

高层住宅项目 PC 构件施工技术及管理研究

胡树芹

上海恒尚建设工程有限公司, 上海 200441

DOI:10.61369/ETQM.2026050009

摘 要 : 随着装配式建筑在高层住宅中的推广应用, PC 构件施工质量与施工管理对结构安全的影响日益突出。本文以高层装配式住宅项目为依托, 围绕预制楼梯、预制平板等 PC 构件施工过程中的关键技术与管理问题展开研究。重点分析了高空吊装精准定位、节点连接施工、接缝密封防水等关键施工技术。通过工程实例, 对高空精准对接、套筒灌浆饱满度控制及 PC 构件与现浇工序协同等施工难点进行了分析, 并总结相应的技术措施与管理方法。实践表明, 所采用的施工技术与管理措施能够有效提升 PC 构件施工精度与质量, 为高层装配式住宅的规范化、精细化施工提供参考。

关 键 词 : 高层住宅; PC 构件; 施工技术; 施工管理

Research on Construction Technology and Management of PC Components in High-rise Residential Projects

Hu Shuqin

Shanghai Hengshang Construction Engineering Co., Ltd., Shanghai 200441

Abstract : With the promotion and application of prefabricated buildings in high-rise residential projects, the impact of construction quality and management of PC (prefabricated concrete) components on structural safety has become increasingly prominent. Based on high-rise prefabricated residential projects, this paper focuses on the key technical and management issues in the construction process of PC components such as prefabricated stairs and prefabricated slabs. It emphasizes the analysis of key construction techniques including precise positioning during high-altitude hoisting, node connection construction, and joint sealing and waterproofing. Through engineering examples, this paper analyzes construction challenges such as precise high-altitude docking, control of sleeve grouting fullness, and coordination between PC components and cast-in-place processes, and summarizes corresponding technical measures and management methods. Practical applications demonstrate that the adopted construction techniques and management measures can effectively enhance the construction accuracy and quality of PC components, providing references for standardized and refined construction of high-rise prefabricated residential buildings.

Keywords : high-rise residential buildings; PC components; construction technology; construction management

引言

随着建筑工业化的推进, 由于装配式建筑具有施工效率高、质量可控、节能环保等优势, 在高层住宅建设中得到了广泛的应用。PC 构件是装配式建筑的主要构成部分, PC 构件的施工质量关乎到整个结构的安全和使用。但是在施工过程中 PC 构件仍然存在高空定位精度难以控制、节点灌浆质量难以保证、与传统工序衔接不畅等问题。文章依据高层住宅项目实际, 从技术和管理两个方面展开对 PC 构件施工全过程的系统研究, 目的在于改进施工流程, 加强工程品质, 推进装配式建筑技术在高层住宅中的科学应用和发展。

一、PC 构件的施工阶段划分

高层住宅项目 PC 构件施工可划分为构件预制、运输存储、现场装配、节点处理与验收四个核心阶段, 各阶段衔接紧密。构件预制阶段以施工图纸为依据, 技术人员完成深化设计, 确定楼梯

的钢筋布置、预埋件位置, 以及预制平板的板底筋、面筋布置参数。通过模具组装、钢筋绑扎、混凝土浇筑及养护生产构件, 重点控制楼梯的踏步尺寸偏差与混凝土强度, 预制平板的边长偏差与钢筋间距偏差。运输存储阶段按进度制定运输计划, 选适配车辆与固定方式防碰撞, 现场按规格分类存储并设支撑防裂缝。现

场装配阶段先做场地准备与测量放线，再用起重设备吊装构件至设计标高，调整位置与垂直度后临时固定并开展节点连接，严格遵循安装顺序与精度要求。节点处理与验收阶段对节点做焊接、浇筑或灌浆处理，按规范验收构件安装位置与节点质量，合格后方可进入下一环节，各阶段有序推进保障施工质量与安全。

二、PC 构件的施工关键技术

（一）PC 构件高精度吊装定位技术

高层住宅预制楼梯、预制平板吊装定位要结合构件重量、建筑高度和现场环境制定专项方案。施工前技术人员用 BIM 技术建立构件和建筑结构三维模型，模拟吊装路径，确定吊点位置和数量，吊点选择经过受力计算保证构件起吊受力均匀，防止形变。吊装设备采用匹配构件重量和高度用的塔式起重机，要验算起重机基础承载力，满足吊装荷载要求。构件起吊前检查吊具与构件的连接节点，用专用吊具与预埋件牢固连接，起吊时专人指挥，用全站仪实时监测位置偏差。构件就位采用可调支托微调，预制楼梯水平偏差控制在 5mm 以内，垂直度偏差控制在 3mm 以内，预制平板水平偏差控制在 5mm 以内，就位后及时固定临时支撑，支撑要有足够的刚度，间距满足设计要求，防止构件移位。

