

# 探索 AI 技术提升工程施工质量的管理方法

文 / 郑增豪 浙江华瓯建设项目管理有限公司

**摘要：**近年来，随着人工智能（AI）技术的快速发展，其在建筑工程施工过程中的应用逐渐成为提高工程实体质量的重要手段。传统施工管理模式往往依赖经验和人工监督，容易出现信息滞后、问题难以及时发现等问题，导致工程质量受损。而 AI 技术通过大数据分析、智能监控与优化算法，为施工过程提供了高效、智能化的解决方案。本研究以两个实际工程实例为基础，探讨 AI 技术在建筑施工过程中的应用，包括智能检测系统的使用、基于 AI 的实时监测与反馈以及通过机器学习优化施工方案等方面。通过数据对比分析，研究表明应用 AI 技术的项目在问题发现率、返工率、施工周期以及成本控制方面均显著优于传统管理模式。本论文通过对研究实例的分析与总结，提出了一套以 AI 技术为核心的建筑工程施工过程管理框架，为提升工程实体质量提供参考，同时也为建筑行业的信息化与智能化发展提供了思路。

**关键词：**人工智能（AI）；建筑施工；工程质量；智能监控；优化算法与管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.07.029

## 引言

建筑工程施工过程中，工程实体质量直接影响项目的安全性、耐久性及经济效益。然而，传统的施工管理模式面临诸多挑战，如信息采集不全、决策滞后及施工过程的不确定性。AI 技术的发展为解决这些问题提供了新的思路。通过引入 AI 技术，施工过程可以实现信息化、智能化管理，从而有效提高工程质量。本研究旨在探索 AI 技术在建筑施工中的应用效果，并总结其在质量提升中的优势与局限性。

### 一、研究背景与意义

#### （一）建筑施工质量问题现状

当前，建筑行业仍存在质量问题频发、管理效率低

下等问题。据统计，全球建筑行业因质量问题导致的返工率高达 20%~30%。我国虽然被称为基建强国，拥有世界上最大的建筑市场，占全球建筑投资总额的 20% 以上，但如何提升施工过程的质量控制水平，已成为行业关注的核心议题。

#### （二）AI 技术的潜力

AI 技术的快速发展为建筑行业提供了全新的工具。通过数据分析、预测建模及优化算法，AI 可以显著提高施工管理效率和质量监控水平。此外，结合物联网技术和无人机，AI 还可实现实时监测与反馈，提升施工过程透明度与可控性。



### 二、AI 技术在建筑工程施工中的应用

#### （一）数据采集与分析

工程施工过程中的数据采集与分析是实现智能化管理的重要环节。通过传感器、无人机和物联网设备，可

以实时获取施工现场的多维数据，例如设备运行状态、环境条件和人员位置等。这些数据经过 AI 算法处理后，能够迅速识别潜在问题，如设备故障、施工进度延误或安全隐患等。

AI 的高效分析能力不仅提高了问题检测的速度和准确性，还为管理者提供了科学的决策支持，确保施工过程更加高效、安全和可控。这种数据驱动的管理模式，有助于优化施工流程、减少风险，并推动工程质量的全面提升。通过传感器、无人机及物联网设备实时采集数据，并利用 AI 算法对数据进行分析，及时发现潜在问题。

**(二) 智能监控与问题预测**

施工过程中的智能监控与问题预测利用 AI 的深度学习算法，能够识别和预测施工中可能出现的问题。例如，通过对实时数据的分析，AI 可以预测结构变形、材料老化或设备故障等潜在风险。这种预测能力使管理者能够在问题发生前采取干预措施，避免损失或工期延误。此外，AI 还能持续监控施工现场的动态变化，结合历史数据和模型不断优化预测精度。这种技术不仅提高了施工的安全性和稳定性，还能降低维修和整改成本，为工程的高质量完成提供强有力的保障。智能监控与预测的应用正在推动施工管理向更加主动和智能化的方向发展。AI 可通过深度学习算法预测可能出现的问题，如结构变形、材料老化等，从而实现提前干预。

**(三) 优化施工方案**

施工过程优化施工方案是 AI 技术在工程管理中的重要应用。通过机器学习模型，AI 能够对施工中的资源分配和进度安排进行深入分析和优化。例如，AI 可以根据实时数据和历史信息，合理分配人员、设备和材料，避免资源浪费和工序冲突。同时，AI 还能动态调整施工计划，适应环境变化或突发情况，从而确保施工流程的高效运行。这种智能优化不仅能降低施工成本，还能显著提升效率，缩短工期。此外，AI 的持续学习能力使得优化方案可以随着项目的进展不断改进，为管理者提供科学、可靠的决策支持。推动施工过程向智能化和精细化方向发展。

