

新型装配式混凝土结构在房屋建设中的施工技术优化与工程应用研究

张策 王紫晨

山东省路桥集团有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i1.19035

[摘要] 为解决房屋建设中新型装配式混凝土结构吊装精度低、节点连接质量难控等技术难题,本文分析了其施工特点与重难点,提出了构件吊装工艺优化、关键节点连接技术改进及基于BIM技术的全过程管控策略。结合具体工程实例,对优化方案的实施效果进行验证。结果表明,优化后的施工技术有效提升了构件安装精度与节点连接可靠性,显著缩短了工期并降低了施工成本,具有显著的经济效益与社会效益,可为同类工程提供理论依据与技术参考。

[关键词] 装配式混凝土结构; 房屋建设; 施工技术优化; 工程应用; BIM技术

中图分类号: TV52 **文献标识码:** A

Research on Construction Technology Optimization and Engineering Application of New Prefabricated Concrete Structures in Housing Construction

Ce Zhang Zichen Wang

Shandong Road and Bridge Group Co., Ltd

[Abstract] To solve the technical problems of low lifting accuracy and difficult control of node connection quality in the construction of new prefabricated concrete structures, this article analyzes their construction characteristics and key difficulties, proposes optimization of component lifting technology, improvement of key node connection technology, and a full process control strategy based on BIM technology. Verify the implementation effect of the optimization plan based on specific engineering examples. The results show that the optimized construction technology effectively improves the accuracy of component installation and the reliability of node connections, significantly shortens the construction period, and reduces construction costs. It has significant economic and social benefits and can provide theoretical basis and technical reference for similar projects.

[Key words] prefabricated concrete structure; Housing construction; Construction technology optimization; Engineering applications; BIM Technology

1 研究背景与意义

当前中国建筑业正处于由传统粗放型向工业化、精细化转型的关键时期,装配式混凝土结构作为建筑工业化的核心载体,因其显著的资源节约、环境友好及高效建造优势,在房屋建设领域得到了大力推广。随着新型装配式结构体系的广泛应用,施工环节的技术滞后性问题日益凸显。预制构件吊装精度控制偏差、竖向节点连接质量不稳定、现场工序衔接不畅及安全风险高等关键技术难题,已成为制约工程质量提升与施工效率突破的瓶颈。系统开展新型装配式混凝土结构施工技术优化研究,探索科学的工程应用模式,对于解决现场施工质量通病、缩短建设周

期、降低工程成本及推动行业高质量发展具有深远的理论意义与工程实用价值。

1.1 国内外研究现状

国外发达国家在装配式建筑领域研究起步较早,已建立起完善的构件标准化体系与成熟的高精度施工技术规范,其在预制构件连接节点防水性、耐久性及施工组织管理方面的研究成果丰硕。反观国内,虽在政策激励下实现了规模化发展,但现有研究多侧重于结构设计理论与抗震性能分析,针对复杂施工现场环境下的工艺优化与全过程管控研究相对匮乏。特别是如何将BIM技术与施工工艺深度融合以解决实际工程难题,尚缺乏系

统性的实证分析与数据支撑,亟需开展进一步的本土化技术创新研究,以弥合理论研究与工程实践之间的鸿沟。

1.2 研究内容与方法

本文立足于房屋建设工程技术实践,旨在系统优化新型装配式混凝土结构的施工技术。深入剖析该结构体系的施工特点,识别吊装作业、节点连接及现场管理中的重难点;其次,从工艺改进与信息化管控两个维度提出优化策略,重点阐述构件吊装技术、节点连接工艺及基于BIM的全过程管理方案;依托典型工程案例,采用文献调研、案例分析及对比研究等方法,验证优化技术的可行性与实效性,总结工程应用经验,以期为同类房屋建设项目提供科学的技术参考与实践指导。

2 新型装配式混凝土结构施工特点及重难点分析

2.1 新型装配式混凝土结构体系概述

新型装配式混凝土结构体系是以预制构件为主要受力部件,通过现场装配连接而成的建筑结构形式。其核心特征在于将传统现场浇筑作业转变为工厂化生产与现场装配相结合,主要涵盖预制剪力墙、叠合板、预制楼梯及预制阳台等构件类型。与传统现浇结构相比,该体系具有构件标准化程度高、施工速度快、现场湿作业少等显著优势。结构整体性能在很大程度上依赖于构件间的连接质量,这对设计深化、构件精度及现场装配技术提出了更为严苛的要求,是现代建筑工业化发展的典型代表。

2.2 预制构件生产与运输特点

预制构件的生产过程遵循严格的工厂化标准,具有高度机械化与流程化特征。在模具设计、混凝土浇筑及蒸汽养护等环节,需严格控制构件尺寸精度与外观质量,以满足现场装配的互换性要求。构件生产与现场施工的物理分离带来了复杂的物流挑战。由于预制构件体积大、自重沉且形状各异,运输过程中易受振动冲击导致边角破损或裂缝产生。此外,构件的堆放场地规划、装卸顺序及运输路线选择与施工进度计划紧密耦合,若物流组织不当,不仅会造成现场场地拥堵或待料停工,更会增加构件二次搬运的损伤风险,直接影响施工效率与成本控制。

