

装配式竖向结构预制安装施工技术

文 / 林振升 广州机施建设集团有限公司

摘要：为响应国家建筑工业化政策，我国正大力推广装配式建筑，但竖向承重构件预制化应用仍相对不足。本文聚焦此技术难点，以广州市某新建小学EPC项目为工程实例，详细阐述了预制柱与预制外墙板的具体施工工艺流程。通过对构件吊装、节点连接、精度控制等关键施工环节的技术介绍及重难点分析，系统总结了竖向预制构件施工中的质量控制经验。本研究旨在为同类装配式建筑工程，特别是涉及竖向结构预制化的项目，提供切实可行的施工技术参考与实践借鉴。

关键词：装配式建筑；预制柱；预制外墙板；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.18.041

引言

装配式建筑是指将标准化设计、工厂化预制生产的建筑部分或全部构件，在施工现场通过可靠的连接方式加以装配而建成的建筑。发展装配式建筑能有效地提高建筑业的科技含量，降低资源消耗和环境污染，促进建筑业产业结构的优化和升级，推动建筑业发展方式由粗放型向集约型、效益型和科技型的转变^[1]；同时通过标准化设计、工厂化制造、机械化施工和信息化管理，显著提高建筑业的劳动生产率^[2]，从而提高建筑的安全和质量，因此在我国推行装配式建筑具有重要的意义。

一、工程概况

广州市某新建小学EPC项目，采用框架结构体系，装配式建筑竖向构件采用预制柱，楼盖采用现浇梁板，装配率大于50%以上。本项目遵循重复率高和模数协调的原则选取预制构件。在方案阶段，对柱网尺寸进行优化，综合考虑预制构件的大小和种类，选择采用预制混凝土柱、预制混凝土外墙板等竖向预制构件^[3]，满足装配率要求。

预制柱的框架结构易于施工，且对提高预制率有较大作用，但在设计时需注意减少构件的尺寸类型预制柱尽量保证模具标准化，预制外墙保证拆分尺寸尽量一致，制作简单复制率高。在设计阶段分析比较了预制构件的吊装、运输条件和成本，结果表明单个构件质量越轻，运输、吊装就相对顺利，运输、施工（塔吊）的成本会降低。由于本项目柱网尺寸较大，预制柱等构件控制在6 t以下；考虑到运输和生产场地等因素，大部分预制外墙板宽度控制在3 m以内。

二、预制柱施工技术

装配式预制混凝土柱与常规现浇混凝土结构柱施工方法及工序存在较大差异，预制柱施工是对构件厂生产的成品结构预制柱进行现场吊运、安装、连接，其有着更高的精度和质量控制要求^[4]。

本项目的预制柱主要截面有（mm×mm）600×600，600×800，800×800等几种类型。经过研究学习国内外先进的预制装配式技术，根据楼层高度将混凝土预制柱按楼层拆分为单节柱长度3400 mm，重量约2.5 t～4.6 t。混凝土预制柱采用这种拆分方式，符合了预制构件的

标准化要求，连接节点较少，施工时容易保证柱的垂直度和施工累计误差，方便工厂制作，运输和吊装也简单易行。

（一）预制柱安装

预制柱安装施工工艺流程：预制柱进场→测量放线→施工面清理→预制柱起吊→预制柱就位→校正及定位→斜支撑固定。

（1）预制柱进场后，为减少重复吊装费用，采用直接将预制柱从运输车起吊至柱位安装点，提前对柱位测量放线定位，对预吊预制柱进行检查，对照图纸检查预制柱结构尺寸、外观质量、编号、预埋件位置等进行全面仔细检查，以免出现错吊造成返工情况。

（2）测量放线：预制柱标高可采用垫片控制，标高控制垫片设置在柱下面，垫片应有不同厚度，最薄厚度为1 mm，总高度为200 mm，每根柱在下面设置三点或四点，位置均在距离柱外边缘100 mm处，垫片要提前用水平仪测好标高，标高以柱顶面设计结构标高+20 mm为准，如果过高或过低可增减垫片的数量进行调节，直至达到要求标高为准。为了保证预制柱子的上下层的安装精度，采用定位钢板作为临时固定措施，如图1所示。在混凝土浇筑前采用定位钢板对柱子的钢筋进行精准定位，并通过点焊的方式固定定位钢板的位置。待混凝土浇筑完成之后，拆除定位钢板，再安装预制柱子。

