

GAOCENGJIANZHUGANGJIEGOUSHEJI
中国建筑工程工业出版社



高层建筑 钢结构设计

陈富生 邱国桦 范重 编著

高层建筑钢结构设计

陈富生 邱国桦 范 重 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高层建筑钢结构设计/陈富生等编著. -北京: 中国建筑工业出版社, 2000
ISBN 7-112-03766-2

I. 高… II. 陈… III. 高层建筑-钢结构-结构设计 IV. TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 20225 号

本书汇集部分国内外关于高层建筑钢结构的设计资料和经验, 并结合近期已颁布的《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ99—98) 和《钢筋混凝土结构设计规程》(YB9082—97) 的有关规定, 系统地叙述高层建筑钢结构设计, 以及与此相关的钢筋混凝土结构设计和钢-混凝土结构设计。

本书共有 12 章, 除列举较多的工程实例外, 主要包括钢结构材料选用、结构类型和体系的选择、结构内力分析方法、钢构件和钢筋混凝土构件的承载力计算和连接构造设计、组合楼盖设计等, 也包括钢结构的制作、安装、防锈, 以及防火涂料的应用和设计图纸的编制等。

本书可供建筑结构和科研人员、钢结构制作和安装人员以及高等院校土建专业师生等参考。

责任编辑 黎钟

DUL40/30

高层建筑钢结构设计

陈富生 邱国桦 范 重 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

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 36 字数: 871 千字

2000 年 4 月第一版 2000 年 4 月第一次印刷

印数: 1—3500 册 定价: 49.00 元

ISBN 7-112-03766-2

TU·2910 (8983)

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)

前 言

随着我国经济建设的快速发展,自 80 年代中期采用钢结构建造高层建筑以来,在北京、上海、深圳和大连等城市,已相继建成约 30 幢钢结构高层建筑。在这些工程中,国内一些设计和施工单位既在一部分工程中自行设计和施工,又参与由外商主持设计和施工的一部分重大项目,通过两方面的技术经验积累,为我国高层钢结构的继续发展提供了良好的技术条件。

国外采用钢结构建造高层建筑和超高层建筑已有较长时期的经验,在国内也已有近 15 年的建造经验。这些经验表明高层建筑钢结构有较明显的优点,如减少建筑中结构所占的面积、降低基础工程造价、缩短建筑施工周期等,这些优点将使工程开发产生有效的综合经济效益。对于建于地震区的高层建筑钢结构,在 1985 年墨西哥地震、1994 年诺斯里奇地震和 1995 年阪神地震中均表明,按这些国家近期的设计规范进行精心设计的高层建筑钢结构,是一种抗震能力良好的结构类型。

高层建筑钢结构在综合经济效益方面和抗震能力上的优点,正逐渐获得人们普遍的共识。为进一步促进钢结构在高层及超高层建筑中的应用和发展,我们汇集了部分国内外有关高层建筑钢结构的设计资料和经验,供工程设计和技术研讨中作参考。在编著中也已综合了近期颁布的《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ99—98)(本书中简称“高钢规程”)和《钢骨混凝土结构设计规程》(YB9082—97)(本书中简称“钢骨规程”)的有关规定,以使本书具有较强的实用性。此外,当前正是对 1989 年前后颁布的主要结构设计规范进行全面的修订阶段,对此,为便于设计时全面考虑,摘录对风荷载和地震作用计算修订征求意见稿的内容供参考,但应以今后正式颁布的规范文本为准。

本书内容较广泛,除列举较多的工程实例外,包括有:设计过程中常遇的关于钢结构材料选用、风荷载及地震作用的计算、结构类型及结构体系的选择、结构内力分析方法、钢构件和钢骨混凝土构件承载力计算和连接构造设计、组合楼盖的设计等,还包括了钢结构制作和安装、防锈及防火涂料的应用和设计图纸的编制等。在书中也列出国外钢材钢号的选用,以及国内外 H 型钢的截面规格及特性表等供应用或参考。

本书共十二章,各章的主要执笔人为:

陈富生:第一、二、三、四章和第八章;

邱国桦:第六、七章和第十、十一、十二章;

