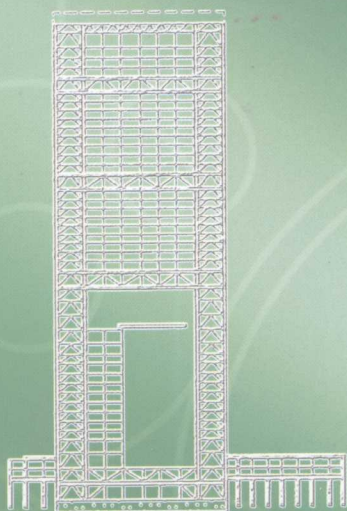




新型高层结构系列

多塔与连体高层结构 设计与施工

沈蒲生 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

新型高层结构系列

多塔与连体高层结构 设计与施工

沈蒲生 编著



机械工业出版社

本书是新型高层结构系列丛书中的一本。

全书除了介绍多塔与连体高层结构的组成、分类、受力特点和研究现状外,主要对多塔与连体高层结构的静力分析方法、动力特性及地震响应,连接体及其对结构受力性能的影响,多塔与连体高层结构的竖向地震响应分析,连体高层结构的动力三维弹塑性分析等进行了详细介绍。除此之外,还介绍了多塔与连体高层结构的设计实例,并且对多塔与连体高层结构的设计与施工方法提出了建议。

本书可供从事建筑工程设计、施工人员使用,也可供高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

多塔与连体高层结构设计/沈蒲生编著. —北京:
机械工业出版社, 2009. 5
(新型高层结构系列)
ISBN 978-7-111-26916-8

I. 多… II. 沈… III. ①高层建筑-结构设计②高层建筑-工程施工 IV. TU97

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 060918 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:张 晶 版式设计:霍永明 责任校对:张莉娟
封面设计:张 静 责任印制:乔 宇
北京京丰印刷厂印刷
2009 年 8 月第 1 版 · 第 1 次印刷
169mm × 239mm · 31.75 印张 · 656 千字
标准书号:ISBN 978-7-111-26916-8
定价:56.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 68327259
封面无防伪标均为盗版

前 言

高层建筑是社会需求与经济繁荣、科技进步的产物。随着对高层建筑使用功能要求的日趋复杂,高层建筑在数量日渐增多、高度不断提升的同时,结构形式也在发生变化。多塔高层结构和连体高层结构便是顺应这种变化而发展起来的新的结构形式。

多塔高层结构将多个塔楼布置在同一个底盘上,连体高层结构用架空连接体将多个塔楼连成一个整体。它们不但给人一种新的视觉,而且给使用也带来方便,但是给结构设计带来很大难度。最近十多年来,我国工程技术人员和科技工作者对多塔高层结构和连体高层结构的设计、施工和理论研究等方面做了大量的工作,积累了许多宝贵的经验。迄今为止,还没有一本专门地、比较系统地介绍这两种结构的书籍。为了使读者对多塔高层结构和连体高层结构的受力性能和设计、施工方法有一些了解,特编写此书。

本书简要介绍了多塔高层结构和连体高层结构的组成、分类、受力特点和研究现状,主要对多塔高层结构和连体高层结构的静力分析方法、多塔高层结构动力特性及地震响应、连体高层结构动力特性及地震响应、连接体及其对结构受力性能的影响、多塔高层结构和连体高层结构的竖向地震响应分析、连体高层结构的动力三维弹塑性分析等进行了详细介绍。除此之外,还介绍了一些多塔高层结构和连体高层结构的设计实例,并且对多塔高层结构和连体高层结构的设计与施工方法提出了建议。书中除了介绍我国工程技术人员和科技工作者部分有代表性的成果之外,还介绍了我和我的研究生谭光宇、魏清、刘鑫、余继兴、杜玉飞等人的部分研究成果。

