

建筑工程中 PC 构件吊装施工技术要点与质量控制研究

王建卓

上海建工集团股份有限公司 上海 200080

【摘要】：随着装配式建筑的快速发展，预制混凝土（PC）构件在建筑工程中的应用愈发广泛，其吊装施工质量直接决定工程结构安全与使用功能。本文结合实际建筑项目实践经验，系统阐述 PC 构件吊装施工中的核心技术要点，包括构件运输与堆放、施工测量、塔吊布置、核心节点施工及灌浆施工等关键环节；同时从预制构件验收、施工过程管控、灌浆质量检测及成品保护等方面，提出针对性的质量控制措施，为同类装配式建筑工程 PC 构件吊装施工提供技术参考。

【关键词】：装配式建筑；PC 构件；吊装施工；技术要点；质量控制

DOI:10.12417/2705-0998.25.23.015

1 项目背景

装配式建筑凭借高效、环保、质量可控等优势成为行业转型核心方向，而 PC 构件吊装作为装配式施工的关键环节，其技术与质量控制直接决定工程成败。本文研究依托长宁区新泾镇 232 街坊 17/1 丘 77-01 地块装配整体式住宅工程。该项目具有鲜明的典型性与特殊性，核心特点及施工难点如下：

（1）构件体系复杂，预制构件涵盖框架柱、框架梁、次梁、楼梯及楼板等全类型构件，预制率不小于 30%，构件总量大且规格多样；（2）场地条件严苛，项目为全地库结构，无独立室外堆场，PC 构件需临时堆放在地库顶板上，堆场规划受顶板承重、后浇带避让等多重限制；（3）吊装条件复杂，现场塔吊覆盖存在局限，部分区域需协同汽车吊作业，且项目交叉作业面广，与其他施工环节干扰较大；（4）质量管控要求高，全类型构件连接节点多，尤其是梁柱核心节点、转换层锚固节点的施工质量直接影响结构安全。

基于上述项目特点，本文深入研究适配该项目的吊装施工技术要点与质量控制方法，旨在解决项目实际难题，提升施工质量与效率。

2 PC 构件吊装施工技术要点

2.1 施工前期准备技术要点

2.1.1 场外协同准备

施工前需建立与 PC 构件厂家及设计团队的常态化沟通机制，明确构件生产周期、运输路线及进场计划。实地核查厂家生产能力，结合生产实际制定项目整体施工计划；联合总包、监理及厂家开展现场勘查，确认现场道路宽度、转弯半径等满足运输要求，主大门道路宽度不小于 8m，场内道路宽度不小于 6m，确保运输车辆双向通行及场内转向畅通。安排专业质量人员驻厂验收，严格排查构件外观、尺寸及钢筋布置等质量问题，杜绝不合格构件进场。

2.1.2 现场堆场规划

本工程为全地库结构，PC 构件临时堆场设置在地库顶板

上，需待顶板强度达到设计要求后方可使用。堆场规划需遵循“分区分类、就近吊装”原则，按构件规格、品种、使用部位及吊装顺序划分堆放区域，确保堆场位于塔吊覆盖范围内。堆场需避开地下室后浇带，若运输线路必须经过后浇带，需铺设 6000×3000×20mm 钢盖板，并加密后浇带跨内立杆间距。堆场地面需平整坚实，设置排水措施防止构件受潮变形，堆垛间预留检修通道。

2.2 构件运输与堆放技术要点

结合项目构件类型多（框架柱、梁、叠合板等）、需在地库顶板堆放的特点，优化运输与堆放方案，具体要求如下表所示。

表 1 构件运输与堆放技术要求

构件类型	运输方式	叠放层数	支垫要求	特殊控制要点
预制墙板	竖放，专用运输架	单层（竖放无叠放）	运输架内设置柔性缓冲垫	避免板面磕碰，运输架需固定牢固
框架柱、梁	平放，18m 平板车	≤2 层	底部通长木条，层间两点支点（距端 1/4~1/5 长度）	紧绳固定，防止运输中滑移
叠合板	平放，可叠放运输	运输≤6 块，堆放≤6 层	各层支垫上下对齐，最底层通长支垫	总高度符合限高，避免超限运输
楼梯	平放，单独固定	≤4 层	两端及中部三点支垫	预留踏步保护空间，避免碰撞

