

附件：

浙江省装配式建筑适宜施工工法(第一批)

序号	工法名称	完成单位	页码
1	装配式装饰墙板施工工法	浙江亚厦装饰股份有限公司	1
2	基于BIM协同技术的多腔体钢板组合剪力墙施工工法	浙江东南网架股份有限公司	13
3	装配式混凝土结构预制柱快速定位安装施工工法	浙江欣捷建设有限公司	21
4	现浇预制转换层预埋插筋的准确定位安装施工工法	浙江中智建设有限公司	33
5	ALC板材超高外墙抗风压拼接施工工法	中国建筑第八工程局有限公司	43
6	装配整体式叠合板一体化建造工法	浙江大东吴建筑科技有限公司	53

装配式装饰墙板施工工法

1 前言

近年来，国务院积极推广绿色建筑和建材，大力发展装配式建筑，浙江省政府办公厅印发《关于推进绿色建筑和建筑工业化发展的实施意见》，通过进一步的政策帮扶，引领浙江人居未来。考虑到目前市场上墙面板安装的技术工人严重稀缺，人工的成本越来越高，安装效率低、传统施工的空置期长、后期维修麻烦、防火与环保的性能差、空间利用率低、资源浪费严重等综合问题越来越多，我公司针对上述痛点，进行装配式装饰墙板施工工艺的开发研究，形成本工法，并运用到实际工程中。

该工法核心技术已申请国家实用新型专利《一种墙板安装结构》，专利申请号为201910336243.5，《一种快装墙面结构及安装方法》，专利申请号为201910332841.5，《一种阴角连接件及阴角连接组件》，专利授权号为CN201920572150.8，并委托浙江省科技信息研究院进行科技查新，出具了查新报告，报告编号为：202033B2102545。经分析比较，报告结论为：装饰墙板安装、装饰墙板安装方法、墙板调平和阴角连接技术在所检范围内未见详细描述，本工法在国家级及省部级工法中未见报道。

2 工法特点

2.1 采用自主研发的防火、防潮、抗菌、耐磨无醛基板，覆合装饰膜、墙布、布艺、皮革、加之装饰线条，杜绝传统带来的受潮易霉变、易脏、不易打理等问题，可以满足对墙板产品不同风格的需求。

2.2 采用干式工法，装配效率高，不受季节影响，特别是工厂整体包覆的工艺可以有效避免使用中的开裂、翘起等现象。

2.3 装配式墙面板采用自制连接件，模块之间快速拼装，安装效率高，饰面仿真效果强、拼缝呈现工业构造的美感。

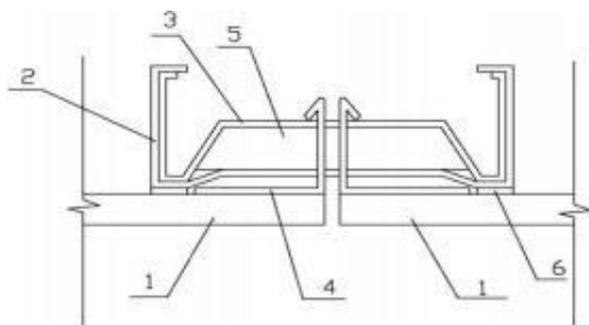
2.4 降低施工难度，颠覆传统做法，部品可拆卸，能够重复使用、便于翻新。

3 适用范围

本工法适用于精装修的住宅、办公楼、酒店等室内和公共区域的墙面，尤其适用于标准化设计的全装修住宅、公寓、酒店客房、医院病房等批量装修项目。

4 工艺原理

4.1 倒勾式安装技术：首先将连接片固定在墙板背面，接着卡入折弯件，并在折弯件凹槽和竖龙骨之间的空隙中装入固定块，通过连接片穿过通孔及固定块和折弯件的两个接孔后，连接片上的弯勾勾住折弯件固定，而竖龙骨两侧的单贴泡棉和墙板的背面紧靠，起到缓冲消声作用，此技术无现场加工，大大降低装修噪声、粉尘污染。如图4.1-1墙板横剖示意图。



(1. 墙板 2. 竖龙骨 3. 折弯件 4. 连接片 5. 固定块 6. 单贴泡棉)

图4.1-1 墙板横剖示意图

4.2 墙板子母口衔接技术：使用平板连接件上的子母口完成墙平面处两块墙面板连接，两板之间的空隙用装饰线条进行处理，降低施工难度，整体安装成本及材料、人工成本得到了大幅度降低，取得重大的经济效益。如图4.2-1墙板安装示意图。

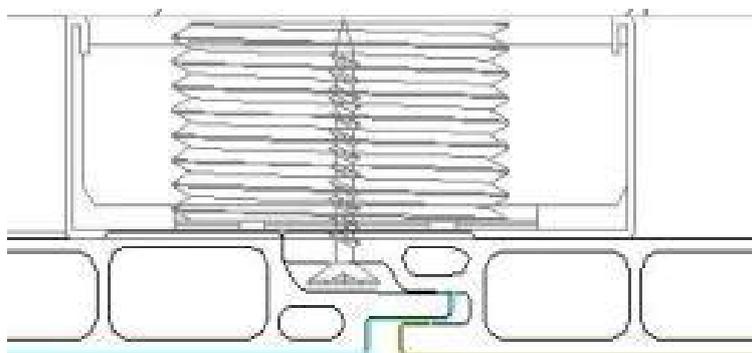
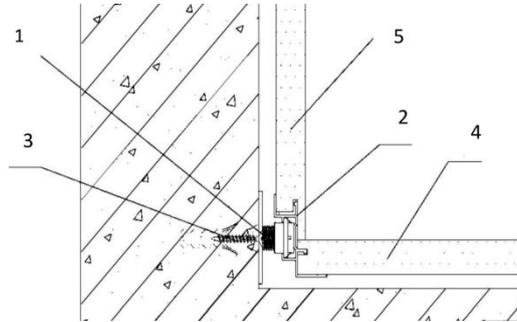


图4.2-1 墙板安装示意图

4.3 可调式精准连接技术：首先用膨胀螺钉将调平组件固定到墙面上，阴角连接件与调平组件卡接，通过调节调平组件对阴角连接件进行全方位调平，待调平完成固定后将阴角饰面板和平板饰面板插入连接件的凹槽并固定，如此完成墙角处饰面板的无缝连接和安装，确保安装精准度。如图4.3-1阴角连接示意图。



(1. 调平组件 2. 阴角连接件 3. 膨胀螺钉 4. 阴角饰面板 5. 平板饰面板)

图4.3-1 阴角连接示意图

5 施工工艺流程及操作要点

5.1 施工工艺流程



5.2 操作要点

5.2.1 施工准备

确定安装方案，做好技术交底和安全交底。将施工现场整理干净，留出施工作业空间，在施工前，组织工作面交接检验，质量检验结果应形成记录。

5.2.2 测量放线

1 现场确定完成面线，再以现场墙面实际测量数据来深化排版线，根据最终确定的排版线来确认墙面基层安装起始线、踢脚线位置及螺丝沉孔点位。



图5.2.2-1 放线图图



图5.2.2-1.1 现场放线完成图

2 利用三维扫描和BIM技术，快速获取现场数据，精准数据下单，将采购、生产、安装及后期的维护进行无缝对接。

5.2.3 调平组件组装

1 将墙面基层找平竖龙骨与天地龙骨根据设计图纸进行现场组装，如图5.2.3-1和图5.2.3-2及图5.2.3-3示。

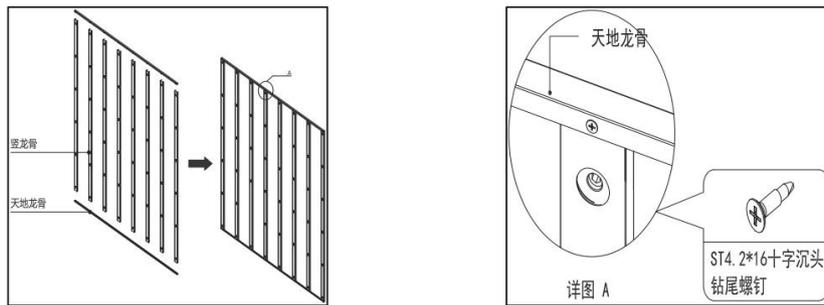


图5.2.3-1 组件安装图



图5.2.3-2 墙面基层安装图



图5.2.3-3 墙面龙骨安装完成

5.2.4 调平组件固定

1 将调平组件立起紧贴墙面，使用水平仪检测竖龙骨外表面平整度，完成调平并使用自攻螺钉+膨胀管将调平模块与原始墙面进行固定，如图5.2.4-1和图5.2.4-2示。

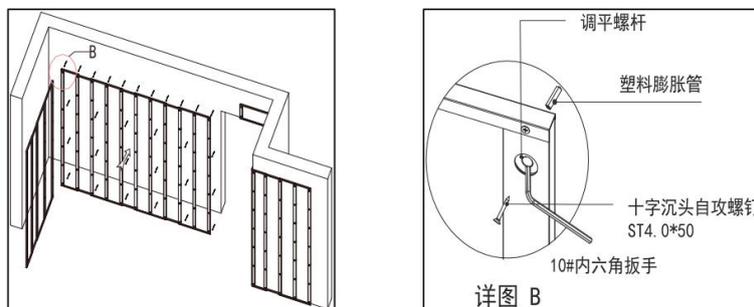


图5.2.4-1 调平固定图

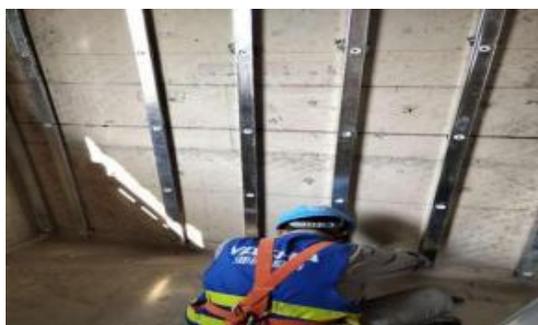


图5.2.4-2 现场调平固定图

5.2.5 顶墙收口线条安装

1 在顶面已经安装完毕的情况下，墙顶收口位置用自攻螺钉安装墙顶收口线条，如图5.2.5-1和图5.2.5-2示。

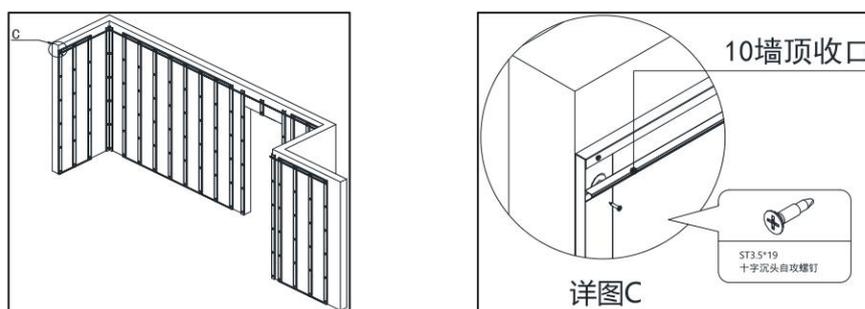


图5.2.5-1 顶墙收口线条安装图



图5.2.5-2 现场顶墙收口线条安装图

5.2.6 起始墙板及大面积墙板安装

1 选阴角位置为安装起始位置，靠阴角一侧的墙面板背面进行临时固定；另一侧则用螺钉予以固定，墙面板顶部须插进顶墙收口里面，如图5.2.6-1和图5.2.6-1.1安装图示。

