

● 结构施工

# 南京紫峰大厦超高层钢结构屋顶天线桅杆安装

## Installation of Antenna Mast on Super Tall Steel Roof of Nanjing Zifeng Tower

□ 罗魏凌

(上海市机械施工有限公司 200072)

**【摘要】**南京紫峰大厦为总高度 450 m 的超高层标志性建筑，针对其屋顶结构复杂薄弱、施工场地狭小、天线桅杆高度高、重量大、结构造型特殊的特点，介绍了一套变幅式塔吊综合安装与套筒式提升法相互结合的施工工艺，较为安全经济地解决了屋顶超大型天线桅杆的施工。

**【关键词】**南京紫峰大厦 变幅式塔吊 “工”字型剪力墙 天线桅杆 套筒提升 预变形

**【中图分类号】**TU758.15

**【文献标识码】**B

**【文章编号】**1004-1001(2008)03-0198-03

### 1 工程概况

南京紫峰大厦钢结构工程与鼓楼大厦相邻，位于南京市鼓楼广场西北角，东至中央路，西至北京西路，南接中山北路，是集酒店、办公于一体的超五星级建筑，总建筑面积 261 075 m<sup>2</sup>，主楼地下 4 层，地上 70 层，顶标高 +381.0 m，屋顶天线桅杆顶标高 +450.0 m(图 1)。楼层标准层高 4.2 m 和 3.8 m，桁架层和设备层高 8.4 m，60 层以上局部接层层高 5.6 m，顶部“工”字型核心筒接层层高最高达 16.8 m。整个主楼结构体系采用钢框架—钢筋混凝土核心筒结构。外围钢框架与钢筋混凝土核心筒通过在 10F~11F、35F~36F、60F~61F 三道伸臂桁架和带状桁架与巨型核心筒连在一起，形成三道抗侧力结构。钢结构总重约 16 000 t。

屋顶天线桅杆从 63 层结构(305.330 m)生根起始，根部通过 60 个地脚螺栓和 1.45 m 长劲性段与 2.7 m 厚度混凝土底板连接，天线顶部标高为 450.0 m，总长度 144.67 m(图 2)。为显挺拔俊俏风采，结构分主副天线两部分，主天线通过天线 1.2、3 层附于体型纤细、结构薄弱的核心筒“工”字型剪力墙上，副天线通过连接劲板悬挂于主天线之上。主副天线均为圆管截面形式，随着高度变化，主天线截面分为  $\phi 2700 \times 35$ (长 90.695 m)、 $\phi 2300 \times 35$ (长 28.725 m)、 $\phi 1200 \times 35$ (长 25.250 m)三种截面形式，副天线为  $\phi 600 \times 20$ (长 48.524 m)截面形式，悬挂于 2.3 m 直径段主天线上。桅杆总重 400 余 t。

**【作者简介】**罗魏凌(1982-)，男，本科，助工。联系地址：上海市洛川东路 701 号(200072)。

**【收稿日期】**2008-02-15



图 1 紫峰顶部俯视效果图

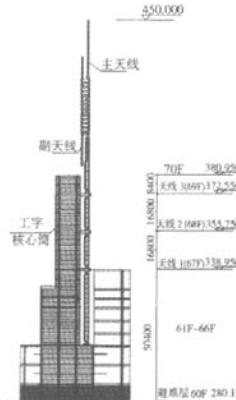


图 2 紫峰 60 层以上立面示意图

## 2 施工难点

(1) 主体结构从 61(288.550 m)层开始发生频繁收缩变化,至 F66 夹 2 层(330.550 m)仅剩一单薄“工”字型核心筒结构(图 3),由于天线安装完毕前主体结构必须封顶,因此安装工艺和吊装机械的选择必须同时兼顾天线和主体结构施工,是研究天线安装的关键。

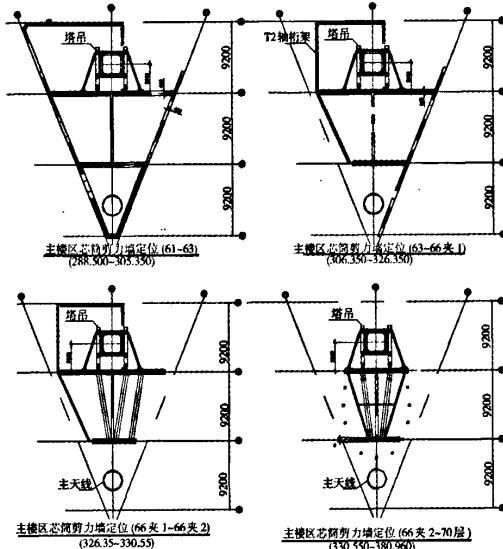


图 3 紫峰 F61 层以上核心筒结构收缩变化示意

(2) 屋顶天线桅杆总重 400 余 t, 从 63 层拔高 150 余 m, 主天线钢管截面直径从 2.7 m~1.2 m 直径变化不等,如此庞大的天线无论是在国内还是国际上都属罕见,对天线的安装定位控制精度提出相当高要求。

