

# 建筑工程项目中施工机械设备智能化管理研究

梅昊阳

乐平市城市发展投资集团有限公司 江西景德镇 333000

**【摘要】**随着建筑工程项目规模不断扩大，施工机械设备智能化管理成为提升工程效率和安全性的关键因素。通过对大型建筑工程项目的调研分析，结合物联网技术、人工智能算法及大数据平台的应用实践，探索了机械设备智能化管理的实施路径。研究发现设备预测性维护、远程监控和智能调度三大核心技术的协同应用，能有效提升施工现场管理水平。智能化管理系统的应用显著改善了设备使用效率，降低了维护成本，减少了安全事故发生率，为建筑工程项目的高效运营提供重要支撑。

**【关键词】**建筑工程；机械设备；智能化管理；物联网；预测性维护

建筑工程项目机械设备管理面临着设备利用率低、维护成本高、安全风险大等诸多挑战。传统的人工管理模式已难以满足现代化工程建设的需求。随着信息技术的快速发展，将智能化管理理念引入施工机械设备管理领域，成为提升管理效能的必然选择。国内外相关研究显示，智能化管理在提高设备运行效率、降低维护成本、保障施工安全等方面具有显著优势。基于此，深入研究施工机械设备智能化管理的关键技术和实施策略具有重要的理论价值和实践意义。

## 1 施工机械设备智能化管理基础

施工机械设备智能化管理基础建立在物联网技术、人工智能和大数据分析等先进技术之上。智能化管理涉及设备全生命周期的动态监控、数据采集、分析预警和科学决策等多个环节。在设备动态监控环节，通过传感器网络实现对机械设备运行状态的实时感知，获取包括温度、振动、噪声、能耗等关键参数数据。数据采集环节依托物联网通信协议，构建数据传输网络，确保设备运行数据的及时、准确传输。分析预警环节运用机器学习算法，对采集的数据进行深度分析和挖掘，识别设备潜在故障风险。科学决策环节基于大数据分析结果，制定设备维护保养计划，优化设备调度方案。施工机械设备智能化管理通过信息化、数字化、智能化手段，实现对设备运行状态的精确把控，有效提升设备管理效率，降低设备维护成本，保障施工现场安全<sup>[1]</sup>。

## 2 智能化管理系统工程

### 2.1 系统架构与功能规划

施工机械设备智能化管理系统架构以整体性和可扩展性为设计原则，形成感知层、网络层、平台层和应用层四层功能体系。感知层采用智能传感技术和物联网技术，通过分布式传感器网络采集设备运行数据，部署RFID识别系统进行设备定位与管理，实现对机械设备全方位信息感知。网络层采用混合组网技术，构建5G与工业以太网相结合的通信网络，实现设备数据的高速可靠传输。物联网网关负责数据的协议转换与预处理，解决多源异构数据接入问题。平台层构建分布式计算框架，搭建数据中心与智能分析引擎，运用边缘计算技术处理海量设备数据，通过机器学习算法实现智能分析与预测。应用层基于微服务架构设计，开发设备实时监控、故障预警诊断、智能调度管理等功能模块，提供Web端与移动端应用接口，满足多场景管理需求。各层级间采用标准化数据接口，确保系统扩展性与兼容性<sup>[2]</sup>。

### 2.2 硬件设施配置方案

硬件设施配置秉持高可靠性与模块化原则，按功能需求进行分层部署。现场感知设备选用工业级传感器阵列，配置振动传感器监测设备运行状态，温度传感器追踪关键部件温度变化，压力传感器检测液压系统运行参数，位移传感器监控机械位置偏移。数据采集设备采用边缘计算网关，支持CAN总线、RS485、以太网等多种通信协议，具备边缘数据处理能力。中央数据处理中心部署高性能服务器集群，采用分布式存储架构，配置RAID磁盘阵列保障数据安全，建立同城双活数据备份机制。通信网络选用工业级交换机和路由器，支持千兆网络传输，采用冗余链路设计

提升网络可靠性。监控中心配置4K高清显示屏幕，搭建3D可视化监控平台，配备防爆级移动终端支持现场巡检。供电系统实施双回路供电方案，配置在线式UPS电源，电池组支持系统持续运行4小时以上。

