

装配式高层住宅项目智能建造技术研究

文 / 吴迪 长沙润城房地产开发有限公司

姚超 长沙润城房地产开发有限公司

摘要: 装配式建筑是建筑行业的必然发展趋势,为了能够提升装配式建筑的智能化水平,尤其是装配式高层住宅项目的建筑水平,需要将智能建造技术应用其中。文章分析了装配式高层住宅项目智能建造技术基础,包括BIM(建筑信息模型)技术、物联网(IoT)技术、云计算与大数据技术、人工智能(AI)技术等,并探讨了智能建造技术在装配式高层住宅项目的设计阶段、生产阶段、施工阶段以及运维阶段的具体应用,旨在提升装配式建筑的智能化水平。

关键词: 装配式; 高层住宅; 建筑行业; 智能建造技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.05.089

引言

随着城市化进程的加快,现代建筑行业也开始更加追求高效、环保和可持续发展的建造模式,使得传统建造方式难以满足快速建设、资源节约和环境保护的需求。装配式高层住宅通过预制构件在工厂内生产,现场快速组装的方式,不仅缩短了施工周期,减少了现场湿作业和建筑垃圾,还有效提升了建筑质量和施工效率。在应用装配式建造模式的过程中,为了能够提升其智能化水平,需要及时引入智能建造技术,如BIM技术、物联网、大数据和云计算等,进一步推动装配式高层住宅项目朝着智能化、精细化管理的方向发展,以便能够提升项目整体性能和经济效益。

一、装配式高层住宅项目智能建造技术基础

(一) BIM(建筑信息模型)技术

BIM(建筑信息模型)技术是一种数字化建筑技术,集成了建筑工程项目从设计、施工到运维全生命周期内的所有信息,通过三维数字技术,可以构建出包含项目功能特性和物理特性的数字化模型。BIM技术的核心原理在于其共享的三维模型,该模型能够创建和管理建筑信息,包括几何、物理和功能性质量信息,以及其他相关的信息如工程数据、时间表和成本预算等。BIM技术的优势在于其可视化、协调性、模拟性、优化性和可出图性,能够使设计师、工程师和施工人员在同一个平台上共同工作,提高整个项目的效率和质量^[1]。同时,BIM技术还可以进行碰撞检测、可视化展示和预测分析等,减少错误和冲突,优化建筑设计和性能。

(二) 物联网(IoT)技术

物联网技术作为信息时代的产物,其核心在于通过一系列精密的信息传感设备,依据既定的通信协议,实现万物之间的无缝信息交换与高效通信,能够自我识别、精确定位、实时跟踪、全面监控并智能管理。在建筑领域,物联网技术成了推动智能建筑、智慧工地等前沿场景发展的核心动力,让建筑物变成了可以感知环境、响应需求、优化管理的智能体。从施工监控到设施

管理,从能耗控制到安全防护,物联网技术以其独特的魅力,全面提升了建筑行业的智能化水平,引领着建筑行业迈向更加智慧、高效、可持续的未来^[2]。例如,物联网技术可以实时监控施工现场的各种设备,如塔吊、挖掘机、混凝土泵等,通过传感器和数据分析,帮助管理人员实时了解设备的运行状态、工作时长、能耗情况等关键信息,从而优化设备调度,提高设备利用率。同时,物联网技术还可以实现施工现场的自动化施工,如无人机巡查、机器人作业等,进一步提高施工效率。

(三) 云计算与大数据技术

云计算技术是通过网络将大量独立的计算单元相连,形成庞大的资源池,按需为用户提供高性能计算资源或服务。云计算技术在建筑领域的作用主要是通过云计算平台实现数据的集中存储和高效处理。云平台具有强大的数据存储能力和计算能力,可以支持大规模数据的实时处理和分析,将其应用到在装配式高层住宅项目中,可以整合建筑设备的数据、施工现场的数据以及城市规划的数据等,为项目管理和决策提供数据支持。

