

装配式建筑施工技术的创新发展与质量控制研究

许张平

湖北通竣建设工程有限公司 湖北武汉 241000

摘 要：装配式建筑作为建筑工业化和绿色建造的重要方向，近年来在我国政策推动与市场需求驱动下呈现出快速发展的态势。与传统现浇施工方式相比，装配式建筑在工期缩短、资源节约、环境友好及质量可控等方面具有显著优势。然而，在推广应用过程中仍存在设计标准不统一、施工装配精度要求高、运输与吊装环节复杂、构件质量波动及后期维护体系尚不完善等问题。研究表明，数字化技术、BIM 平台、智能传感与大数据分析的深度融合，不仅推动了装配式建筑施工工艺的革新，也为全生命周期质量管控提供了新思路与新工具。本文结论对促进装配式建筑施工技术的可持续发展、提升工程建设质量水平具有重要的理论价值与实践指导意义。

关键词：装配式建筑；施工技术；质量控制；BIM；智能化管理

1. 引言

近年来，建筑业面临着资源紧张、环境压力和劳动力成本上升的多重挑战。装配式建筑作为建筑工业化的重要组成部分，能够通过标准化设计、工厂化生产、模块化装配以及信息化管理，显著提升施工效率与工程质量，符合我国“绿色建筑”和“双碳”战略的发展目标。尽管装配式建筑在政策支持下发展迅速，但从施工技术层面仍存在诸多制约因素。例如，构件连接节点的设计可靠性、现场装配的精度控制、施工过程的信息化管理与质量追溯体系尚不完善。本文旨在系统分析装配式建筑施工技术的创新发展趋势，并提出科学合理的质量控制对策，以期为行业实践提供理论依据和技术支持。

2. 装配式建筑的发展背景与技术特征

装配式建筑在国际范围内已有较长历史。二战后，欧洲因住房短缺而大规模推广预制装配式住宅体系，形成了以板式结构为主的建筑类型。我国在 20 世纪 50—70 年代亦曾大规模采用预制构件建造住宅，但因工艺落后、质量问题频发而逐渐衰退。进入 21 世纪，伴随产业升级与政策支持，装配式建筑在住宅、公共建筑和市政工程等领域重新兴起。2016 年《国务院办公厅关于大力发展装配式建筑的指导意见》明确提出，到 2025 年全国装配式建筑面积占新建建筑的比例达到 30% 以上，为产业发展奠定了政策基础。与传统施工模式相比，装配式建筑具有以下技术特征：第一，构件生产标准化，通过工厂化流水线生产确保质量一致性；第

二，施工过程装配化，大量工序由现场“湿作业”转为“干作业”，大幅减少工期；第三，管理过程信息化，BIM 与物联网技术广泛应用于施工模拟、进度控制和质量追溯；第四，运行阶段绿色化，装配式建筑普遍具有较好的节能性能与可持续性。这些特征决定了装配式建筑的推广不仅是施工方式的改变，更是建筑产业现代化的系统性变革。

3. 装配式建筑施工技术的创新发展

3.1 构件生产运输与现场装配工艺的创新

装配式建筑施工的核心环节在于构件的生产、运输和装配。构件生产阶段的技术进步，为后续施工质量与效率奠定了坚实基础。传统人工浇筑与模具工艺难以满足大规模标准化需求，常存在尺寸偏差、表面缺陷与一致性不足等问题。随着自动化生产线、智能模具和机器人作业的普及，构件精度显著提升，混凝土密实度与钢筋定位准确度得到有效保障。同时，数字孪生技术的引入，实现了设计模型与生产过程的全流程映射，使构件的配筋、预埋件与节点位置可在虚拟环境中实时校核，从源头避免质量隐患。运输环节则由传统的普通车辆逐渐转向配备智能支撑与姿态监测的专用运输车，结合 GPS 与动态监控系统，有效降低了运输过程中的磕碰与安全风险，确保大体积构件能够高效、安全抵达施工现场。

在现场装配过程中，构件吊装与节点连接是影响整体结构性能的关键。近年来，干式连接、套筒灌浆与钢结构螺栓连接等工艺不断优化，既提升了装配效率，也增强了结构

的整体性与耐久性。为了实现毫米级安装精度,施工现场广泛应用三维激光扫描、全站仪与无人机监测,实现了构件定位与拼装的高精度控制。部分先进项目还引入了智能吊装机器人与自动焊接设备,代替传统高风险、高强度的人工操作,不仅提高了作业效率,也大幅降低了安全事故的发生率。总体来看,构件生产运输与现场装配工艺的持续创新,推动了装配式建筑逐步由依赖熟练工向标准化、机械化和规模化方向发展。

