

DOI: 10.7672/sgjs2022040114

# 高层钢框架-混凝土核心筒结构同步等高攀升施工技术

陈 钟,胡文学,杨 欢,陈建良,刘 博,徐宝全,穆 霖

(中国建筑第五工程局有限公司,广东 深圳 518000)

[摘要] 高层核心筒因无爬架而无法施工,导致外钢框架钢梁连接核心筒时无受力点,也无法施工,影响整个项目的工期。为解决上述问题,研发一种高层钢框架-混凝土核心筒同步等高攀升施工技术,在核心筒周围设置支撑体系,作为核心筒未施工时的钢梁受力点,将外框钢结构独立成全钢结构形式,实现外围钢框架与核心筒同步施工,外围楼板与核心筒墙柱同步浇筑。

[关键词] 高层建筑;钢框架-混凝土;核心筒;支撑;施工技术

[中图分类号] TU528

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2022)04-0114-04

## Construction Technology of High-rise Steel Frame-concrete Core Tube with Synchronous Equal Height Climbing

CHEN Zhong, HU Wenxue, YANG Huan, CHEN Jianliang, LIU Bo, XU Baoquan, MU Lin

(China Construction Fifth Engineering Division Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518000, China)

**Abstract:** The high-rise core tube can not be constructed because there is no climbing frame. As a result, when the steel beam with outer steel frame is connected to the core tube, there is no stress point and can not be constructed, which affects the construction period of the entire project. In order to solve the above-mentioned problems, a high-rise steel frame-concrete core tube synchronous contour climbing construction technology is introduced. A support system is set around the core tube as the stress point of the steel beam when the core tube is not constructed, and the outer frame steel structure is independently made into a full-steel structure. The form realizes the simultaneous construction of the outer steel frame and the core tube, and the simultaneous pouring of the outer floor slab and the wall columns of the core tube.

**Keywords:** tall buildings; steel frame-concrete; core tube; supports; construction

### 0 引言

目前,建筑领域高层结构常采用钢框架-混凝土核心筒结构。传统施工多采用爬模或爬架先行核心筒,外框钢结构落后于核心筒5~6层的同步等高施工工艺;钢框架与混凝土核心筒同步等高攀升施工则较少见。深圳市深圳技术大学大数据与互联网学院主体结构结合工程结构设计特点,采用钢框架与混凝土核心筒同步等高攀升施工工艺,达到缩短工期、提升质量、安全可靠、降低成本的目的。

### 1 高层钢框架-混凝土核心筒同步等高攀升施工工艺

目前国内在建的高层钢框架-混凝土核心筒结构均采用核心筒先行,外框钢柱、钢梁、组合楼板

(或钢筋桁架楼承板)后施工的不等高同步攀升施工工艺。通过理论和实践研究可知,主体结构高度<100m时,塔楼主体结构施工完成至地下室顶板后,在核心筒周围设置支撑体系,作为核心筒未施工时的钢梁受力点,将外框钢结构独立成全钢结构形式,实现外围钢框架与核心筒同步施工,外围楼板与核心筒墙柱同步浇筑。相较于前者,该工艺有以下优势:①减少核心筒爬升式脚手架安装和拆卸的等待时间,大大缩短结构施工工期;②外围水平结构与核心筒整体现浇,避免留设施工冷缝,能更好控制外框与核心筒交界面混凝土的施工质量,保证钢框架与混凝土核心筒的协调作用;③避免交界面板筋预留带来的后续楼承板施工不便;④可消除核心筒先行、垂直交叉施工时上方混凝土凿毛坠物等对外围钢结构施工的影响;⑤避免核心筒混凝土浇筑、养护水下流等污染下方已安装完成的钢结构

[作者简介] 陈 钟,高级工程师,E-mail:1391661232@qq.com

[收稿日期] 2021-10-12

构件表面,提升成品保护质量及安全文明形象;⑥核心筒无须采用爬升式脚手架,可避免爬架施工的安全风险,且可降低施工成本;⑦采用可周转、安拆方便的临时支撑,材料回收率高。