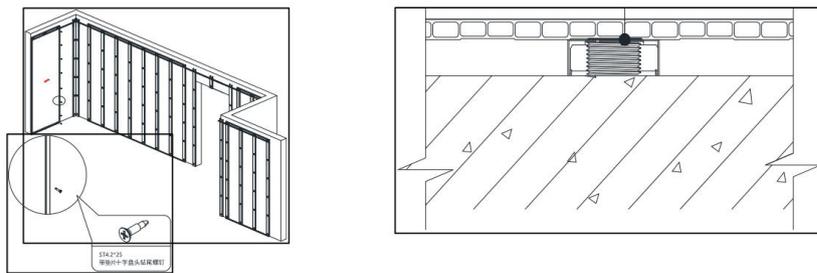


图5.2.6-1 起始板安装图



图5.2.6-1.1 现场起始板安装图



图5.2.6-2 墙板安装完成图

2 以此类推，将后面的墙面板依次通过自身的子母口结构进行安装，靠近阴角一侧的墙面板在板材背面进行固定，如图5.2.6-2。

5.2.7 门顶板和阳角板安装

1 在安装门顶板时，若有门套线盖住墙面板，则以螺钉或枪钉进行固定，门洞另一侧饰面板安装方式同上，如图5.2.7-1门顶板安装示意图。

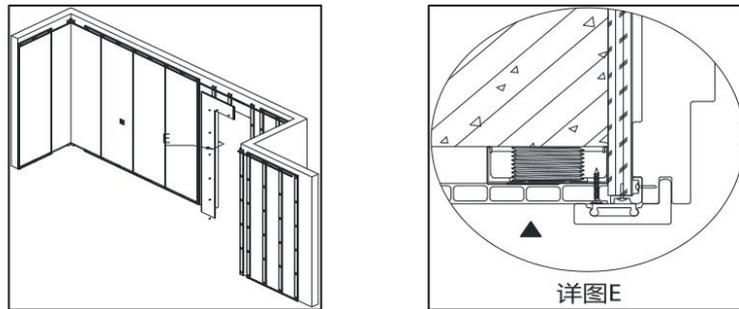


图5.2.7-1 门顶板安装示意图

2 阳角板的安装方式同平面墙饰面板的安装方式一致：一端卡进上一块板的母槽内，另一端通过螺钉进行固定，如图5.2.7-2和图5.2.7-2.1。

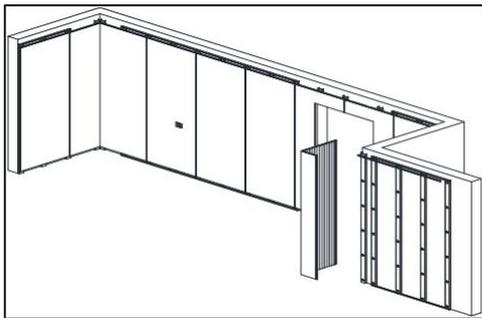


图5.2.7-2 阳角板安装示意图

图5.2.7-2.1 阳角板安装完成图

5.2.8 踢脚线收口安装和质量验收

1 墙饰面板安装完毕之后，进行收口线条的安装，先装扣件，再装压条；转角处需要现场用十字沉头自攻螺钉进行45°斜切处理，最终进行质量验收合格后才可投入使用。如图5.2.8-1和5.2.8-2。

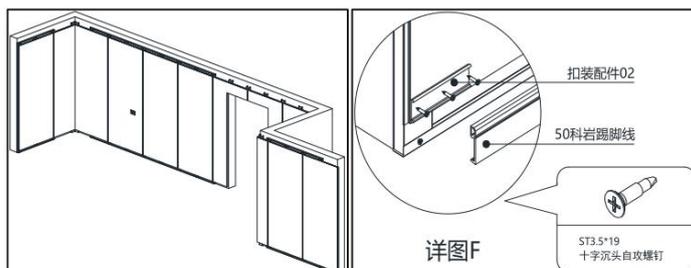


图5.2.8-1 踢脚线收口安装示意图



图5.2.8-2 现场安装图

5.2.9 清理保洁及成品保护

1 墙板安装完毕后，应对表面进行检查，发现表面不平整或存在接缝高低差以及阴阳角方正度偏差的现象应及时纠正。

2 清理接缝：灰尘、污渍需清理干净。

3 完成面应围挡式保护，切勿在表面进行碰撞，以免影响其整体的平整度及造成其表面颜色的污染。如图5.2.9-1现场成品完成面。



图5.2.9-1 现场成品完成图

5.3 劳动力组织

表5.3 劳动力组织表(以一个安装单元为例)

序号	工种	人数	工作内容
1	技术人员	1	测量放线、技术复核
2	装配式工	2	负责组件及墙板安装
3	普工	2	负责材料搬运、打扫清洁

6 材料与设备

6.1 本工法涉及施工机具、检测工具如下：

表6.1 主要设备、工具表

序号	材料名称	规格	备注	序号	材料名称	规格	备注
1	气钉枪	SDT-430	墙板固定	8	纱布	/	擦拭污渍
2	上顶设备	V-0.25/8	墙板吊挂	9	扫把	/	清洁

序号	材料名称	规格	备注	序号	材料名称	规格	备注
3	手电枪	6C(1.7×15)	螺丝固定	10	激光水平仪	高精度水平尺 HT-311 G	找水平, 确定墙板安装起点
4	墨斗	/	弹线标记	11	水平尺	/	水平度测量
5	调平器套装	/	控制平整度和垂直度	12	塞尺	/	接缝高低差测量
6	照明设备	/	照明	13	2m靠尺	/	垂直度测量
7	卷尺	/	高度核对及标记				

7 质量控制

7.1 根据《建筑工业化内装工程技术规程》(CECS标准), 墙板技术指标如表7.1.1-1, 龙骨框架组装尺寸偏差如表7.1.1-2, 装配式墙面安装允许偏差和检验方法如表7.1.1-3。

表7.1.1-1 墙板技术指标

序号	技术指标	相关内容	限值	备注
1	性能要求	防火等级	≥B1级	
2		甲醛含量	≤0.124mg/m ³	(1m ³ 气候箱法)
3		剥离力	≥40N	对聚氯乙烯(PVC)薄膜饰面装饰板进行测试
4		表面胶合强度	≥0.4MPa	仅对浸渍胶膜纸装饰板进行测试

表7.1.1-2 龙骨框架组装尺寸偏差

项目	允许偏差(mm)	检测方法
框架长、宽	±2.0	钢卷尺
对角线长度差	±3.0	钢卷尺
表面平整度	±0.5	钢卷尺

表7.1.1-3 装配式墙面安装允许偏差和检验方法

序号	项目	允许偏差(mm)	检验方法
1	立面垂直度	2.0	用2m垂直检测尺检查
2	表面平整度	1.5	用2m靠尺和塞尺检查

序号	项目	允许偏差 (mm)	检验方法
3	阴阳角方正	3.0	用直角检测尺检查
4	接缝直线度	2.0	拉5m线，不足5m拉通线，用钢直尺检查
5	接缝高低差	1.0	用钢直尺和塞尺检查
6	接缝宽度	1.0	用钢直尺检查
7	墙裙上口直线度	2.0	拉5m线，不足5m拉通线，用钢直尺检查
8	踢脚与门框间隙	2.0	塞尺
9	踢脚与地板表面间隙	2.0-4.0	塞尺
10	踢脚上口间隙	1.0	塞尺

8 安全措施

8.1 手持电动工具使用前应检查合格，必须设置漏电保护器。

8.2 施工现场移动照明应采用36V低压设备，施工时应做到良好通风。

8.3 饰面材料切割操作人员应戴口罩和护目镜。

8.4 所有施工人员上岗前必须进行三级安全教育，考试合格后方可进场施工作业，并设立专职安全负责人，施工现场应设置灭火器、黄砂桶等消防设施。

8.5对现场装配式安装工全部进行技术培训及考核，在考核通过后持证上岗，并按照工厂生产指导书进行现场安装。

9 环保措施

9.1 施工所用的饰面材料、防护剂等应按要求或说明书采购和配置使用，不应添加其它材料或外加剂。

9.2 密闭空间施工时，现场应配备抽排风设备，若有局部板块切割时应有吸尘设备，避免板块粉末进入大气空间。

9.3 零甲醛释放，施工产生的垃圾不得随意丢弃，做到工完场清。

9.4 施工材料和部件宜采用工厂化生产，减少施工现场加工步骤，减少噪音、粉尘污染，现场切割材料时应具备遮挡、覆盖、淋水的降尘措施。

10 效益分析

10.1 社会效益

大力推广装配式建筑，全面实行全装修和成品交付，最终实现节约资源、无污染可持续，保证室内零甲醛，安装完成后即可投入使用，功能完善、部品均质化，降低材料成本、降低人工成本及维护项目成本，全装配式缩短施工周期。

10.2 经济效益

采用本工法施工后，改善了传统饰面产生的系列通病，节约了成本，且使用维护成本低，验收合格率整体提升6%以上。相比于传统同防火等级的木龙骨+木饰面板施工工艺，在使用本工法后，节约直接成本66元/m²，具体如下表10.2-1费用分析表。

10.2-1 费用分析表

传统施工				装配式工业化			
木龙骨阻燃板基层木饰面(元/m ²)		45mm不锈钢踢脚线(元/m ²)		装配式装饰墙板(元/m ²)		科岩踢脚线(元/m ²)	
人工	110	人工	15	人工	65	人工	15
主材	120	主材	25	主材	105	主材	24
辅材	35	辅材	2	辅材	32	辅材	0
小计	265	小计	42	小计	202	小计	39
总计：307元/m ²				总计：241元/m ²			
相比节约直接成本=307-241=66元/m ²							
杭政储出某商业金融用房装饰工程节约直接成本=15000*66=99万元							
某湿地度假酒店室内装修工程节约直接成本=9898.7*66=65.3万元							

11 应用实例

11.1 杭政储出某商业金融用房装饰工程

本工程位于浙江省杭州市西湖区，总建筑面积约18万平方米，地上建筑面积约10万平方米，地下室3层，地上12层，建筑结构为框架剪力墙结构。我司共承接5#一层大堂、地下餐厅，3#2-10层办公层，开工时间为2016年10月20日，竣工时间为2017年9月25日。建筑面积达到80000m²。本工程墙面饰面总面积达到了

15000m²，采用了本工法施工，室内零甲醛，在施工完成后直接投入使用，为使用单位创造直接经济收入，得到建设单位和使用单位的高度认可，施工效果极佳。



图11.1-1 展厅前台墙面完成图



图11.1-2 会议室墙面完成图

11.2 某湿地度假酒店室内装修工程

某文化旅游名城项目是云南省委、省政府确定的10大历史文化旅游项目之一。根据规划，该项目建筑类别为多层公共建筑，框架结构。我司承建的古滇项目湿地度假酒店室内装修工程，主要施工区域为1#楼西区客房，2#楼游泳馆、健身房，5#楼网球馆，开工时间为2017年9月10日，竣工时间为2018年5月30日，建筑面积达到77967m²。本工程墙面施工面积达到了9898.688m²，采用了本工法施工后取得了较大的经济效益，装修质量得到建设单位的高度认可，整体效果极佳。



图11.2-1 客房过道墙面完成图



图11.2-2 电梯厅墙面完成图

基于BIM协同技术的多腔体钢板组合剪力墙施工工法

1 前言

1.1 装配式钢结构建筑是一种高性能、高效率、低能耗、低排放的绿色低碳建筑形式，具有节地、节能、节水、节材和工业化程度高等特点，可大大降低施工能耗与排放，提高工程质量，实现建筑业由粗放型向集约型发展。多腔体钢板组合剪力墙结构体系具有标准化程度高、通用性强、装配化水平高的特点。传统的钢结构或钢筋混凝土结构的施工方法已无法满足这一新型高效结构体系的施工需求。鉴于此，我公司基于BIM协同技术，根据工程实际情况及新型结构的自身特点，开发了多腔体钢板组合剪力墙施工工法。

1.2 本工法关键技术“一种多腔体钢板剪力墙及其操作办法”获得发明专利授权；“多腔体钢板剪力墙之间的纵向连接节点”获得实用新型专利授权。本工法关键技术被评为2019年度省级科技成果，该技术具有显著的创新性和独特的推广价值，工程实用性强，总体达国际先进水平。

2 工法特点

2.1 结合BIM协同技术对多腔体钢板组合剪力墙结构进行施工模拟、进度管控与成本控制，改变了传统钢结构建造过程中信息管理无序、迟缓等现象，为装配式钢结构的精益建造提供了强有力的技术支撑。

2.2 大幅提高多腔体钢板组合剪力墙结构构件分段与吊装方案优化效率。基于多腔体钢板组合剪力墙结构特点(工程物理信息、构件属性信息)以及施工现场信息，通过SEBIM云平台自动优选出适合于现场条件的最优构件分段及其吊装方案。

2.3 实现诸如多腔体钢板组合剪力墙的宽扁构件的快速定位、调整，不需要焊接便可对吊装构件进行临时固定，对接误差调整方便，临时固定装置可重复使用，工序简单且安全高效。