2.3 现场施工关键技术难点

现场施工作为装配式建筑成型的最终环节,其技术复杂性与质量控制难度远超传统施工。

2.3.1 构件吊装与临时支撑体系稳定性

大型预制构件的吊装是现场施工的核心工序,其技术难点在于吊装过程的精细化控制。由于预制墙体、大型叠合板等构件自重较大且迎风面广,受风力及吊装设备性能影响显著,极易产生旋转、摆动或定位偏差,严重威胁作业安全。构件就位后的临时支撑体系稳定性直接关系到结构安全。若临时支撑布置不合理或承载力不足,在后续工序荷载作用下可能引发结构失稳倒塌事故。如何通过合理的吊具选型、路径规划及高精度测量定位技术,实现构件的平稳起吊与精准落位,并确保临时支撑体系在整个施工周期内的力学性能稳定,是施工控制的重中之重。

2.3.2 节点连接质量与防水性能控制

节点连接是保障装配式结构整体性与抗震性能的关键所在,其中钢筋套筒灌浆连接技术应用最为广泛。该工艺对灌浆料流动性、配合比及施工环境温度极其敏感,操作稍有不慎即易出现灌浆不饱满、空洞等隐蔽质量缺陷,且后期检测修复难度极大。此外,预制构件拼缝处的防水性能是房屋建设质量控制的薄弱环节。受构件生产误差及施工安装偏差影响,外墙拼缝往往难以达到理想密封状态,在温度应力与地基沉降作用下,密封材料易老化开裂,导致渗漏问题频发。如何确保连接节点的力学性能传递可靠,并实现拼缝部位的持久防水密封,是当前亟待攻克的技术难题。

3 房屋建设中装配式混凝土结构施工技术优化策略

3.1 预制构件吊装技术优化

3.1.1 吊装设备选型与布置优化

针对预制构件重量大、吊次密集及作业空间受限等特征,设备选型需遵循“技术可行、经济合理、安全高效”原则。应详细核算最重构件在不同幅度下的起重载荷,优先选用起重力矩大、覆盖范围广的塔式起重机,并适度预留安全系数。平面布置需结合施工现场道路网络与构件堆场位置,利用BIM技术模拟塔吊作业半径,确保覆盖所有吊装点且消除作业盲区。针对群塔作业环境,需优化塔吊间距与高度差,制定防碰撞专项方案。科学合理的设备布局不仅能规避吊装干涉风险,还能减少构件二次转运,从资源配置层面保障施工效率与安全。

3.1.2 吊装工艺与精度控制技术

为解决大型构件吊装姿态控制与就位精度难题,需革新传统吊装工艺。采用多点吊装平衡梁系统,确保预制墙板在空中姿态平稳,防止因受力不均导致的构件开裂。引入全站仪与激光测距技术,建立空间三维测量网,在构件上预埋观测棱镜,实时监控构件垂直度与标高偏差。优化就位工序,应用可调节式导向架或导向钢筋辅助定位,通过“粗放、精调、复核”的流程,利用液压千斤顶微调构件位置。该工艺优化有效将安装偏差控制在毫米级,显著提升了一次吊装合格率,降低了高空作业安全风险。

3.2 关键节点连接技术优化

3.2.1 灌浆套筒连接工艺改进

竖向钢筋套筒灌浆连接是保障结构整体性与抗震性能的核心,需实施全流程工艺改进。严控灌浆料拌合参数,精确控制水料比与环境温度,确保浆体流动度与抗压强度达标。推广“分仓法”施工技术,合理划分灌浆仓室,采用专用封堵材料防止浆体流失。引入智能压力监测设备,实时记录灌浆压力与流量变化,确保护浆过程持续稳压。严格执行“持压出浆”制度,待出浆孔流出均匀浆体后及时封堵,保证套筒内浆体饱满密实。加强现场检验与X射线抽检,杜绝空洞、气泡等质量隐患,确保节点连接强度满足设计要求。

3.2.2 拼缝防水与保温一体化施工技术

外墙拼缝防水与保温是提升居住品质的重点,应推行一体化施工技术。深化设计阶段优化拼缝构造,设置企口或空腔阻水

结构,利用物理屏障阻断渗漏路径。施工中,优先在拼缝内侧填充高效保温板,消除热桥效应,满足节能标准。外侧采用多道防水防线,填塞闭孔泡沫棒背衬后,施打耐候性聚氨酯密封胶,并严格控制打胶厚度与宽度,确保胶缝粘结牢固。通过精细化施工,使防水层与保温层协同工作,有效解决了传统工艺渗漏与节能短板,提升了建筑围护结构的整体耐久性能。

3.3 基于BIM技术的施工全过程管控优化

3.3.1 深化设计与构件拆分优化

利用BIM技术进行深化设计,从源头解决构件拆分冲突问题。建立高精度建筑信息模型,对各专业管线、预埋件与钢筋进行综合排布,提前发现并解决碰撞问题,避免现场剔凿。优化构件拆分方案,确保预留孔洞位置精确,提升构件标准化程度。自动生成构件加工图与钢筋下料单,实现设计数据与工厂生产系统的无缝对接。这不仅减少了因设计误差导致的现场返工,还提高了构件生产效率,确保了预制构件与现浇部位的精准匹配,为后续装配施工奠定坚实基础。

