

装配式建筑施工技术研究

张弘哲¹, 孟凡鹏², 梁 峰², 李华东², 李林栋²

¹华北水利水电大学土木与交通学院, 河南 郑州

²中国电建集团港航建设有限公司, 天津

收稿日期: 2026年8月17日; 录用日期: 2026年9月9日; 发布日期: 2026年9月20日

摘 要

随着建筑工业化进程的加快, 装配式建筑在我国得到广泛应用。与传统现浇结构相比, 装配式施工在提高施工效率、节能环保、减少现场湿作业等方面具有显著优势。然而, 在实际工程实施过程中, 装配式施工面临构件生产质量波动、运输损伤、现场吊装风险、节点连接质量控制难度大、管理协同复杂等问题, 若防控措施不到位, 将直接影响结构安全与工程质量。本文概述了装配式建筑发展背景、施工特点、装配式施工过程以及质量控制方法相关研究, 并介绍了BIM技术在装配式建筑中的应用。论文成果可为构建全过程质量控制体系、强化标准化设计、推进信息化管理, 保障装配式施工安全与质量提供参考。

关键词

装配式施工技术, 施工质量, BIM技术

Research on Construction Technologies for Prefabricated Buildings

Hongzhe Zhang¹, Fanpeng Meng², Feng Liang², Huadong Li², Lindong Li²

¹School of Civil Engineering and Transportation Engineering, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou Henan

²POWERCHINA HARBOUR CO., LTD., Tianjin

Received: August 17, 2026; accepted: September 9, 2026; published: September 20, 2026

Abstract

With the acceleration of building industrialization, prefabricated buildings have been widely promoted and applied in China. Compared with conventional cast-in-place structures, prefabricated construction offers significant advantages in improving construction efficiency, promoting energy

conservation and environmental protection, and reducing on-site wet work. However, in practical engineering applications, prefabricated construction still faces several challenges, including fluctuations in component production quality, damage during transportation, risks associated with on-site hoisting, difficulties in controlling joint connection quality, and complex management coordination. If these issues are not effectively controlled, they may directly affect structural safety and overall project quality. This paper reviews the development background, construction characteristics, construction process, and quality control methods of prefabricated buildings, and further discusses the application of Building Information Modeling (BIM) technology in prefabricated construction. The findings of this study can provide a reference for establishing a whole-process quality control system, strengthening standardized design, promoting information-based management, and ensuring the safety and quality of prefabricated construction.

Keywords

Prefabricated Construction Technology, Construction Quality, Building Information Modeling (BIM) Technology

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

装配式建筑自 20 世纪初起源于欧美等发达国家, 逐步发展成为建筑行业的一种重要施工方式。近年来, 在国家大力推进建筑工业化和绿色低碳发展的背景下, 装配式建筑作为建筑业转型升级的重要方向, 得到了广泛推广。根据住房和城乡建设部发布的《“十四五”建筑业发展规划》¹, 我国装配式建筑占新建建筑面积比例持续提升, 行业规模不断扩大。装配式建筑是指将传统建造方式中的大量现场作业转移到工厂进行, 在工厂加工制作好建筑用的构件和配件, 再运输到施工现场, 通过可靠的连接方式在现场装配安装而成的建筑。与传统现浇施工相比, 装配式建筑具有资源节约、低碳环保、缩短工期等显著优势, 已成为我国建筑工业化转型的主要路径之一。自 2016 年国务院办公厅印发《关于大力发展装配式建筑的指导意见》²以来, 我国装配式建筑进入快速发展阶段, 各地纷纷出台配套政策, 推动装配式建筑占比持续提升。然而, 装配式建筑施工方式的转变, 也给施工质量带来了新的问题。预制构件体积大、重量重, 吊装频次高、精度要求高, 节点连接工艺复杂, 临时支撑依赖性强, 这些特性使得装配式建筑施工的风险特征与传统现浇施工存在显著差异。

2. 装配式建筑施工技术

装配式施工是指将建筑构件在工厂预制完成后, 运输至施工现场进行装配安装的一种建造方式。它以工业化生产为基础, 以标准化设计、工厂化生产、装配化施工和信息化管理为主要特征。装配式施工主要包括预制混凝土结构、钢结构、木结构以及模块化建筑等多种形式。其中, 模块化施工将 80%~95% 的建造工作转移到工厂完成, 能够显著提升效率、安全性、成本效益和可持续性。装配式施工的流程主要分为构件深化设计、工厂预制生产、构件运输与堆放、吊装与安装、节点连接、质量检测与验收。

