

装配式混凝土建筑施工工序协同优化与质量管控研究

刘清华

中国葛洲坝集团机械船舶有限公司

DOI:10.32629/jpm.v7i6.8932

[摘要] 装配式混凝土建筑凭借节能环保、施工高效、工业化程度高等优势，成为建筑行业转型升级的核心方向。相较于传统现浇建筑，其施工流程涵盖构件生产、运输堆放、现场吊装、节点浇筑等多道独立工序，工序衔接复杂、交叉作业多，极易出现协同脱节、精度偏差、节点质量缺陷等问题。本文基于装配式建筑施工全流程特点，梳理当前施工现存问题，结合实际工程项目案例，提出工序协同优化方案与全周期质量管控策略，有效解决工序衔接滞后、施工精度不足、质量隐患频发等难题，可为同类装配式混凝土建筑施工提质增效提供参考。

[关键词] 装配式混凝土建筑；施工工序；协同优化；质量管控

[中图分类号] TU72

[文献标识码] A

Research on Collaborative Optimization and Quality Control of Construction Processes in Prefabricated Concrete Buildings

Liu Qinghua

China Gezhouba Group Machinery & Shipbuilding Co.,Ltd.

[Abstract] Prefabricated concrete buildings have become the core direction for transformation and upgrading in the construction industry due to their advantages of energy efficiency, environmental friendliness, high construction efficiency, and high degree of industrialization. Compared with traditional cast-in-place buildings, their construction process involves multiple independent procedures such as component production, transportation and storage, on-site lifting, and joint pouring, with complex process coordination and frequent cross-work, making it prone to issues like procedural disconnection, precision deviations, and quality defects at joints. Based on the characteristics of the entire construction process in prefabricated buildings, this paper identifies existing challenges in current construction practices, presents collaborative optimization solutions and full-cycle quality control strategies through practical project cases, effectively addressing problems such as delayed process coordination, insufficient construction accuracy, and frequent quality risks, providing a reference for improving the quality and efficiency of similar prefabricated concrete building constructions.

[Key words] Prefabricated concrete building; Construction process; Collaborative optimization; Quality control

[Chinese Library Classification] TU72

[Document code] A

引言

装配式建筑施工核心优势在于构件工厂预制、现场装配施工的模块化模式，但多工序分段作业的特性，导致设计、生产、运输、施工各环节存在信息壁垒，工序交叉配合度低、施工节奏混乱，成为制约工程质量与施工效率的关键瓶颈。当前多数工程项目仍沿用传统分散式管控模式，缺乏系统化的工序协同机制与精准化质量管控体系，易引发构件安装错位、灌浆不密实、接缝渗漏等质量问题。基于此，本文聚焦装配式混凝土建筑施工全流程，探究工序协同优化路径，构建全方位质量管控

体系，助力装配式建筑施工标准化、精细化落地。

1 当前装配式混凝土建筑施工存在的核心问题

1.1 施工工序协同脱节，衔接效率低下

现阶段多数装配式项目缺乏统一的工序协同管理机制，各参与主体信息互通不畅，存在明显的流程壁垒。设计阶段未充分结合施工实际需求，构件拆分、节点设计不合理，导致工厂生产与现场施工适配性差；构件生产进度与现场施工进度不同步，出现构件滞后到场堆积工期、提前到场占用场地等问题；现场吊装、灌浆、现浇等工序交叉作业缺乏统筹规划，工序衔

接无序，常出现上道工序未验收、下道工序提前施工的情况，不仅降低施工效率，还极易引发质量隐患。同时，传统人工统筹管理模式滞后，无法实时把控各工序施工进度，难以实现动态协同调整。

1.2 工序施工工艺老旧，标准化程度不足

部分施工单位仍沿用传统现浇施工思维开展装配式施工，核心工序工艺不规范、标准化缺失。构件吊装环节未根据构件规格优化吊装点位、吊装顺序，易造成构件倾斜、磕碰破损；节点灌浆工序人工操作随意性大，灌浆压力、注浆顺序把控不到位，普遍存在灌浆不密实、空洞、漏浆等问题；构件接缝处理工艺简陋，密封、防水施工不规范，后期易出现墙体渗漏、开裂问题。此外，各施工班组作业标准不统一，工艺执行参差不齐，进一步加剧施工质量偏差。

1.3 质量管控体系碎片化，全过程管控缺失

当前装配式建筑质量管控多聚焦于现场施工环节，忽视设计、生产、运输等前置工序的质量管控，形成重现场、轻前端的碎片化管控模式。工厂预制阶段质检不严，不合格构件流入施工现场，从源头埋下质量隐患；运输堆放阶段防护措施不到位，构件出现变形、破损、磕碰问题，未及时整改修复；现场施工管控侧重成品验收，缺乏施工过程中的动态监督、实时校准，对工序施工偏差、工艺违规等问题发现滞后。同时，质量责任划分不清晰，各工序质量管控无人兜底，出现质量问题后多方推诿，难以高效整改。

