

全钢结构 广播电视发射塔 工程设计与 施工综合技术

QUANGANG JIEGOU
GUANGBO DIANSHI FASHETA
GONGCHENG SHEJI YU
SHIGONG ZONGHE JISHU

肖绪文 韩兴争 主编

中国建筑工业出版社



全钢结构广播电视发射塔 工程设计与施工综合技术

肖绪文 韩兴争 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

全钢结构广播电视发射塔工程设计与施工综合技术/
肖绪文, 韩兴争主编. —北京: 中国建筑工业出版社,
2012. 7

ISBN 978-7-112-14599-7

I. ①全… II. ①肖…②韩… III. ①电视塔—钢结
构—结构设计—河南省②电视塔—钢结构—工程施工—河
南省 IV. ①TU248.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 199611 号

本书详细介绍了 (388m 高) 的河南省广播电视发射塔工程设计与施工综合技术, 共五篇, 包括概述、工程设计部分、施工技术部分、建筑智能化和绿色施工技术。通过运用现代设计理念和计算机技术, 解决了桉叶糖形塔柱设计和施工中的技术难题, 取得了较好成果。本书内容充实, 图文详尽, 便于阅读借鉴。

本书可作为工程设计、施工技术人员工作参考, 也可作为大专院校相关专业师生教学参考书。

* * *

责任编辑: 郇锁林 毕凤鸣

责任设计: 赵明霞

责任校对: 党 蕾 赵 颖

全钢结构广播电视发射塔工程设计与施工综合技术

肖绪文 韩兴争 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

北京汉魂公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 插页: 2 字数: 300 千字

2012 年 10 月第一版 2012 年 10 月第一次印刷

定价: 38.00 元

ISBN 978-7-112-14599-7

(22543)

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)

**《全钢结构广播电视发射塔工程设计与
施工综合技术》编委会**
(排名不分先后)

顾问：马荣全 王玉玲 谢刚奎 刘 涛

主编：肖绪文 韩兴争

副主编：马人乐 陈建设 潘玉珀

编委：李忠卫 朱喜旺 王文元 罗晓滨 冀 殿 王建国
梁 峰 李永明 姜瑞宽 尹昌洪 何敏娟 陈俊岭
张根宝 何 明 陈艾荣 韩 璐 包培峰 张 猛
苗冬梅 聂宇文 梁 磊 周 翔 张雪峰 刘国杰
刘 雄 马海龙 殷玉来 袁 伟 刘永涛 魏 青
陈 喆 李宗新 王红德

主编单位：中国建筑第八工程局有限公司
同济大学

参编单位：河南广播电影电视局工程办公室
中建八局第二建设有限公司
青岛东方铁塔股份有限公司
中建钢构有限公司
浙江中南建设集团钢结构有限公司
深圳远鹏装饰设计工程有限公司

前 言

河南省广播电视发射塔工程位于郑州市航海东路与机场高速路交会处的东北部，总建筑面积 5.8 万 m²，地下 1 层，地上 48 层，总高度 388m。工程结构形式独特，采用全钢结构体系。工程于 2007 年 3 月开工，2011 年 4 月竣工。

工程建设过程中，采用了一系列先进的设计、施工新技术。通过实验研究，优化外塔柱结构形式，用折线形方案代替弧线形方案，改善了结构受力性能，节约了钢材用量。采用实腹式圆角正三边形钢管柱代替三角形桁架柱，既满足了外观要求，又简化了节点构造。采用研制的专用模具，完成高难度异性管体制作，利用研制的专用胎架，实现了超长构件分段制作、法兰盘连接匹配预拼，满足了钢结构高精度安装要求。研制了液压双缸高强螺栓张拉器，实现了高强螺栓直接张拉法紧固，满足了设计要求，保证了节点刚度。研制了可调式挂架平台、抱箍式构件与可拆卸操作平台。制定了超规范高度限制的塔桅钢结构验收标准和幕墙验收标准。

工程建设过程中，注重环保节能，推广绿色施工，实现节能降耗。2008 年中国建筑业协会绿色施工研讨会观摩了该项目，受到与会专家的一致好评。

2011 年 5 月，在上海举行了有两位院士参加的成果鉴定会，综合评定本工程的建造技术整体达到国际先进水平，其中适应工业化拼装的双缸高强螺栓直接张拉技术达到国际领先水平。