注：所有构件运输车辆均选用限载重 60 吨的 18m 长平板车，运输过程中启动放缓、转弯减速，堆放区域均位于塔吊覆盖范围内，且避开地库后浇带。

结合项目构件类型多的特点，优化运输与堆放方案：预制墙板采用竖放运输，配备专用运输架保障质量；框架柱、梁采用平放运输，底部设置通长木条，并用紧绳固定；叠合板可叠放运输，层数严格控制在 6 块以内，总高度符合限高要求，避

免超限运输。构件堆放以平放为主，严格控制叠放层数：柱、梁叠放层数 ≤ 2 层，楼梯 ≤ 4 层，叠合板 ≤ 6 层；层间支垫采用两点支点布置，支点距板端 $1/4 \sim 1/5$ 板长，各层支垫上下对齐，最底层采用通长支垫，确保构件受力均匀，避免因堆放不当导致变形，适配项目多类型构件的保护需求。

2.3 施工测量技术要点

2.3.1 测量孔留置规范

控制点选择在横轴、纵轴开闢区域，形成闭合轴网，与主轴线关系明确。每层楼板浇筑时，在控制点处预埋 $250 \times 250 \text{mm}$ 木质方盒作为测量孔，楼板支撑体系避开方盒位置，确保垂直投点时视线通畅。测量孔不设置在纵横轴线上，避免剪力墙或柱子遮挡视线，可将通长纵横轴线平移 1m 左右，保障经纬仪通视及复查需求。若测量孔位于叠合板位置，需提前将孔位信息提供给构件厂，便于构件生产时直接开孔。

2.3.2 精准测量定位

每层楼面轴线垂直控制点不少于3个，采用经纬仪由底层原始点直接向上引测；每层设置1个引测高程控制点。预制构件控制线由轴线引出，每块构件设置纵、横控制线各2条；预制外墙板安装前在内侧弹出纵横向定位线与水平线，安装时与楼层控制线精准对接。预制框架柱垂直度测量利用4个角留设测点作为转换控制点，采用靠尺校核测量；柱顶部设置水平标高点，上层柱吊装前垫设垫块或预埋标高控制调节件，保障标高精准。

2.4 塔吊布置与吊装技术要点

2.4.1 塔吊选型与布置

结合本工程PC构件最大重量 3.28 吨、吊装进度及现场环境等因素，选用4台浙江虎霸QTZ160(H6020)塔吊。塔吊覆盖范围合理划分：1#塔吊覆盖1#、2#、7#、8#楼；2#覆盖3#、4#、5#、6#楼；3#覆盖3#、5#、6#、7#、9#、10#楼；4#覆盖7#、8#、9#楼。针对塔吊无法覆盖区域，采用汽车吊吊运构件，汽车吊停靠在加固后的车行道上。同步编制群塔作业防碰撞方案、外脚手架方案及人货梯方案，人货梯及脚手架附墙层灌浆完成且混凝土强度达到C30后，方可投入使用。

2.4.2 吊装核心要求

构件装卸优先采用垂直起吊，减少构件损坏及后期施工难度。装车前安装吊装架，构件放置后采用软隔离固定。主梁吊装选用吊装梁，每段主梁至少设置2个吊点，避免底筋提前受拉。预制柱吊装后立即安装临时斜撑，通过预埋斜撑定位固定，斜撑根部采用钢筋点焊连接，防止混凝土浇筑时偏位；柱预埋钢筋通过定位板校正固定，确保间距符合设计要求。塔吊升节严格按计划执行，与楼层施工进度协调衔接，保障垂直运输高效有序。