(3) 整个副天线悬挂在主天线之上,底部无结构可传递受力,主副天线组合结构成为一个巨大的偏心体,如何保证天线的垂直度是施工的一大难点。

## 3 施工技术路线

根据南京紫峰大厦主体结构上部变化情况和屋顶天线桅杆结构特点,采用整体式提升法、攀升吊法和目前常规塔机直接安装到位法等施工工艺,均难以满足天线结构安装的要求,为此我们在对结构特点深入了解和多方案比较的基础上,创造性地提出了“ZSL650(600 t·m)变幅式塔吊降级使用安装就位天线,套筒式提升法解决塔吊施工高度难题”的施工技术路线。利用降级为最大起重力矩为 450 t·m 的 ZSL650 塔吊(54 m 塔身),外挂内爬于上部“工”字型核心筒结构上进行天线的安装和就位;Φ1.2 m 段天线受塔吊安装高度限制,无法直接安装到位,采用套筒式提升法解决施工难题,即在安装 Φ2.3 m 段主天线时,由吊机将其全部就位

至 Φ2.3 m 段主天线圆管之中,最后利用提升法施工安装。

## 4 主要施工机械

### 4.1 ZSL650(450)变幅式塔吊

ZSL650(450)变幅式塔吊的选择和使用安全是实现本工程天线施工的关键点。目前国内所使用的变幅塔吊采取内爬工况时,大部分塔身不许超过 40 m,大吨位的塔吊更是限制严格。我们在制定施工技术路线的同时,根据以往大型塔式起重设备设计和改造的经验,通过与原有 ZSL650 变幅式塔吊生产厂家的沟通,对该塔吊的受力情况进行了详细的分析研究和精确计算,决定将本工程下部结构施工用 ZSL650 塔吊在原有 42 m 标准塔身上增加 12 m 标准节,并将其最大起重力矩由原来的 600 t·m 降级为 450 t·m,以减少对上部主体结构荷载作用,增加安全度,为天线施工提供了技术保障。

54 m 标准塔身的 ZSL650(450) 变幅式塔吊巴杆长度 55 m,采用外挂内爬工况进行施工,安装天线阶段,底部爬升系统外挂于 66 夹 1 层封闭核心筒结构,顶部爬升系统附着于 350.75 m 标高的“工”字型剪力墙结构,可将 Φ2.3 m 段主天线及其下部任一结构轻松直接安装到位(图 4)。

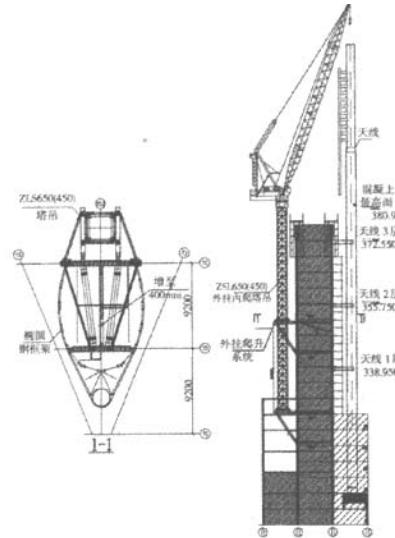


图 4 ZSL650(450)塔吊安装天线示意

由于塔吊上道附墙于单薄“工”字型剪力墙,通过建模精确定算,不能满足荷载要求,通过与业主、设计、土建和塔吊设备厂家等相关单位协商,采取如下措施改善受力状况、增加安全保证:

(1) 增大塔吊两附墙间距,将上下道附墙间距控制在 24 m,这样有效减少了上道附墙对主体结构的水平荷载,经

验算仅为 34.6 t。

(2) 考虑上部“工”字型核心筒为开口结构,对塔吊荷载所产生的扭矩承受不佳,将剪力墙周边椭圆框架结构以及核心筒楼板与剪力墙同步施工,这样相当于形成了一个闭合的矩形框架结构并在内部增加了加劲肋板。

(3) 原有“工”字型结构腹板厚度仅为 300 mm, 楼层高度最大为 16.8 m, 三个剪力墙分肢之间连接薄弱、整体性差, 经协调, 将腹板厚度增加至 400 mm, 同时在 16.8 m 楼层中均增加一个夹层, 层高缩小, 受力有较好改善。

