

国家重大土木工程施工新技术应用丛书

中央电视台新台址 主楼结构施工

张 琨 主编 王祥明 主审

中国建筑工程工业出版社

国家重大土木工程施工新技术应用丛书

中央电视台 新台址主楼结构施工

张 琨 主编
王祥明 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

中央电视台新台址主楼结构施工/张琨主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2009

(国家重大土木工程施工新技术应用丛书)

ISBN 978-7-112-11031-5

I. 中… II. 张… III. 中央电视台—结构工程—工程施
工—新技术应用 IV. TU745.5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 043219 号

本书以中央电视台 (CCTV) 新台址主楼结构施工实践为基础, 全面系统地介绍这个造型新颖、体量庞大、科技含量和施工难度举世无双的工程在建造过程中所应用的各项新技术。本书整体划分为工程综述、土建结构施工和钢结构施工三大部分, 各个部分均将工程实际施工中所遇到的难点以及解决方法进行了详细剖析。

本书可供建筑业技术人员、管理人员及建筑院校师生参考使用。

* * *

责任编辑: 郇锁林 曾 威 张伯熙

责任设计: 郑秋菊

责任校对: 兰曼利 孟 楠

国家重大土木工程施工新技术应用丛书

中央电视台新台址主楼结构施工

张 琨 主编

王祥明 主审

*

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

北京华艺制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19 字数: 474 千字

2009 年 6 月第一版 2009 年 6 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 55.00 元 (含光盘)

ISBN 978-7-112-11031-5

(18100)

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)

国家重大土木工程施工新技术应用丛书

编写委员会

主 任：黄 卫（中国工程院院士）

副主任：叶可明（中国工程院院士）

董石麟（中国工程院院士）

官 庆（中国建筑股份有限公司副总裁）

委 员：肖绪文（中国建筑股份有限公司）

林 鸣（中国交通建设集团有限公司）

龚 剑（上海建工（集团）总公司）

张晋勋（北京城建集团有限责任公司）

冯 跃（北京建工集团有限责任公司）

出版说明

近年来,随着经济持续、健康、高速的发展,我国进入了一个大规模工程建设阶段。由于国家建设发展的需要,以及在北京2008年奥运会、2010年上海世博会、2010年广州亚运会、2011年深圳世界大学生运动会等一系列重大活动的推动下,以奥运场馆、中央电视台新址、广州新电视塔、润扬大桥、东海大桥、苏通长江公路大桥、杭州湾跨海大桥为代表的重大土木工程的建设令人瞩目,这些项目无论是工程规模、工程质量,还是技术难度,都代表着当今我国及世界的先进水平,另外还有一些具有创新技术、能代表我国建筑工程技术新进展和新成就的重点大型图书馆、博物馆、轨道交通等公共建筑和市政工程,都展示着我国工程建设者的聪明智慧。为此,中国建筑工业出版社决定组织出版“国家重大土木工程施工新技术应用丛书”,该丛书将包括近年来国内一系列重大土木工程项目,这些项目中蕴涵大量创新的施工安装技术和工艺,具有极大的推广应用价值。本丛书的出版将有利于建筑施工行业整体水平的提高,并对今后的工程建设起到积极的借鉴作用,并产生良好社会和经济效益。

本丛书的出版原则是“精选+实用”,丛书的每一分册总结一个工程,每个分册的基本框架分为两大部分:第一部分是概述,介绍工程基本情况、结构类型及设计特点,工程地质条件、施工条件,并从总体上介绍主要施工方法,技术重点、难点,技术应用效果等。第二部分是创新施工技术详解,将对施工及安装过程中的技术特点、难点,技术攻关及技术突破,绿色施工技术的应用做详细的阐述,这些精选后的实用技术将按分部工程的顺序排列。在叙述中尽量在具体工程的基础之上,将技术进一步总结浓缩,突出重点,提炼其技术精髓纳入书中,以期对其他相同类型、相似情况的工程起到更好的借鉴意义。

我们希望这套丛书的出版能够成为反映和代表目前国内先进施工技术水平的精品,为广大施工技术人员奉献一系列最有新技术代表性和实际操作性的好书,为进一步推动我国施工技术更快发展做出自己的贡献。

