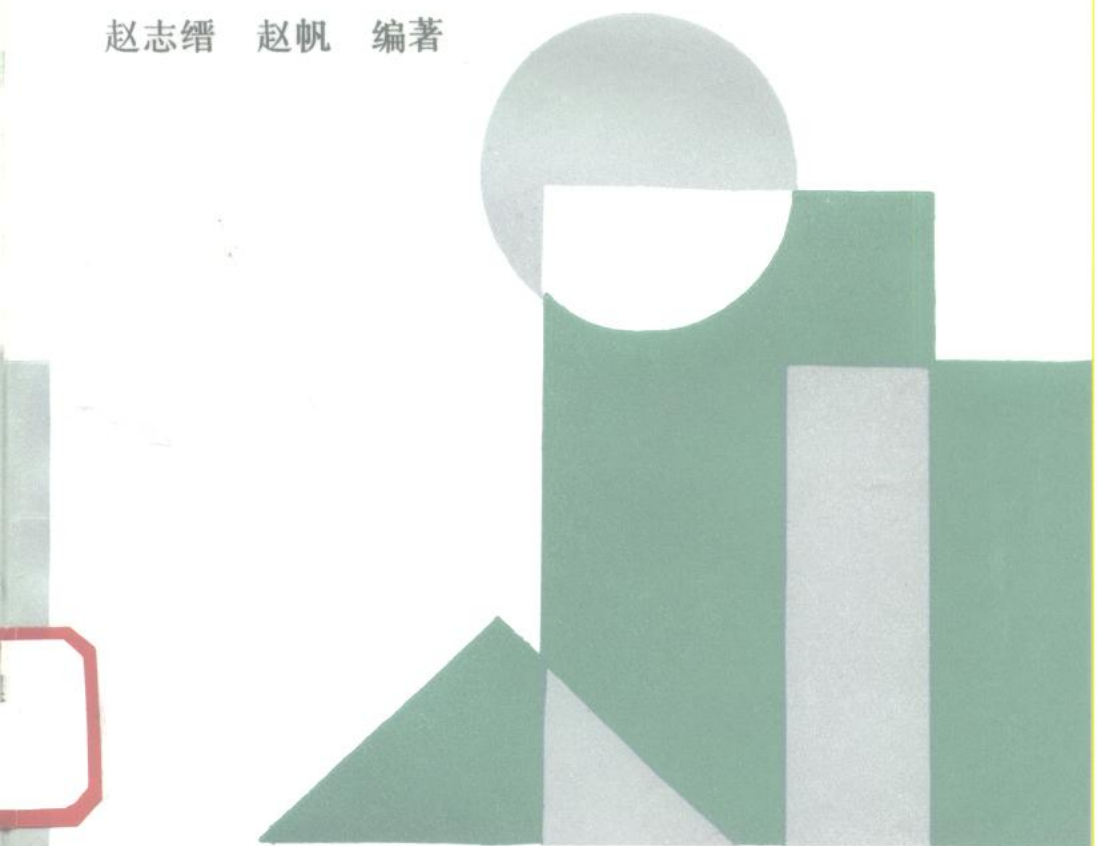


建筑施工工程师技术丛书

高层建筑 结构工程施工

(第二版)

赵志缙 赵帆 编著



中国建筑工业出版社

建筑施工工程师技术丛书

高层建筑工程工程施工

(第二版)

赵志缙 赵帆 编著



中国建筑工业出版社

(京) 新登字035号

035261

本书是建筑施工工程师技术丛书之一, 比较系统地介绍了高层建筑结构工程的施工技术。对现浇钢筋混凝土高层建筑, 介绍了滑升模板、大模板、组合钢模板的施工技术; 对装配式钢筋混凝土高层建筑, 介绍了高层升板结构施工、高层装配式大板结构施工; 在原一版的基础上, 对高层建筑施工用起重运输机械和脚手架作了补充修改使其独立成章, 同时, 还增加了粗钢筋连接技术等内容; 此外参考国外资料, 简要地介绍了钢结构高层建筑的施工技术。书中, 对施工中必须进行设计计算的内容, 均作了较详细的叙述, 并配有例题用于自学。

本书适合于从事建筑施工的工程技术人员学习, 也可供高等院校工民建专业师生参考。

责任编辑 周世明

建筑施工工程师技术丛书

高层建筑结构工程施工

(第二版)

赵志缙 赵帆 编著

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京顺义燕华印刷厂印刷

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 9⁷/₈ 字数: 264千字

1994年8月第二版 1994年8月第三次印刷

印数: 33,641—41,840册 定价: 8.50元

ISBN7-112-02266-5/TU·1754

(7291)

