

人工智能在智能工地管控中的应用

韩英杰

中石化石油工程设计有限公司，山东东营，257000；

摘要：人工智能作为融合机器学习、计算机视觉等技术的智能体系，正推动智能工地管控模式革新。其应用优势显著：通过智能监控与数据分析提升管理效率，借助AI视觉识别增强施工安全预警，利用算法优化资源配置。然而技术落地面临算法精度、复杂场景适配等技术挑战，复合型人才短缺的人才困境，以及初期投入较高的成本压力。对此需推进技术创新、强化人才培养与引进，并通过规模化应用控制成本。未来，人工智能将向全场景智能联动、自主决策方向发展，成为智慧建造的核心驱动力。

关键词：人工智能；智能工地管控；应用

DOI：10.69979/3029-2727.25.08.024

在建筑行业数字化转型浪潮下，传统工地管控面临效率低下、安全隐患等痛点，智能工地建设成为行业升级的必然选择。人工智能技术凭借强大的数据分析与智能决策能力，为工地管控提供了创新解决方案。其通过整合多源数据与智能算法，可实现施工过程的精准监控与资源的动态调配，有效破解传统管理模式的局限性，推动建筑工程管理向智能化、精细化方向演进，成为提升工地管控效能的核心技术支撑。

1 人工智能技术简介

人工智能是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学，其核心通过计算机程序实现类人智能行为，涵盖机器学习、深度学习、自然语言处理、计算机视觉等多个领域。机器学习让系统能从数据中学习规律并改进性能，深度学习借助多层神经网络提升复杂问题处理能力，计算机视觉使机器具备感知视觉信息的本领，自然语言处理则实现人机间的语言交互。如今，人工智能技术发展迅猛，在各行业广泛应用，正深刻改变着生产生活方式，为各领域创新发展提供强大技术支撑，在智能工地管控等场景中也展现出巨大应用潜力^[1]。

2 人工智能在智能工地管控中的应用优势

2.1 提高管理效率

人工智能通过搭建集成化管理系统，将工地管控模式从经验主导升级为数据驱动。借助物联网技术实现施工全流程数据的实时采集，通过AI算法对人员考勤、进度执行等信息进行结构化处理，以可视化看板形式呈现管理要素，使决策层能够动态掌握现场状况。在事务

处理层面，依托RPA机器人自动化执行薪资核算、考勤统计等重复性工作，配合自然语言处理技术对施工文档进行智能解析，大幅缩短信息流转周期，突破传统层级审批的效率壁垒，推动管理决策向即时化、精准化方向发展。

2.2 增强施工安全

基于AI视觉识别与智能分析技术，构建全场景安全管控体系。通过部署智能监控设备，对施工现场违规操作、防护缺失等危险行为进行实时识别与预警，结合深度学习模型对基坑变形、支架位移等结构隐患进行图像特征分析，实现安全风险的早期预判。同时，利用历史事故数据与环境参数构建风险评估模型，动态识别高风险作业区域并生成防护方案，将传统“事后处置”的安全管理模式转变为“事前预防”的主动防控，形成覆盖施工全周期的安全防护网络^[2]。

2.3 优化资源配置

人工智能通过算法优化实现施工资源的精准调度与动态适配。运用强化学习算法对物料需求、机械排班等进行模拟运算，结合BIM技术与施工进度计划，自动生成人、机、料的最优配置方案。当施工工序出现进度偏差时，系统可实时调整后续资源投入策略，确保各环节衔接均衡。在人力资源管理中，通过分析工人技能标签与作业绩效数据，实现岗位需求与人员能力的智能匹配，有效解决传统管理中资源错配、闲置浪费等问题，推动成本管控与生产效能的协同提升。

3 人工智能在智能工地管控中的应用挑战

3.1 技术挑战

人工智能在工地管控中的技术落地面临多维度适配性难题。一方面,施工现场环境复杂多变,粉尘、强光等干扰因素易导致 AI 视觉识别算法出现误判,而施工流程的动态调整也要求算法具备实时迭代能力,当前多数模型在复杂场景下的鲁棒性仍显不足。另一方面,多源数据融合存在技术壁垒,物联网设备采集的施工进度、安全监测等数据格式各异,与 BIM 模型、管理系统的数据接口尚未形成统一标准,导致 AI 分析平台难以实现跨系统的深度协同。加上边缘计算与云端处理的算力分配矛盾突出,实时监控数据的本地化处理需求与大规模模型训练的云端资源依赖形成技术瓶颈,制约了 AI 应用的实时性与扩展性。

