

# 广州东塔核心筒复杂钢构件加工制作关键技术

熊小渊<sup>1</sup> 张志广<sup>2</sup>

(1. 周口科技职业学院, 河南周口 466000; 2. 中国建筑第四工程局第一建筑工程公司河南分公司, 河南洛阳 471000)

**摘要:** 广州东塔加强层巨型柱安装制作具有构件超重、节点形式复杂、厚板焊接多、受顶模塔吊限制大等特点, 对构件安装就位、焊接、测量校正以及变形控制造成极大影响。针对该结构施工特点, 拟定最优分段方案, 安排合理的安装流程, 选取科学的安装工艺, 采用全程施工模拟、厚板电加热工艺、科学的测量校正方法, 有效解决了施工难点。

**关键词:** 钢结构; 巨型柱; 制作; 运输安全

**DOI:** 10.13206/j.gjg201708019

## KEY MANUFACTURING TECHNIQUES FOR COMPLICATED STEEL MEMBERS OF CORE-TUBE OF GUANGZHOU EAST TOWER

XIONG Xiaoyuan<sup>1</sup> ZHANG Zhiguang<sup>2</sup>

(1. Zhoukou University of Science and Technology, Zhoukou 466000, China; 2. Henan Branch No. 1 Construction Engineering Company of China Construction Fourth Engineering Bureau, Luoyang 471000, China)

**ABSTRACT:** The manufacturing and installation of giant columns at strengthening layer of Guangzhou East Tower are difficult for locating, welding and monitoring because of its overweight, complex joint form, a great quantity of thick plate welding work and limited by formwork lifting and tower cranes. According to the construction characteristics of the structure, the optimal segmentation scheme was designed, and the reasonable installation process was arranged. The construction difficulties were effectively solved by the simulation of whole construction process, electric heating technology for thick plate welding and scientific measurement correction method.

**KEY WORDS:** steel structure; giant column; fabrication; transportation safety

随着我国经济水平的不断提高和高速发展, 中国建筑业也迎来了高速发展的黄金时期。超高层建筑如雨后春笋般拔地而起。从中央电视台新台址、上海国际金融中心, 到上海中心大厦、广州西塔、深圳平安国际金融中心, 再到广州东塔、武汉绿地中心、南京紫峰大厦、北京中国尊大厦等, 基本上均采用框架-核心筒结构, 其核心筒也基本上采用多腔体复杂结构巨柱来承载, 因此复杂结构巨柱的加工制作困难问题突出。本文针对广州东塔项目, 介绍其复杂截面巨柱加工制作重难点及关键技术。

下商业建筑 1.8 万 $m^2$ 。



图 1 广州东塔效果

### 1 工程概况

珠江新城东塔位于广州市珠江新城 CBD 中心地段珠江新城冼村路 J2-1、J2-3 地块, 西临珠江大道, 北望花城大道。广州珠江新城东塔设计高度 530 m, 建成后将超越广州西塔(440.75 m), 成为华南地区第一高楼, 东塔将与广州西塔和广州电视塔一起, 成为广州市新地标(图 1)。广州东塔用地面积 2.65 万 $m^2$ , 规划建筑面积为地面以上 35 万 $m^2$ , 地

### 2 项目结构形式

广州东塔共包括塔楼、裙楼及地下室 3 部分, 塔楼结构采用巨型框架-核芯筒双重抗侧结构体系。塔楼高 518 m, 地上 112 层, 集办公、公寓、酒店和餐

第一作者: 熊小渊, 女, 1973 年出生, 高级工程师。

Email: meilidemeng\_feng@163.com

收稿日期: 2016-12-10

厅于一体,7~67层为办公区,68~92层为酒店式公寓,93层以上为酒店,并在23、40、56、67、79、92层设置共6层通风式避难层,总体钢结构总用量达到约9.4万t。整个塔楼结构由8根巨型钢管-混凝土柱和6道空间环桁架,与内部核心筒协同工作,形成外框架-核心筒结构主要抗侧及竖向受力体系(图2)。

### 3 复杂巨型柱加工制作工艺

本工程钢构件种类包括塔楼外框柱,核心筒钢板剪力墙,核心筒内型钢柱,伸臂桁架,环状桁架,楼面H型钢梁等,材质等级为Q345B, Q345C, Q345GJC。由于篇幅所限,本文主要介绍核心筒巨型柱加工制作及运输相关技术。