### 2.3 软件平台设计开发

软件平台采用微服务架构，基于Spring Cloud框架开发核心功能模块。平台前端使用Vue.js框架构建响应式用户界面，采用WebGL技术实现设备3D可视化展示。后端服务采用分布式部署方案，使用Docker容器技术实现服务编排与治理。数据库层采用MySQL集群存储结构化数据，MongoDB存储设备运行日志，Redis提供高速缓存服务<sup>[3]</sup>。平台集成设备管理、运行监控、预警分析、维护管理等功能模块，通过RESTful API提供标准化接口服务。运行监控模块采用WebSocket技术实现数据实时推送，预警分析模块集成TensorFlow深度学习引擎，维护管理模块整合电子工单系统。平台配置Nginx负载均衡器，实现请求分发与服务高可用，部署ELK日志分析系统，对系统运行状态进行实时监控。

## 3 智能化管理技术体系

### 3.1 机械设备状态监测技术

机械设备状态监测技术通过多维传感系统实现设备运行状态的实时感知与评估（如图1所示）。传感系统由振动传感器、温度传感器、压力传感器和位移传感器组成，采用高精度MEMS技术，实现毫秒级数据采样。原始信号经过小波变换滤波降噪，消除环境干扰影响。信号预处理采用数据标准化方法，解决不同量纲问题。特征提取环节运用时域分析提取统计特征，通过傅里叶变换获取频域特征，利用小波包分解获取时频特征。状态评估阶段采用数据融合算法，结合专家规则库进行多参数综合分析，建立设备健康度评价模型。监测系统采用分布式架构，边缘端完成数据预处理，云端执行深度分析，实现复杂工况下设备状态

的准确评估。

### 3.2 智能预警与诊断技术

智能预警与诊断技术基于深度学习算法构建预测性维护模型。预警模块采用长短时记忆网络(LSTM)建立时序预测模型，通过历史数据训练实现关键参数趋势预测。诊断模块结合卷积神经网络(CNN)和注意力机制，构建故障特征自动提取与识别模型。预警阈值采用自适应算法动态调整，结合设备工况特征建立多级预警机制。故障诊断引入知识图谱技术，建立设备部件关联分析模型，实现故障传播路径追踪。系统集成模糊推理引擎，建立设备劣化评估模型，准确预测剩余使用寿命。诊断结果通过可视化技术直观呈现，支持故障定位、原因分析和处理建议智能推送，为设备维护决策提供数据支撑<sup>[4]</sup>。

### 3.3 设备调度优化技术

设备调度优化技术基于遗传算法和强化学习构建智能调度模型。调度系统采用多目标优化算法，将设备利用率、能耗效率、任务紧急度作为优化目标，建立设备动态分配模型。任务分配采用改进蚁群算法，结合设备状态信息和工程进度需求，生成最优调度方案。系统引入自适应权重机制，根据工程阶段特点动态调整各项指标权重。调度引擎集成场地布局优化模块，基于数字孪生技术构建场地模型，优化设备运行路径。系统支持多任务并行调度，采用冲突检测算法避免设备任务冲突，实现施工现场设备的协同运行。

## 4 系统应用与评价

### 4.1 实验方案设计实施

智能化管理系统在某大型建筑工程项目中应用，项目涉及塔吊、挖掘机、混凝土泵车等大型机械设备共计45台。系统部署采用分步实施策略，先期完成基础设施建设，包括传感器网络布设、通信网络搭建和服务器部署。

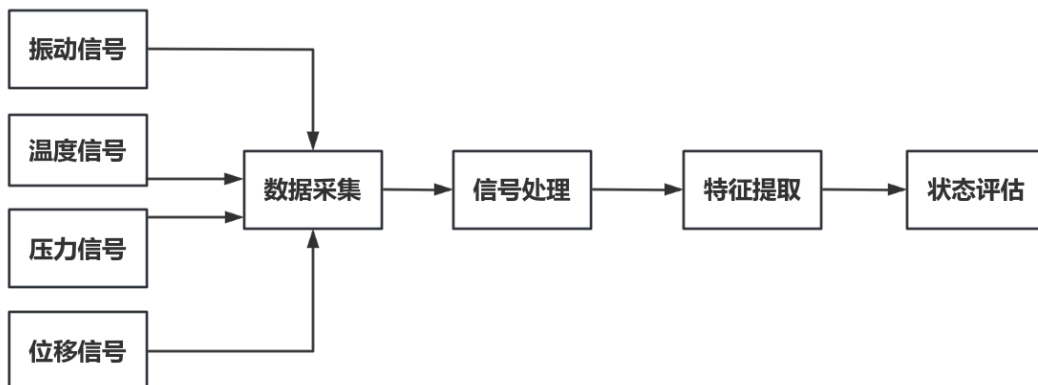


图1 机械设备状态监测技术流程图

感知层安装高精度传感器1200个,覆盖设备关键监测点。网络层采用5G专网与工业以太网相结合的混合组网方案,实现全场区网络覆盖。平台层部署高性能服务器集群,配置分布式存储系统。应用层开发Web端与移动端应用程序,实现多终端数据访问。系统实施过程中建立完整的数据采集方案,制定标准化的操作规程,对现场管理人员进行专业化培训,确保系统平稳运行。