3.2 人才挑战

行业人才结构失衡严重制约 AI 技术应用深度,既懂建筑工程管理又掌握 AI 算法的复合型人才极度匮乏,传统工程管理人员缺乏数据建模与算法优化能力,而 AI 技术人员往往欠缺施工场景认知,导致技术方案与现场需求脱节。并且基层作业人员的数字化素养不足,对智能监控设备、AI 管理系统的操作适配度较低,部分工人甚至存在抵触情绪,影响技术落地效果。此外,企业人才培养体系滞后于技术发展需求,针对 AI 应用的专项培训机制尚未普及,高校相关专业设置与行业实践脱节,加剧了人才供需矛盾,形成“技术先进但落地乏力”的现实困境。

3.3 成本挑战

AI 技术的高投入与长效收益的时间差构成成本管控压力。初期建设阶段,智能传感器、边缘计算设备等硬件采购与 AI 平台开发需投入高额资金,而中小型建筑企业资金实力有限,难以承担动辄百万级的系统部署成本。在运维环节,AI 模型的持续迭代、数据存储与算力支撑需要长期资金投入,部分企业因后续维护经费不足导致系统功能退化。而传统管理模式向智能化转型过程中,涉及组织架构调整、人员再培训等隐性成本,这些短期投入与 AI 技术带来的效率提升、成本节约等长期收益之间存在明显的时间滞后,导致部分企业对 AI 应用持观望态度,制约了技术推广的整体进程。

4 人工智能在智能工地管控中的应用措施

4.1 技术创新与优化

在智能工地管控场景下,人工智能技术的创新与优化应用可从多维度展开。数据采集层面,可通过部署多模态融合的传感器网络实现技术突破,例如将激光雷达

与视觉摄像头进行集成应用,以此对工地现场的人员活动轨迹、机械设备运行状态及材料堆放情况进行实时采集,同时借助边缘计算节点完成数据的前置处理,从而降低云端数据传输压力并提升系统响应效率。

算法优化领域,针对传统目标检测模型在复杂工地环境中存在漏检率较高的问题,可引入迁移学习技术方案,利用预训练模型结合工地场景专属数据实施模型微调,进而提升目标识别准确率。同时开发轻量化神经网络模型,使其与工地边缘计算设备形成适配能力,实现本地实时分析功能,例如通过卷积神经网络对施工区域的违规操作行为进行快速判别^[3]。

数字孪生驱动的协同管控平台构建是核心创新方向。基于 BIM 模型与实时感知数据,构建工地三维动态映射模型,运用强化学习算法对塔吊调度策略、物料运输路径进行优化设计,实现交叉作业风险的自动规避。此外,通过深度学习技术对施工进度进行预测分析,并结合历史质量检测数据构建缺陷预警模型,实现对混凝土浇筑等施工工序潜在隐患的提前识别,最终通过技术创新推动智能工地管控向自动化、精准化方向升级演进。

4.2 人才培养与引进

在智能工地管控场景下,人工智能技术的落地应用离不开系统化的人才培养与引进机制。从人才培养维度看,可构建“高校学科建设-企业技能实训-行业认证体系”三位一体的培育模式。高校需整合计算机科学、土木工程与人工智能专业资源,开设智能建造相关交叉学科课程,例如设置 BIM 技术与机器学习融合应用、工地智能感知系统开发等特色课程,从理论层面培养具备跨领域知识结构的复合型人才。企业则应联合高校建立实训基地,针对塔吊智能调度、施工缺陷 AI 识别等实际场景开展项目化教学,让人才在实操中掌握边缘计算设备部署、算法模型现场调优等核心技能。

人才引进方面,需建立梯度化引才体系,重点引进具备人工智能算法开发与建筑工程管理双背景的领军人才,要求其具备主导过智慧工地 AI 系统搭建的实战经验,能够统筹规划数字孪生平台搭建、施工进度智能预测等核心项目。同时面向高校与科研机构引进具备深度学习算法优化、多模态数据融合处理能力的技术骨干,确保在安全帽佩戴检测模型优化、物料运输路径智能规划等细分领域形成技术突破。此外,可通过校企联合培养计划定向引进兼具施工工艺知识与 AI 应用能力的复合型工程师,使其在混凝土浇筑质量 AI 检测、工地安全违规行为实时识别等场景中发挥桥梁纽带作用,通过