1.4 信息化应用不足，精细化管控薄弱

多数中小型装配式项目未普及 BIM、信息化管控技术，仍采用纸质图纸、人工记录的传统管理方式。设计、生产、施工数据无法实时共享，图纸变更、工序调整无法及时同步至各班组，易造成施工错漏；无法实现施工工序模拟、碰撞检测、进度推演，难以提前规避工序冲突、施工偏差；质量数据记录、统计、分析滞后，无法实现质量问题溯源与工艺优化，精细化管控水平难以提升。

2 装配式混凝土建筑施工工序协同优化策略

2.1 全流程工序统筹规划，理顺施工衔接逻辑

结合项目施工总工期，制定分段式流水施工计划，打通设计、生产、运输、施工全链条衔接壁垒。前期深化设计阶段，采用 DFMA 装配式设计理念，结合现场施工条件、吊装设备参数、工序施工顺序优化构件拆分、节点构造、吊点设计，从源头保障设计与施工适配性；联动构件工厂制定精准生产计划，根据现场施工进度动态调整构件生产批次、出场时间，实现按需生产、按时到场，杜绝构件积压或供应滞后^[1]。现场施工阶段优化工序施工顺序，遵循先竖向、后水平，先主体、后节点，先吊装、后现浇的施工原则，划分标准化施工流水段，明确吊装、支撑、灌浆、现浇各工序的施工间隔、验收标准，严格执

行上道工序验收合格、下道工序方可施工的作业制度，杜绝交叉工序混乱、违规施工问题。同时，明确各工序施工节点、责任人员，细化每日、每周施工计划，实现工序施工标准化、有序化。

2.2 依托 BIM 技术，实现工序数字化协同

引入 BIM 信息化技术，搭建项目全生命周期协同管理平台，破解各环节信息孤岛问题。一是前置模拟优化，施工前构建高精度 BIM 构件模型，完成构件碰撞检测、吊装路径模拟、工序进度推演，提前排查构件尺寸冲突、吊装空间不足、工序衔接冲突等问题，优化施工方案；二是实时数据共享，将深化图纸、构件参数、施工工艺、进度计划、质量标准录入 BIM 平台，设计、生产、施工、监理各方实时共享数据，图纸变更、工序调整即时同步，保障各工序施工精准对接；三是动态进度协同，依托 BIM 平台实时监控各工序施工进度，对比计划进度与实际进度偏差，动态调整施工人力、设备、物料配置，保障整体施工节奏均衡^[2]。

2.3 建立多方协同管理机制，压实工序管控责任

构建建设单位统筹、设计单位支撑、生产单位配合、施工单位主导、监理单位监督的五方协同管理机制。建立常态化协同会议制度，每周召开工序进度协调会，梳理各工序施工难点、衔接问题，及时统筹解决；明确各环节、各工序质量责任清单，将工序施工、质量管控、问题整改责任落实到人，实现每道工序有人管、每个问题有人改。同时，建立工序交接验收制度，制定标准化交接验收表单，明确构件进场、吊装完成、节点施工等关键工序交接标准，做好交接记录，实现工序衔接可追溯。

3 装配式混凝土建筑施工全过程质量管控体系构建

3.1 强化构件预制与进场质量把控

构件预制质量是工程整体质量的基础，需严格落实工厂标准化生产管控。生产前核对深化图纸参数，规范钢筋绑扎、模具安装、混凝土浇筑、养护等工艺，严控构件尺寸偏差、钢筋保护层厚度、套筒预埋位置等关键指标；构件出厂前开展全方位质检，对构件外观、尺寸精度、预埋配件位置、混凝土强度进行检测，不合格构件严禁出厂^[3]。构件进场时执行双重验收制度，施工单位与监理单位联合核验构件合格证、检测报告，现场核查构件外观完整性、尺寸偏差、预埋套筒清洁度，对破损、变形、偏差超标的构件直接退回厂家，从源头杜绝质量隐患。同时，规范现场堆放管理，按照构件类型、规格分区堆放，设置专用支撑垫块，做好防水、防磕碰防护，避免堆放过程中构件损坏变形。

3.2 规范核心工序施工工艺标准

针对吊装、支撑、灌浆、接缝处理等核心质量工序，制定标准化施工工艺，实现全过程精准管控。构件吊装环节，根据构件重量、尺寸选用匹配的吊装设备与吊具，精准定位吊装点

位, 匀速平稳吊装, 避免构件倾斜、磕碰; 吊装就位后精准校准构件垂直度、水平度, 将安装偏差严格控制在规范允许范围内, 随即搭设临时支撑体系, 保障构件稳定性。节点灌浆是装配式结构质量的核心关键, 严格遵循封堵饱满、压力可控、灌浆连续的施工标准。施工前清理套筒内部杂物、积水, 封堵灌浆孔周边缝隙; 采用压力注浆工艺, 控制灌浆压力与注浆速度, 确保浆料饱满密实, 全程做好施工记录, 留存影像资料, 杜绝漏灌、虚灌问题^[4]。接缝施工环节, 清理接缝杂物、干燥基层, 采用专用密封材料分层施工, 严格把控密封厚度、宽度, 做好防水防渗处理, 避免后期墙体、楼板接缝渗漏开裂。同时, 规范叠合层现浇施工工艺, 做好钢筋绑扎、模板支护, 严控混凝土浇筑、振捣、养护质量, 保障新旧混凝土结合紧密。

