



中国建筑 2016年 技术交流会优秀论文集

中国建筑股份有限公司科技与设计管理部
中国建筑股份有限公司技术中心

组织编写

蒋立红	李景芳	毛志兵	主 编
		李云贵	副 主 编

中国建筑工业出版社

中国建筑 2016 年技术交流会 优秀论文集

中国建筑股份有限公司科技与设计管理部
中国建筑股份有限公司技术中心

组织编写

毛志兵 主 编

蒋立红 李景芳 李云贵 副 主 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国建筑 2016 年技术交流会优秀论文集/毛志兵主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2016. 8
ISBN 978-7-112-19570-1

I. ①中… II. ①毛… III. ①建筑工程-文集 IV. ①TU-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 154366 号

本书由中国建筑股份有限公司科技与设计管理部和中国建筑股份有限公司技术中心组织编写, 共收录 82 篇优秀论文。本书共包含新型建筑工业化、城市轨道交通及地下管廊、高层及超高层建筑三个部分的内容, 汇集了腾讯滨海大厦、天津高银 117 大厦、武汉绿地中心、深圳京基 100 大厦等工程的技术总结, 针对装配整体式混凝土剪力墙结构施工工艺、地下综合管廊预制拼装施工技术、超高层大跨度异形高空钢结构连廊整体提升技术等进行了详细介绍。本书可供建设工程技术和管理人员参考使用, 也可作为大中专相关专业师生的学习参考书。

责任编辑: 万 李 岳建光

责任校对: 王宇枢 姜小莲

中国建筑 2016 年技术交流会优秀论文集

中国建筑股份有限公司科技与设计管理部

中国建筑股份有限公司技术中心

组织编写

毛志兵 主 编

蒋立红 李景芳 李云贵 副 主 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 46 字数: 1115 千字

2016 年 8 月第一版 2016 年 8 月第一次印刷

定价: 130.00 元

ISBN 978-7-112-19570-1

(29094)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

编写委员会

主 编：毛志兵

副主编：蒋立红 李景芳 李云贵

编 委：单彩杰 刘 康 宋福渊

霍 亮 王冬雁 史鹏飞

段 进 王 珂 秦会来

王 军 石敬斌 张东华

前 言

中国建筑工程总公司组建于 1982 年,是中央直接管理的国有重要骨干企业,以房屋建筑承包、国际工程承包、地产开发、基础设施建设和市政勘察设计为核心业务,发展壮大成为中国建筑业、房地产企业排头兵和最大国际承包商,是中国唯一一家拥有三个特级资质的建筑企业。

2007 年 12 月 10 日由中国建筑工程总公司、中国石油天然气集团公司、宝钢集团有限公司、中国中化集团公司 4 家世界 500 强企业共同发起成立了中国建筑股份有限公司,并于 2009 年成功上市。中国建筑股份有限公司承袭了中国建筑工程总公司的优良资产和企业文化,是中国最具国际竞争力的建筑企业集团,在海外一百多个国家和地区保持有经营业务。

中国建筑股份有限公司以承建“高、大、新、特、重”工程著称于世,在国内和国际上完成了 CCTV 新台址、阿联酋迪拜棕榈岛等一大批工期要求紧、质量要求高、难度要求大的特大型工程,通过技术总结和创新,在超高层建筑施工技术、机场工程综合施工技术、现代化体育场馆施工技术等处于行业领先水平。特别是在超高层施工技术方面,中国建筑股份有限公司处于行业引领者的地位,据初步统计,目前全国 300m 以上的超高层地标性建筑中,中国建筑股份有限公司已经占据 90% 以上的市场份额。在勘察设计领域,中国建筑股份有限公司在唐风建筑设计、机场建筑设计、体育建筑设计、高浊度水处理等方面处于行业引领地位,以自主原创方案承接了黄帝陵祭祀大殿、常州体育会展中心、重庆两江机场等颇具影响力的重大工程设计。在基础设施领域,在高速铁路综合施工技术、地铁和桥梁施工技术等方面的科技创新,支撑了中国建筑股份有限公司基础设施业务高速发展。

为了加强中国建筑股份有限公司系统内建筑设计与施工技术交流,全面探讨国内外建筑技术现状与发展前景,分析建筑设计与施工中存在的主要问题和解决措施,中国建筑股份有限公司科技与设计管理部与中国建筑股份有限公司技术中心组织召开了“中国建筑 2016 年技术交流会”,会议征集论文 200 余篇,经过评审会评,遴选了 82 篇编纂成《中国建筑 2016 年技术交流会优秀论文集》(以下简称《论文集》)一书。本《论文集》包括新型建筑工业化、城市轨道交通及地下管廊、高层及超高层建筑三个部分的内容,汇集了腾讯滨海大厦、天津高银 117 大厦、武汉绿地中心、深圳京基 100 大厦等工程的技术总结,针对装配整体式混凝土剪力墙结构施工工艺、地下综合管廊预制拼装施工技术、超高层大跨度异形高空钢结构连廊整体提升技术等进行了详细介绍。