范 重:第五章及第九章。

作者的实践经验和技术水平有限,书中会存在不少错误和缺点,希读者给予指正。

陈富生、范重于建设部建筑设计院
邱国桦于中国建筑技术研究院

目 录

前言

第一章 概论	1
第一节 国内外高层建筑钢结构发展情况	1
一、国外超高层建筑发展概况	1
二、国内高层建筑钢结构发展概况	4
三、国内钢材生产和钢结构制作安装技术概况	6
第二节 钢结构、钢-混凝土结构及钢骨混凝土结构的应用	7
一、高层建筑钢结构	7
二、高层建筑钢-混凝土结构	9
三、高层建筑钢骨混凝土结构	10
第三节 结构体系的分类及应用	12
一、高层建筑钢结构中的结构体系分类	12
二、结构体系的选用	13
第四节 高层建筑钢结构的地震震害经验	15
一、1985 年墨西哥城地震	15
二、1994 年美国诺斯里奇地震	17
三、1995 年日本阪神地震	18
四、震害的经验教训	22
参考文献	24
第二章 钢结构材料及强度设计值	25
第一节 结构钢材	25
一、钢材的分类	25
二、钢材的力学性能	26
三、影响钢材材质的主要化学成分	31
四、Q235 及 Q345 钢的质量等级和保证项目	32
五、日本及美国的建筑钢材标准	33
六、H 型钢的应用及可选用的规格	40
第二节 连接材料	41
一、焊接材料	41
二、普通螺栓	44
三、高强度螺栓	45
四、锚栓	47
五、圆柱头焊钉	47
第三节 高层建筑钢结构的钢材选用	47
一、钢材的选用	47
二、“高钢规程”对钢材材质要求的规定	48
三、“钢骨规程”对钢材材质要求的规定	49
第四节 钢材及连接材料的强度设计值	49

一、钢材强度设计值	49
二、焊缝强度设计值	50
三、螺栓连接的强度设计值及高强度螺栓的强度值	51
参考文献	52
第三章 作用效应组合、风荷载及地震作用	53
第一节 作用效应组合	53
一、承载力极限状态的作用效应组合	53
二、结构侧移验算时的作用效应组合	54
第二节 风荷载标准值计算	54
一、“荷载规范”及“钢筋混凝土高层规程”规定的风荷载标准值计算	54
二、“高钢规程”规定的风荷载标准值计算	58
三、上海《高钢设计规定》关于风荷载的计算规定	60
四、“荷载规范”修订（征求意见稿）中关于风荷载的计算规定	63
第三节 地震作用	69
一、抗震规范及混凝土高规关于地震作用计算的规定	70
二、高钢规程关于地震作用计算的规定	77
三、“上海高钢设计规定”关于地震作用计算的规定	80
四、“抗震规范”（供试设计用稿）修订中关于地震作用计算的规定	82
参考文献	85
第四章 结构布置及结构体系	86
第一节 基本设计规定及结构布置	86
一、各类结构体系的适用高度及建筑高宽比	86
二、建筑结构的不规则性限制	87
三、结构布置的连续性规定	89
四、柱距及内外筒之间的跨度	90
五、内筒和楼梯间及电梯间的结构布置	90
六、次梁的布置	92
第二节 结构类型及结构体系的分类	93
一、各种结构类型	93
二、各种结构体系	95
第三节 钢结构的各类结构体系	97
一、框架体系	97
二、框架-支撑体系及框架-内筒体系	104
三、带伸臂桁架的框架-内筒体系	133
四、外筒体系、筒中筒体系及成束筒体系	152
五、巨型支撑外筒体系	166
六、巨型框架体系	176
第四节 钢-混凝土结构的各类结构体系	178
一、钢-混凝土结构的构成及体系类别	178
二、钢框架-混凝土内筒（或剪力墙）体系	179
三、带伸臂桁架的钢框架-混凝土内筒体系	201
四、巨柱框架-混凝土内筒体系	221
第五节 钢骨混凝土结构的各类结构体系	233

一、钢筋混凝土结构的构成及体系类别	233
二、组合式框架-混凝土内筒（或剪力墙）体系	234
三、组合式框架-钢筋混凝土内筒体系	235
四、组合式外筒体系	238
参考文献	242
第五章 结构内力分析与位移限值	244
第一节 结构内力分析的基本内容	244
一、高层建筑结构分析的基本方法	244
二、竖向荷载	244
三、风荷载	245
四、地震作用	245
五、温度应力	246
六、荷载组合	246
七、侧向位移限值	247
八、整体稳定	247
第二节 建立计算模型、选择计算方法及结构内力调整时需要注意的问题	247
一、建立合理的计算模型	247
二、平面协同与三维空间矩阵位移法	253
三、二阶段设计中的抗震验算	254
四、多遇地震作用下结构的内力调整	254
第三节 高层建筑结构分析中常用的单元	257
一、梁单元	257
二、杆单元	261
三、柱单元	262
四、薄壁柱单元	265
五、墙单元	271
第四节 地震作用下的反应谱法	275
一、单质点体系的计算模型	275
二、多质点体系的计算模型	277
三、考虑平动与扭转耦连的计算模型	279
第五节 地震作用下的时程分析法	280
一、时程分析法概述	280
二、地震波选择	281
三、弹塑性时程分析的力学模型	283
四、动力方程求解	292
第六节 高层建筑在竖向荷载作用下的施工模拟	296
第七节 温度影响	297
第八节 结构的整体稳定与 $P-\Delta$ 效应	299
一、结构的整体稳定	299
二、 $P-\Delta$ 效应的计算方法	300
第九节 高层建筑钢结构的水平位移限值	302
一、风荷载作用下的水平位移限值	302
二、地震作用下的水平位移限值	304

