

# 建筑工程监理中的人工智能辅助决策

文 / 陈 标 安徽鑫睿建设管理有限公司

**摘要：**本研究聚焦于人工智能在建筑工程监理中的应用，探索智能辅助决策技术的有效性。在质量与安全智能诊断方面，结合视觉识别、自然语言处理和动态风险评估技术，实现建筑缺陷检测及隐患分析，提高监理工作的精准度和效率。研究进一步提出智能决策支持系统的构建方法，包括多目标优化模型、协同决策机制及自适应学习反馈，增强系统适应性与智能化水平。技术应用体系优化部分围绕标准规范衔接、人机协同治理及技术伦理安全展开，确保 AI 技术在监理领域的可靠性与规范化发展。研究表明，AI 辅助监理决策体系能够提升建筑工程质量管理水平，优化监理工作流程，同时有效降低施工风险，为智能化工程监理的发展提供理论支撑和实践方向。

**关键词：**人工智能；建筑工程监理；智能诊断；风险评估；协同决策

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.052

## 引言

建筑工程的规模和复杂性不断增加，建筑工程监理在保障工程质量和进度方面的重要性逐渐凸显。为适应信息技术快速发展的时代，建筑工程监理体系信息化建设成为当前建筑行业关注的焦点之一。建筑工程监理体系的现代化管理，提高监理工作的效率、质量，推动建筑行业朝着信息化、智能化的方向不断发展<sup>[1]</sup>。在现代建设环境中，传统监理模式在信息处理、风险评估及决策效率方面面临挑战。人工智能的发展为建筑工程监理提供了新的解决方案，通过数据驱动的智能诊断、优化的风险评估模型以及高效的协同决策系统，可以实现更精准、更快速的监理管理。当前，AI 技术在监理工作中的应用涉及多个层面，包括多模态数据分析、深度学习模型、自然语言处理等，助力智能监理系统的发展。研究方向涵盖从理论方法到技术应用，涉及数据整合、决策优化及智能反馈等方面。针对建筑工程的复杂性，人工智能不仅能够辅助监理人员进行高效决策，还能提升安全管理与质量监督的精准度。本研究围绕 AI 辅助决策的理论基础、质量与安全诊断、智能决策支持系统及技术应用体系优化展开，探讨人工智能在建筑工程监理中的应用模式与发展路径。

### 一、AI 辅助监理决策的理论基础

#### （一）多模态数据融合模型

建筑工程监理领域汇聚海量信息，涵盖施工图纸、传感器监测、现场影像与文本描述等多种数据形态，其复杂性催生出整合技术的迫切需求。多模态数据融合模型以数据清洗、格式转换和特征提取为基本环节，将各渠道信息有机整合，构成多维数据网络以应对工程现场多变情况。模型引入深度学习与自适应优化算法，实现异构数据间有效匹配与协同作用，激发潜在联系并生成精细信息矩阵。智能系统在施工过程中实现实时监控与风险预警，为质量管控提供坚实数据支撑。新颖的融合框架容纳多通道并行运算，提升整体决策智能，推进工程监理信息化转型。各模块数据预处理方法统一标准，

保证系统对现场状态全面掌控，助力安全监督和质量提升，为工程管理注入创新驱动动力。

#### （二）分层决策算法架构

建筑工程监理涉及复杂施工现场状况，促使决策体系能够分解问题并实施多层次控制。分层决策算法架构构造多个智能模块，各自聚焦不同监控任务，实现信息分布式处理。顶层模块整合历史工程数据、行业规范与专家经验构筑总体监控方案，构成监理决策的战略支柱；中层单元借助机器学习和数据分析对施工进度、材料状况及安全隐患进行实时监测，划定风险防控区；底层系统采用图像识别技术和传感数据处理实现现场具体指令传达，执行实时监控。各模块信息互通、反馈环路紧密，使决策机制具备快速响应异常状况的能力<sup>[2]</sup>。新颖算法框架融入并行运算模式，推动监理系统高效协同与精准判断，令工程管理在风险预警和质量监管方面展现出智能控制优势。系统整体构建依赖数据网络和先进算法，不断优化监控策略，使施工现场监管更加严密灵活，从而提升整体工程安全水平。