3 适用范围

本工法适用于多层、高层多腔体钢板组合剪力墙结构工程。

4 工艺原理

基于BIM平台，建立多腔体钢板组合剪力墙钢结构工程1:1模型，通过模型构建，根据模型中多腔体钢板组合剪力墙构件的初始分段信息、构件材料信息、施工场地的实际情况、塔吊技术参数，综合考虑经济性及可操作性。通过BIM协同技术对吊装方案进行优化，进一步对多腔体钢板组合剪力墙构件的初始分段方案进行二次优化，最终得到最佳吊装实施方案。

5 工艺流程及操作要点

5.1 工艺流程

基于BIM协同技术的多腔体钢板组合剪力墙施工工艺流程及其施工过程模拟分别如图5.1和图5.2所示。

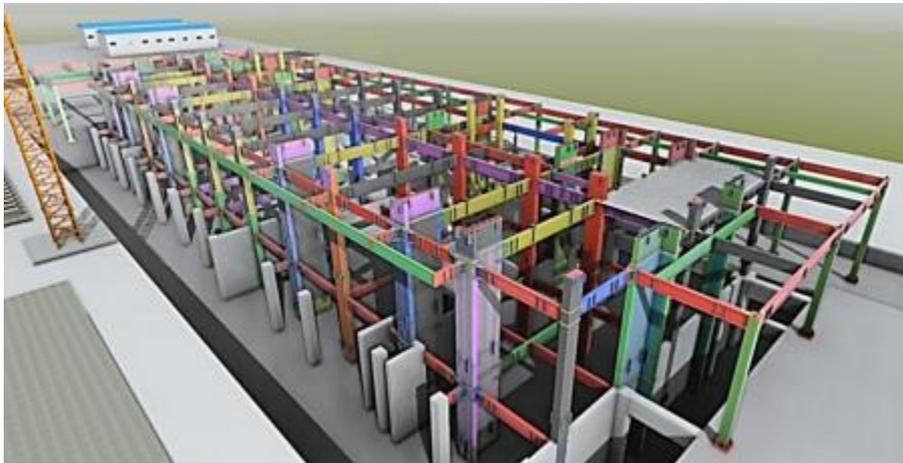


图5.1 基于BIM协同技术的多腔体钢板组合剪力墙施工过程模拟

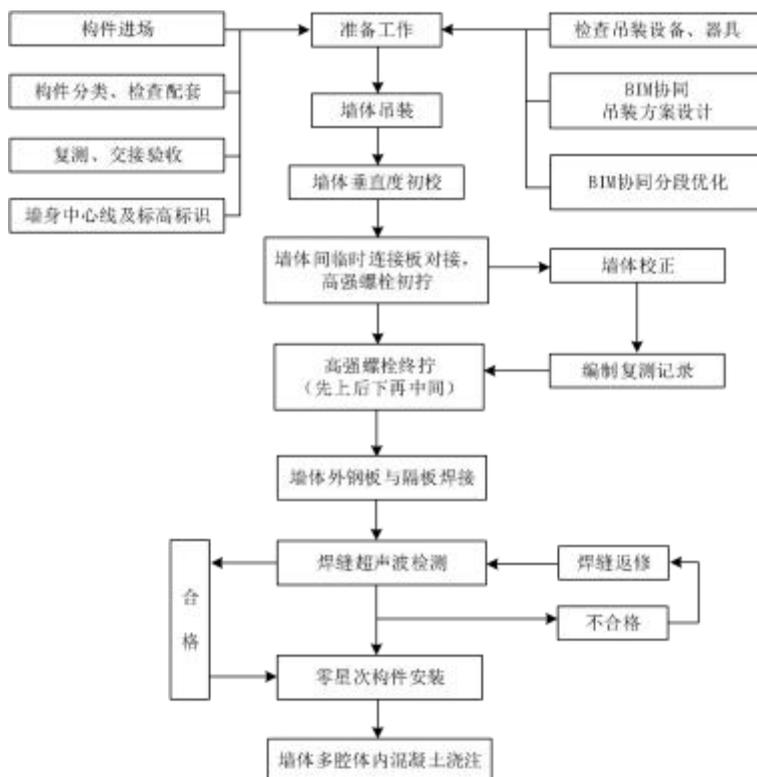


图5.2 多腔体钢板组合剪力墙施工工艺流程图

5.2 操作要点

5.2.1 吊点设置

根据多腔体钢板剪力墙的断面形状、截面尺寸、吊机设备性能等几何与技术参数，通过BIM模型对吊点位置及数量进行设计优化。吊点设置于墙体顶端，墙身竖直，吊点需通过墙体重心位置，对于T型、Z型或L型等不规则断面形式的组合剪力墙，应通过计算确定其吊点数量及吊点位置。



图5.3 墙体吊点设置

5.2.2 墙体起吊

吊装前，应将高强螺栓与T型连接板分别固定于墙体上、下端，将吊绳穿入上端T型连接板腹板的预设螺栓孔中，实现墙体吊装。待起吊就位后，应将揽风绳固定在可靠位置，以避免墙体倾斜，墙体下端T型连接板与下段墙体的上端T型连接板通过夹板连接固定；待揽风绳固定后方可松开吊索。

5.2.3 二节及以上墙体吊装

为使上、下剪力墙不出现错口，尽量做到上、下墙体中心线重合。墙体中线偏差可采用多次每级调整，每级调整应控制在3mm范围以内。每一节剪力墙的定位轴线绝对不允许使用下一节的定位轴线，应从地面控制线引至高空，以避免误差累积，从而保证每节墙体安装准确无误。



图5.4 L型墙体安装

下节墙体的顶部垂直度就是上节墙的底部轴线、位移量、焊接变形、日照影响、垂直度校正及弹性变形等综合偏差校正的基础。可采取预留垂直度偏差值的方式消除部分误差。当预留值大于下节墙体累积偏差值时，只预留累计偏差值，反之则根据计算预留可预留值，其方向与偏差方向相反。

5.2.4 墙体焊接

在进行钢板组合剪力墙的焊接连接时，应合理选择施焊顺序，以防止产生过大的焊接变形。对于同类焊缝应对称、同时、同向焊接，同时应先焊接收缩量较大的焊缝；若单面墙体存在相邻的多个接头时，不应同时开焊，应先焊接一端焊

缝，同时对另一端焊缝采取必要的临时固定措施，待焊缝冷却至常温后，再对另一端焊缝进行施焊。



图5.5 上、下节墙体连接完成



图5.6 混凝土浇注

5.2.5 混凝土浇注

钢板剪力墙墙体混凝土浇注时，可采用汽车泵与塔吊结合的方式，从墙体的腔体顶部自上而下浇筑自密实混凝土，钢板剪力墙设有排气孔。

根据特制的混凝土浇注料斗，控制一次浇注量，同时应对浇注速度进行控制，逆时针或顺时针分层浇注到设计标高，浇注时操作人员负责盯守混凝土浇注位置的变化。将混凝土浇注至稍低于腔体顶板的浇注口位置，待混凝土达到以设计强度的50%后，再用同等级的水泥砂浆补填至浇注口，并用封板一次焊接到位。

6 材料与设备

6.1 材料

6.1.1 钢材的选用应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定。矩形钢管可采用冷弯成型的直缝或热轧管，也可采用冷弯成型钢或热轧钢板、型钢焊接成型的矩形管。剪力墙内混凝土强度等级不应低于C30。宜采用自密实混凝土，也可采用普通混凝土。混凝土强度等级、力学性能和质量标准应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010执行。

6.2 设备

主要机具设备见下表：

表6.1 主要现场安装机械设备

序号	机具名称	数量	备注
1	吊车	1	
2	塔吊	1	
3	超波探测仪	1	
4	经纬仪、全站仪水准仪	3	
5	埋弧自动焊机	1	
6	交直流焊机	4/组	根据方案确定
7	焊条烘干箱	1	
8	混凝土输送泵		根据混凝土浇注方式选择

7 质量控制

7.1 质量执行标准

	项目	执行标准
1	钢结构工程施工质量验收规范	GB 50205-2020
2	钢结构焊接规范	GB 50661-2011
3	气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸	GB 985-1988
4	钢结构设计标准	GB 50017-2017
5	建筑施工高处作业安全技术规范	JGJ 80-2016
6	施工现场临时用电安全技术规范	JGJ 46-2012

8 安全措施

8.1 现场安全生产技术措施

8.1.1 高空作业人员应佩带工具袋，工具应放在工具袋中，不得放在钢构件或易失落的地方，所有手工工具(如手锤、扳手、撬棍)，应穿上绳子套在安全带或手腕上，防止失落伤及他人。

8.1.2 所有钢丝绳、吊索及挂索等在使用前和吊装作业前必须经过起重工检查合格。进行构件之间接头连结和安装就位等高空连接工作前，应搭设稳固可靠的临时工作平台。

8.1.3 高空作业时，应要求施工工人穿防滑高空鞋，同时使用合格的安全绳。安全用电，专人负责，检查电源及电线是否有断裂或接触不良。现场准备消防设施，灭火器材，有专人负责管理维护。

9 环保措施

本工法环保措施遵循当地国家政府下发的环境保护的法律法规，所有构件的焊接、切割全部在工厂完成，施工现场只需要少时的拼装焊接，减少了施工废料和粉尘污染。施工期间遵守当地规定，严格控制施工过程中的噪音，严禁夜间施工，停止噪音超标的施工器械的使用。现场材料堆放整齐，对于施工过程中产生的废弃物，及时运至环保部门指定的地点进行处理。

10 效益分析

10.1 经济效益

本工法有效解决了新型钢板组合剪力墙的施工技术难题，尤其是BIM协同技术的应用，大幅提高了工程效率，减少了施工规划失误，吊装方案优选及多腔体钢板组合剪力墙构件分段出图效率提升85%以上。多腔体钢板组合剪力墙在施工过程中不会产生大量的废料污染环境,取而代之的是工厂加工、现场装配,降低能耗的同时,减少现场工作量与降低施工噪声；此外,装配式钢结构改建和拆迁容易,材料的回收和再生利用率高达70%,可实现建筑异地再生。

10.2 社会效益

本项目研发的多腔体钢板组合剪力墙施工工法的关键技术，具有施工精度高、周期短、工效高、成本低等优点，易于推广应用，带动装配式钢结构产业的发展，为提升国装配式钢结构施工技术水平、促进装配式钢结构技术创新作出重要贡献。

11 应用实例

11.1 杭大江东储出【2017】1号地块住宅兼服务设施用地项目钢结构工程(二期)31#、35#、39#楼

本项目位于杭州市萧山区大江东。本项目的施工工期为2018年8月-2020年12月。31#、35#和39#楼3幢建筑总面积为44700平方米，建筑总长度为67.6m,丙类建筑，抗震设防烈度为6度。其中31#和35#楼地下1层，地上31层，最大高度为92.2m，标准层层高为2.9m；39#楼地下1层，地上21层，最大建筑高度为93.9m。结构构件采用工厂预制生产、现场装配施工的方式。

11.2 浙江绿建集成科技有限公司公寓楼工程

本项目位于杭州市萧山区大江东新城河庄街道，拟建场地东侧为青西三路，南侧为临鸿路，西侧为青西四路，北侧为江东七路，交通较为便利。本项目的施工工期为2019年5月-2020年6月。建筑总长度为67.6m,建筑宽度21.2m，地上12层，无地下室，层高3.2m，建筑高度44.150m，建筑总面积为17805.34m²，丙类建筑，抗震设防烈度为6度。结构构件采用工厂预制生产、现场装配施工的方式。

装配式混凝土结构预制柱快速定位安装施工工法

1 前言

1.1 工法形成原因

为了保证装配式混凝土建筑物的整体稳定性，预制混凝土结构的竖向连接节点均采用等同现浇的原理进行连接，该种连接方式要求现浇部位绑扎并外露一部分钢筋用来插入竖向预制构件内部，然后再通过套筒灌浆等方式进行节点间连接。这种操作方法存在的最大问题是：楼板现浇混凝土层在进行浇注时容易对外露钢筋产生影响，使之发生偏位或者变形，从而导致预留钢筋定位不准，并最终使预留的楼面板钢筋无法准确插入竖向预制构件，不但影响施工进度，还极大地影响施工质量。

1.2 工法形成过程

为解决装配式混凝土结构施工过程中存在的竖向构件定位钢筋偏移问题，本公司自主开发出了一种可拆卸式的预制柱的钢筋定位装置，并总结提炼出了一套施工工法。经工程实践后工程实践证明，本工法的应用，能够合理解决竖向构件定位钢筋偏移较大导致构件安装精度不高的问题，有效的提升了竖向构件安装效率，保证了施工进度，确保了施工质量，该工法的应用，可取得良好的经济效益和社会效益，具有较高的推广应用价值。