参考文献	304
第六章 钢构件承载力计算	306
第一节 梁	306
一、梁的强度	306
二、梁的整体稳定	307
三、梁的板件宽厚比	308
第二节 柱	309
一、轴心受压柱	309
二、框架柱	312
第三节 中心支撑	315
一、中心支撑类型	315
二、支撑杆件长细比	316
三、支撑杆件板件宽厚比	317
四、支撑杆件的内力	317
五、支撑杆件受压承载力验算	318
第四节 偏心支撑	319
一、偏心支撑的基本性能	319
二、耗能梁段的设计	320
三、支撑斜杆的设计	321
四、设有偏心支撑的框架柱	322
第五节 其他抗侧力构件	322
一、钢板剪力墙	322
二、内藏钢板支撑剪力墙	324
三、带竖缝混凝土剪力墙	326
参考文献	329
第七章 钢结构节点设计	330
第一节 节点设计的基本原则	330
第二节 节点的抗震设计	330
一、节点连接的最大承载力	331
二、构件塑性区的局部稳定	333
三、受弯构件侧向支承要求	333
第三节 连接	334
一、焊接	334
二、高强度螺栓连接	335
三、栓焊混合连接	336
四、连接的最大承载力	337
第四节 梁与柱的连接	338
一、梁-柱的刚性连接	338
二、梁-柱由 T 形连接件连接	346
三、梁-柱的端板连接	347
四、梁-柱的柔性连接	348
第五节 柱与柱的连接	349
一、柱的形式	349

二、柱的承压接头	350
三、按抗震设计的柱-柱接头	350
四、柱的变截面连接	352
第六节 梁与梁的连接	352
一、主梁与主梁的连接	352
二、次梁与主梁的连接	353
三、主梁的侧向隅撑	354
四、梁腹板开孔的补强	354
第七节 钢柱脚的设计	355
一、埋入式柱脚	356
二、外包式柱脚	357
三、外露式柱脚	358
第八节 抗侧力构件与框架的连接	359
一、中心支撑	359
二、偏心支撑	359
三、抗震剪力墙板	361
第九节 钢构件与混凝土结构连接	362
参考文献	363
第八章 组合楼盖设计	365
第一节 组合楼板与非组合楼板设计	365
一、组合楼板与非组合楼板的应用特点	365
二、压型钢板及栓钉的强度设计值和板型选用	367
三、压型钢板在施工阶段的受弯承载力及挠度计算	370
四、压型钢板组合楼板的承载力计算	371
五、组合楼板的挠度、裂缝及自振频率验算	373
六、组合楼板的构造要求	375
第二节 组合梁设计	376
一、组合梁的特点及类型	377
二、组合梁的基本设计原则	378
三、简支组合梁设计	381
四、连续组合梁设计	389
第三节 蜂窝形钢梁及组合梁设计	391
一、蜂窝形钢梁及组合梁的形成及特点	391
二、简支蜂窝形钢梁设计	392
三、简支蜂窝形组合梁设计	393
参考文献	395
第九章 钢筋混凝土构件设计与计算	396
第一节 钢筋混凝土结构概述	396
一、钢筋混凝土结构与组合结构	396
二、钢筋混凝土结构的特点	397
三、钢筋混凝土构件的力学特性与计算的基本原则	398
第二节 钢筋混凝土梁	399
一、钢筋混凝土梁正截面承载力	399