（3）施工面清理：清理柱子安装部位的杂物，将松散的混凝土冲洗干净，检查框架柱轴线及控制线。

（4）预制柱起吊：预制柱起吊时，吊点的位置和数量要符合深化设计图纸要求，通常由预制柱的长度和断面形状确定。通常用正扣绑扎，吊点选在预制柱已预埋的圆头吊钉位置，在预埋吊钉位置锁好鸭嘴扣吊环。起重吊车的钢丝绳吊钩与鸭嘴扣吊环扣牢，吊绳应在吊点的正上方。起吊的时候注意周边安全，慢慢起吊，等吊绳绷紧后先暂停检查，检查吊钉与鸭嘴扣吊环以及鸭嘴扣吊环与起重吊钩卡环牢不牢，防止脱扣。为了减少预制柱在起吊和就位的时候摆动，预先在预制柱下面挂好溜绳。再仔细检查各部分连接及清理柱头泥污，确保安全后继续起吊。

(5) 预制柱就位：特种作业信号工指挥把预制柱起吊到安装附件位置后，地面放置木方，将预制柱放置在木方上，取下鸭嘴扣吊环，将起重机械吊钩移至预制柱顶部吊环，吊钩与吊环扣紧扣牢后再指挥缓慢起吊预制柱至安装位置的正上方。再次核对图纸及预制柱的编号，确保安装位置无误后，由两人控制调整预制柱方位，确保预制柱断面定位与图纸一致。还需仔细核对预制柱引导筋对不对位，都检查好后，预制柱引导筋对位，如图2所示。核对一下连接件的方向，确保定向入座完毕。最后加设临时支撑固定预制柱，确保安全。

(6) 校正及定位：预制柱吊装前先用全站仪测量放线预制柱轴线及柱边线，现场弹好墨线。预制柱吊装到位后微调预制柱柱底四边与现场定位好的柱边墨线对齐。再增减预制柱底部的垫片，通过安装好的全站仪观测调整预制柱垂直度。已经就位好的预制柱，再用全站仪校准轴线位置及垂直度，确认不超出偏差，方可进行预制柱柱脚灌浆。

(7) 斜支撑固定：采用可调节斜支撑螺杆将预制柱进行固定，脱勾之前必须将预制柱定位，检查固定好，防止因支撑不牢，造成柱子翻倒。



图1 柱筋定位钢板安装

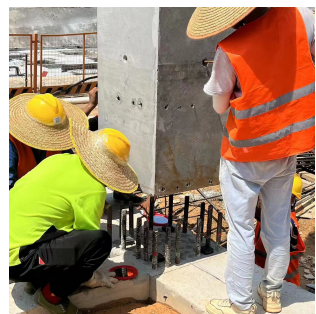


图2 预制柱引导筋对位

(二) 预制柱连接

本项目预制柱采用套筒灌浆的连接方式。与传统预制构件浆锚搭接连接方式相比，套筒灌浆的连接方式具有连接长度大大减少、构件吊装就位方便的优势。灌浆料是流动性能很好的高强度材料，在压力作用下可以保证灌浆的密实性，大量试验数据也已证实套筒灌浆连接方式可以达到钢筋等强连接的效果。

预制柱内套筒钢筋的连接长度仅仅为 $8d$ (d 为钢筋直径)，现场预制柱吊装后采用专用的灌浆料压力灌注，灌浆料的28天强度需大于 85 MPa ，24小时竖向膨胀率

在 $0.05\% \sim 0.5\%$ 之间。《装配式混凝土结构技术规程：JGJ1-2014》^[5]中将套筒灌浆连接定为首选连接方式。

灌浆施工作业流程：首先检查构件安装面清洁和构件定位及垂直度，柱底部采用座浆料封边^[6]，制作灌浆料，采用灌浆泵和灌浆枪，从预制柱底部灌浆孔向套筒内压力灌浆，同一个柱子应连续灌浆，不宜中途停顿，待灌浆料从上部出浆孔流出时，逐个封堵出浆孔。