中国建筑工业出版社

2009年6月

《中央电视台新台址主楼结构施工》

编写委员会

顾问：孙文杰 易 军

策划：张 琨 肖 南

编委：王祥明 毛志兵 肖绪文 鲍广鑑 肖 南 王 宏

主编：张 琨

主审：王祥明

副主编：彭明祥 杨晓毅 戴立先

编写人员：陈振明 陈 韬 方 军 许立山 刘 梅 刘小刚

黄冬平 杨旭东 姜文伟 刘军进 冯水冰 欧阳超

王 建 包联进 刘学武 潘庞平 贺明玄 石荣金

周 联 史洪泉 余 渊 张 鹏 张耀林 崔振源

江少平 王立营 虞明达 费新华 陈明留

前言

随着世界范围内建筑市场一体化进程的发展，国内外优秀建筑企业在更大范围内展开了更为激烈的市场竞争。面对挑战，企业不仅要建立健全“EPC”总承包管理模式，还要在此模式下充分发挥技术创新与创效能力，把资源最佳配置结合在工程项目上，才可真正实现质量与效益、工期与效益、成本与效益的完美统一。

中央电视台新台址工程号称“中国公共建筑‘第一单’”，也有“超级钢铁巨无霸”之称。该工程造型新颖，体量庞大，科技含量和施工难度空前，具有造型独特、结构新颖、结构变形控制要求高、钢结构量大、结构复杂、焊接难度大、设计标准高等诸多施工技术难关，工程建成后将成为国内以至国际上具有鲜明时代特色和高尚文化品位的标志性建筑。

对于中央电视台新台址这座造型独特的特大型建筑，技术管理工作已不再是简单地按照国家标准规范对技术方案实施指导，而是有了更深层次的研究和挖掘。项目技术工作中出现了大量无先例、无标准规范可依的研究课题，技术工作难度大而且标准高。鉴于中央电视台新台址项目技术难点多，在解决一些关键性技术难题的时候，技术人员本着安全可靠、经济适用、便于操作的原则，慎重制定专项施工方案，取得了一些经验和成绩。

本书在编写过程中得到中国建筑股份有限公司、中建三局建设工程股份有限公司、中建一局集团建设发展有限公司及中建国际建设有限公司技术人员的大力支持，华东建筑设计研究院汪大绥设计大师、中国钢结构协会陈禄如教授、清华大学郭彦林教授和中国建筑科学研究院王翠坤研究员等专家给予了指导和帮助，在此表示衷心的感谢。

目 录

第一章 工程综述

第一节 工程概况	1
一、建筑设计简介	2
二、结构设计简介	3
三、钢结构设计简介	4
第二节 工程特点难点	9
第三节 四新应用	11

第二章 土建结构施工

第一节 超大体积混凝土底板综合施工技术	15
一、概况	15
二、主楼底板钢筋支撑体系的设计与施工技术	17
三、超重、倾斜埋入式钢柱脚安装施工技术	21
四、超厚大体积混凝土配合比的确定	34
五、大体积混凝土浇筑的施工组织	37
六、实施效果	47
第二节 超长墙体、斜柱综合施工技术	48
一、概况	48
二、超长墙体裂缝控制	51
三、3D 图示 SRC 柱蝶形节点的钢筋施工	55
四、主楼 SRC 柱模板支设	60
五、双向倾斜独立式液压爬架	63
六、C60 钢纤维混凝土配置及超高泵送	75
第三节 超大型塔式起重机的应用	86
一、超大型钢结构工程起重机的选型和定位	86



二、主楼大型塔式起重机基础设计与施工	93
三、大型动臂式塔式起重机安装就位	96
四、大型塔式起重机爬升支撑架设计技术及结构加固技术	103
五、大型塔式起重机的爬升	122
六、大型动臂式塔式起重机高空移位	130
七、大型塔式起重机悬臂部位安装	136
八、倾斜屋面大型塔式起重机拆除	142