大数据分析技术通过收集并整合多源数据,利用高效存储技术管理海量信息,并在数据经清洗预处理后,运用统计、机器学习和AI技术深度挖掘,发现数据中的隐藏价值,最后通过可视化手段呈现分析结果,助力用户快速理解数据并做出决策,实现对大规模数据的精准处理与有效利用。将大数据分析技术应用在建筑施工过程中,可以对施工期间产生的大量数据进行收集、分析和处理,便于发现潜在的问题并采取措施进行调整。

(四) 人工智能(AI)技术

人工智能(AI)技术是通过收集大量数据,利用算法和模型进行训练,使系统能够自动学习、识别模式、做出决策和预测。这一过程涉及数据驱动、算法支撑和计算资源的高效利用,模拟人类智能行为,实现自主学习、推理、规划和感知等功能。在建筑领域,AI算法可以用于预测施工进度、成本变化、能源消耗、智能识别等方面,这些预测结果可以为项目决策提供有力

支持^[3]。

二、装配式高层住宅项目智能建造关键技术应用

(一) 智能建造技术在设计阶段的应用

第一，基于BIM的正向设计流程。在装配式高层住宅项目的设计初期，采用基于BIM的正向设计流程主要是以BIM技术为核心（见图1），构建出更加详尽且精准的三维数字模型，全面涵盖建筑的所有组件与系统，使设计师在此模型基础上进行直观的设计操作与修改，有效避免传统二维设计可能带来的错误与遗漏。此外，BIM技术的引入还极大提升了各专业间的协同效率，使得设计过程中的信息交流与整合更为顺畅，为项目的后续实施奠定了坚实的基础。

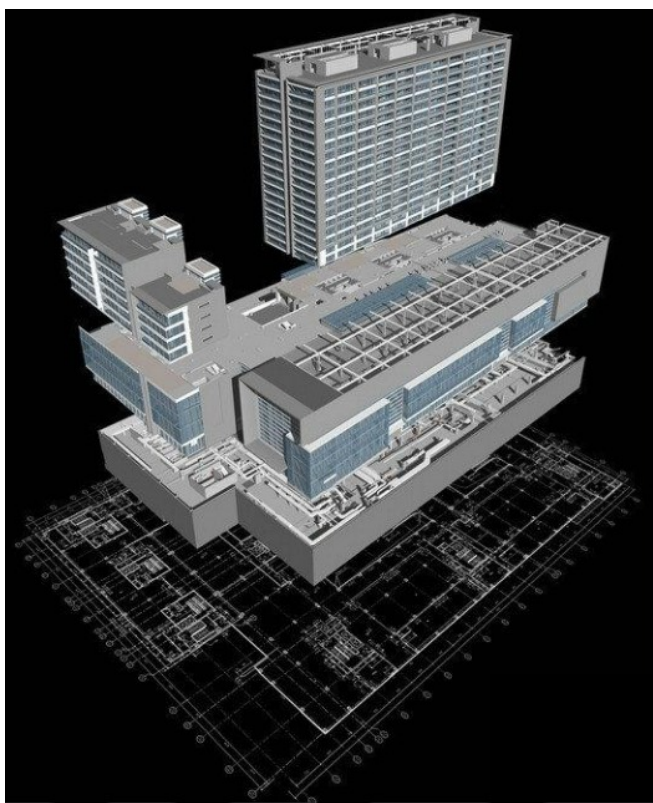


图1 BIM技术在设计阶段的应用

第二，标准化设计体系的构建。装配式高层住宅项目的成功实施，离不开完善的标准化设计体系。具体来说，设计人员可以借助BIM技术的强大功能，轻松建立标准化的构件库，在构件库中包含墙板、楼板、楼梯等各类常用构件的标准化设计，这样可以降低产成本，极大地提高施工速度与效率^[4]。第三，AI辅助的结构优化与性能分析。在装配式高层住宅项目中，通过集成AI算法于BIM平台，可以自动分析建筑结构的受力状态、稳定性及抗震性能，快速识别潜在的结构弱点。AI还能根据分析结果，智能提出结构优化建议，如调整构件布局、增强关键部位等，以提升整体结构性能。此外，AI技术能模拟不同工况下的结构响应，评估建筑在极端天气或灾害下的安全性，为设计团队提供科学依据，确保