#### 4.2 数据采集与处理

数据采集环节针对不同类型设备制定差异化采集方案。塔吊设备重点采集起重力矩、回转角度、变幅距离等参数,采样频率100Hz。挖掘机采集液压压力、发动机转速、油耗等数据,采样频率50Hz。混凝土泵车采集泵送压力、输送速度等参数,采样频率80Hz。数据处理采用分布式计算框架,边缘端配置工业计算机执行数据预处理,包括异常值过滤、数据标准化和特征提取。云服务器执行深度分析,运用机器学习算法进行数据挖掘。数据存储采用时序数据库与关系数据库相结合的方式,建立数据分级存储机制,实现海量数据的高效管理。

#### 4.3 系统性能评估

智能化管理系统运行六个月后进行全面性能评估,从设备管理效率、系统运行稳定性、数据处理能力等方面进行测评(如表1所示)。系统在设备故障响应时间方面实现显著提升,从原有45.6分钟降至12.3分钟。设备利用率提升至87.8%,较原有水平提高34.5%。预警模型准确率达到94.6%,较原

表1 智能化管理系统性能评估指标

评估指标	原有水平	应用后水平	提升幅度
设备故障响应时间(min)	45.6	12.3	73.0%
设备利用率(%)	65.3	87.8	34.5%
维护成本(万元/年·台)	12.8	7.2	43.8%
能源消耗(kWh/工作小时)	68.5	48.2	29.6%
安全事故率(次/千工时)	1.8	0.4	77.8%
预警准确率(%)	72.4	94.6	30.7%
数据采集实时性(ms)	850	120	85.9%
系统可用性(%)	92.5	99.8	7.9%

有系统提升30.7%。数据采集实时性提升至120毫秒,满足工程现场实时监控需求。系统可用性达到99.8%,确保工程项目持续稳定运行。安全管理方面,设备安全事故率下降77.8%,实现安全管理目标。能源管理方面,通过智能调度优化,设备单位时间能耗降低29.6%,达到节能减排要求。

#### 4.4 经济效益分析

智能化管理系统在经济效益方面实现显著成果。设备维护成本由原有的12.8万元/年·台降低至7.2万元/年·台,年度节约维护费用254万元。设备利用率提升带来施工效率增长,工期缩短15天,降低项目管理成本186万元。能源消耗降低产生节约成本98万元。安全事故率下降减少安全隐患处理支出76万元。人工成本方面,通过智能化管理,现场管理人员由原有24人减少至16人,年度节约人工成本96万元。设备远程管理减少现场巡检支出42万元。综合计算,智能化管理系统年度创造经济效益752万元,投资回收期约1.2年,具有良好的经济可行性。

#### 5 结语

施工机械设备智能化管理是建筑工程项目管理现代化的重要体现。研究表明,通过物联网感知、大数据分析、人工智能等技术的综合应用,可显著提升设备管理效率和安全性。实验数据验证了智能化管理在降低运维成本、提高设备利用率、减少安全事故等方面的积极作用。未来随着5G、人工智能等技术的进一步发展,智能化管理系统的功能将更加完善,应用场景将更加丰富,为建筑工程项目的高质量发展提供有力支撑。建议在推广应用过程中,注重技术创新与管理创新的深度融合,持续优化系统功能,提升智能化管理水平。

#### 参考文献:

[1]魏建国.智能化技术在工程机械设备安全管理中的应用研究[J].低碳世界,2023,13(02):184-186.  
[2]本刊编辑部.智能化工程机械提升智能建造水平——首届智能化工程机械交流研讨会在BICES 2023期间顺利召开[J].建筑机械化,2023,44(10):10.  
[3]姜冲,黄燕飞,蔡卫星.基于BIM的房建施工机械设备管理[J].建筑机械2022(08):24-27.  
[4]凌涛.工程机械设备智能化管理工作策略研究[J].智能城市,2021,7(15):83-84.  
[5]朱坤.浅谈工程机械设备智能化管理工作策略[J].中国设备工程,2021(14):24-25.