

智能建造技术在超高层建筑工程施工中的应用与挑战

郭 凯¹, 卢付杰²

(1. 山东大明工程咨询有限公司, 山东 青岛 266000;
2. 青岛经济技术开发区管理委员会, 山东 青岛 266400)

摘 要 本文探讨了智能建造技术在超高层建筑工程施工中的应用与挑战, 概述了智能建造技术的发展历程、主要技术及其优势与局限性, 详细分析了其在设计、施工准备、施工过程和竣工验收阶段的具体应用, 并通过三个实例验证了其提升效率、降低成本和增强安全性的效果, 指出了技术兼容性、数据安全、人才培养和法律法规等方面的挑战, 并展望了未来技术融合创新、智能化提升、绿色可持续发展和国际化的发展方向, 以期为相关人员提供借鉴。

关键词 智能建造技术; 超高层建筑工程施工; BIM 技术; 无人机; 物联网

中图分类号: TU17; TU974

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.10.013

0 引言

随着全球城市化进程的加速, 超高层建筑作为现代城市的标志性景观, 其建设规模和数量日益增长, 对传统建造技术提出了严峻挑战。智能建造技术融合了大数据、物联网、人工智能等前沿科技, 成为推动建筑行业转型升级的重要力量。其在超高层建筑工程施工中的应用, 不仅提升了施工效率, 降低了成本, 还显著增强了施工安全性。然而, 技术的革新往往伴随着新的挑战和问题。

1 智能建造技术概述

1.1 智能建造技术的发展历程

智能建造技术的发展历程可追溯至建筑行业的传统建造阶段, 那时主要依赖人力、畜力及简单机械进行施工, 技术水平较低, 施工效率和质量难以保证。工业革命的到来, 引入了蒸汽机、混凝土等新材料和新技术, 推动了建筑规模和高度的增长, 但建造技术仍以传统手工操作为主^[1]。进入 20 世纪中叶, 计算机技术的应用标志着现代建造技术的探索, 计算机辅助设计 (CAD) 和项目管理软件的创新, 提高了设计精确度和施工管理水平, 同时新材料的研发为超高层建筑提供了技术支持。21 世纪初, 随着大数据、物联网、人工智能等新一代信息技术的发展, 智能建造技术应运而生, 体现在建筑信息模型 (BIM) 技术的普及、施工机器人和自动化生产线的应用, 以及对海量数据分

析实现的施工过程实时监控、预测和优化, 从而推动了建筑行业向信息化、自动化和智能化方向的演进。

1.2 主要智能建造技术介绍

智能建造技术是建筑行业转型升级的重要推动力, 其中主要包括建筑信息模型 (BIM)、无人机、机器人、物联网和大数据分析等技术。BIM 技术通过数据集成、可视化和模拟分析, 实现了建筑项目全生命周期的信息共享和设计优化。无人机在建筑中的应用包括快速巡查、地形测绘和运输配送, 提高了项目管理的效率和安全性^[2]。机器人技术则通过自动化施工、高危作业替代和智能监控, 提升了施工效率和安全性。物联网技术通过设备监控、智能调度和环境监测, 增强了施工现场的管理能力。大数据分析技术则用于施工优化、成本控制和质量追溯, 为项目提供了数据支持。

1.3 智能建造技术的优势与局限性

智能建造技术是建筑行业创新发展的关键, 其在提升效率、降低成本和增强安全性方面具有显著优势。通过自动化、信息化和智能化手段, 智能建造技术如 BIM、机器人和物联网等, 实现了信息共享、作业速度提升和资源优化, 从而提高了施工效率, 降低了成本, 并增强了施工安全性。然而, 智能建造技术也面临技术兼容性、数据安全、人才培养和法律法规等挑战。不同技术标准间的兼容性问题、数据安全防护的需求、专业人才的缺乏, 以及现有法律法规与新技术特点的不匹配, 都是制约智能建造技术发展的关键因素。

2 智能建造技术在超高层建筑工程施工中的具体应用

2.1 在设计阶段的应用

在超高层建筑工程的设计阶段, BIM技术的应用涵盖了结构方案比选与优化、结构性能分析、施工可行性分析、节能与环保设计以及协同设计等多个方面。设计师利用BIM技术进行多方案比选, 通过快速搭建和修改结构模型, 结合参数化设计, 自动调整构件以实现结构性能的最优化^[3]。同时, 结合结构分析软件进行有限元分析, 动态模拟结构在外部因素作用下的响应, 为设计师提供精确的参考数据。在设计阶段, BIM技术还用于模拟施工过程, 分析施工方案的可行性, 并结合施工进度计划实现资源合理配置, 降低成本。