本书是作者所写新型高层结构系列丛书之一。由于我们的水平所限,错误和不妥之处欢迎批评指正。

沈蒲生

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 多塔高层结构与连体高层结构的组成与分类	1
1.1.1 多塔高层结构的组成与分类	1
1.1.2 连体高层结构的组成与分类	5
1.2 多塔高层结构与连体高层结构的受力特点	13
1.2.1 多塔高层结构的受力特点	13
1.2.2 连体高层结构的受力特点	13
1.3 多塔高层结构与连体高层结构的研究现状	14
1.3.1 计算模型和设计软件的研究情况	14
1.3.2 动力特性、地震响应及抗震设计方法的研究情况	15
1.3.3 试验研究的情况	17
1.3.4 抗风分析与设计的研究情况	20
1.3.5 弹塑性分析的研究情况	20
1.3.6 结构控制的研究情况	21
第2章 多塔高层结构与连体高层结构的静力分析方法	22
2.1 分段连续化方法	22
2.1.1 基本假设	22
2.1.2 基本平衡微分方程	23
2.1.3 边界条件和连接条件	29
2.1.4 算例和讨论	30
2.2 连续化分析方法	35
2.2.1 计算假定	35
2.2.2 双轴对称连体结构在水平荷载下的受力分析	35
2.2.3 非对称连体结构在纵向水平荷载下的受力分析	37
2.2.4 非对称连体结构在横向水平荷载下的受力分析	43
2.2.5 双塔连体结构在静力条件下各参数的数值分析	47
2.3 杆-弹簧模型分析方法	57
2.3.1 计算模型	57
2.3.2 连接体刚度对双塔连体结构静力性能的影响	57
2.3.3 连接体位置对双塔连体结构静力性能的影响	62
2.3.4 双塔连体结构连接体两端的支承处理	63
2.4 小结	67

第3章 多塔高层结构动力特性及地震响应分析	69
3.1 分析模型	69
3.2 双塔高层结构	70
3.2.1 动力特性分析	70
3.2.2 对称双塔高层结构	76
3.2.3 非对称双塔高层结构	96
3.3 三塔高层结构	117
3.3.1 动力特性及水平地震响应分析方法	117
3.3.2 对称三塔高层结构	123
3.3.3 非对称三塔高层结构	144
第4章 连体高层结构动力特性及地震响应分析	154
4.1 分析模型	154
4.2 双塔连体高层结构	157
4.2.1 振型分析方法	157
4.2.2 对称双塔连体高层结构	171
4.2.3 非对称双塔连体高层结构	177
4.3 三塔连体高层结构	207
4.3.1 对称三塔连体高层结构	207
4.3.2 非对称三塔连体高层结构	217
第5章 连接体及其对结构受力性能的影响	221
5.1 连接体的结构形式	221
5.2 连接体的分类	236
5.3 连接体自身受力状况分析	260
5.4 连接体位置和数量对连体结构受力性能的影响	272
5.5 连接体与塔楼连接方式对连体结构受力性能的影响	312
第6章 多塔高层结构与连体高层结构的竖向地震响应分析	339
6.1 竖向地震响应分析的重要性	339
6.2 竖向地震作用下的结构计算方法	341
6.2.1 《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)方法	341
6.2.2 振型分解反应谱法	342
6.2.3 时程分析法	345
6.2.4 实用设计方法	353
6.3 多塔与连体高层结构在竖向地震作用下的模态分析和地震响应例题	361
6.4 小结	390
第7章 连体高层结构三维弹塑性分析	391

7.1	概述	391
7.2	连体高层结构的三维静力弹塑性分析	392
7.2.1	Pushover 分析方法的基本理论	392
7.2.2	三塔高层连体结构静力弹塑性分析	395
7.3	连体高层结构三维动力弹塑性分析方法	404
7.3.1	模型的构造	405
7.3.2	塑性铰的定义与计算参数的设定	407
7.3.3	时程分析参数	408
7.3.4	双轴对称连体结构的分析	409
7.3.5	单轴对称连体结构的分析	416
第8章	多塔高层结构与连体高层结构工程实例及设计施工建议	422
8.1	工程实例	422
8.1.1	长沙市 s 住宅小区大底盘 6 塔高层结构初步设计复核	422
8.1.2	北京当代 MOMA 工程	438
8.1.3	中央电视台新主楼工程	443
8.1.4	北京新保利大厦工程	448
8.1.5	星城广厦大底盘三塔工程	454
8.1.6	长春某高校弧形平面高层连体结构工程	459
8.1.7	杭州市市民中心工程	466
8.1.8	某住宅综合楼工程	472
8.1.9	某行政中心工程	477
8.1.10	某卫星发射中心活动勤务塔结构动力特性计算与实测	482
8.1.11	双塔高层连体结构静力弹塑性分析例题	484
8.2	设计软件	490
8.3	设计与施工建议	493
8.3.1	多塔高层结构	493
8.3.2	连体高层结构	493
参考文献		499