2 工法特点

2.1 安装精度高

2.2 施工速度快

2.3 装置制作简单、安拆方便

2.4 经济、社会效益明显

2.5 推广性强

3 适用范围

本工法适用于装配式建筑结构预制立柱吊装时的施工过程。

4 工艺原理

4.1 本工法是针对装配式结构混凝土预制柱构件，在工厂进行预制生产，验收合格后运输到施工现场进行快速拼装，然后采用高性能灌浆料使得下部的钢筋与上部构件可靠连接，养护完成后进行临时支撑的拆除的一套安装技术。

4.2 本工法采用的可拆卸式预制立柱钢筋定位装置包括四周沿壁侧围成的钢筋定位框架、定位条、可拆卸套筒和轴销。在施工时，钢板嵌入带有凹槽形的钢板并用轴销固定，拼接成一个完整的钢筋定位框架，其中钢板和带有凹槽形的钢板设有用于钢筋定位的开口状圆孔和轴销孔，套入建筑物施工层面上的预留钢筋，同时敲入套筒紧固钢筋。

5 施工工艺流程及操作要点

5.1 施工工艺流程

施工工艺流程如图5.1所示：

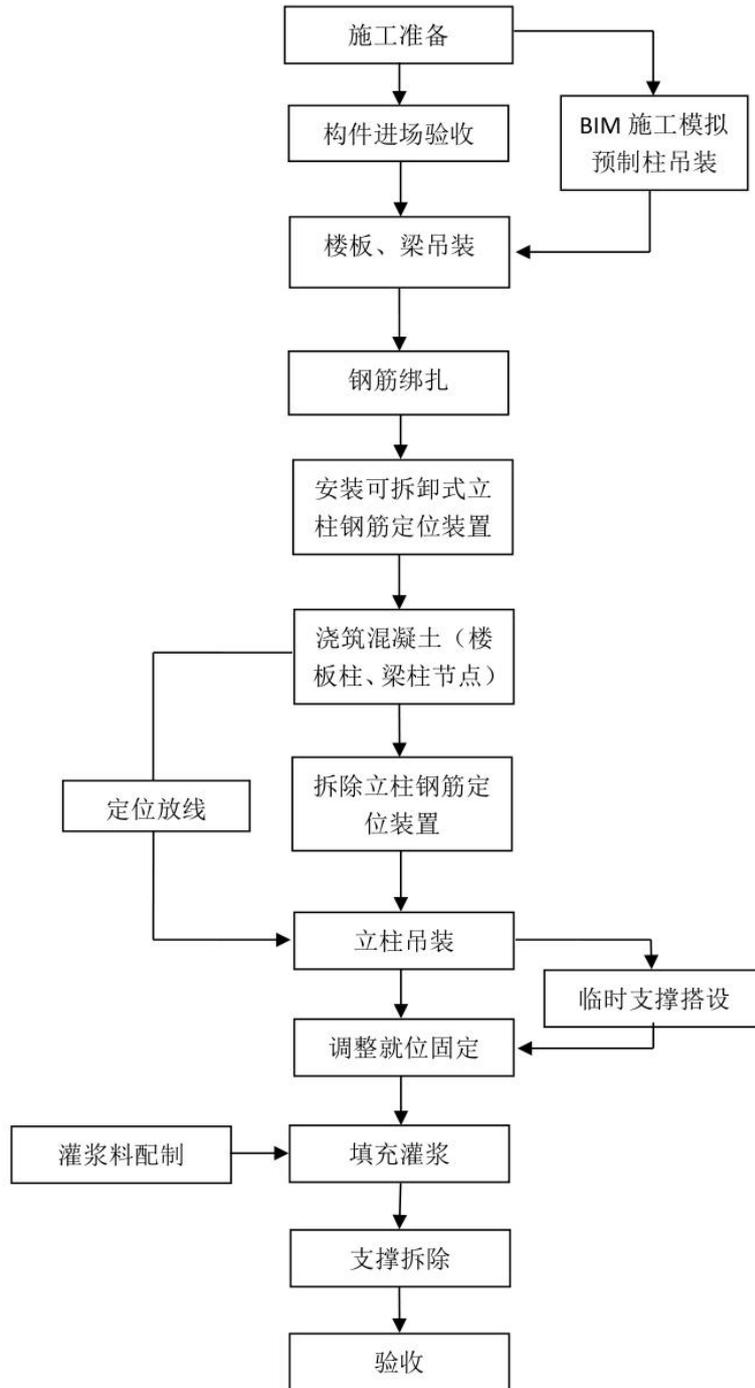


图5.1 施工工艺流程图

5.2 施工操作要点

5.2.1 施工前准备

5.2.1.1 施工模拟：应用BIM技术对预制柱施工全过程进行模拟，以确保吊装过程顺利进行。

5.2.1.2 人员材料机械准备

5.2.1.3 放线准备

5.2.2 可拆卸式预制立柱钢筋定位装置的操作要点

5.2.2.1 可拆卸式预制立柱钢筋定位装置设计：根据预制柱钢筋分布图纸，对可拆卸式预制立柱钢筋定位装置进行设计。

5.2.2.2 钢筋绑扎：在需要现浇处进行钢筋绑扎，同时在预制立柱就位处根据预制柱钢筋分布图，在预制柱的各钢筋分布处预埋钢筋，该预埋钢筋需超出现浇面20-30cm，以便后期插入竖向预制立柱内部，并通过套筒灌浆确保结构可靠连接。

5.2.2.3 安装可拆卸式预制立柱钢筋定位装置:将可拆卸式预制立柱钢筋定位装置在预定位置利用螺栓进行拼接，将现浇层的外露钢筋套入装置钢板和带有凹槽形的钢板对应的开口状圆孔内，用轴销固定好装置钢板，钢板底部控制在距离现浇面高度为50mm左右，下移装置使钢筋高于钢板约20cm。



图5.2.2.3 定位装置拼装



图5.2.2.4 塑料套管固定

5.2.2.4 安装套筒：将塑料套筒套入预埋钢筋上部，套筒下端嵌入钢板的开口状圆孔中，该塑料套筒既可以起到缓冲作用以保护预埋钢筋，还可以卡住钢筋定位装置，不使其下滑。

5.2.2.5 利用装置上附加定位条进一步定位：塑料套筒安装完毕后，结合楼层所有的钢筋定位框架，确定定位条安装或画线的位置，作为装置定位的基点。在楼面上拉定位轴线，调整所有装置的定位条，保证定位条在定位轴线上。

5.2.3 现浇混凝土楼面板或梁柱节点钢筋定位装置安装并调整定位完成后，即可按照常规现浇混凝土操作浇筑混凝土，并振捣养护成型。且在混凝土终凝前必须将预制柱与现浇面相交处拉毛。



图5.2.3 现浇层浇筑养护成型

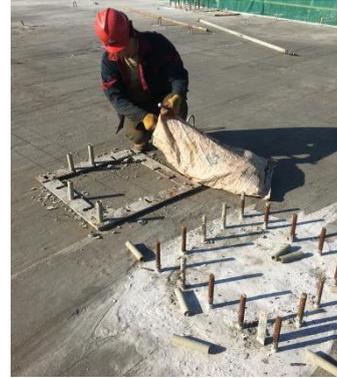


图5.2.4 拆卸、清理、回收

5.2.4 拆卸钢筋定位装置待现浇层混凝土达到一定强度后，卸下预制立柱钢筋定位装置，将模具及PVC管回收并进行清理、刷油，存放妥当以便下一次周转使用。

5.2.5 放样定位，检查钢筋偏位情况

5.2.6 预制柱吊装

5.2.6.1 吊装前在柱四角放置金属垫块，以利于预制柱的垂直度校正，按照设计标高，有两台经纬仪在纵横两个方向控制预制柱垂直度。

5.2.6.2 预制柱吊点位置、吊具索具使用，预制柱单个吊点位于柱顶中央，由生产预制构件厂家预留，现场通过钢索具吊住预制柱吊点，逐步将其移向拟定位置。预制柱构件吊装应采用慢起、快升、缓放的操作方式；起吊应依次逐级增加速度，吊装机械不应越档操作。

5.2.6.3 预制柱吊装时，构件上应设置揽风绳控制构件转动，人工辅助柱移动调整保证构件就位平稳；预制柱在吊装过程中，应保持稳定，不得偏斜、摇摆和扭转，严禁吊装构件长时间悬停在空中。

5.2.6.4 预制柱初步就位时，应将预制柱内预埋钢套筒或金属波纹管与下层预制柱的预留钢筋初步试对，当钢套筒金属波纹管能顺利套上下层预制柱的预留钢筋后，即可在两个方向设置钢斜支撑进行固定。

5.2.7 临时支撑设立

5.2.7.1 预制柱支撑体系采用可调斜撑在两个方向作临时固定，然后进行垂直度调整，并在柱子四角缝隙处加塞垫片。

5.2.7.2 预制柱的临时支撑应保证构件施工过程中的稳定性，且不应小于2道。

5.2.7.3 对预制柱上部斜支撑，其支撑点距离板底的距离不宜小于构件高度的 $\frac{2}{3}$ ，且不应小于构件高度的 $\frac{1}{2}$ ，斜支撑底部与地面或楼面用螺栓进行锚固，支撑与水平楼面的夹角在40-50度之间。

5.2.7.4 构件安装就位后，可通过临时支撑对构件的位置和垂直度进行微调，若预制柱有微大距离的偏移，需借助塔式起重机或汽车起重机、人工撬棍进行调整，如偏移较小则使用临时支撑对构件的位置和垂直度进行细微调整。

5.2.8 预制柱接头连接(优选套筒灌浆连接)

5.2.8.1 灌浆作业应按灌浆料的产品要求计量灌浆料和水的用量并搅拌均匀，搅拌时间从开始加水到搅拌结束不应少于5min,然后静置2-3min,每次拌制的灌浆料拌合物应进行流动度的检测，且其流动度应符合设计要求。搅拌后的灌浆料应在30min内使用完毕。

5.2.8.2 柱脚四周及底部采用铺底封边，形成密闭灌浆腔，操作人员持灌浆机从下孔进行灌浆，当上孔灌浆孔漏出浆液且浆液稳定无气泡时，应立即用胶塞(木塞)进行封堵牢固，保证在最大灌浆压力下(1MPa)密封有效，直至所有灌浆孔都流出浆液并已封堵后，等待排浆孔出浆。

5.2.9 预制柱临时支撑拆除预制柱的临时支撑，应在套筒连接器内的灌浆料强度达到设计要求后方可拆除，当设计无具体要求时，柱底部坐浆料及套筒内灌浆料应达到设计强度的75%以上方可拆除。

6 材料与设备

6.1 主要材料

材料名称	型号	数量	备注
灌浆料	/	按实际工程	《钢筋连接用套筒灌浆料》
钢板	6mm,14mm厚等	按实际工程	用于斜撑支座及检查板等
斜撑杆	/	按实际工程	/
吊装柱	/	按实际工程	/
6*37钢丝	<H15	按实际工程	/
限位模板	/	按实际工程	/
角钢	L75×75×6	按实际工程	用于剪力墙固定等
PVC套管	/	按实际工程	/
搅拌桶	/	按实际工程	/

6.2 主要设备

机具名称	型号	数量	备注
塔吊	按现场需要	按实际工程量	垂直运输
水准仪		按实际工程量	测量放线
全站仪		按实际工程量	测量放线
经纬仪		按实际工程量	测量放线
激光铅垂仪		按实际工程量	控制点层间引测
超声波检测仪		按实际工程量	测量灌浆密实度
千斤顶	5t	按实际工程量	构件对位调整
对讲机		按实际工程量	人员沟通
吊装葫芦	2t	按实际工程量	构件吊装调整
手工灌浆枪		按实际工程量	灌浆充填
电动灌浆泵		按实际工程量	灌浆充填
搅拌器/搅拌棒		按实际工程量	搅拌灌浆料

7 质量控制

7.1 应执行的标准规范和检验方法

- 1) 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204—2015
- 2) 《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014
- 3) 《钢筋连接用套筒灌浆料》(JG/T408-2013)
- 4) 《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》(JGJ355-2015)
- 5) 《装配式混凝土结构连接节点构造》(G310-1~2)
- 6) 《装配整体式混凝土结构施工及质量验收规范》(DGJ08-2117-2012)
- 7) 《装配整体式混凝土结构预制构件制作与质量检验规程》(DG/TJ08-2069-2016)