二、钢筋混凝土梁斜截面承载力	404
三、梁上开洞与补强	408
四、钢筋混凝土受弯构件的变形和裂缝宽度计算	410
第三节 钢筋混凝土柱	413
一、钢筋混凝土柱正截面的受力性能与破坏形态	413
二、钢筋混凝土柱正截面承载力计算	415
三、斜截面的破坏形态	426
四、钢筋混凝土柱斜截面承载力计算	428
五、钢筋混凝土柱截面限值	429
第四节 钢筋混凝土剪力墙	431
一、有边框与无边框钢筋混凝土剪力墙	431
二、钢筋混凝土剪力墙正截面承载力计算	432
三、钢筋混凝土剪力墙斜截面承载力计算	433
第五节 钢筋混凝土框架梁柱节点	437
一、框架梁柱节点的受力性能与破坏形态	437
二、影响钢筋混凝土框架梁柱节点承载力的主要因素	438
三、框架梁柱节点抗剪强度验算	440
四、框架梁柱节点核心区内力的传递	442
第六节 钢筋混凝土柱脚	446
一、柱脚的分类与主要力学特性	446
二、非埋入式柱脚	448
三、埋入式柱脚	450
第七节 钢骨的拼接	455
一、钢骨拼接的基本要求	455
二、钢骨拼接处的内力计算	456
三、钢骨拼接处的补强	461
第八节 钢筋混凝土构件的构造要求	466
一、一般构造要求	466
二、梁	468
三、柱	469
四、剪力墙	470
五、框架梁柱节点	472
六、柱与柱的连接	475
七、梁与墙的连接	475
八、柱脚	477
九、钢骨拼接	479
参考文献	479
第十章 钢结构制作及安装	481
第一节 制作	481
一、材料	481
二、钢构件加工	484
三、构件验收	486
第二节 安装	489

一、一般规定	489
二、安装和校正	489
三、连接和固定	490
四、安装验收	491
参考文献	493
第十一章 钢结构防锈及防火	494
第一节 钢结构防锈	494
一、钢材表面处理	494
二、除锈等级的确定	495
三、涂料品种的选用	495
四、涂层结构和厚度	496
第二节 钢结构防火	496
一、钢结构在高温下的性能	497
二、建筑构件的耐火极限	497
三、建筑钢构件的防火措施	498
参考文献	503
第十二章 钢结构设计图的编制	504
第一节 钢结构施工图的编制阶段	504
第二节 高层建筑钢结构设计图的编制方法	504
一、设计图纸的组成	504
二、设计总说明	505
三、结构布置图	507
四、构件截面表	507
五、标准焊缝详图	508
六、标准节点	510
七、钢材订货表	510
参考文献	511
附录一 国标及国内已生产的 H 型钢	512
附录二 冶标规定的焊接 H 型钢	521
附录三 日本及美国标准规定的 H 型钢	526
附录四 高强度螺栓及圆柱头焊钉	543
附录五 一个摩擦型高强度螺栓的承载力设计值	549
附录六 手工电弧焊焊接接头基本型式与尺寸	551
附录七 埋弧焊焊接接头基本型式与尺寸	556
附录八 钢构件防火保护层厚度的计算	560

第一章 概 论

第一节 国内外高层建筑钢结构发展情况

一、国外超高层建筑发展概况

1995 年 5 月在荷兰阿姆斯特丹召开了第五届国际高层建筑会议，会上发布了当时 100 幢 200m 以上的超高层建筑概况表，如表 1.1.1^{[1.1][1.7]}所示，再根据此表并按建造年代、结构材料及建筑用途等进行归纳统计可得情况表 1.1.2。由表 1.1.1 及表 1.1.2 可知下列的发展情况。