（二）PC 构件节点连接施工技术

预制楼梯、预制平板节点连接质量影响高层住宅结构稳定性，常见形式有套筒灌浆、浆锚搭接、螺栓连接。套筒灌浆连接施工时，施工人员清理套筒内的杂物和积水，检查套筒与钢筋的位置偏差，钢筋插入深度满足设计要求，偏差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 范围内。灌浆使用专用灌浆料，严格按配合比进行搅拌，时间不少于 3min，保证浆料均匀无结块。灌浆从底部注入，待顶部溢浆口流出均匀浆料后封堵，过程要连续，防止断浆，灌浆后做好养护，温度低于 5℃ 时保温，养护时间不少于 7d。浆锚搭接要保证预制楼梯、预制平板预留钢筋长度与孔径匹配、孔内灌浆料饱满，螺栓连接要保证拧紧力矩符合设计要求，用扭矩扳手检测。节点连接完成之后做实体检测，用回弹法检测灌浆料强度，用超声波检测套筒灌浆饱满度，以满足结构受力的要求。

（三）PC 构件安装后密封防水技术

高层住宅预制楼梯、预制平板接缝易渗漏，密封防水要控制好材料选择和施工工艺。接缝密封材料选用符合 GB/T14683 标准的高弹性耐候密封胶，施工前清除接缝内浮灰、杂物，用专用清洁剂擦拭构件表面，保证密封胶粘结牢固。预制平板水平接缝处设止水条，止水条应与构件预留槽贴合，安装前检查完整性，防止破损。预制楼梯垂直接缝设防水卷材，铺贴从下往上进行，搭接宽度不小于 100mm，采用专用胶粘剂粘结并涂刷均匀无漏涂。用专用胶枪沿接缝均匀打胶，胶缝宽厚按设计控制，成型后检查表面平整度，防止气泡、开裂。施工完成后做闭水试验，观察 24h，检查接缝是否渗漏，发现渗漏点及时修补，保证接缝防水性

能满足高层住宅使用要求，防止后期渗水影响居住体验。

三、高层住宅项目 PC 构件施工管理技术

（一）PC 构件全流程进度协同管理技术

高层住宅预制楼梯、预制平板施工进度管理要串联预制、运输、安装全环节，按照项目总工期拆解节点。构件预制阶段，管理人员根据现场进度向工厂下达计划，明确预制楼梯、预制平板的型号、数量和出厂时间，参考西兴项目策略优先生产主楼关键构件，建立工厂进度周报制，每周核对生产情况，避免供应滞后。运输环节要按照吊装进度定出运输批次，车辆应配备专用固定装置以防止构件受损，运输路线尽量避开项目周边繁忙路段，如西兴项目协同路、滨和路，以减少延误。现场安装按照塔吊覆盖范围分区流水施工，确定各区域预制楼梯、预制平板安装顺序，管理人员每日核对进度，滞后工序及时增加设备或人员，保证预制楼梯、预制平板施工进度与项目整体进度相匹配，避免影响预售或者封顶节点。

（二）PC 构件质量全过程管控技术

预制楼梯、预制平板的质量控制要贯穿设计、生产、安装的全过程，建立多环节的验收机制。设计阶段审核构件深化图时，主要看预制楼梯节点连接、栏杆安装预埋件位置、预制平板节点连接、管线预留孔位置等，符合绿色建筑一星、装配率 $\geq 30\%$ 的要求。生产阶段派驻厂代表，监督原材料检验、钢筋绑扎等工序，抽检预制楼梯、预制平板混凝土强度、钢筋间距，出厂前检查构件外观、尺寸，禁止有裂缝、露筋等缺陷的构件出厂。现场安装执行进场验收，核对预制楼梯、预制平板型号、合格证，安装时用全站仪监测精度，完成后检测节点质量，做好验收记录，保证每道工序合格，避免返工，保证高层住宅结构安全。