7.2 质量控制

7.2.1 预制构件质量控制

- 1) 对进场后的构件观感质量和几何尺寸、成品构件的产品合格证和有关资料进行检查。
- 2) 对构件图纸编号与实际进场构件编号的一致性检查。
- 3) 对预制构件在明显部位标明的生产日期、构件型号、生产单位和构件生产单位验收标志进行检查。
- 4) 对构件上的预埋件、插筋、预留洞的规格、位置和数量符合设计图纸的标准进行检查。

7.2.2 装配式混凝土预制柱吊装安装质量控制

- 1) 在底部结构正式施工前，必须布设好上部结构施工所需的轴线控制点，所设的基准点组成一个闭合线，以便进行复合和校正。
- 2) 楼层观测孔的施工放样，应在底层轴线控制点布设后，用线锤把该层底板的轴线基准点引测到顶板施工面。

3) 每层轴线之间的偏差在±2mm。层高垂直偏差在±2mm

5) 在仪器操作上，测站与后视方向应用控制网点，避免转站而造成积累误差。定点测量应避免垂直角大于45°。

6) 在3个月内，必须对控制点进行校核。避免因季节变化而引起的误差。在施工过程中，要加强对层高和轴线以及净空平面尺寸的测量复核工作。

7) 吊装前根据吊装顺序检查构件顺序是否对应，吊装标识是否正确。预制构件的吊装标高控制不得大于5mm，定位控制不大于8mm。

8) 吊装前准备工作充分到位。吊装顺序合理，班前质量技术交底清晰明了。构件吊装标识简单易懂。

9) 吊装人员在作业时必须分工明确，协调合作。

10) 指挥人员指令清晰，不得含糊不清。

7.2.3 装配式预制柱套筒灌浆质量控制

灌浆料应搅拌均匀，搅拌时间不宜少于3min；搅拌后，宜静置2min以消除气泡。灌浆料拌合后至灌浆完毕的时间不宜超过30min。

冬季施工，灌浆料应用温水拌和，搅拌后灌浆料温度不应低于5℃，且应不高于35℃。灌注后，连接处应采取措施保温养护，不少于7天。灌浆料性能应满足《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T408-2013。

8 安全措施

8.1 安全施工

8.1.1 吊装施工前应设置安全警戒区域，严禁非操作人员入内。严禁在已吊起的构件下方或起重臂旋转范围内作业或行走。

8.1.2 应定期对预制构件吊装作业所用的工具、吊具、锁具进行检查，发现有可能存在的使用风险，应立即停止使用。

8.1.3 作业人员应穿防滑鞋、戴安全帽，高处作业应佩挂安全带，并应严格遵守高挂低用。高空作业的各项安全措施经检查不合格时，严禁高空作业。

8.1.4 构件应采用垂直吊运，严禁采用斜拉、斜吊。

8.1.5 吊装作业不应夜间施工，遇到雨、雪、雾天气，或者风力大于6级时，不得进行吊装作业。

8.1.6 在吊装区域、安装区域设置临时围栏、警示标志。工人禁止在吊装范围下方穿越。

8.1.7 吊装施工还应符合现行行业标准《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ276的相关规定。

8.2 文明施工

8.2.1 施工前应按政府相关规定，提前公示，取得周围居民的理解与支持。

8.2.2 安排专人对所以进出车辆进行冲洗，严禁带泥上路。

8.2.3 混凝土运输车辆做好防漏措施，车辆必须在指定地点冲洗。

8.2.4 施工人员进入施工现场时首先进行安全培训、环保培训，进行安全交底。

8.2.5 如遇高温、雨季需做好相应的预案和措施。

9 环保措施

9.1 建立环境保护体系，确立环保责任制。并对现场施工人员进行环境保护教育。

9.2 预制构件运输过程中，应保持车辆整洁，防止对场内道路的污染，并减少扬尘。现场各类预制构件应分别集中堆放整齐，并悬挂标识牌，严禁乱堆乱放，不得占用施工临时道路，并做好防护隔离。

9.3 施工期间，应严格控制噪音和遵守《建筑施工场界噪音限值》GB12523的规定。各类垃圾及时清运，不得随意倾倒，一般要求每班清扫，每日清运。对废料、旧料做到每日清理回收。

10 效益分析

10.1 工期效益

本施工工法提前利用BIM技术对吊装过程进行模拟，能保证后续吊装过程顺利进行，减少因操作引起的工期延误。同时采用可拆卸式钢筋定位装置对外露钢筋进行固定保护，可以防止钢筋在现浇过程弯曲或移位，同时加设定位条进行定位，保证预制构件能够快速、准确安装就位，提升了施工效率，节约了工期。

10.2 经济效益

本施工工法所用的可拆卸式钢筋定位装置可提前设计、预制，整个安拆过程简单方便，且拆卸之后可以清洁保存留待下一次施工用，达到了重复利用的效果，能有效节省成本。

10.3 社会效益

传统建筑施工是在施工现场通过现浇和湿作业的方式来实现，这种施工方式对环境及周边居民生活的影响极大。而工厂化的生产和现场少量的现浇能有效减少对环境的污染以及对周边居民生活的影响，社会效益显著。

11 应用实例

11.1 宁波市某档案馆迁建工程

本项目为一幢10层的公共建筑，4-10层结构施工采用预制装配整体式钢筋混凝土结构体系,其中工程预制柱总数276根，标准层单层数量42根，全部采用本施工工法进行施工。工程实践证明，采用本工法施工，提前对吊装过程进行模拟，同时利用钢筋定位器对预制柱预埋定位钢筋进行固定保护，可以防止外露钢筋在现浇过程发生弯曲或移位，保证后续吊装过程顺利进行，提升施工效率，减少因操作引起的工期延误，且能减少对环境的污染。采用本工法后，本工程实际工期比预计工期提前了一个月，同时减少了对环境的污染以及对周边居民生活的影响，社会效益显著。

11.2 江北区某地块项目

江北区某地块项目位于宁波市江北区，工程中采用预制梁、预制柱、叠合板以及楼梯等预制构件。其中预制柱总数248根，标准层单层数量36根，全部采用本施工工法进行施工。工程实践证明，采用本工法施工，提前对吊装过程进行模拟，同时利用钢筋定位器对预制柱预埋定位钢筋进行固定保护，可防止外露钢筋在现浇过程发生弯曲或移位，保证后续吊装过程顺利进行，提升施工效率，减少因操作引起的工期延误，且能减少对环境的污染。采用本工法后，本工程实际工期比预计工期提前了一个月，同时减少了对环境的污染以及对周边居民生活的影响，社会效益显著。

现浇预制转换层预埋插筋的准确定位安装施工工法

1 前言

为解决装配式混凝土结构施工过程中存在的竖向构件定位钢筋偏移问题，本公司自主开发出了一种可拆卸式的预制柱的钢筋定位装置，并总结提炼出了一套施工工法。经工程实践证明，本工法的应用，能够合理解决竖向构件定位钢筋偏移较大导致构件安装精度不高的问题，有效的提升了竖向构件安装效率，保证了施工进度，确保了施工质量，该工法的应用，可取得良好的经济效益和社会效益，具有较高的推广应用价值。

2 工法特点

- 2.1 使用定位精度高、易于质量控制。
- 2.2 施工效率高、利于推广。
- 2.3 装置制作简单、安拆方便
- 2.4 定位模具通用性强、适用范围广。

3 适用范围

本工法适用于装配式建筑结构预制立柱吊装时的施工过程。

4 工艺原理

4.1 本工法是针对装配式结构混凝土预制柱构件，在工厂进行预制生产，验收合格后运输到施工现场进行快速拼装，然后采用高性能灌浆料使得下部的钢筋与上部构件可靠连接，养护完成后进行临时支撑的拆除的一套安装技术。

4.2 本工法采用的可拆卸式预制立柱钢筋定位装置包括四周沿壁侧围成的钢筋定位框架、定位条、可拆卸套筒和轴销。在施工时，钢板嵌入带有凹槽形的钢板并用轴销固定，拼接成一个完整的钢筋定位框架，其中钢板和带有凹槽形的钢板

设有用于钢筋定位的开口状圆孔和轴销孔，套入建筑物施工层面上的预留钢筋，同时敲入套筒紧固钢筋。

5 施工工艺流程及操作要点

5.1 工艺流程

施工工艺流程图见图5.1所示：

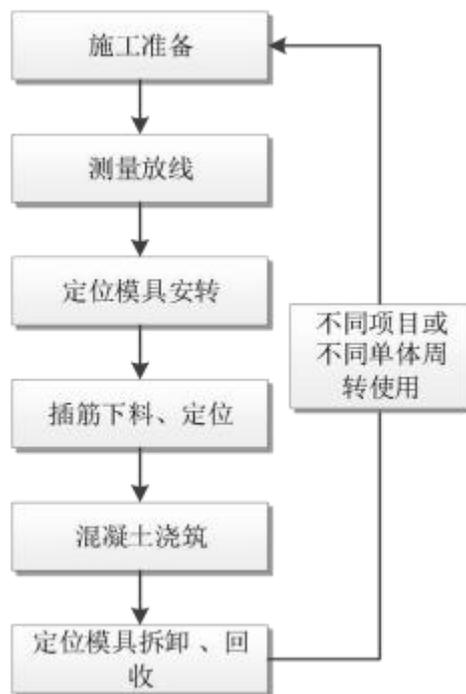


图5.1 施工工艺流程图

5.2 操作要点

5.2.1 施工准备

1、按本工法确定的施工工艺，组织施工技术交底，明确定位模具的加工制作、安装定位和拆卸回收的注意事项。

2、完成预制构件深化设计并审批通过。预制构件生产厂家按深化设计图纸进行构件生产，预埋套筒位置和允许偏差应符合设计、规范要求，并与定位模具插筋位置相对应。

3、现浇预制转换层的预留插筋定位关系着第一层预制构件吊装的质量和后续工程施工，应严格控制的转换层现浇结构施工质量，尤其是模板尺寸、标高和轴线位置。外墙脚手架及时跟进搭设，高出作业面1.8m以上。

4、加工制作定位模具。模具分别用20mm×20mm×2mm、25mm×25mm×2mm方钢管制作模具框架和套管，模具框架长度按1.2m、1.5m、1.8m等常用尺寸下料，两端焊接4cm长的固定套管，模具框架长度与设计尺寸不符时，可调整整体安装位置；固定套管焊接前，先完成定位套管的预留；定位套管用25mm×25mm×2mm方钢管制作，长度5cm，用于插筋竖向定位，定位套管的数量按常用设计插筋数量结合经验预留。



图5. 2. 1-1 定位模具制作

5、固定套管外侧开孔，焊接固定M6螺母，配套M6螺栓紧固，内穿短向20mm×20mm×2mm方钢管(长度一般为30cm)，用于固定模具框架。



图5. 2. 1-2 定位模具固定

5.2.2 测量放线

1、预留插筋的测量定位，需要准确的平面控制轴线和高程基准点作为保证。定位模具安装、预留插筋安装时，作业层均要设置通长纵横向控制轴线，避免累计误差的产生，注意对控制轴线的看护，避免其他施工作业人员触碰，造成轴线偏位。

2、预留插筋外露长度根据设计要求留设，以插筋顶端标高和定位模具安装上表面标高两个指标控制。

3、操作人员熟记定位套管的镀锌钢管中心与长向方钢管外侧边缘的理论几何关系，准确定位长向方钢管两端外侧边缘平面位置，借助水平尺、激光扫平仪调平定位模具框架。

4、预留插筋的竖向定位可在预制墙板范围以外，临时用校准后的钢筋标尺，在两端人工目测调整每排插筋的垂直度。

5.2.3 定位模具安装

1、将长向方钢管和短向方钢管放在平整的地面上，根据设计插筋尺寸弹出墨线，根据定位模具自身的几何关系，分别标明框架、套管的位置，调整长向方钢管之间的距离，穿入短向方钢管，并用M6螺栓紧固，避免定位模具框架在定位安装和混凝土浇筑过程中变形。



图5. 2. 3-1 定位套管位置调整

2、根据测量放线定位，将定位模具置于拟吊装的预制墙板位置，调整平面位置，确定处于水平状态，用钢筋头将短向方钢管预叠合板桁架筋或结构主筋焊接固定，安装后的定位模具应高于混凝土浇筑面5cm以上。

