

# 数字化驱动装配式建筑标准设计智能应用研究

韩彪

山东大卫国际建筑设计有限公司, 山东 枣庄 277000

DOI:10.61369/ERA.2026050006

**摘 要：** 装配式建筑作为建筑业绿色转型与工业化发展的主要载体，正进入数字化与标准化深度结合的全新阶段。该文分析装配式建筑的发展状况与主要困境，从 BIM 技术、标准化设计、智能算法优化这三个方面，研究数字化驱动下的设计改革路径。相关研究显示，BIM 技术能够实现多专业协同以及信息共享；标准化设计秉持少规格、多组合的准则，实现功能空间的模块化组合；AI 和智能设计促使设计从经验驱动朝着数据、算法驱动转变。基于工程实例，论述数字化与标准化协同在提高效率、降低成本、保障质量等方面的意义，为装配式建筑的高质量进步提供理论和实践根据。

**关 键 词：** 装配式建筑；BIM 技术；标准化设计；智能建造；DfMA

## Research on Standardized Design and Intelligent Application of Prefabricated Buildings Driven by Digitization

Han Biao

Shandong Dawei Global Architectural Design Co., Ltd., Zaozhuang, Shandong 277000

**Abstract：** Prefabricated structures serve as crucial carriers for the green shift and industrial advancement of the construction sector, and are entering a novel phase of in-depth integration of digitization and standardization. This article examines the development situation and key challenges of prefabricated buildings, and deliberates on the design innovation routes propelled by digitization from three aspects: BIM technology, standardized design, and intelligent algorithm optimization. Research indicates that BIM technology facilitates multi-disciplinary cooperation and information exchange; standardized design adheres to the principle of fewer specifications, more combinations to achieve modular integration of functional areas; AI and intelligent design drive the shift of design from experience-led to data-algorithm-led. Integrated with engineering instances, the significance of digitization and standardization cooperation in enhancing efficiency, cutting costs and guaranteeing quality is presented, offering theoretical and practical references for the high-quality growth of prefabricated buildings.

**Keywords：** prefabricated building; BIM technology; standardized design; intelligent construction; DfMA

## 引言

从21世纪初，我国建筑行业迅猛发展，但是传统的粗放型模式引发资源浪费、环境污染、效率欠佳等状况。装配式建筑依靠设计标准化、生产工厂化等长处，成为建筑业绿色转型和高质量发展的主要方向。住建部十四五规划明确提出要推动建筑工业化、数字化和智能化的融合发展，把装配式建筑和数字化协同发展提高至国家战略高度。

装配式建筑的推广仍然存在一些短板：标准化程度不够导致构件种类繁多、复用率不高；设计、生产、施工的信息相互割裂，数据孤岛对产业链协同造成制约。利用数字化手段实现为制造与装配而设计（DfMA）的模式转变，是当下学界和工程领域的主要话题。

本研究专注装配式建筑的标准化设计及数字化运用，梳理 BIM 和智能算法的前沿发展情况，结合实际案例分析设计模式的创新之处并提出发展方向，为理论研究与实践操作提供参考。

## 一、装配式建筑发展与设计困境

### （一）装配式建筑的概念与特征

装配式建筑运用工厂预制、现场吊装的建造方式，把湿作业

转变为工业化制造，属于建筑工业化的主要方向。其优势十分明显：高装配率的预制构件能够缩短建设工期、严格把控质量，雄安市民服务中心的工期缩短幅度超过40%，建筑垃圾减少80%；基于数据平台实现多方协同合作，降低错漏碰缺情况；加强设

计、生产、施工的一体化，为 DfMA 理念的落实提供支持。

### （二）发展现状

我国装配式建筑已由试点进入全面推广时期。北京经济技术开发区新建设的建筑中，装配式建筑占比达到57%，超出预期完成市级规定指标。敦煌文博会场馆部件的装配比例达到81.2%，在104天内完成主体建设；深圳裕璟幸福家园的装配率超过70%，成为了全国性的示范项目。

### （三）当前面临的设计困境

设计方面仍然存在明显问题：标准化体系尚不健全，构件模数缺乏统一标准、成本相对较高，部分建筑的装配率未能达到标准；专业协同工作难度较大，各专业之间容易出现信息脱节和冲突的情况；BIM 技术应用大多仅停留在模型翻建方面，构件拆分、吊装验算等深度功能存在欠缺，其价值未能得到充分体现。