塔楼主体结构主要施工工序为:钢结构安装→构件焊接→高强螺栓安装→防腐漆补涂→楼承板安装→钢筋绑扎→模板安装→混凝土浇筑。为更好地组织各工序有序穿插施工,充分利用作业面,将上述工序合为3道:①钢柱、钢梁安装及焊接;②楼承板铺设;③钢筋绑扎、支模及混凝土浇筑。每道工序施工时间均为3d,从而形成等节拍流水施工。从首层钢柱、钢梁安装开始,到结构施工至6层时首层临时支撑拆除,进行周转使用为止。6层以上楼层施工顺序按此循环进行。

为更好地形成流水作业,避免窝工及缩短技术停歇,拟将塔楼平面总体分为东、西2个分区(见图1)。先施工东区,后施工西区,各工种的施工顺序为: $n$ F东区→ $n$ F西区→ $(n+1)$ F东区→ $(n+1)$ F西区→...

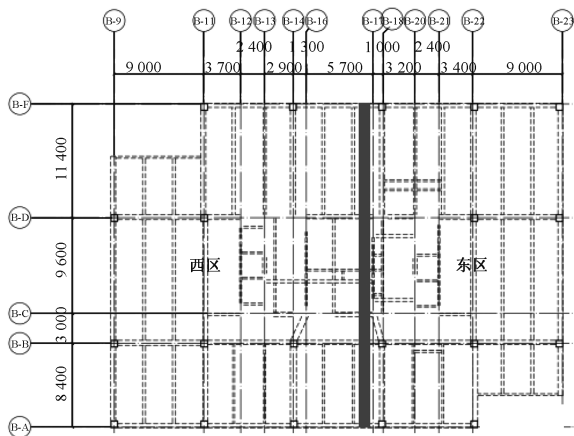


图1 塔楼平面施工分区

## 2 关键技术

### 2.1 设计临时支撑体系

在核心筒结构未施工并达到强度前,为外框钢结构的安装提供受力支撑,与外框钢结构形成稳定体系,将施工荷载传递到已施工结构上,是实现核心筒结构与外框钢结构同步攀升施工的核心。

#### 1) 设置成品箱形钢柱

核心筒四周存在主梁连接核心筒的跨度 $> 2.5$ m,且需承受上部组合楼板自重及施工荷载,靠核心筒一端各向均无约束时,其上部荷载较大,需在靠近核心筒一端设置承载力较大的箱形钢柱,作为临时支撑;为保证靠核心筒一端不发生倾覆,需在临时支撑箱形钢柱上端设置连系梁,与外框钢柱

结构连接,形成稳定体系。

支撑柱、连系梁平面布置及立面如图2,3所示,核心筒北侧8根辐射梁跨度11.4m,靠核心筒一端各向均无约束,根据承载力需要,选取箱形支撑柱截面为 $\square 200 \times 10$ ,材质Q235B。为加强施工阶段临时结构的稳定性,在各柱顶部设置水平连系梁,连系梁截面采用热轧H型钢 $H300 \times 150 \times 6.5 \times 9$ ,材质Q235B。