第二版出版说明

建筑施工工程师技术丛书自1986年初版发行以来，深受在施工生产第一线的建筑施工工程师的欢迎。这些工程技术人员常年担负着繁忙而复杂的工程任务，无暇博览群书。这套丛书帮助他们用有限的时间，学习建筑工程的新技术，更新自己的知识结构，更好地适应现代化建筑施工技术的要求。因此，这套丛书对于在职科技人员的继续教育，起了积极地作用。同时，这套丛书也成为大专院校工民建专业学生的进修教材。

但是，丛书第一版出版至今已经八年。这八年的时间，在改革开放大潮的推动下，我国的建筑事业蓬勃发展，兴建了许多高层建筑，促使新材料、新工艺、新技术不断涌现，并形成了许多新的成套技术。在此期间，国家颁发了新的设计、施工标准规范。这些新的变化，使本套丛书第一版的内容已显得陈旧，不能满足建筑工程技术人员学习、更新知识的欲望。为此，我们组织了本套丛书第二版的修订。

本套丛书第二版，着重补充近几年我国建筑工程施工技术与管理方法的最新成果和成熟的施工经验，以及高新技术在建筑工程中的应用，适当介绍国外的最新技术，并按新颁国家标准、规范的要求进行修订。对第一版中存在的问题，本次修订时也尽可能一一作了订正。

我们希望本套丛书第二版，继续对现场施工工程师们学习新技术有所裨益。同时，我们也欢迎广大读者对本套丛书的内容提出宝贵意见，以便我们改进。谢谢！

第一版前言

发展高层建筑能有效地解决城市用地有限和人口密集之间的矛盾，因此，从19世纪80年代国外出现了高层建筑，并有很大的发展。从20世纪50年代以来，高层建筑的发展更为迅猛，几乎在世界各地的大城市中，都建造了不少高层建筑和超高层建筑，迅速改变了城市的面貌。

从20世纪70年代末开始，我国在一些大城市中也陆续建造了一批高层建筑，其中尤其是北京、上海、广州、深圳等城市建造的数量更多。近年来，高层建筑在我国又有很大的发展，在百万人以上的大城市和省会一级的城市几乎都在建造高层建筑。

通过几年的实践，我国高层建筑的施工水平有了很大的提高。在深基础工程方面，推广了钢板桩支护、土锚杆、地下连续墙和逆作法、大直径灌注桩和挖孔桩、钢管桩和钢筋混凝土长桩等技术；在上部结构方面，大模板、滑升模板、装配式大板等已形成体系。升板施工也向高层建筑方面发展。组合钢模板在高层建筑施工中的应用也有扩大的趋势。台模、爬模、隧道模、预应力薄板叠合楼盖、压型钢板等亦有应用。此外，也开始发展钢结构的高层建筑和超高层建筑。

为了总结我国高层建筑的施工经验和介绍国外高层建筑方面的先进技术，我们编写了这本书。分现浇钢筋混凝土结构和装配式钢筋混凝土结构两方面，介绍了一些高层建筑的施工技术，同时，也介绍了高层建筑施工用的机械设备。此外，目前钢结构的高层建筑在我国虽然刚刚兴起，尚缺乏系统的经验，但考虑到今后在我国一些大城市可能会进一步发展，所以亦参照国外的经验做了简要地介绍。

编写本书时虽力求做到系统和完整，但由于我国没有这方面的专著，现有的技术资料皆散落于各种刊物和施工总结中，更限于编者的水平和时间，不妥之处在所难免，恳切希望读者批评和指正。

在本书编写过程中，参阅了一些单位的施工经验总结，特此表示感谢。

编 者

1986年12月

第二版 前 言

《高层建筑结构工程施工》(第一版)出版已经6年了,先后印刷了两次。许多工程技术人员用作技术参考书,亦有一些高等学校用作“高层建筑施工”选修课的教材。

我国的高层建筑发展很快,近年来我国建造了相当数量的高层和超高层建筑,通过研究和工程实践,我国高层建筑施工技术有了很大提高。结构类型、建筑材料和施工技术不断创新,有的已达到国际水平。

为了及时反映我国高层建筑的施工技术水平和适应形势的需要,我们在第一版的基础上,经过修改和补充,编写了第二版。在第二版中,将高层建筑施工用起重运输机械和脚手架补充后单独成为一章,另外也补充了粗钢筋连接技术等内容,使其与第一版相比,内容更加丰富和完整。