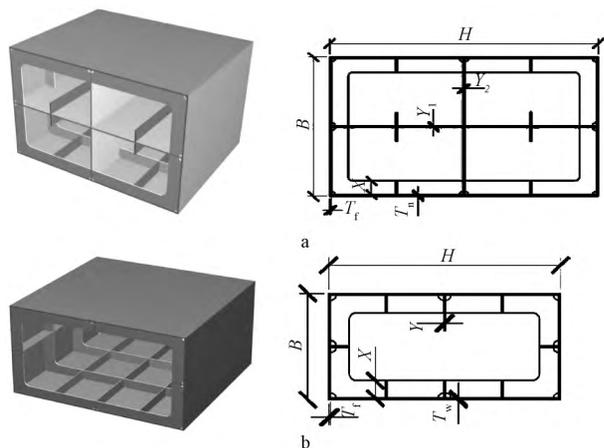
图2 结构整体示意

#### 3.1 巨型柱截面及楼层分布

巨型柱截面及楼层分布见表1。巨柱的截面外廓及尺寸如图3所示。

表1 巨型柱截面及楼层分布

截面规格/mm	主要分布层数	总质量/t	最大吊装单元长度/m	最大吊装单元质量/t
5 600 × 3 500 × 50 × 50 × 350 × 50 × 50	B5—B1	2 052	4.5	49.5
5 600 × 3 500 × 50 × 40 × 350 × 40 × 50	F1—F22	8 570	6.0	72.1
5 000 × 3 400 × 45 × 40 × 350 × 40 × 45	F25—F39	4 686	7.5	68.6
3 900 × 3 400 × 30 × 30 × 350 × 25 × 25	F42—F55	2 875	9.0	67.7
3 400 × 3 000 × 30 × 30 × 350 × 25 × 25	F57—F66	1 623	9.0	62.5
3 400 × 2 650 × 25 × 25 × 350 × 20 × 20	F69—F78	822	11.5	40.9
3 000 × 1 500 × 20 × 20 × 250 × 20	F81—F91	464	14.0	37.5
2 400 × 1 500 × 20 × 20 × 250 × 20	F95—F111	774	19.5	34.8



a—低区柱构件效果示意“田”字型低区柱外廓;

b—高区柱构件效果示意高区柱外廓。

图3 巨型柱截面

#### 3.2 巨型柱加工制作

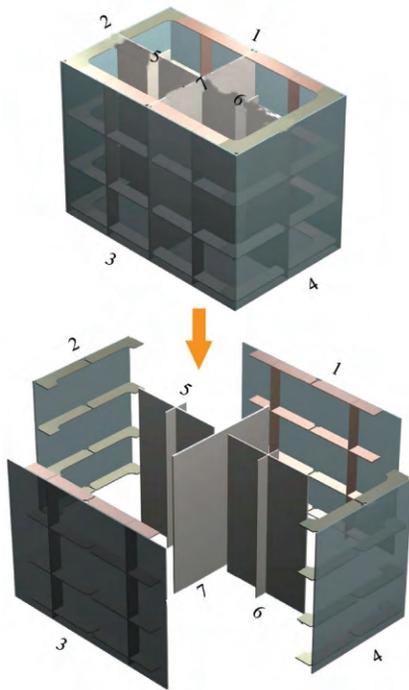
由于巨型柱的截面超常规,最大尺寸达5.6 m长,3.5 m宽,根据柱的截面特点,将其拆分成简单合理的制作单元,如田字形柱划分为7个单片的制作单元,各制作单元划分示意图4,每个制作单元的制作流程如图4所示。

1) 零件板放样与下料。因体积巨大、且钢板较厚,巨型柱到达现场后的二次加工非常困难,因此要谨慎考虑余量的设置;考虑到田字型截面各板件能够较好地互相约束,根据巨型柱的制作经验,沿巨型柱高度方向的余量按0考虑,只增设3 mm的端铣余量;下料前利用计算机辅助软件对零件进行精确展开放样,然后采用数控火焰切割机精密下料。

2) 设置胎架与地样。装配前,在地面上铺设钢板并保证平整,然后在钢板上1:1画出构件轮廓线,同时设置装配用胎架;为控制胎架的组装精度,胎架模板也采用数控精密切割,利用水平仪对各胎架模板上表面的标高进行测量,将各处的标高之差控制在1 mm之内;胎架的构件截面也适当增大,以保证胎架具有足够的强度、刚度、稳定性。