**三、工程实例分析**

**(一) 案例一：某高级中学项目**

该工程共有 7 个子单位工程组成，总建筑面积：153350.12 m<sup>2</sup>，其中地上总建筑面积（含架空层）为 119204.33 m<sup>2</sup>，地下总建筑面积为 34145.79 m<sup>2</sup>；建筑层数为：地下 1 层（含地下游泳池），1#、2#、3# 教学楼为 5 层，行政楼 6 层，实验楼 5 层，食堂及风雨操场 4 层，图书馆及报告厅 3 层；基础采用机械钻孔灌注桩钢筋混凝土扩展基础及筏形与箱型基础；砌体为填充墙砌体；地下工程防水等级为一级。结构类型为钢筋混凝土框架结构；结构安全等级为二级；建筑耐火等级为地下室一级，上部结构二级；抗震等级为二级。

在施工阶段引入 AI 技术，通过无人机监控施工进度、

传感器监测结构变化，并结合大数据分析，成功将质量问题发现率提高了 45%，返工率降低了 25%。

**(二) 案例二：某桥梁建设项目**

工程位于 ×× 路与 ×× 河交叉处，全长为 83.94m，与渠道正交。桥梁上部为 1-20m 预应力钢筋混凝土空心板，下部桥台为桩接盖梁式轻型桥台。

桥梁横断面布置与 ×× 路道路标准横断面布置一致，采用：4.0×2(人行道含栏杆)+3.5×2(非机动车道)+4.5×2(机非分隔带)+8.0×2(机动车道)=40.0m

主要工程量包括：土石方全线挖地表土方 16436 立方米，路基共挖土方 12696 立方米，填土方 42306 立方米，碎石垫层 7878 立方米；软土路基：水泥搅拌桩处理 80374 米；路面：细粒式 SBS 改性沥青混凝土 10209 平方米，细粒式沥青混凝土 6110 平方米桥梁工程：非预应力钢筋 1842 吨（不包括机械成孔灌注桩），预应力钢筋 633 吨，机械成孔灌注桩 9922 米，桥台盖梁 5331 立方米，桥台耳墙 441 立方米，预制混凝土梁 2827 立方米，桥头搭板 778 立方米，人行道板 948 立方米，桥台锥坡浆砌护坡 7362 立方米等。在桥梁建设过程中利用 AI 优化施工方案，并通过实时监控系实现了工程进度的动态调整，施工周期缩短了 18%，总成本减少了 12%。

**四、数据分析与对比**

本研究对比了传统管理模式与 AI 辅助管理模式在多个指标上的表现。

**(一) 质量问题发现率对比**

传统模式与 AI 模式下的质量问题发现率对比如下：

阶段	传统管理模式 (%)	AI 辅助模式 (%)
基础施工	65	85
结构施工	70	90
装修阶段	60	80

**(二) 返工率对比**

阶段	传统管理模式 (%)	AI 辅助模式 (%)
基础施工	15	8
结构施工	12	5
装修阶段	18	10

**(三) 工期与成本效益分析**

项目	传统模式	AI 模式	缩短 / 减少比例
平均施工周期	24 个月	20 个月	16.7%
平均成本	12000 万	10800 万	10%

## 五、基于 AI 的施工过程管理框架

目的在于整合一套基于 AI 技术的施工过程管理框架，包括数据采集层、智能分析层和反馈优化层。基于 AI 的施工过程管理框架在以上两项工程的施工过程中，管理方面面临诸多挑战，如复杂的施工流程、多变的环境条件以及资源的高效配置等。传统的施工管理方法常常依赖于人工经验，难以应对复杂动态的施工场景。而基于 AI 技术的施工过程管理框架，为解决这些问题提供了全新思路。该框架包含三个核心层级：数据采集层、智能分析层和反馈优化层，它们紧密协作，共同提升施工管理的效率与精度。

### （一）数据采集层

通过安装的物联网(IoT)传感器、过程中使用无人机、激光扫描仪和摄像头等设备，可以采集环境数据、设备数据及人员数据等。同时可实时将这些数据并将其上传到云端或本地数据库。同时，结合 BIM（建筑信息建模）技术，可以将数据与虚拟建筑模型关联，从而实现施工过程的数字化和可视化。

