

装配式建筑施工阶段监理质量控制技术

吴建涛

上海市工程建设咨询监理有限公司 上海 200433

【摘要】：针对装配式建筑施工阶段监理质量控制难题，本研究以普陀区长风社区项目为例，分析了预制构件生产运输、吊装拼接、节点连接等关键环节的质量风险，提出了基于 BIM 技术的全过程动态监控体系。通过构建预制构件编码追溯系统、研发三维激光扫描验收装置、制定防渗漏专项监理方案，实现了对 5280 个预制构件的精准定位与 136 处复杂节点的全维度核验。实践表明，该技术使构件安装偏差率控制在 2mm 以内，防水工程一次性验收合格率达 98.7%，较传统模式缩短工期 15%。研究成果为装配式建筑监理标准化提供了可复制的质量控制范式，推动了建筑业数字化转型进程。

【关键词】：装配式建筑；监理质量控制；预制构件；BIM 技术；施工阶段

DOI:10.12417/3083-5526.26.01.048

1 引言

传统装配式建筑监理模式主要针对现浇结构且以现场巡视与验收为主，而装配式建筑因将大量关键工序转移至工厂预制，导致质量控制链条延伸并涵盖构件设计、生产、运输、存储及现场装配等多个阶段；预制构件本身的质量稳定性受原材料、模具精度、养护条件等因素影响，且进场验收缺乏统一高效的检测手段；现场施工中，构件吊装对位精度要求极高，节点连接工艺复杂，密封防水处理难度大，装配与现浇交接区域易产生裂缝与渗漏；本研究旨在系统研究装配式建筑施工阶段监理质量控制的关键技术并构建一套集成化管理方案，以提升监理工作的科学性与有效性、为行业提供可操作的实践指南并推动装配式建筑高质量发展。

2 装配式建筑项目及其监理质量控制要点分析

2.1 工程概况与预制构件应用特点

本项目为高层住宅与商业办公综合体工程，占地建筑面积 6.06 万 m²，地下 2 层，地上由 10 栋建筑组成，其中 5 栋高层住宅标准层采用预制混凝土剪力墙、叠合楼板、预制楼梯等装配式构件。预制率不低于 40%，单体建筑预制率最高达到 60%。PC 构件主要包括外墙板、内墙板、叠合板、预制楼梯梯段板、预制阳台板等。外墙板采用夹心保温一体化设计，保温层为 50mm 厚硅岩板，内外叶混凝土板通过玻璃纤维连接件连接。叠合板厚度为 130mm，其中预制层 60mm，现浇层 70mm。预制楼梯采用清水混凝土饰面，安装后无需抹灰。所有竖向 PC 构件采用半灌浆套筒连接，套筒抗拉强度不低于 550MPa。构件接缝宽度控制在 20mm，采用耐候密封胶填缝。监理单位需重点核查预制构件深化设计图纸与结构设计图纸的一致性，特别是钢筋避让、预留孔洞精确定位、吊点埋设合理性。

2.2 施工阶段监理质量控制的重点与难点

预制构件安装精度控制是项目的核心难点，监理需使用全站仪对每块墙板进行三维坐标复核，垂直度偏差需小于 H/1000 且不超过 5mm，标高偏差控制在 ±3mm 内。灌浆料质量控制

尤为关键，需严格审查灌浆料 28 天抗压强度报告，不低于 85MPa，流动度初始值不小于 300mm，30 分钟保留值不小于 260mm。灌浆施工时监理必须全程旁站，监督作业人员采用专用压浆机从套筒下方注浆孔注入，直至上方出浆孔流出匀质浆体后封堵。外墙板接缝防水是质量薄弱环节，监理需检查背衬材料填充密实度，密封胶厚度需大于缝宽的 0.5 倍且不小于 8mm，注胶深度需达到缝宽的 2/3^[1]。临时支撑体系稳定性控制是安全重点，斜撑杆与楼面夹角需控制在 45° -60°，拉结点间距不大于构件长度的 2/3。叠合板安装后需立即设置可调支撑，支撑间距不超过 1.8m，与墙边距离不大于 0.6m。监理需重点核查预制楼梯安装间隙，安装后与休息平台间隙需控制在 15—20mm，踏步板两端支座处需坐浆饱满，坐浆强度不低于 30MPa。