第三章 钢结构施工

第一节 钢结构制作技术	151
一、高强钢及厚板应用技术	151
二、高强钢焊接技术	158
三、复杂蝶形节点钢结构的制作工艺与过程控制	163
四、目字形柱加工方法	173
第二节 钢结构深化设计与结构分析	179
一、复杂高层建筑施工模拟分析	179
二、主楼整体预调值计算方法及分析技术	194
三、地基不均匀沉降对主楼预调值的影响及修正技术	207
四、主楼钢结构深化设计技术	214
第三节 钢结构安装技术	225
一、倾斜超重复杂节点高层钢结构安装与测量控制技术	225
二、主楼钢结构预调实施与变形控制技术	236
三、主楼结构施工监测技术	244
四、双向倾斜高强预应力锚栓设计和施工技术	252
五、高强异型节点多箱体钢柱超长焊缝高空焊接技术	261
六、超大悬臂钢结构安装技术	268
七、延迟构件预留安装技术	284
八、防火涂料的施工应用技术	289
参考文献	295

第一章 工程综述

中央电视台新台址主楼工程号称“中国公共建筑‘第一单’”，也有“超级钢铁巨无霸”之称。该工程造型新颖，体量庞大，科技含量和施工难度空前，造型独特，结构新颖，具有结构变形控制要求高、钢结构量大、结构复杂、焊接难度大、声学要求高、机电系统多、设计标准高等诸多施工技术难关，工程建成后将成为国内乃至国际上具有鲜明时代特色和高尚文化品位的标志性建筑。

第一节 工程概况

中央电视台新台址建设工程位于北京东三环中路和光华路交汇处的东北角，地处北京中央商务区（CBD）的核心地带。基地总面积 196960m^2 ，CCTV 主楼建筑面积 472998m^2 ，CCTV 主楼外形如图 1-1-1 所示。主楼包括两座双向倾斜 6° 的塔楼，连接两座

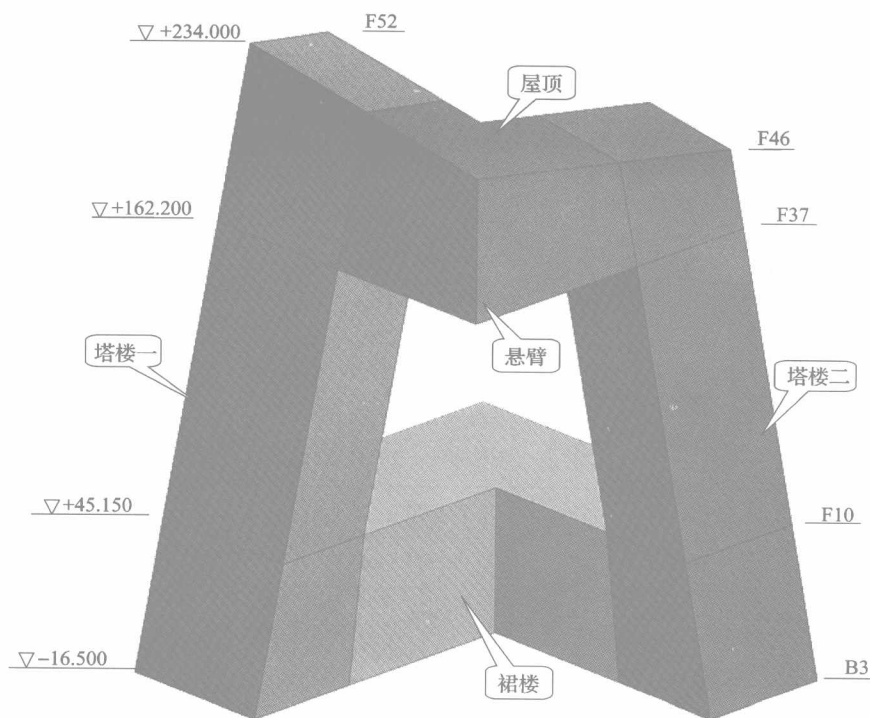


图 1-1-1 CCTV 主楼外形图



斜塔楼顶部的 F14 高的悬臂结构, 以及 F9 裙楼与三层地下室。1 号塔楼 F52, 屋顶最高处 (停机坪) 标高 237.000m; 2 号塔楼 F46, 屋顶最低处标高 194.000m; 裙楼 F9, 屋顶标高 46.450m。悬臂最大外挑距离 75.165m, 悬臂底面结构标高 162.150m。