世界上最高的 100 幢建筑
高层建筑与城市住宅委员会 (CTBUH) 1995 年 10 月 31 日发布 表 1.1.1

序号	名 称	城市	建成 (年)	层数	高度 (m)	材料	用途
1	石油大厦 1	Petronas Tower1	吉隆坡	UC96	88	450	M 多功能
2	石油大厦 2	Petronas Tower2	吉隆坡	UC96	88	450	M 多功能
3	西尔斯大厦	Sears Tower	芝加哥	1974	110	443	S 办 公
4	金茂大厦	Jin Mao Building	上 海	UC98	88	421	M 多功能
5	世界贸易中心 1	One World Trade Center	纽 约	1972	110	417	S 办 公
6	世界贸易中心 2	Two World Trade Center	纽 约	1973	110	415	S 办 公
7	帝国大厦	Empire State Building	纽 约	1931	102	381	S 办 公
8	中环广场	Central Plaza	香 港	1992	78	374	C 办 公
9	中银大厦	Bank of China Tower	香 港	1989	70	369	M 办 公
10	T&C 大厦	T&C Tower	高 雄	UC97	85	348	S 多功能
11	标准石油公司大厦	Amoco	芝加哥	1973	80	346	S 办 公
12	约翰汉考克中心	John Hancock Center	芝加哥	1969	100	344	S 多功能
13	地王大厦	Shun Hing Square	深 圳	UC96	81	325	M 办 公
14	中天大厦	Sky Central Plaza	广 州	UC96	80	322	C 多功能
15	拜约基大厦	Baiyoke Tower II	曼 谷	UC97	90	320	C 多功能
16	克莱斯勒大厦	Chrysler Bulding	纽 约	1930	77	319	S 办 公
17	国民银行广场	Nations Bank Plaza	亚特兰大	1992	55	312	M 办 公
18	第一州际世界中心	First Interstate World Center	洛杉矶	1989	75	310	M 办 公
19	得克萨斯商业大厦	Texas Commerce Tower	休斯顿	1982	75	305	M 办 公
20	柳京饭店	Ryugyong Hotel	平 壤	UC95	105	300	C 饭 店
21	咨询大厦	Two Prudential Plaza	芝加哥	1990	64	298	C 办 公
22	第一州际银行广场	First Interstate Bank Plaza	休斯顿	1983	71	296	S 办 公
23	兰马克大厦	Landmark Tower	横 滨	1993	70	296	S 多功能
24	南威克街 311 大厦	311 South Wacker Drive	芝加哥	1990	65	292	C 办 公
25	租庇利街/皇后大道中大厦	Jubilee Street/Queen's Road Central	香 港	UC97	69	292	S 办 公

续表

序号	名 称	城市	建成 (年)	层数	高度 (m)	材料	用途
26	第一加拿大大厦	First Canadian Place	多伦多	1975	72	290	S 办公
27	美洲国际大厦	American International Building	纽 约	1932	66	290	S 办公
28	自由大厦 1	One Liberty Place	费 城	1987	61	287	S 办公
29	哥伦比亚第一海上中心	Columbia Seafirst Center	西雅图	1985	76	287	M 办公
30	华尔街 40 大厦	40 Wall Street	纽 约	1930	70	283	S 办公
31	国民银行广场	Nations Bank Plaza	达拉斯	1985	72	281	M 办公
32	华联银行中心	Overseas Union Bank Centre	新加坡	1986	66	280	S 办公
33	华联银行广场	United Overseas Bank Plaza	新加坡	1992	66	280	— 办公
34	共和国广场	Republic Plaza	新加坡	1995	66	280	M 办公
35	花旗中心	Citicorp Center	纽 约	1977	59	279	S 多功能
36	斯科休广场	Scotia Plaza	多伦多	1989	68	275	M 办公
37	特兰斯科大厦	Transco Tower	休斯顿	1983	64	275	S 办公
38	社会中心	Society Center	克利夫兰	1991	57	271	M 办公
39	AT& T 公司中心	AT& T Corporate Center	芝加哥	1989	60	270	M 办公
40	北密西根 900 大厦	900 North Michigan	芝加哥	1989	66	265	M 多功能
41	国民银行中心	Nations Bank Corporate Center	夏洛特	1992	60	265	C 办公
42	桃树中心	One Peachtree Center	亚特兰大	1992	60	264	C 办公
43	加拿大信托大厦	Canada Trust Tower	多伦多	1990	51	263	— 办公
44	水塔大厦	Water Tower Place	芝加哥	1976	74	262	C 多功能
45	第一州际大厦	First Interstate Tower	洛杉矶	1974	62	262	S 办公
46	全美金字塔大厦	Transamerica Pyramid	旧金山	1972	48	260	S 办公
47	G·E 洛克菲勒中心	G. E. Rockefeller Center	纽 约	1933	70	259	S 办公
48	第一国民银行广场	One First National Plaza	芝加哥	1969	60	259	S 办公
49	商业银行大厦	Commerzbank Tower	法兰克福	UC97	60	259	— 办公
50	自由大厦 2	Two Liberty Place	费 城	1990	58	258	— 办公
51	迈萨托大厦	Messeturm	法兰克福	1990	63	257	C 办公
52	USX 大厦	USX Tower	匹兹堡	1970	64	256	S 办公
53	门楼	Gate Tower	大 阪	UC96	56	254	— 办公
54	世界贸易中心	World Trade Center	大 阪	1994	55	252	M 办公
55	亚特兰大中心	One Atlantic Center	亚特兰大	1988	50	250	M 办公
56	BNI 城市大厦	BNI City Tower	雅加达	1995	46	250	— 办公
57	朝鲜人寿保险公司大厦	Korea Life Insurance Company	汉 城	1985	60	249	S 办公
58	城巅大厦	City Spire	纽 约	1989	72	248	C 多功能
59	蔡斯曼哈顿广场	One Chase Manhattan Plaza	纽 约	1961	60	248	S 办公
60	公园街 200 大厦	200 Park Avenue	纽 约	1963	59	246	S 办公
61	KTAR 大厦	Kompleks Tun Abdul Razak Building	檳 城	1985	65	245	C 办公
62	马拉扬银行大厦	Malayan Bankr	吉隆坡	1988	50	244	C 办公
63	东京都府大厦	Tokyo Metropolitan Government Building	东 京	1991	48	243	M 办公
64	内托大厦	Rialto Tower	墨尔本	1985	56	242	C 办公
65	沃尔沃斯大厦	Woolworth Building	纽 约	1913	57	241	S 办公
66	美浓银行中心	Mellon Bank Center	费 城	1990	54	241	S 办公
67	约翰汉考克大厦	John Hancock Tower	波士顿	1976	60	240	S 办公
68	银行中心	Bank One Center	达拉斯	1987	60	240	M 办公
69	JR 中心大厦	JR Central Towers	名古屋	UC99	53	240	— 多功能
70	商业大厦	Commerce Court West	多伦多	1973	57	239	M 办公
71	莫斯科国立大学	Moscow State University	莫斯科	1953	26	239	— 文教
72	国民银行中心	Nations Bank Center	休斯顿	1984	56	238	S 办公