#### （三）监理知识图谱构建

建筑工程监理涉及施工规范、质量标准、安全措施等多重知识领域，智能知识图谱构建成为监理决策信息系统的重要组成部分。知识抽取从文本、影像与传感数据中提炼核心信息，运用自然语言解析和关系识别技术形成知识节点，并赋予各节点相互联系。图谱内节点及其关联构成复杂知识网络，使监理系统具备对工程全局知识结构的认知。知识存储采用图数据库技术，保证大规模信息检索高效灵活，满足监控过程中对细节信息精准调用。智能算法不断更新图谱数据，使知识结构趋于完备，提升风险评估、质量预测与现场指导水平。技术方案中，知识图谱成为多维数据分析平台核心载体，使监理系统获得自我学习和优化能力，推动工程监理工作向智能化和信息化方向转变。

### 二、质量与安全智能诊断技术

#### （一）视觉识别与缺陷检测

建筑工程质量监督过程中，视觉识别技术的应用为

施工现场的智能化管控提供了强有力的技术支撑。基于计算机视觉的监理系统通过高精度图像采集设备对施工区域进行实时监测，结合深度学习模型，精准识别混凝土裂缝、钢筋锈蚀、结构变形等缺陷。智能图像分析算法能够自动提取结构特征信息，并利用卷积神经网络对缺陷进行分类，以提升质量检测的效率和准确性<sup>[3]</sup>。

工程现场的复杂环境对视觉识别技术提出了较高要求，光照变化、遮挡物干扰及材质差异可能影响识别精度。通过构建多通道融合识别网络，系统能够同时采集可见光、红外及激光扫描数据，并结合3D建模技术重建施工结构，提高缺陷检测的稳定性。深度学习算法的自适应优化能力使系统可持续提升识别精度，确保施工质量诊断的可靠性。

### (二) 自然语言风险解析

建筑工程安全管理涉及大量文本信息，包括施工日志、监理报告、安全检查记录及事故分析文献等。自然语言处理技术为风险解析提供了新的解决方案，使监理系统能够自动理解并提取关键安全风险因素，实现对施工风险的智能化识别与评估。

文本数据的非结构化特性使传统风险评估方法难以快速响应施工现场的突发问题。通过构建基于深度语义理解的自然语言处理模型，系统能够自动解析监理报告中的安全隐患描述，并结合知识图谱对风险信息进行关联推理。语义分析模型能够识别关键风险词汇，量化施工风险等级，并结合历史数据预测潜在安全问题的发生概率。

### (三) 动态风险评估网络

施工现场的安全风险具有高度动态性，单一静态评估方法难以满足工程监理需求。动态风险评估网络通过融合实时数据监测、机器学习预测及自适应优化算法，实现对施工风险的精准评估。系统通过构建多层风险感知模型，持续追踪施工状态，并基于历史数据推测可能发生的安全隐患。

智能风险评估网络的核心在于多源数据融合及自适应学习能力。系统通过物联网传感器获取施工现场的环境参数，包括结构振动、温湿度、气体浓度等，并结合施工日志与质量检测数据，对当前施工状态进行综合分析<sup>[4]</sup>。基于递归神经网络的时间序列模型能够识别潜在风险趋势，预测施工过程中可能出现的安全事故，并提供预警信息。

## 三、智能决策支持系统构建

### (一) 多目标优化决策模型

建筑工程监理涉及质量、安全、进度及成本等多重目标，传统单一目标优化方法难以满足复杂施工环境的决策需求。多目标优化决策模型通过构建数学规划框架，综合评估各项因素之间的制约关系，确保监理方案的全面性与均衡性。决策过程中，基于权重分配的 Pareto 优

化方法能够建立不同目标的优先级排序，使监理系统在复杂条件下进行最优选择。此外，模型集成模糊逻辑与进化计算，增强其在不确定环境下的适应能力，确保决策结果的动态可调性。

