



高等学校土木工程专业应用创新规划教材

高层建筑结构设计

Structural Design of Tall Building

主 编 陈健云
副主编 刘金云



大连理工大学出版社



图例(CIP)目次

高层建筑结构设计

理工大学出版社, 2011.11

高等学校土木工程专业应用创新教材

ISBN 978-7-5811-6631-4

I. ①高... II. ①陈... III. ①高层—结构设计

高等学校—教材 IV. ①TU973

中国版本图书馆(CIP)数据(2011)第241082号

主 编 陈健云

副主编 刘金云

大连理工大学出版社

地址: 大连市软件园路80号 邮编: 116023

发行: 0411-84708812 邮购: 0411-84708119

E-mail: dlutpress@163.com

行发书册出学



1537080

字印: 14.5万字

版印第1次第1版

幅面尺寸: 185mm×260mm

2011年11月第1版

大连理工大学出版社

责任编辑: 王会玉

元02.14 份 宝

ISBN 978-7-5811-6631-4

1449025



图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构设计 / 陈健云主编. — 大连: 大连理工大学出版社, 2011. 11

高等学校土木工程专业应用创新规划教材

ISBN 978-7-5611-6631-4

I. ①高… II. ①陈… III. ①高层建筑—结构设计—高等学校—教材 IV. ①TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 241085 号

云金版 陈主幅

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dulp@dulp.cn URL: <http://www.dulp.cn>

大连力佳印务有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm

印张:20.75

字数:479 千字

2011 年 11 月第 1 版

2011 年 11 月第 1 次印刷

责任编辑:汪会武

责任校对:齐跃

封面设计:波朗

ISBN 978-7-5611-6631-4

定 价:41.50 元

1440022

前言

近 20 多年来,随着我国经济的迅速发展,高层建筑的发展有如雨后春笋。无论是在高层建筑建造的地域与数量方面,还是在结构的高度与层数、新的结构体系与新材料的应用方面都不断地取得了突破,表明我国高层建筑的设计水平和施工技术发展迅速。为了适应我国高层建筑结构发展的需要,及时补充高层建筑结构研究与应用的新进展、新体系、新技术、新研究方法等内容,解决和丰富广大土木工程专业学生学习高层建筑结构的教材用书,根据高等学校土木工程本科专业“高层建筑结构”课程的教学大纲编写了这本教材,本教材也可作为建筑结构方面工程技术人员的学习和参考用书。

高层建筑结构是土木工程专业中一门十分重要的专业课,具有明确的专业技术规范背景,内容涉及范围广,规范规定和构造较多,其前沿性、思想性、理论性、实践性、专业性都很强。为了实现全面发展学生知识、能力和素质,加强工程综合教育与应用训练,及时把最前沿的典型工程实例、最新科技成果,最新修订的国家标准、行业标准反映到教学中来,根据课程改革和教学改革的指导思想,在多年的本科生“高层建筑结构”教学实践经验和多年研究生科研工作的基础上,编写了这本土木工程专业应用创新型本科教材。其旨在通过本教材的编写,使学生掌握高层建筑混凝土结构设计全过程的各个设计环节,对学科发展和人才培养能起到推动作用。

本教材按“以学生为中心、教师为主体,强化基础、拓宽知识、注重概念,实用与创新并重”的思想进行编写,主要有以下特色:

(1) 教材体系完整。本教材除了传统的钢筋混凝土高层建筑结构设计的内容外,增加了高层建筑结构基础设计、隔震与耗能减震结构设计和计算机软件介绍等内容。

(2) 突出建筑的概念设计,强化基本理论。教材编写注重建筑的概念设计,注重从整体上把握高层建筑结构的设计理论、技术和方法,注重工程实例和工程实践相结合。内容既有总体概念、设计要求的阐述,又有基础理论和方法的严谨推证;既有计算实例,又有典型的工程介绍。

(3) 全面依据最新修订的国家规范和行业规程编写。其中包括:《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《建筑工程抗震设防分类标准》(GB 50223—2008)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2010 修订稿)、《高层建筑箱形与筏形基础设计规范》(JGJ 6—99)等。本教材计算规定、构造要求的相关内容,均结合了上述主要规范或规程条文,并加以条目标注。这样既考虑高校学生就业的需求,又兼顾注册结构工程师考试的相关规定。