本《论文集》中收录的文章理论水平较高、针对性较强,具有较高的指导意义。收录的文章针对工程的背景、研究思路、方法进行了深入的探讨,并形成了相应结论,供广大工程技术人员和管理人员作为工程实践及参考使用。

本《论文集》中论文作者及编者虽然对稿件进行了认真的推敲和校阅,但由于水平和能力有限,难免有错误和不当之处,恳请给予我们支持和关注的各位专家、学者、读者批评和指正。

编 者

2016 年 8 月

目 录

第一部分 新型建筑工业化

超高层装配式建筑“内浇外挂”体系建造关键技术 … 姜绍杰 刘新伟 吴晓杰	3
装配式住宅连接节点技术	
…………… 罗 亮 魏 伟 李 挺 孙文治 刘 恋 于 强 冼铸堂	11
玻璃幕墙复合琉璃瓦装饰预制外墙一体化施工技术	
…………… 徐忠波 刘新伟 朱辉祖	21
装配整体式混凝土剪力墙结构施工工艺 …………… 陆 斌 康 伟 闫 豪	28
住宅产业化预制构件安装工艺施工措施分析 …………… 郜金龙 李春雷 王浩天	38
应用施工组织设计模型进行施工造价自动计算的方法	
…………… 王继行 富 强 李 峰 刘志新	49
预制装配式钢筋混凝土楼梯在住宅工程中的应用	
…………… 王炳喆 卢 程 史宏刚 董柘君	63
大跨度异形钢结构金属飘篷单元装配式施工技术 …………… 吴正飞	72
基于红外热像技术的钢管混凝土管壁空鼓缺陷检测探究	
…………… 陈洪根 冯 刚 梅国栋	78
装配式环筋扣合锚接剪力墙平面外抗折试验研究	
…………… 焦安亮 张中善 郜玉芬 刘 建 支旭东	83
装配式环筋扣合锚接混凝土剪力墙节点钢筋锚固性能机理研究	
…………… 焦安亮 张 鹏 郜玉芬 张中善 李永辉	90
“液态建材”在建筑工业化上的集成应用 …………… 辛同升 王 一 熊永强	109
城市高架桥钢箱梁现场散拼技术 …………… 冯茂生 杨长春 齐德伍	117
“挖-运-吹”绿色环保型施工方法研究 …………… 纪 伟 张 民	126
海上钢平台搭建、拆除施工技术 …………… 姜 坤 史大运	131
千斤顶与气囊组合降低沉箱预制场施工成本 …………… 高义磊 张 明	142
生态袋在海岸护坡工程中的应用 …………… 刘汉峰 王成玮 邓绪清	147
椭圆形沉箱浮游稳定性算法 …………… 代世坤 马振华 黄小哲	151
预应力预制小箱梁施工过程中内模上浮的防治及混凝土外观质量控制的工艺研究	
…………… 彭远杨 敖孟娟 黄天军	156

基于 BIM-MES 系统的建筑工业化设计-生产信息化管理技术	周 冲	164
山地滑雪度假酒店景观设计初探——以崇礼云顶大酒店为例	赖龙隆 郭 明	168
BIM 技术在装配式建筑中的应用和实施方案	樊则森 李张苗 鲁晓通	177
容器化 BIM 模型在工业化建筑运维阶段的应用	曹羽中	187
建筑钢模板脱膜技术的发展现状	刘晓丽 杨静娜 崔显星 宋建荣 张 鹏	192

第二部分 城市轨道交通及地下管廊

香港地铁沙中线（南北线）过海沉管隧道设计及施工

.....	潘书杰 陈长卿 王国良 杨 柳 韩 冰	199
-------	---------------------	-----

香港复杂环境条件下全断面扇形灌浆法加固既有铁路路基研究与应用

.....	潘书杰 虞培忠 王志涛 米曦亮	211
-------	-----------------	-----

液压钢模台车在地下综合管廊施工中的应用

.....	邓运生 张 波 朱昌栋 蒋少武	219
-------	-----------------	-----

含有富水砂砾层、花岗岩层地下连续墙多孔引槽工艺研究与实践

.....	黄文杰 罗光财 彭 丹 郭 庶	225
-------	-----------------	-----

RJP 工法在富水软土地区地连墙防渗止水的应用技术研究 ..

