

住宅工程装配式建筑施工技术运用策略探究

文 / 李奕 山东三箭建设工程股份有限公司

范子龙 山东三箭建设工程股份有限公司 (通讯作者)

摘要: 面对我国建筑业资源消耗大、环境污染严重、生产效率低下等问题,发展装配式建筑已成为行业转型升级的必然选择。装配式建筑是解决传统建造方式弊端的有效途径,能够满足国家建筑工业化和绿色发展双重要求,对实现“双碳”目标和保障民生住房品质具有战略意义。为了更好地发挥出装配式建筑施工技术的价值,就需要针对这一技术的具体应用策略做好研究和分析。本文针对住宅工程装配式建筑施工技术的应用价值以及当前住宅工程装配式建筑中存在的不足进行了分析,探究了住宅工程装配式建筑施工技术运用策略。

关键词: 装配式建筑; 住宅工程; 施工技术; BIM技术; 可持续发展

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.027

引言

随着我国城镇化进程的深入推进和人民生活水平的不断提高,住宅建设的质量、效率和环保要求日益提升。装配式建筑作为一种先进的建造方式,具有工业化生产、装配化施工、信息化管理、智能化应用的特点,成为推动建筑业转型升级的重要方向。相较于传统现浇方式,装配式建筑能够有效减少现场作业,提高建筑质量,缩短施工周期,降低环境影响,是实现建筑工业化和可持续发展的的重要途径。

一、住宅工程装配式建筑施工技术的应用价值

(一) 提高建筑效率与质量

在传统建筑行业面临转型升级的关键时期,装配式建筑以其显著的效率与质量优势脱颖而出。装配式建筑通过工厂化预制部件,实现了建筑构件的标准化生产和精确加工,为住宅工程注入了工业化的先进理念和技术支撑。与传统现浇施工相比,装配式技术在提高建筑效率与质量方面表现出独特的应用价值,值得深入探讨。

装配式技术显著提升了施工效率和工期控制能力,在传统施工中,工序间的依赖性强,必须按照基础、主体、装修的顺序依次进行,而装配式建筑则打破了这一限制。构件可在工厂与现场基础施工同步生产,主体结构安装完成后即可进行设备管线安装和内部装修,实现多工序并行作业。如图1所示,装配式建筑通过工序并行化大幅提高了施工效率。实践中,预制外墙板安装速度可达到每天300-400平方米,是传统砌筑墙体速度的3-4倍;叠合楼板安装效率可达每天800-1000平方米,相比现浇板施工速度提高约60%。通过工序优化和并行作业,总体工期可缩短30%-50%,大幅提高了建设效率和资金周转率。同时,工厂化生产环境可实施严格的质量管理体系,包括原材料检验、过程监控、成品检测等全流程质量控制措施,确保每个构件的材料配比、养护条件和力学性能严格符合设计要求。通过装配式技术,住宅工程施工质量一次验收合格率可提高至95%以上,大大降低了返工率和维修成本。