第1章 绪 论

1.1 多塔高层结构与连体高层结构的组成与分类

1.1.1 多塔高层结构的组成与分类

1. 多塔高层结构的组成

在一个不设永久性变形缝的底盘上,建造两个或两个以上塔楼的结构,称为多塔结构。因此,多塔高层结构由一个大底盘和两个或两个以上的高层建筑结构组成。

2. 多塔高层结构的分类

多塔高层结构可以按照多种方法分类,如:

(1) 按塔楼的数量分类 多塔高层结构按照塔楼的数量可以分为双塔高层结构、三塔高层结构和更多个塔的高层结构。

(2) 按塔楼的结构布置分类 多塔高层结构按照塔楼的结构布置可以分为双轴对称多塔高层结构、单轴对称多塔高层结构和非对称多塔高层结构。



图 1-1 纽约世界贸易中心

图 1-1 为美国纽约世界贸易中心大楼。它曾经是世界上最高的双塔高层结构。图 1-2 为宁波双子塔,建成后可能是世界上最高的双塔高层结构。除此之外,世界各地还建有许多多

塔高层结构。图 1-3 ~ 图 1-7 为国内外已建和在建的部分多塔高层结构。表 1-1 是我们近年来搜集的国内外已建和在建的部分多塔高层结构资料。

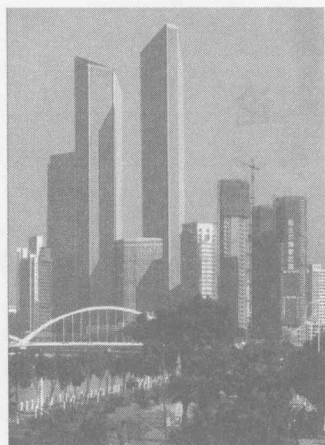


图 1-2 宁波双子塔



图 1-3 深圳国企大厦

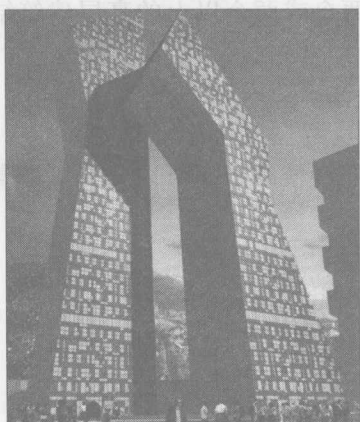


图 1-4 萨拉热窝多功能摩天楼

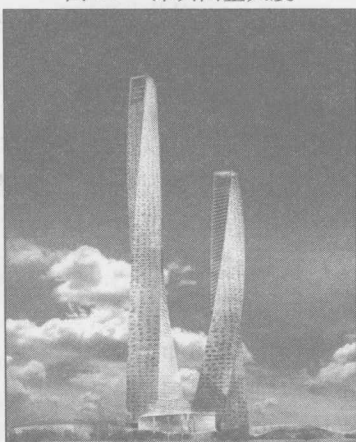


图 1-5 迪拜双子塔

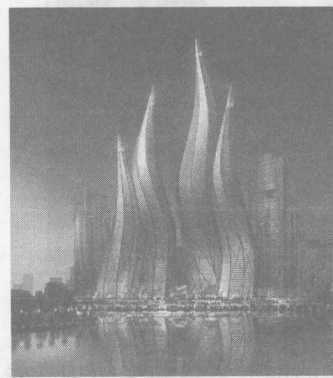


图 1-6 迪拜风中烛焰

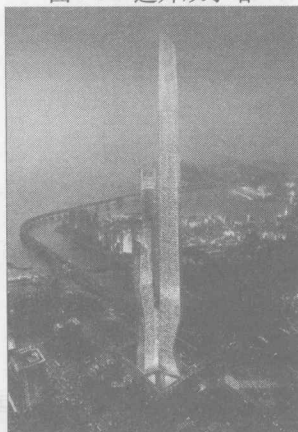


图 1-7 斧山千年塔国际商务中心

表 1-1 部分已建和在建的多塔高层建筑

序号	工程名称	地点	高度/m	层数	材料	结构形式	用途	特点
1	世界贸易中心	纽约	417	110	S	筒体	商务	最高双塔
2	麦迪逊广场	纽约	296	72	S	框剪	商务	双塔
3	大连期货大厦	大连	241	53	M	筒框	商务	双塔
4	37 号街大厦	纽约	207.4	48	M	框剪	商务	双塔
5	奔达中心	香港	192.8	46	C	筒体	商务	双塔
6	广州天王中心	广州	171.35	46	C	框筒	商务	双塔
7	世界商务中心	东京	152.88	35	M	筒体	商务	双塔
8	广州中信大厦副楼	广州	141.1	40	S	框剪	住宅	双塔
9	中国第一商城	北京	98.1	33	C	框剪	综合	双塔
10	济南舜玉大厦	济南	97.65	26	C	框剪	综合	双塔
11	上海复兴大厦	上海	154	44	C	框筒	综合	双塔
12	深圳华强大厦	深圳	99.65	33	S-RC	框筒	综合	双塔
13	深圳电子大厦	深圳	180.6	49	C	筒中筒	综合	双塔