.....	郭 靖 王晓严	232
-------	---------	-----

城市复杂环境矩形过街通道浅埋暗挖施工技术研究

.....	辛 猛 周细平 袁银书	240
-------	-------------	-----

城市综合管廊半预制施工新技术的探讨

.....	刘国策 刘亚奎	249
-------	---------	-----

复杂边界条件下地铁车站爆破控制技术研究

.....	刘智勇 柴艳飞 白钰厚 李荣昌 智 鹏 方 文 李 鹏	257
-------	-----------------------------	-----

浅埋隧道下穿河流爆破开挖控制技术研究

.....	柴艳飞 白钰厚 殷占新	269
-------	-------------	-----

特殊地质条件下半封闭围护结构降水施工关键技术研究

.....	刘智勇 柴艳飞 白钰厚 李荣昌 智 鹏 方 文 李 鹏	288
-------	-----------------------------	-----

综合管廊顶进施工关键技术研究

.....	宁加星 吴 赞 李河玉 刘晓敏 余 流 周俊龙	293
-------	-------------------------	-----

地下综合管廊预制拼装施工技术

.....	刘自超 张建彬 肖国栋 乔同瑞	301
-------	-----------------	-----

大型轨道交通枢纽接驳交通系统规划研究——以成都博览城北站为例

.....	刘志谦	307
-------	-----	-----

超高层建筑软岩复合地基承载特性研究

.....	陈 云 胡 熠 钟 静	322
-------	-------------	-----

岩溶地区土压平衡盾构施工技术

.....	吕 波 刘江浩 黄 厚	330
-------	-------------	-----

高承压水地层基坑突涌处理技术

.....	吕 波 杨钢锋	344
-------	---------	-----

城市隧道浅埋段施工方法对比研究讨论

.....	莫叶平	350
-------	-----	-----

城市快速路工程交通疏解问题的研究	杨雨欣	鲁荣利	362		
基于 BIM 技术的非实体深化设计解决方案	谢中原	马春泉	刘金星	刘殿凯	376
深基坑支撑板用于地下结构板逆作法施工技术	童天培	程 群	雷帅帅	毕海俊	382

第三部分 高层及超高层建筑

科威特超高层钢结构小夹角节点设计处理	纪 涛	张 羽	张廉波	周 波	393		
美高梅澳门路氹酒店 H 型钢杆件单层网壳设计建造关键技术	周 勇	陈 果	谢向阳	殷 磊	402		
基于贝叶斯网络的高层建筑防水风险研究	张 毅	孟祥博	石良城	王 扬	王世磊	412	
高层建筑中大跨度空中钢桁架连桥的优化设计	邹晓康	张 毅				419	
超高层建筑核心筒模板系统施工技术集成	于雁南	都书巍	季文君	王 骛	叶晓斌	433	
BIM 技术在超高层施工中的探索与应用	赵英猛	时春震	钟庆悦	陈栋生	史广磊	445	
超高层核心筒弧形墙体测量控制	赵英猛	张义飞	徐歆焱	郭东方	王宝奇	徐 俊	453
探索超高层建筑主体结构施工中的工期优化与控制	赵英猛	王 超	时春震	郭东方	张义飞		458
昆泰嘉瑞中心机电工程项目 BIM 应用实例	宋 建	安艳君	唐晓剑	孙守玉			466
异形超高层竖向墙体先行工况下水平结构钢筋精确预埋施工技术	徐 健	沈天宇	刘宅科				477
大跨钢筋混凝土错列桁架在工程中的应用	田茂锦	刘立新	郑彭元	孟 洋	王树远		483
超高层建筑测量技术在青岛航运中心工程的探索与实践	焦龙辉	薛 蛟					491
超高层大跨度桁架屋盖施工技术	苏 铠	张益民	章二龙				497
腾讯滨海大厦钢结构连廊提升综合施工技术	刘 培	苏 铠	雷志强				508
超高层核心筒薄型钢板剪力墙施工浅析	丁 威	刘素军					528
超高层核心筒爬模与铝模结合部位施工技术	黄 勇	郭朋朋	刘 钊	赵 威			539

