

# 装配式建筑施工技术的创新研发及其多元化应用研究

肖 鑫

齐翔建工集团有限公司 黑龙江齐齐哈尔 161005

**摘 要:** 本文探讨了装配式建筑施工技术的创新研发及其多元化应用,旨在解决传统建筑方式存在的资源消耗大、环境污染严重、施工效率低等问题,推动装配式建筑施工技术向标准化、绿色化、智能化、协同化方向发展。

**关键词:** 装配式建筑; 预制构件; 标准化施工

## 1. 研究背景

传统建筑方式存在资源消耗大、环境污染严重、施工效率低等问题,无法满足现代社会对建筑高效、环保、可持续发展的需求。装配式建筑,通过工厂化生产、现场装配,为建筑行业转型升级提供新方向。这种方式缩短施工周期,减少现场湿作业和建筑垃圾,减轻环境污染,提升建筑质量和施工安全性。

尽管装配式建筑在我国取得一定成果,但在推广和应用中仍面临技术瓶颈和挑战,如构件生产精度、运输安装衔接、节点连接可靠性、防水防火性能提升等问题,需通过研究和开发先进施工技术解决。

### 1.1 目的与意义

创新装配式建筑施工技术可解决技术难题,提升施工效率和质量,推动其广泛应用。多元化应用拓展了建筑类型和功能,促进建筑行业可持续发展。

优化施工技术提高预制构件精度和质量稳定性,减少误差和质量通病;改进节点连接技术增强建筑结构整体性和可靠性,提升建筑性能,提供更安全、舒适、耐用的建筑产品。

通过工厂前置施工工作,减少现场湿作业和交叉作业,加快施工进度,缩短工期,提高资金周转效率,为建设单位带来更大经济效益。

减少施工现场污染物产生,工厂化生产规范废弃物处理,有利于环境保护和生态平衡,改善城市环境质量,提高居民生活品质。

装配式建筑施工技术推动建筑行业转型升级,从传统生产方式向技术密集型、集约型转变,提高建筑行业整体竞争力,实现产业转型升级。

## 2. 装配式建筑施工技术概述

### 2.1 装配式建筑的特点

装配式建筑在施工效率、质量、资源利用和环保方面具有独特优势。

施工效率方面,工厂预制的主体构件可快速组装,缩短施工周期。与传统建筑相比,工期可缩短30%~50%。质量方面,工厂化生产的构件提高了施工质量,减少了质量通病,提高了安全等级、防火性和耐久性。现场组装采用标准化连接方式,确保建筑整体质量。

资源利用方面,装配式建筑采用标准化生产,材料利用率高,减少材料浪费。施工现场湿作业减少,降低了水资源消耗。构件生产模具可重复使用,降低了周转材料浪费,实现了资源优化配置。

环保方面,装配式建筑减少施工现场的污染物产生,工厂集中处理废弃物,减少环境污染。

装配式建筑设计灵活,模块化理念适应不同需求和场地条件。后期扩建或改造简单,成本低,适应社会发展和用户需求变化。

### 2.2 装配式建筑施工技术体系

构件生产技术是装配式建筑的基础,模具技术是确保构件精度和尺寸稳定性的关键。高精度钢模具可实现精确控制,减少误差;数控加工技术制造的模具尺寸精度可控制在 $\pm 1\text{mm}$ 以内,保证生产质量。

材料选择与处理技术对构件质量至关重要。选用高强度、低收缩水泥和级配良好的骨料,提高混凝土强度和耐久性。严格检验和预处理原材料,如清洗、筛分砂石,去除杂质。添加外加剂改善混凝土工作性能,如使用减水剂提高流动性。

数字化设计与制造技术在构件生产中发挥重要作用。利用 CAD 和 CAM 技术,实现构件三维建模、虚拟装配和自动化生产。CAD 软件直观展示构件形状、尺寸和内部结构,便于优化设计。结合 CAM 技术,实现自动化加工,提高生产效率和产品质量。

连接技术是装配式建筑的核心,影响建筑结构整体性和稳定性。钢筋连接技术在装配式混凝土结构中至关重要。灌浆套筒连接通过钢筋插入套筒并注入灌浆料,形成可靠连接。智能灌浆设备实时监测压力和流量,保证灌浆均匀性和饱满度。焊接连接和螺栓连接是装配式钢结构中常用方式。焊接连接具有高连接强度和密封性,但要求高焊接工艺和技能。螺栓连接安装方便、可拆卸,需严格控制拧紧力矩,确保可靠性。

吊装技术是装配式建筑现场组装的关键。根据构件重量、尺寸和安装高度等因素,选择起重机类型和型号。对于大型预制构件,选用大型塔式起重机或履带式起重机进行吊装。吊装前,对构件进行编号和定位,制定详细吊装顺序和路线,减少碰撞和调整时间。采用吊具、平衡梁等辅助设备,确保平稳起吊和准确就位。利用 BIM 技术和物联网技术,实时监控和管理吊装过程,提高作业安全性和可靠性。

