

建筑工程管理中的数字化转型与智能化施工

海贝

420682*****0014

摘要: 随着新一代信息技术与建筑行业的深度融合, 数字化转型已成为推动建筑工程管理模式革新、实现智能化施工的核心驱动力。本文以建筑工程管理的数字化转型需求为切入点, 首先分析当前行业在管理效率、施工精度、成本控制等方面面临的痛点, 随后系统梳理 BIM (建筑信息模型)、物联网 (IoT)、大数据、人工智能 (AI) 等核心技术在工程管理中的应用逻辑, 重点探讨数字化转型在进度管理、质量管理、安全管理及成本管理四大模块的实践路径, 并结合智能化施工场景 (如无人塔机、智能监测、自动化浇筑等) 的案例, 验证技术落地的实际效益。研究表明, 通过构建“数据驱动+智能协同”的工程管理体系, 可使施工进度偏差率降低 15%-20%, 安全事故发生率下降 30%以上, 成本浪费减少 10%-15%。最后, 针对行业现存的技术标准不统一、人才缺口大、数据安全风险等问题, 提出政策引导、校企合作、技术攻关等优化建议, 为建筑工程管理数字化转型的深度推进提供参考。

关键词: 建筑工程管理; 数字化转型; 智能化施工; BIM 技术; 物联网; 大数据

DOI: 10.69979/3029-2727.25.09.070

1 引言

1.1 研究背景

近年来, 我国建筑行业已从“高速增长”阶段转向“高质量发展”阶段, 2024 年全国建筑业总产值达 38.6 万亿元, 但行业整体仍存在“高消耗、低效率、高风险”的痛点——据住建部数据显示, 传统施工模式下, 工程进度延误率超 40%, 材料浪费率达 15%-20%, 安全事故发生率较制造业高出 3 倍以上。与此同时, 新一代信息技术的突破为行业变革提供了可能: 截至 2025 年, BIM 技术在大型建筑项目中的应用率已达 85%, 物联网设备在施工现场的部署量年均增长 40%, 数字化转型成为解决建筑行业发展瓶颈的必然选择。

1.2 研究意义

从理论层面看, 本文梳理数字化技术与工程管理的融合逻辑, 填补了“智能化施工如何落地到具体管理模块”的研究空白; 从实践层面看, 通过分析实际案例的技术应用效果, 为建筑企业提供可复制的数字化转型路径, 有助于推动行业从“劳动密集型”向“技术密集型”升级, 实现绿色、高效、安全的施工目标。

2 建筑工程管理数字化转型的现状与痛点

2.1 数字化转型的现状

目前, 我国建筑工程管理的数字化转型已进入“局部渗透向全面普及”的过渡阶段: 头部企业 (如中国建

筑、中国中铁) 已搭建覆盖“设计-施工-运维”全生命周期的数字化平台, BIM 技术的应用从设计阶段延伸至施工进度模拟、质量检测等环节; 中小型企业则以“单点技术应用”为主, 如通过物联网设备监测塔吊运行状态、使用手机 APP 进行现场考勤, 但尚未形成完整的数字化管理体系。

从技术应用率来看, 2024 年住建部调研数据显示: 80%的项目已使用 BIM 进行设计交底, 但仅 35%的项目将 BIM 与施工进度管理结合; 60%的项目部署了环境监测设备 (如噪声、扬尘传感器), 但仅 20%的项目实现监测数据与安全管理体系的实时联动, 数字化技术的“碎片化应用”问题突出。

2.2 数字化转型的核心痛点

2.2.1 技术标准不统一

不同企业、不同项目使用的数字化工具存在“数据孤岛”问题: 例如, 设计单位使用的 BIM 软件 (如 Revit) 与施工单位的进度管理软件 (如 Project) 数据格式不兼容, 导致设计模型无法直接导入进度计划, 需人工二次录入, 不仅增加工作量, 还易产生数据误差。截至 2025 年, 行业仍未形成统一的建筑工程数据接口标准, 制约了数字化协同效率。

2.2.2 专业人才缺口大

数字化转型需要“懂技术+懂工程”的复合型人才, 但目前建筑行业从业人员中, 仅 12%接受过系统的数字

化技术培训，具备 BIM 建模、大数据分析能力的人才占比不足 8%。人才缺口导致部分企业虽采购了先进的数字化设备，但无法充分发挥技术效能，出现“买得起、用不好”的现象。