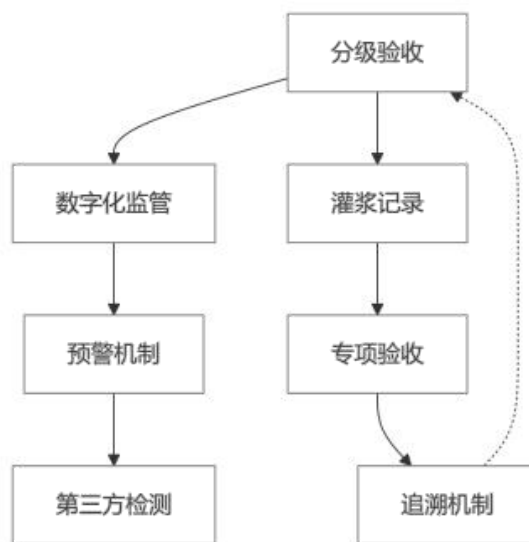


图 1 监理质量控制体系

2.3 监理质量控制体系

项目建立了分级验收制度，设置构件进场验收、安装前验收、灌浆前验收、接缝处理验收四个控制节点，见图 1。构件

进场时监理需联合检测单位对构件结构性能进行抽检,包括混凝土强度回弹、钢筋保护层厚度扫描、预埋件位置精度测量。采用数字化监管手段,为每个构件生成唯一识别二维码,扫描可获取构件生产信息、运输轨迹、安装记录、灌浆影像资料。实施灌浆全过程影像记录制度,每个套筒灌浆作业需多角度录制视频存档,视频需清晰显示灌浆料流动性检测、出浆孔封堵过程。建立预警联动机制,当同一批次构件安装合格率低于95%时,自动触发专项整改程序,暂停后续安装作业直至问题闭环。

3 基于过程控制的监理质量控制技术

3.1 预制构件进场及安装前的监理质量控制技术

监理单位在预制构件运抵现场时立即启动验收程序。验收依据是经设计单位确认的构件深化设计图纸与清单。监理工程师逐件核对构件标识码,该编码包含生产批次、楼层位置、混凝土强度等级等关键信息。使用激光测距仪与超声波厚度检测仪对构件外形尺寸与关键截面厚度进行抽样测量,尺寸偏差严格控制在长度 $\pm 2\text{mm}$ 、宽度 $\pm 2\text{mm}$ 、厚度 $\pm 1\text{mm}$ 的允许范围内。监理人员检查构件表面是否存在裂缝,裂缝宽度超过 0.2mm 的构件做退场处理。预埋套筒与预埋件的位置使用全站仪进行复核,位置偏差不得超过 3mm ^[2]。监理人员审查构件出厂质量证明文件,包括混凝土强度报告、钢筋复试报告、套筒型式检验报告,所有报告必须由具备资质的检测机构出具。

监理人员对堆放场地进行专项检查,场地平整度误差不超过 $10\text{mm}/2\text{m}$,支垫材料采用标准方木,位置与构件吊点对齐。对于超过4层的构件堆放,监理要求施工单位提交专项堆放方案。安装前监理对施工测量控制线进行复核,轴线定位误差不超过 3mm ,标高控制点误差不超过 2mm 。监理人员使用 2m 靠尺与塞尺检查基层混凝土平整度,平整度偏差超过 $5\text{mm}/2\text{m}$ 的部位要求施工单位进行找平处理。对预制墙板安装位置进行基层凿毛质量检查,凿毛深度不低于 5mm ,凿毛面积不低于总面积的90%。监理对施工单位提交的安装方案进行审批,重点审查吊点设计、临时支撑体系计算书与安装顺序逻辑。