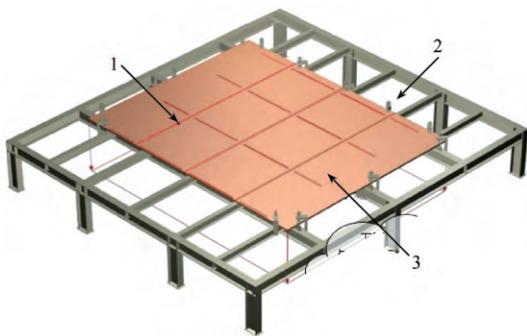
3) 装配下面板。下面板装配时通过线坠与地样进行精确定位,定位后通过夹具将下面板与胎架进行刚性固定,并弹出隔板位置线,见图5。

4) 装配劲板。劲板装配时通过劲板定位线将其准确定位,定位时应保证劲板的垂直度,定位后



1—第1制作单元;2—第2制作单元;3—第3制作单元;  
4—第4制作单元;5—第5制作单元;6—第6制作单元;  
7—第7制作单元。

图4 制作单元划分示意



1—劲板定位线;2—夹具;3—弹出隔板位置线。

图5 装配下面板

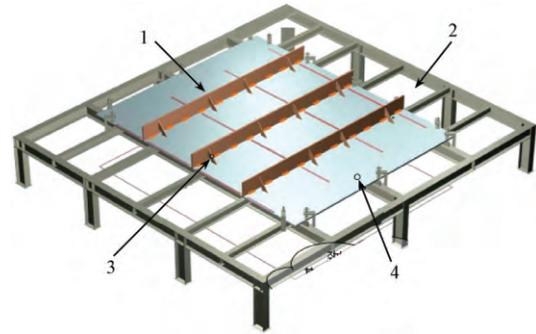
用临时靠板将其固定,然后进行点焊固定。见图6。

5) 劲板焊接。劲板采用CO<sub>2</sub>气体保护焊进行焊接,焊后自然冷却24h后进行UT探伤。

6) 外形控制尺寸检查。单元1装焊完成并经UT检查合格后,应派专职质检员对外形控制尺寸进行检查。

各制作单元的制作流程相同,每个制作单元完成后,开始整体组焊制作,整体组焊标准流程如下:

1) 设置胎架及地样。技术要求同单元制作



1—装配劲板;2—临时固定用靠板;3—工艺用临时劲板;  
4—定位后用临时靠板将其固定,然后进行点焊固定。

图6 装配劲板

流程。

2) 组装第3制作单元。将第3制作单元整体吊上胎架,并用线坠与地样进行准确定位,然后通过夹具与台架进行夹紧固定。

3) 组焊第7制作单元。组装时通过线坠与定位进行精确定位,并通过临时靠板及拉杆将其固定,然后进行点焊固定。

4) 组焊第2、第4制作单元,技术要求同上。

5) 组焊第5、第6制作单元,组装前首先要设置临时支撑,支撑必须具有足够的刚度、强度及稳定性,支撑上口应当平齐。

6) 组装第1制作单元。组装时通过线坠与定位线进行精确定位,定位合格后进行点焊固定。

7) 整体焊接。采用半自动埋弧焊,采用焊前预热和焊后消氢热处理工艺;为了保证超厚板的焊接保温,选用电加热工艺,个别区域因空间条件限制,无法放置电加热设备,采用火焰预热,当温度达到130℃左右时施焊;消氢热处理的温度控制在300~350℃,保温时间不少于1h,在到保温时间后缓慢降到室温;对称施焊,使两侧温度均匀,以更好的控制焊接变形。

8) 端面铣平。检测合格后,对巨型柱进行端铣,端铣时先将巨柱放平并且顶紧固定,避免在加工过程发生移位,并保证构件的端面与刀盘平面严格平行,用塞尺检查密贴度;端部铣平的误差控制在规范允许范围内。