3.3 依托信息化实现质量实时管控

结合 BIM 技术与智能监测设备, 搭建动态质量监测体系。将各工序质量标准录入 BIM 模型, 施工过程中实时上传施工数据、质检数据, 系统自动对比标准参数, 对超标偏差自动预警; 对构件安装精度、节点灌浆质量、结构垂直度等关键指标采用智能检测设备实时监测, 实现质量问题早发现、早整改。同时, 建立质量数据台账, 对各类质量问题分类统计、溯源分析, 针对性优化施工工艺, 实现质量持续改进。

3.4 完善质量验收与整改机制

建立班组自检、项目部复检、监理验收的三级验收制度, 每道工序施工完成后必须逐级验收合格, 方可进入下一道工序。针对验收中发现的质量问题, 建立问题整改台账, 明确整改责任人、整改时限、整改标准, 安排专人跟踪督办, 整改完成后复检验收, 形成发现-整改-复核-归档的闭环管理^[5]。同时, 竣工阶段开展全方位整体验收, 核查结构安全性、施工精度、防水防渗、外观质量等各项指标, 保障工程整体质量达标。

4 工程案例应用分析

4.1 项目概况

本次研究选取某市 18 层装配式混凝土剪力墙结构住宅项目作为实践案例, 项目总建筑面积 23600 m², 地上 18 层、地下 1 层, 主体结构预制率达 52%, 主要预制构件包含预制剪力墙、预制叠合楼板、预制楼梯、预制空调板等, 采用工厂预制、现场装配的施工模式。项目施工工序多、交叉作业密集, 初期存在工序衔接滞后、构件安装精度偏差、节点灌浆质量不稳定、施工进度拖沓等问题, 通过应用本文工序协同优化与质量管控方案, 实现施工提质增效。

4.2 优化与管控方案落地应用

4.2.1 工序协同优化实施

项目搭建 BIM 全流程协同管理平台, 完成所有预制构件建模、碰撞检测与施工工序模拟, 提前优化构件吊装顺序、施工流水段划分。联动构件工厂制定分批次生产计划, 根据现场施

工进度精准匹配构件出场时间, 实现构件随到随装, 彻底解决构件供需脱节问题。同时, 制定标准化工序施工流程, 明确吊装、支撑、灌浆、现浇各工序施工间隔与验收标准, 落实工序交接验收制度, 杜绝交叉施工混乱问题, 工序衔接效率显著提升, 整体施工工期缩短 15%。

4.2.2 全方位质量管控落地

严格执行构件生产、进场双重质检机制, 淘汰不合格构件, 规范现场堆放防护; 针对吊装工序, 优化吊装点位与施工工艺, 采用精准定位校准工具, 将剪力墙安装垂直度偏差控制在 3mm 以内, 远优于规范标准; 规范灌浆施工流程, 实行专人专项作业、全程影像留存, 结合智能监测设备实时把控灌浆压力与密实度, 彻底解决灌浆不密实问题; 落实三级验收与闭环整改制度, 对施工全过程质量严格把控, 及时整改微小质量隐患。

4.3 应用效果分析

通过工序协同优化与全周期质量管控体系的落地应用, 该项目施工成效显著。一是工序协同效率大幅提升, 各环节信息互通顺畅, 工序衔接无滞后、无冲突, 交叉作业有序开展, 有效规避工期延误问题; 二是施工质量全面达标, 构件安装精度、节点灌浆质量、接缝防水质量合格率均达到 100%, 未出现渗漏、开裂、结构偏差等质量通病; 三是施工成本有效管控, 减少构件返工、工期延误带来的额外成本, 人工、物料损耗率降低 12%; 四是项目标准化、精细化施工水平显著提升, 顺利通过竣工验收, 获得优质工程评价, 为同类项目施工提供了成熟的实践经验。

5 结束语

装配式混凝土建筑的施工质量与施工效率, 核心取决于各工序的协同衔接水平与全流程质量管控能力。以工序协同为核心、精细化管控为支撑、信息化技术为手段, 打通设计、生产、运输、施工、验收全链条壁垒, 实现各工序标准化、有序化、精准化作业。通过系统化的工序优化与全方位质量管控, 可有效解决装配式建筑质量通病, 提升施工效率、降低工程成本, 推动装配式混凝土建筑施工工业化、精细化、高质量发展。

[参考文献]

- [1]张仁彬. 装配式混凝土建筑施工技术要点与现场质量控制措施[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (21):130-132.
- [2]唐亮. 装配式混凝土建筑施工技术在建筑工程施工中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (19):110-112.
- [3]崔世虎, 聂凯. 装配式混凝土结构建筑施工技术[J]. 四川水泥, 2025, (5):82-83+98.
- [4]王雅楠. 关于装配式混凝土建筑施工技术及质量控制的研究[J]. 居舍, 2022, (21):31-34.
- [5]靳小飞, 王羽. 装配式混凝土建筑施工流水分析与优化[J]. 建筑施工, 2022, 44 (1):79-82.