

AI在建筑工程管理中的应用研究

邱小宝

青岛西海岸新区建筑工务中心，山东 青岛 266000

DOI:10.61369/ETQM.2026030035

摘 要： 随着信息技术的飞速发展，人工智能（AI）已成为推动建筑工程管理数字化转型的核心驱动力。传统工程管理模式面临着数据碎片化、决策滞后及风险管控难度大等挑战，难以满足现代工程项目精益化管理的需求。本文旨在研究 AI 技术在建筑工程管理全生命周期中的应用机制与实施路径。首先，文章分析了当前工程管理的现状及痛点；其次，重点探讨了机器学习、深度学习、知识图谱及 BIM 集成技术在进度预测、成本控制、安全风险识别与质量缺陷检测等关键环节的具体应用场景与算法模型；最后，结合实际案例阐述了 AI 赋能工程管理的优势，并指出了在数据标准化、人才培养及技术落地等方面存在的问题与对策。研究表明，AI 技术的深度融合能够显著提升管理效率，实现工程决策的智能化与科学化，为未来智慧工地的建设提供理论依据与实践参考。

关 键 词： 人工智能；工程管理；智慧工地

Research on the Application of AI in Construction Engineering Management

Qiu Xiaobao

Construction and Engineering Center, West Coast New District, Qingdao, Shandong 266000

Abstract： With the rapid advancement of information technology, artificial intelligence (AI) has emerged as a core driver for digital transformation in construction project management. Traditional management models face challenges such as data fragmentation, delayed decision-making, and difficulties in risk control, making it hard to meet the demands of modern lean project management. This study explores the application mechanisms and implementation pathways of AI technology throughout the entire lifecycle of construction project management. First, it analyzes the current status and pain points in engineering management. Second, it focuses on discussing specific application scenarios and algorithm models of machine learning, deep learning, knowledge graphs, and BIM integration technologies in critical areas including schedule forecasting, cost control, safety risk identification, and quality defect detection. Finally, through practical case studies, it demonstrates the advantages of AI-empowered project management while identifying challenges and proposing solutions in data standardization, talent development, and technology implementation. The research indicates that deep integration of AI technology can significantly enhance management efficiency, achieve intelligent and scientific project decision-making, and provide theoretical foundations and practical references for the development of smart construction sites.

Keywords： artificial intelligence; engineering management; smart construction site

前言

我国建筑工程管理行业痛点：传统模式下进度管控依赖人工经验，工期延误率平均达10%–15%；成本管控存在数据滞后性，超支率普遍高于8%；安全巡检覆盖率不足70%，高空坠落、机械伤害等事故发生率居高不下；资源配置失衡，材料浪费率达5%–8%。

建筑工程技术发展趋势：AI、BIM、物联网等数字技术与建筑工程的融合加速，国家《“十四五”数字经济发展规划》明确提出推动建筑业数字化转型，为 AI 应用提供政策支撑。

理论意义：构建 AI 与建筑工程管理核心模块的适配模型，弥补现有研究中技术应用机制分析不足的缺陷；完善建筑工程管理数字化转型的理论框架。

实践意义：通过案例量化分析，为建筑企业引入 AI 技术提供可复制的实施方案；降低项目管理成本、提升进度管控精度、减少安全事故，助力行业高质量发展。

作者简介：邱小宝 (1981-)，男，江西新余人，本科，青岛西海岸新区建筑工务中心，一级建造师，高级工程师，研究方向：信息化技术，工程管理。

一、国内外研究现状

（一）国外研究现状

技术应用层面：美国 Autodesk 公司将 AI 与 BIM 结合，开发进度模拟与成本预测系统，在旧金山 Transbay Transit Center 项目中实现工期缩短 12%、成本降低 9%；英国剑桥大学研究团队提出基于计算机视觉的施工质量缺陷识别模型，准确率达 95% 以上。理论研究层面：聚焦 AI 在建筑全生命周期管理中的应用，形成“数据采集-模型训练-场景应用”的技术路径，但对中小型项目的适用性研究不足。

（二）国内研究现状

政策驱动层面：住建部发布《智能建造与新型建筑工业化协同发展行动计划》，推动 AI 在施工现场的落地；国内企业如广联达开发 AI 造价管理系统，在多个大型项目中得到应用。研究短板：现有研究多集中于单一技术（如计算机视觉）在安全管理中的应用，缺乏对 AI 技术在进度、成本、质量、资源管理等模块的系统性整合研究；案例分析多为定性描述，缺乏量化数据支撑。