3.2 信息化与智能化融合的施工模式变革

在施工工艺不断优化同时,信息化与智能化技术的深度融合正重塑装配式建筑的施工模式。BIM 技术已成为行业的核心工具,通过三维建模、施工仿真和冲突检测,能够在施工前发现潜在问题并优化资源配置,从而避免因设计矛盾或工序干扰带来的返工与延误。更为重要的是,BIM 平台在施工阶段与物联网、传感器网络深度结合,使工程实现了全方位可视化与实时监控。施工现场安装的应力传感器、灌浆强度检测仪与环境监测系统,能够实时采集关键数据,并通过 AI 算法进行大数据分析,形成智能预警与动态决策机制。例如,系统可以预测构件受力的异常趋势或节点灌浆的强度不足,提前发出风险提示,帮助管理人员采取预防性措施。

此外,边缘计算与大数据技术的引入,使施工现场具备了局部快速处理与即时响应的能力,避免了因数据传输延迟造成的风险。施工过程也逐渐实现由经验驱动向数据驱动的转变,管理模式从“事后检查”演进为“事前预警”与“过程控制”。在这一模式下,施工人员能够基于实时数据优化工序安排,管理层则通过可视化平台实现对工期、成本与质量的统筹调度,从而提高工程整体运行效率。可以说,信息化与智能化的深度融合,不仅提升了施工过程的透明度与可控性,也为装配式建筑全生命周期的质量追溯与运维管理奠定了基础,标志着行业正迈入智慧建造的新阶段。

表 1 传统施工与装配式建筑施工模式的对比

对比维度	传统施工模式	装配式建筑创新施工
施工效率	工序繁杂,受气候影响大,工期较长	工厂预制+现场装配,工期缩短 30%—50%
施工精度	依赖人工经验,误差较大	激光扫描、BIM 模拟,毫米级精度控制
工程质量	质量波动大,节点隐患多	自动化生产+多样化连接,质量稳定可靠
管理方式	以经验驱动,质量追溯困难	BIM+物联网+AI,数据驱动、全程可追溯
安全性	人工作业风险高,事故率偏高	智能吊装与机器人作业,安全性大幅提升

4. 装配式建筑施工质量控制体系

4.1 设计与生产阶段的质量控制

质量控制的核心在于“事前预防”,而装配式建筑的特殊性决定了设计与生产阶段是质量管理的关键环节。设计阶段不仅需要满足建筑美学与功能需求,更重要的是要确保装配施工的可行性和可靠性。传统的二维设计图纸往往存在节点冲突难以提前识别的问题,导致现场施工返工频繁。而在装配式建筑中,BIM 技术成为质量控制的基础工具,通过三维建模和全生命周期数据管理,实现了设计方案的可视化、可校核与可优化。例如,在 BIM 平台上可进行节点受力模拟与施工路径模拟,从而在设计阶段提前识别潜在问题。结合知识图谱与标准化数据库,设计团队能够快速检索相关规范条文与历史案例,实现设计过程的自动化校核与风险提示,大大减少了因经验不足或标准不统一造成的隐患。

在构件生产阶段,工厂化生产的优势在于质量可控性高,但也对生产工艺和管理提出更严格要求。装配式构件通常体积大、精度高、种类多,若生产过程中稍有偏差,将直接影响后续装配质量。因此,应建立覆盖原材料、工艺控制、成品检验到数据追溯的全过程质量管理体系。在原材料控制方面,必须严格执行国家与行业标准,对钢筋、混凝土及外加剂进行批次检验和性能复核。在工艺控制方面,引入自动化生产线和智能模具,通过数字孪生与传感技术监测浇筑压力、振捣时间与养护环境,确保工艺过程稳定。成品检验环节需结合超声波、X 射线等无损检测技术,对内部缺陷和连接件精度进行检测。同时,构件生产数据应实时上传至质量管理平台,建立“二维码+区块链”的追溯系统,使每一件构件都具备唯一的身份信息,实现全流程可追溯。这一体系不仅能有效降低构件不合格率,还能提升生产环节的透明度与责任落实。