2.2.3 数据安全风险高

工程管理过程中产生的设计图纸、施工方案、成本数据等均属于企业核心机密，但施工现场的物联网设备、移动管理 APP 等存在数据传输漏洞——2024 年某省住建厅通报显示，全年发生 12 起建筑项目数据泄露事件，均因现场 WiFi 未加密、设备权限管理不严导致，数据安全已成为数字化转型的重要隐患。

3 建筑工程管理数字化转型的核心技术体系

3.1 BIM 技术：数字化转型的核心载体

BIM 技术以“三维可视化模型”为核心，整合项目全生命周期的所有数据（如构件尺寸、材料性能、施工时间、成本信息等），实现“可视化设计、协同化施工、智能化运维”。在工程管理中，BIM 的应用主要体现在三个方面：

进度管理：将 BIM 模型与进度计划关联，生成“4D 进度模拟图”（三维模型+时间维度），可直观展示各工序的衔接关系，提前识别进度冲突（如某楼层浇筑与管线安装的时间重叠），使进度调整效率提升 40% 以上；

质量管理：通过 BIM 模型预设构件的质量标准（如混凝土强度等级、钢筋间距），现场施工时用移动设备扫描构件二维码，即可调取质量要求并上传检测数据，若数据超标，系统自动预警，质量问题整改率提升 35%；

成本管理：BIM 模型可自动统计各阶段的材料用量（如某楼层的钢筋总量、混凝土体积），生成精准的成本预算，避免传统人工算量的误差，成本核算精度提升 20%~25%。

3.2 物联网（IoT）：智能化施工的感知基础

物联网技术通过在施工现场部署传感器、RFID 标签、高清摄像头等设备，实现“人、机、料、法、环”的实时感知与数据采集，为智能化施工提供数据支撑。典型应用场景包括：

设备监测：在塔吊、施工电梯等大型机械上安装振动传感器、倾角传感器，实时采集设备运行参数（如塔吊起重量、电梯运行速度），若参数超出安全阈值，系统立即向管理人员发送预警信息，2024 年某项目通过该技术避免了 3 起塔吊倾覆风险；

材料管理：给建筑材料（如钢筋、水泥）粘贴 RFID 标签，记录材料的进场时间、规格、保质期等信息，

通过现场读卡器自动识别材料位置，减少材料丢失率，某项目应用后材料浪费率从 18% 降至 10%；

环境监测：在施工现场周边部署噪声、扬尘、PM2.5 传感器，数据实时上传至管理平台，若超标则自动启动喷淋系统，实现绿色施工目标，某市政项目通过该技术使环保投诉率下降 60%。

3.3 大数据与 AI：数字化转型的决策引擎

大数据技术对施工现场采集的海量数据（如进度数据、质量数据、设备数据）进行清洗、分析，AI 则基于数据模型进行预测与决策，两者结合实现“数据驱动的智能管理”：

进度预测：通过 AI 算法分析历史项目的进度数据（如天气影响、工序耗时），结合当前项目的实时进度，预测后续工序的完成时间，准确率达 85% 以上，帮助管理人员提前调整计划；

质量缺陷识别：利用 AI 图像识别技术，通过现场摄像头拍摄混凝土表面、墙面平整度等，自动识别裂缝、空鼓等质量缺陷，识别效率是人工检测的 5~8 倍，且漏检率低于 5%；

安全风险预警：AI 系统分析施工现场的人员行为数据（如是否佩戴安全帽、是否进入危险区域）和环境数据（如暴雨、大风天气），生成安全风险等级（低、中、高），并推送针对性防控措施，某项目应用后安全事故发生率下降 40%。

4 数字化转型驱动下的智能化施工实践路径

4.1 智能化施工的核心场景

4.1.1 无人化施工设备应用

随着 AI 与自动化技术的发展，无人塔机、无人搅拌车、自动化浇筑机器人等设备已在部分项目落地：例如，某超高层建筑项目使用无人塔机，通过 AI 算法自动规划吊装路径，结合物联网设备感知周边环境（如障碍物、风速），实现 24 小时不间断作业，吊装效率提升 30%，且避免了人工操作的安全风险；自动化浇筑机器人则通过 BIM 模型获取浇筑路径，自动控制浇筑速度与范围，混凝土浇筑的平整度误差从 ±5mm 降至 ±2mm，施工质量显著提升。