续表

序号	名 称	城市	建成 (年)	层数	高度 (m)	材料	用途
73	美洲银行中心	Bank of America Center	旧金山	1969	52	237	S 办公
74	世界广场	One Worldwide Plaza	纽 约	1989	47	237	S 办公
75	加拿大广场	One Canada Square	伦 敦	1991	50	237	S 办公
76	IDS 中心	IDS Center	明尼阿波利斯	1972	57	236	M 办公
77	西北中心	Norwest Center	明尼阿波利斯	1988	57	236	S 办公
78	第一银行大厦	First Bank Place	明尼阿波利斯	1992	53	236	S 办公
79	新加坡财政部大厦	Singapore Treasury Building	新加坡	1986	52	235	M 办公
80	夏巨库公园大厦	Shinjuku Park Tower	东 京	1994	52	233	S 多功能
81	继承广场	Heritage Plaza	休斯顿	1987	53	232	S 办公
82	科学文化宫	Palace of Culture and Science	华 沙	1955	42	231	M 文教
83	卡内基大厦	Carnegie Hall Tower	纽 约	1991	60	231	C 办公
84	第一国民广场	Three First National Plaza	芝加哥	1981	57	230	M 办公
85	公平大厦	Equitable Tower	纽 约	1985	51	229	S 办公
86	宾夕法尼亚广场	One Penn Plaza	纽 约	1972	57	229	S 办公
87	美洲街 1251 大厦	1251 Avenue of the Americas	纽 约	1972	54	229	S 办公
88	咨询中心	Prudential Center	波士顿	1964	52	229	S 办公
89	加利福尼亚广场	Two California Plaza	洛杉矶	1992	52	229	— 办公
90	煤气公司大厦	Gas Company Tower	洛杉矶	1991	50	228	— 办公
91	MLC 中心	MLC Centre	悉 尼	1978	65	228	C 办公
92	太古广场/香格里拉饭店	Two Pacific Place/Shangri-La Hotel	香 港	1991	56	228	C 多功能
93	路易斯安那 1100 大厦	1100 Louisiana Building	休斯顿	1980	55	228	M 办公
94	朝鲜世界贸易中心	Korea World Trade Center	汉 城	1988	54	228	S 办公
95	永乐街/皇后大道中大厦	Wing Lok Street/Queen's Road Central	香 港	UC97	54	228	— 办公
96	菲利普总部大厦	Governor Phillip Tower	悉 尼	1993	54	227	C 办公
97	摩尔根总部大厦	J. P. Morgan Headquarters	纽 约	1989	50	227	S 办公
98	联合广场	Two Union Square	西雅图	1989	56	226	M 多功能
99	希望大厦南 333	333 South Hope Building	洛杉矶	1975	55	226	S 办公
100	自由广场	One Liberty Plaza (U. S. Steel)	纽 约	1973	54	226	S 办公

注: S 为钢结构, C 为混凝土结构, M 为钢-混凝土混合结构 (包括钢骨混凝土结构), UC 为预计建成时间。

世界上 100 幢最高建筑建成的年代、材料及用途

表 1.1.2

建造年代	建筑数量	结构材料	建筑数量	建筑用途	建筑数量
目前正在施工	13	钢筋混凝土结构	18	旅馆	1
1990 年	25	混合结构	24	多功能	16
1980 年	30	钢结构	45	办公楼	80
1970 年	18	不详	13	不详	3
1960 年	6				
1950 年	2				
1940 年	0				
1930 年	5				
1930 年前	1				