(4) 教材内容全面,历史性和现代性相协调。本教材内容既反映了高层建筑结构发展、理论、设计的历史,又反映了高层建筑结构研究与应用的新进展,将高层建筑结构的新体系、新技术、新的研究设计方法等内容添加到教材中。

(5) 为适应启发式教学模式和培养学生主动思考、积极创新的创造性思维能力,每章后面增加了讨论题、思考题等。

本教材主要参编人员均为具有多年教学实践及一定工程设计经验的高校教师,其中大连理工大学陈健云担任主编并编写第1、2章,黑龙江八一农垦大学刘金云任副主编并编写第3、4、5、6章及附录1至附录8,郑州大学王建有和大连理工大学范书立、李静、李建波等为参编人员,并分别编写第7、8、9、10章。整本教材由大连理工大学车轶审核,陈健云定稿。本教材的出版得到了大连理工大学教材出版基金资助、大连理工大学出版社和黑龙江八一农垦大学的大力支持,在此一并表示感谢!

由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,欢迎读者批评指正。

编者

2011年10月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 高层建筑及高层建筑结构的定义	1
1.2 高层建筑结构的特点	2
1.3 高层建筑结构的发展概况	3
1.4 高层建筑结构急需解决的问题	7
思考题	8
第2章 高层建筑结构的概念设计	9
2.1 有利的建筑场地	9
2.2 合理的结构体系	9
2.2.1 框架结构体系(Frame Structural System)	10
2.2.2 剪力墙结构体系(Shearwall Structural System)	11
2.2.3 框架-剪力墙结构体系(Frame-wall Structural System)	12
2.2.4 筒体结构体系(Tube Structural System)	13
2.2.5 各种结构体系适用的最大高度和结构高宽比	14
2.3 结构总体布置原则及变形缝设置原则	16
2.3.1 平面布置原则	16
2.3.2 竖向布置原则	19
2.3.3 变形缝设置原则	21
2.4 合理的楼盖结构	24
2.4.1 楼板的作用	24
2.4.2 结构的整体性	25
2.4.3 楼盖结构分类及构造要求	25
2.5 合适的基础型式	26
2.6 水平位移限值和舒适度要求	28
2.6.1 水平位移限值	28
2.6.2 舒适度要求	29
2.7 对材料的要求	29
2.8 强度、刚度和变形能力的统一	30
2.9 延性要求和抗震等级	30
2.9.1 延性比	30

2.9.2 抗震框架的屈服机制·····	31
2.9.3 强柱弱梁框架·····	32
2.9.4 强墙弱梁剪力墙·····	32
2.9.5 设计延性构件·····	33
2.9.6 抗震等级的划分·····	34
2.9.7 特殊情况下的抗震等级·····	35
2.10 设计多道设防结构-超静定结构和双重抗侧力体系的概念·····	36
2.11 隔震和消能减震·····	37
2.12 非结构构件的要求·····	37
思考题·····	38
第3章 高层建筑结构的荷载与地震作用 ·····	40
3.1 竖向荷载·····	40
3.1.1 永久荷载(Permanent Load)·····	40
3.1.2 楼面、屋面活荷载(Variable Load)·····	41
3.1.3 雪荷载(Snow Load)·····	41
3.1.4 活荷载的不利布置·····	42
3.2 风荷载·····	42
3.2.1 风荷载标准值·····	42
3.2.2 总风荷载及局部风荷载·····	47
3.2.3 风荷载的群楼效应·····	48
3.2.4 抗风设计原则·····	48
3.3 地震作用·····	49
3.3.1 地震作用的特点·····	49
3.3.2 抗震设防目标和抗震设计方法·····	51
3.3.3 地震作用计算的基本原则·····	52
3.3.4 地震影响系数 α ·····	53
3.3.5 水平地震作用的计算·····	54
3.3.6 楼层最小地震剪力·····	58
3.3.7 屋面突出部分的地震作用效应计算(鞭梢效应)(JGJ 3—2010-C.0.3)·····	58
3.3.8 竖向地震作用的计算·····	60
3.3.9 结构自振周期的计算·····	61
3.4 荷载组合的效应和地震作用组合的效应·····	61
3.4.1 荷载组合的效应·····	61
3.4.2 地震作用组合的效应·····	62
3.5 结构简化计算原则·····	63
思考题·····	65