目 录

第一篇 概述	1
河南省广播电视发射塔工程概况	2
第二篇 工程设计部分	9
广播电视发射塔结构与试验研究 / 马人乐 梁 峰	10
广播电视塔体形系数 CFD 数值模拟及随机风振响应 数值分析 (I) / 陈艾荣 曾 勇 周志勇 王达磊	17
广播电视塔体形系数 CFD 数值模拟及随机风振响应 数值分析 (II) / 陈艾荣 曾 勇 周志勇 王达磊	22
广播电视发射塔的抗连续性倒塌分析 / 李 航 马人乐 陈俊岭	30
大型超高钢结构电视塔基于 MR-MTSD & MR-PTTMD 联合作用的风振控制设计 研究 / 张 猛 赵 林 马人乐	38
广播电视发射塔外塔柱选型分析 / 张 猛 何敏娟 陈俊岭 梁 峰 孙永良	49
复杂钢管结构电视塔塔柱拼接形式研究 / 梁 峰 何敏娟 马人乐	55
异形钢管塔柱承载力试验研究和有限元分析 / 陈俊岭 马人乐 何敏娟	60
广播电视塔风振控制方法研究 / 何敏娟 李 旭	67
第三篇 施工技术部分	81
对高强度螺栓施加预拉力方法的研究 / 张 猛 马人乐 吕兆华 梁 峰 尹昌洪	82
广播电视发射塔主吊装塔吊安装施工中的几个关键 问题 / 张 猛 马人乐 梁 峰 尹昌洪 张根宝	89
广播电视发射塔钢结构工程的控制测量 / 李永明 侯晓英 王 华	95
特大异形管体成型技术 / 姜瑞宽 李 强 黄 伟	101
特大异形管件节点成型技术 / 姜瑞宽 李 强 黄 伟	115
388m 高塔桅钢结构安装技术 / 尹昌洪 魏 青 张根宝	128
钢筋桁架混凝土楼板应用技术 / 王建国 李永明 韩 璐 周 翔 刘国杰	145
大型钢柱锚栓安装施工质量控制 / 张志强 李永明 潘玉珀 王建国 韩 璐	151
超高空倒锥形外脚手架施工技术 / 潘玉珀 罗晓滨 梁 磊	156
柔性矿物绝缘电缆在超高层建筑物的应用 / 尚 荣 许占锋 郝春斌	161

第四篇 建筑智能化	167
楼宇自控系统（BAS）在广播电视塔中的应用 / 王振宇 李宗新	168
地源热泵施工技术 / 何 明 包培峰 张雪峰	171
第五篇 绿色施工技术	177
绿色施工技术措施 / 潘玉珀 陈 喆 罗晓滨	178

第一篇 概述



河南省广播电视发射塔工程概况

1 建筑概况

河南省广播电视发射塔位于郑州市航海东路与机场高速路交会处的东北部，占地 141 亩，总建筑面积 5.8 万 m²，地下 1 层，地上 48 层，总用钢量约 1.6 万 t。电视塔总高度 388m，整体造型如五瓣盛开的梅花在空中绽放，五瓣腊梅谐“五福（幅）”之意。塔楼设置有空中花园、旋转餐厅、观光平台等，游客可以在塔顶饱览郑州的美景。工程立面如图 1 所示。