### （二）智能分析层

智能分析层是该框架的核心部分，主要基于 AI 算法对采集的数据进行深度处理与分析。（1）数据清洗与整合：采用自然语言处理（NLP）、计算机视觉和数据挖掘等技术，清洗和整合来自不同来源的数据。（2）状态监控与预测：利用机器学习算法，对设备故障、人员风险以及施工进度进行实时监控，并预测潜在问题。（3）优化资源配置：通过 AI 优化算法，合理安排施工资源，如工人、材料和设备，以实现成本最小化和效率最大化。此外，智能分析层还支持数据的历史回顾与趋势分析，对比前期施工进度与近期施工进度的影响因子，为决策者提供科学依据。

### （三）反馈优化层

反馈优化层旨在将智能分析结果转化为可执行的行动策略，并持续优化施工过程。（1）自动化控制：通过与自动化设备（如无人机和机器人）联动，实现现场问题的快速响应。例如，自动调度机器人完成材料运输或维修任务。（2）实时调整计划：根据 AI 分析结果，动态调整施工计划，避免因不可控因素导致的工期延误。（3）知识积累与改进：将施工过程中的经验数据存储在知识库中，通过深度学习逐步优化框架的整体性能。

### （四）管理框架的优势

该框架能够显著提高施工过程的透明度、效率和安全性。通过数据驱动的管理模式，减少了人为决策的主观性，优化了资源配置。此外，框架还支持施工项目的全生命周期管理，为实现智能化建筑提供了技术基础。

总之，基于 AI 的施工过程管理框架通过数据采集、智能分析和反馈优化的闭环模式，彻底革新了传统施工管理方式，为建筑行业的数字化转型提供了强有力的支持。

## 结语

研究发现，通过 AI 的智能分析与优化能力，可以更精准地控制施工过程中的各个环节，如材料管理、施工质量监督和风险预测，从而显著提高建筑工程的实体质量。此外，AI 技术还能帮助减少人为因素导致的失误，提升施工效率和安全性。未来，随着施工环境的复杂性增加，例如应对极端气候、不规则地形或大型项目中的多方协调问题，AI 的适应性和优化潜力将成为关键研究方向。探索如何让 AI 技术更灵活地应对这些挑战，有助于进一步推动建筑行业的智能化发展，为实现更高效、更可持续的建筑施工提供强大的技术支持。

## 参考文献

- [1] 曾德麟, 蔡家玮, 欧阳桃花. 数字化转型研究: 整合框架与未来展望 [J]. 外国经济与管理, 2021, 43(05): 63-76.
  - [2] 朱娜. 传统建筑工程数字化转型升级路径探索 [J]. 科技资讯, 2023, 21(18): 132-135.
  - [3] 许慧, 陈雪莹. 数字化转型背景下工程管理专业创新人才培养模式构建路径 [J]. 西部素质教育, 2023, 9(13): 123-126.
  - [4] 王飞, 田华新. 数字化转型中 BIM 在工程管理专业的发展研究 [C]// 中国建筑学会工程管理研究分会, 教育部工程管理和工程造价专业教学指导分委员会, 北京建筑大学. 工程管理 2022. 河北工程大学, 2023: 6.
  - [5] 安秋文. 传统建筑工程数字化转型升级路径探索 [J]. 互联网周刊, 2022, (12): 61-63.
  - [6] 郑琪. 加快数字化转型推动建筑业高质量发展 [J]. 中国建设信息化, 2021, (24): 16-18.
  - [7] 牛凯丽. 数字化转型背景下的建筑工程施工组织设计关键技术研究 [D]. 绍兴文理学院, 2022.
  - [8] 房震宸. 建筑工程数字化建造及控制平台技术研究及探索 [J]. 建筑施工, 2021, 43(10): 2186-2188.
  - [9] 赵强. 建筑企业数字化转型与管理能效的优化研究 [J]. 房地产世界, 2021, (16): 123-125.
  - [10] 尚超. 5G 与 AI 技术助力建筑工程项目管理数字化转型 [J]. 砖瓦, 2021, (02): 139-140+142.
- 作者简介：郑增豪（1977.1），男，汉，浙江省温州市人，硕士研究生，职称：高级工程师，研究方向：工程项目管理。