2.5 核心节点施工技术要点

2.5.1 竖向与水平结构接合施工

竖向结构接合部主要为预制柱接头，采用现浇钢筋混凝土连接，模板选用木模板，利用对拉螺栓固定，预制梁生产时预留对拉螺栓孔。构件与模板接触面缝隙采用海绵条封堵，防止现浇混凝土漏浆。水平结构接合部包括预制叠合板之间、叠合板与现浇梁或柱交接处，均采用现浇钢筋混凝土连接，模板拼接处设置密封胶带，避免漏浆问题。

2.5.2 主次梁与梁柱核心节点施工

主次梁节点施工前复核钢筋位置，避免主筋同高错位；核心区主梁抗扭腰筋采用搭接焊连接，先通过直螺纹套筒连接短钢筋至预制构件，再采用E50型焊条进行单边焊接，焊接长度 $\geq 10d$ ，双面焊接 $\geq 5d$ ，焊缝高度 6mm ，确保焊缝均匀连续。梁柱核心节点施工需分步进行，预制梁下柱箍筋由厂家出厂时绑扎完成；核心区内箍筋数量根据梁主筋距离及设计间距计算确定，按“放置箍筋—套筒连接腰筋”的步骤循环施工，安排专人连续作业，避免箍筋数量不足。

2.5.3 转换层现浇柱顶部锚固施工

本工程一层及以上柱为预制构件，为便于预制柱主筋锚固至现浇柱内，现浇柱主筋顶部采用锚固螺栓方式锚固，相比传统弯锚 $15d$ 方式，有效减少空间占用，提升锚固可靠性。

2.6 套筒灌浆施工技术要点

套筒灌浆施工环境温度控制在 $5^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ ，灌浆料按设计配比搅拌，搅拌时间不少于5分钟，静置时间不低于2分钟以排除气泡。搅拌后的灌浆料需在30分钟内使用完毕，灌浆机内留存超过30分钟的灌浆料需废弃。灌浆时保持压力稳定，所有出浆口设置饱满度检测器，待全部检测器灌满后继续保压30秒，再拔出灌浆嘴并封堵注浆口。补灌时出浆孔扩孔内径与补灌装置细管外径差不小于 4mm ，补灌器液面最低位置高于套筒，补灌至出浆孔出浆后，边灌边拉出细管并及时封堵。

3 PC 构件吊装施工质量控制措施

3.1 预制构件验收控制：双关卡杜绝不合格构件

针对项目构件总量大的特点，实行“厂内验收+现场验收”双关卡控制。厂内验收覆盖模具、原材料及成品：核查模具尺寸精度，原材料需提供质量证明文件并送检，成品逐块检查外观、尺寸及钢筋布置，一般缺陷处理后复检。现场验收重点核查：构件观感质量、几何尺寸及编号与安装位置的匹配性；表面生产日期、型号等标识；预埋件、插筋、预留洞的规格、位置及数量；收集产品合格证及质量证明文件，验收合格后方可入库，避免不合格构件影响施工质量。

3.2 施工过程质量控制：动态管控减少误差与风险

组建专业测量团队，对构件安装实行动态检测，及时调整

偏差，控制楼层累积误差；吊装前核查连接钢筋精度，避免碰弯导致安装困难。强化灌浆施工过程管控：灌浆料存放于专用仓库，垫设木垫板，分批进场确保3个月内用完；灌浆工人持证上岗并经技术交底；PC柱校准后用专用座浆料封堵柱基脚，一层柱吊装完成后立即灌浆；总包技术负责人及监理员现场监督，每个构件灌浆孔位留存影像记录，同步制作试块送检，适配项目多节点灌浆质量管控需求。施工前后按规范填写检验表格，不合格项目立即整改，复杂问题制定专项方案。