3.3.2 施工进度模拟与资源动态管理

基于BIM 4D技术实现施工进度与资源的可视化管控。将进度计划关联三维模型,动态模拟关键工序的时空逻辑,识别施工冲突与进度瓶颈,优化吊装路径与作业面穿插顺序。利用BIM平台整合资源信息,动态分析各阶段劳动力、材料及机械需求,实现精准调度。特别是针对构件堆场与运输车辆,实施动态进场管理,避免场地拥堵与闲置浪费。该模式实现了施工全过程的透明化管理,大幅提升了现场组织效率与资源配置合理性,确保项目如期履约并达成精细化管理目标。

4 工程应用实例分析

4.1 工程概况

某市“锦绣·未来城”二期住宅项目为典型的高层装配式建筑群,总建筑面积约12.6万平方米,包含5栋32层住宅楼及地下车库。主体结构采用装配整体式剪力墙结构体系,预制构件涵盖预制夹心保温外墙板、叠合板、预制楼梯及空调板等,单体建筑装配率达52%。该工程工期紧、质量标准高,且施工现场周边环境复杂,作业面狭小,对施工组织与技术应用提出了极高要求,具备验证前述优化策略的典型性与代表性。

4.2 施工技术优化方案实施

4.2.1 吊装作业与现场布置实施情况

依据前述优化策略,项目部对吊装设备进行了科学配置。基于BIM模拟分析,优化了塔吊定位,确保其起重力矩全覆盖最重预制外墙板吊装点,消除了作业盲区。实施中,全面应用平衡梁吊具,有效解决了大尺寸墙板空中姿态不稳难题。同时建立构件进场时空编码制度,依据吊装顺序精确规划堆场,通过高精度测量仪器与导向架配合,实现了构件“即吊即落”。现场实测数据显示,构件垂直度偏差控制在3mm以内,吊装效率显著提升。

4.2.2 节点连接与防水施工实施情况

竖向连接方面,严格执行改进型套筒灌浆工艺。施工前进行

浆料流动度复试,施工中采用分仓法作业,并引入智能压力监测系统,全过程记录灌浆压力曲线,确保套筒内浆体饱满密实。外墙防水施工中,推行防水保温一体化技术,精确控制PE棒背衬深度与密封胶施打厚度。经现场淋水试验与雨后观测,外墙拼缝未发现渗漏点,节点连接强度与防水性能均达到优良标准,有效规避了质量通病。

4.3 实施效果评价

4.3.1 施工质量与效率对比分析

通过与同规模传统装配式项目对比分析,优化技术的应用效果显著。质量方面,预制构件安装一次合格率由90%提升至98%,套筒灌浆饱满度经无损检测合格率达100%,彻底消除了外墙渗漏隐患。效率方面,标准层施工周期由传统工艺的7天缩短至5天,单批次吊装构件数量增加约20%。测量定位与临时支撑环节的工序衔接更加流畅,大幅减少了因返工与调整造成的工时浪费,实现了施工效能的跨越式提升。

4.3.2 经济效益与社会效益分析

经济效益层面,技术优化措施虽在BIM建模与设备选型上略有投入,但通过缩短工期节约管理费与机械租赁费约85万元,减少返工与材料损耗节约成本32万元,综合降本效应显著。社会效益层面,现场建筑垃圾排放量减少约30%,显著降低了施工扬尘与噪声污染,改善了周边环境。项目先后获评省市级优质结构工程与绿色施工示范工地,为区域装配式建筑发展提供了可复制、可推广的工程范本,社会反响良好。

5 结论与展望

本文系统研究了新型装配式混凝土结构施工技术优化策略,提出了构件吊装工艺改进、关键节点连接技术创新及基于BIM的全过程管控方案。工程实例验证表明,上述优化技术有效解决了吊装精度低、节点连接不可靠等技术难题,显著提升了工程施工质量与效率,实现了良好的经济效益与社会效益,具有显著的推广应用价值。未来,随着智能建造技术发展,需进一步探索物联网、智能监测及自动化施工装备在装配式施工中的深度融合应用,推动建筑工业化向数字化、智能化方向迈进,为行业转型升级提供坚实支撑。

[参考文献]

- [1]张润鹏.装配整体式住宅混凝土剪力墙结构施工技术优化[J].水泥,2026,(03):118-120.
- [2]肖明,吕晚晴,徐传阳,等.装配式混凝土结构等同抗震性能构造研究[J].建筑结构学报,1-14[2026-03-07]
- [3]范清旗.建筑施工技术与现场的施工管理探析[J].建材发展导向,2026,24(04):94-96.
- [4]杜海云.BIM技术在机场高架桥复杂节点施工中的应用与优化研究[J].城市建设理论研究(电子版),2026,(05):115-117.

作者简介:

张策(1998—),男,汉族,山东济南人,本科,助理工程师,研究工程技术。