结构既安全又经济，助力打造高性能的装配式住宅。

(二) 智能建造技术在生产阶段的应用

首先，智能工厂与自动化生产线。在装配式高层住宅项目的生产阶段，智能工厂与自动化生产线的引入是提升生产效率与质量控制的关键举措。其中，智能工厂凭借先进的制造技术和全面的信息化手段，实现了构件的精准制造与高效组装；自动化生产线则通过集成机器人、数控机床等尖端设备（见图2），确保了构件生产的高效性与精确性。这种智能化的生产方式不仅大幅提高了生产效率，还有效保障了构件的精度与质量，为项目的后续施工奠定了坚实基础。

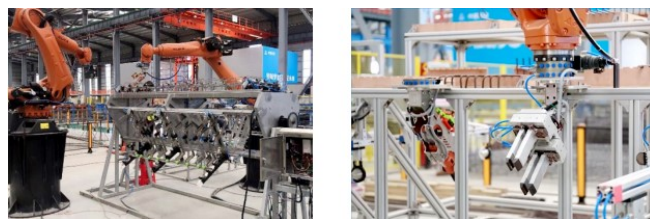


图2 自动化生产线

其次，BIM模型驱动的构件预制与质量控制。具体应用过程中通过BIM软件建立精细化的三维模型，涵盖构件的几何、材料、工艺等详细信息，然后利用BIM模型进行构件的数字化设计，生成加工图纸和清单，直接指导工厂生产，减少错误，提高效率；在生产过程中，将BIM模型与实际数据实时对比，结合物联网技术监控质量，及时发现并纠正偏差，完成对比后，进行数字化质量检测，确保构件符合设计要求；在现场安装阶段，BIM模型提供安装指导和质量控制依据，确保施工高效准确^[5]。在BIM模型驱动下，实现了构件从设计到安装的全过程精准控制，极大提升了预制构件的质量和施工效率，为装配式高层住宅项目的成功实施奠定了坚实基础。最后，物联网技术在生产监控中的应用。物联网技术在生产监控中的广泛应用，使得装配式高层住宅项目的生产过程变得更加透明与可控。具体应用时，主要是通过在生产现场精心布置各类传感器与监控设备，帮助生产团队实时采集生产数据与环境信息，如温度、湿度、光照等关键指标，进而为分析生产过程中的异常情况提供有力依据，使生产团队能够迅速响应并解决问题，从而有效提升生产效率与产品质量，确保项目顺利进行。

(三) 智能建造技术在施工阶段的应用

施工阶段是装配式高层住宅项目的关键阶段，在此阶段应用智能建造技术有助于打造智慧工地，提升施工效率和质量。第一，基于BIM的4D施工管理。在施工阶段，基于BIM的4D施工管理是将时间维度合理融入BIM模型中，从而实现了施工进度全方位、实时监控。项目团队通过精准模拟与分析施工进度计划，并与实际施工进度进行细致对比，能够迅速识别出施工过程中的延

误环节与潜在瓶颈，这种高度可视化的管理方式，不仅有助于项目团队及时采取针对性措施，有效解决问题，还能极大地提升施工效率，确保项目能够严格按照既定时间表顺利完成。第二，智能吊装与安装技术。在装配式高层住宅项目的施工过程中，智能吊装与安装技术主要是通过引入先进的智能吊装设备和机器人等自动化设备，提升施工效率与作业精度。智能吊装设备能够精准定位并吊装构件，可以减少人工操作带来的误差与潜在风险，而且还能根据施工现场的复杂环境和实际情况进行灵活调整，不断优化操作过程^[6]。第三，物联网监控与远程控制技术。物联网技术在施工监控与远程控制领域的深度应用，大大提升了装配式高层住宅项目施工现场的全面监控与管理能力。在应用该技术的过程中，主要是通过施工现场布设各类传感器与监控设备，使施工过程中的各类数据与环境信息得以被实时采集，并通过无线网络迅速传输至远程监控中心，让监控中心能够即时查看并分析这些数据，迅速识别出施工现场的异常情况与潜在问题。另外，借助远程控制技术，监控中心能够直接对施工现场进行远程指挥与调度，确保施工活动始终在高效、有序的状态下进行，进一步保证的施工的质量和进度。第四，AI辅助的安全管理与风险评估。在施工阶段，AI辅助的安全管理与风险评估在应用过程中，主要是借助AI算法具备的强大学习能力，深入挖掘历史数据与施工规范，从而精准识别并预测施工现场存在的安全隐患与风险点。同时，AI还能对施工现场的实时监控数据进行深度分析，使得项目团队能够在问题发生前便采取针对性措施，有效避免安全事故的发生，也能够为施工安全管理提供更加科学、准确的决策依据。