（三）PC 构件施工安全专项管理技术

高层住宅预制楼梯、预制平板施工安全需要针对吊装、高空作业制定专项措施。吊装前检查设备，塔吊基础、吊具、钢丝绳等，保证性能完好，设置警戒区，禁止非作业人员进入，指挥使用标准信号。高空作业要加强防护措施，安装平台要设置防护栏杆和挡脚板，脚手板要满铺，建筑周围应设置水平安全网。预制楼梯、预制平板堆放场地需平整硬化，按构件类型、重量分类堆放，高度不超规范要求。管理人员定期进行安全检查，发现隐患立即整改，加强安全培训，提高人员安全意识，保证施工无安全事故，达到安全文明工地标准。

四、案例分析

（一）项目概况

该项目为西兴北高层住宅项目，需满足绿色建筑一星及装配率 $\geq 30\%$ ，核心使用 PC 构件装配施工。该地块位于滨江区西兴板块，东临风情河绿化，南临滨和路，西临协同路，北临启智街 89 号，PC 构件运输要避开繁忙路线来减少延误。施工覆盖 PC 构件预制、运输、现场安装全过程：构件生产要符合规范，出厂前检

测外观、尺寸、强度。现场按照塔吊的覆盖范围进行分区流水施工，先主楼构件生产安装，后地库，保障预售和结构封顶节点。管理方面要符合杭州市安全文明工地标准，重点控制吊装和高空作业的风险。质量贯穿设计、生产、安装全过程，有节点连接检测、安装精度检测。进度依靠全流程的协同机制，保证 PC 构件施工与项目整体进度相适应，从而达成结构安全、质量合格的装配式高层住宅建造目的。

（二）项目难点与对策

（1）高空精准对接难度大

高层住宅预制楼梯、预制平板安装要进行高空构件对接，受风力、吊装设备稳定性等影响，构件定位精度容易出现偏差。高层施工环境中的风力常常达到 3-5 级，构件起吊后会晃动，对接难度增加。塔吊在高空作业时，起重臂会发生形变，构件的落点也会偏移；预制楼梯单块重量达到 1.5-2 吨，预制平板单块重量达到 1-1.2 吨，微调时容易因为受力不均而产生位置偏差，如果偏差超过规范允许的范围，比如水平偏差 $> 5\text{mm}$ ，垂直度偏差 $> 3\text{mm}$ ，就需要拆解重装，这不但会耽误工期，而且可能会损坏构件。

对策是从设备选型、工艺优化两个方面入手。项目使用大吨位并且带有微动控制的塔吊，此类塔吊利用液压系统对起重臂进行微调，减小落点误差；构件起吊前在吊点处设置防风缆绳，专人地面牵引，控制构件晃动；安装时采用双全站仪监测法，两台仪器分别从横向、纵向实时监测构件位置，数据同步传输到指挥终端，指导操作人员通过可调支托精准调整，保证对接精度符合要求，在构件临时固定后立即复核位置，防止后续工序影响定位。

（2）节点灌浆饱满度难保障

预制楼梯、预制平板套筒灌浆连接节点属于结构受力的关键部位，灌浆过程属于隐蔽工程，若灌浆料出现空隙或者不饱满的情况，就会造成钢筋传力失效，进而影响结构的整体承载能力。施工中常见问题有套筒内杂物清理不干净，影响灌浆料流动；灌浆口与溢浆口高低差设置不合理，空气排不出去形成气泡；灌浆料搅拌后流动性下降过快，造成灌浆中断。这些问题容易造成套筒内产生空洞，在后期检测中超声波反射信号异常，需要凿除节点重新施工。

对策：加强过程控制和技术创新，制定套筒清理验收清单，工人清理完套筒后质检员一一检查，用高压气枪吹扫套筒内部，保证没有灰尘、油污。改进灌浆工艺，采取“分级灌浆法”，先从底部灌浆口注入少量灌浆料，溢浆口开始流出浆料时暂停 1 分钟，排出套筒内空气，然后继续灌浆至溢浆口持续流出均匀浆料，夏季施工时调整灌浆料配合比，加入缓凝剂延长初凝时间，控制搅拌批次，每批次灌浆料在 20 分钟内用完，灌浆完成后及时覆盖保湿，养护时间不少于 7 天，养护期间不得扰动构件，保证灌浆料强度达标。

（3）施工与传统工序衔接不畅

高层住宅项目预制楼梯、预制平板施工与现浇工序如楼板叠合层、楼梯间现浇段交叉施工，工序衔接不妥，易产生施工冲突

或质量隐患。常见的预制平板安装时现浇板钢筋与预埋件对接错位，需要将钢筋重新切割再焊接，从而影响结构强度；预制平板安装后没有及时浇筑叠合层混凝土，构件处于悬臂状态，悬臂长度大于 2 米时，挠度值可达到 10mm，造成板底开裂；传统外架搭设和预制楼梯、预制平板吊装时间重叠，外架立杆阻碍构件运输通道，延误吊装进度。