## 二、数字化驱动的装配式建筑设计创新

### （一）BIM 技术：协同设计与信息集成

BIM 技术作为整合多个专业的建筑信息平台，具备系统性的数据存储与分析能力，可明显推动装配式建筑在信息化和标准化设计领域的进步。它的核心价值显示于三个方面：

协同设计流程重塑。基于 Revit 等工具，建筑、结构、机电等专业能够在统一的平台开展协同工作。基于 BIM 实时交互以及可视化协作，各参与方能够在设计起始阶段开展方案对比、模拟以及论证工作，提高决策的科学性与效率。以沪上宝业中心项目为实例，BIM 技术贯穿于设计、生产、施工、运维的全流程，地下空间的围护体系采用叠合剪力墙装配式构造，外立面的854块 GRC 单元式幕墙基于标准化模具的魔幻转变，在工厂制造出孔洞尺寸不同的创新部品，集成保温、防水、遮阳等功能<sup>[08]</sup>。

参数化族库构建。运用 BIM 标准化设计手段，建立参数化族构件，对其开展命名、编号以及信息录入工作，实现层级分类。基于 BIM 构件库的审核、质量和造价把控，确实管控预制构件的质量。建立构件库能够提高设计效率，同时为自动化设计和智能优化提供数据支撑。

全生命周期信息集成。BIM 技术给装配式建筑提供全流程信息根基，且基于云平台实现设计变更即时同步，防止返工与资源损耗。新兴产业园区服务中心作为西南区域首个全程运用 BIM 技术的装配式公共建筑，其酒店部分自 ±0.000 起开展装配，除核心筒之外的所有结构构件均为工厂化预制，整体预制装配率达到56%<sup>[08]</sup>。

### （二）标准化设计：模数协调与模块组合

标准化设计为装配式建筑的主要，实质是以基础模数延伸，基于模块组合有效适配功能空间。设计应根据少规格、多组合原则，实现多专业协作，同时满足多样可变、制作简易、美观实用等要求。

模数协调的基础作用。标准化设计是以模数作为根基，基于参数配置来提高生产效率，同时降低管理的复杂程度。在装配式高层办公建筑的设计工作中，柱网的尺寸要综合考量地上功能以及地下车库，其常见的间距处于8.4米到12米之间。该研究运用8600mm 的基准尺度，按照200mm 的倍数来拓展进深，实现空间的灵活搭配。

模块化设计方法。基于模块化对功能空间进行分类，标准化设计大幅提高预制构件的复用效率。依靠 BIM 云共享系统，能够对同类型参数化族开展更进一步的优化，促使构件尺寸朝着模数化方向深入发展并进行实际运用。敦煌文博会项目是这一理念的成功案例——把复杂建筑拆分成标准化模块，综合运用设计施工总承包方式，仅花42天就完成从方案设计到土建施工的三维图纸<sup>[08]</sup>。

兼顾灵活性与适应性。规范化并非单调一致，出色的规范化设计需在模数协调的前提之下探寻空间的多样性和适应性。上海宝业中心的 GRC 单元式幕墙基于标准化模具的魔幻转变，营造出孔洞大小各异的多样立面效果，突破公众对装配式建筑千篇一律的固有印象<sup>[08]</sup>。这种在标准里求改变、在改变中守标准的设计理念，体现装配式建筑标准化设计的发展趋向。

### （三）智能算法：从经验驱动到数据驱动

随着人工智能技术的迅猛发展，智能算法正在重构装配式建筑的设计模式。从 BIM 与优化算法的初步融合，到生成式 AI 的深入参与，设计流程正经历由经验驱动向数据、算法驱动的根本性变革。

优化算法和 BIM 进行融合。山东建筑大学的研究团队把 BIM 技术和改良后的蚁群算法相融合，运用到装配式墙板的排板设计当中。基于建立墙体尺寸的模型、把尺寸模型转变为极值问题、改良节点访问矩阵以及其概率计算方式，实现墙板规格的自动优化。实际工程检验显示，此方法在优化装配式墙板规格、提高标准化比率方面，其求解效能和求解成果均优于人工调节方式、遗传算法以及模拟退火算法<sup>[06]</sup>。

