

装配式建筑施工监理关键控制点与标准化流程设计 ——以预制构件安装与灌浆质量管控为核心

邢金伟

天津建工工程管理有限公司, 天津 300190

DOI:10.61369/ME.2025060022

摘要 : 本文聚焦装配式建筑施工监理中的预制构件安装与灌浆质量管控核心环节, 系统分析装配式建筑监理特点及全流程核心要点, 构建关键控制点 (KCP) 体系并设计基于 BIM 的标准化监理流程。通过对装配式与传统现浇建筑监理在控制逻辑、核心对象等维度的差异, 明确预制构件安装与灌浆对结构安全、使用功能的关键影响及技术 - 管理双重风险; 依据“影响结构安全、质量波动显著、隐蔽性强、整改成本高”原则, 采用“故障树分析 + 工程经验复盘 + 规范对标”法识别事前、事中、事后关键控制点, 涵盖人员设备核验、安装精度监控、灌浆密实度检测等核心内容; 以“模型驱动、数据贯穿、协同管控”为思路, 设计全流程 BIM 监理标准化流程, 为提升装配式建筑施工监理效率与质量提供实践参考。

关键词 : 装配式建筑; 施工监理; 预制构件安装; 灌浆质量管控

Key Control Points and Standardized Process Design for Construction Supervision of Prefabricated Buildings – Focusing on Quality Control of Prefabricated Component Installation and Grouting

Xing Jinwei

Tianjin Construction Engineering Management Co., Ltd., Tianjin 300190

Abstract : This paper focuses on the core aspects of quality control for prefabricated component installation and grouting in the construction supervision of prefabricated buildings. It systematically analyzes the characteristics of prefabricated building supervision and the key points throughout the entire process, constructs a Key Control Point (KCP) system, and designs a BIM-based standardized supervision process. By comparing the differences between prefabricated and traditional cast-in-place building supervision in terms of control logic, core objectives, and other dimensions, the paper clarifies the critical impact of prefabricated component installation and grouting on structural safety and functional performance, as well as the dual technical-management risks involved. Based on the principles of "impact on structural safety, significant quality fluctuations, strong concealment, and high rectification costs," the paper employs a "fault tree analysis + engineering experience review + specification benchmarking" approach to identify key control points before, during, and after the construction process. These points cover core aspects such as personnel and equipment verification, installation accuracy monitoring, and grouting density testing. Guided by the principles of "model-driven, data-integrated, and collaborative management," a standardized BIM supervision process for the entire construction workflow is designed, providing practical references for enhancing the efficiency and quality of construction supervision in prefabricated building projects.

Keywords : prefabricated buildings; construction supervision; prefabricated component installation; grouting quality control

引言

随着我国建筑工业化进程的加速推进, 装配式建筑因其施工效率高、资源消耗低、环境影响小等优势, 已成为建筑行业转型升级的重要方向。然而相较于传统现浇建筑, 装配式建筑的工厂预制 + 现场装配生产模式对施工质量管控提出了更高要求, 尤其作为结构形成关键环节的预制构件安装与灌浆, 其质量直接决定了建筑结构的安全性与耐久性。当前装配式建筑监理工作仍存在控制链条不完整、精

度管控不足、风险识别滞后等问题，传统以事后检查为主的监理模式难以适应装配式建筑对全过程、高精度、可追溯的质量管控需求。基于此，本文以预制构件安装与灌浆质量管控为核心，系统分析装配式建筑监理的特点与核心环节，构建全阶段的关键控制点体系，并创新性引入BIM技术设计标准化监理流程，旨在通过数字化手段实现质量风险的提前预防、过程偏差的实时纠偏与质量责任的全程追溯，为提升装配式建筑施工监理效能提供理论支撑与实践指导。