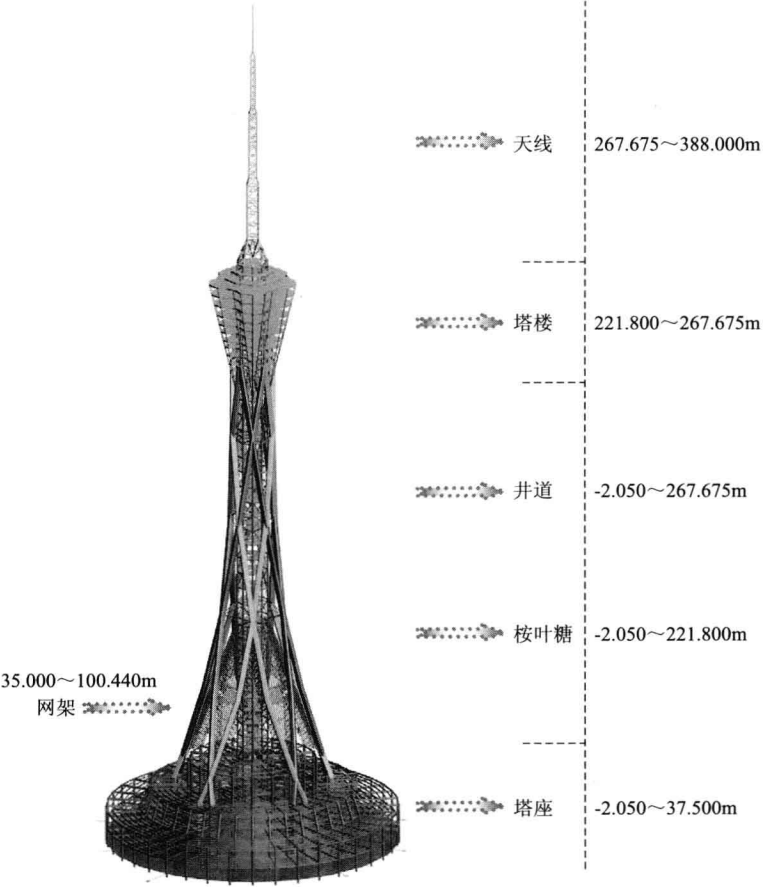


图 1 工程立面示意图

2 钢结构概况

广播电视发射塔结构形式采用了巨型钢结构体系,分为塔座、塔身、塔楼及天线桅杆四部分。其中塔身结构最为新颖,由内筒、外筒和底部五个“叶片”形斜向网架构成,外筒为格构式巨型空间刚架,内筒为竖向井道空间桁架构成的巨型柱。

3 钢结构工程特点

3.1 塔座结构特点

塔座部分外形如图 2 所示,整体为钢框架柱梁结构包括四层功能楼层和屋顶层。塔座部分面积大,最大轴线半径为 74.0m,二层以上⊙轴线钢柱为竖向倾斜柱,三层⊙轴线内设有耳房层,四层楼顶设有楼梯间附房。