生成型人工智能的设计改革。中建八局近期开展的基于 AI 的装配式钢结构生成式智能设计系统 PSS-GAN，搭建国内首个结构、节点协同优化的智能化设计平台。此系统创造性搭建全局结构层、局部构造层、系统评价层三层协同方案，运用 MCTS+FNN（蒙特卡洛树搜索 + 前馈神经网络）融合算法，把荷载条件、几何约束、规范参数等转变为参数化输入，联合预制构件库与连接元件库，自动生成符合力学约束的三维模型<sup>[2]</sup>。针对钢结构节点构造繁杂的难点，系统开发专用 PSS-GAN 网络方案，基于有限元分析识别高应力聚集节点，提取主要参数作为生成的输入，支持体素、网格、光滑曲面这三类模型输出，还原螺栓、焊缝等细节<sup>[02]</sup>。

图模型和知识图谱的运用。为解决装配式建筑信息组织繁杂、多任务协作艰难的状况，研究人员提出基于图的建筑信息模型

(GBIM)生成办法。此方法基于本体定义来清晰界定领域知识,运用图模型对实体及其关系予以表示,能够支持模型的可视化、语义丰富以及模型转换<sup>[109]</sup>。针对钢结构模块化建筑这类产品导向型建筑种类,GBIM方法能够有效整合多源信息,实现有限元模型和BIM模型的融合,为自动化设计和项目管理提供统一的信息方案<sup>[110]</sup>。

#### (四) DfMA 理念:设计与制造装配的深度整合

DfMA (Design for Manufacture and Assembly) 思想出自制造业,着重在设计环节就综合考量产品制造和装配的便捷性。在装配式建筑领域,DfMA促使设计师打破传统设计、招标、建造的线性思路,转变为设计、制造、装配一体化的协作模式<sup>[104]</sup>。

DfMA的核心原则。DfMA于装配式建筑里的运用包括:标准化的空间需求、通用的模块尺寸、尺寸协调的空间、标准化空间的重复运用等。研究人员对香港39个模块化建筑单元开展分析,揭示出潜在的设计样式——设计师把建筑拆分成标准化模块,在实现功能需求的同时,实现制造与装配效率的最大化<sup>[104]</sup>。

设计流程的重构。DfMA理念需把制造与装配环节的约束条件提前到设计阶段。这表明设计师不但要考量建筑的功能和美学,还得深入领会构件生产工艺、物流运输约束、现场吊装能力等技术状况。这种为制造而设计的理念转变,给设计师的知识体系和工作方式带来全新考验<sup>[104]</sup>。正如有学者所提,DfMA把下游环节的各类关切提前到战略设计决策阶段予以权衡分析,是发挥装配式建筑潜力的主要之处<sup>[104]</sup>。

### 三、典型案例与工程实践

#### (一) 公共建筑领域的创新实践

敦煌文博会主场地:作为一带一路标志性项目,敦煌文博会工程包括国际会议中心、大剧院、国际酒店等,总建筑面积达26.8万m<sup>2</sup><sup>[108]</sup>。项目进行创新整合,形成三位一体的智能建造模式,包括装配化施工、EPC总承包以及中建数字化平台的运用。以敦煌大剧院为实例,预制装配占比达到81.2%,全方位运用BIM技术,实现设计、采购、施工在同一平台协同作业,避免错漏碰缺情况,确保精益制造与高效施工。

山东建筑大学教学实验综合楼:此项目是国内首批把装配式钢结构和被动式超低能耗技术相结合的建筑,运用钢框架结构体系,搭配ALC内嵌墙板、桁架钢筋混凝土叠合板以及预制混凝土板式楼梯建造而成<sup>[8]</sup>。作为中德携手的被动式超低能耗示范工程,此项目在促进装配式建造和绿色节能技术充分融合方面具备重要的探索价值。

#### (二) 居住建筑领域的技术突破

深圳裕璟幸福家园:作为华南区域最高的装配整体式剪力墙结构高层建筑物,此项目预制比例约50%、装配比例超70%,是深圳市首个装配整体式剪力墙结构EPC工程总承包项目<sup>[8]</sup>。该项

目依靠科研与设计深度融合的技术保障体系,将BIM作为核心工具,通过智能建造平台实现全过程管控,创新推广包括研发、设计、采购、制造以及管理各环节的REMPC一体化管理模式。

北京成寿寺钢结构住宅项目:此项目采用全装配式钢结构工艺,全部钢柱、钢梁以及钢筋桁架楼承板都在工厂进行预制,在现场直接开展拼装工作,和传统现浇混凝土结构相比,施工周期缩短超过50%。建筑外墙选用预制混凝土外墙挂板、蒸压加气混凝土条板,实现了结构体系和围护体系的协同装配<sup>[9]</sup>。