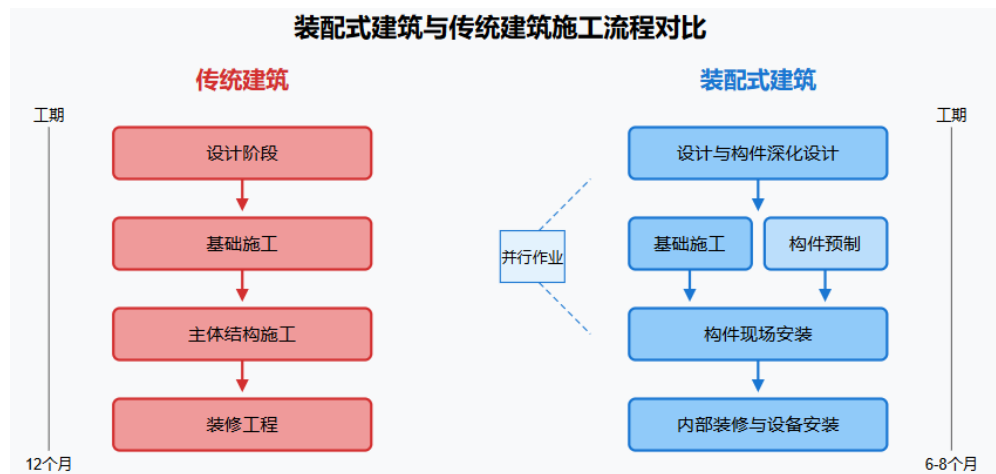


图1 装配式建筑与传统建筑施工流程对比示意图

(二) 推动绿色可持续发展

在全球气候变化日益严峻和国家“双碳”战略深入推进的背景下,建筑业作为能源消耗和碳排放的重要领

域,亟需转变传统高耗能、高污染的生产方式。装配式建筑以其绿色环保特性,正日益成为推动建筑业可持续发展的重要路径,其环保价值在住宅工程中尤为显著。

从资源节约角度看，装配式建筑实现了建材的高效利用和循环使用。在工厂环境中，预制构件生产可通过精确计算和数字化控制，将混凝土、钢材等原材料的用量控制在最优范围内。例如，采用精确浇筑工艺的预制梁板，混凝土用量可比现场浇筑减少 8%-12%；采用 BIM 技术进行预制构件设计优化，钢筋用量可节约 5%-10%。同时，预制构件的模具可重复使用数百次，大幅减少了木模板等一次性材料的消耗。构件运输可采用可折叠专用架具，一次运输后可回收再利用，进一步提高了物流效率和资源节约效果。更重要的是，在建筑拆除时，标准化的预制构件便于拆分和再利用，实现了建材的全生命周期管理，比传统建筑减少约 60% 的建筑垃圾。在环境保护方面，装配式建筑显著减轻了施工过程对生态环境的负面影响。传统湿作业产生的扬尘是城市 PM2.5 的主要来源之一，而装配式建筑将 80% 以上的湿作业转移至工厂内进行，通过封闭生产和除尘系统，有效控制了粉尘排放。现场装配过程主要是机械化吊装和干式连接，减少了噪音污染和废水排放。装配式建筑与传统建筑环境影响对比如表 1 所示。

表 1 装配式建筑与传统建筑环境影响对比

影响指标	传统建筑	装配式建筑	改善比例
建筑垃圾产生量 (kg/m ²)	60-80	20-30	约 60%
施工用水量 (t/m ²)	1.2-1.5	0.8-1.0	约 30%
能源消耗 (kWh/m ² ·年)	120-150	90-110	约 25%
施工噪声 (dB)	85-95	70-80	约 15%
CO ₂ 排放量 (kg/m ²)	900-1100	650-800	约 28%

二、当前住宅工程装配式建筑中存在的不足

(一) 技术标准不完善

装配式建筑作为一种新型建造方式，虽然在近年来得到快速发展，但仍面临诸多制约因素，其中技术标准不完善与产业链协同不足成为当前住宅工程装配式建筑推广应用中的主要障碍，这些问题不仅影响了装配式建筑效益的发挥，也在一定程度上制约了行业的健康有序发展^[1]。从技术标准角度看，当前我国装配式建筑标准体系存在明显不足，现有的技术标准覆盖不全面和部分关键技术环节缺乏明确规定。例如，针对不同构件类型的连接节点构造、结构性能要求、质量验收标准等方面的技术参数不够具体，导致设计和施工单位只能依靠经验判断，缺乏统一的技术依据。其次，标准之间协调性不足，不同层级、不同专业的标准存在不一致甚至矛盾的情况。如预制外墙板在建筑、结构、保温、防水等不同专业标准中的规定不同，设计和施工时难以同时满足多方要求，增加了技术实施的难度。此外，各地区标准执行不一致，部分地区缺乏针对性的实施细则，造成同一技术在不同地区的应用效果差异较大。