9) 外形控制尺寸检查。巨柱焊接完成并经UT检查合格后,应派专职质检员对外形控制尺寸进行检查。

#### 4 运输方案

本文主要涉及主塔楼的巨柱,其最大截面尺寸

达 5.6 m × 3.5 m。根据钢构件安装分段计划,本次超重、超宽构件单件最重达 686 kN。因此,在巨柱运输过程中,必须采取专门的措施。

1) 在运输实施前,编制“超重、超宽”构件专项运输方案及专项装卸方案,针对运输组织、人员、车辆安排、运输路线、成品保护及应急预案等方面作出精心布署。

2) 对超宽构件的运输,在构件加工厂与广州现场均由专人对接管理,并办理运输过程中相关审批审核手续,运输时间严格满足现场施工要求。

3) 对于特种车辆安排,则提前和运输公司签定合同,确保运输车辆的及时到位。

4) 对于超宽构件,应在构件边缘设置明显的警示灯,告知车宽,警示后面的车辆,夜间行驶时整个车身有醒目的标识告知车宽,警示后面车辆。

5) 由于超宽车辆有时需占用两个车道,因此,进场时间安排在晚上 12:00 后,到达交货地点后,及时报验和卸车,运输车间尽快离开现场。

6) 对于构件存在“超重、超宽”之一特点的运输,需要时与路政管理部门联系,申请办理特别通行证,保证顺利运输。

7) 在构件运输过程中,要绑扎牢固,钢构件在运输车上的支点、从运输车两端的伸出长度应经过计算,保证构件不变形且不能损伤钢构件涂层,并设置防雨淋措施。

## 5 结 语

超高层建筑多设计为核心筒内劲性巨柱结构。由于巨柱截面巨大、采用钢板超厚且截面构造复杂,其加工制作难度高。广州东塔项目塔楼核心筒超大截面超重巨柱采用本文所述方法制作、运输至现场质量较优,巨柱钢构件入场复检合格率达到 100%,避免二次返工带来的工期和效益等不良后果,为后期巨柱现场安装打下了良好的基础。可为类似超高层建筑复杂钢结构构件制作提供借鉴。

### 参考文献

- [1] 殷健,范道红,尹恒. 双向倾斜田字形巨柱加工制作技术[J]. 焊接技术, 2016(9): 5-8, 173.
- [2] 陈钧,范道红,季书培,等. 天津高银 117 大厦大截面多箱体组合型巨柱制作技术[J]. 施工技术, 2015(20): 28-31.
- [3] 栾公峰,李乡亮,刘长永,等. 大跨度、大倾斜角度塔冠连接巨柱制作技术[J]. 焊接技术, 2015(9): 102-104.
- [4] 刘长永,刘学峰,孙留寇,等. 多腔体组合巨柱制作工艺研究[J]. 钢结构, 2015(2): 49-52, 83.
- [5] 王会超,刘强,任常保,等. 深圳平安金融中心超巨大巨柱-桁架吊装技术[J]. 建筑技术, 2014(6): 496-499.
- [6] 包联进. 空腹式型钢 SRC 巨柱在超高层结构中应用探讨[C]//第二届大型建筑钢与组合结构国际会议论文集. 上海: 2014.
- [7] 李朝兵,王春林,范道红,等. 超大型组合巨柱焊接变形控制[J]. 建筑钢结构进展, 2013(3): 60-64.
- [8] 范道红,何鲁清,严小霞,等. 天津 117 多腔体组合型巨柱预拼装技术[J]. 钢结构, 2012(增刊): 294-297.

## · 会 讯 ·

近年来,亚洲与太平洋地区经济高速发展,面对工业突飞猛进发展所带来的挑战,亚太地区从事结构与建筑的工程师和专家学者们共同发起并组织了一个定期召开的亚太地区结构工程与施工学术会议(简称 EASEC),交流先进的施工方法和新技术,推动技术革新和发明,促进现代教育和科研水平的提高,助力亚洲与环太平洋地区结构工程各领域的全面发展。自首届 EASEC 会议于 1986 年 1 月 15-17 日在曼谷召开以来,该会议已陆续在泰国、中国、韩国、澳大利亚、中国台湾、日本、新加坡、印度尼西亚、中国香港、越南等地成功召开 14 届。

第十五届东亚-太平洋结构工程及施工国际会议(EASEC-15)由同济大学、西安建筑科技大学联合主办,中国工程院、中国科学基金会、国家土木工程重点防灾减灾实验室、中国土木工程学会、中国公路学会、中国建筑学会、中国钢结构协会、中国建筑金属结构协会、清华大学、哈尔滨工业大学、浙江大学、东南大学、《结构与土木工程前沿》期刊、《桥梁》杂志等协办,将于 2017 年 10 月 11-13 日在中国西安举办。

大会网址: <http://easec15.tongji.edu.cn/>

邮箱: [international@bridgecn.org](mailto:international@bridgecn.org)

会议咨询:《桥梁》杂志社国际部

联系电话: +86(010) 64285651 603/604