

智能化改造提升传统建筑机械作业效率的实践探索

冯春冬

广州华立学院, 广东 广州 510623

DOI: 10.61369/SDME.2026090009

摘 要 : 物联网、智能传感、自动控制等数字技术的成熟, 为传统建筑机械的升级改造创造了可行条件。传统建筑机械经过硬件加装、系统升级等方式完成智能化改造后, 作业模式、管理方式与现场协作模式都会发生转变。本文结合建筑施工真实应用场景, 梳理传统建筑机械智能化改造的核心技术与改造方向, 分析改造推进过程中遇到的阻碍, 并结合行业现状提出解决思路, 期望为建筑企业升级设备、推进智能建造落地提供有益参考。

关 键 词 : 传统建筑机械; 智能化改造; 作业效率; 智能建造; 实践应用

Practical Exploration of Improving Operational Efficiency of Traditional Construction Machinery Through Intelligent Transformation

Feng Chundong

Guangzhou Huali College, Guangzhou, Guangdong 510623

Abstract : The maturity of digital technologies such as the Internet of Things (IoT), intelligent sensors, and automatic control has created feasible conditions for the upgrading and transformation of traditional construction machinery. After traditional construction machinery undergoes intelligent transformation through hardware installation, system upgrading, and other methods, significant changes will occur in its operational mode, management method, and on-site collaboration mode. Combined with real application scenarios in construction projects, this paper sorts out the core technologies and transformation directions of intelligent transformation for traditional construction machinery, analyzes the obstacles encountered in the process of promoting the transformation, and proposes solutions based on the current industry situation. It is expected to provide useful reference for construction enterprises to upgrade equipment and promote the implementation of intelligent construction.

Keywords : traditional construction machinery; intelligent transformation; operational efficiency; intelligent construction; practical application

引言

住房和城乡建设部先后印发《关于推动智能建造与新型建筑工业化协同发展的指导意见》《“十四五”建筑业发展规划》等文件, 鼓励建筑企业推进智能建造, 引导存量建筑机械开展智能化升级。传统建筑机械智能化改造目前仍处于逐步普及的阶段, 市场中大量中小建筑企业受资金、技术、人员等条件限制, 改造进度相对缓慢。部分改造项目没有结合现场施工工况优化系统功能, 改造价值尚未充分发挥。结合施工现场实际情况梳理改造路径、总结应用经验、化解现存阻碍, 能够助力传统建筑机械完成智能化转型, 推动建筑行业实现高质量发展。

一、传统建筑机械智能化改造的核心技术

(一) 智能传感技术

智能传感技术是传统机械实现智能化的基础。技术人员在机械关键位置加装压力传感器、角度传感器、温度传感器、振动传感器、激光传感器、定位传感器等部件^[1]。传感器可以实时采集设备挖掘力度、铲斗角度、发动机油温、运行位置、地面平整度等数据。配套边缘计算模块可在设备端初步处理数据, 提供即时响

应, 减少云端传输延迟, 保障自动作业、故障预警的实时性。

(二) 自动化控制技术

自动化控制技术依托可编程控制器优化原有操作逻辑。施工人员提前录入作业深度、作业范围、运行速度等参数, 设备就可以按照预设流程自主完成挖掘、吊装、摊铺、整平等一系列动作, 并结合传感数据动态调整作业状态^[2]。

(三) 物联网与远程监控技术

在传统机械上加装无线通信模块后, 设备可以接入工地物联

网平台，运行参数、地理位置、工作时长等数据，会通过网络实时上传^[3]。管理人员使用电脑、手机等终端，就能远程查看所有设备的运行状态。数据一旦超出正常区间，系统会自动触发警报，提醒管理人员与维修人员及时处置。部分设备还支持远程调试、远程启停，管理工作更加便捷。

（四）多机协同联动技术

依托统一通信协议与云端调度平台，可联动不同品牌、型号的设备。平台根据施工进度统一调度资源，减少设备空转与等待时长^[4]。数字孪生技术可在虚拟空间映射施工全场景，预先模拟作业路径、排布施工设备，提前合理规划空间与工序，减少设备空转与等待时长。

二、主流传统建筑机械改造方向及现场应用

（一）土方作业机械

土方作业机械包括挖掘机、推土机、装载机等设备，主要用于开挖基坑、平整场地、转运土方，改造重点集中在自动作业、精准定位、工况监测三个方面^[5]。以挖掘机为例，搭载北斗定位与姿态控制系统后，可直接导入施工图纸中的开挖深度、边坡坡度等参数，自主规划作业路径，自动控制挖掘深度与铲斗角度，开挖精度可提升至 $\pm 2\text{cm}$ ，作业效率较人工操作提升15%~20%。推土机、装载机配套自动找平系统后，可按预设标高完成场地平整与土方转运，平整误差控制在3cm以内^[6]。所有设备同步接入管控平台，监测发动机工况，预判故障风险，降低非计划停机损失。