天津高银 117 大厦大型动臂式塔吊爬升施工技术的研究与应用

..... 叶 建 董志国 韩 悦 胥 光	545
超高层建筑中“上挂下承”结构逐级成型的主动控制技术	
..... 周杰刚 李健强 武 超 王 健	557
BIM 技术在超高层项目中的集成应用	丁华营 梁清森 吴延宏 白宝军 565
超高层建筑大直径桩基在高强度岩层中的旋挖成孔技术研究	游道炎 576
沈阳恒隆市府广场—办公楼 T1 座办公标准层进一步降噪分析	
..... 宝大海 肖钦文	583
武汉绿地中心超高层施工用水用电方案探讨	徐汉涛 吕俊杰 李家洪 591
武汉绿地中心伸臂桁架层施工	唐碧波 李家洪 597
超高层大跨度异形高空钢结构连廊整体提升技术	
..... 余自强 胡明卿 权 奇 李 锦 陈 旭 曹绍新 张勤雄	603
宣礼塔超高层主体结构施工技术分析与探讨	
..... 吴章熙 葛志雄 李宽平 李剑飞 苏海勇	616
深圳京基 100 大厦施工技术创新	令狐延 杜永军 626
超高层无规律多变外形结构爬架设计与施工技术	孔庆永 魏 冬 630
高强度等级机制山砂混凝土超高泵送技术	
..... 董 浩 邓 维 罗宗礼 段正祥 周 伟	637
超高层建筑内爬式动臂塔吊采用鱼腹式箱梁固定研究	
..... 吴建华 洪锦泉 乡宏杰 李 武	644
关于超高层剪力墙裂缝成因的定性研究	何 伟 邵 鹏 宋千军 655
长沙某项目 B 级高度住宅结构设计	谢小军 魏红艳 662
超高层建筑施工及钢结构安装关键技术研究	
..... 张少彪 王存贵 孙少增 郭其训 马伟伟 王 欣	670
津湾广场 9 号楼转换桁架临时支撑技术	
..... 车向男 李小克 郑吉成 杨艳超 谢菁彪	679
盛京金融广场项目 T3 塔楼——提高剪压比限值解决筒体连梁箍筋超筋方法	
..... 赵 刚	687
成都绿地 468 超高层项目 C50 大体积混凝土试验与工程应用	
..... 陈 景 黄海珂 张振兴 李晓欢	693
长沙国际金融中心 C60 超高层泵送混凝土配合比设计及质量控制	
..... 曾 维 冷 政 寇建岭 向佳瑜	700
新型拼装式 H 型钢结构内支撑技术研究	
..... 马荣全 孙 旻 王 浩 王国欣	707
铝框木模在南京龙湖工程中的应用	胡成佑 张 威 秦聪伟 717

第一部分

新型建筑工业化

超高层装配式建筑“内浇外挂”体系 建造关键技术

姜绍杰¹ 刘新伟² 吴晓杰²

(1. 中国建筑国际集团有限公司, 香港 999077; 2. 深圳海龙建筑科技有限公司, 深圳 518110)

摘 要: 国内采用“内浇外挂”体系建造的超高层建筑不多, 该体系将施工现场现浇难度较大的围护构件在工厂内预制, 然后运至现场外挂安装后节点区与内部竖向主体承重结构构件现浇, 有利于外墙防水抗渗, 提高施工效率。本文结合超高层建筑对地震荷载和风荷载极为敏感的特点, 介绍了超高层装配式建筑“内浇外挂”体系建造的某些关键技术, 包括预制外挂墙板的水平、竖向节点连接技术、防水构造技术、抗震抗风技术、现场安装精度控制和防碰撞技术以及施工组织管理技术等, 为我国在超高层建筑采用这种体系提供了较高的参考价值。

关键词: 超高层; 装配式建筑; 内浇外挂; 预制外挂墙板

1 引言

房屋建筑采用建筑工业化方式建造能节约资源, 减少劳动力, 提高施工质量等, 根据专业机构测算, 可以降低能耗 23%, 降低水耗 79%, 减少模板消耗 81%, 减少施工场地面积 20%。因此, 推行装配式建筑是我国传统建筑行业转型升级的必然选择。

目前装配式剪力墙结构建造方式主要包括以下四种:

- (1) 装配整体式剪力墙, 采用剪力墙墙身整体预制, 边缘构件采用现浇形式;
- (2) 双面叠合剪力墙, 采用剪力墙内侧面和外侧面预制, 中间现浇;
- (3) 单面叠合剪力墙, 采用建筑外围剪力墙外侧面预制, 内侧现浇;
- (4) 内浇外挂, 即主体结构受力构件采用现浇, 非受力构件采用外挂形式。

前 3 种建造方式适用于一般高层建筑, 而第 4 种内浇外挂体系由于内部主体结构受力构件采用现浇, 周边围护的非主体结构构件采用工厂预制运至现场外挂安装就位后在节点区与主体结构构件整体现浇, 这种方式没有突破结构设计规范限制, 可适用于超高层建筑。

本文根据香港地区和内地不同设计习惯和方法, 结合超高层建筑对地震荷载和风荷载极为敏感的特点, 从超高层建筑设计、生产、施工等整个建造过程介绍了“内浇外挂”体系一些关键技术。

2 柔性连接节点技术

超高层建筑由于层数多, 高度大, 水平方向的地震反应和风致影响十分显著, 除了竖

[作者简介] 姜绍杰, 男, 1963 年生, 吉林人, 副总裁, 邮箱: sjjiang@cohl.com, 研究方向: 建筑产业化。

向荷载，预制外挂墙板将承受相当大的水平地震荷载、风荷载，连接节点设计主要采取了如下技术措施：

在主体结构受力构件与非主体结构受力构件之间选择确定合理传力路径。

对于一般外挂构件，其承受的竖向荷载主要通过预制构件顶部的外伸钢筋锚入主体结构受力构件来传递给主体结构，而水平荷载诸如地震荷载、风荷载则通过预制构件两端的钢筋与主体竖向构件现浇形成整体，即采用“先装法”先施工预制外墙板，后现浇梁、板等受力构件，两端的钢筋连接采取只传递剪力不传递弯矩的构造做法实现了“柔性连接”，弱化了对主体结构的影响。