数据驱动优化策略在决策过程中起到核心作用。监理系统利用实时监测数据，对施工过程中可能产生的质量隐患、成本波动及进度偏差进行预判，结合历史工程案例，优化监理控制方案。采用强化学习算法调整权重参数，使系统能够根据施工环境的变化不断修正决策路径，提升应对突发情况的能力。

### (二) 协同决策机制设计

建筑监理涉及多个决策主体，包括项目管理人员、监理工程师、施工方及政府监管机构，不同主体之间的信息传递与协作效率决定了决策的有效性。协同决策机制通过构建信息共享平台，使各方能够实时获取施工数据，减少信息延迟与误判风险，提高监理决策的精准度。区块链技术在协同决策中的应用使数据存储与共享具备不可篡改性，增强了决策信息的可信度，降低了人为干预导致的失误概率。

多主体协同决策系统采用分布式计算架构，使各参与方能够在独立分析的基础上，依据全局数据进行优化决策（如图1为多主体协同决策流程图）。结合博弈论方法，系统可在不同决策主体之间建立动态利益平衡模型，确保监理要求、施工方成本控制及监管机构政策符合性之间的协调<sup>[5]</sup>。人工智能在协同机制中的应用，使系统能够基于历史案例自动匹配最优决策方案，减少人为干预对决策质量的影响，推动监理体系向智能化、自动化方向发展。

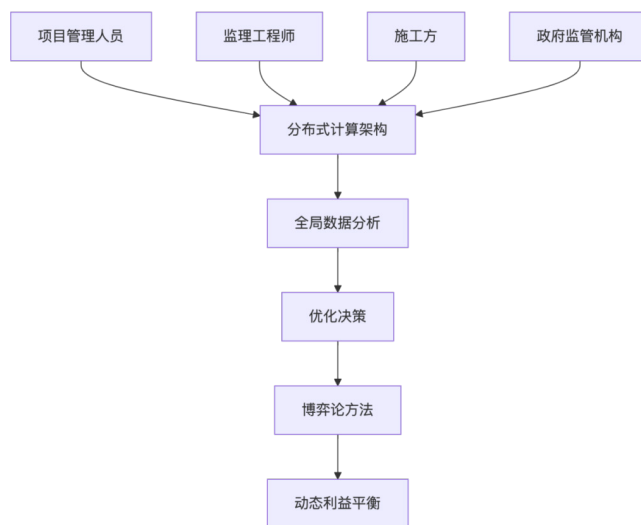


图1 多主体协同决策流程图

### (三) 决策反馈自适应学习

工程监理决策系统在复杂施工环境下需要具备持续优化能力，以适应施工技术进步、管理模式变革及政策调整等外部因素的变化。决策反馈自适应学习机制通过

构建闭环反馈系统，使监理决策结果能够作为新一轮决策优化的输入数据，形成自进化的智能管理体系。基于深度强化学习框架，系统能够在施工过程中不断积累经验，并在后续决策中进行调整，提高监理工作的精准度与适应性。

自适应学习模型通过多维数据分析方法，对施工过程中的异常情况进行识别，并结合历史数据优化决策规则。监理系统能够基于现场反馈的实时数据调整参数，使风险评估、质量控制及进度监测等决策更加贴合实际需求。另外，神经网络优化算法使监理系统在面对未曾遇到的新问题时，能够基于相似案例推测合理解决方案，减少决策延迟，提升施工管理的稳定性。决策反馈自适应学习的引入，使建筑监理系统在长期运行中具备自优化能力，为智能化监理体系的构建奠定技术基础。

## 四、从标准化整合到人机共治的伦理化安全体系

### （一）标准规范衔接策略

在建筑工程技术应用领域，标准规范衔接策略承担着构建信息一致性与操作统一性任务。该策略涉及法规体系、行业标准、工程规范等多个层面，旨在构建一体化技术应用体系。监理系统利用统一数据接口，促使各技术模块在信息交流上实现无缝连接。规范衔接策略通过制定明确的标准化流程，推动各参与方采用一致性技术指标，达成工程监控、质量管理与安全评估等环节协同运行。体系注重不同部门间数据共享和验证机制建设，确保工程管理操作流程符合法规要求。监控平台在技术对接过程中，推动标准文件管理、接口规范制定和数据格式统一，进而实现工程项目全周期内信息互通及风险控制。项目管理机构设立专门工作组，推动技术应用体系与现有标准体系相互融合，构成全面监理支撑网络，为工程建设提供高效可靠技术保障。