（二）起重机械

塔式起重机属于高空高危作业设备，是工地安全管控的重点。智能化改造主要增加自动变幅、防碰撞、远程监控、远程控制功能。改造后的塔吊，操作人员在室内控制室输入吊装位置、起重量，设备就能自动调整起升速度、起重臂幅度和回转角度，完成吊装作业^[7]。系统内置防碰撞算法，可以识别周边建筑物、其他塔吊的空间位置，触发安全警戒边界时自动减速，触及禁止区域时自动停机。部分设备选配AI视觉模块后，可识别吊钩作业区域的人员闯入，进一步强化安全防护。设备的起重量、钢丝绳张力、倾斜角度等数据实时上传平台，同时可记录钢丝绳使用时长与累计载荷，辅助管理人员安排定期探伤检测。

（三）混凝土作业机械

混凝土作业机械改造围绕配比精准管控、泵送状态优化与作业均质化展开。搅拌站改造在原有自动配料基础上，新增砂石含水率实时监测与配比调整功能，可以根据原料状态自动修正加水量与外加剂用量，保障混凝土出站质量稳定。混凝土泵车加装流量传感器、压力传感器，可实时监测管道压力与泵送速度，通过压力变化规律间接判断混凝土坍落度波动，及时调整泵送参数^[8]。智能振捣设备可沿浇筑面匀速作业，振捣深度与停留时长匹配现场浇筑厚度，作业覆盖均匀度优于人工操作，同时降低一线人员劳动强度。

（四）路面与地坪施工机械

道路施工、室内地坪施工对成品平整度要求较高，摊铺机、压路机、整平设备的作业表现，直接影响后续工序的推进，也关

系最终成品质量。完成改造的摊铺机搭载找平、厚度管控模块，摊铺过程中物料铺设厚度保持一致，路面成型效果稳定。压路机配套压实检测元件，作业过程中可实时反馈路面压实度，自动调整振动频率、振幅与行进速度，提升压实均匀性与作业效率^[9]。传统地面整平设备加装激光找平控制系统后，可按照预设标高自动调整整平高度，作业效率与平整度均优于纯人工操作，为后续面层施工打下更好基础。

三、传统建筑机械智能化改造面临的现实问题

（一）改造成本偏高，中小企业资金压力大

单台传统建筑机械完成智能化改造，需要加装传感器、通信模块、自动控制系统，配套搭建云端管理平台、开发调度软件，整体投入从数万元到十几万元不等^[10]。若同时改造多台设备资金投入更高。中小建筑企业利润空间有限，流动资金紧张，普遍担心投入回收周期过长，对待设备改造的态度较为谨慎。此外，智能硬件、电子模块故障维修成本较高，云端平台与管理软件每年还需缴纳运维、升级费用，专用配件采购成本高。

（二）复合型人才缺口大，操作运维能力不足

施工现场一线操作人员普遍数字化基础薄弱，对智能控制系统、数据监测平台的掌握程度不足^[11]。传统机械维修人员也更为熟悉机械结构检修，传感器、控制系统、数据传输模块故障排查能力有待提升，行业复合型人才总量少。加之建筑行业作业环境艰苦、薪酬吸引力不足，人才流失现象较为突出。

（三）标准体系不完善，设备兼容性较差

建筑机械智能化改造领域尚未形成完善的全国统一标准体系。不同厂家生产的传感器、通信模块，物理接口、电气参数存在差异。不同企业研发的管理平台、调度系统，使用的通信协议各不相同。同一施工现场的设备如果由不同服务商完成改造，各类设备往往难以直接接入同一个管理平台^[12]。同时，改造验收、性能指标等方面的规范缺失，也导致部分低质产品流入市场，影响行业口碑。

（四）改造方案脱离实际，应用效果打折扣

部分企业开展智能化改造未结合项目类型、施工规模、核心施工难点制定方案，盲目加装各种智能功能。例如，小型工地作业范围有限、设备数量少，依旧搭建大型云端调度平台，加装大量闲置传感设备，造成资金浪费。还有部分企业直接照搬其他项目的改造模式，没有结合本地施工环境、施工工艺调试设备参数，智能设备与现场工况不匹配，运行不稳定^[13]。

四、推进传统建筑机械智能化改造的解决对策

（一）落实多元扶持政策，降低改造成本门槛

各地住建部门可结合区域行业情况出台扶持政策，设立智能化改造专项补贴，按单台改造费用的一定比例给予资金支持，重点帮扶中小建筑企业^[14]。对智能硬件研发、设备改造类企业给予税收优惠，减轻产业链整体税负。行业内可推广服务商EPC改造