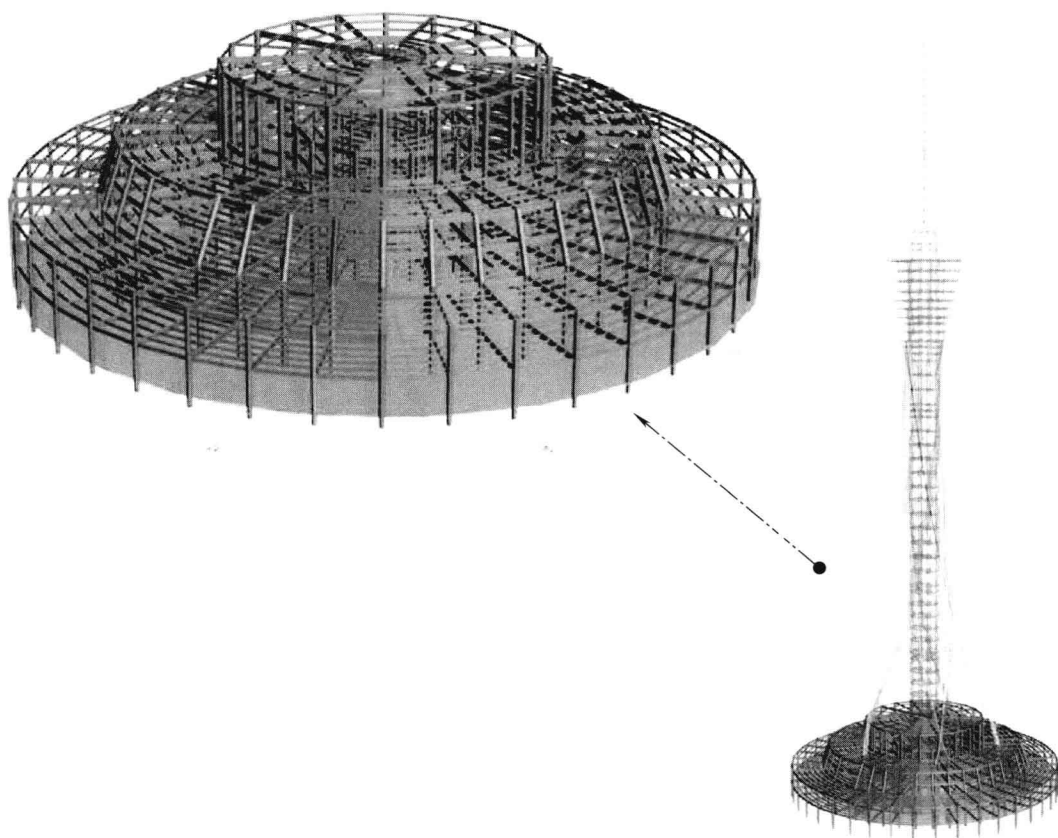


图 2 塔座结构示意图

塔座构件数量较多,单根构件重量均较轻,最重钢梁为⊙轴上钢管柱与按叶糖形柱之间的箱形梁,约为 9.6t,最重钢柱为塔座部分按叶糖形柱,约为 20t。

3.2 桉叶糖形柱结构特点

桉叶糖形柱为塔身外筒柱，其空间跨越大，由-2.050m~+224.500m。柱身截面尺寸大，截面主要形式如图3所示。单根构件长度可达11m，最重单根构件约为35t。构件之间连接采用全法兰连接，在X形节点位置设有内法兰。桉叶糖形柱外框架与井道之间设有四道钢管支撑，以加强井道与外塔柱的连接。桉叶糖形柱结构如图3所示。