明确本文研究切入点——聚焦中小型建筑项目，开展 AI 技术多模块应用的系统性案例研究，填补量化分析空白。

（三）研究内容方法与技术路线

本研究围绕 AI 技术在建筑工程管理中的应用展开系统探讨，首先通过文献研究法对相关理论与实践成果进行梳理，明确 AI 在工程管理中的应用范畴与作用机制，构建相应的理论分析框架；在此基础上，选取住宅与桥梁两类典型项目作为研究对象，运用案例分析法和数据对比分析法，从进度、成本、安全、质量四个维度采集并对比项目在申请 AI 技术前后的关键指标数据，开展量化分析以验证 AI 技术的实际应用效果；随后，从技术、管理与政策三个层面识别 AI 在工程管理落地过程中面临的主要挑战，并提出具有针对性的优化路径；最后，基于理论分析与案例实证结果得出研究结论并对未来发展趋势进行展望，整体技术路线遵循“文献梳理→理论建模→案例实证→问题识别→优化路径→结论展望”的逻辑流程。

（四）论文创新点

本研究在研究视角上具有创新性，突破了以往多聚焦大型工程案例的局限，将目光转向中小型建筑项目，深入探讨 AI 技术在该领域的应用可行性，并提出适用于中小项目的轻量化 AI 解决方案；在分析方法上亦有创新，构建了“投入-产出”量化评估模型，从成本投入、效率提升、风险降低三个维度对 AI 应用的投资回报率进行系统测算，从而为 AI 技术在建筑工程管理中的推广应用提供更具针对性和可操作性的决策依据。

二、相关理论基础与技术框架

（一）建筑工程管理核心模块理论

建筑工程管理涵盖进度、成本、安全、质量四大核心模块，其中进度管理以项目工期为目标，通过工序优化与资源调度将工期偏差控制在 $\pm 3\%$ 以内；成本管理贯穿预算编制、成本监控与决

算分析，旨在将成本超支率控制在 5% 以内；安全管理通过风险识别、隐患排查与应急处置实现施工现场安全事故“零发生”；质量管理则依据国家规范标准，对原材料、施工工序及竣工验收实施全流程管控。然而，传统管理模式存在明显局限性：数据采集主要依赖人工填报，更新周期长，难以实时反映项目动态；决策过程多依赖经验判断，缺乏数据支撑的量化模型，易受主观因素影响；各管理模块之间数据孤立，信息共享存在壁垒，导致协同效率低下。

（二）AI 技术在建筑领域的应用范畴与原理

本研究首先明确了支撑建筑工程管理智能化的关键技术类型及其原理：机器学习技术通过对历史项目数据的深度挖掘，提取施工环境、资源配置及工序复杂度等关键特征，训练工期预测与成本估算模型，从而实现对项目目标的精准预判；计算机视觉技术利用摄像头采集现场图像，依托卷积神经网络（CNN）自动识别未佩戴安全帽、违规动火及质量缺陷等问题，达成实时预警；物联网与 AI 的融合则通过各类传感器采集人员定位、设备运行及材料消耗数据，经 AI 算法分析实现资源的动态调度与风险的智能预警；BIM 与 AI 的深度融合更是将三维模型数据与智能算法相结合，有效支撑施工进度模拟、碰撞检测及方案优化。在此基础上，对 AI 技术与建筑工程管理的适配性进行了深入分析，结果表明：在技术层面，AI 具备的实时性、精准性与智能性能够有效破解传统管理的痛点，例如计算机视觉可实现 24 小时不间断安全巡检，显著弥补人工巡检的盲区与疲劳短板；在价值层面，AI 技术的应用能够精准契合建筑工程管理“降本、增效、提质、减险”的核心目标，具有极高的应用价值与广阔的推广前景^[1]。

（三）AI 赋能建筑工程管理的理论模型构建

基于“数据输入-模型处理-输出优化”的逻辑，构建 AI-建筑工程管理协同模型：

1. 数据层：采集施工现场人员、设备、材料、环境等多源数据；
2. 模型层：通过机器学习、计算机视觉等算法构建进度预测、成本管控、安全预警模型；
3. 应用层：将模型输出结果应用于进度调整、成本优化、安全处置等管理决策；
4. 反馈层：根据应用效果迭代优化模型参数，形成闭环管理。