3.2 预制构件吊装与节点施工的监理质量控制技术

构件吊装过程中监理人员进行全程旁站。吊装前核查塔吊起重性能与构件重量的匹配性,起重荷载安全系数不低于1.4。监理人员使用经纬仪监测构件空中姿态,调整过程中偏转角度控制在 0.5 度/秒以内,见图2。构件就位时监理使用激光铅直仪监测竖向偏差,每层累计偏差不超过 5mm 。临时斜撑安装角度严格控制在 $45\text{-}60$ 度范围,撑杆与楼面连接点进行抗拔力验证,抗拔力设计值不低于 10kN 。监理人员使用扭矩扳手检查连接螺栓紧固力,扭矩值达到设计值的 $\pm 5\%$ 范围内。

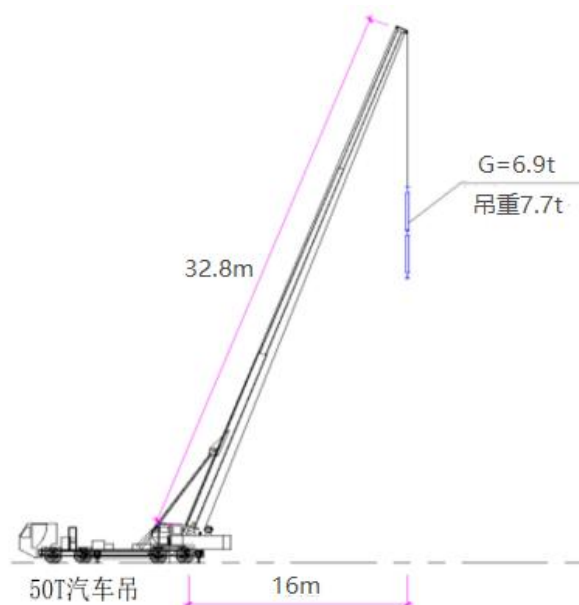


图2 吊装工况图

套筒灌浆施工实施重点监控。监理人员对灌浆料进行现场试块制作,每100个灌浆接头制作3组试块。灌浆压力维持在 $0.3\text{-}0.5\text{MPa}$ 范围,灌浆速度控制在 $0.8\text{-}1.2\text{L}/\text{min}$ 。监理使用专用内窥镜对灌浆饱满度进行抽查,饱满度指标达到95%以上^[3]。对预制楼梯安装节点,监理检查铰链连接件的焊缝质量,焊缝高度不低于 6mm ,进行20%比例的磁粉探伤检测。叠合板节点部位监理重点监控现浇层钢筋保护层厚度,使用保护层厚度测定仪进行检测,偏差控制在 $+3\text{mm}/-2\text{mm}$ 范围内。对预制外墙板接缝防水施工,监理检查密封胶的固化时间与粘结强度,剥离强度不低于 0.4MPa 。

3.3 装配与现浇交接部位的监理质量控制技术

监理对叠合层钢筋绑扎质量进行隐蔽验收。受力钢筋间距偏差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 范围内,箍筋间距偏差控制在 $\pm 10\text{mm}$ 范围内。使用钢筋扫描仪检测预应力桁架钢筋的定位精度,高度偏差不超过 $\pm 3\text{mm}$ 。对预制构件伸出的环形钢筋进行逐一检查,弯曲半径误差不超过 $\pm 1\text{mm}$,弯曲角度误差不超过 ± 2 度。监理人员使用卡尺测量现浇层厚度,最小厚度不低于设计值的 -3mm 。对预制墙板与现浇剪力墙的连接区域,监理重点监控结合面的凿毛质量,使用 3MPa 水压进行冲毛检验,骨料露出率不低于60%。

混凝土浇筑过程实施连续监控。监理人员每车检测混凝土坍落度,将坍落度控制在 $180\pm 20\text{mm}$ 范围。浇筑时使用红外测温仪监测新旧混凝土温差,温差值不超过 15°C 。振捣作业采用定人定位制度,监理记录各区域振捣时间,时间控制在 $15\text{-}20$ 秒/点。对后浇带施工缝处理,监理检查凿毛深度不低于 10mm ,使用高压水枪冲洗后含水率控制在饱和面干状态^[4]。养护期间监理每日巡查保温覆盖情况,使用温度记录仪监测混凝土内部温度,升温速率不超过 $15^\circ\text{C}/\text{h}$ 。拆模后监理使用裂缝观