### 3. 装配式建筑施工技术的技术创新方向

#### 3.1 智能化与自动化技术应用

传感器技术在监测施工过程中扮演重要角色。在构件生产中,压力和温度传感器确保混凝土浇筑质量;运输中,位移和振动传感器预防构件损害。

施工现场,环境传感器提供实时数据以保障施工质量,而塔吊等设备上的传感器则预防安全事故。

焊接机器人在构件连接中展现优势,提高焊接速度和质量,增强建筑结构的整体性和可靠性。

安装机器人根据设计图纸精确安装预制构件,配备视觉识别和定位系统,实现高效精准的自动化安装。

#### 3.2 新材料研发与应用

新型建筑材料如高性能混凝土,因其高强度、耐久性及卓越工作性能,为装配式建筑提供了更好的构件承载能力和稳定性。此外,高性能混凝土的抗渗性和抗冻性也增强了建筑的防水和耐久性。

纤维增强复合材料以其轻质、高强、耐腐蚀等特性,在装配式建筑中减轻了结构自重,提高了抗震性能,并通过

可设计性优化材料性能,满足不同工程需求。

新型保温隔热材料如真空绝热板和气凝胶保温材料,显著提升了装配式建筑的节能性能,减少了热量传递,降低了能耗,为用户提供舒适室内环境,推动建筑向高质量、节能、环保方向发展。

#### 3.3 数字化技术融合

BIM 技术在装配式建筑全生命周期中实现了高效管理和协同,通过三维可视化模型优化设计,提高设计效率和质量。在生产环节,BIM 技术与生产管理系统连接,实现数字化控制,优化模具设计,提升生产精准度。施工阶段,BIM 技术提供详细施工指导,通过 4D 施工模拟动画和移动应用端,实现信息实时共享,提高施工效率和协同性。BIM 技术的全周期应用有效提升了项目管理水平、协同效率,降低了成本,提升了建筑质量和性能。

### 4. 装配式建筑施工技术的多元化应用

#### 4.1 住宅领域的应用

##### 4.1.1 保障性住房建设

深圳市福田区梅林路 6 号的保障性住房项目,采用中建海龙的 C-MiC 体系,展示了装配式建筑在保障性住房建设中的优势。该项目通过高效的模块化施工,建筑分为 800 个模块,工厂内完成大部分工序,现场仅需吊装和拼接。这种施工方式比传统方法更快,预计 2025 年 6 月竣工,及时满足了城市中低收入群体的住房需求。

在成本控制方面,工厂化生产降低了人工和材料成本。先进的生产设备和工艺提高了效率,降低了构件成本。与传统建筑相比,该项目在保证住房质量的同时,降低了建设成本,提高了资金效率,实现了更多住房供应。

##### 4.1.2 商品住宅开发

工厂化生产确保了装配式建筑构件的质量和精度,标准化生产环境和严格质量检测有效控制了尺寸偏差和质量缺陷。预制混凝土和钢结构构件的高质量提升了结构安全性和稳定性,BIM 技术优化了空间布局和功能分区,提高了舒适性和实用性。装配式装修技术减少了现场湿作业和污染,提高了装修质量和效率,确保了高品质交付。

施工速度快,缩短了开发周期,加快了资金回笼。

环保节能特点满足了绿色住宅需求,新型材料和节能设备降低了能源消耗,减少了环境影响,提高了性价比和市场吸引力。高品质和绿色环保形象提升了开发商品品牌形象和

市场美誉度,增强了市场竞争力,吸引更多消费者选择装配式商品住宅。

#### 4.2 公共设施领域的应用

##### 4.2.1 医院建筑

建德一院二期项目是装配式建筑在医院建设中的典范,展示了其优势。项目位于建德市,总建筑面积 79,900 平方米,采用钢结构装配式建造,装配率高。该项目主体结构仅耗时不到 6 个月,缩短了建设周期,对医院快速投入使用至关重要。

装配式建筑在功能需求满足方面表现优秀,具有轻质高强、节能环保等优势,能承受较大荷载,满足医院复杂功能布局和设备安装需求。工厂化生产的钢构件质量可靠,有效控制质量缺陷,提高医院建筑整体质量和安全性。

##### 4.2.2 学校建筑

装配式建筑在学校建设中具有重要价值,有助于保障教学环境和施工安全。其设计灵活,可根据学校需求和场地条件个性化定制,实现多样化布局,提供舒适便捷的教学空间。此外,装配式建筑具备良好的保温、隔热和隔音性能,为师生创造安静舒适的学习环境。