### （二）人机协同治理框架

在人机协同治理框架设计中，人工智能技术与传统管理模式构成互补效应，实现操作系统与决策平台的深度融合。构建智能化监控平台赋予设备与管理人员实时互动功能，促成信息采集、分析、决策和反馈闭环。系统采用自然语言接口、图像识别和数据挖掘等先进技术，赋予人工与机器之间高效协作能力。管理机构利用分布式数据网络实现跨部门信息共享与任务协同，确保工程管理指令迅速传达并精确执行。技术平台在数据处理与决策算法上推行模块化设计，推动风险监控、质量评估与进度管理多层次联动，构成稳定可靠治理体系。各参与主体借助智能终端和云端数据交换平台强化监控信息传递速度，促进工程项目运行状况全面透明，为建设过程提供持续稳定支持。

### （三）技术伦理与安全保障机制

人工智能技术在建筑工程监理领域的广泛应用带来了伦理道德和安全风险等新挑战，迫切需要建立全面系

统的技术伦理与安全保障机制。应明确监理数据隐私保护原则，制定严格的数据脱敏与权限管理策略，防止监理信息在采集、传输与存储过程中发生敏感数据泄露和滥用问题，确保数据处理与应用过程的安全性和合法合规性。应构建全面的技术伦理评价体系，针对 AI 辅助决策可能产生的算法歧视、决策偏差和责任认定困难等伦理难题，定期开展风险评估、伦理审查与决策过程的审计，保障 AI 系统在建筑工程监理中的应用保持透明、公正和可解释性。

## 结语

人工智能在建筑工程监理中的应用，为提升决策质量、优化风险控制及提高施工管理效率提供了有力支持。研究围绕多模态数据融合、分层决策算法和知识图谱构建，提出了基于 AI 的监理决策体系，在此基础上，智能诊断技术通过视觉识别、自然语言解析和动态风险评估等手段，实现了质量与安全问题的精准检测，为监理提供高效的辅助工具。智能决策支持系统的建立，使得建筑监理工作由经验驱动向数据驱动转变。多目标优化模型有助于监理决策的科学性，协同决策机制的引入增强了不同主体间的信息交互与协调能力，而自适应学习技术则让系统能够持续优化，提高监理工作的智能化水平。此外，在实际应用中，标准规范衔接策略确保了 AI 技术在监理行业的合理应用，人机协同治理框架提升了监理工作的灵活性，则为 AI 在建筑工程监理中的应用提供了可靠保障。

笔者认为，AI 辅助决策体系能够优化监理工作模式，减少人为判断误差，提高监理工作的精准度和实时性，并有效降低建筑质量安全风险。随着技术的不断成熟，人工智能将在建筑工程监理领域发挥更大作用，推动行业向智能化、数据化方向迈进，为未来建筑工程质量与安全管理提供重要的技术支撑。

## 参考文献

- [1] 王学斌. 建筑工程监理体系信息化建设路径探究 [J]. 中国建设信息化, 2024, (05): 59-63.
- [2] 杨磊. 浅谈数字技术在智慧监理中的应用 [J]. 建设监理, 2023, (09): 58-63.
- [3] 田红宇, 廖伟. 浅谈人工智能在监理领域的应用方向 [J]. 建设监理, 2023, (11): 5-10.
- [4] 黄赐豪, 张建宁, 张永焯, 等. 基于人工智能的工程监理信息异常检测仿真技术研究 [J]. 粘接, 2024, 51 (02): 171-174.
- [5] 王晨晓. 基于智能控制技术的 BIM 工程监理与预警分析 [J]. 集成电路应用, 2024, 41 (03): 386-387.

作者简介：陈标，1988 年 7 月，男，汉，本科，目前职称：工程师（建筑工程）注册监理工程师，从事工作：监理公司从事项目监督管理。