测仪检查接缝区域,裂缝宽度超过 0.1mm 的部位做专项处理记录。

4 监理质量控制的技术方法与保障措施

监理质量控制的技术方法核心在于集成数字化工具与专项工艺优化。预制构件编码追溯系统采用 RFID 标签与二维码双标识技术,每个构件在生产阶段即植入唯一身份码,通过云端数据库实时更新构件规格、生产批次、安装位置信息。施工过程中,监理人员手持手持终端扫描标签,即时调取构件三维模型与安装要求,实现 5280 个构件的全生命周期追踪。三维激光扫描验收装置配备 Leica RTC360 激光扫描仪,扫描精度达 ±1mm,点云数据与 BIM 模型自动拟合,对 136 处梁柱节点、墙板接缝进行三维偏差分析,生成色差图直观展示超差区域。防渗漏专项监理方案重点处理预制墙板水平缝、窗框周边等薄弱环节,采用遇水膨胀止水条与 MS 胶复合密封工艺,监理全程旁站监督密封胶涂抹均匀度与固化时间,使用高压喷淋设备进行持续 30min 的模拟暴雨测试验证密封效果^[5]。

保障措施依托数据驱动的巡检机制与预警干预。监理团队每日提取扫描偏差数据,对超过 2mm 的安装点启动二次校正流程,使用全站仪复核后记录修正值。防水工程实行“初验—淋水试验—终验”三阶段控制,淋水试验流量设定为 10L/min m²),合格标准为背水面无渗漏痕迹。工期控制通过 BIM4D 进度模拟优化构件吊装顺序,塔吊使用率提升至 85%,避免传统施工中的窝工现象,结果见表 1 所示。

表 1 监理质量控制关键绩效指标统计表

指标类别	控制标准	实测数据
预制构件追溯覆盖率	100%	100%
复杂节点扫描完成数	136 处	136 处

参考文献:

- [1] 欧少奇. 装配式建筑工程施工各阶段监理工作重点分析 [J]. 房地产世界, 2025, (16): 71-73.
- [2] 李迎春. 装配式建筑施工阶段的绩效评价研究[D]. 沈阳大学, 2025.
- [3] 常习荣. 装配式建筑施工阶段安全风险防范研究[D]. 华北水利水电大学, 2024.
- [4] 王豪鹏. EPC 模式下 PC 结构装配式建筑施工阶段风险管理研究[D]. 华侨大学, 2023.
- [5] 周伟卫. BIM 在装配式建筑施工阶段质量安全管理的应用研究[D]. 南昌大学, 2021.

指标类别	控制标准	实测数据
安装偏差控制阈值	≤2mm	1.8mm
防水验收一次合格率	≥98%	98.7%
工期压缩比例	15%	15%
激光扫描复核效率	30min/节点	25min/节点
淋水试验缺陷复发率	≤0.5%	0.3%

实践数据表明,该体系将构件安装平均偏差压缩至 1.8mm,防水工程一次性验收合格率达 5362 处,合格率 98.7%,较传统监理模式减少重复验收 3 次,总体工期缩短 42 天。

5 结论

本研究针对装配式建筑施工阶段监理质量控制难题,通过系统分析预制构件从生产运输、现场吊装到节点连接的全过程质量风险,构建以 BIM 技术为核心且融入数字化监控手段的全过程动态质量控制体系,该体系通过建立预制构件唯一编码追溯系统实现对构件流转状态的全周期追踪,利用三维激光扫描技术对复杂节点进行精准复核以确保安装精度达到毫米级要求,并针对防水密封等薄弱环节制定专项监理方案来强化过程旁站与验收管控;实践证明,所提出的技术方法能够有效控制构件安装偏差,显著提升节点连接与防水工程的一次验收合格率且合理压缩施工工期,该集成化方案为装配式建筑施工监理提供可操作、可推广的质量控制范式。