国内外学者围绕装配式建筑施工技术开展了多层次的系统性的研究, 从早期对预制构件生产与装配

¹<https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-01/27/5670687/files/12d50c613b344165afb21bc596a190fc.pdf>

²https://www.gov.cn/gongbao/content/2016/content_5120699.htm

技术的综合应用研究,到结构体系优化、连接可靠性提升以及接缝防水控制,再到高层建筑施工精度控制,研究内容不断深化。BIM 协同管理等技术手段的引入,显著提升了施工精度、结构安全性与管理效率。2013 年,纪先志等根据对某住宅楼预制构件生产与装配技术的研究与实施,总结形成综合施工技术,该技术可提升预制率和装配水平,实现质量稳定、安全耐久与节能环保目标[1]。2017 年,Cheng 等对装配式建筑结构内涵及施工过程质量问题进行分析,并结合对结构体系与设计内容的研究,探讨提升施工质量与效率的改进措施。推广装配式施工技术、优化结构设计与施工管理,可有效提高建筑质量和施工效率[2]。2025 年,Chen 等根据对高层预制混凝土结构施工关键技术的系统研究,围绕构件分析影响垂直度控制、连接可靠性的主要因素。结果表明,通过优化施工流程、加强高精度定位与偏差累积控制,并改进套筒灌浆等连接工艺,可有效提升施工精度与结构整体稳定性,保障高层预制建筑质量[3]。Ma 根据对预制混凝土建筑接缝防水影响因素的系统分析,以及对材料性能、施工工艺和技术措施等方面的优化研究,构建了四维建筑质量控制体系,并明确了人员、材料与工艺三大关键环节的管控措施。研究得出结论:通过建立全过程质量控制体系并强化接缝防水关键技术管理,能够显著提升预制混凝土建筑接缝防水性能的可靠性,提升施工质量,提高建筑整体耐久性与安全性[4]。Chen 等根据对装配式建筑概念与发展现状的分析,并结合工程案例对其施工技术内容及应用效果进行研究,得出结论:合理应用装配式建筑施工技术能够显著提高施工效率、保障工程质量、实现节能环保目标,并提升施工管理的经济效益[5]。

陈凯等根据对混凝土装配式住宅施工技术的工程实践研究,并通过与传统现浇施工模式在生产效率、工程质量、节能环保和安全性能等方面的对比分析,系统探讨其应用效果。研究表明,混凝土装配式施工技术在住宅建筑中具有显著的效率、质量、环保和安全优势,通过科学组织施工与完善技术措施,可进一步发挥其综合效益[6]。李晓杰等根据深圳地铁 27 号线丽山站全预制装配式地下车站工程实践,围绕复杂环境下拼装工艺与防水注浆技术开展系统研究,并通过现场监测进行验证。采用毫米级姿态调控、环向榫槽对接及预应力锁定等技术,可实现结构整体化与荷载平稳转换;构建刚柔结合的防水体系后,接缝精度、水位控制及结构沉降均满足设计要求,工程效果良好[7]。韩昭等根据对灌浆套筒连接技术原理、类型及施工全过程的系统研究,并结合工程案例对施工工艺和质量控制措施进行分析,得出结论:规范实施施工准备、套筒安装、钢筋连接与灌浆等关键环节,能够有效提升钢筋连接质量和受力传递性能,保障结构安全稳定,为装配式混凝土结构工程提供可靠的技术支撑[8]。He 等根据对预制建筑施工技术的系统研究与分析,围绕预制构件设计、构件运输与存储、楼梯与阳台安装、构件吊装以及节点连接等关键技术环节,得出预制建筑施工质量受关键技术节点控制水平和全过程质量管理成效的直接影响。通过优化构件设计方案、规范运输与存储流程、强化吊装与节点连接精度控制,能够显著提升预制建筑的整体施工质量和工程性能[9]。白志强等以某高层装配式住宅项目为案例,通过现场数据采集与问题诊断,分析定位精度不足和吊装效率偏低等问题,提出三维激光扫描辅助定位、模块化吊装组拼及基于 BIM 的全过程协同管控等优化措施。研究表明,改进后工程质量合格率由 98.2% 提升至 99.6%,单层施工工期缩短 2.5 天,适用于 30 层以下类似装配式住宅项目推广应用[10]。聂华等根据高层住宅项目研究,针对场地狭长、构件多、吊装精度高等挑战,提出梁柱半预制刚性连接等创新设计及柱顶钢筋定位等关键技术,实现了重型构件在狭窄空间内的高效精准安装[11]。白松豪等根据装配式建筑中预制构件吊装精度低、连接效率不高等问题,以实际工程为例,研究吊装与连接工序的协同流程、复杂节点精度控制及数字化工具应用,得出:对吊装与连接进行协同管控,并融入标准化、智能化施工管理,能有效提升装配精度、施工一次合格率及整体质量,形成可推广的现场作业体系[12]。孙清义等根据建筑行业向绿色化、工业化转型,装配式建筑成为主流方向的背景,研究构件生产、吊装、节点连接等核心环节,结合实际施工分