14	海口 278 工程	海口	260	78	C	筒中筒		双塔
15	广州国际贸易大厦	广州	167	50	C	框剪		
16	福州双子星大厦	福州		32	M	框架		
17	深圳福田商城	深圳	139	39	S-RC	框筒		5 塔
18	上海长寿商业广场	上海	99.8	30	C	剪力墙	综合	双塔
19	上海新浙江商贸城	上海		28		框剪	商务	
20	厦门东方时代广场	厦门	99.9	32	C	框支剪	综合	3 塔
21	宁波双子塔	宁波	480	92	S-RC	筒中筒	综合	双塔
22	Twin towers	迪拜	810	161	S		商务	双塔
23	舟山行政中心	舟山	90.3	26	C	框剪		双塔
24	巴林世界贸易中心	麦纳麦	240	50			商务	双塔
25	东京都厅	东京	242.9	48				双塔
26	万国名人广场	广州	224	68	C	框筒		双塔
27	港汇广场	上海	262	52			综合	双塔

4 多塔与连体高层结构设计与施工

(续)

序号	工程名称	地点	高度/m	层数	材料	结构形式	用途	特点
28	Twintowers	吉隆坡	378.5	88	RC	框筒	办公	双塔
29	Emirates towers	杜邦	354.6	56			办公	子母塔
30	天玺	香港	270	68			综合	双塔
31	盛高环球大厦	苏州	248	53			办公	双塔
32	恒兴大厦	杭州	216.8	51			办公	双塔
33	信雅达广场	杭州	213	49			办公	双塔
34	新地中心	苏州	208	52			综合	双塔
35	力宝中心	香港	186	48				双塔
36	城东志	香港	183	43				双塔
37	龙邦世贸中心	台中	179	37			办公	双塔
38	CBD 尊宝双子大厦	杭州	160	36+3			综合	双塔
39	国际时代广场	杭州	156.2	30			综合	4塔
40	嘉南摩天大楼	嘉义	155	41			住宅	双塔
41	德意志银行大厦	法兰克福	153.8	39				双塔
42	光彩国际中心	杭州	150	40				3塔
43	巨蛋东京花园广场	台北	142	37			住宅	5塔
44	极景蓝区	台北	137	36	S-RC	框剪	办公	4塔
45	蠡湖科技大厦	无锡	130	38			综合	双塔
46	华联-钱江时代广场	杭州	130	33			办公	双塔
47	泓都	香港	270	68			综合	双塔
48	北京鑫茂大厦	北京	93.58	26	C	框剪	多功能	双塔
49	嘉益大厦	厦门	100	32		框支剪	商务	双塔
50	LG 双子塔	北京	140	34	S		综合	双塔
51	裕达国际贸易中心	郑州	185	45+3	S-RC	筒中筒	综合	双塔
52	大西洋海景城	厦门	142.2	37+2	M	框筒	综合	3塔
53	金陵福光大厦	南京	499	108	S		多功能	拟建
54	上海商城	上海	165	48	RC	框剪	综合	3塔