(二) 成本控制与专业人才缺乏问题

装配式建筑前期投入较大，包括工厂建设、模具购置、技术研发等固定资产投入，以及构件运输成本高于传统建筑。据统计，目前装配式住宅的综合成本比传统建筑高 10%-15%，成为推广应用的主要障碍。另外，装配式建筑对设计师、工程师和施工人员的专业技能要求较高，而当前专业人才培养体系尚不健全，导致专业人才短缺，影响技术推广和质量保障。成本控制难点主要包括工厂及设备投资成本高，分摊到单位建筑面积的费用大；同时预制构件的运输成本高，特别是在交通不便的地区。装配式建筑各环节成本占比及与传统建筑的差异如表 2 所示。除此以外，该技术的运营过程中还存在着人才缺乏问题。当前高层次研发人才不足，制约技术创新，并且中层技术和管理人才也存在缺乏的问题，影响产业链整合。同时还有一线操作人员技能水平不高，导致施工质量不稳定。装配式建筑与传统建筑成本构成对比如表 2 所示。

表 2 装配式建筑与传统建筑成本构成对比

成本项目	传统建筑占比 (%)	装配式建筑占比 (%)	差异 (百分点)
设计费用	3-5	5-8	+2-3
材料成本	55-60	50-55	-5
构件生产	-	15-20	+15-20
人工费用	20-25	10-15	-10
机械设备	5-8	8-10	+3-2
运输物流	3-5	6-8	+3
现场施工	10-12	5-7	-5
管理费用	4-6	6-8	+2

三、住宅工程装配式建筑施工技术运用策略

(一) 完善标准体系与技术规范

标准体系是装配式建筑健康发展的基础保障，完善的技术规范能够有效解决当前住宅工程装配式建筑中存在的技术混乱、质量不稳等问题。针对现阶段标准不足的困境，应从系统构建和重点突破两个维度推进标准体系建设，为装配式建筑提供全面的技术支撑。建立系统完整的装配式建筑标准体系是首要任务，这一体系应当涵盖设计、生产、运输、施工、验收、运维全生命周期，形成纵向衔接、横向协调的标准网络^[2]。政府部门应打破部门壁垒，统筹建设、住房、工信等多部门资源，构建国家标准、行业标准、地方标准和企业标准的四级标准架构。国家标准重点规范基本技术要求和通用接口，如《装配式混凝土建筑技术标准》应明确构件分类、连接方式、结构性能等基础内容；行业标准侧重于细化专业领域技术规定，如建立预制构件尺寸协调标准，规定模数化设计原则，确保不同生产厂家构件的互换性；地方标准则应结合区域特点，针对不同气候区、地震区制定差异化技术导则，例如严寒地区应重点规范保温连接节点构造，多雨地区应强化接缝防水技术要求；企业标

准则鼓励创新性探索,推动新材料、新工艺的规范应用。同时重点领域标准的完善需要突破几个关键环节,在预制构件设计与生产标准方面,应建立统一的构件分类编码体系和信息模型,制定标准化设计图集,规范墙板、楼板、阳台、楼梯等常用构件的尺寸规格和接口形式,使设计人员有章可循。在施工与安装标准方面,应细化构件存放、吊装、连接、灌浆、密封等关键工序的操作规程和质量要求,建立可量化的检验标准。同时在评价标准方面,应建立装配率、节能率、环保指标等多维度的评价体系,引导企业全面提升装配式建筑品质。