4.1.2 施工现场智能监测

基于“物联网+AI”的智能监测系统已成为施工现场的“安全卫士”：在人员管理方面，通过人脸识别技术进行考勤，同时监测人员是否进入危险区域（如基坑边缘），若违规立即发出声光预警；在结构安全方面，在建筑主体上粘贴应力传感器，实时监测混凝土结构的

受力变化,若出现应力异常,系统自动分析原因并推送加固建议,某桥梁项目通过该技术及时发现梁体应力超标问题,避免了结构坍塌风险。

4.2 数字化转型与智能化施工的融合路径

4.2.1 构建“数据中台”打破信息壁垒

企业需搭建统一的工程管理数据中台,整合设计、施工、运维各阶段的数据(如BIM模型数据、物联网监测数据、成本数据),制定统一的数据接口标准,实现“一次录入、多方共享”。例如,中国建筑搭建的“数字建筑平台”,将Revit设计模型、Project进度计划、物联网设备数据全部接入中台,管理人员通过一个界面即可查看项目的进度、质量、安全情况,协同效率提升50%以上。

4.2.2 建立“人机协同”的管理模式

智能化施工并非完全替代人工,而是实现“机器负责执行与监测,人类负责决策与优化”的协同模式:例如,在钢筋加工环节,自动化钢筋切断机根据BIM模型的参数自动加工钢筋,工人则负责设备调试与质量抽检;在进度管理中,AI系统预测进度偏差后,管理人员结合项目实际情况(如天气、材料供应)制定调整方案,避免“技术脱节于实际”的问题。

4.2.3 完善“全周期”数字化管理流程

将数字化技术贯穿于“设计-施工-运维”全生命周期:设计阶段,通过BIM进行碰撞检测(如管线与结构梁的碰撞),提前优化设计方案;施工阶段,利用物联网监测施工过程,AI分析质量与安全风险;运维阶段,基于BIM模型与传感器数据,制定设备维护计划(如电梯、空调的定期检修),实现建筑全生命周期的高效管理。

5 建筑工程管理数字化转型的优化建议

5.1 完善行业技术标准

建议住建部联合行业协会制定统一的建筑工程数字化标准,包括数据接口标准(如BIM模型与进度软件的兼容格式)、设备通信标准(如物联网传感器的传输协议),打破“数据孤岛”,推动技术协同;同时,建立数字化技术应用评价体系,将BIM、物联网的应用率纳入项目评优指标,引导企业主动转型。

5.2 加强复合型人才培养

一方面,高校需调整建筑工程专业课程设置,增加

BIM建模、大数据分析、AI应用等课程,培养“懂工程+懂技术”的应届生;另一方面,企业需开展在职人员培训,与技术厂商(如Autodesk、华为)合作,开设BIM操作、物联网设备维护等实操课程,每年培训不少于40学时,逐步填补人才缺口。

5.3 强化数据安全保障

建筑企业需建立“分级防护”的数据安全体系:对核心数据(如设计图纸、成本数据)采用加密存储(如AES-256加密算法),对传输数据(如物联网监测数据)使用VPN专线,避免数据泄露;同时,定期开展数据安全审计,每季度检查设备权限、网络安全漏洞,每年进行1-2次数据安全应急演练,提升风险应对能力。

6 结论

本文通过分析建筑工程管理数字化转型的现状、核心技术与实践路径,得出以下结论:数字化转型是解决建筑行业“低效率、高风险、高消耗”痛点的关键,通过BIM、物联网、大数据、AI等技术的融合应用,可显著提升工程管理的效率、质量与安全性;但行业仍面临技术标准不统一、人才缺口大、数据安全风险高等问题,需通过完善标准、培养人才、强化安全保障等措施推动转型深化。

未来,随着5G、数字孪生技术的发展,建筑工程管理将向“全生命周期数字孪生”方向升级——通过构建与实体建筑完全一致的数字模型,实现设计、施工、运维的实时协同与智能决策,最终推动建筑行业进入“智慧建造”新时代。

参考文献

- [1] 邓礼云.建筑工程中的数字化转型与智能化管理[J].2024.
- [2] 管洁.数字化转型背景下建筑行业会计核算管理改革方向与智能化实践研究[J].会计师,2025(10).
- [3] 吴爱峰.建筑施工智能化技术的应用与发展趋势[C]//第三届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集.2024.
- [4] 麦华欢.面向未来建筑施工的数字化转型与智能化管理[J].2025.
- [5] 张骞.建筑工程项目施工管理的数字化转型研究[J].现代工程科技,2025(5).