

智能建造下的装配式建筑数字化设计研究

张志伟

山东高速工程设计有限公司 山东 济南 250000

摘要：智能建造技术革新为装配式建筑数字化设计注入新动能。参数化设计实现构件快速建模与优化，协同设计打破信息壁垒，性能模拟分析保障建筑功能性与安全性。智能建造推动设计流程智能化、数据驱动模式深化及跨界技术融合。通过加强标准体系建设、推动产学研合作、强化人才培养，可有效提升装配式建筑数字化设计水平，促进建筑行业向智能化、绿色化转型发展，助力实现建筑产业现代化目标。

关键词：智能建造；装配式建筑；数字化设计

引言

随着建筑产业转型升级，智能建造技术成为推动装配式建筑发展的关键力量。在数字化浪潮下，装配式建筑设计面临新机遇与挑战，亟需通过技术创新提升设计效率与质量。本文基于智能建造背景，深入剖析装配式建筑数字化设计的关键技术，探讨智能建造对设计流程、模式及技术融合的影响，并提出针对性发展策略，旨在为推动装配式建筑数字化设计的创新实践提供理论与实践指导。

1 智能建造与装配式建筑概述

智能建造是融合人工智能、大数据、物联网、云计算、BIM等数字化技术与传统建造技术的新型建造模式，通过自动化设备、智能控制系统和数字化管理平台，实现建筑全生命周期的信息集成与高效协同。该模式以建筑信息模型（BIM）为核心，贯穿规划设计、构件生产、施工装配、运维管理等环节，通过三维可视化建模与参数化设计，精准模拟建筑性能、优化空间布局，有效减少设计误差与变更。施工阶段，利用传感器、无人机、机器人等设备实时采集数据，借助智能算法实现施工进度动态监控、质量精准管控及安全风险预警，大幅提升建造效率与精细化水平。装配式建筑则是将建筑的梁、板、柱、墙等构件在工厂预制完成，再运输至施工现场通过可靠连接方式装配而成的建筑形式。这种建造方式突破传统现浇施工的局限性，以标准化设计、工厂化生产、装配化施工、信息化管理为特征，构件在工厂受控环境下生产，可有效保障质量稳定性，减少材料浪费与施工污染。构件的模块化设计与工业化生产，不仅显著缩短工期，还降低了人工依赖，提高施工安全性。智能建造与装配式建筑的深度融合，开创了建筑业转型升级的新路径。通过BIM技术与预制构件的结合，实现设计、生产、装配一体化，使建筑产品像工业产品一样实现精

准制造、高效安装。物联网与传感器技术的应用，让装配式建筑从构件生产到安装全过程可追溯、可监控，有效提升建筑质量与耐久性。这种新型建造体系正重塑建筑行业生产方式，推动建筑业向绿色化、工业化、智能化方向发展。

2 装配式建筑数字化设计关键技术分析

2.1 参数化设计技术

参数化设计技术在装配式建筑数字化设计中占据核心地位，其依托计算机算法与数学模型构建参数化驱动框架，将建筑构件的几何尺寸、空间位置、材料属性等信息转化为可调节的参数变量。设计师通过改变参数数值，系统自动生成与之匹配的三维模型，实现建筑构件的快速修改与多样化设计。以预制梁设计为例，通过调整梁的长度、截面尺寸、配筋率等参数，系统能够迅速生成不同规格的梁模型，同时关联更新与之相连的柱、板等构件，确保整个建筑模型的完整性与协调性。在复杂节点设计方面，参数化设计技术同样展现出强大优势，可精准控制节点处钢筋的排布、连接方式及构件的拼接角度，避免传统设计中因人为失误导致的尺寸冲突与装配困难。参数化设计生成的数据可直接对接后续的生产制造环节，为预制构件的自动化加工提供精确的数字模型，极大地提高生产效率与产品质量，降低生产成本，缩短设计周期，是实现装配式建筑标准化、模块化设计的关键技术支撑^[1]。

2.2 协同设计技术

协同设计技术打破了传统设计模式下各专业间的信息壁垒，构建起基于网络平台的协同工作环境，实现装配式建筑设计全流程的高效协作。在装配式建筑设计中，建筑、结构、给排水、电气等多个专业需紧密配合，协同设计技术通过建立统一的信息模型与共享数据库，使各专业设计师能够实时访问、修改和更新设计信