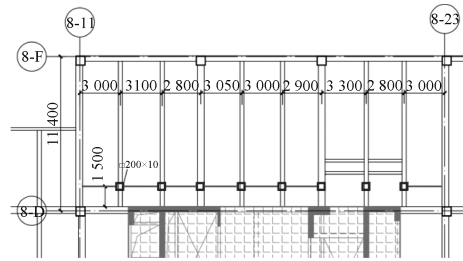


图2 支撑柱、连系梁平面布置

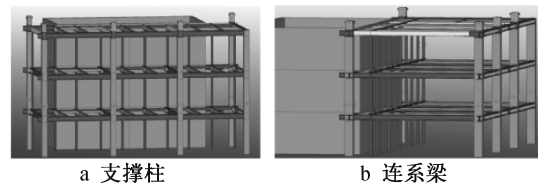


图3 支撑柱、连系梁立面

#### 2) 设置钢管格构柱

核心筒四周存在主梁连接核心筒的跨度 $< 2.5$ m,其上铺设的楼承板与钢梁平行或接近平行时,施工过程中组合楼板自重及板面施工荷载少部分传递到主梁上,主梁仅承受自重及少量施工荷载,因此选用承载力较小、成本较低、搭设便捷的钢管格构柱,如图4所示。根据需求,格构柱采用 $\phi 48.3 \times 3.0$ 钢管搭设,平面尺寸为 $600\text{mm} \times 600\text{mm}$ ,横杆间距1000mm,4个面设置斜撑,顶部支撑钢梁位置顶托内设置Q235B双钢管。

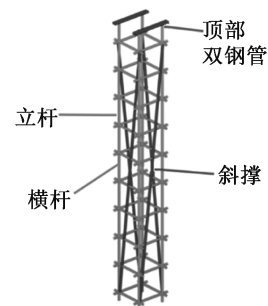


图4 钢管格构柱

经计算,支撑楼层混凝土强度达到100%后,拆除该层临时支撑,周转用于上部楼层。

须根据结构特点、支撑部位、初步估算的施工

荷载进行临时支撑体系选型,并考虑临时支撑体系在施工过程中的抗倾覆能力。

## 2.2 完善临时支撑体系连接节点

为保证临时支撑体系和外框钢结构有效连接,对连接节点进行优化,以便临时支撑安装和拆卸,达到快速建造的效果。

### 1) 设置支撑柱柱脚节点

设置在有临时箱形支撑柱部位的底部钢梁,焊接于主梁上表面,用与箱形支撑柱壁厚同厚的钢板制作钢板埋件,埋件高度同外框结构楼板厚度。临时箱形支撑柱与埋件板焊接连接,使用气刨拆除,刨除焊缝后,重复利用临时支撑柱。临时支撑柱截面为 $\square 200 \times 200 \times 10$ ,则柱脚节点埋件板厚 10mm,外围楼板厚 120mm,则柱脚节点埋件高 120mm。柱脚节点如图 5 所示。

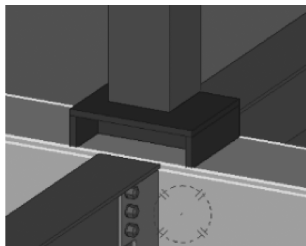


图 5 柱脚节点

### 2) 设置支撑柱顶部与钢梁连接节点

在临时箱形支撑柱上部钢梁设置连接节点(见图 6),设置两个槽型加劲肋,采用厚度与箱形支撑柱壁厚相同的钢板制作,焊接于钢梁上、下翼缘,起到加强主梁抗剪和抗弯能力的作用,避免主梁承载过大而发生端部翘起变形。

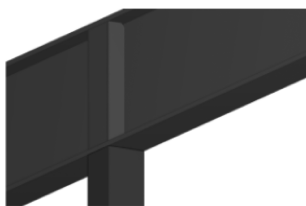


图 6 支撑柱与钢梁连接节点

### 3) 设置连系梁连接节点

在临时箱形支撑柱柱顶以下 150mm 处设置连系梁连接节点,即在临时箱形支撑柱两侧,提前焊接连接板,连接板厚度通常为连系梁腹板板厚的 2 倍,连接板上根据受力需设置高强螺栓孔数量,以便连系梁提供螺栓与临时支撑柱连接,使临时支撑柱形成整体,加强临时支撑体系的侧向稳定性。同时,螺栓连接的节点便于连续梁及箱形支撑柱的安装和拆卸,使得临时支撑柱与连系梁能实现重复利

用和快速周转。节点如图 7 所示。

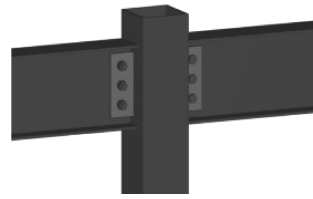


图 7 连系梁连接节点

结合临时支撑体系特点,完善其连接节点,在需传递弯矩部位使用刚接节点,如通过埋件将构件焊接;在无须传递弯矩部位,尽可能使用铰接节点,仅通过螺栓连接,方便支撑体系安拆,实现快速建造。