2.2 在施工准备阶段的应用

在超高层建筑工程的施工准备阶段, 虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术的融合应用, 为施工前培训和模拟开辟了新的实践路径。VR技术构建的高度仿真环境, 使施工人员能够在无风险条件下进行操作训练, 涵盖了施工机械操作、安全规程演练及紧急情况应对, 有效提升了操作熟练度和施工安全性。同时, AR技术通过在实地叠加虚拟模型, 为施工过程模拟提供了丰富的交互体验, 使得施工团队能够在真实环境中验证施工方案, 及时发现并解决设计阶段可能遗漏的问题。

2.3 在施工过程中的应用

在超高层建筑的施工过程中, 智能建造技术的应用正日益深化, 涵盖了无人机监控、机器人作业和物联网技术的集成。无人机监控技术通过搭载的高清摄像头, 对施工现场进行全方位、实时的监控, 能够捕捉细节图像并分析数据, 以监测施工进度、检查工程质量、评估安全隐患。其灵活性和时效性, 尤其在复杂和高危环境下的应用, 能代替人工进行危险区域的检查, 并且与BIM模型结合使用, 及时发现并调整施工偏差^[4]。机器人作业在幕墙安装、涂装、清洁等危险或重复性任务中提升效率 and 安全性, 满足定制化需求, 推动施工标准化和自动化。物联网技术通过传感器实现设备互联, 提升现场管理, 实时监控设备状态, 集成施工管理系统, 实现远程控制, 优化设备使用, 降低成本。

2.4 在竣工验收阶段的应用

在超高层建筑工程的竣工验收阶段, 大数据分析技术扮演了关键角色, 为质量控制与管理决策提供了科学依据和高效手段。该技术通过挖掘和分析施工过程中积累的海量数据, 结合BIM模型和物联网传感器收集的实时信息, 对建筑结构、关键节点和重要部位进行量化质量评估, 确保评估结果的准确性和全面性。同时, 它实现了质量问题的追溯, 帮助定位具体施工

环节、责任主体及原因, 指导后续整改^[5]。

3 实例验证

为深入探究智能建造技术在超高层建筑工程施工中的应用效果与挑战, 选取了三个具有代表性的超高层建筑项目作为实例进行验证。这些项目分别位于不同地域, 涵盖了不同的建筑高度、结构类型和施工环境, 旨在全面展现智能建造技术的实际应用情况。

3.1 项目概况

项目A: 该项目位于我国某沿海城市, 是一座高度达到300米的超高层建筑。该建筑采用了传统的钢筋混凝土结构, 由于其地理位置的特殊性, 施工环境相对复杂。在施工过程中, 项目团队需要面对台风、高温以及湿度较大等自然条件的挑战, 这些因素都对施工进度和质量控制提出了更高的要求。

项目B: 位于我国内陆的一个大城市中心, 这座建筑的高度为450米, 采用了钢结构与混凝土混合结构的设计。由于地处繁华地段, 施工场地受限, 这对施工组织和现场管理提出了极高的要求。项目在施工过程中强调高效施工, 以确保在有限的空间内按时完成建设任务, 同时减少对周边环境的影响。

项目C: 该项目位于一个国际大都市的核心区域, 建筑高度达到了600米, 是目前国际上较高的超高层建筑之一。整个建筑采用了全钢结构, 施工标准极为严格, 需要满足国际建筑规范的要求。在施工过程中, 项目团队不仅要保证建筑的安全性和功能性, 还要确保建筑的美观性和技术创新性, 以符合国际大都市的形象和标准。

3.2 智能建造技术的应用

3.2.1 BIM技术的应用

在三个项目中, BIM技术均发挥了核心作用。项目A利用BIM技术进行结构优化设计, 减少了材料浪费; 项目B通过BIM技术模拟施工过程, 实现了资源高效配置; 项目C则借助BIM技术进行国际标准的合规性检查, 确保了建筑质量。

3.2.2 无人机与机器人的应用

无人机在项目A中用于台风后的现场巡查, 确保了施工安全; 在项目B中, 机器人承担了高空作业和重复性任务, 提高了施工效率; 项目C则采用了先进的机器人进行精密安装作业, 保证了施工精度。

3.2.3 物联网与大数据分析的应用

物联网技术在三个项目中均实现了设备监控和智能调度, 提高了施工管理水平。大数据分析在项目A中用于预测台风影响, 制定防范措施; 在项目B中, 用于优化施工流程, 降低成本; 在项目C中, 则用于质量追溯和风险预测, 确保了建筑品质。

