

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,增强了经济效益和市场竞争力。

4.3.2 办公楼宇

装配式建筑在办公楼建设中的重要价值,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