

AI 人工智能技术在智能建造产业中的应用

张 野 程 彬 教弟前

中建八局第一建设有限公司 山东 济南 250100

摘 要:传统建造产业存在作业粗放、协同性弱、管控精度不足等诸多短板,数字化转型已成为行业高质量发展的必然趋势。本文以智能建造产业为研究对象,梳理智能建造的核心内涵与产业特征,系统阐述计算机视觉、数字孪生 BIM、物联边缘计算等核心支撑技术。围绕规划设计、施工生产、运维管理全生命周期,剖析智能技术的落地应用场景。结合行业发展现状,总结产业升级的主流趋势,旨在为建筑行业数字化、精细化、绿色化转型提供理论参考与实践借鉴。

关键词:AI 人工智能;核心技术;智能建造产业;落地应用

引言:当前国内建造产业正加速从传统粗放式建造向数字化、智能化模式转型升级。传统建造模式依赖人工经验,存在施工效率低、资源损耗大、安全隐患多、各环节信息割裂等问题,难以适配现代建筑规模化、高标准、绿色化的建设需求。在此背景下,各类智能技术逐步深度融入工程建设全流程,重建造生产与管理體系。基于此,本文系统研究智能技术在智能建造全周期的核心技术与应用场景,探究行业未来发展方向,助力推动建筑产业提质增效与转型升级。

1 智能建造与智能技术概述

1.1 智能建造的核心内涵与产业特征

智能建造是信息技术与建筑行业融合形成的新型建造模式,也是传统建筑行业转型的主流路径。该模式以数字化技术为根基,依靠数据采集、虚拟仿真、数据分析、自动化控制等方式,对建筑设计、施工、管控、运维全流程完成数字化重构,改善传统建造粗放作业、依靠经验、各环节割裂的短板,让工程建设全流程实现标准管控、精细管控与高效管控。对比传统建造,该产业拥有三类典型特征。(1)数字化,借助三维建模、传感器采集、数据计算完成建筑全部要素的数据化转换;(2)协同化,打通设计、施工、监理、运维各方的信息阻隔,实现多专业、多阶段协同作业;(3)精益化,依托技术优化工艺、管控风险、缩减资源消耗,改善建筑业效率偏低、材料损耗大、安全隐患多等问题,助力行业走向集约高质量发展。

1.2 智能技术与智能建造的融合适配性

智能技术和智能建造场景适配度高,是行业落地落地运行的重要支撑。建筑工程工况繁杂、建设周期长、

涉及要素多、现场变动频繁,依靠人工很难做到全流程精细管控,而智能技术的感知、仿真、数据分析、高速计算能力可以匹配各类建设要求。作业层面,感知技术适配现场环境、结构、人员设备动态监测;仿真技术服务设计校核、工序模拟、进度推演;运算控制技术支撑工艺调优、风险识别、流程管控。产业层面,智能技术数字化、自动化属性契合智能建造全周期一体化发展思路,补齐传统建造技术短板^[1]。

2 赋能智能建造的四大核心技术

2.1 计算机视觉技术

计算机视觉技术依托图像采集设备与特征算法,对施工现场可视化信息进行提取、解析与研判,适配施工现场复杂、动态、多干扰的作业环境,替代传统人工目视巡检与经验判别模式。(1)多维度场景图像采集。通过施工现场布设的高清摄像头、移动抓拍设备与无人机设备,对作业面、建筑结构、机械设备及作业人员开展全方位图像、视频采集,覆盖露天施工、室内装修、高危作业等场景,搭建完整的现场可视化数据体系。(2)建筑目标精准识别分类。依托特征算法解析图像数据,精准识别建筑构件、施工材料、机械设备、安全防护设施等关键对象,同时捕捉现场违规操作、结构形变、物料乱堆等异常特征,实现复杂施工场景下多目标的精准定位与区分。(3)动态场景实时感知研判。依托实时视频流完成动态分析,持续感知人员作业行为、设备运行状态与现场环境变化,适配土建施工、钢结构安装、幕墙施工等多个施工阶段,为现场精细化管控提供基础数据支撑。

2.2 机器学习与深度学习

机器学习与深度学习依托海量工程样本数据迭代训练模型,挖掘施工过程的数据关联规律,摆脱传统建造高度依赖人工经验的决策模式,可实现施工参数优化、状态研判与隐患预判,贯穿工程设计、施工、现场管控全流程。其核心逻辑为通过数据拟合与模型迭代,形成适配建筑工程场景的专属研判体系。(1)工程数据模型训练拟合。整合各类工程施工参数、进度数据、质量检测数据与环境数据,完成算法模型训练,适配不同建筑类型、施工工艺与场地条件,解决传统决策主观性强、标准化不足的问题。(2)施工参数优化调控。针对混凝土配比、钢筋焊接、基坑支护、工序排布等关键工艺参数,通过模型迭代计算比对多套方案,筛选最优参数组合,满足精细化、标准化施工的管控要求。(3)施工状态动态预判。基于现场实时数据开展动态分析,精准识别进度偏差、质量缺陷、设备异常等潜在问题,生成对应的调控与整改方案,推动施工管理从事后整改转向事前预判、事中动态调控^[2]。