3、按设计预留插筋的尺寸关系，在模具框架上用石笔等标注插筋位置，分别滑动各个定位套管至标注位置，拧紧相应螺栓固定。

4、当定位模具与设计预制墙柱尺寸不完全一致时，可将模具状态沿纵向轴线偏移适当距离，并确定该部分范围的首尾插筋中心距离模具框架的准确距离，用于定位套管的调整。



图5. 2. 3-2 定位模具安装完成

5.2.4 插筋下料、定位

1、按设计插筋的规格，计算插筋的锚固长度、现浇层厚度和外露长度之和，用钢筋切断机或砂轮切割机完成钢筋下料。

2、插筋下料后，其两端应无毛刺、扭曲等，否则用角磨机磨除，防止插筋定位后定位模具安装和拆卸困难。

3、将每根插筋分别插入对应的定位套管的镀锌钢管内，按本工法的“测量放线”工艺要点进行先进行水平和竖向定位校核，其下部一般与下层结构主筋焊接固定。

4、若要进一步提高插筋定位精度，可在定位套管的镀锌钢管上口，用22#镀锌铁丝缠绕插筋2圈。



图5.2.4 插筋下料、定位

5.2.5 混凝土浇筑

1、根据需要，完成现浇混凝土的模板支设、预制构件吊装、灌浆。装配式建筑现浇节点混凝土前，应对钢筋、构件吊装等工序进行验收，合格后方可浇筑节点混凝土。

2、混凝土浇筑按常规工艺进行，但应尽量避免振捣棒触碰定位模具和结构钢筋；对节点钢筋密集的可使用 $\phi 30$ 直径的振捣棒，振捣均匀、不漏振，通过定位模具的空隙观察气泡逸出等情况，一次性浇筑密实且不过振。



图5.2.5 混凝土浇筑完成

5.2.6 定位模具拆卸、回收

1、混凝土浇筑完成后及时保湿养护，当日最低温度低于 5°C 时不应采用洒水养护方式；混凝土强度达到 1.2MPa 后，方可拆除定位模具，避免拆卸过程中预留插筋晃动，新浇混凝土出现裂纹等损伤；通常在混凝土全部浇筑完成后 $12\sim 48$ 小时进行定位模具拆卸。



图5.2.6-1 拆除后效果(内墙)



图5.2.6-2 拆除后效果(外墙)

2、将定位模具长向两端的临时固定短钢筋从短向方钢管上割除，两人在定位模具两端同时水平抬起模具(用镀锌铁丝缠绕的先拆掉)，清除定位模具表面遗留的砂浆。当随后直接用于相同类型预制墙板或预制柱时，保持定位套管位置不变，即定位套管的紧固螺栓不松动；当随后用于不同类型预制墙板或预制柱时，按设计尺寸重新定位、紧固定位套管，即可继续重复使用。

3、一个工程预制墙柱安装完成后，松开定位模具的紧固螺栓，将模具的长向和短向方钢管拆开，清理表面浆渍、擦拭干净，涂刷防腐油，分类归整、绑扎成捆，存于仓库备用。



图5.2.6-3 预制墙板安装



图5.2.6-4 预制墙板安装就位

6 材料与设备

6.1 材料

主要材料要求见表6.1，不含装配式结构施工用材料。

表6.1 主要材料技术指标表

名称	规格	用途	检验标准
方钢管	20mm×20mm×2mm 25mm×25mm×2mm	定位模具框架制作	GB/T6728-2017
镀锌钢管	DN10、DN15、 DN20、DN25	定位套管制作	GB/T3091-2015
螺栓(螺母)	M6、M8	定位套管和框架定位、紧 固	GB/T5782-2016

6.2 设备

按本工法施工，除常用的钢筋和模板加工设备外，需要另行配备的机械设备详见表6.2。

表6.2 机具设备使用计划表

序号	名称	规格型号	单位	数量	用途
1	电焊机	BX-400	台	1	焊接
2	台钻	西湖JZ-32	台	1	钻孔
3	角磨机	0.63KW	台	5	钢筋表面处理、割除
4	活动扳手		把	4	定位模具紧固、拆卸
5	钢卷尺	5m	把	3	测量定位
6	抹刀		把	3~5	混凝土收平、模具清理
7	振动棒	φ50、φ30	台	2	混凝土浇筑
8	墨斗		个	1	弹线定位

7 质量控制

7.1 现场施工应符合《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ1)、《钢筋连接用套筒灌浆料》(JG/T408)、《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》(JGJ355)、《装配式混凝土结构连接节点构造》(G310-1~2)等规范、标准要求。

7.2 工程质量验收应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204)执行。

8 安全措施

8.1 施工过程的安全应符合国家现行标准《建筑施工安全检查标准》(JGJ59)的相关规定；

8.2 施工机械的使用应符合《建筑机械使用安全技术规程》(JGJ33)的相关规定。

8.3 施工临时用电应符合《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ46)的规定。

8.4 机械设备操作人员必须经过专业培训，熟练机械操作性能，经专业管理部门考核取得相关操作证后上机操作。

9 环保措施

施工现场环境保护应按《环境保护法》、《水污染防治法》等法律法规及省市相关规定执行。

10 效益分析

10.1 社会效益

采用本工法可节省成本 $3516-266=3250$ 元，虽然节省的成本数额不大，但有效防止插筋定位不准大幅增加后期整改费用、延误工期的情况出现，同时采用本工法施工操作便捷，工艺熟练后可加快施工进度，对环境无污染，降低了资源浪费，利于施工现场安全文明管理，能够促进新技术的推广应用。

10.2 经济效益

以瓯海辽东村经济合作社三产安置房工程、瓯海区梧田街道月落垟村经济合作社三产返回安置房(一期)为例，根据设计的预制墙板规格，共制作定位模具1.5m、1.8m、2.1m长模具各3套，主要制作成本是人工和方钢管材料成本，一个技术工和一个普工两人一天可以完成，20mm×20mm×2mm方钢管每米重量按1.05kg计，经测算9套定位模具的制作成本合计约为796元。

若采用 $\phi 16$ 钢筋制作钢筋卡模，因本工程设计不同规格的预制墙板段有9种，共需要制作24套钢筋卡模，合计约需要1172元。

假设两种模具的安装、使用成本等效，则此部分成本不予考虑。而本工法的定位模具可以周转重复使用，保守估算按三个类似工程进行成本对比，则：

采用本工法的定位模具，折算成本约为： $796/3=266$ 元，使用钢筋卡模，折算成本为： $1172\times 3=3516$ 元。

11 应用实例

11.1 瓯海辽东村经济合作社三产安置房工程

本工程位于温州农业示范区工业小区B03a块，建筑面加 12840m^2 ，另地下室面积 3104.2m^2 ，框架、框剪结构，冲击成孔灌注桩。

瓯海辽东村经济合作社三产安置房工程项目部精心组织，科学安排，按预定计划进行，为确保施工质量达到预定目标，按期完成施工内容，在预制混凝土墙板安装过程中，创新应用了自制的可周转使用的定位工具，按“现浇预制转换层预埋插筋的准确定位安装施工工法”进行施工，平面位置定位准确，效率高，节省了安装成本，提高了构件安装质量，利于类似工程的推广。本工法采用的施工工艺，经实践证明，工艺已经成熟，得到了建设单位和监理单位的一致认同，提升了公司形象，为今后工程创优打下良好的基础。

11.2 瓯海区梧田街道月落垟村经济合作社三产返回安置房(一期)

本工程位于瓯海区梧田街道月落垟村，建筑面积 11625m^2 ，1-6层框架结构，钻孔灌注桩基础。

项目部尝试使用本工法的施工工艺，施工前，项目部多次到兄弟单位类似工程观摩学习，在与吊装班组交流经验后，对现有预留插筋定位工具进一步改进，重新设计了定位模具，制作成可周转使用的通用模具，工艺较为成熟。实践证明，本工法应用的定位模具通用性较好，安装精度高，工期有保证，利于施工成本控制，得到了相关负责人高度评价，有较好的推广应用价值。