我们在编写此书时,力求反映一些现代技术和科学研究成果,但限于我们的水平和时间,不足之处在所难免,我们恳切希望读者一如既往给予批评和指正。

在编写本书过程中,参阅了一些施工经验总结和参考书、参考资料,一并在此致谢。

目 录

第一版前言

第二版前言

概述	1
一、高层建筑的定义	1
二、高层建筑的发展	1
三、高层建筑施工技术的发展	4
1. 高层建筑的结构体系与施工方法	11
1.1 框架结构体系	12
1.2 剪力墙结构体系	14
1.3 筒体结构体系	16
2. 高层建筑施工用起重运输机械	20
2.1 起重运输体系的选择	21
2.2 塔式起重机	24
2.3 外用施工电梯	50
2.4 混凝土泵和泵车	53
3. 高层建筑施工用脚手架	71
3.1 扣件式钢管脚手架	71
3.2 碗扣式钢管脚手架	83
3.3 门型组合式脚手架	84
3.4 外挂脚手架	87
4. 现浇钢筋混凝土结构高层建筑施工	92
4.1 钢筋连接技术	92
4.1.1 电渣压力焊	92
4.1.2 气压焊	94
4.1.3 钢筋挤压连接	97
4.1.4 钢筋锥螺纹套管连接	102

4.2	滑升模板施工高层建筑	102
4.2.1	滑升模板施工对工程设计的要求	104
4.2.2	滑升模板设计	108
4.2.3	滑升模板施工	124
4.3	大模板施工高层建筑	151
4.3.1	大模板施工对建筑设计的要求	152
4.3.2	大模板的构造与类型	153
4.3.3	大模板设计	156
4.3.4	大模板工程施工	164
4.3.5	楼盖结构施工	170
4.3.6	隧道模	192
4.4	爬升模板施工高层建筑	193
4.4.1	有爬架爬模	194
4.4.2	无爬架爬模	203
4.5	组合模板施工高层建筑	206
4.5.1	组合钢模板	206
4.5.2	钢框木(竹)组合模板	206
5.	装配式钢筋混凝土结构高层建筑施工	228
5.1	高层升板结构施工	228
5.1.1	高层升板建筑概况	228
5.1.2	劲性钢筋混凝土柱的升滑(升提)施工	230
5.1.3	柔性配筋逐层升模现浇柱施工	236
5.1.4	分段升板法	240
5.1.5	悬挂升板法	241
5.1.6	升模法施工	243
5.2	高层装配式大板结构施工	249
5.2.1	概述	249
5.2.2	装配式大板建筑的结构类型	250
5.2.3	装配式大板的构造与联接	251
5.2.4	大板结构吊装	252
5.2.5	板缝施工	260
6.	高层钢结构施工	262

6.1 高层钢结构的发展.....	262
6.2 高层钢结构的结构体系.....	264
6.3 钢结构材料与结构构件.....	270
6.4 高层钢结构安装.....	276
参考资料.....	304

概 述

为了解决城市用地有限和人口密集的矛盾,出现了高层建筑。国际交往的日益频繁和世界各国旅游事业的发展,更促进了高层建筑的蓬勃发展。同时,随着建筑科学技术的不断进步,在建筑领域内也出现了不少新结构、新材料和新工艺,这些又为现代高层建筑的发展提供了条件。

我国的高层建筑正在迅猛发展,目前全国约有高层建筑7千余万平方米,已建成的100m以上的超高层建筑有80多幢,还有一大批高层和超高层建筑正在建设。目前我国的高层建筑建设,已从北京、上海、广州、深圳等大城市发展到上百座大中城市,有些经济发达的小城市亦建有高层建筑。

一、高层建筑的定义

多少层或多么高的建筑物算是高层建筑?不同的国家和地区有不同的理解。而且从不同的角度,如结构、消防和运输来看待该问题,亦会得出不同的结论。1972年召开的国际高层建筑会议确定为:

第一类高层建筑 9~16层(最高到50m)

第二类高层建筑 17~25层(最高到75m)

第三类高层建筑 26~40层(最高到100m)

超高层建筑 40层以上(高度100m以上)

