

智能建造在建筑工程全生命周期中的应用策略

马 添，齐成成

(山东宏祥工程项目管理有限公司，山东 东营 257091)

摘 要 智能建造技术是我国建筑行业智能化转型发展期间取得的重要成果，也是从根本上破解传统建造模式效率低下、资源浪费和管理粗放问题的核心举措。为推动建筑工程高质量发展，本文以建筑工程全生命周期为视角，阐述智能建造技术的概念内涵、核心技术与应用价值，重点从规划报建、工程设计、现场施工、运营维护四个阶段分析智能建造技术在建筑工程中的具体应用路径与实施方法，旨在为有效提升工程建设效率、保障施工质量与安全、降低资源消耗提供借鉴，进而实现建筑全生命周期的数字化、智能化管控。

关键词 建筑工程；全生命周期；智能建造

中图分类号：TU74

文献标志码：A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2026.19.009

0 引言

我国建筑行业长期处于劳动密集、资源消耗大、管理粗放的发展状态，在项目规划、设计、施工、运维等全生命周期环节普遍存在信息断层、协同不足、效率偏低等问题。随着数字经济与新型工业化进程加快，以BIM、物联网、大数据、人工智能为核心的智能建造技术快速发展，为破解传统建造模式不足提供了全新技术路径。在此背景下，应积极引入智能建造技术，通过人机协同、数据驱动、智能管控，实现对建筑工程全过程的精准感知、动态分析与科学决策，推动建筑业转型升级，实现绿色低碳与高质量发展。

1 智能建造技术概述

1.1 智能建造技术概念

智能建造技术是新兴信息技术与传统工程建造技术的融合产物，作为一种人机协同建造模式，依托智能技术与先进装备，智能化管控建筑工程全生命周期的各项活动，构成“感知—分析—决策—执行”闭环管理机制，推动粗放式建造模式向精细化、智能化方向发展。目前，部分建筑企业都陷入认知误区，片面认为智能建造技术是大数据、物联网、人工智能等信息化技术的叠加，实际上是以数据为核心，完整收集建筑工程相关信息，如所在地区气象数据、现行规范文件、现场施工数据等，精准感知工程项目运行情况，识别异常问题，如安全违章行为、施工质量问题、能耗超标，将问题与解决建议推送至管理人员。

1.2 智能建造核心技术

智能建造技术属于综合性体系，由多项核心技术组成，各项技术相互协同，共同构成智能建造技术基础。其一，BIM技术，根据所掌握工程信息来构建三维模型，如场地模型、构件模型和建筑模型，直观呈现设计成果，根据实时收集施工数据来刷新模型状态，展示现场施工情况，后期还能作为运维管理平台，展示建筑结构健康状况、建筑系统运行状态。其二，物联网技术，具备“万物互联”的鲜明特征，部署大量传感器和其他智能终端，全部接入物联网平台，全面采集人员、设备、材料、构件等核心要素的实时数据，由在线监测模式取代低效落后的人工巡查模式，及时识别质量安全隐患和各类突发情况，协助管理人员迅速采取处治措施。其三，大数据技术，负责提供精准数据支撑，全面收集建筑工程相关数据信息，从中提取有效信息，挖掘数据背后规律，如汇总整理能耗数据，锁定能耗异常环节，深入分析能耗超标原因，且提出针对性节能建议。其四，人工智能技术，以自动化操作作为应用定位，具备强大环境感知和自适应控制能力，无需人工深度干预，即可自动完成一些复杂操作任务，主要用于初步合计、质量检测、隐患识别等场景，如精准总结工程建设需求，直接生成多套初步设计方案，经过迭代优化后，输出最终方案^[1]。

1.3 应用价值

随着智能建造技术投入应用，有利于解决建筑工程传统建造和运营管理模式存在的不足，应用价值体

作者简介：马添（1998-），女，本科，助理工程师，研究方向：建筑工程。

现在以下方面：其一，增强管理效能，由信息化、智能化和精细化管理模式，取代低效落后的人工管理模式，使得管理人员从现场巡查、报表编制、数据整理等烦琐工作中解放出来，工作重心转为把控管理方向及制定各项决策，利用技术助力，带动管理水平、管理时效性和决策精度全面提升。其二，保障建设质量，在施工现场部署高精度传感器，构成在线监测系统，跟踪监测施工过程，自行检测施工成果质量，识别到混凝土结构表面开裂、钢筋间距误差超标等问题后，自动发送报警信号，提醒施工班组返工整改。其三，保障施工安全，依托在线监测系统来实现，并植入视觉分析算法，从现场监控画面中识别安全隐患，常见隐患包括临边防护设施破损失效、现场人员未正确穿戴安全防护装备、地表沉降速率或是累计沉降量超标，即刻发送报警信号，必要时启动声光报警装置，组织现场人员设备安全退场。