ALC板材超高外墙抗风压拼接施工工法

1 前言

ALC板材板长极限为6m，对于柱间距跨度大、层高大于6m的工程来说，无法满足外墙层高及抗风压的特殊性。

为了解决ALC板材在此类工程外墙中的合理应用问题，提高板材的安装质量，对ALC板材进行拼接施工，并进行了研究和完善。本工法就是在此基础上编写完成的。

2 工法特点

2.1 地梁、构造柱、圈梁按照设计风压值计算配筋和截面；

2.2 安装短板、短板顶设置钢筋混凝土圈梁用于拼接上方长板；

2.3 短板上端先预埋角钢，后浇筑圈梁。用于后期短板上端固定；

2.4 板材与拼接混凝土圈梁采用角钢和钩头螺栓加固；

2.5 本工法操作方便，通过ALC板材的拼接使用，加快了施工进度，在充分发挥ALC板材快速安装优越性的同时也保证了工程质量。

3 适用范围

本工法适用于各类工业与民用钢筋混凝土框架结构建筑的外墙，对于层高较高、柱间距跨度较大的大型建筑尤为适用。

4 工艺原理

4.1 地梁、构造柱、圈梁按照设计风压值计算配筋和截面；

4.2 安装短板、短板顶设置钢筋混凝土圈梁用于拼接上方长板；

4.3 短板上端先预埋角钢，后浇筑圈梁。用于后期短板上端固定；

4.4 板材与拼接混凝土圈梁采用角钢和钩头螺栓加固。

5 施工工艺流程及操作要点

5.1 施工工艺流程图

5.1.1 施工工艺流程



图5.1-1 工艺流程图

5.2 操作要点

5.2.1 浇筑地梁

根据设计及工法构造要求，施工地梁。

5.2.2 放线定位

根据施工图纸，利用水准仪、红外线放线仪在地梁、结构柱、梁弹出墙体板材的位置线和垂直控制线，力求平整度、垂直度误差的最小化。

5.2.3 墙体底端和顶端角钢固定

板材放线后，根据墙线安装角钢，角钢开孔后用膨胀螺栓和混凝土梁固定。将底端和顶端角钢分别固定在地梁和顶端的结构梁上。

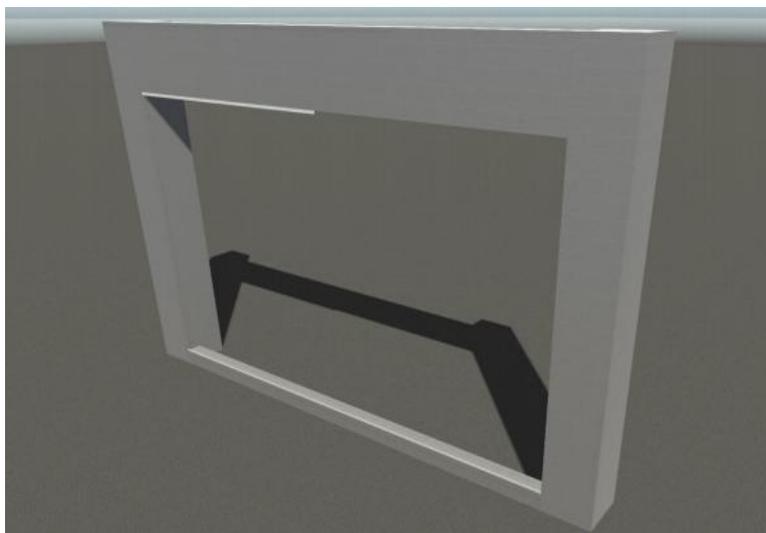


图5.2-1 角钢固定

5.2.4 安装短板并加固底端

短板吊装就位后，根据安装控制线，将板片调整合规后将钩头螺栓与角钢焊接，然后用垫片和螺母将板材和钩头螺栓固定。焊接部位涂刷防锈漆，然后按次顺序依次安装其他板片。



图5.2-2 安装短板并加固底端

5.2.5 短板顶端圈梁内预埋角钢

短板加固后，在圈梁钢筋绑扎前预埋短板顶部的加固角钢。

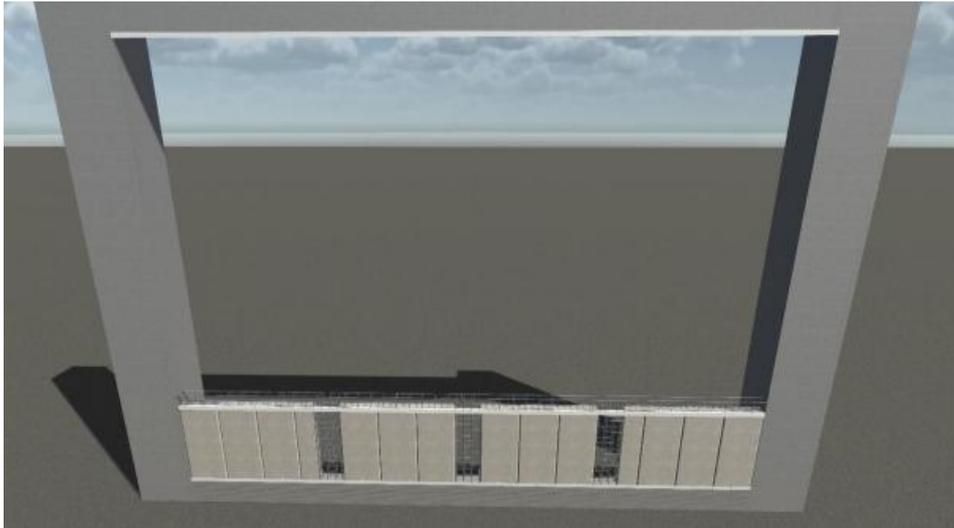


图5.2-3 短板顶端圈梁内预埋角钢

5.2.6 圈梁、构造柱施工

短板底端加固后，开始施工圈梁和构造柱。根据设计风压值设置地梁、构造柱、圈梁。

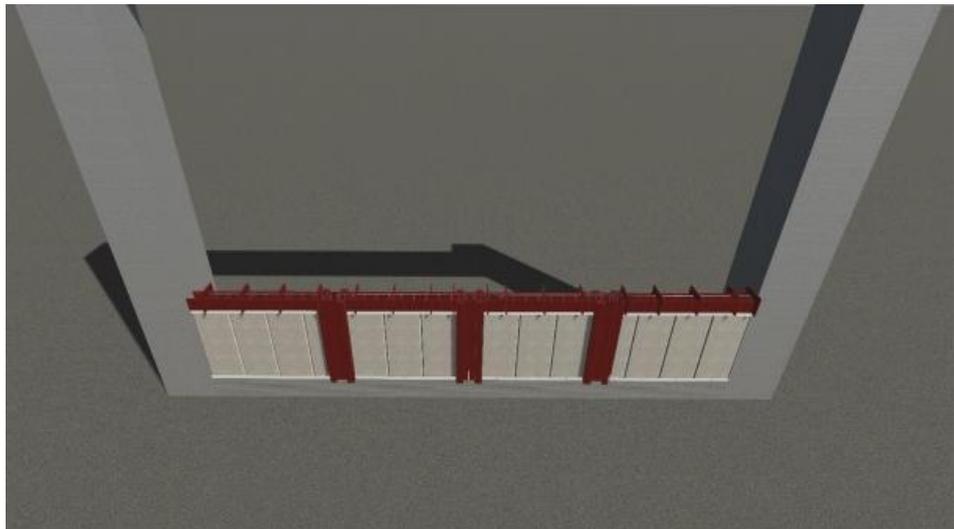


图5.2-4 圈梁、构造柱施工

5.2.7 短板顶端加固

待圈梁、构造柱达到设计强度要求后，使用钩头螺栓将板材与预埋在圈梁内的角钢加固。

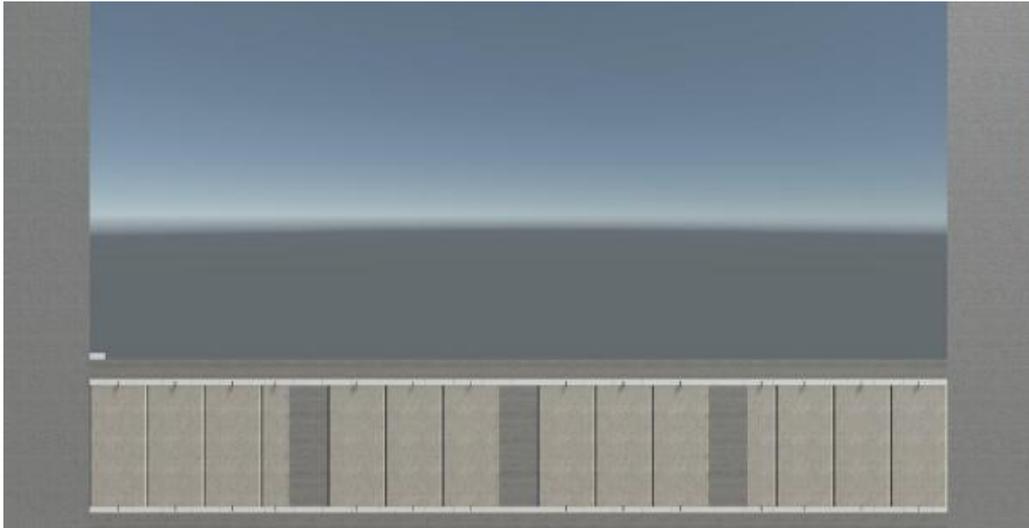


图5.2-5 短板顶端加固

5.2.8 上部长板下端角钢固定

将上部长板下端角钢固定在圈梁上。

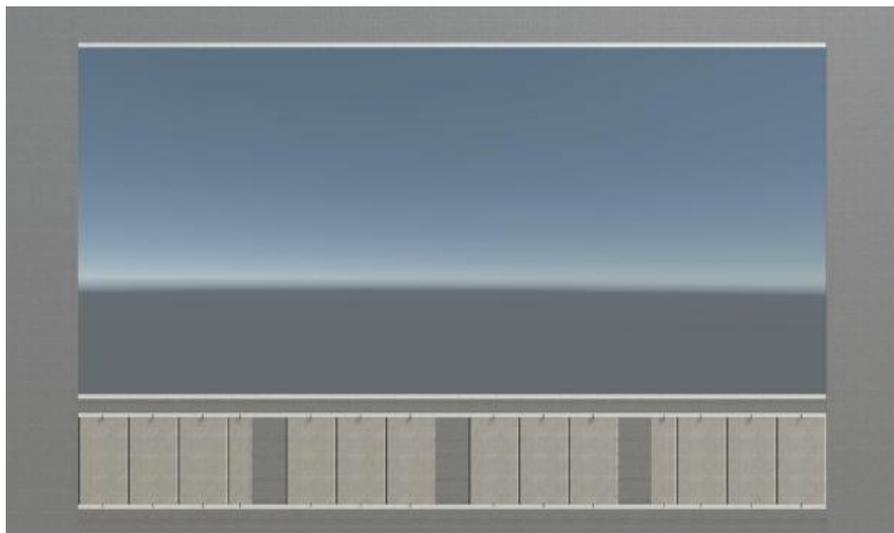


图5.2-6 上部长板下端角钢固定

5.2.9 长板安装及上下端加固

长板安装与短板相似，长板吊装就位后，根据安装控制线，将板片调整合规后将钩头螺栓与角钢焊接，然后用垫片和螺母将板材和钩头螺栓固定。焊接部位涂刷防锈漆，然后按此顺序依次安装其他板片。

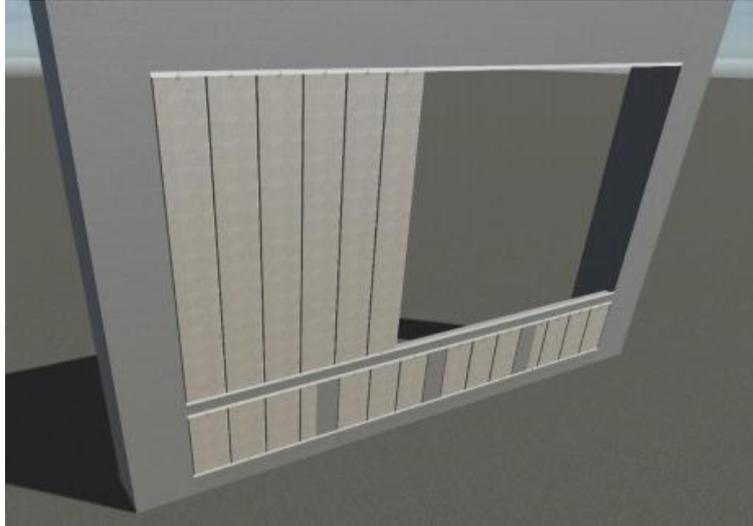


图5.2-7 上部板材安装及加固

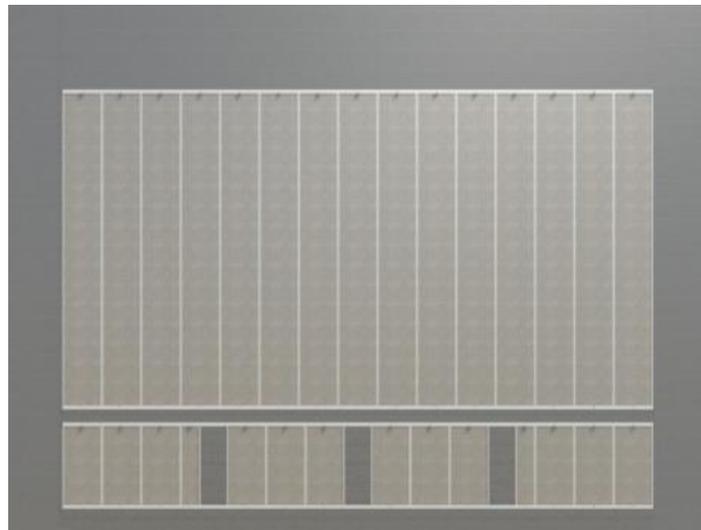


图5.2-8 蒸压砂加气混凝土 (ALC) 板材超高外墙拼接施工工法完成效果

6 材料与设备

6.1 材料

板材材料需符合设计及规范要求，材料选择严格按照图集规范。本工程所用外墙墙体材料按设计要求采用蒸压轻质加气混凝土ALC板材（200mm厚）强度（A5.0B06）级。

6.2 机具

采用的机具设备符合表6.2的规定。

表6.2 主要机械工具表

序号	机具仪器名称	规格	单位	数量	备注
1	红外线放线仪		台	5	
2	小型切割机		台	40	
3	冲击钻		台	15	
4	液压车	3吨	台	10	
5	钢材切割机		台	8	
6	电焊机	315	台	25	

7 质量控制

7.1 质量控制标准

蒸压加气混凝土砌块、板材构造13J104

蒸压轻质砂加气混凝土（AAC）砌块和板材结构构造06CG01

蒸压砂加气混凝土（ALC）板材构造详图2010浙G33

焊缝质量应根据《钢结构工程施工质量验收规范》

7.2 质量保证措施

7.2.1 板材的品种、规格、性能、颜色应符合设计要求。有隔声、隔热、阻燃、防潮等特殊要求的工程，板材应有相应性能等级的检测报告；

7.2.2 安装板材所需预埋件、拼接件的位置数量及拼方式应符合设计要求；

7.2.3 板材安装必须牢固。现制钢丝网水泥隔墙与周边墙体的拼接方式应符合设计要求，并应拼接牢固；

7.2.4 板材所用接缝材料的品种及接缝方法应符合设计要求；

7.2.5 板材安装应垂直、平整、位置正确，板材不应有裂缝或缺损；

7.2.6 板材表面应平整光滑、色泽一致、洁净，拼缝应均匀；

7.2.7 板材上的孔洞、槽、盒应位置正确、套割方正、边缘整齐；

7.2.8 板材隔墙安装的允许偏差和检验方法应符合规范GB50210-2001表7.2.10的规定；

7.2.9 为防止板材与圈梁拼接处墙面产生水平裂缝，在进行批嵌墙面腻子前此接缝处（双面）设置耐碱网格布二层，宽度300mm。

8 安全措施

8.1 施工作业前，必须对现场周围环境、行驶道路、架空电线、建筑物以及构件重量和分布等情况进行全面了解。吊装现场设警戒标志，并设专人警戒。

8.2 墙板安装人员、吊车司机、电焊工必须经过培训并持证上岗，作业时应密切配合。

8.3 起重机械必须按吊装规程作业，不得超载荷和吊不明重量的物件。

8.4 吊装好的墙板必须固定牢固后方可脱钩。

8.5 对施焊点下方的易燃物要提前检查并转移或可靠覆盖。现场施焊要配备接渣斗，严禁焊渣随意散落。

8.6 风力超过六级或恶劣天气严禁施工。

9 环保措施

9.1 现场加工剩料做到统一堆放，避免造成废弃物污染，保持环境整洁。

9.2 构件加工在工厂完成，减少现场拼装、焊接，降低噪音和光污染。施工中的噪音排放，昼间<70dB，夜间<55dB。操作层的围挡应提前扎设并密封。

9.3 夜间施工须达到规定要求并经有关部门批准。

9.4 现场ALC板材切割及破损的ALC砌块产生的ALC废料可用于屋面找坡回填及道路找坡回填，不浪费材料的同时可以做到节能环保，绿色施工。

10 效益分析

10.1 经济效益

10.1.1 采用本工法，通过深化设计，减少了砌筑工程量，降低了现场湿作业量，提高整体质量的同时降低了成本。由于板材强度和导热系数均优于砌块，所以用ALC板材代替蒸压加气混凝土砌块，可节约砌块用量。

