

基于人工智能技术的建筑工程施工管理研究

朱 峰

中国安能集团第三工程局有限公司 四川 成都 610000

摘 要：为破解传统建筑施工管理误差大、风险滞后、协同性弱等痛点，本文界定施工管理与人工智能核心概念，剖析计算机视觉、BIM+AI等技术与施工管理适配性，围绕质量、安全、成本、协同管理剖析AI落地应用，梳理行业成本高、算法适配差、人才短缺、标准缺失四大现存问题，从技术、企业、行业层面制定优化策略，并预判数字孪生、无人施工、绿色管控三大发展趋势。研究证实人工智能可优化施工全流程管控，助力建筑行业实现精细化、智慧化转型升级。

关键词：基于人工智能技术；建筑工程；施工管理

引言

城镇化建设提速推动建筑工程规模持续扩大，多工序、大体量施工现场大幅提升传统人工管理难度，工期滞后、质量瑕疵、安全事故、成本超支问题频发，传统管理模式已然无法适配现代施工建设需求。伴随数字技术迭代，人工智能逐步落地建筑施工领域，为施工全维度管控提供技术支撑。基于此，本文立足施工管理五大核心维度，探究AI技术应用价值与落地短板，针对性给出优化方案，助推智慧施工模式全面普及。

1 相关概念与人工智能核心技术适配分析

1.1 核心相关概念界定

(1) 建筑工程施工管理内涵：建筑工程施工管理围绕项目全施工周期开展统筹管控，核心涵盖进度、质量、成本、安全、人员五大管理维度。进度管理把控施工工序与工期节点，质量管理严控施工工艺与工程实体质量，成本管理管控材料、人工及设备经费支出，安全管理规避现场施工安全隐患，人员管理优化班组调配、岗位职责与人员考核，五大维度相互联动，构成传统施工管理核心体系。(2) 人工智能技术基础定义与工程应用分类：人工智能是依托算法、算力、数据实现模拟人类决策、感知、研判的综合性技术，建筑工程领域将其分为感知类、算法分析类、融合管控类三大类别，贴合施工现场监测、数据分析、模型管控等场景落地应用。

(3) 智慧施工管理概念及行业应用标准：智慧施工管理是以数字技术、人工智能为核心，依托数字化平台完成施工全流程智能管控的新型管理模式，行业现行标准围绕数据传输、技术合规、管控精度、安全运维四大维度，划定AI技术施工落地、数据共享、成果验收统一规范。

1.2 适配建筑施工管理的人工智能核心技术

(1) 计算机视觉技术：依托图像识别算法，完成墙体、钢筋施工缺陷智能识别，现场人员违章作业自动抓拍，施工场地人员、机械动态全域监测。(2) 机器学习与大数据算法：归集工程历史数据与实时数据，完成施工数据智能研判，安全、成本风险提前预测，人力、物料、机械设备资源智能统筹调配。(3) BIM+AI融合技术：依托AI算法优化建筑BIM模型参数，开展多场景施工模拟，完成工程设计、施工、运维全周期可视化闭环管控。(4) 物联网+AI感知技术：依托感知传感器搭配AI解析模块，完成施工设备运行、现场环境、建材物料信息全天候实时采集与智能解析^[1]。

1.3 AI技术与传统施工管理适配优势

(1) 弥补人工管理误差，提升管控精准度：破除人工巡检、核算主观失误、漏检短板，标准化智能管控大幅提升五大维度管理精度。(2) 实现事前风险预判，转变事后整改管理模式：依托算法推演潜在隐患，替代传统事后问题整改模式，降低施工事故与工程损耗。(3) 整合碎片化工程数据，实现项目一体化协同管理：归集各岗位、各施工环节零散数据，打通部门数据壁垒，实现工程项目全域协同管控。

2 人工智能技术在建筑工程施工管理中的具体应用

2.1 施工质量管理中的AI技术应用

(1) AI混凝土、钢筋施工构件缺陷自动检测：依托计算机视觉与图像识别AI算法，搭配现场高清摄像设备、红外扫描设备，对混凝土墙面蜂窝麻面、裂缝、空鼓，钢筋间距偏差、保护层厚度不达标、锈蚀变形等隐蔽及表观缺陷开展全自动扫描检测。相较于人工抽检模式，AI检测可覆盖构件全部施工面，规避人工漏检、误判问题，快速定位缺陷位置、划定缺陷等级，适配主体结构、二次结构施工质量验收工作。(2) 施工工序智