2 智能建造技术在建筑工程全生命周期中的实践应用

2.1 规划报建阶段

规划报建阶段作为建筑工程建设起点，也是项目构想转换现实成果的合法性基础，明确项目定位，设定容积率和各项建设指标，并按照规定要求走完土地获取、规划许可等法定流程。早期建筑工程以“人工调研+主观判断”作为规划报建模式，常出现工作纰漏，伴随出现报建周期延长、规划方案缺乏可行性等一系列问题。为解决上述问题，需要主动引入智能建造技术，由数据驱动智能决策模式，彻底摒弃人工经验型决策模式，以数据采集、方案优化、报建审批作为核心应用场景，应用方法如下：

第一，数据采集。利用大数据模型完整获取工程项目相关信息，包含地形地貌、人口分布、交通流量、水文地质条件、市政配套设施等，结合建筑用途来判断是否具备立项价值，为项目选址和初步设计提供数据支撑。例如：面向住宅项目，重点获取周边学校、商场、医院等配套设施数据，尽量在人口密度大、市政配套设施齐全的区域作为项目选址。

第二，方案优化。根据所掌握信息，面向项目规划方案来构建三维模型，直观展现各项核心建设指标，包括容积率、建筑高度、整体布局方案等。代入使用者视角，以改善建筑体验、提高资源利用率为准则，模拟不同场景下的建筑使用情况，以此来发现规划问题，针对性调整方案内容。例如：运用BIM技术依次

模拟多套规划方案的日照、采光和通风情况，从中选择使用体验相对更好的规划方案，进一步调整建筑布局与高度^[2]。

第三，报建审批。由线上流程取代烦琐线下流程，着手搭建线上报建协同平台，工作人员向平台完整上传项目报建所需资料，如规划方案、设计图纸一级地质勘察报告。先由大数据模型按照预设规则来审核报建资料，以内容真实性、完整性作为审核维度，提醒工作人员补充完善报建资料，确认无误后，再提交给相关部门进行审核，线上反馈审批意见。

2.2 设计阶段

设计阶段是建筑工程将建设愿景转换为施工成果的关键环节，设计方案直接关乎工期时间、造价成本、建筑功能实现程度，若设计脱离实际，必将在施工阶段频繁出现设计变更问题，造成极大的资源浪费。早期建筑工程普遍施行二维图纸设计模式，存在专业协同不畅、图纸错漏频发、设计效率低下等一系列问题。为实现精细化设计目标，确保设计方案精准适配现场施工需求和建筑使用需求，需要依托智能建造技术重构设计体系，以协同设计、仿真分析作为核心应用场景，应用方法如下：

第一，协同设计。由三维设计模式取代二维设计模式，构建BIM模型作为设计载体，采取参数化建模方法，结合工程信息，构建结构、建筑、机电、给排水等专业模型，保持各专业模型相互关联状态，任一模型属性参数发生变化，都将同步更新其他专业模型，确保设计人员可以实时了解其他专业设计进展，主动发现并化解专业冲突，如机电专业和给排水专业调整管线布局方案，管线避开结构核心受力构件。而在初步设计结束后，将专业设计方案提交至BIM软件，进行碰撞检测，预先设定软硬碰撞规则，准确识别到全部碰撞问题，利用醒目颜色标记碰撞部位，同步提供协调数据，作为深化设计凭证^[3]。

第二，仿真分析。为解决设计活动、施工活动相互脱节问题，以BIM仿真施工作为设计方案审核手段，工程参建单位联合审核设计方案可行性，模拟正常工况和最不利工况下的施工过程，从施工角度来论证设计方案可行性，针对性调整设计参数，确保施工成果完全符合设计要求，并把工程量和施工难易程度控制在合理区间。

2.3 施工阶段

施工阶段是建筑工程把图纸内容转换成实体结构的核心实践期，当前高层建筑、超高层建筑与大跨度

建筑日益增多,工程体量更大、施工条件更复杂,传统以人工为主的作业方式已难以满足高精度、高效率、高稳定性的施工要求。借助智能建造技术,可从作业装备、施工工艺、过程控制等方面实现施工环节的技术升级,推动施工作业向自动化、精准化方向发展。

