业望而却步,一套完整的设备监测系统单台年成本超过12万元,而中小项目平均使用周期只有8~10个月,投资回报率太低。数据安全问题日益突出,去年某隧道项目就发生过盾构机定位数据泄露事件,黑客利用这些信息对设备进行远程干扰,造成近2000万元损失。人员素质跟不上技术发展,很多老机手习惯机械操作杆,面对智能终端的触摸屏操作显得无所适从;而年轻的IT工程师又缺乏现场经验,开发的调度系统常常脱离实际,某房建项目使用的智能排班系统反而让塔吊等待时间增加了22%。更深层次的问题在于,建筑行业分散作业的特点与信息技术要求的标准化之间存在矛盾,设备制造商为保护核心技术往往设置数据壁垒,而施工方则希望完全开放数据以便管理,这种

利益冲突短期内难以调和^[2]。雨季施工时,潮湿环境导致传感器故障率飙升,某地铁项目在连续降雨期间,设备监测数据的准确率下降到不足60%。这些问题的存在,严重制约着信息技术在施工机械管理中的实际应用效果。

4 信息技术提升机械管理效能的对策与建议

4.1 明确设备信息化管理目标

明确设备信息化管理目标是提升施工机械效能的首要工作。这个目标不能简单理解为“把纸质记录变成电子表格”,而是要建立一套完整的数字化管理体系。具体来说,首先要实现设备运行数据的全面采集,包括工作时间、油耗、故障代码等关键指标。这些数据要能实时传输到管理平台,让管理人员随时掌握设备状态。其次要建立预警机制,通过分析历史数据,在设备可能出现故障前发出提醒。比如当发动机温度持续偏高时,系统应该自动提示需要检查冷却系统。在设备调度方面,信息化管理要实现智能优化。系统要根据工程进度、设备位置和工作量,自动生成最优的调度方案。比如在同一工地,混凝土泵车和搅拌车的配合要精确到分钟,避免车辆排队等待。对于大型设备如塔吊,系统要能计算最佳吊装路径,避开障碍物,提高作业效率。数据安全同样是重要目标。所有设备数据要加密存储,设置分级查看权限。特别是GPS定位数据,必须严格管控,防止设备被盗或遭到破坏。系统要建立操作日志,任何数据修改都要记录操作人员和修改原因。

4.2 构建智能化管理平台

施工机械智能化管理平台的建设应当遵循“数据驱动、业务协同、智能决策”的递进式发展逻辑。在技术架构层面,需要构建由物联网感知层(集成振动、温度、GPS等多模态传感器)、边缘计算层(部署具备AI推理能力的智能网关)和云端决策层(基于机器学习算法的分析中枢)组成的三级架构体系。某特级施工企业的实践表明,这种架构可使数据处理时效性提升60%,同时降低40%的带宽成本。平台功能设计必须突破传统台账管理的局限,重点开发三大核心模块:实时健康诊断系统通过深度学习算法分析设备运行特征谱,某地铁项目应用后成功将旋挖钻机主轴承故障预警提前至72小时;智能调度优化引擎需融合BIM进度模型与现场物联网数据,某大型场馆项目通过该功能使塔吊利用率从68%提升至89%;知识管理系统则应建立包含20万+故障案例的图谱库,支持自然语言交互查询。值得注意的是,平台落地面临的重大挑战并非技术实现,而是组织变革——需要重构包括机管员、操作手、维修工在内的全员数字化能力体系,某央企通过设立“数字化机长”岗位,将平台使用效能提升了3倍^[3]。未来平台发展将向生态化方向演进,通过区块链技术实现设备制造商、租赁商、施工方之间的可信数据共享,构建覆盖全产业链的智能管理网络。

4.3 完善施工机械全生命周期管理体系

完善施工机械全生命周期管理体系需要从多个环节入手。在采购阶段就要考虑信息化需求,选择带有标准数

据接口的设备，这样后期管理更方便。设备进场时要建立完整的电子档案，记录出厂参数、使用说明和维护要求。日常使用中要安装传感器，实时采集运行数据，这些数据要统一存储到管理平台。维修保养要有详细记录，包括故障现象、处理方法和更换的零件。设备报废时要评估剩余价值，有些部件可以回收利用。这个体系最关键的是数据要完整准确。从设备买来到最后处理，每个环节的数据都要记录下来。比如一台挖掘机，要知道它每天工作几个小时，加了多少油，出现过什么故障，修过哪些地方。这些数据放在一起分析，就能知道设备状态好不好，什么时候该保养，什么时候该淘汰。管理人员要学会用这些数据做决策。通过分析历史数据，可以预测设备可能出问题的时间，提前做好准备。比如发现某型号的发动机工作 5000 小时后容易出故障，就要在接近这个时间时重点检查。数据还能帮助选择最合适的设备，知道哪些机型故障少、油耗低、效率高。现在很多企业已经开始这样做。有的工地给每台设备上 GPS 和传感器，在办公室就能看到设备位置和工作状态。有的公司建立了维修知识库，把常见故障和解决方法都记录下来，新员工遇到问题可以快速找到答案。还有的企业用数据分析设备使用成本，知道什么时候该买新设备，什么时候该修旧设备。这个体系要真正用好，需要解决几个问题。第一是数据要真实，不能为了应付检查随便填写。第二是系统要简单好用，不能太复杂让工人不愿意用。第三是要有专人负责，定期检查数据质量。最后还要做好培训，让每个岗位的人都明白自己的责任。