（四）智能建造技术在运维阶段的应用

为了能够更好地实现建筑工业化，建筑行业在应用智能建造技术的过程中，应该重视智慧运维的发展。具体来说，一是，重视智能化运维管理平台的应用。在装配式高层住宅项目的运维阶段，智能化运维管理平台通过高度集成各类先进的传感器与监控设备，能够实现对建筑设施运行状态的全方位、实时监控，无论是温度、湿度还是能耗等关键数据，都能被精准采集并即时反馈至管理平台。平台内置的强大数据分析与处理功能，能够迅速识别并预警设施运行中的异常状况，为运维团队提供及时、准确的故障定位与解决方案，从而极大地提高设施的运行效率与可靠性，同时还能降低运维成本，为装配式高层住宅项目的长期稳定运行提供坚实的技术支撑。二是，重视大数据分析 with 运维优化。大数据分析技术在装配式高层住宅项目的运维优化，主要是通过对建筑设施运行过程中产生的海量数据进行深度挖掘与分析，使运维团队能够洞察设施运行的内在规律和未来趋势。例如，在能耗管理方面，大数据分析技术能够精准识别能耗高峰与低谷，为制定科学合理的能源使用策

略提供有力依据，从而有效降低能耗成本，提升能源利用效率^[7]。同时，通过对设施故障数据的细致剖析，能够帮助运维团队提前预测潜在故障点，及时采取预防措施，避免故障的发生，进而延长设施的使用寿命，确保建筑设施的安全、稳定、高效运行。三是，物联网技术在设施维护中的应用。物联网技术在设施维护中的应用主要是通过通过在设施上布置各种传感器和监控设备，实时采集设施的运行状态和维护需求信息，并通过无线网络传输到远程监控中心，而监控中心则根据这些信息及时安排维护人员进行现场维护或远程指导维护工作，提高设施维护的及时性和有效性。

结束语

综上所述，建筑行业在大力发展装配式建筑模式的过程中，智能建造技术的应用已经成了一种普遍的现象，而且也是装配式建筑发展的重要趋势。随着智能建造技术的应用，如物联网、大数据、云计算、人工智能等智能化技术，已经逐渐渗透到建筑施工中的各个环节中，且每项智能化技术都在装配式建筑中发挥着重要的作用，不仅提升了装配式建筑的智能化水平，还提高了生产效率，降低了生产成本，有助于建筑企业获取更多的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] 林满. 基于智能建造的装配式建筑施工关键技术研究与应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (29): 127-129.
- [2] 王继东, 王祯祯, 刘振涛. 智能建造技术在装配式项目建造中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (26): 163-165.
- [3] 任朕. 基于智能建造的装配式建筑施工关键技术研究与应用[J]. 砖瓦, 2024, (09): 112-115.
- [4] 白浩兴, 武开通. BIM技术在装配式设备机房智能建造施工过程中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, (08): 60-62.
- [5] 伍根. BIM技术在装配式建筑智能建造中的应用研究[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2024, 42(08): 120-124.
- [6] 王蒙蒙, 张河山, 吴欣欣. 智能建造下装配式住宅建筑施工关键技术分析[J]. 居舍, 2024, (23): 41-44.
- [7] 刘承灵, 张攀, 董雁军, 等. 某装配式高层住宅项目智能建造技术研究[J]. 砖瓦, 2022, (12): 45-47.

作者简介:

吴迪(1985年6月), 男, 汉族, 辽宁沈阳人, 本科, 中级工程师, 主要从事设计管理、房地产开发。

姚超(1993年5月), 男, 汉族, 湖南岳阳人, 本科, 中级工程师, 主要从事于城市规划、房地产开发。