我国建设部《民用建筑设计通则》(JGJ37-87)中规定,高层建筑是指10层以上的住宅及总高度超过24m的公共建筑及综合建筑。

二、高层建筑的发展

高层建筑在古代就有,我国古代建造的不少高塔,就属于高

层建筑。如1400多年前，即公元523年建于河南登封县的嵩岳寺塔，10层，高40m，为砖砌单筒体结构。公元704年改建的西安大雁塔，7层，高64m。公元1055年建于河北定县的料敌塔，11层，高达82m，砖砌双筒体结构，更为罕见。此外，还有建于1056年，9层，高67m的山西应县木塔等。这些高塔皆为砖砌或木制的筒体结构，外形为封闭的八边形或十二边形。这种形状有利于抗风和抗地震，也有较大的刚度，在结构体系上是很合理的。

同时，我国古代也出现了高层框架结构。如公元984年建于河北蓟县的独乐寺观音阁，即为高22.5m的木框架结构。其他如高40m的河北承德普宁寺的大乘阁等亦为木框架结构。

我国这些现存的古代高层建筑，经受了几百年、甚至上千年的风雨侵蚀和地震等的考验，至今基本完好，这充分显示了我国劳动人民的高度智慧和才能，也表明我国古代对高层建筑就有较高的设计和施工水平。

在国外古代亦建有高层建筑，古罗马帝国的一些城市就曾用砖石承重结构建造了10层左右的建筑。公元1000年前后，意大利建造过一些高层建筑。例如，公元1100~1109年，意大利的Bologna城就建造了41座砖石承重的塔楼，其中有的竟高达98m和60m。19世纪前后，西欧一些城市还用砖石承重结构建造了高达10层左右的高层建筑。

古代的高层建筑，由于受当时技术经济条件的限制，不论是承重的砖墙或筒体结构，壁都很厚，使用空间小，建筑物越高，这个问题就越突出。如1891年在美国芝加哥建造的Monadnock大楼，为16层的砖结构，其底部的砖墙厚度竟达1.8m。这种小空间的高层建筑不能适应人们生活和生产活动的需要。因而，采用高强和轻质材料，发展各种大空间的抗风、抗震结构体系，就成为高层建筑结构发展的必然趋势。

近代高层建筑是从19世纪以后逐渐发展起来的，这与采用钢铁结构作为承重结构有关。1801年英国曼彻斯特棉纺厂，高7

层，首先采用铸铁框架作为建筑物内部的承重骨架。1843年美国长岛的黑港灯塔，亦采用了熟铁框架结构。这就为将钢铁材料用于承重结构开辟了一条途径。此后一段时间内所建造的10层左右的高层建筑，大多采用内部铁框架与外承重砖墙相结合的结构型式。1883年美国芝加哥的11层保险公司大楼，首先采用由铸铁柱和钢梁组成的金属框架来承受全部荷重，外墙只是自承重，这已是近代高层建筑结构的萌芽了。

1889年美国芝加哥的一幢9层大楼，首次采用钢框架结构。1903年法国巴黎的Franklin公寓采用了钢筋混凝土结构。与此同时，美国辛辛纳提城一幢16层的大楼也采用了钢筋混凝土框架结构。开始了将钢、钢筋混凝土框架用于高层建筑的时代。此后，从19世纪80年代末至20世纪初，一些国家又兴建了一批高层建筑，使高层建筑出现了新的飞跃。不但建筑物的高度一跃而为20~50层，而且在结构中采用了剪力墙和钢支撑，建筑物的使用空间显著扩大了。

19世纪末至20世纪初是近代高层建筑发展的初始阶段，这一时期的高层建筑结构虽然有了很大的进步，但因受到建筑材料和设计理论等限制，一般结构的自重较大，而且结构型式也较单调，多为框架结构。

近代高层建筑的迅速发展，是从20世纪50年代开始的。由于轻质高强材料的发展，新的设计理论和电子计算机的应用，以及新的施工机械和施工技术的涌现，都为大规模地、较经济地修建高层建筑提供了可能。同时，由于城市人口密度的猛增，地价昂贵，迫使建筑物向高空发展也成了客观上的需要，因而不少国家都大规模地建造高层建筑，到目前为止，在不少国家内，高层建筑几乎占了整个城市建筑面积的30%~40%。

目前，美国的高层建筑数量最多，160m以上的就有100多幢。目前世界上最高的、110层高达443m的西尔斯大厦就建在美国的芝加哥。此外，1972年建于纽约的、110层高412m的世界贸易中心双塔大厦，和1931年建于纽约的、102层高381m的帝国大

厦，也都是闻名于世的高层建筑。其他如英国、法国、日本、加拿大、澳大利亚、新加坡、俄罗斯、波兰、南非等国家和香港地区等也修建了许多高层建筑。表1所示为目前世界上著名的高层建筑概况。