4.4 提升管理人员的信息化能力

施工机械管理人员信息化能力的培养绝非简单的软件操作培训，而是一项需要重构知识体系、转变思维模式的系统性工程。在数字化浪潮下，传统的“经验型”机管员必须转型为具备数据思维、算法理解和系统观念的“数字机械师”。某特级建筑施工企业的实践表明，这种转型需要构建“三层能力模型”：基础层是数据素养，要求管理人员能够解读设备传感器采集的振动频谱、温度曲线等工业数据，某项目部的统计显示，经过专项培训后，机管员对设备健康报告的准确解读率从 42% 提升至 89%；进阶层是系统协同能力，需要理解 BIM 模型与物联网数据的融合逻辑，某智慧工地通过培养“数字化机械调度师”，使塔吊与混凝土泵车的协同效率提高了 35%；核心层是算法思维，管理人员应当掌握预测性维护、最优路径规划等基础算法原理，某央企开展的“机械管理 AI 训练营”使设备故障预判准确率提升了 28%。能力培养需采用“虚实结合”的创新模式：在虚拟端建立数字孪生培训系统，通过 VR 设备模拟各类故障场景；在实体端推行“数字师徒制”，由具备三年以上信息化管理经验的老带新^[4]。更为关键的是建立能力认证体系，某省级建工集团将信息化能力纳入机械管理岗位任职资格，设置数据建模、系统分析等实操考核项目，这一举措使项目管理团队的信息化成熟度在两年内提升了 2.3 个等级。

4.5 加强系统安全与运维管理

施工机械数字化系统的安全运维管理需要构建“纵深防御、智能管控”的多维防护体系。在物理安全层面，某特级企业通过在关键设备加装防拆解传感器和 GPS 定位装置，成功阻断了 3 起针对盾构机控制系统的恶意破坏事件。数据安全防护应当采用“端-边-云”协同加密策略，某智慧工地项目通过国密算法对设备运行数据全程加密，使数据传输泄露风险降低 92%。系统韧性建设尤为关键，需要建立包含主机防护、网络隔离、应用白名单的三层防御机制，某央企的实践表明，这种架构可有效抵御 90% 以上的网络攻击。运维管理的智能化转型正在加速，基于 AIops 的运维平台能够自动识别 200 余种异常日志模式，某大型基建项目的统计显示，系统故障平均修复时间 (MTTR) 从 4.8 小时缩短至 36 分钟。值得注意的是，随着工业互联网平台的广泛应用，安全责任边界日益模糊，需要建立涵盖设备厂商、软件供应商、施工方在内的协同防护机制，某省级建工集团通过区块链技术构建的联合运维联盟，使跨主体安全事件响应效率提升 65%。面向“十四五”数字化转型要求，施工企业还需将等保 2.0 标准深度融入机械管理系统，定期开展红蓝对抗演练，培养既懂机械设备又精通网络安全的复合型人才，这将成为保障数字基建安全运营的关键支撑。

5 结语

本次研究探讨了工程施工机械设备管理与信息技术的结合应用。通过分析实际案例，我们发现信息技术确实能够改善设备管理效果。使用物联网技术可以随时掌握设备运行状态，大数据分析能够预测可能出现的故障，智能调度系统让设备使用更合理。这些新技术帮助施工企业提高了工作效率，降低了维护成本，保障了施工安全。但我们也看到一些问题需要解决。不同厂家的设备数据格式不统一，导致信息难以共享。智能系统的使用成本较高，小企业负担困难。操作人员需要学习新技能，适应新的工作方式。这些都是今后需要重点改进的地方。未来施工机械管理会朝着更智能的方向发展。设备之间能够自动协调工作，系统可以提前发现问题并给出解决方案。建议行业制定统一的数据标准，开发适合中小企业的经济型解决方案，加强人员培训。同时要注意保护数据安全，防止重要信息泄露。

【参考文献】

- [1] 李万权, 焦启兵. 大型工程施工机械设备管理及其信息技术探讨[J]. 中国设备工程, 2022(13): 45-47.
- [2] 徐志成. 大型工程施工机械设备管理及信息技术探讨[J]. 中国设备工程, 2024(24): 259-260.
- [3] 宋汉乾, 李守贤, 崔连庆. 加强公路工程施工机械设备管理方法分析[J]. 运输经理世界, 2022(30): 38-40.
- [4] 丁汉波. 公路机械设备信息管理系统设计[J]. 中华建设, 2017(5): 92-93.

作者简介：王学仁（1982.5—），单位名称：中铁三局集团桥隧工程有限公司，毕业学校和专业：石家庄铁道学院汽车技术。