(二) 强化信息技术与 BIM 应用

信息技术的高效运用是提升装配式建筑竞争力的重要手段,其中 BIM 技术作为建筑行业数字化转型的核心工具,能够有效解决装配式建筑面临的信息割裂、协同不足等问题。强化信息技术与 BIM 应用,需要从全生命周期视角构建一体化的信息管理平台,实现装配式建筑各环节的数据互通和智能决策。在设计阶段, BIM 技术能够彻底改变传统的设计思路和方法。应采用参数化设计方法创建装配式构件库,预先设定墙板、叠合板、楼梯等常用构件的参数关系和几何约束,使设计人员能够快速调整尺寸和性能参数,自动生成符合设计规范的构件模型。例如,针对预制外墙板,可通过参数化设置预埋件位置、开洞尺寸、保温厚度等参数,当建筑设计变更时,相关构件能够自动更新,避免了传统二维设计中的协调错误^[3]。同时,应运用构件拆分功能,将整体建筑模型自动划分为可预制的单体构件,并生成构件编码、深化设计图和加工图,设计效率可提高 50% 以上。此外,通过结构分析与优化模块,可对构件受力状态进行模拟,优化构件形状和配筋方案,节约材料用量 5%-10%。在生产环节, BIM 模型应与工厂生产系统深度融合。通过建立 BIM 与 ERP、MES 等生产管理系统的接口,实现设计信息向生产指令的自动转换。在实际的施工中可将 BIM 模型中的构件信息自动生成加工数据包,直接输入到数控设备,指导模具制作、钢筋加工和混凝土浇筑等工序,显著提高生产精度。在生产管理方面,可基于 BIM 构建构件生产进度管理系统,实现生产计划优化、资源合理配置和质量实时监控,降低生产成本 8%-12%。同时,应开发基于 BIM 的构件质量检测系统,通过 3D 扫描等技术将实际构件与设计模型进行比对,确保构件尺寸和预埋件位置精确符合设计要求。在施工阶段, BIM 技术能够显著提升现场装配效率和质量。应建立基于 BIM 的施工模拟系统,在虚拟环境中预演整个装配过程,识别并解决潜在的碰撞冲突和施工难点。在构件安装过程中,可采用增强现实技术,将 BIM 模型投射到实际施工场景,指导施工人员准确定位和安装构件,安装精度可提高 60% 以上。

(三) 成本优化与精益化管理策略

成本问题一直是制约装配式建筑推广的关键因素,需要通过系统性优化和创新性管理来突破这一瓶颈。装配式建筑虽然前期投入较大,但通过精细化管理和全过程成本控制,完全可以实现长期经济效益的最大化。从设计源头入手,应强化标准化设计理念,提高构件复用率。通过模数化设计和构件族优化,减少非标准构件数量,有效降低模具制作成本和生产复杂度。将预制构件种类控制在 20 种以内,可使生产效率提高 30% 以上。同时,应采用整体优化的设计思路,对预制率、预制构件尺寸和数量进行综合平衡,避免盲目追求高预制率而忽视经济性。在生产环节,推行精益生产管理是降低成本的有效途径。通过优化工厂布局和生产线设计,减少物料搬运距离和中间环节,提高设备利用率。建立科学的成本核算体系,精确分析各工序成本构成,找出关键控制点。同时,引入智能制造技术,实现质量控制与成本管理的数字化转型,使单位构件生产成本逐年下降 15%-20%。在运输和施工环节,应构建高效的物流配送体系,通过优化运输路线和装载方式,提高车辆满载率,降低单位构件的物流成本。采用项目化管理模式,通过精确排产、配送与安装计划的协同,减少现场堆放和二次搬运,实现“生产一批、运输一批、安装一批”的高效装配流程。

结语

住宅工程装配式建筑施工技术是建筑业转型升级和可持续发展的重要方向。尽管当前在技术标准、产业链协同、成本控制和人才培养等方面还存在一些不足,但通过完善标准体系、强化信息技术应用、创新连接节点与施工工艺以及培养专业人才等策略,可以有效推动装配式建筑技术的发展和應用。随着相关政策的完善和技术的进步,装配式建筑将在提高建筑质量、缩短施工周期、节约资源能源、减少环境污染等方面发挥越来越重要的作用,为我国建筑业的转型升级和可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] 许雅楠. 住宅工程中的装配式建筑施工技术质量控制研究[J]. 产品可靠性报告, 2024, (03): 79-80.
- [2] 蔺亚斌. 装配式建筑工程钢结构施工技术和管理策略研究[J]. 建材发展导向, 2023, 21(12): 151-153.
- [3] 陈乙铭, 施文茂, 詹忠院, 江本胜. 装配式建筑施工技术在住宅工程中的应用研究[J]. 居舍, 2023, (14): 84-87.
- [4] 马学聪. 住宅工程中装配式建筑施工技术的应用研究[J]. 居舍, 2023, (13): 159-162.

作者简介: 李奕, 男, 1986 年 9 月, 汉族, 山东济南人, 本科, 中级工程师; 研究方向: 建筑工程。

通讯作者: 范子龙, 男, 1988 年 11 月, 汉族, 山东济南人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 建筑工程。