我国的高层建筑始于20世纪初。1906年建造了上海的和平饭店南楼，1922年建造了天津海河饭店（12层），1929年建造上海和平饭店北楼（11层）和锦江饭店北楼（14层），1934年建造上海国际饭店（24层）和上海大厦（20层）以及广州爱群大厦（15层），至1937年抗日战争开始，我国约建有10层以上的高层建筑35幢，主要集中在上海等沿海大城市。高82.5m的国际饭店当时是远东最高的建筑。

50年代，我国在北京、广州、沈阳、兰州等地曾建造了一批高层建筑。60年代，在广州建造27层、高87.6m的广州宾馆。70年代，在北京、上海、天津、广州、南京、武汉、青岛、长沙等地兴建了一定数量的高层建筑，其中广州于1977年建成的33层、高115m的白云宾馆，当时除港澳地区外是国内最高的建筑。进入80年代，我国的高层建筑蓬勃发展，各大城市和一批中等城市都兴建了高层建筑，表2所示为我国已建成的著名高层建筑。随着上海浦东等地的开发，目前还有大批高层建筑在建设，其中也包括已动工将要耸立于上海浦东陆家嘴的88层、高约340m的金茂大厦。还有一些更高的高层建筑计划兴建。

三、高层建筑施工技术的发展

从70年代中期以来，通过大量的工程实践，我国的高层建筑施工技术得到很大的发展。

在基础工程方面，高层建筑多采用桩基础、筏式基础、箱形基础、或桩基与箱形基础的复合基础。存在着深基坑支护、桩基施工、大体积混凝土浇筑、深层降水等施工问题。由于深基坑的增多（-10m以下的很多，北京京城大厦深达23.76m），支护技术发展很快，多采用钢板桩、灌注桩、地下连续墙、深层搅拌水泥土桩等。施工工艺有很大改进，支撑方式有传统的内部钢管

世界上著名的高层建筑

表 1

序号	建筑物名称	所在地	竣工日期	层数	高度(m)	材料
1	西尔斯大厦	芝加哥	1974	110	443	S
2	世界贸易中心(南楼)	纽约	1973	110	412	S
3	世界贸易中心(北楼)	纽约	1972	110	412	S
4	帝国大厦	纽约	1931	102	381	S
5	标准石油办公楼(印第安那)	芝加哥	1973	80	346	S
6	约翰·汉考克大厦	芝加哥	1968	100	344	S
7	柳京饭店	平壤	1993	105	334	RC
8	科瑞斯勒办公楼	纽约	1930	77	319	S
9	中国银行	香港	1990	70	315	S
10	得克萨斯贸易广场大厦	休斯顿	1981	75	305	SRC
11	联合银行广场大厦	休斯顿	1983	71	296	S
12	美洲国际大厦	纽约	1931	66	290	S
13	哥伦比亚中心	西雅图	1983	76	287	SRC
14	第一银行塔楼	多伦多	1975	72	285	S
15	沃尔40号塔楼	纽约	1966	71	283	S
16	达拉斯·梅茵中心	达拉斯	1985	70	281	SRC
17	城市合作中心	纽约	1977	59	280	S
18	传斯科塔楼 I	休斯顿	1983	64	275	S
19	水塔广场塔楼	芝加哥	1976	76	262	RC
20	加利福尼亚联合银行	洛杉矶	1974	62	261	S
21	传斯迈瑞科大厦	旧金山	1972	48	260	S
22	美国无线电公司洛克菲勒中心	纽约	1933	70	259	S
23	第一国家银行	芝加哥	1968	60	259	S
24	美国钢铁公司	匹兹堡	1970	64	256	S
25	曼哈顿蔡斯广场大厦	纽约	1961	60	248	S
26	泛美办公楼	纽约	1963	59	246	S
27	伍尔沃斯大厦	纽约	1913	57	242	S
28	库尔士里·诺基广场1号大楼	华沙	1955	42	241	S/RC
29	约翰·汉考克塔楼	波士顿	1973	60	241	S
30	M.L.C 中心	悉尼	1976	70	240	RC
31	贸易理事会办公楼(西侧)	多伦多	1974	57	239	S
32	共和银行中心	休斯顿	1983	56	238	S
33	美国银行	旧金山	1969	52	237	S
34	第一国家广场大厦	芝加哥	1981	58	236	SRC