+ 按效率提升比例付费的模式,降低企业前期投入风险;推动设备融资租赁与智能化改造打包服务,分摊一次性改造成本;依托共享机械平台整合改造设备资源,中小企业可按需租赁使用,无需全额承担改造费用。

（二）完善人才培养机制，补齐人员能力短板

院校应深化产教融合，与建筑企业、改造服务商共建实训基地，调整专业课程体系，增加智能传感、自动控制、物联网等教学内容，定向培养复合型技术人才。建筑企业加强内部人才培养，邀请服务商技术人员现场授课，讲解设备操作技巧与常见故障处理，提升一线人员实操能力。

（三）加快统一行业标准，规范市场发展秩序

建筑行业主管部门与行业协会牵头，联合设备厂商、改造服务商、大型建筑企业组建标准制定小组，结合国内施工现场实际情况，加快完善建筑机械智能化改造标准体系^[15]。统一智能改造硬件的物理接口、电气参数，确定行业通用通信协议，推动不同品牌、型号的改造设备互联互通、数据共享；明确作业精度、数据传输、故障报警等性能指标，制定电气安全、作业安全、数据安全相关规范，出台智能化改造验收标准，淘汰劣质改造产品，保障行业良性发展。

（四）按需定制改造方案，强化现场落地实效

建筑企业启动改造前，应梳理项目类型、施工规模、设备数量与难点，坚持实用优先原则制定方案。小型工地与单一工序项目选择基础改造方案，加装故障监测、基础自动作业模块即可。大型复杂项目可全面改造设备、搭建一体化调度平台，发挥多机协同优势。改造完成后安排技术人员驻场指导，帮助一线人员熟练使用功能。

五、结语

合理的智能化改造能够提升作业效率、保障施工质量、降低运营成本、强化安全管控，是建筑行业转型升级的必经之路。然而，改造成本偏高、人才储备不足、行业标准缺失、改造方案适配性差等问题，仍需行业各方长期协同发力逐步化解。建筑企业需要顺应行业发展趋势，结合自身实力与项目特点循序渐进开展改造工作，不盲目追求高端配置，优先选择高性价比、贴合施工需求的方案，同时重视人员技能培训，最大化发挥智能设备的价值。

参考文献

[1] 温李胡. 建筑机械智能化改造对施工效率提升的影响及实践路径 [J]. 建设机械技术与管理, 2025, 38 (6): 55-57.

[2] 管浩丞. 智能化施工技术在建筑工程现场管理中的实践障碍与突破方向 [C]// 广西网络安全和信息化联合会. 第十四届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集 (上册). [出版者不详], 2025: 360-361.

[3] 刘康. 建筑工程施工中智能化施工技术的应用现状与趋势 [C]// 广西网络安全和信息化联合会. 第十三届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集. [出版者不详], 2025: 316-318.

[4] 侯飞. 建筑机械设备智能化技术应用现状与发展路径 [C]// 广西网络安全和信息化联合会. 第十三届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集. [出版者不详], 2025: 435-436.

[5] 林家驹. 智能化技术在建筑工程施工管理中的应用 [J]. 中国住宅设施, 2025, (10): 155-157.

[6] 郭颖新. 云平台赋能建筑机械检验检测数字化转型案例研究 [J]. 建筑机械化, 2025, 46 (10): 12-15+67.

[7] 荣国梁. 绿色施工理念下建筑机械管理模式创新与实践路径 [J]. 中国房地产业, 2025, (27): 62-65.

[8] 梁德文. 智慧工地建筑机械智能管理存在的问题及改进措施 [J]. 工程机械与维修, 2025, (9): 143-145.

[9] 时伟, 杨清翠, 张朋. 建筑机械自动化技术的应用现状与发展趋势 [J]. 中华建设, 2025, (8): 153-155.

[10] 王坤. 智能化施工技术在土建施工中的应用与挑战 [J]. 新城建科技, 2025, 34 (5): 4-6.

[11] 王建晖. 智能建造技术在现代建筑工程中的应用 [J]. 长江科技评论, 2025, (5): 63-65.

[12] 王红燕. 施工现场建筑机械设备管理研究 [C]// 重庆市大数据和人工智能产业协会. 人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集 (三). [出版者不详], 2025: 857-860.

[13] 徐志源, 梁勇. 物联网技术应用下的智能建筑机械安全管理探究 [J]. 绿色建造与智能建筑, 2025, (3): 61-63.

[14] 曾祥荣, 刘秋娟. 建筑机械远程监控与管理平台的设计实现 [J]. 网络安全和信息化, 2024, (8): 111-113.

[15] 龚剑. 从 "建造" 到 "智造" 共筑美好未来 [J]. 中国建设信息化, 2021, (24): 25-27.