三、AI 在建筑工程管理各模块的应用机制与案例量化分析

（一）AI 在施工进度管理中的应用机制与案例分析

本研究首先构建了 AI 赋能进度管理的应用机制：一方面，基于机器学习建立工期预测模型，输入历史工期数据、施工环境（如天气、地质）及资源配置（人员、设备数量）等特征变量，利

用随机森林算法进行训练，实现对工期偏差的实时预警；另一方面，通过 BIM 与 AI 的深度融合进行进度模拟，将施工工序拆解为最小作业单元，利用 AI 算法动态调整工序衔接顺序，优化资源调度方案。随后，选取 XX 住宅项目（建筑面积 3 万 m²，施工周期 18 个月）开展案例实证分析。该项目在传统管理模式下，因工序衔接不合理、资源配置失衡，前 3 个月工期延误率高达 12%，面临逾期交付风险。为此，项目引入广联达 AI 进度管理系统，采集历史数据训练预测模型，并依托 BIM 模型优化钢筋绑扎、混凝土浇筑等关键工序的衔接时间。量化数据分析显示，应用 AI 技术后，项目工期延误率由 12% 降至 3.5%，关键工序平均等待时间由 2 天缩短至 0.5 天，最终工期提前 1 个月完成；经济测算表明，AI 系统投入成本 8 万元，因工期提前节省的违约金及管理费用共计 25 万元，投资回报率达 212.5%。研究结果充分验证了 AI 技术在提升进度管控精度与经济效益方面的显著成效^[2]。

（二）AI 在施工现场安全管理中的应用机制与案例分析

本研究构建了 AI 赋能安全管理的应用机制：一方面，利用计算机视觉技术采集施工现场图像，通过 CNN 算法对未佩戴安全帽、违规进入危险区域、高空作业未系安全带等行为进行自动识别，准确率可达 98% 以上；另一方面，建立实时预警机制，AI 系统将识别到的隐患信息推送至管理人员移动端，并根据隐患等级触发分级响应，一般隐患要求 10 分钟内处理，重大隐患则立即停工整改。随后，以 XX 桥梁工程（主跨 120m，高空作业占比 60%）为案例进行实证分析。该项目在传统管理模式因人工巡检覆盖率不足 60%，每月平均发现隐患 20 起，整改响应时间长达 2 小时，安全风险较高。为此，项目部署 15 台智能监控摄像头，接入海康威视 AI 安全识别系统，形成“采集—识别—预警—整改”的闭环管理流程。量化数据显示，应用 AI 后隐患识别准确率由 75% 提升至 98%，整改响应时间由 2 小时缩短至 10 分钟，项目周期内隐患数量降至 2 起，且未发生安全事故；成本方面，人工巡检成本为 108 万元，而 AI 系统投入仅 30 万元，节省成本 78 万元。研究结果表明，AI 技术能够显著提升安全管理的智能化水平和现场风险防控能力^[3]。

（三）AI 在建筑成本管理中的应用机制与案例分析

本研究构建了 AI 赋能成本管理的应用机制：一方面，基于深度学习建立成本预测模型，整合历史造价数据、材料价格波动趋势及人工成本变化等多维度因素，实现对项目总成本的精准预测；另一方面，建立动态成本管控机制，通过 AI 系统实时监控材料消耗与人工费用支出，并与预算数据进行比对，一旦实际支出偏离预算 5% 即触发预警，从而及时调整管控策略。随后，以 XX 商业综合体项目（总投资 12 亿元）为案例开展实证分析。该项目在传统管理模式下，受材料价格波动与人工成本上涨等因素影响，成本超支率高达 8%，且预算调整缺乏有效数据支撑。为此，项目引入鲁班 AI 造价管理系统，利用近 5 年同类项目造价数据训练预测模型，并实时监控钢筋、混凝土等主要材料的消耗情况，联动建材市场价格数据动态调整成本预算。量化数据分析显示，

应用 AI 技术后，项目成本预测误差率由 10% 降至 2% 以内，材料浪费率由 5% 降至 1.2%，最终成本超支率控制在 1%；经济效益方面，通过精准管控累计节省投资约 1080 万元，显著高于 AI 系统 50 万元的投入成本。研究结果表明，AI 技术能够有效提升成本预测的准确性与管控的实时性，对降低项目成本具有重要意义^[4]。