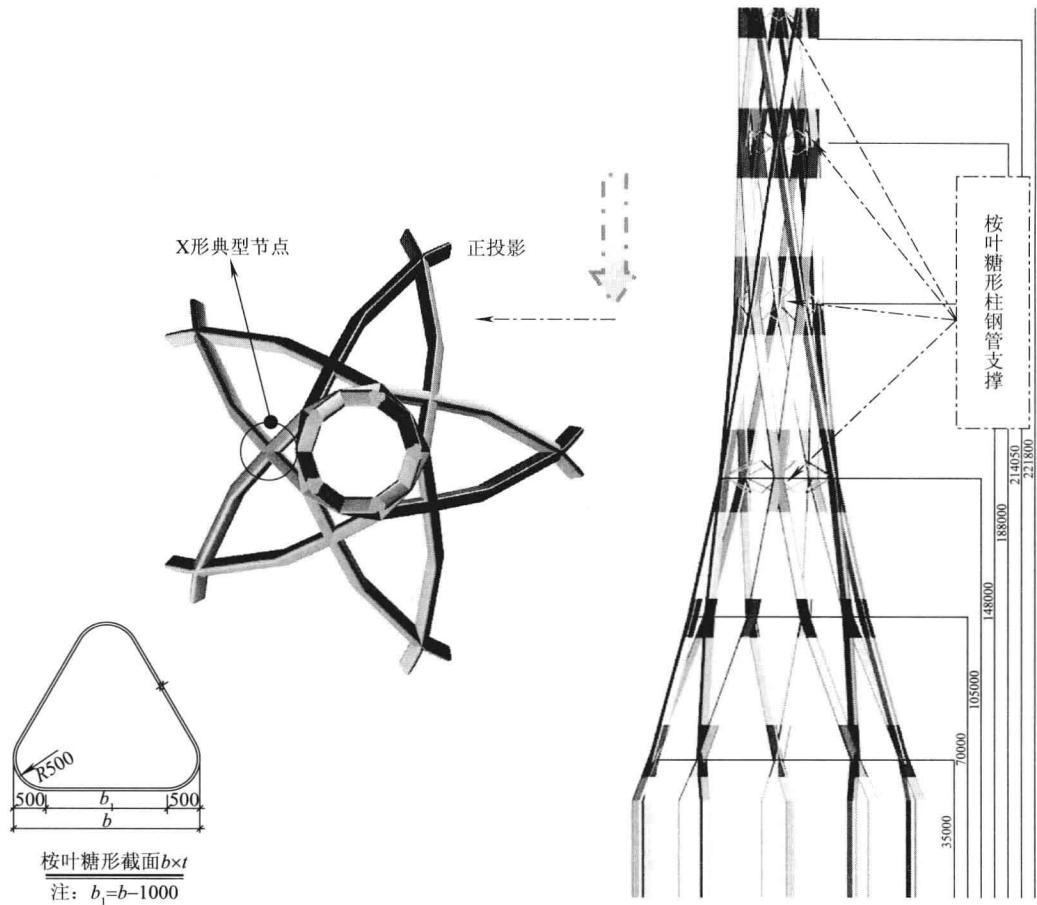
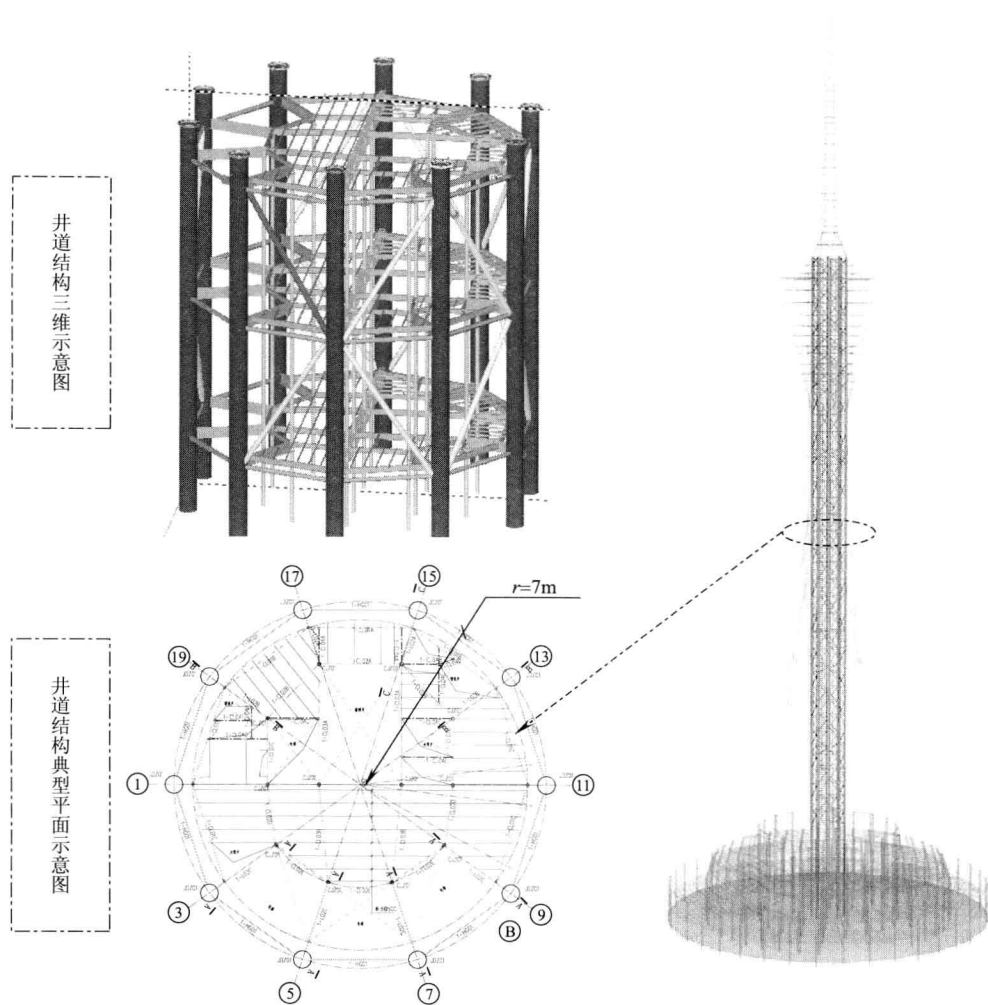