4.2 施工与运维阶段的质量控制

装配式建筑在现场施工阶段,装配精度与节点连接质量是决定结构安全性与耐久性的核心。首先,在吊装过程中必须依靠激光全站仪、三维扫描和无人机监测进行实时定位,以确保构件安装的精度满足毫米级要求。对于节点连接,常见的套筒灌浆与螺栓连接需严格按照规范执行,尤其是灌浆料的配比、灌注压力与养护条件,必须通过现场抽检和传感器实时监测来保证。此外,应建立分级质量验收制度,在关键节点(如楼板与墙板连接、钢柱与梁的拼接处)设置强制

性质量检查环节,以避免潜在的结构隐患。施工过程还需高度重视人员管理与工艺标准化,明确施工工序与操作规范,减少因人为因素导致的偏差。

质量控制不仅止于施工完成,还需延伸至运维阶段,实现建筑全生命周期的动态保障。装配式建筑在长期使用过程中,容易受到荷载变化、温湿度作用和环境腐蚀的影响,从而出现裂缝、沉降或节点松动等问题。为此,智慧运维平台成为质量控制的重要手段。通过在建筑结构关键部位布设物联网传感器,对应力、振动、温度与湿度等参数进行实时监测,并结合 AI 算法进行数据分析,可以实现隐患早期识别与趋势预测。例如,当系统监测到梁柱节点受力异常或墙板出现微裂缝时,能够提前发出预警,提醒管理人员进行维护或加固。相比传统的定期人工检查,这种预测性维护不仅提高了安全性,也显著降低了运维成本。大数据平台在运维阶段的应用,使得建筑管理者能够基于历史数据与运行状态,制定合理的维护计划与资源配置策略。例如,通过对同类型项目的运行数据分析,可优化不同部位的检查周期和加固方式,从而提升维护的科学性与经济性。此外,基于区块链的数据存证技术,还能够实现运维记录的防篡改与可追溯,为建筑全寿命周期的责任界定与保险理赔提供可靠依据。综上,施工与运维阶段的质量控制不仅确保了装配式建筑的即时安全,更为其长期可靠性和可持续使用奠定了坚实基础。

4.3 案例分析与实践探索

以深圳某大型住宅小区为例,项目采用 PC 构件与钢结构混合装配体系。在施工过程中,全面引入 BIM 技术进行三维建模与施工模拟,实现了吊装路径优化与节点碰撞检测,工期较传统现浇缩短了 30%。在质量管控方面,采用智能传感器监测吊装过程中的受力情况,并通过大数据平台对灌浆强度进行实时分析,确保了结构安全与施工质量。实践表明,技术与管理的深度融合是装配式建筑高质量发展的

关键。

未来装配式建筑的发展将呈现以下趋势:一是与智能制造深度融合,形成“设计—生产—施工—运维”全流程数字孪生体系;二是推广绿色低碳材料与循环利用技术,以满足“双碳”战略要求;三是标准化体系的进一步完善,推动行业规范化发展;四是施工过程中的智能装备普及,如自动化吊装、智能检测机器人等。与此同时,装配式建筑仍面临诸多挑战,包括产业链协同不足、成本较高、区域发展不平衡以及专业人才缺乏等,亟需通过政策引导与技术突破共同解决。

结论

装配式建筑作为推动建筑业现代化转型的重要路径,其施工技术创新与质量控制体系建设直接关系到行业发展的成败。本文从发展背景、技术特征、施工创新、质量控制与未来趋势等方面进行了系统分析,指出信息化、智能化与标准化是装配式建筑施工技术发展的核心驱动力。只有在政策引导、技术创新与质量管控的共同作用下,装配式建筑才能实现可持续的高质量发展。

参考文献:

- [1] 冀国强. 建筑工程中的装配式建筑施工技术 [J]. 建筑·建材·装饰,2025(13):61-63. DOI:10.3969/j.issn.1674-3024.2025.13.021.
- [2] 罗晓晖,李晓腾,张丽. 预制装配式建筑施工技术研究 [J]. 建筑与装饰,2025(7):166-168.
- [3] 高鼎,都沁军,丛日蓬. 装配式建筑施工工效评价研究 [J]. 建筑经济,2025,46(7):90-97. DOI:10.14181/j.cnki.1002-851x.202507090.

作者简介: 许张平,出生年 -:1989-08-20,性别:男,民族:汉,籍贯(省、市/县):安徽省芜湖市芜湖县方村镇,学历:本科。