一、装配式建筑监理特点与核心环节分析

（一）装配式建筑与传统现浇建筑监理的对比分析

在进行监理时，监理控制的目的是为了保证预制构件的产出与安装质量能够实现设计与规范的需求。为了实现这一需求，监理者需要对预制构件从生产到最终安装的全部环节进行全方面的监管^[1]。装配式建筑与传统现浇建筑的施工本质差异，决定了监理工作在控制逻辑、核心对象、精度要求、风险类型和技术手段五大维度显著不同。传统现浇建筑监理以事后检查为主，偏差可通过后期修补修正；而装配式建筑必须以事前预防、事中控制为核心。在核心对象上，传统监理聚焦现场湿作业，而装配式需覆盖工厂预制+现场装配全链条，控制范围延伸至产业链上游。精度要求方面，传统建筑对偏差容忍度较高，而装配式建筑要求极为严苛，偏差超标可能导致构件无法拼接或结构失效^[2]。风险类型上，传统建筑风险直观且独立，整改成本低；装配式建筑风险隐蔽且传导性强，单个偏差易引发连锁反应，整改成本是传统的3-5倍。技术手段上，传统监理依赖卷尺、靠尺和经验判断，装配式则必须结合BIM、激光测距仪等数字化工具，并实现跨方数据协同与追溯。

（二）装配式建筑施工全流程监理工作概述

装配式建筑施工监理需遵循“源头控制—过程管控—最终核验”的闭环逻辑，覆盖预制构件生产、运输进场、现场装配和验收交付四个核心阶段^[3]。生产阶段采取“驻厂监理+飞行检查”模式，确保材料合格、预埋件精准，并严格把控出厂质量。运输进场阶段需防止构件损坏，实行一物一码核验，确保构件与设计一致，并规范存放。现场装配阶段是质量控制的关键，监理需全程旁站吊装、定位、固定及灌浆施工，确保设备合规、位置精准、灌浆质量达标。验收交付阶段通过“实体检测+资料核查”确认工程合格，结合BIM模型进行三维比对，确保全流程可追溯，最终出具监理评估报告。

（三）预制构件安装与灌浆环节的核心地位与风险分析

预制构件安装与灌浆是装配式建筑从“离散构件”形成“整体结构”的关键环节，直接决定结构安全与使用功能^[4]。从结构安全看，安装精度不足会导致构件受力异常，长期使用可能引发裂缝；灌浆质量差则会导致钢筋力传递中断，在地震或荷载作用下易引发节点破坏甚至结构倒塌。从使用功能看，安装偏差会影响后续工序，如楼板标高误差可能导致地面空鼓；灌浆不饱满则易引发外墙渗漏，占当年质量投诉的35%^[5]。该环节风险呈现技术与管理双重叠加特征：技术风险包括基准线复核不到位、灌浆料性能不合格或排气孔堵塞等；管理风险则体现在施工人员技能不足、监理检查不到位及多方协同不畅，易导致隐蔽缺陷未被发现或工序返工。

二、预制构件安装与灌浆监理关键控制点体系构建

（一）关键控制点（KCP）的识别原则与方法

关键控制点（KCP）的识别需聚焦“影响结构安全、质量波动显著、隐蔽性强、整改成本高”四大原则，确保精准覆盖风险核心环节^[6]。结构安全性原则优先管控如套筒灌浆密实度、连接螺栓扭矩等直接关系结构稳定的指标；质量敏感性原则关注如构件安装垂直度等易受工艺与操作影响的环节；隐蔽性原则针对如接缝灌浆内部质量等事后难以检测的工程；整改经济性原则侧重如预制柱安装偏差等整改成本高（3-5倍）的环节。KCP识别采用“故障树分析（FTA）+工程经验复盘+规范对标”三维融合模式，拆解全工序流程，以典型缺陷为顶事件逐层分析底事件；复盘近5年质量事故案例，提取高频缺陷对应的管控盲区；对标国家规范筛选节点，剔除低风险环节，最终确定“高风险、高影响、高管控需求”的关键控制点。