3.3 灌浆质量检测控制：强化项目抽样与判定

结合项目结构重要性，按“严格检测”标准执行灌浆质量检测。检测在灌浆龄期≥3d后进行，钻头、钻孔设备及内窥镜等满足专项要求。抽样按“每幢楼每个单元为检验批”划分，类别为C类；抽样构件在同一楼面均匀分布，优先选择灌浆孔处或最远套筒，施工质量存疑部位重点抽检；首层及转换层抽样量加倍，最小样本容量按表1执行。检测时精准钻孔，至少清孔2次，碰触钢筋或套筒内壁立即停止；内窥镜测量缺陷深度精确至0.1mm。判定标准：单套筒无缺陷或缺陷最大长度≤1d为合格，超1d为不合格；批量合格率≥80%且缺陷最大长度≤1.5d为合格，否则不合格；发现空洞立即补灌。验收记录详细填写工程信息、检测数据及照片编号，由相关人员签字确认，危大工程验收按规定配齐各方人员。

表1 检测类别

检测批容量	检测类别 A	检测类别 B	检测类别 C	检测批容量	检测类别 A	检测类别 B	检测类别 C
2-8	2	2	3	501-1200	32	80	125
9-15	2	3	5	1201-3200	50	125	200
16-25	3	5	8	3201-10000	80	200	315

参考文献：

[1] 宋倩.装配式建筑预制构件吊装施工常见问题及工艺优化措施[J].工程技术研究,2025,10(20):86-88.
 [2] 吴扬铭.装配式混凝土结构 PC 构件吊装施工技术研究[J].城市开发,2025,(16):136-138.
 [3] 胡振东.建筑项目 PC 预制构建吊装及施工技术分析[J].居业,2025,(01):28-30.
 [4] 穆浩.预制混凝土构件吊装施工安全管理体系构建与优化[J].中国水泥,2025,(01):109-111.
 [5] 于军.装配式施工技术在建筑工程项目中的应用——以预制构件吊装视角[J].住宅与房地产,2024,(14):49-51.

26-50	5	8	13	10001-35000	125	315	500
51-90	5	13	20	35001-150000	200	500	800
91-150	8	20	32	150001-500000	315	800	1250
151-280	13	32	50	>500000	500	1250	2000
281-500	20	50	80	—	—	—	—

注：检测类别 A 适用于一般施工质量的检测，检测类别 B 适用于结构质量或性能的检测，检测类别 C 适用于结构质量或性能的严格检测或复检。

3.4 成品保护与验收控制

针对项目场地紧张、交叉作业多的特点，强化成品保护：灌浆料试块抗压强度达到35N/mm²前，严禁扰动构件；对已安装构件及预埋件采取防护措施，避免碰撞、挤压；易损坏部位设置警示标识，减少交叉作业损坏。质量验收按“单位一分部一分项一检验批”划分，涵盖预制构件质量、吊装质量及竣工验收备案；执行“总包三检一申报一监理/甲方检查一试验一合格签证一隐蔽”流程，试验不合格立即退回处理。验收标准结合《装配整体式住宅混凝土构件制作、施工及质量验收规程》等多项规范，采用就高不就低原则，确保项目质量达标。

4 结论

PC构件吊装施工是装配式建筑工程质量控制的核心环节，其技术要点覆盖施工前期准备、构件运输堆放、测量定位、塔吊吊装、核心节点施工及套筒灌浆等全流程。结合长宁区新泾镇232街坊项目实践，通过优化构件运输与堆放方案、精准控制测量定位、科学布置塔吊、规范核心节点施工及严格执行灌浆工艺，可有效解决装配式施工中的各类难题。同时，建立“构件验收—过程管控—灌浆检测—成品保护”的全链条质量控制体系，严格落实验收标准与检测流程，能显著提升PC构件吊装施工质量。本文研究成果可为同类装配式建筑工程提供实用技术参考，推动装配式建筑施工技术的规范化与标准化发展。