能核验与标准化流程管控：结合工程施工工艺标准数据库，AI系统绑定施工工序节点，对模板支护、钢筋绑扎、混凝土浇筑、砌体施工等关键工序进行智能核验。系统自动比对现场施工工况与工艺标准参数，拦截违规跳序、工艺不达标施工行为，约束现场施工班组作业行为，统一全项目施工工艺标准，杜绝非标施工引发质量隐患^[2]。（3）工程质量数据溯源与质量问题成因智能分析：AI大数据平台归集施工原材料检测数据、设备参数、环境数据、人员作业数据，构建质量数据库。当出现质量瑕疵时，系统自动调取关联施工数据，通过算法拆解人员操作、材料性能、环境温度、施工工艺四大诱因，精准剖析质量问题根源，为整改方案制定与工艺优化提供数据支撑。

2.2 施工安全与进度管理中的AI技术应用

（1）施工现场人员、机械违章行为AI智能预警：依托场地AI视觉监测摄像头，实时识别工人未佩戴安全帽、高空抛物、跨越防护栏杆、违规动火等人员违章行为，同时捕捉塔吊超载、机械违规回转、机械交叉作业冲突等设备违章问题。系统实时发出声光预警，同步推送预警信息至管理人员移动端，实现违章行为秒级管控。（2）基坑、脚手架高危工况AI实时监测报警：联动物联网感知设备与AI数据分析模型，对基坑沉降位移、边坡含水率、脚手架立杆沉降、架体垂直度、荷载压力等高危指标24小时不间断采集分析。AI算法对比安全阈值，一旦数据超标即刻分级报警，提前预判坍塌、倾覆风险，筑牢高危施工环节安全防线。（3）施工进度智能模拟、工期偏差自动纠偏优化：结合BIM模型与机器学习算法，AI系统依托施工总工期、分项工序工期开展施工进度动态模拟，匹配现场实际施工量核对计划工期。针对天气延误、物料滞后、人员短缺引发的工期偏差，系统自动拆解工序逻辑，优化施工排班与交叉施工方案，完成工期自动纠偏，保障项目按期交付^[3]。

2.3 施工成本与物料人员管理中的AI应用

（1）建筑材料需求量智能测算、物料损耗动态管控：AI依托施工图纸、工程量清单与历史同项目施工数据，精准测算砂石、水泥、钢筋等主材及辅材需求量。同时实时追踪物料领用、堆放、消耗数据，核算施工物料损耗率，针对超额领用、废料浪费问题及时管控，将施工物料损耗控制在定额标准范围内。（2）施工机械、人力资源智能调度配置：AI系统结合施工分区、工序工期、作业工程量，统筹塔吊、施工电梯、振捣设备等机械台班调度，规避设备闲置、扎堆作业问题；同时依据班组人员技能、岗位分工、施工工作量，智能调配施工

人员，优化人力排班，减少人力冗余与岗位空缺问题。

（3）工程造价动态核算、超支风险智能预警：AI实时归集人工费用、物料采购费、设备租赁费等成本支出数据，动态更新项目总成本台账。系统对照预算定额自动核算分项工程造价，识别材料涨价、工期增项、资源浪费带来的成本超支隐患，提前发出风险预警，助力管理人员把控项目造价。

2.4 施工现场协同管理AI应用

（1）多方参建主体云端协同智能管控平台搭建：搭建AI一体化施工协同平台，打通建设单位、施工单位、监理单位、设计单位数据壁垒，各方主体线上完成图纸会审、变更签证、质量验收、安全巡检工作流转。AI自动梳理工作流程、推送待办事项，消除线下沟通滞后、资料传递滞后问题，提升多方协同效率。（2）施工环境扬尘、噪声AI智能调控监测：联动环境感知传感器，AI系统实时监测施工现场PM2.5、PM10扬尘浓度与施工噪音分贝，自动匹配环保管控标准。超标后系统自动联动喷淋设备、降噪围挡启停，完成环境智能调控，满足施工现场绿色施工、环保施工管控要求^[4]。（3）工程竣工资料AI自动整编归档：依托自然语言处理AI技术，自动抓取施工日志、验收报告、材料合格证、变更文件等全过程资料，按照建筑工程竣工归档行业标准，自动分类、整编、校验资料内容，剔除无效冗余文件，完成竣工资料电子化归档，大幅缩减人工整理资料工期，降低资料整编差错率。

3 人工智能技术在建筑工程施工管理现存问题及优化实施策略

3.1 人工智能施工管理落地现存问题

（1）行业层面：中小施工企业AI技术投入成本偏高，普及度不足。智慧工地AI软硬件采购、运维费用高昂，中小企业资金周转压力大，多沿用传统管理模式，AI技术区域、企业间普及两极分化严重。（2）技术层面：算法适配性不足、现场数据孤岛、软硬件兼容性较差。通用AI算法贴合施工现场工况不足，设计、施工、监理数据相互割裂，不同品牌感知设备、管控系统端口不互通，技术落地效能大打折扣。（3）人员层面：一线施工管理人员AI数字化操作素养薄弱。现场施工人员、基层管理人员深耕现场实操，缺乏算法系统、智能平台操作能力，复合型技术管理人才缺口较大。（4）标准层面：AI施工管理行业规范、考核体系不完善。国内暂无统一的AI施工管控指标、成果验收、权责划分标准，技术应用、管理考核无统一依据，行业规范化发展受限。