1. 超高层建筑的数量在增加

200m 以上的超高层建筑自 30 年代至今,除 40 年代因受第二次世界大战的影响外,随后的年代均在持续增加,尤其是 70 年代后更显著。

2. 较多的是 200~300m 的超高层建筑

当今世界上有 6 幢 400m 以上的超高层建筑,其中 3 幢建于 70 年代,另 3 幢建于 90 年代。建于 70 年代高为 443m 的西尔斯大厦至今仍属世界上最高建筑,于 1996 年建成的高为 450m 的吉隆坡石油大厦在高度上与西尔斯大厦基本相同。100 幢超高层建筑中有 20 幢的建筑高度为 300~450m,80 幢为 200~300m 高的建筑,这表明后者的建筑高度适用性得到开发商的关注。

3. 超高层建筑的用途在拓宽

80 年代以前的超高层建筑大部分用作办公建筑,但在 90 年代较多地增加了多功能建筑和旅馆建筑的比例,拓宽了建筑用途,相应地结构材料和结构体系的选择也需适应其要求。

4. 结构材料在多样化

70 年代以前和 70 年代建造的超高层建筑绝大部分采用钢结构,在 80 年代增加了钢筋混凝土结构的比例,90 年代在非地震区增加了钢筋混凝土结构的比例。如上所述,这些结构材料的变化除受建筑用途影响外,还由于经济原因和防火要求,使后两种结构材料的应用比例有所增加。对于地震区超高层建筑则仍以钢结构为主,少量的采用钢-混凝土结构。

二、国内高层建筑钢结构发展概况

自 80 年代中期至今的 15 年内,我国已建成和在建的高层建筑钢结构和钢-混凝土结构约有 29 项,其简要情况见表 1.1.3^[1,2]。根据该表并按建筑高度、结构材料及建筑用途进行归纳统计,其情况如表 1.1.4 所示。表中 7 度抗震设防的高层建筑项目位于上海、深圳、大连及厦门等城市,8 度抗震设防的项目均位于北京。

国内高层建筑钢结构及钢-混凝土结构工程

表 1.1.3

序号	工程名称	地点	高度 (m)	层数		建筑面积 万 (m ²)	总用钢量 (t)	结 构 形 式
				地下	地上			
1	金茂大厦	上海	365	3	88	17.7	14000	钢筋混凝土核心筒,外框钢管混凝土柱及钢柱
2	地王大厦	深圳	294.1	3	68	14.97	24500	钢筋混凝土核心筒,外框钢结构
3	赛格广场	深圳	278.6	4	70	15.8	10000	钢筋混凝土核心筒,外框钢管混凝土结构
4	浦东国际 金融大厦	上海	230	3	53	12.0	11000	钢筋混凝土核心筒,外框钢结构
5	国际航运 大厦	上海	210	3	48	10	9500	钢筋混凝土核心筒,外框钢结构
6	京广中心	北京	208	3	57	13.7	19000	钢框架,带钢边框钢筋混凝土剪力墙
7	森茂大厦	上海	198	3	48	11.0	8000	钢筋混凝土核心筒,外框钢管混凝土结构
8	京城大厦	北京	182	4	52	11.0	12000	钢框架-钢支撑(外包钢筋混凝土)
9	世界金融 大厦	上海	166.5	3	43	8.3	3300	钢筋混凝土核心筒,外框钢管混凝土柱