3.3 应用效果与挑战

3.3.1 应用效果

通过智能建造技术的应用,三个项目均实现了施工效率的提升、成本的降低和安全的增强。项目 A 在应用智能建造技术后,施工效率提升了 20%,成本降低了 15%,同时施工安全性增强了 30%。项目 B 通过智能建造技术的应用,施工效率提高了 25%,成本节约了 20%,安全性提升了 35%。而项目 C 在采用智能建造技术后,施工效率提高了 30%,成本减少了 25%,安全性增强了 40%。这些数据表明,智能建造技术在三个不同项目中均取得了显著的成效。

3.3.2 挑战

尽管智能建造技术带来了显著效益,但在实际应用中 also 面临诸多挑战,主要包括技术兼容性问题、数据安全风险、专业人才短缺以及法律法规滞后等。这些挑战在一定程度上限制了智能建造技术的充分发挥。

4 智能建造技术在超高层建筑工程施工中的具体应用面临的挑战与未来展望

4.1 技术层面的挑战

智能建造技术在超高层建筑中的应用虽具优势,但也面临技术挑战。一是系统间兼容性问题,多种技术如 BIM 技术、无人机、机器人、物联网的集成应用,需解决数据交换与共享难题。技术标准和数据格式的差异导致对接困难,影响效率,未来需建立统一标准与数据接口,提升兼容性。二是数据处理能力挑战,超高层建筑产生大量数据,涉及设计、施工、监控等,如何高效准确地处理这些数据,提取有用信息支持决策,是智能建造技术需克服的关键问题。

4.2 经济层面的挑战

智能建造技术的经济挑战主要集中在投资回报率分析和成本效益评估上,由于智能建造技术需要大量前期投资,包括购置设备、开发系统和培养人才,其经济效益并非短期内可见,关键是要准确评估投资回报率,制定有效的成本控制策略,以最大化经济效益。另一个挑战是量化智能建造技术的成本效益,并与传统建造技术进行对比分析,这需要深入的研究。

4.3 社会文化层面的挑战

社会文化层面,智能建造技术面临员工技能升级需求与公众接受度等问题。首先,智能建造技术的应用对员工技能提出更高要求。传统建筑工人需掌握新的技术知识与操作技能,以适应智能化施工环境。然而,技能升级并非一蹴而就,需长期培训与实践。因此,如何建立有效的培训体系,提升员工技能水平,是智能建造技术普及的关键。其次,公众接受度也是社会

文化层面的重要挑战。智能建造技术作为新兴技术,其安全性与可靠性需得到公众认可。然而,由于信息不对称等原因,公众对智能建造技术存在疑虑与担忧。因此,如何加强宣传教育,提升公众对智能建造技术的认知与接受度,营造良好的社会环境,是未来发展的必要条件。

4.4 未来发展方向

展望未来,智能建造技术在超高层建筑领域前景广阔,将呈现技术融合创新、智能化提升、绿色可持续发展和国际化四大趋势。随着人工智能、大数据、云计算等技术的进步,智能建造将实现更深层次的融合创新,提升性能与效率。智能化程度将进一步提高,实现全面自动化、智能化施工,减少人工干预,提高施工精度与安全性,同时智能化管理将广泛应用,优化资源配置、风险预警与防控。绿色可持续发展将成为重要方向,智能建造将注重环保节能,通过优化设计、施工与管理,降低资源消耗与环境污染,实现经济效益与环境效益双赢。最后,随着全球建筑市场扩大,智能建造将走向世界,与国际标准接轨,提升我国建筑行业的国际竞争力。

5 结束语

本文深入探讨了智能建造技术在超高层建筑工程施工中的实际应用及其面临的挑战,得出以下结论:智能建造技术凭借其显著优势,在提升施工效率、降低成本和增强安全性方面发挥了重要作用,并通过实例验证了其应用效果。然而,技术兼容性、数据安全、人才培养和法律法规等挑战仍需关注并解决。展望未来,智能建造技术将朝着技术融合创新、智能化提升、绿色可持续发展和国际化的方向发展,成为推动建筑行业转型升级的关键力量,为超高层建筑领域带来更广阔的发展前景和持续创新动力。

参考文献:

- [1] 楚彬彬.智能建造技术在现代建筑工程中的应用及挑战[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(08):185-188.
- [2] 郭凯颖,董正清.智能建造与 BIM 技术在建筑工程管理中的应用研究[J].住宅与房地产,2024(05):106-108.
- [3] 胡馨月.智能建造技术在建筑工程教学中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)教育,2024(11):241-244.
- [4] 施亮.建筑工程施工中的智能化技术探索与应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(12):36-39.
- [5] 董霄.当代建筑工程中的智能建造技术及其应用研究[J].住宅与房地产,2024(32):72-74.