(续)

序号	工程名称	地点	高度/m	层数	材料	结构形式	用途	特点
55	深圳国企大厦	深圳	117.47	30+2		框剪	综合	3塔
56	深圳新世纪广场	深圳	179	46+4	C	框筒	多功能	双塔
57	深圳电子科技广场	深圳	201	55	C	框筒	综合	双塔
58	台北远企中心	台北	165	42	S		多功能	双塔
59	广州大都会广场	广州	182	48+2	C	筒中筒	多功能	双塔
60	交易大厦	香港	180	52	S+C	框筒	综合	
61	徐家汇港汇广场	上海	225	53	S+C		多功能	双塔
62	UOB 广场大厦	新加坡	280.1	62			办公	
63	上海国金大厦	上海	260	32			综合	双塔
64	阿联酋办公大厦	迪拜	354.6	56			办公	双塔
65	上海国际金融中心一期	上海	260	60				双塔
66	滨海坊新加坡		245	70				双塔
67	阿继科技园	哈尔滨	62.5	18	M	混合	住宅	双塔
68	千年塔国际商务中心	釜山	560	130				3塔
69	国际金融中心	重庆	377	77				双塔
70	恒隆广场	上海	288	66	C	框筒	多功能	双塔
71	Commerz 银行	法兰克福	258	62	M	巨框	办公	双塔
72	万通新世纪广场	北京	95.45	23+3	S+C	框剪	综合	双塔
73	Dual tower	麦纳麦	260	53				双塔

1.1.2 连体高层结构的组成与分类

1. 连体高层结构的组成

两个或两个以上的塔楼，在离地面一定的高度上用架空连接体相连而成的结构，称为连体结构。连体高层结构可以有底盘，也可以不带底盘；底盘上可以设永久性的变形缝，也可以不设永久性变形缝。因此，连体高层结构的主要组成结构构

件是两个或两个以上的塔楼和它们的连接体。

2. 连体高层结构的分类

连体高层结构可以按照多种方法分类，如：

(1) 按塔楼的数量分类 连体高层结构按塔楼的数量可分为双塔连体高层结构、三塔连体高层结构和更多个塔的连体高层结构。在实际工程中，以双塔连体高层结构最为普遍。

(2) 按塔楼的结构布置分类 连体高层结构按塔楼的结构布置可分为双轴对称连体高层结构、单轴对称连体高层结构和非对称连体高层结构。

(3) 按连接体与塔楼的连接方式分类 连体高层结构按连接体与塔楼的连接方式可分为刚性连接、铰接、滑动连接、弹性连接等连接方式。

(4) 按有无底盘分类 连体高层结构按是否有底盘可以分为无底盘连体高层结构和有底盘连体高层结构。

图 1-8 所示的马来西亚吉隆坡彼得纳斯大厦是当今世界最高的连体高层结构。图 1-9 所示的北京当代 MOMA 工程为连体数量较多（9 塔相连）的连体高层结构。图 1-10 所示的中央电视台新楼是双斜塔且楼层悬挑相连的连体高层结构。图 1-11 ~ 图 1-22 是国内外部分已建和在建的连体高层结构。表 1-2 是我们近年来搜集的国内外部分已建和在建的连体高层结构的有关资料。