灌浆套筒连接的质量保证措施：(1) 装配式框架结构竖向构件采用预制柱构件，其作为主体结构的关键性的构件，安全性尤为重要，由于墙柱混凝土预制构件采用灌浆套筒连接，灌浆套筒的施工过程由建设单位委托的第三方检测机构对灌浆的饱满度进行抽样检测，抽样比例不少于10%。(2) 灌浆前，灌浆套筒连接接头应按照《装配式混凝土建筑技术标准：GB/T51231-2016》^[7]要求送检，送检结果应满足相关技术标准要求。(3) 灌浆施工作业时专职质量员及监督员全程旁站监督，施工过程留存影像资料，及时形成施工质量检查记录表。实际灌入量不得小于理论计算值，灌浆料28d标养试块抗压强度应符合要求。

三、预制外墙板施工技术

预制外墙板是装配式建筑物的围护结构体系。由于外墙板在工厂完成制作，因此构件具有很高的精确度和可靠性，并减少了人为因素造成的误差及质量问题，因此在很大程度上保证了预制外墙板的产品质量^[8]。

(一) 预制外墙板安装

预制外墙板安装上最重要的地方在于保护好下部企口、清理下挂墙与楼面交接部位，下挂墙安装前需要修补好现浇梁面的凹凸做法，使得下挂墙底部与现浇梁面形成完整的企口，保障了下挂墙底部的防水效果。下挂墙安装步骤如下：