装配式建筑的工厂化生产和现场组装方式降低了施工安全风险。工厂生产环境稳定,安全措施完善,减少了安全事故。现场组装采用机械化作业,减少了人工操作危险。施工周期短,减少了安全管理时间和难度,提高了施工安全保障。某学校项目中,采用先进设备和安全措施,确保了施工安全和建设进度。

滨州市推广钢结构装配式建筑,增强校舍抗震防灾能力。钢结构建筑抗震性强,保护师生生命安全。设计中考虑抗震要求,采用合理结构和连接方式,提高抗震性能。装配式建筑还实现了装饰装修与主体结构、机电设备施工一体化,推广节能环保材料和高性能门窗,为师生创造健康、舒适、高效的教学环境。

#### 4.3 商业领域的应用

##### 4.3.1 购物中心与商场

以松江印象城为例,该项目总建筑面积约 14 万平方米,集多功能于一体。设计上,采用模块化理念,将建筑分为多个模块,如商业店铺、餐饮区、娱乐设施等,可灵活组合以适应不同需求。这种设计使得商场布局调整变得简单,提高了运营效率和适应性。

施工方面,装配式建筑的快速建造优势使项目提前开业。预制构件在工厂标准化生产,保证质量,现场通过吊装设备快速组装,缩短了施工周期约 20%。这不仅加快了商场运营,抢占市场先机,还降低了运营成本,提高了资金回笼速度,增强了经济效益和竞争力。

##### 4.3.2 办公楼宇

装配式建筑在办公楼建设中具有重要价值,满足空间需求并实现智能化集成。其灵活性和可定制性为设计和布局提供更多可能性。模块化设计允许根据需求定制构件,实现空间多样化和个性化。例如,通过装配式技术,办公楼可实现灵活空间设计,预制隔墙可灵活调整布局,满足不同企业需求,提高空间利用率。

装配式建筑还能与智能化系统集成,提升办公楼智能化水平。在智能办公楼项目中,预制构件内预埋智能化设备管线和接口,实现快速安装和无缝对接。智能化控制系统实时监测和调控环境,如自动调节照明和通风,提高舒适度和能源效率。物联网技术远程监控设备,提升运行效率和维护便利性,为企业提供高效办公环境,增强办公楼市场竞争力。

### 5. 装配式建筑施工技术应用面临的挑战与应对策略

#### 5.1 面临的挑战

(1) 技术标准不完善:装配式建筑技术标准存在不足,影响其发展。构件接口缺乏统一规范,导致施工难度增加和误差风险提升。不同地区标准差异大,影响建筑质量和企业成本。节点连接技术标准不完善,新型连接技术缺乏详细规范,影响施工质量。

(2) 专业人才短缺:装配式建筑行业正面临专业人才短缺,估计缺口达 100 万人。高校未培养相关后备人才。装配式建筑设计需考虑多方面因素,与传统设计不同,需具备专业知识和经验的人才。但这类人才稀缺,设计人员对装配式建筑理念和方法掌握不足,难以设计出经济合理、便于施工的方案。装配式建筑施工需精准掌握预制构件吊装、连接及灌浆等技能,以确保施工流程和谐高效。但多数施工人员来自传统建筑领域,对装配式建筑技术不熟悉,缺乏操作技能和经验,导致施工中易出现不规范和质量不达标问题。

装配式建筑项目管理涉及多个环节,需具备综合管理能力和装配式建筑专业知识的管理人员。但现有管理人员大多不了解装配式建筑全产业链,难以进行有效统筹管理和协调。

(3) 产业链协同不足: 装配式建筑产业链各环节协同困难, 影响项目实施。设计与生产环节中, 设计未充分考虑生产工艺, 导致生产中设计方案难以实现, 增加成本和周期。生产单位若反馈设计问题不及时, 也会导致频繁变更, 影响进度。

生产与运输环节缺乏有效沟通协调, 导致运输单位无法及时获取构件信息, 影响运输安排。

运输与施工环节不匹配, 导致构件无法及时安装, 增加管理成本; 施工单位若准备不足, 增加运输成本。施工现场工种间协同不足, 影响施工效率和质量。

(4) 成本控制难题: 装配式建筑前期成本较高, 主要由于模具和运输成本。模具成本高是因为标准化程度低, 设计复杂, 需定制多种模具, 且通用性差, 重复利用率低。运输成本高是因为预制构件体积大、重量重, 需要专用设备, 效率低, 且距离增加运输成本。人力成本方面, 装配式建筑施工需要专业技术人员和队伍, 人工成本高于传统建筑。规模化生产未形成, 企业在原材料和构配件采购上难以获得规模效应, 也增加了成本。

## 5.2 应对策略

### 5.2.1 完善技术标准体系

为解决装配式建筑技术标准不完善问题, 需制定涵盖关键领域的国家技术标准, 包括构件接口、节点连接等。明确构件接口参数, 确保构件通用性和互换性, 减少施工误差, 提高效率。对节点连接技术, 规定灌浆料性能、工艺流程及质量检测方法, 制定统一质量验收标准, 确保节点质量可靠。