图 1-8 马来西亚吉隆坡彼得纳斯大厦

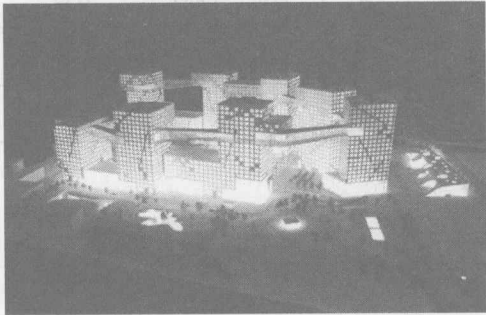


图 1-9 北京当代 MOMA 工程

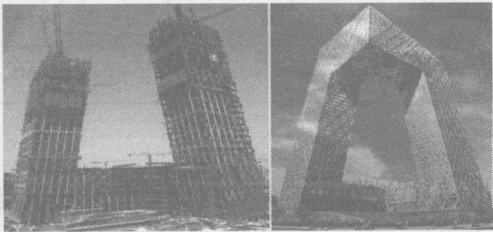


图 1-10 中央电视台新楼（高 234m）

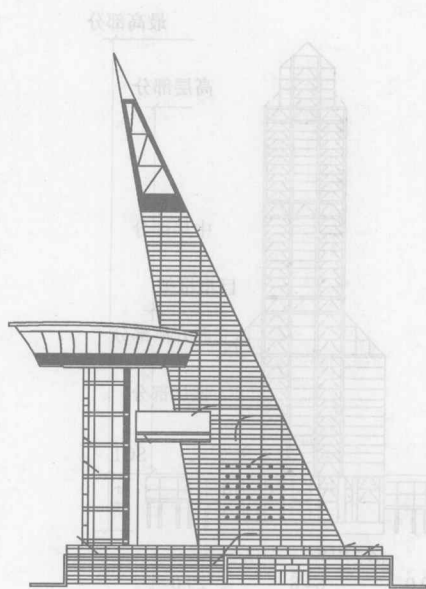