一、建筑设计简介

建筑设计概况见表 1-1-1。

建筑设计概况表

表 1-1-1

序号	项目	内 容			
1	建筑功能	行政管理、综合办公、新闻制作与播送、节目制作、员工服务以及一系列技术功能区			
2	建筑特点	工程量巨大, 塔楼檐高 234m, 且为双向倾斜悬臂结构, 造型新颖独特; 节目制播技术功能区声学要求高; 外幕墙不规则分格, 施工难度大			
3	建筑面积	总建筑面积 (m ²)	472998	占地面积 (m ²)	196960
		地下建筑面积 (m ²)	138198	地上建筑面积 (m ²)	334800
		标准层建筑面积 (m ²)		塔楼一: 2400m ² , 塔楼二: 2080m ²	
4	建筑层数	地上	F52	地下	3 层, 局部 4 层
5	建筑层高	地下层高 (m)	地下一层、地下三层/地下二层		5/4.5
		塔楼一 地上层高 (m)	首层		6
			F2~F9		5
			F36		6.5
			F10~F35、F36 以上		4.25
		塔楼二 地上层高 (m)	首层		6
			F2、F7~F11、F20~F29		5
			F3、F5、F12、F14、F16、F18		5.5
			F4、F6、F13、F15、F17、F19		4.5
			F30/F32		10/7
			F32 以上		4.25
6	建筑高度	绝对标高 (m)	±0.000=38.900m	室内外高差 (mm)	300
		基底标高 (m)	-15.600~-23.500 -10.600~-10.800	最大基坑深度 (m)	-27.7
		檐口标高 (m)	234.000	建筑总高 (m)	234
7	建筑轴线	横轴编号	P1~P25/1~10	纵轴编号	PA~PAL/A~K
		横轴距离 (mm)	8400 3630~80600	纵轴距离 (mm)	8400 3900~67550
8	建筑防火	建筑耐火等级为一级			
9	墙面保温	基座处墙面保温为 50mm 厚阻燃型聚苯板保温层			



续表

序号	项目	内 容		
10	外装修	外墙装修	钢框玻璃幕墙体系，首层基座为浮雕预制混凝土板幕墙体系	
		门窗工程	外门窗均纳入外幕墙体系	
		屋面工程	不上人屋面	—
			上人屋面	金属保温防水板、金属格栅、营养种植土
		主入口	与整体外装修融为一体	

二、结构设计简介

结构设计概况见表 1-1-2。

结构设计概况表 表 1-1-2

序号	项目	内 容		
1	结构形式	基础结构形式	桩筏基础	
		主体结构形式	地下部分为钢筋混凝土框—剪结构、外框简型钢组合结构；地上部分为钢结构	
2	地下防水	混凝土自防水	地下室底板及外墙为结构自防水，防水混凝土抗渗等级 P8	
		材料防水	地下室底板及外墙外侧为 3mm+3mm SBS 改性沥青（聚酯胎）防水卷材	
3	混凝土强度等级	基座、停车库	柱、梁、楼板、墙	C40
		裙楼	柱、梁、楼板、墙	C40
		塔楼	柱、梁、楼板、墙	C40
		塔楼、裙楼	外简型钢混凝土组合柱柱脚	C50
			外简型钢混凝土组合柱	C60 钢纤维
		基础筏板和桩		C40
		素混凝土垫层		C20
4	抗震等级	工程设防烈度	8 度	
		塔楼、裙房框架梁、柱及剪力墙抗震等级	一级	
		车库、基座框架梁、柱及剪力墙抗震等级	地下一层以下：三级 地下一层以上：一级	
5	钢筋类别	非预应力筋及等级	HPB 235	8
			HRB 335	12、14、16、18、20、25
			HRB 400	16、25、28、32、36、50