10.1.2 采用蒸压轻质砂加气混凝土墙板（ALC）只需在墙板安装好以后刮腻子即可，达到免抹灰的效果。

10.1.3 ALC板材超高外墙抗风压拼接施工工法操作简单，施工方便，提高了工作效率与质量标准。

10.2 社会效益

10.2.1 施工速度与其他墙体材料相比提高数倍，施工效率高，能有效缩短工期。

10.2.2 现场加工剩料统一堆放，避免了造成废弃物污染，保持了环境整洁。构件加工在工厂完成，减少了现场拼装、焊接，降低噪音和光污染。

11 应用实例

11.1 应用实例一：浙江云计算数据中心项目一期二标段工程

11.1.1 工程概况

浙江云计算数据中心项目一期二标段工程总建筑面积137258.34m²，由5幢（5F）数据中心、4幢（2F）柴发动机中心、1幢（3F）运维中心、3座门卫室及1座垃圾房等15个单体及8条光纤连廊组成。

11.1.2 应用情况

原外墙蒸压加气块用量为1898.36m³，圈梁构造柱用量为222.29m³，在应用ALC板材拼接法施工后，使用蒸压轻质砂加气混凝土板材（ALC）拼接施工的用量为1573.74m³，圈梁构造柱：69.92m³。创造的经济效益为41.8万元。

11.2 应用实例二：牛田单元G11/C3/C4-01地块公园及文体中心项目

11.2.1 工程概况

牛田单元G11/C3/C4-01地块公园及文体中心项目位于杭州市江干区牛田单元，艮北新城核心区块，建设总用地面积57647m²，总占地面积57647m²，总建筑面积68800m²。地下建筑为二层（局部一层）；文体中心共3层，建筑高度23.85m；配套服务设施等。

11.2.2 应用情况

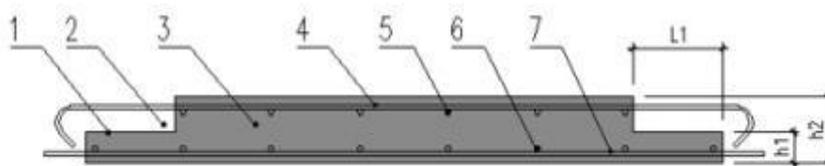
原外墙蒸压加气块砌筑量为380m³，圈梁构造柱45m³。在应用ALC板材拼接法施工后，使用蒸压轻质砂加气混凝土板材（ALC）拼接施工的总量为315m³，圈梁构造柱14m³，创造的经济效益为1.73万元。

装配整体式叠合板一体化建造工法

1 前言

近年来在经济发展和政策推动的作用下，国内装配式建筑行业进入了蓬勃发展的阶段。预制叠合楼板作为装配式结构中的重要组成部分，与其它类型的预制构件相比其凭借制作简单、安装方便、性能可靠等优点成为国内装配式建筑中的最为常用的预制部件。

本工法提出采用装配整体式叠合板代替预制叠合楼板施工，该楼板仅在四周接缝处现场后浇混凝土，其余位置均整体预制，如图1.1所示。



- 注：1 为楼板四周部分厚度预制区（预制厚度 h_1 ，不小于 60mm，长度 L_1 ，不小于 300mm）；
2 为现场后浇钢筋混凝土区；3 为楼板全厚度预制区（预制厚度 h_2 ，不小于 120mm）；
4 为板面主筋；5 为板面次筋；6 为板底次筋；7 为板底主筋。

图1.1 装配整体式叠合板示意图

2 工法特点

2.1 大幅提高了构件预制率，将大量的现场钢筋绑扎、管线预埋和混凝土湿作业转移到工厂，利用机械化生产代替落后的人工作业，节能环保且质量可靠，有利于推动建筑工业化发展，社会效益显著。

2.2 采用全预制和标准化设计，不仅节约了钢筋、混凝土用量，还减少了施工阶段人员机械投入和生产阶段模具用量，具有良好的经济性，有利于推动装配式建筑的推广。

2.3 现场施工操作方便、高效，装配整体式叠合板安装时可实现无支撑，安装就位后即可提供工作面供后续工序插入施工，可显著缩短工期，树立良好的工程形象。

2.4 以信息化、数字化的手段统筹各个环节紧密配合，最大限度的避免了冲突和矛盾，减少了资源浪费，便于项目管理。

3 适用范围

本工法适用于装配式钢结构工程中楼板的施工，尤其适用于采用了标准化、模数化设计的装配式钢结构项目中楼板的施工；其中部分技术可以推广应用于整个装配式建筑施工领域。

4 工艺原理

4.1 装配整体式叠合板无支撑整体性设计技术。其主要设计原理为：1、施工阶段楼板无支撑设计原理。2、使用阶段楼板整体性设计原理。3、装配整体式叠合板可靠性计算原理

4.2 标准模具阶梯式组合生产技术。装配整体式叠合板呈“凸”字型双层构造，为了楼板一次浇筑成型，制作时将模具分为上下两层并按照“回”字形阶梯式布置。

4.3 高精度快速就位技术。装配整体式叠合板全厚度预制的设计，使得装配整体式叠合板的无支撑施工跨度进一步加大，楼板安装可实现无支撑施工。同时采用吊模施工的方法，使楼板施工彻底摆脱支撑成为现实。并创新性的采用磁压铁作为限位工装辅助装配整体式叠合板快速精准就位。

4.4 全过程数字化协同建造技术。以BIM技术为依托建立涵盖协同设计、生产管理和施工管理三大功能模块的数字综合协同平台，实现项目全过程的数字化协同建造，达到设计、生产、施工管理高效配合的目的。

5 施工工艺流程及操作要点

5.1 施工工艺流程

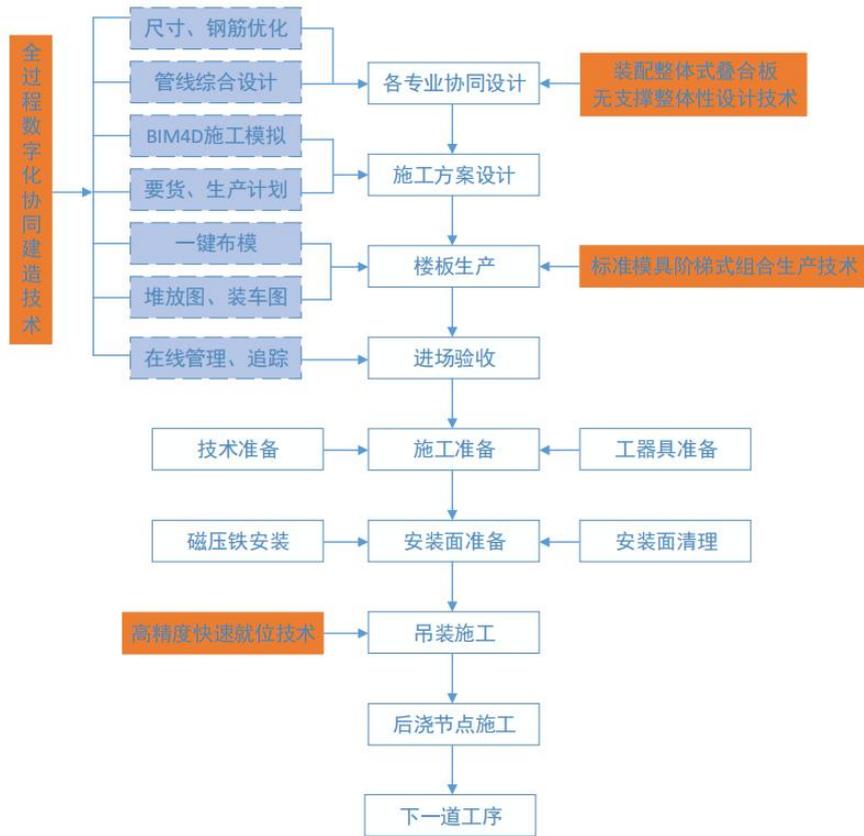


图5.1 装配整体式叠合板整体工艺流程图

5.1.2 操作要点

5.2.1 装配整体式叠合板设计

1 楼板尺寸优化设计。利用协同设计平台进行整体模型的三维建模，秉承“模数协调”的原则合理划分装配整体式叠合板的板块，板块划分完成后要与标准模具库进行比对，尽量减少新模具制作量，提升模具重复利用率。

2 钢筋优化设计。利用协同设计平台进行楼板和结构的整体建模，优化楼板与楼板之间、楼板与现浇板之间、楼板与墙板之间的钢筋连接，避免钢筋、栓钉之间的相互干扰和碰撞打架现象，方便现场施工。

3 管线综合设计。以三维模型为基础，整合各专业的信息，建立建筑、结构和机电专业协调模型，实现可视化的管线综合优化，确保装配整体式叠合板内机电管线精准无误。

5.2.2 施工方案设计

1 BIM4D施工模拟。结合现场实际条件确定装配整体式叠合板的安装思路，结合深化设计阶段已搭建的模型，运用BIM4D技术对楼板的吊装施工过程进行模拟。

2 生成要货计划。根据最终确定的吊装顺序，结合现场工期生成更加精准的要货计划并上传BIM协同管理平台用以指导后续生产。

3 生成生产计划。根据上传平台的要货计划，结合工厂的产能安排确定叠合板的生产计划，达到生计划和安装计划在顺序和时间上的高度匹配。

5.2.3 装配整体式叠合板生产

1 模具阶梯式组合布置—2 机电管线预埋—3 生成楼板堆放顺序图和装车图。

5.2.4 高精度快速就位施工

1 安装面准备—2 吊前检查—3 构件试吊—4 吊装就位—5 稳固连接施工。

5.2.5 后浇节点施工

现浇板带处采用吊模施工，吊模安装前需清理模板接触面，涂脱模剂并在端部位置粘贴双面胶条来防止漏浆。管线预埋段在连接处需粘接牢固，使用较叠合板混凝土强度高一等级的微膨胀混凝土浇筑板缝区域。

6 材料与设备

6.1 施工材料

装配整体式叠合板、钢筋、混凝土。

6.2 施工设备

塔吊、吊索、鸭嘴扣、缆风绳、磁压铁、卷尺、对讲机

7 质量控制

7.1 工程质量控制标准。本工法依据的现行国家标准、行业标准、地方标准等规定。

7.2 质量保证措施。严格执行“过程控制”，大力推行“一案三工序”管理措施，树立工程质量意识；制定分项质量目标，将目标层层分解，责任到人。装配整体式叠合板需按吊装和安装顺序存放于专用存放架上，堆叠层数不宜超过6层，上下层间的枕木应对齐。

8 安全措施

装配整体式叠合板的安全施工除应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33、《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46的有关规定。

9 环保措施

9.1 装配整体式叠合板在工厂制作完成，大大改善了现场的湿作业施工环境，降低了现场粉尘的产生。

9.2 后浇节点可以采用吊木（铝）膜施工，减少拆模后建筑垃圾的产生，符合国家对建筑项目节能、环保、低碳、减排的规定。

10 效益分析

10.1 经济效益

10.2.1 与预制叠合板的施工方法相比，采用本工法施工楼板内无需设置桁架钢筋和加大整体板厚，节约了钢筋和混凝土用量；

10.2.2 通过开发和应用本工法，节约了措施投入，减少了劳动力用工，加快了建造速度。

10.2 社会效益

装配式建筑实现了将建筑工程对环境的破坏降到最低，进而避免了对环境造成污染的问题，有效推进了建筑“双碳”工作，进一步推动了装配式建筑向更加绿色环保的方向发展。预制楼板作为装配式建筑的重要组成部分，必然得到长足发展，前景广阔。

11 应用实例



湖州市湖东分区HD-02-01-01C#地块项目（二期）-10#楼项目



南太湖新区滨湖东单元TH-07-01-13A-1号地块总部商务综合楼开发建设项目实景



南太湖新区滨湖东单元TH-07-01-13A-2号地块总部商务综合楼开发建设项目实景