2.3 数字孪生与 BIM 融合技术

数字孪生与 BIM 融合技术以 BIM 模型作为静态数据载体,结合数字孪生动态映射能力,搭建工程虚拟仿真场景,实现实体工程与虚拟模型的数据互通、实时同步,有效解决传统建造各阶段数据割裂、专业协同低效的行业问题。(1)全专业三维建模。依托 BIM 技术完成建筑结构、机电管线、装饰装修等精细化建模,精准还原建筑尺寸、结构布局与设备排布等静态信息,构建标准化、可视化的工程基础模型,为仿真模拟提供数据载体。(2)施工动态虚实映射。将施工现场进度、设备运行、环境变化等实时数据接入 BIM 模型,动态更新虚拟场景状态,实现实体施工过程与虚拟模型的同步联动,完整还原工程建设全过程状态。(3)全流程协同仿真校验。依托虚实融合模型开展工序模拟、管线碰撞校验、进度推演与应急仿真,打通设计、施工、运维多阶段协同壁垒,提前规避设计冲突、工序错乱等问题,减少现场返工与施工隐患。

2.4 物联网与边缘计算

物联网承担现场数据采集与传输功能,边缘计算负责本地化数据处理与分析,协同解决施工现场数据量大、传输延迟高、处理效率低等问题,为各类智能建造应用提供稳定的数据底座。(1)施工现场全域数据采集。通过布设沉降、应力、温湿度、位移等传感设备,结合环境监测、机械设备、人员门禁等终端,全面采集结构安全、设备运行、现场环境、人员作业等多维度数据,实现施工现场数据全覆盖采集。(2)高效实时

数据传输。依托物联网无线传输技术,适配施工现场复杂电磁环境与露天作业场景,保障各类终端数据稳定上传与管控指令及时下发,维持数据传输的连续性与时效性。(3)边缘端本地化数据处理。在施工现场终端节点完成数据清洗、筛选与分析研判,无需全部上传云端,有效降低传输压力与数据延迟,快速响应现场预警、设备调控、环境管控等实时作业需求,提升现场管控的响应效率^[3]。

3 人工智能在智能建造全流程的落地应用

3.1 智能建造规划设计环节的创新应用

规划设计是建筑工程全生命周期的起始环节,方案的合理性、精准性直接决定后续施工、运维的整体质量。现阶段智能技术深度融入设计流程,覆盖场地分析、方案推演、建模设计、合规校核等全流程场景,形成标准化、数字化的现代设计体系。(1)场地条件智能分析与方案推演。依托数字化勘测设备采集场地地形、地貌、周边环境、地质条件等基础数据,结合城市规划指标、用地规范、建筑功能需求,完成多维度方案自动推演。系统可同步比对多种楼栋布局、空间排布、功能分区形式,结合日照、通风、消防间距等硬性条件完成筛选,输出适配场地实际条件的规划方案,替代传统人工反复测算、手动调整的工作模式。(2)多专业一体化参数化建模。在建筑、结构、机电、暖通等多专业设计工作中,采用参数化数字化建模方式,统一构件参数、建模标准与模型精度。各专业设计人员可依托协同平台同步作业,模型参数可联动更新,局部构件调整将自动适配整体结构体系,有效规避传统分步建模出现的参数错乱、版本不统一等问题,提升整体建模精度与设计协同效率。(3)设计成果智能校验与碰撞核查。针对完成的设计模型与施工图纸,系统可依据现行建筑规范、施工标准开展自动合规校验,筛查尺寸偏差、荷载超标、布局违规等设计问题。同时完成全专业管线、构件、设备的碰撞检测,精准定位管线交叉、空间冲突、构件干涉等问题,在设计阶段完成问题整改,从源头减少后期施工返工隐患。

3.2 智能建造施工生产环节的核心实践

各类智能感知、数据分析、智能设备管控技术的落地应用,可实现施工现场人员、设备、工序、质量、环境等要素的数字化、精细化管理,适配现场实际施工场景。(1)施工现场全域动态感知监测。通过布设物联网传感设备、高清监控终端、无人机巡检设备,搭建施工现场立体化感知体系。设备可实时采集深基坑、高支模、脚手架等高危区域的沉降、位移、应力数据,同步