息。例如，建筑专业设计师在完成平面布局与外观设计后，结构专业设计师可即时获取相关信息，基于此进行结构体系设计与构件选型，同时将结构设计的反馈意见及时传递给建筑专业，实现设计方案的动态优化。在设计过程中，各专业设计成果实时整合，通过碰撞检测功能，提前发现并解决不同专业构件之间的空间冲突，如管道与梁、柱的碰撞问题，避免施工阶段的设计变更与返工。协同设计技术还支持不同地域、不同团队之间的远程协作，使设计团队能够突破时间与空间的限制，充分发挥各方优势，提高设计效率与质量，保障装配式建筑项目的顺利推进。

2.3 性能模拟分析技术

性能模拟分析技术借助计算机仿真技术，对装配式建筑在不同工况下的物理性能进行模拟分析，为设计方案的优化提供科学依据。在建筑热工性能模拟方面，通过建立建筑的三维热传递模型，模拟不同季节、不同朝向的室内外热交换过程，分析建筑的保温隔热性能，优化围护结构的材料选择与构造设计，提高建筑的节能效果。在结构力学性能模拟中，利用有限元分析方法，对装配式建筑在荷载作用下的应力、应变分布进行精确计算，评估结构的安全性及可靠性，优化构件的连接方式与节点构造，确保建筑在地震、风荷载等自然灾害下的稳定性。性能模拟分析技术还可用于声学性能模拟，分析建筑内部的声音传播特性，优化墙体、楼板等构件的隔声性能设计；以及采光性能模拟，通过模拟不同时间、不同天气条件下的室内采光情况，合理设计窗户尺寸、位置与遮阳设施，提高室内光环境质量。通过性能模拟分析技术，设计师能够在设计阶段全面评估建筑性能，提前发现潜在问题并进行优化，减少后期实验与调试成本，提升装配式建筑的综合性能与品质^[2]。

3 智能建造对装配式建筑数字化设计的影响

3.1 设计流程智能化重构

智能建造依托人工智能算法与自动化工具，对装配式建筑传统设计流程进行深度解构与智能化重塑。在方案构思阶段，基于生成式设计算法，系统可根据输入的功能需求、场地条件等初始参数，自动生成海量设计方案，并通过机器学习算法对历史优秀案例数据进行分析，筛选出最优设计方向。设计过程中，BIM技术与智能设计平台深度融合，实现各设计环节的无缝衔接与动态更新。设计师修改某一构件参数时，与之关联的结构体系、设备管线等信息同步调整，整个建筑模型依据预设规则自动优化，避免传统设计中人工修改带来的信息遗漏与错误。在设计成果交付阶段，智能审查系统通过预

设的规范标准与性能要求，对设计模型进行全面检查，自动识别出构件尺寸冲突、连接节点不合理等问题，并生成详细修改建议，大幅缩短设计审查周期。这种智能化重构使设计流程从线性、离散的模式转变为高度集成、动态响应的闭环体系，显著提升设计效率与精准度。

3.2 数据驱动设计模式深化

智能建造推动装配式建筑设计从经验主导转向数据驱动，海量数据贯穿设计全生命周期。在项目前期，通过物联网设备采集的场地环境数据、周边建筑信息等，结合地理信息系统（GIS）进行整合分析，为建筑选址、布局提供数据支撑。设计过程中，BIM模型作为数据载体，集成了建筑构件的几何信息、材料属性、性能参数等多维度数据，这些数据不仅服务于当下设计，还能在后续生产、施工、运维阶段持续流转与增值。例如，构件生产过程中产生的工艺参数、质量检测数据反馈至设计模型，形成设计优化的依据；施工阶段的进度、成本数据与设计模型关联分析，可评估设计方案的可建造性与经济性。利用大数据分析技术对已完成项目的设计数据、运行数据进行深度挖掘，总结设计规律与性能提升方向，为新设计项目提供参考，使设计决策更具科学性与预见性。数据驱动设计模式的深化，实现了从设计到建造全链条的信息贯通与协同优化^[3]。

3.3 跨界技术融合创新

智能建造促使装配式建筑数字化设计突破传统技术边界，实现多领域技术的深度融合与创新应用。建筑信息模型（BIM）与虚拟现实（VR）、增强现实（AR）技术的结合，为设计师与业主提供沉浸式的设计体验与交互方式。设计师可通过VR技术进入虚拟建筑空间，从第一视角感受空间尺度、流线组织，及时发现设计中的不合理之处；业主利用AR技术将虚拟建筑模型与现实场地叠加，直观了解建筑建成效果，提出修改意见。人工智能与参数化设计技术融合，赋予设计系统自主学习与优化能力，系统可根据设计目标自动调整参数，生成满足多种性能要求的设计方案。物联网技术与传感器的应用，使设计模型能够实时获取施工现场与建筑运行过程中的动态数据，为设计优化提供真实场景反馈。这种跨界技术融合不仅拓展了设计手段与表现形式，更催生了新的设计理念与方法，推动装配式建筑数字化设计向更高层次发展。