（二）事前控制关键控制点

事前控制是规避质量风险的第一道防线，核心是确保人员、设备、材料、技术、现场五大要素符合施工要求，消除开工前的潜在隐患^[7]。在人员准备方面，监理需核查吊装工人特种作业证与灌浆工人的专项培训考核记录，现场提问关键工艺要点，确保技能达标；设备准备环节需核验吊装设备起重量不小于构件重量的1.2倍，检测工具在检定有效期内，并现场测试激光测距仪精度偏差不超过1mm；材料准备包括预制构件的尺寸、外观及预埋位置偏差抽检，以及灌浆料的见证取样送检与现场流动度、强度测试，确保性能达标；技术准备需审核施工方案与BIM模型，明确安装与灌浆顺序，必要时组织交底会议达成共识；现场准备则需复核安装基准线与标高，控制线偏差1~2mm，找平层平整度偏差不超过2mm，并留存记录，避免因基准偏差引发后续安装问题。

（三）事中控制关键控制点

事中控制是质量管控的核心，需通过全程旁站和平行检验实时监控施工过程，及时纠正偏差^[8]。在预制构件安装中，监理需确保吊具匹配、临时支撑数量与位置符合方案，实时监测安装精度，如墙板垂直度偏差≤3mm、楼板标高偏差≤2mm，发现偏差立即调整，禁止带偏差进入下一工序。连接节点需管控螺栓扭矩和焊接质量，抽检合格后方可继续。灌浆施工要严格控制水料比、搅拌时间及灌浆顺序，采用“压浆法”从下口注入，待上口流出均匀浆液后封堵，并用超声波检测仪抽检灌浆密实度，确保节点饱满无空洞。

（四）事后控制关键控制点

事后控制是质量验收的最终环节，通过实体检测与资料核查确保工程质量合格，避免不合格工序流入下道环节。实体检测包括在本批次构件安装完成后复检墙板垂直度、楼板标高、接缝宽

度等指标,累计偏差不超过5mm;灌浆质量每500个套筒抽检3个进行钻芯取样,密实度需达95%,接缝厚度偏差控制在2mm内,关键部位可采用X射线探伤^[9]。资料核查需逐页检查隐蔽工程记录,确保包含施工时间、操作人员、检测数据及监理签字,并与影像资料比对以保证过程可追溯、数据可验证。分项工程验收要求实测项目合格率95%、资料完整率100%,监理组织多方参与验收,明确整改要求,复检合格后方可进入下一阶段施工。

三、基于BIM的安装与灌浆监理标准化流程设计

(一) 标准化流程设计的总体思路与目标

基于BIM的安装与灌浆监理标准化流程设计,以“模型驱动、数据贯穿、协同管控”为核心思路,构建“模型-数据-流程”三位一体的监理管控体系^[10]。建立全专业协同BIM模型,作为监理的数字基准,并通过轻量化技术实现移动端实时对现场与模型的一致性;通过将构件出厂、安装、灌浆等全环节数据与模型关联,形成“二维码-模型-记录”的可追溯链条;同时搭建多方协同平台,实现监理、施工、构件厂、设计单位的实时数据共享与问题协同处理。流程目标包括通过可视化比对与参数校验,将安装偏差预警率提升至95%以上,灌浆缺陷检出率达100%,关键质量指标合格率超98%;通过自动化资料整理提升监理效率30%,减少工期延误;通过施工模拟提前识别风险,降低质量安全风险发生率40%,并实现质量缺陷全程可追溯,为后期运维提供数据支撑。

(二) 事前控制标准化流程设计

基于BIM的事前控制标准化流程,通过模型预校验、数据预关联与方案预模拟,提前消除开工前的质量隐患。监理在7日内审核BIM模型,核查完整性、参数准确性,并附加监理管控参数,形成“监理专用BIM模型”;通过构件二维码将生产、运输数据与模型关联,进场验收时扫码核对并标记状态,避免错漏;利用BIM模拟吊装路径、灌浆顺序及人员设备配置,优化方案并形成验证报告;使用“BIM全站仪”复核现场基准线,模型自动比对偏差并预警,合格后标记并生成记录;最后通过BIM可视化培训展示关键控制点与不合格后果,明确各方职责,形成底记录,确保共识。