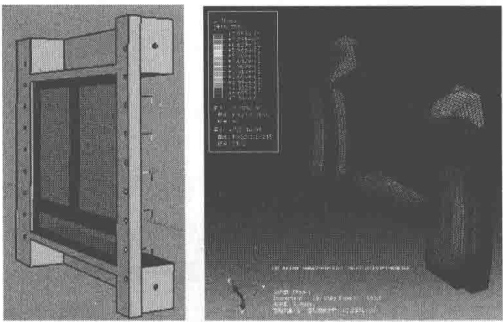


图 1 预制凸窗受力分析模型

对于一些预制外墙构件由于空间形状比较复杂，采用有限元分析软件进行局部补充计算。图 1 是 7 度抗震烈度、沿海地区某超高层项目中的预制凸窗采用 abaqus 软件分析的模型，计算结果表明，凸窗顶部的两端受力较大，该处外伸钢筋配筋也相应加强。

3 防水设计技术

外挂墙板水平拼缝处采用靴脚合结构企口构造，见图 2。另外，在竖直拼缝接触面处进行洗水或扫花处理，增加构件连接的紧密性，同时设置止水槽，构成防水第二道防线，见图 3。这样形成了多道防水路线，彻底解决了外墙渗水问题。

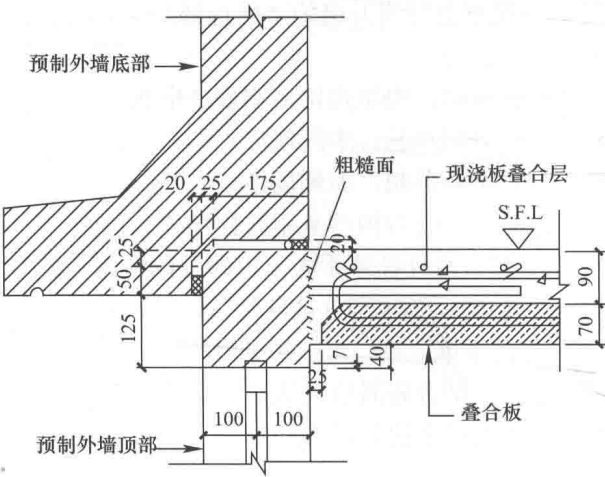


图 2 外挂墙板水平拼缝节点及防水构造

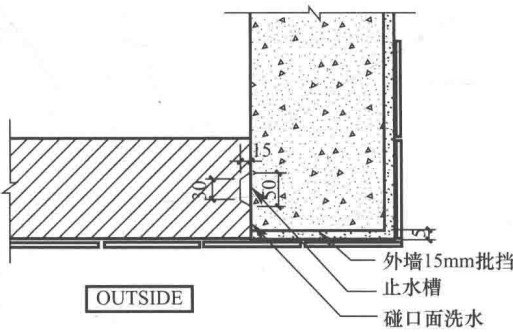


图 3 外挂墙板竖直拼缝节点及防水构造

门窗处，为解决后装门窗处容易渗水问题，在工厂生产时，将门窗与外墙整体预制，门窗连接件预埋入构件中，通过混凝土构造达到止水目的；在阳台位置，阳台设计标高低于室内楼层标高，预制外墙门底部结构尺寸不应小于 125mm，使预制外墙结构刚度满足要求，保证预制外墙不发生变形，同时满足阳台防水要求；建筑顶层，现浇结构包住预制

外墙顶部，实现预制构件与现浇构件完美结合，同时保证防水要求与外立面效果。

4 抗风技术

当预制外挂墙板左右侧有非结构墙即构造柱存在，或预制外墙板跨度过大时，为避免风荷载作用于外墙板上将其掀离梁位，在超高层中尤其容易发生，采用风码装置固定外墙板，同时不将外墙板的荷载传递给下层受力构件。预制外墙板外伸钢筋上端锚入梁或楼板，右侧锚入剪力墙，左侧锚入结构柱非结构墙中。左侧和下侧可认为自由端，右侧和上侧可认为是简支端柔性连接，此时左侧将需增加风码装置，见图 4。