## 2.3 复核算临时支撑体系

对临时支撑体系进行受力验算,为判断其可行性与安全性提供依据。

### 1) 应力验算

利用有限元软件 MIDAS 建立计算模型,由于核心筒顶部 2 层未施工或浇筑时间较短,未达到强度,须按无约束考虑,体系须选择 4~5 层支撑同步验算。应力验算结果如图 8 所示,根据应力结果对比构件材质和屈服强度,看验算是否能满足最低承载力要求。

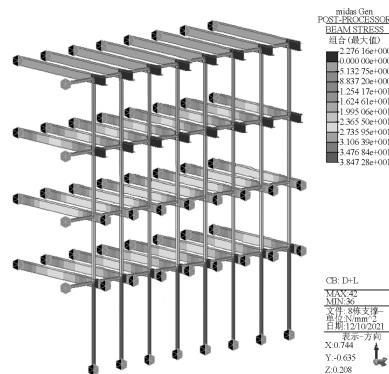


图 8 应力验算结果

### 2) 变形量与稳定性验算

根据主体外框结构与临时支撑体系变形位置和变形大小,判断结构体系是否稳定,是否需采取措施进行侧向刚度加强。

主体外框结构与临时支撑体系变形如图 9 所示。主结构变形主要为端部起翘,支撑体系主要是侧向稳定性变形。通过顶部连系梁加强侧向刚度,保持支撑体系稳定,连续梁需与主结构立柱间主梁相连。

## 3 施工保证措施

### 3.1 质量控制措施

1) 采购材料须经监理及建设单位确认,所有本

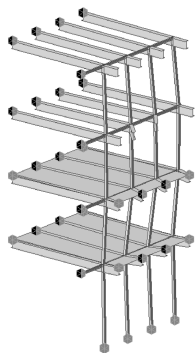


图9 主体外框结构与临时支撑体系变形

工程使用材料的采购合同均须报监理工程师备案,监理工程师对采购材料有监督权与否决权,施工单位应为构件建立加工和施工档案,确保从原材料到构件安装完成各工序的可追溯性。

2)对所有进场材料采取出入登记制度,进场均应有材料合格证明,经验收合格的材料应整齐堆放在指定地点,且挂牌标识,杜绝不合格材料混入场内使用,不合格材料应封存标识,禁止使用。

3)现场设有各级专职质量检验员,对施工中每道工序按有关规范要求进行自检,符合要求后,填写工程检验报告单,向监理工程师申请检验,经监理工程师签认合格后,方可进行下道工序作业。