（四）AI 在建筑质量管理中的应用机制

本研究构建了 AI 赋能质量管理的应用机制：一方面，利用计算机视觉技术对施工现场的混凝土裂缝、钢筋间距不足等质量缺陷进行自动识别，显著提升检测效率；另一方面，将 AI 算法与 BIM 模型深度融合，通过对比施工实际数据与设计标准，实现质量问题的实时溯源与精准定位。某项目的实践数据显示，应用 AI 质量检测系统后，质量缺陷识别效率提升 80%，返工率降低 30%，节省返工成本约 50 万元，充分验证了 AI 技术在质量管理中的显著价值^[5]。

四、AI 在建筑工程管理应用中存在的问题与挑战

（一）技术层面挑战

数据碎片化与标准化缺失：建筑行业数据来源分散（设计、施工、监理等单位数据格式不统一），缺乏统一的数据标准，导致 AI 模型训练数据质量低下，模型准确率受影响。中小型项目数据采集能力弱，缺乏足够的历史数据支撑模型训练，限制 AI 技术的落地应用。

AI 模型场景适配性不足：现有 AI 模型多为通用模型，针对复杂施工环境（如恶劣天气、复杂地质）的个性化适配能力不足；模型部署需要高性能硬件设备，中小型企业难以承担设备采购与运维成本。

技术融合度有待提升：BIM、物联网、AI 等技术的融合存在壁垒，数据共享不畅，未能形成“1+1>2”的协同效应^[6]。

（二）管理层面挑战

复合型人才短缺：建筑行业从业人员多为传统工程技术背景，缺乏 AI、大数据等数字技术知识；高校相关专业设置滞后，既懂建筑工程管理又懂 AI 技术的复合型人才供给不足。

传统管理思维转型阻力：部分企业管理层对 AI 技术的应用价值认知不足，存在“重投入、轻应用”的现象；施工现场人员对 AI 系统的接受度低，操作熟练度不足，影响技术应用效果。

（三）政策与伦理层面挑战

行业标准与法规缺失：目前国内尚未出台 AI 在建筑工程管理中应用的统一行业标准，AI 系统的性能指标、数据安全等缺乏规范约束。

数据隐私与安全风险：施工现场人员定位、图像采集等数据涉及个人隐私，存在数据泄露风险；AI 系统的算法黑箱问题，可能导致决策失误，引发法律责任纠纷。

五、结束语

AI技术在建筑工程管理中的应用研究具有重要的理论意义与实践价值。通过对进度、成本、安全、质量四大管理模块的系统分析，可以看出AI能够有效解决传统管理模式中存在的数据滞后、决策经验化、协同效率低等问题，实现工程管理的数字化、

智能化与精益化。未来，随着AI算法、物联网、BIM等技术的不断发展，建筑工程管理将迎来更加广阔的创新空间。然而，AI在工程领域的落地仍面临数据标准化不足、技术成本较高、复合型人才缺乏等挑战，需要政府、企业与科研机构共同推动技术创新与管理优化。总体而言，AI赋能建筑工程管理是行业转型升级的必然趋势，将为智慧建造的发展提供持续动力。

参考文献

- [1] 丁烈云. 数字技术为工程建造转型升级提供新机遇 [J]. 施工企业管理, 2022(1): 82-85.
- [2] 房霆震, 左俊卿, 龚剑. 计算机视觉在建筑工程施工领域的研究与应用 [J]. 建筑施工, 2021, 43(11): 2376-2379.
- [3] 刘向东. 基于人工智能的建筑工程进度管理系统设计与应用 [J]. 江西建材, 2023(10): 322-324.
- [4] 王元堃, 蒋慧杰, 吴海航. 人工智能技术背景下建筑机器人对工程造价影响的研究 [J]. 工程造价管理, 2024(1): 17-24.
- [5] 王倩, 邹晔, 刘冰, 等. 人工智能时代面向企业需求的工程管理专业人才培养路径 [J]. 山西建筑, 2024, 50(24): 196-198.
- [6] 孙啸天. 基于人工智能和大数据技术的建筑工程质量风险识别与评估研究 [J]. 中国质量万里行, 2023(11): 56-58.