图3 桉叶糖形柱结构示意图

3.3 井道结构特点

井道结构主要由外围10根 $\phi 700 \times 20$ 的钢管柱、井道楼层梁、楼层之间的层间钢管柱、斜横杆以及横隔等组成，如图4所示。

作为电视塔的主要承重结构之一，楼层钢梁、层间柱等构件截面尺寸均较小，而井道的安装单元构件连接完成后，形成了牢固的竖向空间巨型桁架柱，具有极大的刚度和强度。



3.4 塔楼结构特点

塔楼结构总共 12 层，12 层楼顶设有两个夹层，塔楼层层高在 2.350~4.000m 之间。塔楼楼层结构与井道楼层相连接，楼层外框边界线由第一层向上逐层扩展。塔楼结构示意图如图 5 所示。

塔楼结构竖向支撑钢柱包括井道结构钢柱，并于 +233.0m 处在井道外围钢管柱上分岔出塔楼斜柱，呈梅花形向上延伸。桉叶糖形钢柱向内收缩，在 +224.5m 处交会成 5 根 $\phi 800 \times 16$ 的钢管柱作为塔楼结构柱。

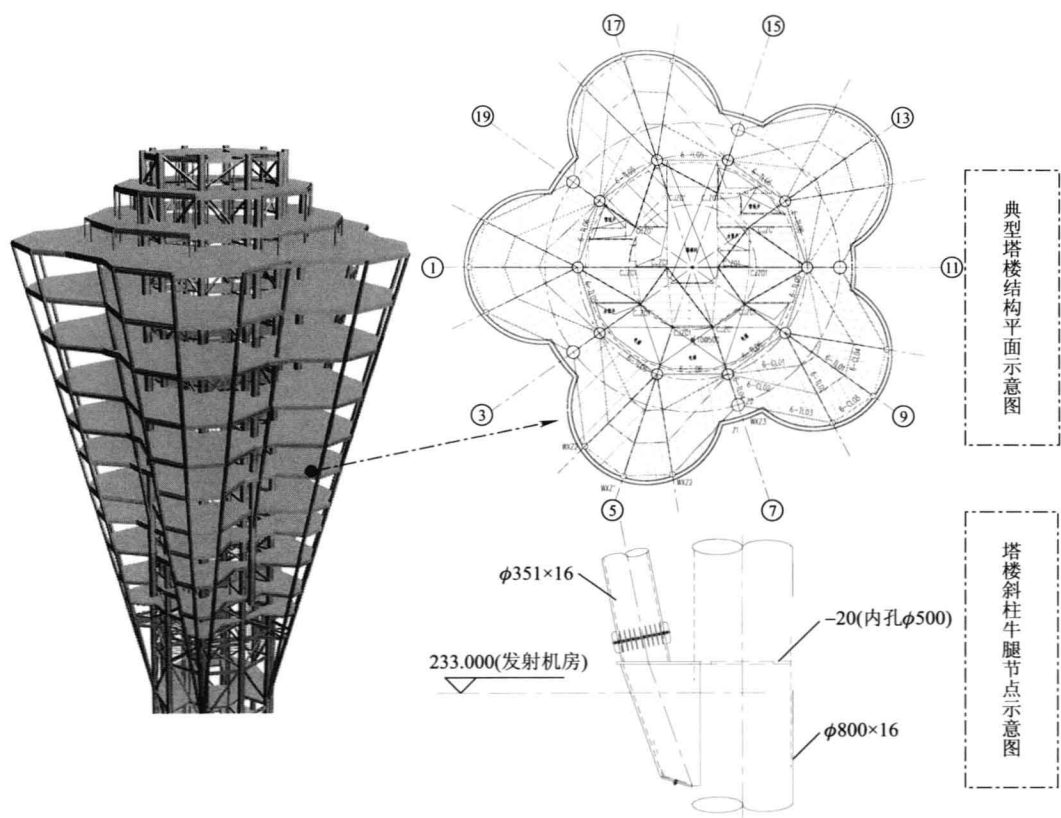


图 5 塔楼结构示意图

3.5 桅杆天线结构特点

电视塔桅杆天线主要采用钢管格构式结构，格构段具有不同的截面尺寸，上部天线段为封闭式箱形结构，天线桅杆采用全法兰连接形式。

桅杆结构如图 6~图 8 所示。

3.6 网架结构特点

网架结构如图 9 所示。