4)记录钢结构安装节点。记录中应记载当班安装、焊接操作工作及质量监控人员姓名,节点质量检验数据,并对检验结果给予签字确认。

5)检验中发现缺陷应及时修正,并报监理工程师检验认可签字后,方可进行下一步安装。

### 3.2 安全管理措施

1)配备现场安全主任、专职安全员,建立完善的自检制度,做好自检记录,接受发包方、监理和主管部门的检查监督,确保工程质量与施工安全。

2)加强对施工作业人员的技术、安全培训和交底,增强其安全防范意识和自我保护意识,确保结构和施工人员安全。

3)氧气瓶、乙炔气瓶应设有防震胶圈,旋紧安全钢罩,分别放置在各自仓库,应在遮阳棚下使用,严禁使气瓶暴晒在烈日下。

4)做好高处作业安全防护措施,作业人员须佩戴安全带,生命线、施工通道、安全平网封闭等必须完善,有操作平台,有上下梯子或其他形式通道。

### 3.3 环保措施

1)成立施工环境、卫生、消防管理机构,在施工过程中严格遵循国家法律、法规和规章,注重“绿色施工”理念,做好节能、节材、节水、节地和环境保护

相关措施。

2)晚间焊接作业须采取遮光措施,减少施工光污染。动火前须开用火证,严格用火制度。

3)混凝土浇筑施工应尽量在白天进行,如不得不进行夜间施工时,应做好相关报备手续。

4)运输、施工所用车辆及机械废气等均应符合环保要求。施工区域与非施工区域间设置标准的分隔设施,做到连续、稳固、整洁、美观。

## 4 同步等高施工效益分析

### 4.1 经济效益

采用传统施工工艺,主体施工工期为140d,而采用本工法施工工期为108d,缩短工期32d。现场钢结构施工共需40人,费用为300元/人/工日,土建施工共需30人。现场ZSC600型塔式起重机1台,费用为150000元/月,平均5000元/d。降低成本计算为:节约人工费=300元/人/工日×70人×32d=672000元;节约机械费=5000元/d×32d=160000元;取消爬架,降低成本3000000元。

外围钢结构与核心筒同时施工增加临时支撑,临时支撑箱形柱及连系梁共计21t,材料及安拆单价合计7000元/t;临时支撑架体共计3000m<sup>2</sup>,安拆单价86元/m<sup>2</sup>。增加费用为:箱形柱及连系梁费用=7000元/t×21t=147000元,临时支撑架体费用=3000m<sup>2</sup>×86元/m<sup>2</sup>=258000元。

合计降低成本=3000000-147000-258000=259.5(万元)。

### 4.2 社会效益

高层钢框架-混凝土核心筒结构同步等高攀升施工技术,从施工组织、技术攻关、施工控制、过程监测等多方面形成一个完整的施工技术体系,促进施工企业技术水平提高,提高企业竞争实力,为类似工程设计与施工提供先进的思路和方法,有较好的推广应用前景。

## 5 结语

高层钢框架-混凝土核心筒结构同步等高攀升施工,需合理组织施工工序,设计可靠的临时支撑体系,以保证结构安全、施工质量和安全,提高施工工效,加快施工进度,缩短工期。

高层钢框架-混凝土核心筒结构同步等高攀升施工技术,省去大型爬升式脚手架,采用可周转临时支撑措施,最大限度节约材料,实现施工工效提升,在施工过程中注重“绿色施工”理念,取得较好的节能和环保效益,对今后类似结构工程的施工具有一定指导意义。

(下转第127页)

7时, $H^+$ 浓度降低,加大絮凝剂解离程度,增强桥架能力,絮凝效果最好,有59.5mL清液产生;pH值为8时,絮凝剂长链由于舒展度太大而变得僵直,甚至会生成交联的凝胶,反而使其吸附桥架能力降低,絮凝作用减弱<sup>[15]</sup>。虽然pH值为8时的固相沉降率比pH值为7时的固相沉降率小,但固相沉降率只相差1.3%,在某种程度下可忽略不计。该车站泥浆pH值为7~8,因此,在实际泥浆处理时,不必对泥浆pH值进行调整,直接处理即可。

### 3 结语

为定量研究各因素对地铁施工废弃泥浆分离效果的影响,进行泥浆分离影响因素试验研究。采用阴离子聚丙烯酰胺为絮凝剂,通过正交设计试验法研究絮凝剂浓度、分子量、泥浆pH值、搅拌速度及时间对泥浆分离效果的影响,得出以下结论。

1)对于粉质黏土类泥浆,各因素对泥浆分离效果影响的主次顺序为絮凝剂浓度>泥浆pH值>搅拌时间>絮凝剂分子量>搅拌速度,在实际工程中进行泥浆处理时,应抓住影响泥浆分离效果的主要影响因素,以获得泥浆最佳分离效果;根据因素的主次关系可得,絮凝剂浓度对泥浆分离效果影响最大,由于絮凝剂价格较高,在实际工程中,应通过试验确定絮凝剂最佳浓度,既满足泥浆处理效果,又要达到经济可行的目的。

2)固相沉降率随絮凝剂浓度、泥浆pH值、絮凝剂分子量、搅拌速度的增加而先增大再减小;随搅拌时间的增加先增大再减小,最后有所回升,但无法回升到最大固相沉降率,曲线呈波动状。

