

工程建设管理中智能建造技术的创新应用

陈 婷

新疆天山职业技术大学 新疆 乌鲁木齐 830017

摘 要：随着工程建设规模扩大与复杂度提升，传统管理模式难以满足精细化、高效化需求。本文聚焦工程建设管理中智能建造技术的创新应用，界定其定义与特征，阐述BIM、物联网、大数据等关键技术的内涵。分析传统管理模式在效率、协同、风险管控等方面的短板，进而探讨智能建造技术在前期策划、施工、运维、综合管理及应急与可持续发展领域的创新实践。研究表明，智能建造技术通过数据驱动与技术集成，实现工程全周期数字化管控。

关键词：工程建设管理；智能建造技术；创新应用

引言：智能建造技术作为融合多领域技术的综合体系，正成为革新工程管理模式的核心驱动力。本文先明确智能建造技术的定义与特征，梳理关键技术构成；再剖析传统模式存在的问题，重点阐述智能建造技术在工程各阶段及应急、可持续发展中的创新应用；最后总结其应用价值，为行业实践提供理论参考，旨在揭示智能建造技术对工程建设管理的变革作用。

1 工程建设管理中智能建造技术的定义与特征

1.1 智能建造技术的定义

在工程建设管理领域，智能建造技术是指以数字化、网络化、智能化为核心，融合建筑信息模型（BIM）、物联网（IoT）、大数据、人工智能（AI）、建筑机器人等新兴技术，贯穿工程策划、设计、施工、运维全生命周期的综合管理技术体系。它并非单一技术的应用，而是通过技术集成打破传统工程管理中的信息壁垒，实现工程建设各环节的自动化感知、智能化分析、协同化决策与精准化管控。从本质上看，智能建造技术是工程建设管理模式的革新载体，其核心目标是通过数据驱动提升管理效率：一是利用数字化手段将工程实体、流程、资源等要素转化为可计算、可追溯的数据资产；二是借助智能算法对数据进行深度挖掘，为进度优化、质量控制、安全预警、成本管控等管理行为提供科学依据，最终实现工程建设从“经验驱动”向“数据驱动”的转型。

1.2 智能建造技术的特征

智能建造技术的特征如下：（1）数字化与可视化。智能建造技术以数字孪生为核心支撑，通过BIM等技术构建工程全要素的数字化模型，将抽象的设计图纸、施工方案转化为三维可视化场景。这种特征使得工程各参与方能够在虚拟空间中直观查看项目细节，如构件参数、施工工序、空间冲突等，为跨专业沟通提供统一的“数字语言”，减少信息传递误差。（2）智能化与自主

性。依托AI算法与传感器技术，智能建造技术具备自主感知、分析与决策能力。如施工阶段的AI视觉系统可自动识别钢筋间距偏差、混凝土裂缝等质量问题；智慧工地平台能基于实时数据预测进度延误风险并给出调整建议，减少对人工经验的依赖。建筑机器人的应用则进一步实现了高危作业、重复作业的自动化执行，提升管理的精准度与安全性。（3）协同化与集成化。设计方、施工方、监理方、业主等参与方可基于同一套数字化模型共享数据，实时同步设计变更、施工进展等信息，避免传统管理中“信息孤岛”导致的返工与冲突。（4）全周期与动态化。区别于传统技术在单一环节的应用，智能建造技术覆盖工程全生命周期：设计阶段通过参数化设计优化方案，施工阶段通过智能监控动态调整工序，运维阶段通过物联网实现设备状态实时监测^[1]。

2 工程建设管理中关键智能技术

2.1 建筑信息模型（BIM）技术

建筑信息模型（BIM）技术是工程信息数字化集成的核心技术，通过三维参数化模型整合建筑全要素数据。模型不仅包含几何信息，更关联物理参数、功能特性（荷载、能耗等）及管理数据（工期、成本等），形成结构化信息载体。技术架构分为三层：建模层依赖参数化工具，通过变量驱动实现多专业协同建模；数据层采用IFC、COBie等标准格式，保障跨平台数据兼容；应用层通过算法实现碰撞检测、性能模拟等功能，核心在于数据关联规则的构建，确保模型随工程进展动态更新。其技术本质是建立“单一数据源”，消除信息碎片化。

2.2 物联网（IoT）与传感器技术

物联网（IoT）通过网络协议连接工程现场物理实体与信息系统，构建全域感知网络，技术架构包括感知层、网络层与平台层。感知层以传感器为核心，按功能分为环境、结构、设备类传感器，技术特性体现在采集