#### (三) 特殊结构的技术探索

球面钢筋混凝土肋形折板构造:贵州大学空间结构研究团队创新装配式整体式技术,把球面构造拆分为预制肋形折板(球瓣)与现浇节点。实验检验显示,结构的极限荷载达到设计值的1.2倍,裂缝处于可控状态且不会蔓延,位移性能能够满足大跨度的使用需求。这项技术特别适用于跨度在10至50米的空间建筑,像体育馆的屋顶、大型仓储库房等,施工周期能够从传统的6个月缩减到3个月,现场所需用工减少50%<sup>[11]</sup>。

长春一汽技术中心的全装配式立体停车楼:该停车楼为中国首个预制装配式立体停车楼工程,其装配比例超90%。其运用预制装配型的大跨度双T板和剪力墙相融合的结构体系,进一步衍生出11项主要技术、13项专利以及2项省级工法等多个创新成果,为装配式技术于特殊功能建筑里的实践运用提供主要案例。

### 四、挑战与展望

#### (一) 当前面临的主要挑战

数字化和标准化给装配式建筑带来明显效益,不过其推广仍然面临多个挑战:标准体系存在欠缺,现有的设计标准侧重于结构安全,对数字化、智能建造的支持不够,BIM相关规范尚需完善。技术整合程度不高,各类数字化工具和建造流程的融合程度较浅,大多是单项运用,未建立出系统方案。产业链协作不够,设计、生产、施工信息交互不通畅,对DfMA理念的落实产生影响。与此同时具备建筑与数字化、制造与施工能力的复合型专业人才匮乏,对行业转型形成制约。

#### (二) 未来发展方向

面向双碳和高质量发展目标,装配式建筑设计会实现四大突破:其一基于参数化和数字制造手段,平衡标准化与个性化;其二搭建AI驱动的智能设计闭环体系,实现全专业协同及迭代优化;其三依靠BIM和物联网技术,贯通全生命周期信息,塑造数字孪生;其四整合绿色建材与可再生能源,促使建筑朝着全生命周期零碳方向发展。

### 五、结论

装配式建筑作为建筑行业绿色转型与工业化进步的重要载

体，正处在数字化技术和标准化设计深度交融的主要时期。文章分析其发展状况与主要难题，从 BIM 技术运用、标准化设计、智能算法改进三个方面，研究数字化推动下装配式建筑设计模式的创新途径。研究显示 BIM 技术能够实现多专业协同以及信息共享，标准化设计根据少规格、多组合准则实现模块化组合，AI 和智能设计促使设计从经验驱动朝着数据、算法驱动转变。结合实际工程案例，探讨数字化与标准化协同在提高效率、削减成本、保证质量等方面的实际应用价值，为装配式建筑的高质量进步提供理论根据与实践指导。

### 参考文献

[1] 贵州大学空间结构研究中心：球形建筑“拼”出来了？装配式折板技术突破传统施工瓶颈 [EB/OL]. 科普中国，2025-10-10.

[2] 中建八局：AI 驱动装配式钢结构智能设计系统 PSS-GAN 引领建筑工业化智能变革 [EB/OL]. 中国日报网，2025-11-14.

[3] 石爽，林进，石虹：BIM 技术下装配式建筑标准化设计应用研究 [J]. 土木建筑工程信息技术，2025，17(3)：8-12.

[4] Laovisutthichai V, Lu W. Design for manufacture and assembly (DfMA) for modular buildings: an analytical framework[J]. Architectural Planning and Design, 2026: 247-261.

[5] 北京经济技术开发区管理委员会：经开区政策引领装配式建筑绿色升级 [EB/OL]. 北京市人民政府网站，2025-11-13.

[6] 赵全斌，赵岩浩，郭蕾，等：基于 BIM 和蚁群算法的装配式墙板排布尺寸优化研究 [J]. 山东建筑大学学报，2025，40(4)：16-20.

[7] 同济大学绿色建造研究中心：推进装配式建造赋能“好房子”建设学术研讨会暨项目观摩会成功举办 [EB/OL]. 2025-10-19.

[8] 上海市土木工程学会：盘点：中国 30 个代表性装配式建筑项目 [EB/OL]. 2026-02-05.

[9] XWG 建筑工作室：徐卫国新作：3D 打印咖啡屋，设计建造新路线 [EB/OL]. 有方，2025-08-28.

[10] Gan V. Graph-based BIM generation method for integrated design of steel modular buildings[J]. Automation in Construction, 2025.