续表

序号	建筑物名称	所在地	竣工日期	层数	高度(m)	材料
35	IDS 中心	明尼阿波利斯	1972	57	235	SRC
36	新加坡财政部办公楼	新加坡	1986	52	235	SRC
37	宾夕法尼亚广场大厦	纽约	1972	57	234	S
38	公正大厦(西楼)	纽约	1985	51	230	S
39	蒙帕尔纳斯大街梅纳办公楼	巴黎	1973	64	229	SRC
40	咨询中心	波士顿	1964	52	229	S
41	艾克森大厦	纽约	1971	54	229	S
42	第一国际广场大厦	休斯顿	1981	55	228	SRC
43	第一自由广场大厦(美国钢铁公司)	纽约	1972	54	227	S
44	阳光大厦	东京	1978	60	226	S
45	20交易所(城市银行)	纽约	1931	55	226	S
46	瑞夫城市饭店	新加坡	1986	70	226	RC
47	复兴饭店 I	底特律	1977	73	225	RC
48	世界金融中心	纽约	1987	51	225	S
49	太平洋国家安全银行	洛杉矶	1974	57	225	S
50	多伦多银行塔楼	多伦多	1967	56	224	S
51	库伦中心	休斯顿	1984	55	224	S
52	阿斯特广场办公楼	纽约	1972	54	222	SRC
53	奥林匹亚中心	芝加哥	1981	63	222	RC
54	匹兹堡麦伦银行中心	匹兹堡	1983	54	222	S
55	海湾塔楼	休斯顿	1982	52	221	SRC
56	57号街西区 9 号办公楼	纽约	1974	50	221	S
57	桃树中心广场饭店	亚特兰大	1975	71	220	RC
58	克罗科中心	洛杉矶	1981	55	220	S
59	卡尔顿中心	约翰内斯堡	1973	50	220	RC
60	底特律广场饭店	底特律	1977	73	219	RC
61	共和广场办公楼	丹佛	1983	56	219	S/RC
62	壳体办公楼	休斯顿	1971	50	218	RC
63	第一国际办公楼	达拉斯	1973	56	218	S
64	新宿中心大厦	东京	1979	54	216	S/RC
65	合和中心	香港	1980	65	216	RC
66	终点塔楼	克利夫兰	1930	52	216	S
67	碳化物协会	纽约	1960	52	215	S
68	通用发动机办公楼	纽约	1968	50	214	S

续表

序号	建筑物名称	所在地	竣工日期	层数	高度(m)	材料
69	都市生活办公楼	纽约	1909	50	213	S
70	大西洋理查费尔德广场大厦B	洛杉矶	1972	52	213	S
71	壳体广场大厦	新奥尔良	1972	51	212	S
72	5号街500号办公楼	纽约	1931	58	212	S
73	新宿三井大厦	东京	1974	55	212	S
74	国际商用机器公司	芝加哥	1973	52	212	S
75	新宿野村大厦	东京	1978	53	210	S
76	4号艾伦中心	休斯顿	1983	50	210	S
77	麦德兰海运大厦	纽约	1966	52	210	S
78	沃特街55号大楼	纽约	1972	53	209	S
79	化工信托银行	纽约	1964	50	209	S
80	首都银行广场办公楼	休斯顿	1980	50	209	S
81	京广中心	北京	1990	57	208	S
82	休斯顿中心	休斯顿	1978	46	208	SRC
83	查尼办公楼	纽约	1929	55	207	S
84	海湾与西部办公楼	纽约	1970	44	207	S
85	明尼阿波利斯城市中心	明尼阿波利斯	1983	51	207	S/RC
86	南拜尔办公楼	亚特兰大	1981	46	206	RC
87	林肯办公楼	纽约	1930	55	205	S
88	佐治亚太平洋塔楼	亚特兰大	1982	52	205	S
89	麦克高罗-夏尔大厦	纽约	1972	51	204	S
90	百老汇大街1633号大楼	纽约	1972	48	204	S
91	俄克拉何马银行塔楼	塔尔萨	1576	50	203	S/RC
92	王牌塔楼	纽约	1983	68	202	RC
93	城市中心办公楼	芝加哥	1965	38	202	S
94	第一城市塔楼	休斯顿	1981	49	201	SRC
95	华侨银行公司	新加坡	1976	52	201	RC
96	辉煌大厦	芝加哥	1983	57	201	RC
97	新宿住友大厦	东京	1974	52	200	S
98	帕克中心托里办公楼	加拉加斯	1979	56	200	RC
99	广东国际大厦	广州	1992	63	199	RC

注: RC—钢筋混凝土; S—钢; SRC—型钢混凝土。