(4) 原有“工”字型结构翼缘宽度仅为 6 400 mm, 而合理设计的塔吊外挂爬升系统两水平拉杆间距为 7.84 m, 因此在 350.75 m 标高翼缘两侧挑出 1.2 m × 1 m 混凝土梁, 拉杆与混凝土梁连接, 为了控制混凝土梁变形、减少集中荷载对板墙的不利, 在反面设置“工”字钢和 φ609 mm 钢管(壁厚 12 mm)临时支撑(图 5)。

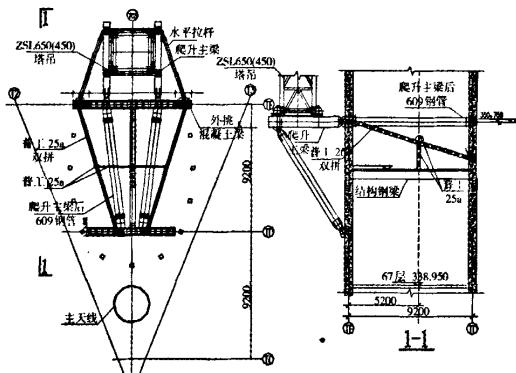


图 5 350.75 m 标高结构加固示意

## 4.2 提升用设备

‘顶部  $\phi 1.2$  m 段主天线采用提升法进行施工,提升设备采用 4 台 YDCJ240 千斤顶(24 t 级)。 $\phi 1.2$  m 段主天线就位至  $\phi 2.3$  m 段主天线中以后,在  $\phi 2.3$  m 段主天线顶部布置 4 台千斤顶,千斤顶下部设置钢绞线与提升段天线底部下吊点牛腿连接,千斤顶通过与之连接的液压泵站和电气控制系统进行天线提升,天线提升到位后将预先焊接于  $\phi 2.3$  m 段主天线上部段内侧的劲板和  $\phi 1.2$  m 段主天线底部段外壁焊接连接(图 6)。

## 5 施工流程及安装预变形

## 5.1 施工流程

结合钢天线桅杆本身特点,设备的合理使用和施工技术路线安排,天线采取分段逐步施工的方法进行,安装流程如下: 天线地脚螺栓和定位支架及劲性段安装→安装  $\Phi 2.7\text{ m}$  段主天线分段完毕→安装  $\Phi 2.3\text{ m}$  段主天线分段(与副天线组合安装)→就位  $\Phi 1.2\text{ m}$  段主天线于  $\Phi 2.3\text{ m}$  段主天线之

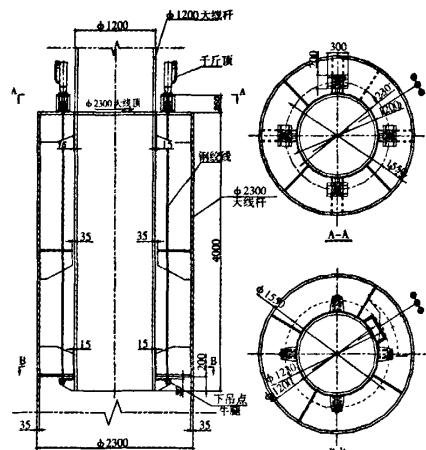


图 6 天线提升设备布置示意

中→在Φ2.3 m段主天线顶部安装提升设备装置(千斤顶及配套设施)→利用套筒式提升法将Φ1.2 m段主天线提升安装到位。

## 5.2 安装预变形

副天线悬挂于主天线之上，造成天线成为偏心结构体，安装过程中在副天线底部设置临时支撑消除安装过程中天线结构弯曲应力，为了保证天线全部安装完毕卸载后的垂直度，在天线安装过程中要做好预变形控制，预变形的量值为15 mm，主要发生于天线最上道附墙(372.55 m)和副天线悬挂顶部(424.748 m)之间，在安装该范围内天线时，向相反方向作好天线调节预变形。

6 结语

- (1) 对于屋顶施工场地狭小、结构薄弱的超高层钢结构天线桅杆，采用塔吊爬升到顶的施工工艺，对结构封顶有严格要求时可起到确保施工进度的作用。
  - (2) 通过对常规塔吊设备的研究和分析，结合结构特点、机械性能，因地制宜的布置和改造施工机械，有利于节约成本和保证结构安全。
  - (3) 对截面变化较大的空心天线结构，根据其特点采取套筒法进行施工，可降低塔吊爬升高度，减少施工过程风险。
  - (4) 通过改善结构施工流程和先后施工顺序关系，利用原有结构作为施工过程结构加固措施，可起到降本增效之用。

### 参 考 文 献

- [1] 金俞槐,罗魏凌,周鸣岐.南京紫峰大厦钢结构工程塔吊布置形式和转换工艺.建筑施工,2007(9):710~712.
  - [2] 冯瑛.310 m高空“攀升吊”安装钢桅杆——上海世茂国际广场 96 m 钢桅杆安装技术.建筑施工,2006(2):117.

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…

---



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

---

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>

---



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>

---



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com))，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>