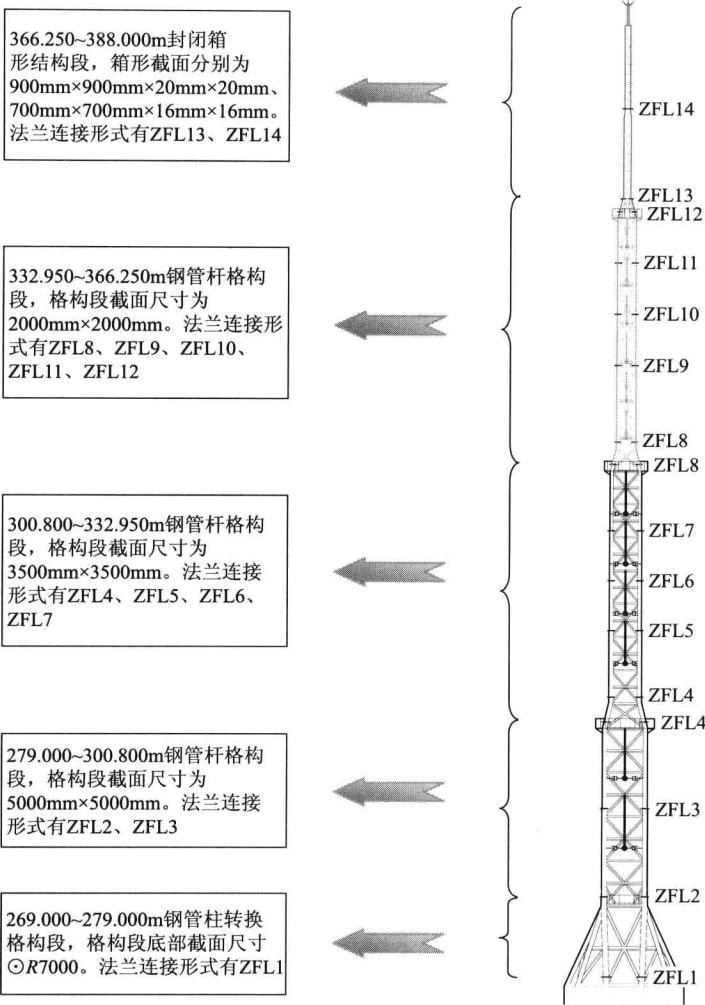


图 6 桅杆结构示意图

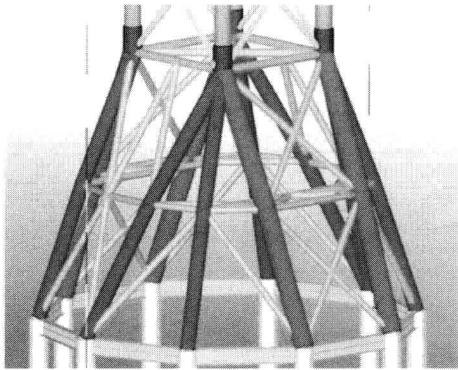


图 7 桅杆天线转换段结构示意图

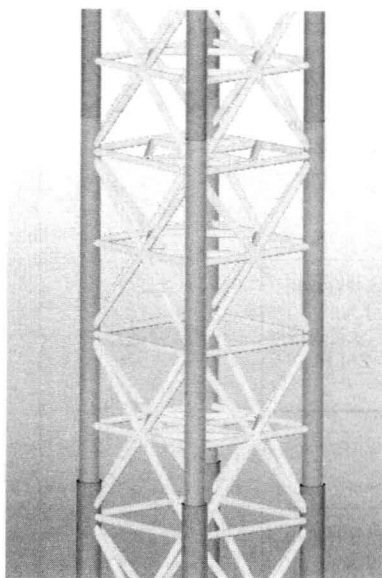


图 8 桅杆天线直线段示意图

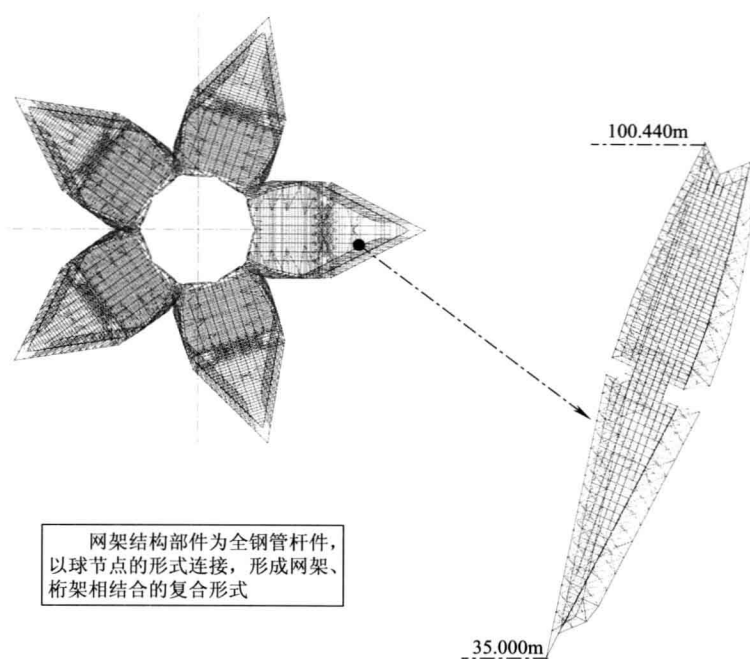


图 9 网架结构平面投影示意图

第二篇 工程设计部分



广播电视发射塔结构与试验研究

马人乐 梁 峰

(同济大学建筑工程系, 上海 200092)

摘要 河南省广播电视发射塔高度高, 体型复杂。本文系统地介绍了在该电视塔结构设计阶段遇到的风荷载、地震作用、温度效应、结构布置等关键问题和风洞试验、模拟地震振动台试验、振动控制等主要的试验研究内容。希望能供设计人员在日后相关工程设计中参考。

关键词 钢塔; 温度效应; 关键问题; 试验研究

1 概述

河南省广播电视发射塔总高 388m, 其中桅杆段高 120m, 全钢结构, 外形方案由中南建筑设计院设计。其高度在钢结构电视塔中有望在一定时期内居世界第二, 亚洲第一。该塔为多功能电视发射塔, 以广播电视信号发射为主, 同时具有旅游观光、展览、餐饮、娱乐、休闲等综合服务功能, 总建筑面积约 58000m² (见图 1)。