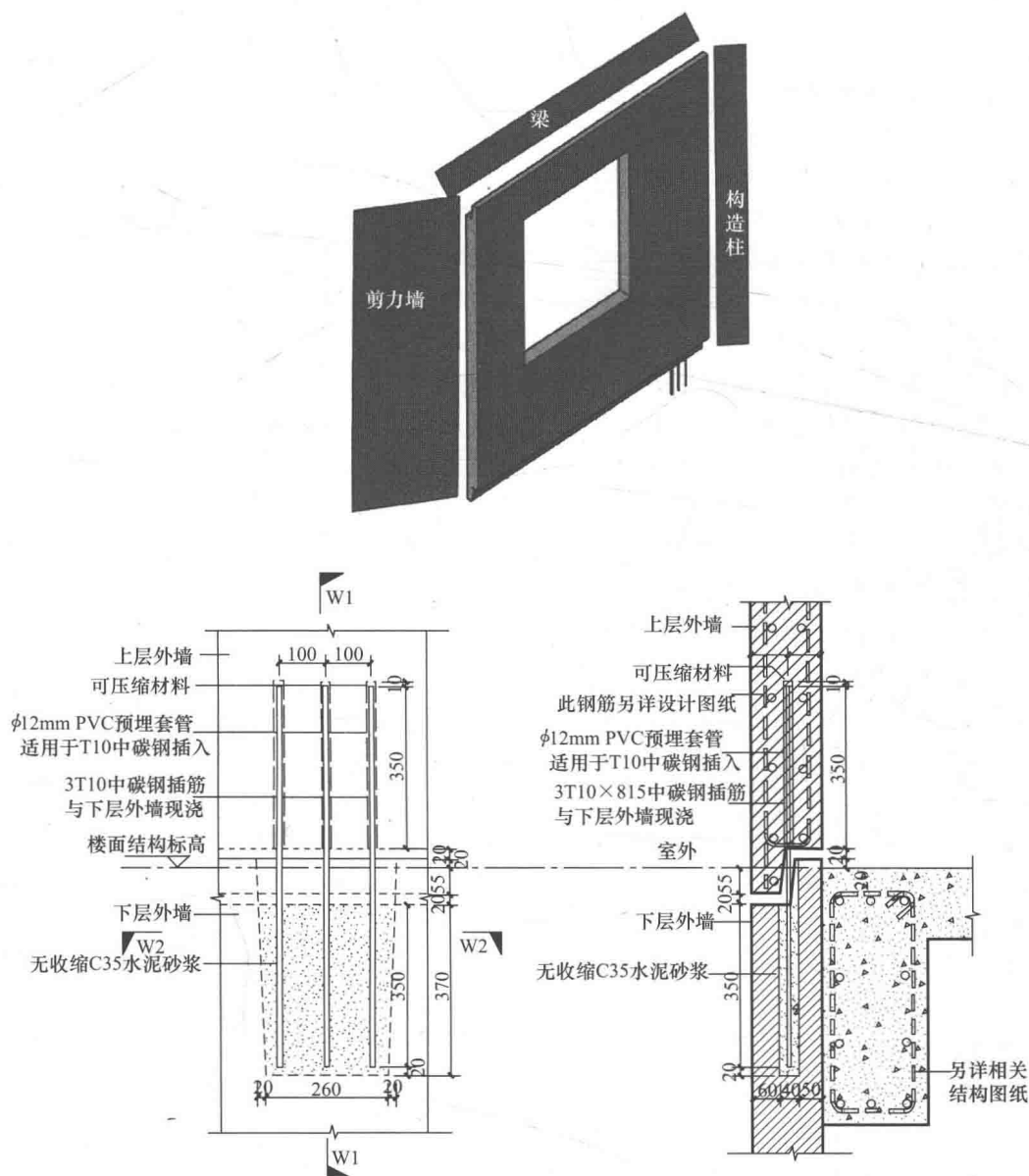


图 4 风码位置及构造

风码将预制外墙板与下层梁固定。另一方面,由于风码上端钢筋外围套 PVC 管,防止预制外墙板作用力传至下层梁。当在超高层中应用预制外墙板时,在非结构墙一端需增加风码,另外,由于风效应过大,在较大跨度的预制外墙板跨中位置也需增加风码装置。通过计算,当 150mm 厚度的预制外墙板,层高约为 3.5m,楼层相对于地面高度约为 100m 时,预制外墙板跨长超过 5m,预制外墙板的刚度将不足以抵抗风载作用,变形超过规范允许要求,需增加风码装置。

风码装置的位置和数量与预制外墙跨度和锚固方式相关,作用类似栓钉,主要承担风荷载产生的剪力作用,风码钢筋型号由计算确定。为方便施工,风码施工现场可采取后注浆形式,也可采用后支模浇筑混凝土形式。为更好地提高装配式建筑施工效率,风码装置从施工便利性方面也在不断优化。

5 质量控制技术

在施工过程中,推行 PASS (Performance Assessment Scoring System 的简称) 制度进行质量控制。PASS 制度以过去连续 12 个月内不同阶段的平均分,乘以固定系数,所得出来的总分作为施工质量的评分。为保障 PASS 评分公平公正,成立独立的 PASS 审核小组,负责每个季度两个月的结构和现场装饰工作评审以及一个月的安全评审工作。PASS 制度对质量控制意义重大。