在主体结构施工作业中,可采用智能机械化装备替代传统人工操作,如自动化钢筋切断、弯曲与绑扎设备、混凝土智能泵送与布料系统、装配式构件精准对接装置等,通过程序化控制完成标准化作业,有效降低人工操作带来的尺寸偏差、作业不规范等问题。针对模板支撑、砌体施工、管线预埋等工序,运用三维定位与数字化放样技术,提前确定点位、标高与走向,使现场施工直接依据精准数据执行,提高工序一次成型率。在预制构件吊装、就位、校正过程中,结合定位传感器与动态监测装置,实现构件姿态实时调整,保证安装精度与结构整体性,提升施工效率与结构可靠性^[4]。以施工质量管理活动为例,由智能监测模式取代人工检查模式,混凝土构件、管线接口、钢筋节点等关键部位部署高精度传感器,实时采集施工质量数据,对比先期设定的预警值,确认监测数据超出预警值后,表明施工质量不合格,发出预警信号,提醒管理人员和施工班组及时整改。而在竣工验收阶段,使用三维激光扫描设备,完整采集施工质量数据,提交给 BIM 模型,逐项对比各项技术指标的达成度,自行出具验收报告,基本不会遗漏质量问题。

2.4 运营维护阶段

在建筑工程全生命周期内,运营维护阶段是跨度最长的归宿期,标志着工程项目归属权由建设主体转变为使用主体,管理内容发生变化,具体以日常管理、设施检修和能耗调控作为全新管理内容。在运营维护阶段,以延长建筑使用寿命、降低总体故障率和综合能耗水平作为核心目标,智能建造技术主要用于结构监测、设备智能维护、能耗管理三重场景,应用方法如下:

第一,结构监测。建筑结构体系关键受力部位部署传感器,包括梁柱节点、承重墙与基础结构,以应变、振动、位移作为监测参数,利用大数据模型分析监测数据变化规律,客观评估建筑结构健康状态^[5]。如果单项指标的监测值超出预警值,或是判断建筑结构整体健康状态不佳,向管理人员反馈问题,前往现场核实问题,择期对建筑结构进行加固修缮,避免因建筑“带病服役”而缩短使用寿命。

第二,设备智能维护。由预防性维护取代固定维

护模式,建立建筑机电设备专属台账,完整记录设备型号、技术指标、使用寿命、历史运行数据和故障报告等相关信息,定期评估机电设备健康状态,健康状态和维护力度相关联,设备健康状态越差,维护力度越强,维护保养频率越高。同时,机器学习算法收录大量故障案例作为训练样本,经过长期训练后,准确掌握机电设备运行规律和故障机理,根据实时监测数据,预判未来一段时间的运行趋势,制定维护保养计划,前置消除早期故障隐患,如及时更换磨损量即将超过上限值的轴承等机械部件。

第三,能耗管理。组合应用 BIM 技术与 AI 技术,分别以仿真分析、智能分析作为应用定位,取代人工统计和主观判断模式,进一步挖掘建筑节能潜力。一方面,运用 BIM 技术模拟建筑在不同场景下的用能设施运行过程,统计各项用能数据和综合能耗水平,负责反映理想情况下的建筑节能效果。另一方面,建筑供配电、给排水和供气系统上部署智能计量装置,实时采集能耗数据,对比实际能耗水平和理想能耗,锁定能耗超标环节,由 AI 算法分析异常原因,提出节能优化建议,如在自然光线充足时刻关闭照明灯具、调整空调开启时间与运行负荷。

3 结束语

智能建造技术作为建筑工业化与数字化深度融合的产物,自推广应用以来已经成为推动建筑行业转型升级的重要支撑,应用场景贯穿建筑全生命周期。建筑企业应认识到智能建造技术的重要价值,围绕技术特性,重新规划工程建设与管理思路,精准适配工程需求来制定一套可落地的技术应用方案,使得智能建造模式真正服务于工程实践活动,促进建筑行业健康发展。

参考文献:

- [1] 吴奔生.智能建造技术在城市建筑施工中的应用与挑战[J].四川建材,2026,52(01):14-15,51.
- [2] 姜永亮,杨烁,刘乾,等.智能建造在建筑工程全生命周期中的应用研究[J].建设科技,2025(20):6-9.
- [3] 王鑫.智能建造技术在建设工程运行模式中的应用[J].中国住宅设施,2026(01):10-12.
- [4] 范卫东,贺一周,刘依然,等.基于智能建造技术的上海市大居市属保障房绿色建筑应用探索:以上海市奉贤南桥大居程南保障房项目为例[J].住宅科技,2026,46(02):53-59.
- [5] 张奇瑞,白洁.智能建造技术在城市建筑施工中的应用研究[N].固原日报,2026-03-07(003).