该电视塔由于其高度高、体型特殊, 且建造于冬季气温较低的郑州, 加之在外形方案设计阶段, 设计方主要关注其外形的优美, 而对建筑布局的合理性以及结构受力的可行性及经济性考虑较少, 使结构设计难度较大。在初步设计阶段, 本着尽量不改变原外形方案和满足电视塔各种功能要求及经济指标的原则下, 对其中较为关键的问题采取了以下处理措施和试验研究。

2 结构设计

该电视塔塔体部分主要由外塔柱、内塔身、塔楼和天线四部分组成。外塔身为 10 根盘旋而上的按叶糖形异形管柱构成的空间刚架结构; 内塔身为环向均匀布置的 10 根井道柱以及其间的横杆、斜杆、横膈构成的圆柱形空间桁架结构; 由 10 根井道柱斜向伸出 20 根塔楼柱, 且层层通过横梁与井道柱、外筒柱相连形成倒锥形梅花状塔楼; 塔楼上部为四边空间桁架天线桅杆。

作为这样的高耸结构, 根据以往工程经验, 其控制荷载为风荷载。由于其上部有大量塔楼楼层, 造成结构质量分布不均匀, 塔楼下部塔身部分存在颈缩现象, 使结构刚度分布不均匀, 上部有约 115m 长的天线段, 在地震作用下有可能存在薄弱环节和鞭梢效应。另外, 本电视塔建在冬季寒冷的郑州, 其温度效应不可忽视。

马人乐 (1951-), 男, 教授, 博导, 上海市四平路 1239 号同济大学土木工程学院建筑工程系 (200092)。