在预制构件批量生产前,先进行 BIM 模型项目建造过程,并在工厂内预演安装过程,根据模拟结果和预安装过程,相关人员可直观地看到实际项目的效果,避免构件尺寸错误、构件之间的连接碰撞等现象的发生,另一方面,产业工人也得到了很好的安装培训。

6 安装精度控制技术

预制外挂墙板安装前,应按设计要求在构件墙面和相对应的支承结构面上标记中心线、标高线等控制尺寸线,按标准图或设计文件校核预埋件及连接钢筋等。安装时,先将斜撑杆一端固定于地面或楼面板上,七字码底部固定于地面或楼面板上;再将构件吊运至指定位置后,分别固定到七字码上;最后根据水准点和轴线位置,调节支撑杆的旋转装置来校对构件的直度,调节七字码的螺母微调构件的水平位移和竖向位移,见图 5。

当上下层预制外墙厚度不一致,上下内侧无参考线时,安装仅仅利用七字码难以实现上下层对齐。在下层外墙增加带斜角的槽钢辅助装置,吊运上层外墙插入槽钢辅助装置内侧,方便对齐安装,见图 6。

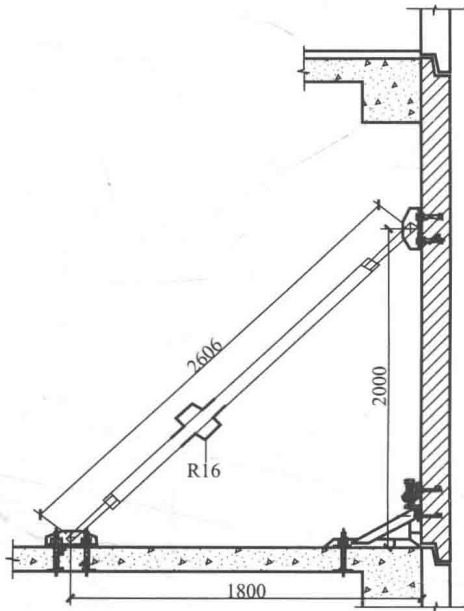


图 5 预制外墙板安装大样

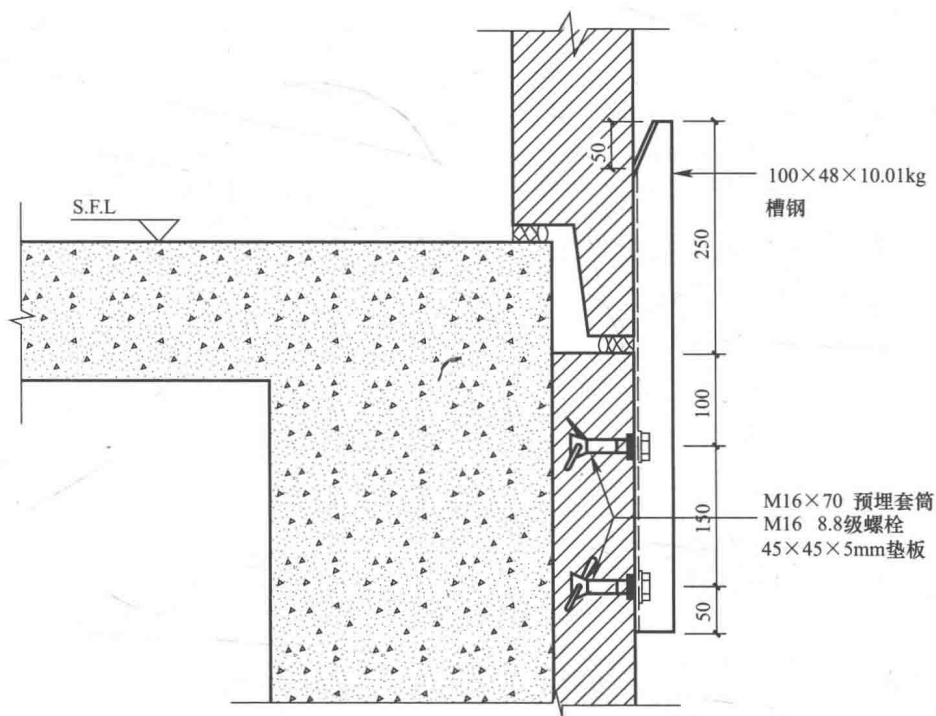


图6 斜角槽钢辅助装置

7 钢筋防碰撞技术

施工现场,构件之间以及构件与现浇结构之间可能发生钢筋碰撞,钢筋碰撞会影响构件的安装。钢筋碰撞在设计时即需考虑,现浇结构的钢筋在预制构件就位后错开构件外伸钢筋放置。通过在工厂内预演安装样板测试,调整设计时的钢筋碰撞问题。

当两件预制外墙板在剪力墙侧向相连时,构件外伸钢筋在剪力墙内交汇,节点处钢筋密集容易碰撞。设计时将相邻的一件构件外伸钢筋向外弯曲,另一件构件外伸钢筋向内弯曲,剪力墙竖向钢筋和横向钢筋错开构件的外伸钢筋,避免施工时钢筋碰撞,见图7。