析技术要点与优化策略,可为提升施工质量、效率并降低成本提供理论指导,推动装配式技术广泛应用[13]。

综上所述,现有关于装配式建筑施工技术的研究已从早期的预制构件生产与现场装配,逐步拓展到结构体系优化、吊装安装精度控制、节点连接可靠性、套筒灌浆施工、接缝防水处理以及 BIM 协同管理等多个方面,形成了较为系统的技术研究框架。装配式施工技术在提高施工效率、保障工程质量、减少现场湿作业、降低资源消耗方面具有明显优势。但从现有研究来看,装配式建筑施工技术仍存在一定不足。一方面,部分研究主要依托具体工程案例展开,研究结论受工程类型、施工环境、构件形式和管理水平影响较大,普适性仍有待进一步验证;另一方面,装配式施工涉及设计深化、构件生产、运输堆放、吊装安装、节点连接和质量验收等多个环节,各环节之间衔接紧密,任何一个环节控制不到位都可能影响整体施工效果。因此,后续研究应进一步加强装配式建筑施工全过程技术协同,同时,应结合不同建筑类型和工程环境,开展更多具有对比性和可推广性的工程应用研究,不断完善装配式建筑施工技术体系,从而推动装配式建筑向高效率、高质量、绿色化和智能化方向发展。

3. BIM 技术在装配式施工中的应用

BIM 技术在装配式建筑中有非常重要的作用,利用建筑信息模型可实现三维可视化设计与施工模拟。通过 BIM 技术能够提前发现设计冲突,优化构件尺寸与连接方式,提高设计精度,减少现场变更。此外,BIM 还可为构件生产提供精确数据支持,实现设计与生产的高效衔接。

BIM 在装配式建筑的施工管理、设计、运输、成本控制、智能建模及多方协同等多个方面都具有很高的应用价值。BIM 技术通过三维可视化建模、碰撞检测、施工模拟与信息集成,实现了设计-生产-施工-运维全过程的数据贯通与协同优化。2014 年,Qi 等根据对预制结构优缺点及管理问题的系统分析,研究 BIM 技术在预制建筑中的应用路径,涵盖设计、生产、施工与运维等阶段。结果表明,BIM 技术在预制建筑管理全过程中具有广泛应用潜力,可提升协同管理水平与工程实施效果[14]。2018 年,舒欣等在分析装配式建筑特征的基础上,以南通政务中心停车综合楼项目为案例,探讨 BIM 技术及相关软件在设计、生产与施工阶段的应用情况,并从标准化设计、可视化设计、模型深化、碰撞检查及施工模拟等方面进行系统研究。研究表明,BIM 技术具有良好的适用性与可操作性,能够优化设计流程,缩短设计与建造周期,提高工程实施效率[15]。2019 年,Liu 等针对轻型建筑中屋顶护套材料浪费问题,提出一种基于 BIM 的自动化设计与规划方法,构建护套布局设计算法,并结合贪心算法与粒子群算法优化材料切割方案,通过案例研究进行验证。研究结果表明,该方法能够有效减少屋顶护套材料浪费,为实现更可持续的非现场施工提供技术支持[16]。Mooyoung Yoo 等从中小型企业视角出发,构建基于 BIM 的装配式钢结构建筑管理系统,通过钢框架施工案例验证其功能效果,并结合专家访谈与满意度调查进行定性与定量分析。研究表明,该系统在预制、制作与施工阶段均能提升图纸管理、构件审核、成本进度与质量控制水平[17]。

2020 年,Ji 等基于 BIM 技术构建建筑全生命周期环境排放评价指标体系,以上海十栋公寓楼为案例,对传统与预制建筑技术进行环境对比分析。研究结果表明,预制结构在降低酸化影响和矿产资源消耗方面具有明显优势,且提高预制面积比与装配率可进一步减少环境负荷。该方法可为建筑项目选择适宜施工技术提供环境决策依据[18]。2021 年,Bi 等在分析预制建筑发展趋势及 BIM 技术应用背景的基础上,探讨 BIM 在预制建筑全流程中的整合与信息共享作用。研究认为,基于 BIM 的信息共享机制能够加强设计、施工与运维阶段的协同,减少结构与机电冲突,提升项目整体效率与经济效益,对推动绿色建筑与行业转型发展具有重要意义[19]。2023 年,马琦越等围绕 BIM 技术在装配式建筑深化设计、构件运输、吊装拼装及运维管理等全过程应用进行系统研究。结果表明,BIM 技术可实现全过程协同管控,