放线定位→垫片调平→构件吊装→支撑件安装→调平、校正→固定件预埋→砼浇筑→下两层构件卸荷→塞缝、打胶→分缝留设→外墙涂料

(1) 构件进场质量检查、标记、按吊装流程清点数量；

(2) 在楼面上弹出与构件内壁平行偏移 300 mm 的平面定位线，在预制构件内壁位置，距构件底部 1 m 处弹出水平标高控制线；

(3) 楼面清理完成后，布置墙板标高控制垫片并复核垫片标高无误；

(4) 吊装预制外墙板前，对吊具进行安全检查。将预制外墙板起吊至安装位置上方约 500 mm 处缓慢下落，同时依据水平定位线复核构件平面位置；

(5) 安装斜支撑，利用下部斜撑杆进行墙体水平位置调节，利用上部斜撑杆调整墙体垂直度，如图3所示；

(6) 调正构件位置及垂直度无误后，解除吊具；

(7) 预制外墙板与主体结构连接时应充分论证其防渗漏的可行性，底部连接节点采用防水企口以提高防渗漏的可靠性。

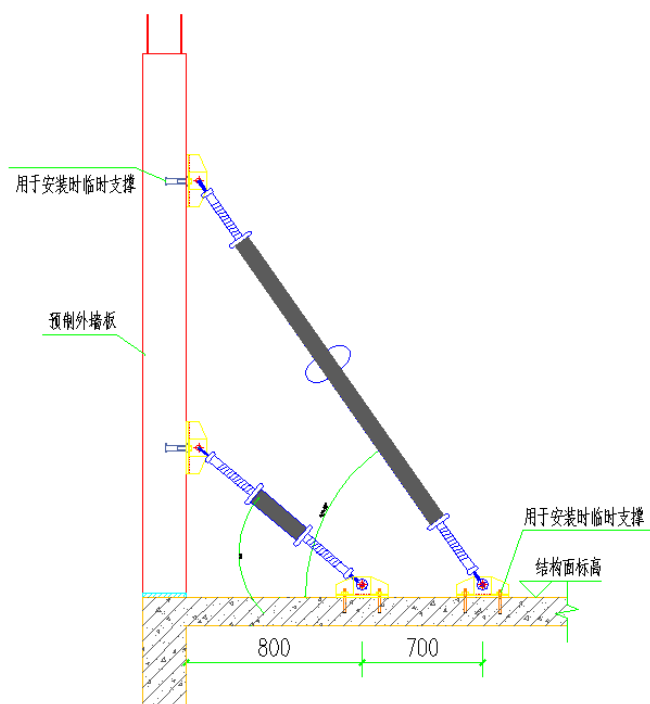


图3 预制外墙板支撑

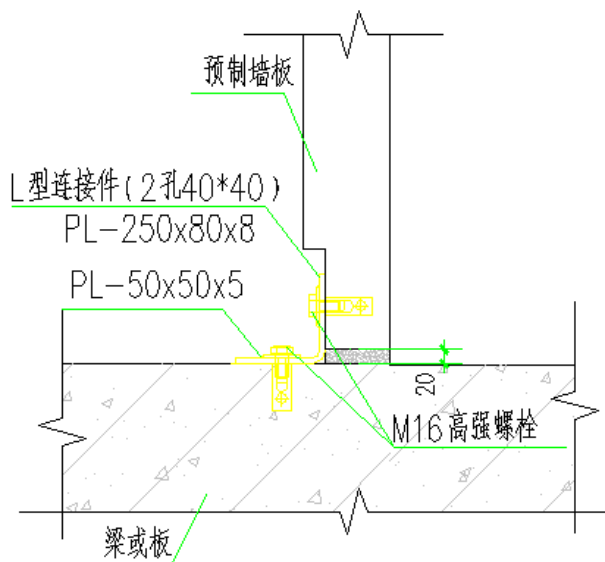


图4 限位件

(二) 预制外墙连接

本项目预制外墙板按顶部悬挂于主体结构下侧来设计。预制外墙板顶部预留钢筋，锚入现浇梁的钢筋中，现浇混凝土后，使预制外墙板与框架结构梁一起现浇固定。墙体两侧预留间距 0.4 m 的构造钢筋筋与两侧现浇构造柱拉结并现浇固定。预制外墙板底部为了消除竖向荷载传递及减少对主体刚度影响^[9] 设置 2 cm 间隙，与主体结构脱开，采用防水砂浆封堵。

预制外墙板下部的连接方式采用 L 型连接件^[10] 与 M16 高强螺栓与主体现浇梁板混凝土机械连接，施工过程中须重视外挂节点的安装质量，保证其可靠性；对于

外挂墙板之间的构造“缝隙”，必须进行填缝处理和打胶密封。图 4 限位件是水平支座固定节点与活动节点的示意图。在墙板上伸出预埋螺栓，楼板底面预埋螺母，用连接件将墙板与楼板连接。通过连接件的孔眼活动空间大小就可以形成固定节点和滑动节点^[11]。当上层现浇梁施工完成，需要结构强度达到 100% 后方可移除临时支撑^[12]。

结语

近年来装配式建筑在政策的支持和引导下发展迅速，建筑体系和配套技术日趋成熟，预制配构件生产能力、建筑机械化水平不断提高。但我国装配式建筑发展形势不容乐观，技术标准不完善，建筑材料和产品的标准化、通用化程度不高，建造成本居高不下，施工效率不高，专业人才和产业工人严重短缺。因此我们应在工程施工过程中不断总结，对预制柱、预制外墙板的施工技术进行优化创新，对关键工序的施工质量进行重点控制，从而使装配式建筑施工质量得到保障，竖向预制结构施工技术得到广泛应用。

参考文献

- [1] 傅智能, 曹祖毅. 湖北建筑业产业竞争力评价及发展对策研究 [J]. 当代经济, 2011, (22): 104-106.
- [2] 徐剑. 装配整体式框架 U 形钢筋连接节点试验研究 [D]. 东南大学, 2015.
- [3] 章鑫, 蓝洪川, 程俊, 等. 竖向预制构件快速安装施工技术应用 [C]//《施工技术》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2023 年全国土木工程施工技术交流会论文集 (中册). 中建一局集团第五建筑有限公司; 2023: 4.
- [4] 龙建文, 张国焰, 谢永超. 装配式混凝土预制结构柱施工质量控制研究 [J]. 广州建筑, 2021, 49(05): 33-37.
- [5] 装配式混凝土结构技术规程: JGJ1-2014 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [6] 田景杨, 王静博, 李金虎, 等. 装配式主体结构竖向构件座浆施工技术研究 [J]. 广州建筑, 2024, 52(04): 87-89.
- [7] 装配式混凝土建筑技术标准: GB/T51231-2016 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [8] 黄清春, 杨瀚钦, 吴浩根. 预制装配式建筑外挂墙板施工技术研究 [J]. 中国住宅设施, 2021, (09): 120-121.
- [9] 祝蓉. 深圳市某保障房项目装配式设计的技术要点 [J]. 建筑结构, 2019-11
- [10] 陈琦. 新型 L 形连接件双钢板-混凝土组合剪力墙滞回性能试验研究 [D]. 合肥工业大学, 2020.
- [11] 曾东豪. 预制混凝土外墙细部设计研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2019-5-22.
- [12] 混凝土结构工程施工质量验收规范: GB50204-2015 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.