精度（毫米级监测）、响应速度（毫秒级捕捉）与环境适应性（高温高湿耐受），新型传感器具备自供电与无线传输能力。网络层以Wi-Fi、LoRa等无线通信为主，需平衡传输速率与覆盖范围。平台层采用边缘计算与云计算结合模式，实现数据实时处理与存储。

2.3 大数据与人工智能（AI）技术

大数据技术聚焦工程多源异构数据（结构化、半结构化、非结构化）的处理，核心是构建适配的数据架构，依赖分布式文件系统、时序数据库等技术进行清洗与存储。人工智能（AI）基于数据提供分析能力，以机器学习（决策树、神经网络等算法）、计算机视觉（卷积神经网络）、自然语言处理为主要分支。技术融合点在于数据预处理自动化与工程化模型训练，难点在于处理数据稀疏性与场景动态性。

2.4 建筑机器人与自动化技术

建筑机器人以机械结构与智能控制为核心，按作业类型分为施工、安装、检测类机器人。机械结构采用模块化设计，配备多自由度机械臂以适应非标准化场景。自动化技术构成控制核心，包括运动控制（路径规划）、精度控制（毫米级定位）与自主导航（SLAM环境建模），高端系统具备多机器人协同控制能力。技术壁垒在于复杂工况下的鲁棒性设计与作业流程自动化编排。

2.5 5G与数字孪生技术

5G技术提供通信支撑，三大特性显著：增强移动宽带（eMBB）保障大数据传输，超可靠低时延通信（URLLC）实现毫秒级响应，海量机器类通信（mMTC）支持大规模设备接入，常与边缘计算结合减少时延。数字孪生技术通过虚拟模型复刻物理工程，技术流程包括数据采集（依托传感器与5G）、模型更新（基于BIM与实时数据）、同步仿真（数值模拟算法），可模拟结构变形等行为状态^[2]。

3 传统工程建设管理模式存在问题

传统模式在效率、协同与风险管控上存在显著短板。效率层面，依赖人工录入、纸质单据流转的信息处理方式，导致数据滞后与误差，如材料验收单的人工汇总常出现错漏，影响成本核算精度。信息流通上，设计、施工、监理等主体各自为政，采用独立数据格式与存储系统，形成“信息孤岛”，设计变更文件需经多轮人工传递才能抵达施工班组，易引发理解偏差与返工。协同机制上，跨专业沟通依赖线下会议与邮件往来，缺乏实时共享的数字平台，导致工序衔接脱节，例如机电安装与土建施工的进度不同步常造成窝工。风险管控则以后补救为主，质量验收多在工序完成后进行，安全

检查依赖定期巡检，难以及时发现隐蔽工程缺陷或临时用电隐患，埋下管理漏洞^[3]。

4 工程建设管理中智能建造技术的创新应用

4.1 在工程前期策划与设计阶段的创新应用

工程前期策划环节，数字勘察技术实现全域数字化感知升级，具体如下：（1）正射影像技术通过高分辨率遥感设备实现厘米级平面成像，结合倾斜摄影捕捉三维地形特征，形成完整空间信息数据集，经处理构建包含地表高程、地下管线等要素的数字地形模型，为选址提供直观参照。（2）岩土工程信息模型融合地质钻探数据与三维地形模型，通过地层切片、属性赋值等技术，实现岩土体物理力学参数的可视化表达。借助数值模拟工具，可预演不同选址方案的地基稳定性，精准识别断层带等风险点，为设计优化提供支撑，该模式将数据采集效率提升，打破传统勘察数据与空间位置脱节的局限。（3）设计阶段以“协同化+智能化”为核心。正向设计中，BIM平台构建多专业协同空间，设计师通过云端权限实现模型实时同步修改。参数化工具将构件要素转化为可编辑参数，参数调整时关联构件自动更新并触发碰撞检测，避免传统二维设计的“错漏碰缺”。（4）智能审查系统内置数字化规范库，通过语义识别校验设计指标并生成带定位的审查报告。AI大模型在概念设计阶段，依据项目条件生成数十套方案，同步完成日照分析等核算，设计师通过调整权重参数优化方案，实现从“经验主导”到“数据驱动”的转变。