鼓励行业协会、科研机构等参与标准制定, 广泛吸纳意见, 确保标准科学合理且实用。加强地方标准指导与协调, 建立衔接机制, 缩小地区差异。定期修订技术标准, 适应技术发展。完善标准体系, 为装配式建筑提供明确依据, 促进行业规范化、标准化发展。

### 5.2.2 加强人才培养与引进

高校在人才培养中应增设装配式建筑课程, 如设计原理、构件生产、施工技术, 与企业合作建立实习基地, 让学生参与实际项目, 积累经验。例如, 某高校与多家企业合作, 学生实习参与预制构件全流程, 毕业后能快速适应工作。

职业培训对建筑行业人员至关重要, 应提供装配式建筑施工技术和管理培训, 内容涵盖吊装操作、节点连接工艺、项目管理等。采用线上线下结合方式, 对合格者颁发证书,

作为资质证明。

引进装配式建筑领域高端人才和团队, 制定优惠政策吸引人才, 如住房补贴、科研资金、良好工作环境。鼓励企业与高校、科研机构人才交流与合作, 建立高素质装配式建筑人才队伍, 为行业发展提供人才支持。

### 5.2.3 强化产业链协同合作

建立装配式建筑产业联盟有助于产业链的协同合作。联盟成员包括设计、生产、运输、施工等企业, 旨在共同制定发展目标和规范, 加强沟通协作。联盟通过定期技术交流和项目对接活动, 促进信息共享和资源优化。技术交流会议允许设计和生产单位交流最新理念和生产问题, 共同寻找解决方案。

推行工程总承包(EPC)模式, 由总承包商负责设计、采购、施工全过程, 实现各环节深度融合。总承包商合理安排各环节进度, 确保项目顺利。深化产业链企业间战略合作, 建立紧密长期关系。设计和生产单位签订战略合作协议, 设计阶段考虑生产工艺, 生产单位提供高质量预制构件。强化产业链协同合作, 提升项目实施效率和质量, 降低成本, 促进装配式建筑产业健康发展。

### 5.2.4 优化成本控制措施

设计阶段引入价值工程, 优化建筑结构设计, 减少预制构件种类和数量, 提高标准化和通用性, 降低模具成本。优化结构方案, 统一构件尺寸, 减少模具定制, 提高复用率。

推动装配式建筑规模化生产, 政府出台政策鼓励建设大型生产基地, 提高生产效率。某企业扩大规模实现自动化, 生产成本降低 15%。

规划运输路线, 运用物流软件制定最优路线, 减少里程和时间, 降低成本。选择合适运输工具, 提高运输效率。优化成本控制, 降低装配式建筑成本, 提高市场竞争力, 促进其广泛应用。

## 6. 结论与展望

### 6.1 研究总结

本文全面分析了装配式建筑施工技术应用, 装配式建筑施工技术在工期、质量、安全、经济和环境效益方面表现突出, 但面临技术标准、人才、产业链协同和成本控制等挑战。提出了相应的应对策略, 为建筑发展提供保障。

本文的研究为装配式建筑发展提供了理论和实践经验, 对推动建筑行业绿色可持续发展具有重要意义。

## 6.2 未来发展趋势展望

装配式建筑施工技术将向标准化、绿色化、智能化、协同化发展。智能化涉及建筑机器人、无人机等设备在关键环节的应用,实现施工精准控制和高效管理。实时监测技术将提升建筑安全性和可靠性。绿色化趋势下,新型环保材料如可再生和可降解材料将被广泛使用,减少能源消耗和环境影响。施工中将强调节能减排,利用太阳能、风能等清洁能源。产业链协同化将加强,设计、生产、运输、施工等环节将通过信息化平台实现无缝对接,提高项目效率和质量。装配式建筑将对建筑行业高质量、可持续发展起到重要作用。

### 参考文献:

[1] 邵建林. 新型预制装配式住宅建筑施工技术探析 [J].

工程技术引文版 2017 ( 1 ) : 157.

[2] 高越旭. 新型预制装配式住宅建筑施工技术浅析 [J]. 工程技术: 全文版, 2017 ( 3 ) : 109.

[3] 李捷. 预制装配式住宅建筑施工技术探析 [J]. 建材与装饰, 2017 ( 7 ) : 28.

[4] 王虎. 装配式建筑施工技术开发与应用 [J]. 建筑技术开发, 2019, 46(16): 36-37.

### 作者简介:

肖鑫 (1990-11), 女, 汉族, 黑龙江省讷河市人, 建筑工程师 (职务: 项目经理), 本科, 研究方向: 装配式建筑施工