续表

序号	项目	内 容	
6	钢筋接头形式	直螺纹	用于直径 $\geq 22\text{mm}$ 的钢筋连接
		冷挤压	用于局部不适合用直螺纹 $\geq 22\text{mm}$ 的钢筋连接
		搭接绑扎	用于直径 $< 22\text{mm}$ 的钢筋连接
		焊接	用于钢筋与钢结构构件之间连接
		钢筋连接器	用于钢筋与钢结构构件之间连接
7	结构断面尺寸	基础底板厚度 (mm)	塔楼一区域: 4500、6000、7000、10800; 塔楼二区域: 4500、6000、10900; 塔楼外区域: 800~2500
		外墙厚度 (mm)	1000、800、600、400 (局部为斜墙)
		内墙厚度 (mm)	800、600、500、450、400、350、300、250 (局部为斜墙)

三、钢结构设计简介

(一) 钢结构设计概况

中央电视台新台址主楼是国内最大的单体钢结构工程, 钢结构用钢量达 14 万 t, 钢结构主要分布在塔楼一、塔楼二、悬臂、裙楼四个部分, 主要采用 Q345、Q345GJC、Q390D、Q420D、Q460E 等钢材, 在结构重要部位大量采用 Q390D、Q345GJC 钢材, 局部采用 Q420D、Q460E 钢材, 详见表 1-1-3。

钢结构设计概况表

表 1-1-3

1	主体结构类型	钢框架结构	
2	主要构件截面形式	钢柱截面形式	箱形、日字、目字形等
		钢梁截面形式	箱形、工字形等
		桁架截面形式	组合桁架
		斜撑截面形式	工字形、箱形
3	节点设置	刚性和铰接节点	
4	钢结构材质	Q345B、Q345C、Q345GJC、Q390D、Q420D、Q460E	
5	焊缝等级	一级	

(二) 塔楼部分

塔楼分为塔楼一和塔楼二, 两座塔楼结构相似。塔楼由核心筒、内部结构、外框筒三部分组成。塔楼内部核心筒及内柱竖直, 塔楼一和塔楼二外框筒双向倾斜。塔楼一整体向东、南各倾斜 6° , 塔楼二整体向西、北各倾斜 6° , 见图 1-1-2。

核心筒为钢框架体系, 核心筒体横向布置有一定数量的支撑, 纵向主要依靠梁柱的刚接作用抵抗弯曲。在核心筒和外框筒之间设置内柱, 随着外框筒的倾斜, 一侧的内柱逐渐减少, 而另一侧的内柱通过转换桁架增加, 见图 1-1-3 和图 1-1-4。