图 1-11 海尔观光塔立面图

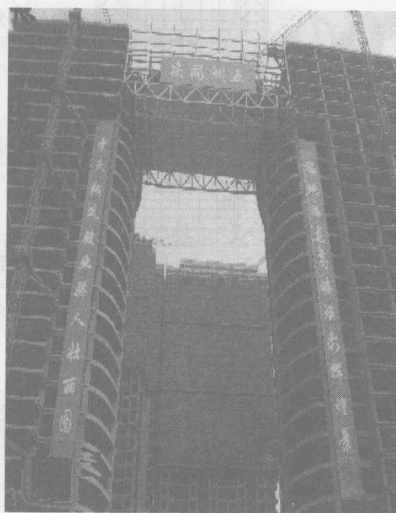


图 1-12 长沙中天广场

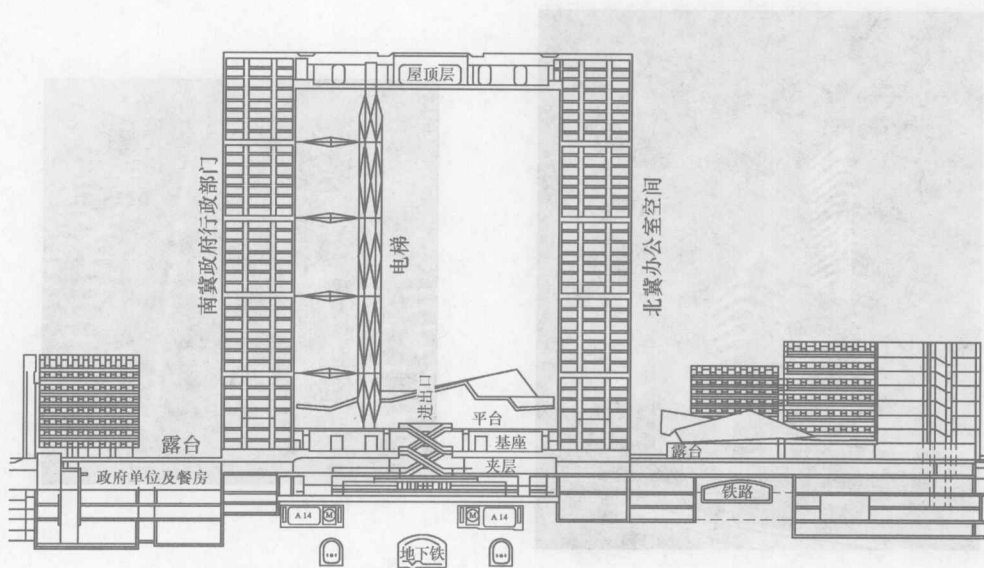


图 1-13 巴黎台方斯大门

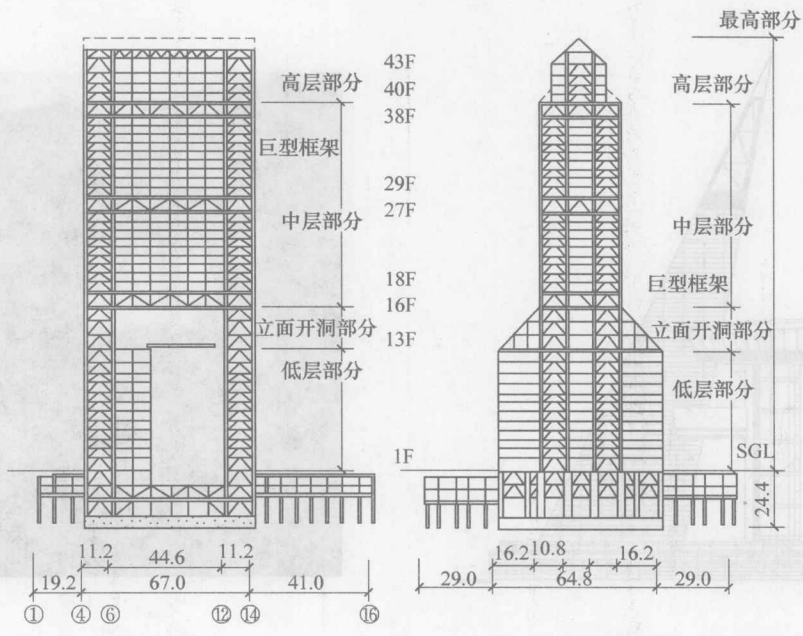


图 1-14 东京 NEC 大厦 (单位: m)