4.2 在工程施工阶段的创新应用

施工阶段以“数字孪生工地”为核心架构，实现物理现场与虚拟模型实时交互，具体应用如下：（1）智慧工地平台通过分布式网关整合传感器数据：人员定位采用UWB技术实现亚米级定位并生成热力图；材料溯源传感器记录建材全生命周期信息；设备传感器采集大型机械运行参数。（2）数据经5G切片技术分类传输，关键数据通过低时延通道直达控制中心，接入BIM模型后形成动态更新的施工数字孪生体，管理者可通过三维界面查看进度、资源状态，借助时间轴回溯分析工序瓶颈。（3）建筑机器人突破传统施工边界：高空作业机器人凭借磁吸行走机构和机械臂完成钢结构作业，视觉识别系统将精度控制在±2毫米内；混凝土施工机器人通过激光扫描生成作业面轮廓，结合压力传感器调整浇筑参数；钢结构安装机器人采用多机协同技术，视觉引导系统实现毫米级对接精度。（4）智能监测网络构建立体化防控体系，基坑监测用分布式光纤感知应变变化，结合北斗定位监测沉降，数据经边缘计算处理后，超阈值时触发报

警与系统联动。

4.3 在工程运维阶段的创新应用

工程运维形成“感知-分析-决策-执行”闭环体系,具体创新应用如下:(1)智慧运维平台依托物联网部署传感网络:暖通系统监测室内环境参数,电梯设备捕捉异常振动,给排水系统记录管网状态,传感器采用LPWAN技术实现数年续航,降低维护成本。(2)楼宇自动化系统基于预设逻辑自适应调节设备,如人员密度降低时自动调暗照明、切换空调模式,动态调控可降低能耗20%-30%。大数据分析平台通过构建故障预测模型,提前7-14天识别设备故障征兆,为预防性维护提供指引。(3)数字孪生技术实现从“静态模型”到“动态镜像”的跨越,运维孪生体通过API接口同步物联网数据,在虚拟空间复现建筑物理状态。遇突发事件时,系统调用模型模拟推演不同方案效果,为应急指挥提供依据。

4.4 在工程建设综合管理与决策支持中的创新应用

在工程建设综合管理与决策支持中的创新应用如下:(1)工程综合管理迈向“数据穿透式”治理。全生命周期数据库整合各阶段数据,经数据中台处理形成含500+指标的多维数据立方体。进度管理模块联动甘特图与BIM模型,通过挣值法分析进度偏差,结合历史数据自动生成赶工方案。(2)成本管控系统引入动态计价模型,接入材料价格、人工成本等实时数据更新造价,超支预警时自动追溯源头并推送解决方案。质量追溯平台以区块链构建不可篡改记录链,实现从建材进场到竣工验收的“一键溯源”。(3)供应链管理中,区块链联盟链连接各方形成信息共享网络,采购订单、物流轨迹等信息上链可防范造假,智能合约按预设条件自动触发付款,缩短结算周期。决策支持层面,AI系统综合多源信息评估重大事项风险,输出包含成本、工期、合规性分析的建议报告,提升管理决策的科学性与前瞻性。

4.5 在工程应急管理与可持续发展中的创新应用

工程应急管理领域,智能建造技术构建起全链条响

应体系,具体如下:(1)基于数字孪生的应急推演平台,可整合气象预警、地质监测、人员分布等多源数据,在虚拟空间预演台风、地震等灾害对建筑结构的影响,模拟不同加固方案的防护效果,为应急物资储备、人员疏散路线规划提供量化依据。应急指挥系统搭载AI语音交互与AR实景标注功能,现场人员通过智能终端拍摄的画面可实时叠加BIM模型中的结构信息,远程专家能直接在画面中标注处置建议,缩短决策响应时间。(2)可持续发展管理方面,碳足迹追溯系统依托物联网与区块链技术,从建材生产、运输到施工阶段的能耗、碳排放数据进行全流程记录,结合数字孪生模型计算不同施工方案的碳排放量,自动推荐低碳替代方案。智能绿化养护系统通过土壤传感器监测植被生长环境,联动灌溉机器人实现精准补水施肥,同时结合太阳能供电的环境监测终端,实时统计建筑周边的生态指标,为绿色建筑认证提供连续数据支撑^[4]。

结束语:智能建造技术为工程建设管理带来全方位革新,通过数字化、智能化手段突破传统模式局限,在全生命周期管理中展现出显著优势。从前期策划到运维阶段,从综合管理到应急与可持续发展,其创新应用提升了管理效率与决策科学性。未来要进一步推动技术融合与标准建设,培养复合型人才,以充分释放智能建造技术的潜力,助力工程建设行业向高质量、可持续方向发展。

参考文献

- [1]林盛,胡伟波,于鹏飞,等.工程建设管理中智能建造技术的创新应用[J].砖瓦世界,2024(1):133-135.
- [2]李洋.工程建设管理中智能建造技术的创新应用[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2020(6):1889-1890.
- [3]付沛.工程建设管理中智能建造技术的创新应用探究[J].电脑爱好者(电子刊),2021(9):1447-1448.
- [4]王淑桃.工程建设管理中智能建造技术的创新应用[J].建筑经济,2021,42(4):49-52.