人才结构的优化为智能工地管控提供持续的智力支撑。

4.3 成本控制与效益提升

在智能工地管控实践中,人工智能技术依托数据驱动与智能决策机制,构建起成本控制与效益提升的协同优化体系。AI 基于历史施工数据与实时物联网采集的工况信息,能够搭建动态成本预测模型。以机器学习算法为例,其可对混凝土用量与天气、工期的关联规律进行分析,提前 72 小时预警材料价格波动风险,并结合 BIM 模型自动生成材料采购优化方案,实现库存成本 15%-20% 的降幅。材料堆场部署的 AI 摄像头通过视觉识别系统,对钢筋、模板等物资进行实时盘点,当检测到某类材料损耗率超出阈值时,自动启动溯源流程,精准定位施工环节的浪费节点^[4]。

在人力成本管控领域,AI 劳动力调度平台可依据工序进度模拟最优人力配置,该系统接入工人技能认证数据库与实时考勤数据,借助强化学习算法动态调整各班组人员配比。例如:某试点项目应用后,日均窝工时间从 2.1 小时降至 0.8 小时。安全监控模块搭载 AI 图像识别技术,对未佩戴安全帽、临边作业未防护等违规行为的识别率达 98% 以上,使安全事故导致的工期延误成本减少 30% 以上。

4.4 管理机制协同与流程重构

在智能工地管控体系内,人工智能借助管理机制协同与流程重构,促使传统施工管理模式向数字化治理模式转型。由 AI 技术构建的协同管理平台,能够整合设计、施工、监理等多参与方数据,形成基于区块链的分布式台账系统,实现隐蔽工程验收等关键节点的实时存证与跨部门协同。

从流程重构角度来看,AI 工作流引擎依据施工工艺知识库自动分解分项工程,生成涵盖安全标准、质量指标的数字化作业指南。比如在深基坑施工环节,系统根据地质监测数据与 BIM 模型自动启动边坡支护方案更新,并同步推送到施工班组移动端,使方案调整效率提高 3 倍。在管理机制协同方面,AI 风险预警中枢接入进度、安全、成本等多维度数据,运用知识图谱技术构建因果关联分析模型,当某项目钢筋绑扎进度滞后时,系统自动关联劳务排班、材料配送等影响因素,生成包含责任主体的协同处置工单,将传统管理模式下的被动响应转变为主动干预。

5 展望人工智能在智能工地管控的发展趋势

从发展视角看,人工智能在智能工地管控领域将呈

现更显著的演进态势。其一,人工智能与物联网、大数据、BIM 等技术的融合会更趋深入。依托物联网,工地内各类设备、材料及人员信息可实现实时采集与传输,为 AI 分析提供海量数据支撑;大数据技术辅助 AI 进行数据深度挖掘,促使风险预测与成本控制更趋精准;通过与 BIM 模型结合,AI 能够对施工全流程实施可视化模拟与优化,例如在复杂建筑结构施工中,可预先研判潜在问题,进一步实现工期压缩与成本降低。

其二,AI 驱动的自动化设备将在工地迎来规模化应用。建筑机器人可承担高空外墙施工、重型材料搬运等重复性强、危险性高的作业任务,在提升施工效率的同时,降低安全事故发生概率,还能有效缓解建筑行业劳动力短缺的问题。与此同时,人工智能在智能工地的应用范畴将持续拓展,向前延伸至设计环节,借助 AI 算法生成多元设计方案并对其可行性与经济性进行评估;向后延伸至运维阶段,通过 AI 对建筑设施运行状态实施实时监测,实现故障提前预警与智能维护。另外,随着行业标准与规范的逐步健全,人工智能在智能工地管控中的应用将更具规范性与标准化,有力推动建筑行业朝着智能化、数字化的高质量发展模式加速前行^[5]。

6 结语

人工智能技术在智能工地管控中的应用,已从效率提升的工具属性,逐步演变为推动建筑行业变革的核心动力。其通过技术创新重塑了施工管理模式,在安全预警、资源优化等领域展现出显著价值。尽管当前面临技术成熟度与成本等挑战,但随着算法迭代与场景适配深化,人工智能将进一步融入智慧建造全流程。未来需持续探索技术与管理的深度融合,推动人工智能在工地管控中实现从“辅助决策”到“自主进化”的跨越,为建筑行业高质量发展注入持久动能。

参考文献

- [1] 柳维君. 人工智能在工地管控中的应用[J]. 信息记录材料, 2025, 26(05): 23-25.
- [2] 曹众. 工程项目智慧工地建设研究[D]. 北京交通大学, 2022.
- [3] 吴芊凝. 人工智能在智慧工地中的应用研究[D]. 东南大学, 2022.
- [4] 张林, 刘勇, 李俊勇. 人工智能技术在房屋建筑施工中的应用[J]. 智能城市, 2021, 7(14): 32-33.
- [5] 吴小琴. 智能工地应用价值体系与功能重要性实证分析研究[D]. 华中科技大学, 2021.