(三) 事中控制标准化流程设计

基于BIM的事中控制标准化流程,通过“实时数据采集—

模型动态比对-偏差即时预警-问题协同处理”实现安装与灌浆过程的动态管控。安装过程中,监理通过移动端BIM软件全程监控构件定位、吊具与临时支撑、连接节点等关键环节,使用激光测距仪、扭矩扳手等设备实时上传数据,模型自动比对偏差并预警,确保垂直度、标高、扭矩等指标符合要求。灌浆施工时,结合电子秤、流量传感器、超声波检测仪等设备,实时采集水料比、搅拌时间、灌浆流量、密实度等数据,并与BIM模型关联,自动预警不合格项,确保灌浆质量可控。出现偏差时,监理通过BIM协同平台发起问题处理流程,明确整改要求与期限,实时跟踪整改过程并复检验收,形成闭环管理。每日施工结束后,BIM模型自动汇总质量、进度、人员设备等数据,生成统计报表并预警异常,供多方查阅,确保全过程可追溯、可管控。

(四) 事后控制标准化流程设计

基于BIM的事后控制标准化流程,通过模型成果核验、数据归档、验收交付实现安装与灌浆质量的最终确认,为后续工程验收与运维提供数据支撑。安装质量验收采用三维激光扫描生成点云模型并与BIM设计模型自动比对,生成《BIM三维比对报告》,超标构件占比5%以内判定合格,否则整改并重新扫描;灌浆质量验收通过钻芯取样、X射线探伤等方式检测密实度,结果上传BIM模型,合格率95%且无重大缺陷时生成验收报告,不合格则专项整改复检;监理资料经扫描并与BIM模型关联后生成“竣工BIM模型”,固化版本后上传至数字化归档平台,形成《BIM监理资料归档清单》,确保长期可追溯;分部工程验收通过BIM协同平台组织多方参与,动态展示模型与资料,现场核查关键部位,签署《BIM分部工程验收记录》,验收通过后竣工BIM模型作为后续工程验收依据。

四、结语

本文围绕装配式建筑施工监理的关键控制点与标准化流程设计,以预制构件安装与灌浆质量管控为核心,系统分析了装配式建筑监理相较于传统现浇建筑的特点与挑战,并提出了基于全过程、数字化、标准化的监理优化路径。装配式建筑施工监理的高质量发展,既是保障工程安全的基石,也是推动建筑工业化迈向更高水平的关键。通过技术创新、流程优化与标准引领,装配式建筑监理将为实现我国建筑业绿色、智能、高效转型提供重要支撑,助力新型城镇化建设与可持续发展目标的实现。

参考文献

- [1] 肖见庄.装配式建筑工程施工质量监理控制要点[J].中国房地产业,2019(34):140.
- [2] 史红照.装配式混凝土建筑构件安装阶段施工监理关键控制点研究[J].建筑与装饰,2020(17):41-42.
- [3] 谭渭楓.装配式建筑工程施工质量控制与监理对策[C]//2024工程技术与新材料发展交流会论文集.2024:1-3.
- [4] 秦平.装配式建筑工程监理质量控制要点[J].建设监理,2018(11):71-73,80.DOI:10.3969/j.issn.1007-4104.2018.11.021.
- [5] 史红照.装配式混凝土建筑监理关键控制点分析——深化设计与构件加工[J].城镇建设,2020(7):41-42.
- [6] 周大利,水博文.装配式钢结构建筑工程施工监理控制要点[J].精品,2021(15):184.DOI:10.12320/j.issn.1673-8756.2021.15.179.
- [7] 乔桂军.装配式住宅工程现场施工监理的质量控制要点[J].建设监理,2017(2):57-60,75.DOI:10.3969/j.issn.1007-4104.2017.02.018.
- [8] 唐明辙.装配式住宅工程现场施工监理的质量控制要点[J].中国房地产业,2018(20):101.DOI:10.3969/j.issn.1002-8536.2018.20.091.
- [9] 刘洪志,虞甜甜.装配式钢结构建筑工程施工监理控制要点分析[J].现代物业,2020(34):139.DOI:10.3969/j.issn.1671-8089.2020.34.124.
- [10] 李智宏.装配式住宅建筑监理控制要点[J].门窗,2024(6):199-201.DOI:10.12258/j.issn.1673-8780.2024.06.067.