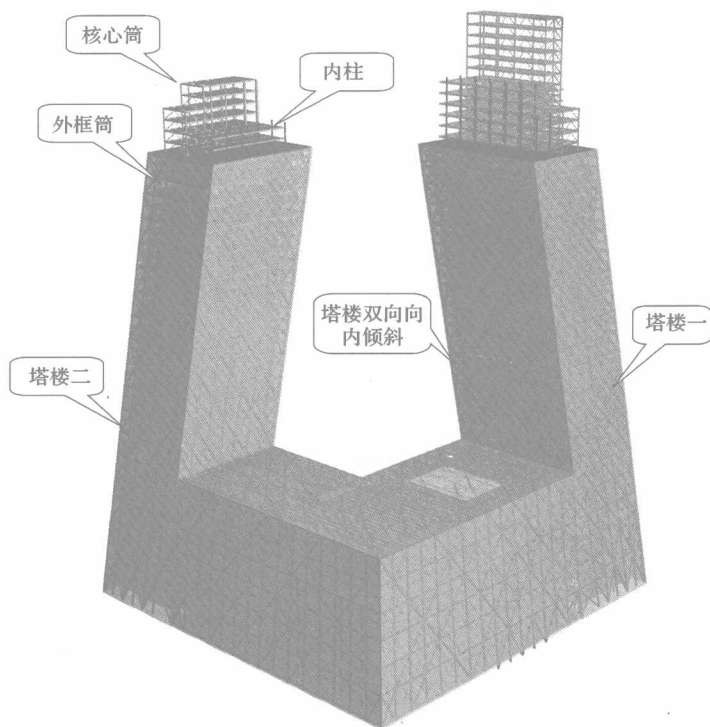


图 1-1-2 钢结构构件分布图

（三）外框筒部分

外框筒由水平边梁和双向倾斜柱、支撑形成三角形单元模块，塔楼一、塔楼二、裙楼、悬臂的外框筒与屋顶连接成整体，形成主楼的主要抗侧力结构体系。外框钢柱在两个立面都倾斜 6° ，柱子是钢柱和型钢混凝土组合柱。在受力较大的部位，三角形支撑加密。外框筒每隔两层柱、边梁和支撑交于一处。外框筒立柱从地下室基础开始向上延伸，与核心筒之间用钢梁连接，连接方式为隔层分布的刚性连接和铰接连接，在外框节点处为刚性楼层，见图 1-1-5。

（四）裙楼部分

裙楼由与塔楼类似的网格状外框柱、内框柱梁和转换桁架组成，裙楼的柱由钢筋混凝土柱、钢柱和型钢混凝土组成，首层以上主要为全钢结构。裙楼地下 F3、地上 F9，平面呈“L”形。裙楼屋面与建筑顶部的斜屋顶结构，和周边框架钢支撑，共同构成整个大楼的抗侧向力结构体系。

（五）悬臂部分

塔楼一和塔楼二在 F37 以上外挑，整体形成平面为 L 形，立面为折角门式结构体系。悬臂结构从塔楼 F37 至顶层外伸，悬臂底面为水平，顶面与两座塔楼的顶面位于同一个倾斜面内。塔楼一悬臂外伸 67.165m，塔楼二悬臂外伸 75.165m，悬臂底标高 162.150m，共有 F14，悬臂宽 39.1m。悬臂部分钢结构总重量为 1.8 万 t，其中 F37~F39 部分为 4395t，见图 1-1-6。