4 促进装配式建筑数字化设计发展的策略

4.1 加强技术标准体系建设

（1）统一数据标准是基础。在装配式建筑数字化设计中，不同软件和系统间的数据格式与编码规则差异

大,导致信息传递不畅。需建立统一的数据标准,对建筑构件的几何参数、材料属性、性能指标等进行标准化定义,使设计、生产、施工等环节的数据能无缝对接,确保数据在全生命周期内的一致性和准确性,提高信息共享与协同效率。(2)规范设计流程标准是关键。明确从方案设计、初步设计到施工图设计等各阶段的工作内容、深度要求和交付成果,制定标准化的设计流程模板,让设计师遵循统一规范进行操作,减少因流程不清晰导致的设计错误和返工,同时便于对设计项目进行质量控制和管理。(3)建立构件库标准是重点。对预制构件的类型、规格、尺寸、连接方式等进行标准化分类和编号,构建标准化的构件库。构件库中的每个构件应具备唯一的标识和详细的参数信息,方便设计师在设计时快速调用和组合,实现装配式建筑的标准化、模块化设计,提高设计效率和质量,降低生产成本。

4.2 推动产学研用协同创新

(1)高校与科研机构应发挥理论研究和技术创新的优势。深入开展装配式建筑数字化设计相关的基础理论研究,探索新的设计方法和技术手段,为产业发展提供理论支持。加强与企业的合作,了解企业在实际生产中的技术需求,有针对性地开展科研项目,将科研成果及时转化为生产力。(2)企业作为创新的主体,应积极参与产学研用合作。第一,企业要建立高效的问题反馈机制,定期梳理生产实践中出现的技术瓶颈、工艺难题等,及时传递给高校和科研机构,为科研攻关指明清晰方向。第二,企业要主动对接前沿研究成果,搭建专门的成果转化平台,在实际项目中深度应用、反复验证,持续完善优化技术方案,借此不断提高企业的核心竞争力。(3)建立产学研用协同创新平台是促进各方合作的有效途径。通过平台实现高校、科研机构和企业之间的信息共享、资源整合和协同工作,打破各方之间的壁垒,促进人才、技术、资金等要素的流动与优化配置,加速科技成果的转化和应用,推动装配式建筑数字化设计技术的快速发展。

4.3 强化人才培养与技术赋能

(1)在人才培养方面,要注重培养跨学科复合型人才。装配式建筑数字化设计涉及建筑、机械、计算机等多个学科领域,需要培养既掌握建筑设计专业知识,又熟悉数字化技术的复合型人才。高校和培训机构应优化课程设置,开设相关的跨学科课程,让学生在学习过程中能够接触和掌握多学科的知识技能,满足产业发展对人才的需求。(2)持续的技术培训是提升人才技术水平的重要手段。随着技术的不断发展和更新,企业要定期组织员工参加技术培训,让员工及时了解 and 掌握装配式建筑数字化设计的最新技术和方法,提高员工的业务能力和综合素质。鼓励员工自主学习和创新,营造良好的学习氛围。(3)技术赋能方面,企业要加大对数字化技术的投入。引进先进的设计软件和硬件设备,为设计师提供良好的工作环境和 technical 支持。积极探索新技术在装配式建筑数字化设计中的应用,如人工智能、大数据、区块链等,通过技术创新提高设计效率和质量,为企业发展注入新动力^[4]。

结语

综上所述,智能建造技术与装配式建筑数字化设计的深度融合,是建筑行业发展的必然趋势。通过对关键技术的研究、设计影响的分析及发展策略的提出,有效揭示了数字化设计在智能建造中的重要作用。未来,需持续完善技术标准,深化产学研合作,强化人才培养,推动智能建造与装配式建筑数字化设计协同发展,为实现建筑产业高质量发展奠定坚实基础。

参考文献:

- [1]曾敏,刘捷超.智能建造下的装配式建筑数字化设计研究[J].中国房地产业,2022(7):104-106.
- [2]许泽宇.智能建造下装配式住宅建筑施工技术分析[J].模型世界,2024(22):161-163.
- [3]贾肖霞,李晓健.数字化转型背景下装配式建造的现状与对策[J].绿色建造与智能建筑,2023(9):29-32.
- [4]黄轩安,史月霞,陈可楠,等.基于BIM技术的装配式建筑全过程信息化管理与数字化建造方法研究[J].土木工程信息技术,2022,14(1):45-60.