3)根据固相沉降率和各因素的曲线关系,得出最佳泥浆分离条件为絮凝剂浓度为0.1g/L、分子量为1800万、pH值为7、搅拌速度为70r/min、搅拌时

间为180s,为现场泥浆处理提供了数据支撑。

4)根据验证试验,固相沉降率平均值为60.8%,即100mL的泥浆中能分离出60.8mL的水,分离效果明显,对粉质黏土类泥浆分离处理具有一定的借鉴意义。

### 参考文献:

- [1] 席社.铁路桥梁施工废弃泥浆处理的实用技术研究[J].铁道标准设计,2012,56(7):132-134.
- [2] 刘建华,侯世全,李刚,等.废弃泥浆无害化处理技术研究进展[J].铁道劳动安全卫生与环保,2009,36(1):10-13.
- [3] 马青山.絮凝化学和絮凝剂[M].北京:中国环境科学出版社,1988.
- [4] 徐晓军.化学絮凝剂作用原理[M].北京:科学出版社,2017.
- [5] 李冲,吕志刚,陈洪龄,等.阴离子型聚丙烯酰胺在废弃桩基泥浆处理中的应用[J].环境科技,2012,25(1):33-37.
- [6] 刘建华,范英宏,潘智,等.京沪高速铁路桥梁施工废弃泥浆处理试验研究[J].铁道劳动安全卫生与环保,2009,36(3):108-112.
- [7] 梁止水,杨才千,高海鹰,等.建筑工程废弃泥浆快速泥水分离试验研究[J].东南大学学报(自然科学版),2016,46(2):427-433.
- [8] 常鸽,李春杰,丁光莹,等.钱江隧道盾构废弃泥浆的混凝分离[J].环境工程学报,2012,6(10):3752-3756.
- [9] 师雯洁,程文,任立志,等.地铁施工废弃泥浆处理试验研究[J].水资源与水工程学报,2017,28(1):141-145.
- [10] 刘勇健.废泥浆固液分离的正交试验研究[J].探矿工程,2000(6):12-14.
- [11] 冷凡,庄迎春,刘世明,等.泥浆快速化学脱稳与固液分离试验研究[J].哈尔滨工程大学学报,2014,35(3):280-284.
- [12] 武亚军,周振,陆逸天,等.pH值对工程废浆稳定、絮凝及固结特性的影响[J].土木工程学报,2018,51(9):92-101.
- [13] 张钦喜,陶韬,王晓杰,等.钻孔灌注桩废弃泥浆处理的试验研究[J].水利学报,2015,46(S1):40-45.
- [14] 栾军.试验设计的技术与方法[M].上海:上海交通大学出版社,1987.
- [15] 方道斌.丙烯酸胺聚合物[M].北京:化学工业出版社,2006.19-22.
- [5] 徐小洋,白贺昶,徐名尉.外爬内支钢铝组合模板在超高层塔楼核心筒施工中的应用[J].中国建筑金属结构,2019(10):48-50.
- [6] 刘文禄.超高层建筑核心筒“自爬模”施工技术研究[J].住宅产业,2019(9):52-56.
- [7] 范韩睿,单毅,包纯南.超高层建筑核心筒结构的液压爬模超限斜爬施工技术[J].建筑施工,2019,41(8):1504-1506.
- [8] 李广慧,徐乐华,刘浩,等.超高层建筑核心筒施工主要设施配置及工序[J].中国港湾建设,2019,39(7):59-64.

(上接第117页)

### 参考文献:

- [1] 王江波,钱宏亮,杨晓毅,等.基于某高层项目的爬模系统爬升过程分析及优化研究[J].四川建筑,2020,40(5):44-47.
- [2] 张三鹏,张文光,钟国兴.超高层核心筒液压爬模及布料机一体化施工技术[J].施工技术,2020,49(2):77-79.
- [3] 徐巍,王江波,陈蕾,等.液压爬模体系现场监测施工技术[J].施工技术,2020,49(2):80-83.
- [4] 刘东,晋程龙,张元植,等.超高层模架系统在南宁华润中心东写字楼项目施工中的应用[J].施工技术,2019,48(20):