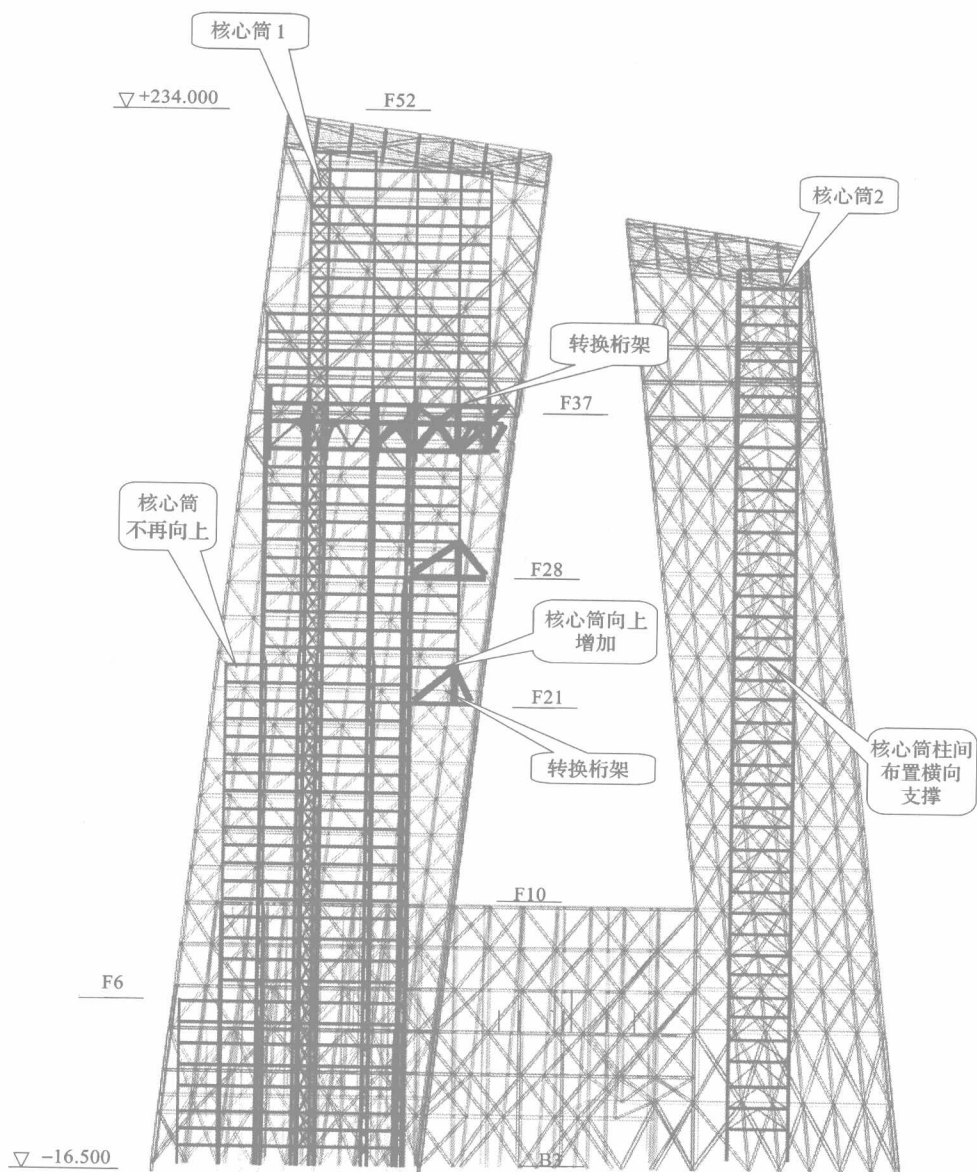


图 1-1-3 塔楼一立面图

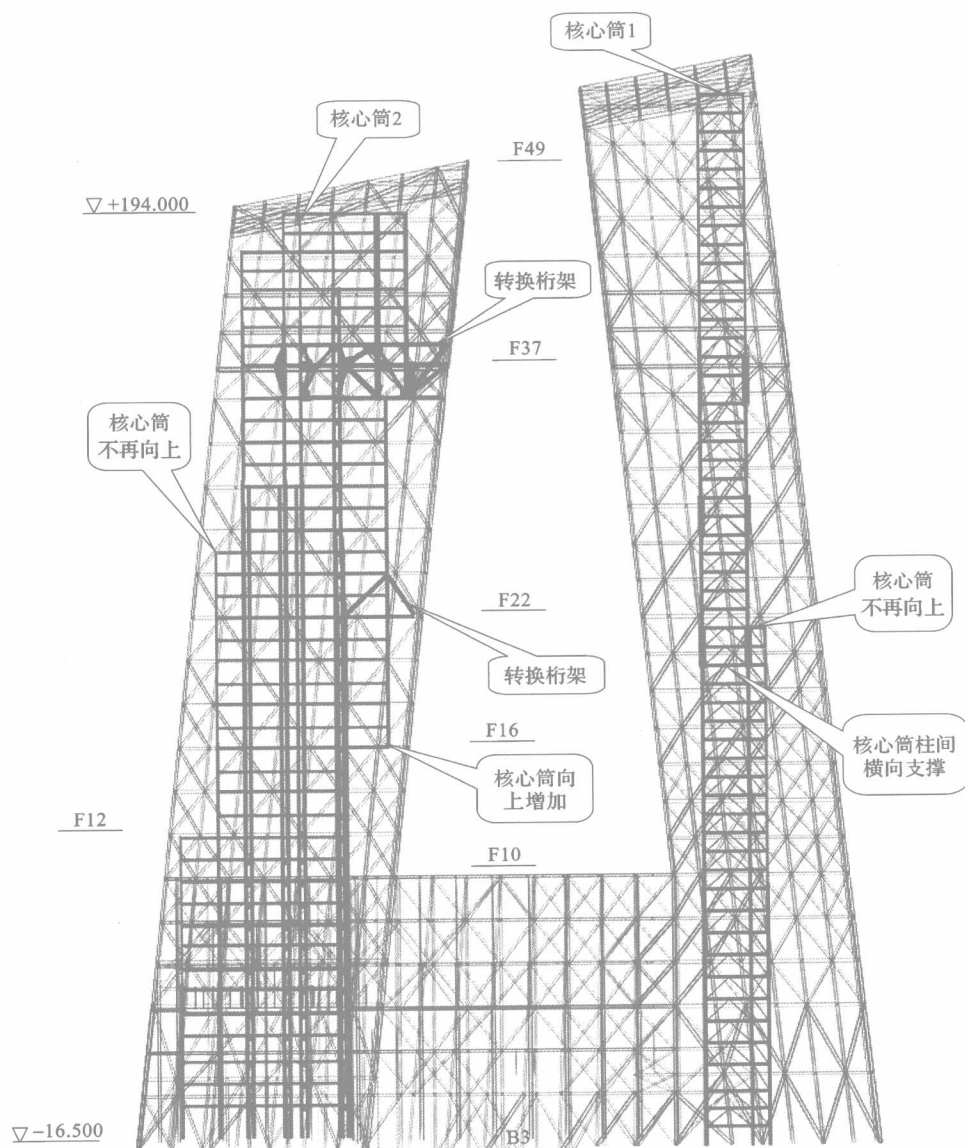