3.2 技术层面优化改进策略

(1) 搭建轻量化AI施工管理系统,降低项目落地技术门槛。摒弃大型一体化高价管控平台,研发模块化、轻量化AI管理小程序与简易终端,拆分质量监测、安全预警、进度管控单项功能,简化系统运维流程、削减硬件配套成本,适配中小型项目低成本落地需求,降低企业技术运维与人员操作难度,适配不同规模工程项目使用场景。(2) 打通工程数据端口,破除项目各环节数据孤岛问题。依托统一数据中台对接BIM模型、物联网感知设备、财务造价、人员考勤系统,统一工程数据格式与传输协议,整合前期设计、中期施工、后期运维全周期数据,实现参建各方、各管理维度数据实时共享、同步调取,依托整合数据提升AI风险研判、资源调度精准度。(3) 优化施工现场算法模型,贴合土建、市政多元施工场景。针对房建土建基坑支护、钢筋施工,市政道路路基施工、管网铺设差异化工况,迭代专属机器学习与视觉识别算法,剔除通用算法冗余参数,优化缺陷识别、风险监测模型,提升复杂工地环境、多变施工工艺下AI技术适配性,强化技术落地实用性^[5]。

3.3 企业与行业管理优化对策

(1) 企业分层引进AI智能设备,分阶段推进智慧工地改造。施工企业结合项目体量、资金预算分步改造,大型项目配齐全域监测AI设备,中小型项目优先落地安全预警、质量检测核心AI模块,循序渐进完成智慧工地升级,缓解企业资金投入压力,平衡成本与管理效益。

(2) 搭建专项人才培养体系,培育复合型工程管理技术人员。企业划分分层培训方案,针对一线工人开展基础设备操作培训,针对管理人员开展AI平台数据分析、系统运维培训;同时校企联合定向培养兼具施工专业知识与AI技术能力的复合型人才,补齐人员素养短板。(3) 行业统一AI施工管理执行标准与验收规范。建筑行业主管部门牵头,结合国内工地施工特点,统一AI监测精度、数据归档、系统运维、成果验收标准,划定AI管理权责边界,完善配套考核制度,规范行业技术应用流程。

3.4 未来人工智能施工管理发展趋势

(1) AI+数字孪生一体化全域施工管控趋势。未来将依托数字孪生技术复刻施工现场实景,联动AI算法实现施工工况实时映射、动态模拟、全域闭环管控,打通项目全生命周期数字化管控链路,提升项目精细化管理水平。(2) 无人化智能施工、全自动现场管控发展方向。依托AI机器人、智能塔吊、自动浇筑设备,逐步替代人工高危作业、重复性作业,搭配全自动AI预警管控系统,实现施工现场少人、无人化作业,削减人工管理依赖。(3) 低碳节能视角下AI绿色施工智能管控发展。结合双碳政策要求,AI系统将深度联动能耗、环境监测设备,智能调控施工能耗、扬尘与噪声排放,优化物料配比与机械能耗,依托人工智能实现低碳、绿色、节能化智慧施工管理。

结束语

综上,人工智能技术可全面优化建筑工程施工质量、安全、进度、成本及协同管理工作,弥补传统管理模式诸多缺陷,但现阶段行业普及不足、技术适配薄弱、专业人才匮乏、行业标准缺失等问题仍制约技术落地。后续需依托轻量化技术研发、数据壁垒打通、人才培育、行业标准完善多维优化,贴合工程实际完善技术体系。未来依托数字孪生、无人施工等技术融合,将进一步释放AI管控价值,赋能建筑行业高质量、低碳化、智慧化长效发展。

参考文献

- [1]李亚宁,丁志坤.人工智能算法在建设项目施工管理中的应用综述[J].项目管理技术,2024,22(12):25-31.
- [2]张磊.人工智能技术在建筑工程质量、进度一体化施工管理中的应用[J].施工技术,2023,52(18):89-92.
- [3]王浩.人工智能赋能建筑工程施工现场精细化管理路径研究[J].建筑经济,2024,45(7):72-76.
- [4]刘博文.人工智能驱动下建筑施工安全风险预警与管控体系构建[J].工程勘察,2025,53(3):78-82.
- [5]赵阳.建筑工程施工管理现存问题及人工智能优化对策探析[J].城市建筑,2024,21(11):167-169.