续表

序号	工程名称	地点	高度 (m)	层数		建筑面积 万 (m ²)	总用钢量 (t)	结 构 形 式
				地下	地上			
10	深圳发展中心	深圳	165	2	48	5.6	9000	钢筋混凝土核心筒, 外框钢结构
11	商品交易大厦	上海	157.7	3	43	8.5	6500	钢筋混凝土核心筒, 外框钢结构
12	新金桥大厦	上海	157	2	38	4.0	7000	钢筋混凝土核心筒, 外框钢结构
13	北京国贸中心	北京	155.2	2	39	8.6	12000	内、外钢框架-钢支撑筒体
14	中保大厦	上海	154	3	38	7.0	2000	钢筋混凝土筒体、钢桁架梁
15	上海锦江饭店	上海	153	1	46	4.8	7500	钢框架-钢支撑及钢板剪力墙
16	世界广场	上海	150	2	38	10	11000	钢框架-钢支撑
17	上海希尔顿饭店	上海	144	1	43	5.2	4000	钢筋混凝土核心筒, 外框钢结构
18	上海国贸中心	上海	142	2	37	9.0	10740	钢框架-钢支撑
19	上海证券大厦	上海	120.9	2	27	9.8	9000	钢筋混凝土核心筒, 巨型钢框架-钢支撑
20	上海瑞金大厦	上海	107	1	27	3.2	3700	钢筋混凝土核心筒, 外框钢结构
21	大连森茂大厦	大连	109	2	24	4.6	3530	钢骨混凝土框架-钢支撑
22	长富宫饭店	北京	90.9	3	26	5.05	5300	纯钢框架
23	九州大厦	厦门	90	2	25	6.26	5400	钢框架-钢支撑
24	香格里拉饭店	北京	82.7	2	24	5.6	5300	钢筋混凝土核心筒, 钢骨混凝土框架
25	中国工商银行总行	北京	48.3	3	10	6.8	4000	钢框架-钢偏心支撑
26	上海金沙江饭店	上海	41.4	1	14	1.6	1100	钢框架-钢支撑
27	北京国贸中心(二期)	北京	156	3	39			钢筋混凝土核心筒, 外框钢结构
28	大连远洋大厦	大连	200.8	4	51			钢筋混凝土核心筒, 外框钢结构
29	环球金融中心	上海	460	3	95			钢骨混凝土筒中筒结构(基础已施工)

国内 29 幢高层建筑钢结构和钢-混凝土结构情况归纳 (幢数)

表 1.1.4

建筑高度			结构材料		建于地震区		建筑用途		
>300m	300~150m	<150m	钢结构	钢-混凝土结构 (包括钢骨混凝土结构)	7度 设防区	8度 设防区	办公	多功能	旅馆
2	17	10	10	19	22	7	19	5	5

从表 1.1.4 对 29 幢高层建筑钢结构和钢-混凝土结构的归纳结果, 可知下列情况:

1. 三分之二的工程及 5 幢最高建筑是钢-混凝土结构

表 1.1.3 中多数高层建筑项目由外商设计。他们在 80 年代设计的项目主要采用钢结构, 其原因是多方面的, 一是考虑到建于地震区, 钢结构的抗震性能较好; 另一是根据国外的经验, 因劳务费高, 认为钢结构造价低于混凝土结构, 施工周期也短等原因。在 90 年代则成为主要采用钢-混凝土结构(包括少量的钢骨混凝土结构), 其中原因主要在于投资商结合我国国情, 采用钢-混凝土结构可降低结构造价。此外, 表中前 5 幢最高建筑是采用钢-混凝土结构。

2. 建筑高度多数为 150~300m

上述 29 幢高层建筑中 60% 的建筑高度为 150~300m, 其中原因受城市规划和商业适用性的影响; 在结构上也因建于地震区, 受钢筋混凝土高层建筑结构适用高度的影响, 要考虑选用钢结构和钢-混凝土结构。

3. 29 幢高层建筑均建于抗震设防区

我国较多的大中城市位于抗震设防区, 尤其是沿海商业城市。因此, 设计时很重视钢筋混凝土结构、钢-混凝土结构和钢结构的选用, 以及结构体系的选择。相应地促进钢结构和钢混结构的发展, 也推动科研工作和规范的制订。在这一过程中, 关于钢-混凝土结构在地震区高层建筑中的应用问题也受到工程界的关注。

4. 高层建筑的用途多样化

由表 1.1.4 可知, 我国与国外在高层建筑用途的多样化发展方面也基本相同, 即在数量上虽然办公楼占多数, 但多功能及旅馆用途的高层建筑在逐渐增多, 以适应当今开发商在商业上的需要。

三、国内钢材生产和钢结构制作安装技术概况

1. 钢材质量及规格在不断提高和开发

高层建筑钢结构中的柱子及竖向支撑常需采用大于 40mm 的厚钢板, 而且要求符合 Z 向断面收缩率的规定。目前, 厚钢板的生产质量在逐渐提高, 也已能生产符合断面收缩率要求的厚钢板, 如上海宝山钢铁公司等。

H 型钢的生产供应已处于开发供应阶段。自 1997 年开始, 已有马鞍山钢铁公司、鞍山第一轧钢厂及莱芜钢铁公司等厂家生产 H 型钢。马钢公司可供应的最大截面: 宽翼缘 H 型钢为 400×400mm, 中翼缘 H 型钢为 600×300mm, 窄翼缘 H 型钢为 700×300mm。

前一时国内高层建筑钢结构的钢材主要采用进口钢材。现随着国内厂家的产品开发, 规格增多、价格趋于合理等, 也将使国产钢材采用数量增加。