提升施工效率与管理水平,保障工程质量,充分发挥装配式建筑绿色环保、工期短的优势,为装配式建筑推广提供有力支撑[20]。亢磊磊等以实际工程案例为基础,分析 BIM 技术在装配式建筑设计与施工中的应用效果,探讨其在预制构件生产与设计中的优势及存在问题,并提出改进建议。研究认为, BIM 技术与装配式建筑结合可显著提升设计精度、施工效率与工程质量,对推动装配式建筑发展具有重要意义[21]。Li 等围绕预制剪力墙结构设计效率提升问题,基于 BIM 平台与 Tekla 软件开展二次开发,利用 C 编程构建边缘构件智能建模程序,并结合设计规范实现钢筋三维自动生成与工程量提取。研究表明,该方法可显著提高钢筋建模精度与设计效率,实现构件智能化建模与数量统计,为预制建筑设计的智能化发展提供技术参考[22]。2024 年, Duy Cuong Nguyen 等针对预制桥梁施工中因制造偏差导致的现场装配错误问题,提出将制造与装配设计(DfMA)原则与参数化 BIM 相结合,构建预装配分析系统(PAS),并通过桥梁案例进行验证。研究结果表明, PAS 能够基于连接件制造偏差有效识别和预测潜在装配误差,减少现场组装错误,为实现自动化装配感知制造及 DfMA 与参数化 BIM 深度融合提供了技术支撑[23]。Zhao 等在分析预制建筑发展现状及存在问题的基础上,探讨 BIM 技术与预制建筑成本估算相结合的可行性,提出适应本地计量规则的 BIM 成本估算流程,并通过在模型中嵌入成本信息生成数量清单进行验证。研究表明, BIM 可有效提升预制建筑成本管理与工程量计量的准确性与效率,具有较大的推广应用潜力[24]。

综上所述, BIM 技术在装配式施工中的应用已由单一的三维建模和碰撞检查,逐步拓展到深化设计、构件生产、运输吊装、施工模拟、成本控制、环境评价、智能建模和多方协同管理等多个方面。 BIM 技术能够通过信息集成与可视化表达,提高设计精度,减少设计冲突,优化构件生产与现场施工衔接,并在提升施工效率、降低材料浪费、控制工程成本方面发挥积极作用。同时,参数化建模、智能化程序开发和 BIM 成本估算等研究进一步推动了装配式建筑向精细化、数字化和智能化方向发展。但 BIM 技术在实际应用中仍受到模型精度、平台协同、人员技术水平以及项目适用条件等因素影响。因此,继续发展 BIM 技术与装配式施工全过程的深度融合非常重要,完善数据协同机制和标准化应用流程,提升其在设计、生产、施工和管理各阶段的综合应用价值。

4. 结论

本文概述了装配式结构体系特征的施工技术、 BIM 在装配式施工技术中的应用在国内外的相关研究成果,说明了装配式建筑理论体系与技术框架研究,包括工业化建造理念的提出,现代信息化、智能化技术的融合应用等,得到如下结论:

(1) 装配式建筑在提升施工效率、节约资源、减少环境污染和促进建筑工业化方面具有显著优势,但在构件标准化程度、节点连接可靠性、施工精细化管理及全过程质量管理等方面仍存在一定不足。

(2) BIM 等数字化技术的引入为装配式建筑全生命周期管理提供了新的发展路径,但其应用效果仍受到模型精度、数据共享机制、人员技术水平和项目管理基础等因素影响,后续仍需进一步完善数字化协同管理体系。

(3) 总体来看,装配式建筑正朝着标准化设计、工业化生产和智能化运维方向持续发展,未来需进一步加强技术创新与完善管理体系,以实现高质量、可持续发展的目标。

参考文献

- [1] 纪先志,周广良.全预制装配式高层住宅楼的施工及质量控制[J].山西建筑,2013,39(18):72-75.
- [2] Cheng, F. (2017) Research on Construction Quality and Improvement of Assembly Construction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **94**, Article ID: 012092. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/94/1/012092>