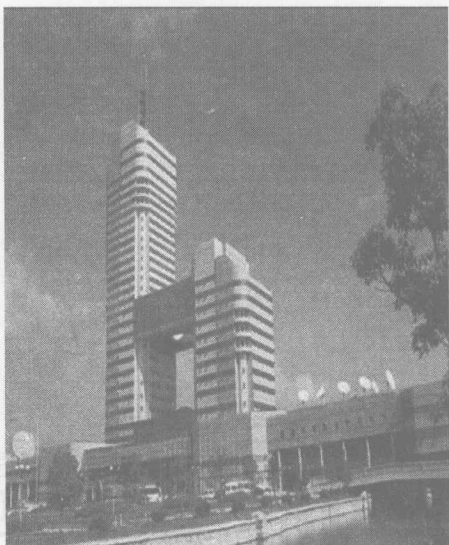


图 1-15 湖南省广播电视中心

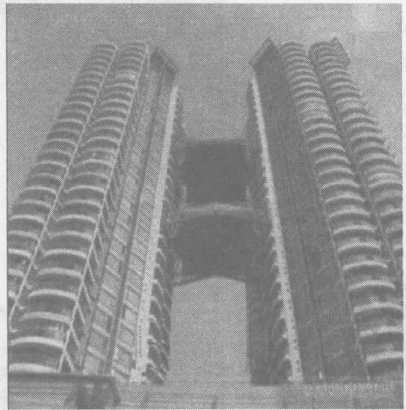


图 1-16 厦门东方时代广场

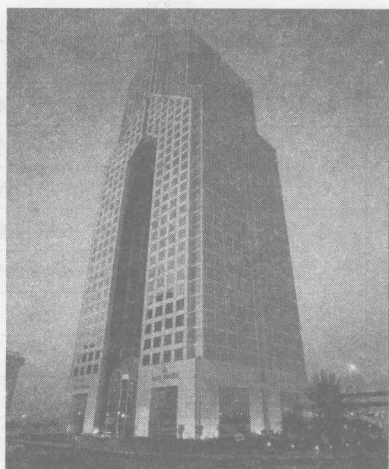


图 1-17 迪拜 Dusit 大厦

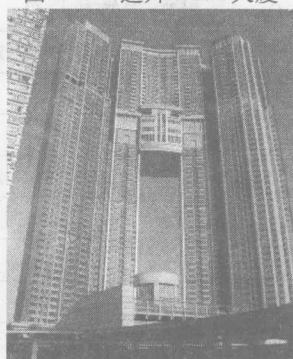


图 1-19 香港凯旋门

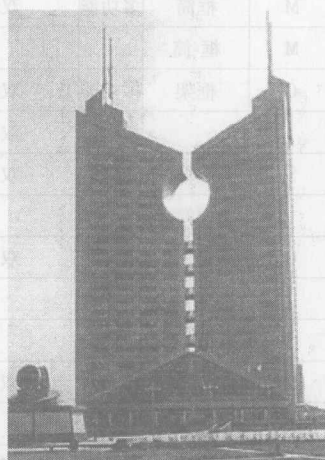


图 1-21 沈阳 21 世纪大厦

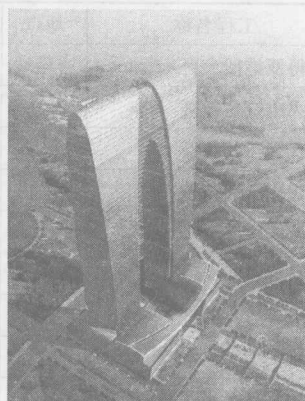


图 1-18 苏州之门



图 1-20 台湾高雄东帝士大厦



图 1-22 迪拜 Trump 国际大酒店

表 1-2 部分已建和在建的连体高层建筑

序号	工程名称	地点	高度/m	层数	材料	结构	用途	特点
1	彼得罗纳斯大厦	吉隆坡	452	88	M	筒体	多功能	最高连体
2	中央电视台新楼	北京	234	51	S	框筒		斜塔悬连
3	当代 MOMA 工程	北京	66	21	C	筒+墙	住宅	9 塔相连
4	市民中心大厦	杭州	110	26	C	框筒	住宅	6 塔相连
5	海尔时空飞碟	青岛	100		S	桁架	观光	倾角 80°
6	868 大厦	海口	322.92	86	M	筒体	多功能	双塔
7	上海万方大厦	上海	248.5	62	C	筒体	多功能	
8	建银大厦	武汉	208.68	50	C	筒体	商务	双塔
9	侨光广场大厦	深圳	196.6	45	C	筒体	商务	
10	上海凯旋门大厦	上海	182.66	40	C	筒体	多功能	
11	深圳民政大厦	深圳	135.7	33	C	框剪	商务	
12	巴黎台方斯拱门	巴黎	110	36	S		办公	双塔
13	巴黎太平洋大厦	巴黎		25	S+C		办公	
14	京都国铁车站	日本	120	30				
15	梅田空中城市	大阪	173	40+2	M		综合	双塔
16	北京西客站	北京	62.31	17+2	C	框支剪		廊上建亭
17	期货交易大厦	深圳	150	38				
18	深圳国际俱乐部	深圳	100	29	M			
19	佳宁娜友谊广场	深圳	105.5	35+3	S+C	框剪	商业	
20	上海海星大厦	上海	76.9	24		剪力墙		
21	上海证券大厦	上海	120	30	M	框筒	多功能	双塔
22	上海凯旋门大厦	上海	99.9	31	M	框-筒		
23	上海招商局广场	上海	98.9	26	C	框架	多功能	双塔
24	天津凯旋门大厦	天津	102.8	31				双塔
25	东京市政厅	日本	243.3	48	S	巨框	办公	双塔
26	上海之江大厦	上海	102	24		框筒		
27	交银金融中心	上海	230.35	55	C	框筒		双塔
28	福州宏利大厦	福州	109.8	31				
29	高雄银行大厦	台湾	331	85	S	巨框		
30	广州万国大厦	广州		52		框+筒		双塔
31	厦门世纪广场	厦门		33+1			住宅	
32	黄浦投资大厦	上海		19+2			商务	双塔
33	广州人保大厦	广州	104.4	24			综合	