监测现场作业人员行为、机械设备运行状态与施工现场环境数据,实现全天不间断、无死角的现场数据采集,补齐人工巡检的覆盖短板。(2)施工进度与资源智能调配。依托现场实时数据与项目总体进度计划,构建施工动态管控体系,对各分项工序的施工节奏进行统筹排布。系统可结合物料进场情况、设备工况、人员配置与天气环境变化,动态调整工序衔接顺序,优化人力、机械、物料的资源配置方式,保障各施工环节有序衔接,避免资源闲置或配置不足的问题。(3)施工质量数字化核验管控。采用三维激光扫描、视觉识别等技术,对已完工施工部位进行实体数据采集,将实体尺寸、构件形态、施工工艺数据与设计模型参数进行自动比对,精准识别施工偏差、工艺缺陷、构件不达标等质量问题,实现施工质量的常态化、数字化核验,替代传统人工目测、抽样检查的粗放式质检模式^[4]。

3.3 智能建造运维管理环节的价值释放

传统运维模式以定期巡检、故障后维修为主,数据留存不完善、隐患发现滞后、管控精细化程度较低。智能技术的应用,推动建筑运维从被动管理转向主动预判、动态管控,实现建筑长效稳定运行。(1)建筑设备运行状态实时监测。依托物联网终端对接建筑机电、消防、暖通、给排水等各类配套设备,全天候采集设备运行负荷、工作参数、运行时长等数据,建立设备运行动态台账。所有运行数据实时上传至运维管理平台,实现设备运行状态可查、可溯、可控,改变传统人工定期登记、阶段性排查的管理模式。(2)建筑结构与设备隐患智能预警。通过长期积累的运维数据建立数据分析模型,对建筑结构形变、设备参数异常、部件老化损耗等情况进行动态研判。当监测数据超出正常阈值时,系统自动触发预警,精准定位隐患位置,为运维人员提供检修依据,实现隐患早发现、早处置,降低建筑运行安全风险。(3)建筑能耗与数字化档案管理。系统可实时统计建筑水电、暖通、照明等能耗数据,分析能耗损耗规律,结合建筑使用场景优化设备运行策略,实现节能化运维。同时整合设计、施工、检修、改造等全流程数据,建立建筑数字化档案,实现运维信息闭环管理,为建筑后期改造、翻新、长效运维提供完整数据支撑。

4 AI 人工智能技术赋能智能建造产业的发展趋势

随着建筑产业数字化转型持续推进,智能建造行业体系不断成熟,技术融合、作业模式、产业规模与绿色发展将成为未来核心发展方向,逐步推动传统建造模式向标准化、自动化、集约化模式升级,产业整体专业化、规范化水平持续提升。(1)多技术深度融合集成。未来建造领域将实现 BIM、数字孪生、物联网、区块链等技术的深度融合,打破单一技术应用局限,构建虚实联动、数据互通、协同高效的一体化技术体系,覆盖工程全生命周期,形成系统化、常态化的数字化建造支撑模式。(2)施工场景自动化普及。各类智能施工设备、智能监测终端将逐步替代传统人工作业,施工勘测、浇筑、质检、运维等关键工序实现自动化、标准化作业,施工现场无人化、少人化成为常态,大幅提升施工流程的规范性与统一性。(3)产业规模化与绿色化发展。智能建造将从试点应用转向规模化、产业化落地,行业标准与配套体系持续完善。同时结合低碳建造理念,优化资源配置、降低能耗损耗,推动绿色、低碳、高效的智能建造模式成为行业主流^[5]。

结束语: 本文梳理了智能建造的基础理论与核心支撑技术,分析了智能技术在工程设计、施工、运维各阶段的实际应用价值,明确了技术融合、自动化作业、绿色规模化发展的产业趋势。智能技术与建造行业的深度融合,能够有效弥补传统建造模式的短板,提升工程建设的精细化与标准化水平。

参考文献

- [1] 马里奥·卡尔波,周渐佳,罗旋.人工智能建构,或建造技术的文化之战[J].时代建筑,2025,(1):6-13.
- [2] 卢昱杰,王娜,赵宪忠.生成式人工智能大模型在工程建造领域的应用与挑战[J].同济大学学报(自然科学版),2026,54(1):1-12.
- [3] 黄岩,张贵良.人工智能时代某装配式框架梁柱节点 BIM 智能建造[J].山西建筑,2026,52(6):104-108.
- [4] 宋怡.AI 人工智能技术在智能建造产业中的应用[J].科技创新与应用,2026,16(9):172-175.
- [5] 丝语.全球人工智能产业的发展趋势[J].中国货币市场,2026,(3):82-85.