- [3] Chen, X.G. and Jiang, Y. (2025) Research on Quality Control and Efficiency Improvement of Prefabricated Concrete Structures in High-Rise Building Construction. *Industry Science and Engineering*, **2**, 27-30. <https://doi.org/10.62381/i255905>
- [4] Ma, W.D. (2025) Improvement of Waterproof Performance at Joints of Prefabricated Concrete Components in Prefabricated Buildings and Construction Quality Control System Construction. *Academic Journal of Architecture and Geotechnical Engineering*, **7**, 95-101.
- [5] Chen, H., Wang, D., Lei, M. and Xu, C. (2025) Application of Prefabricated Building Construction Technology in the Construction Management of Construction Engineering. *International Core Journal of Engineering*, **11**, 143-149.
- [6] 陈凯, 黄立奎. 装配式混凝土住宅建筑工程施工技术研究[J]. 居舍, 2026(5): 65-68.
- [7] 李晓杰. 全预制装配式车站拼装工艺与防水注浆施工关键技术[J]. 铁道建筑技术, 2026(7): 150-154.
- [8] 韩昭, 张延兵. 灌浆套筒在装配式混凝土结构中的施工工艺[J]. 建材发展导向, 2026, 24(3): 91-93.
- [9] He, Z. (2026) Analysis of Construction Technical Points of Prefabricated Buildings. *Forum on Research and Innovation Management*, **4**, 40-42.
- [10] 白志强, 李安鑫. 装配式建筑施工技术的应用问题及改进措施[J]. 建设机械技术与管理, 2026, 39(1): 163-165.
- [11] 聂华, 田凯. 装配式构件深化设计及施工关键技术研究[J]. 砖瓦, 2026(4): 148-150.
- [12] 白松豪. 装配式项目预制构件的吊装施工与连接研究[J]. 中国建筑金属结构, 2026, 25(6): 64-66.
- [13] 孙清义. 装配式建筑房建施工关键技术研究[J]. 中国建筑装饰装修, 2026(6): 169-171.
- [14] Qi, B.K. and Li, C.F. (2014) Whole Life Cycle Management of Prefabricated Construction Research Based on BIM Technology. *Applied Mechanics and Materials*, **536**, 1705-1708. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.536-537.1705>
- [15] 舒欣, 张奕. 基于 BIM 技术的装配式建筑设计与建造研究[J]. 建筑结构, 2018, 48(23): 123-126, 91.
- [16] Liu, H., Sydora, C., Altaf, M.S., Han, S. and Al-Hussein, M. (2019) Towards Sustainable Construction: Bim-Enabled Design and Planning of Roof Sheathing Installation for Prefabricated Buildings. *Journal of Cleaner Production*, **235**, 1189-1201. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.055>
- [17] Yoo, M., Kim, J. and Choi, C. (2019) Effects of Bim-Based Construction of Prefabricated Steel Framework from the Perspective of SMEs. *Applied Sciences*, **9**, 1732. <https://doi.org/10.3390/app9091732>
- [18] Ji, Y., Qi, K., Qi, Y., Li, Y., Li, H.X., Lei, Z., et al. (2020) Bim-Based Life-Cycle Environmental Assessment of Prefabricated Buildings. *Engineering, Construction and Architectural Management*, **27**, 1703-1725. <https://doi.org/10.1108/ecam-01-2020-0017>
- [19] Bi, W.Z. (2021) Research on the Way of Prefabricated Building Information Sharing Based on Computer Software Bim. *Journal of Physics: Conference Series*, **1744**, Article ID: 022078. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1744/2/022078>
- [20] 马琦越, 史小右, 靳惠文, 等. BIM 技术在装配式建筑施工及运维阶段的应用[C]//《施工技术》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2023 年全国土木工程施工技术交流会论文集(中册). 北京: 中国建筑一局(集团)有限公司, 2023: 189-192.
- [21] 亢磊磊, 吕秋林, 屈芝茗, 等. 基于 BIM 的装配式建筑分析[J]. 中国建筑装饰装修, 2023(22): 118-120.
- [22] Li, S., Li, S., Hu, J., Shi, Y., Li, H., Chen, A., et al. (2023) Intelligent Modeling of Edge Components of Prefabricated Shear Wall Structures Based on Bim. *Buildings*, **13**, Article 1252. <https://doi.org/10.3390/buildings13051252>
- [23] Nguyen, D., Jeon, C., Roh, G. and Shim, C. (2024) Bim-Based Preassembly Analysis for Design for Manufacturing and Assembly of Prefabricated Bridges. *Automation in Construction*, **160**, Article ID: 105338. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105338>
- [24] Zhao, L. (2024) Research on the Bill of Quantities Pricing Model for Prefabricated Buildings Based on Bim. *Journal of Engineering Research and Reports*, **26**, 95-105. <https://doi.org/10.9734/jerr/2024/v26i121343>