图 1-1-4 塔楼二立面图

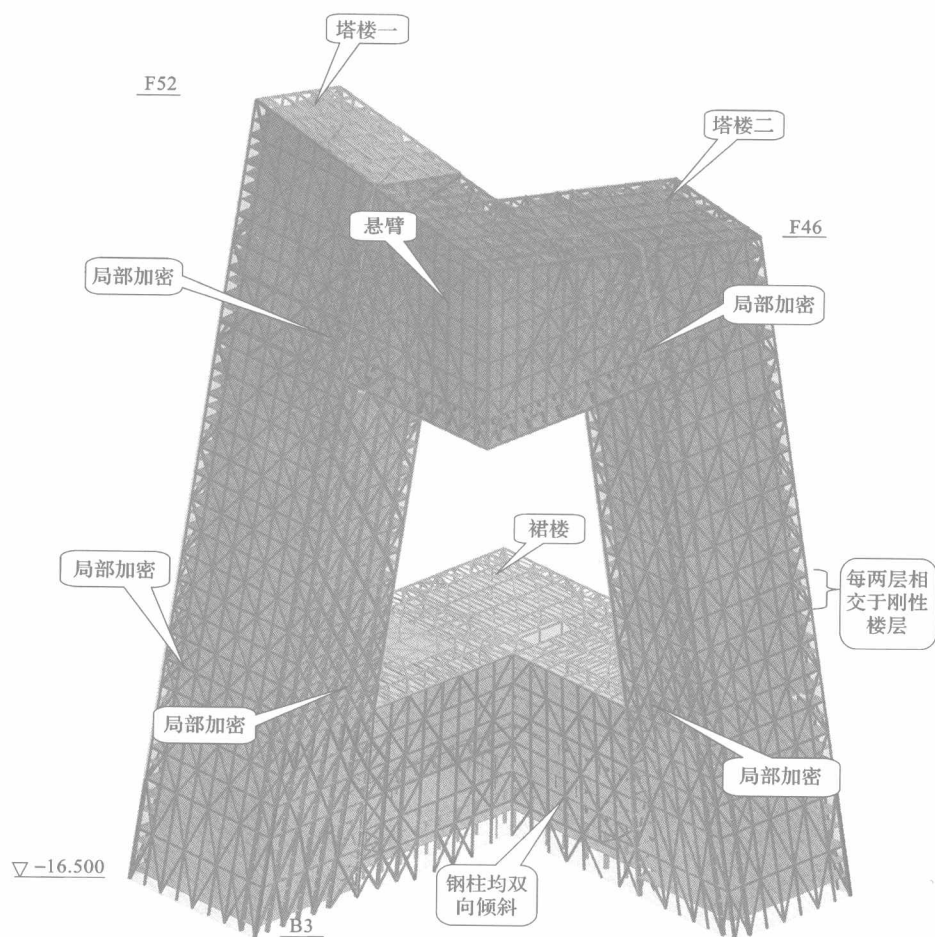


图 1-1-5 外框筒构件分布图