当叠合楼板与全预制楼板之间连接时,两件构件的外伸钢筋容易发生碰撞,钢筋碰撞会导致两件构件连接不上,影响后浇混凝土施工。设计时,需将两件预制构件外伸钢筋在构件内部向上弯曲,再通过一段钢筋分别进行搭接,从而实现叠合楼板与全预制楼板的紧密连接,避免构件间的碰撞,见图8。

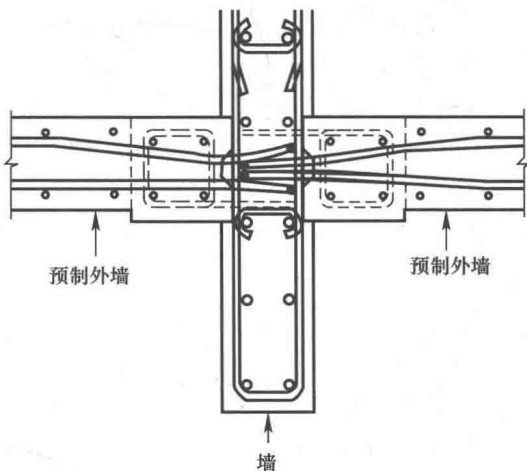


图7 相邻外墙板连接大样

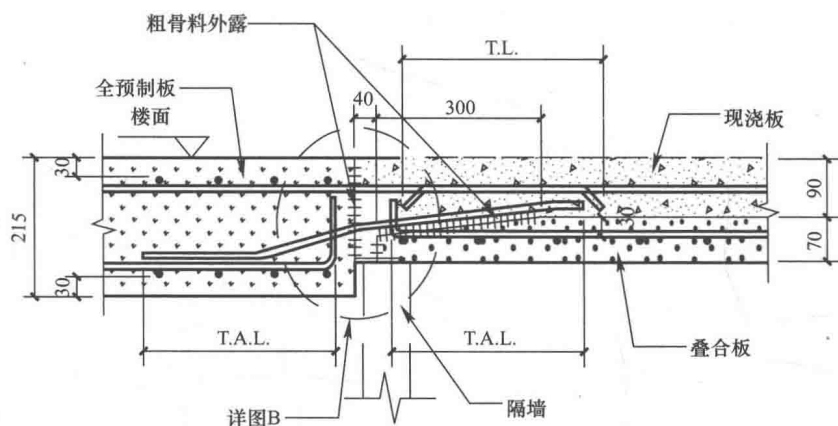


图 8 相邻楼板连接大样

8 施工组织管理技术

由于非结构预制构件已经提前在工厂预制，对于流水施工组织缩短了流水节拍，非常有利于施工现场的流水施工组织管理，其主要施工工序包括：①吊运安装预制构件；②绑扎现浇部分钢筋；③组合大钢模/铝模进行支模；④现浇混凝土。由于第 1 个工序施工速度快，占用时间短且并不会拖延其他工序，所以可以穿插机动进行。所以，关键工序还是取决于现浇部分的合理科学的施工组织管理，如合理组织劳动班组、划分流水施工段，同时也可以结合楼层平面分区考虑空间跳层划分流水段，完全可以实现“四天一层”的建造速度。例如，第一天吊运安装预制构件的同时穿插绑扎剪力墙钢筋，第二天安装剪力墙模板和安装叠合板及绑扎楼板钢筋，第三天已经完成模板安装的施工段则可浇筑混凝土。

9 项目应用

内浇外挂技术具有广泛的适用性和极高的推广价值，下面结合香港地区和内地两个典型工程案例，介绍本成果技术应用情况。

启德 1A 项目位于香港地区，该项目由 6 栋 35~41 层住宅、一座配套商场及一个地下停车场组成。其中，住宅采用内浇外挂剪力墙结构，剪力墙现浇，非受力构件工厂预制，预制率约为 40%。预制构件主要预制外墙板，叠合楼板，预制楼梯，整体预制卫生间等。预制构件方量达 17000m³，采用标准设计，有效降低了工程造价，提高了施工效率。见图 9。

中海天钻项目位于深圳市罗湖区，建筑主体共有 11 栋塔楼，其中，2 栋为超高层装配式剪力墙结构，高度分别为 148m（层数 46 层）和 126m（层数 46 层）；抗震设防类别为丙类，建筑结构安全等级为二级，设计基准期为 50 年，设计使用年限为 50 年。根据《深圳市住宅产业化项目单体建筑预制率和装配率计算细则（试行）》的要求，装配式建筑装配率不低于 30%和预制率不低于 15%，基于成本最优，选择部分凸窗采用预制，楼板叠合预制，楼梯预制；该项目位于 7 度抗震区和沿海地区，并且高度达到规范规定的 B 级高