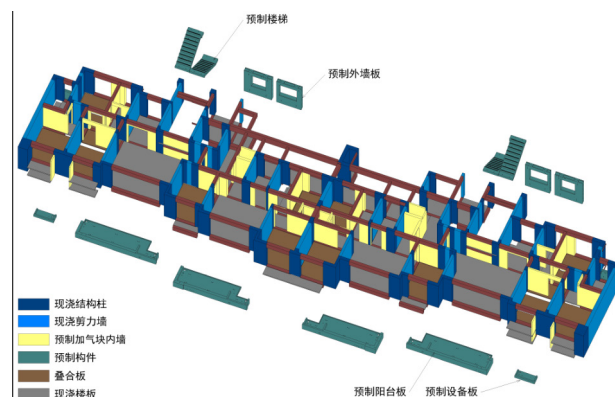


图1 BIM模拟图

对策是项目施工前用 BIM 技术模拟预制楼梯、预制平板和现浇工序的空间关系，确定各工序施工的时间窗口和空间范围，例如规定预制平板安装完成后 48 小时内必须完成现浇板钢筋绑扎；在 PC 构件深化设计阶段，提前在平板预埋件处预留钢筋接驳器，现浇钢筋直接插入接驳器连接，避免错位；采用“附着式升降脚手架”代替传统外架，该脚手架可以随着预制楼梯、预制平板的吊装进度分段升降，不占用构件运输通道，同时在脚手架和构件之间设置防护挡板，防止施工杂物坠落，保障交叉作业安全，另外每日召开工序衔接协调会，核对当日完成情况，提前规划次日工序，保证 PC 施工和现浇工序有序推进。

（三）心得体会

高层住宅项目预制楼梯、预制平板施工技术实践过程中，“精准化”是主要要求。预制楼梯和预制平板高空对接初期由于忽略风力的原因，构件晃动偏差较大，后来通过吊点设置防风缆绳、专人地面牵引、双全站仪横纵向实时监测等方式，将偏差控制在规范内，说明设备选型和工艺优化要同步进行，单靠设备或者监测难以达到标准。节点灌浆属于隐蔽工程，前期由于套筒清理不彻底造成空洞，后期推行验收清单、高压气枪吹扫，配合分级灌浆法，夏季添加缓凝剂，解决了饱满度问题，可见技术措施要配套管理流程，才能规避隐蔽风险。

工序衔接的关键是协同性。预制构件与现浇工序交叉初期，由于没有提前模拟出现平板预埋件和现浇钢筋错位，后来用 BIM 技术规划空间和时间窗口，规定平板安装后 48 小时内完成现浇钢筋绑扎，同时采用附着式升降脚手架化解外架和吊装冲突，说明 PC 施工方案要兼顾传统工序的特点，不能单一推进。

技术落地要“动态调整”，夏季优化灌浆料配合比，楼梯吊装注重垂直度控制，平板安装注意水平标高复核，不能套用固定模式。只有把技术标准同现场实际结合起来，才能保证预制楼梯、平板的施工质量和施工效率，为高层装配式住宅建设提供经验。

五、结束语

PC 构件施工技术在高层住宅项目中具有明显的优势，但是也存在高空定位、节点灌浆、工序协同等多方面的挑战。通过优化吊装工艺、强化节点质量控制、引入 BIM 技术进行全过程协同管理，可以有效提高施工精度和效率。随着预制技术与管理模式的

不断改进和完善，PC 构件将在装配式住宅的建设中起到更加重要的作用。建议进一步推进技术标准化、管理精细化，加强施工工人培训，实现装配式建筑的高质量、可持续发展。

参考文献

[1] 赖华山. 浅析装配式住宅建筑预制构件施工技术 [J]. 四川水泥, 2024, (04): 109-111.
[2] 王鑫, 邹超, 吴国庆, 等. 装配式住宅建筑预制构件施工技术应用研究 [J]. 科技创新与应用, 2023, 13(27): 160-164.
[3] 王丹. 装配式住宅预制构件施工技术研究 [J]. 住宅与房地产, 2023, (14): 98-100.
[4] 陈明浩. 装配式住宅中预制构件施工技术要点分析 [J]. 中国建筑装饰装修, 2023, (01): 76-78.
[5] 陈文杰. PC 装配式住宅施工阶段的 BIM 技术应用研究 [D]. 广州大学, 2020.