第 4 章 框架结构设计	66
4.1 概 述	66
4.1.1 框架结构的布置	66
4.1.2 框架结构的计算简图	68
4.2 竖向荷载作用下的内力近似计算	69
4.3 水平荷载作用下的近似计算	70
4.3.1 反弯点法	71
4.3.2 水平荷载作用下的 D 值法	73
4.4 水平荷载作用下位移的近似计算	76
4.5 框架结构的内力组合	77
4.6 框架梁的设计	79
4.6.1 框架梁的受力性能	79
4.6.2 框架梁的承载力计算	81
4.6.3 框架梁构造要求	83
4.7 框架柱的设计	86
4.7.1 框架柱的受力性能	86
4.7.2 框架柱的承载力计算	87
4.7.3 框架柱的计算长度	91
4.7.4 框架柱的构造要求	92
4.8 框架节点的设计	96
4.8.1 框架节点的受力性能	96
4.8.2 框架节点核心区的承载力计算	97
4.8.3 框架节点的构造要求	100
思考题	103
第 5 章 剪力墙结构设计	105
5.1 概 述	105
5.1.1 剪力墙结构的结构布置	105
5.1.2 剪力墙的计算简图	107
5.1.3 剪力墙的分类	108
5.1.4 剪力墙的分析方法	109
5.2 整体剪力墙及整体小开口剪力墙	110
5.2.1 整体剪力墙	110
5.2.2 整体小开口剪力墙	111
5.3 联肢剪力墙	114
5.3.1 双肢墙	114
5.3.2 多肢墙	123

5.4 壁式框架	127
5.4.1 壁式框架计算简图	127
5.4.2 壁式框架内力计算	128
5.4.3 壁式框架位移计算	131
5.5 剪力墙结构的分类	131
5.5.1 按整体参数来划分	131
5.5.2 按剪力墙墙肢惯性矩比值来划分	132
5.5.3 剪力墙类型的判别方法	133
5.6 剪力墙的截面设计	134
5.6.1 墙肢正截面抗弯承载力	134
5.6.2 墙肢斜截面抗剪承载力	137
5.6.3 施工缝的抗滑移验算	139
5.7 剪力墙轴压比限值及边缘构件配筋要求	139
5.7.1 轴压比限值	139
5.7.2 边缘构件的设计	140
5.8 剪力墙设计构造要求	143
5.8.1 混凝土强度等级	143
5.8.2 剪力墙截面尺寸	143
5.8.3 剪力墙的分布钢筋要求	144
5.8.4 剪力墙的钢筋锚固和连接要求	145
5.8.5 剪力墙开洞时的构造要求	145
5.9 短肢剪力墙的设计构造要求	145
5.9.1 适用范围	146
5.9.2 加强措施	146
5.9.3 截面高度与厚度之比小于5的小墙肢	147
5.10 连梁截面设计	147
5.10.1 连梁的受力与变形特点	147
5.10.2 连梁的配筋计算	147
5.10.3 连梁的配筋	150
思考题	151
第6章 框架-剪力墙结构设计	152
6.1 概述	152
6.1.1 框架-剪力墙结构的结构布置	152
6.1.2 框架-剪力墙结构中的梁	154
6.1.3 框架-剪力墙结构的计算假定与计算简图	154
6.1.4 框架-剪力墙结构的总剪力墙和总框架刚度计算	155

6.2 框架-剪力墙铰接体系在水平荷载作用下内力和位移的计算	156
6.2.1 基本方程及其解	156
6.2.2 三种水平荷载作用下的计算公式和图表	159
6.3 框架-剪力墙刚接体系在水平荷载作用下内力和位移的计算	166
6.3.1 刚接连梁的梁端约束弯矩系数	166
6.3.2 基本方程及其解	168
6.4 各剪力墙、框架、连梁的内力分配	169
6.4.1 剪力墙内力分配	170
6.4.2 框架梁、柱内力计算	170
6.4.3 刚接连梁墙边内力计算	170
6.5 框架-剪力墙结构协同工作性能	171
6.5.1 侧向位移特征	171
6.5.2 荷载与剪力的分布特征	171
6.6 框架-剪力墙结构构件的截面设计及构造要求	173
6.6.1 框架部分设计的调整	173
6.6.2 截面设计	173
6.6.3 剪力墙的配筋构造要求	174
6.6.4 带边框剪力墙的构造要求	174
思考题	174
第7章 筒体结构设计	175
7.1 筒体结构的布置	175
7.1.1 核心筒结构	175
7.1.2 框筒结构	177
7.1.3 筒中筒结构	178
7.1.4 框架-核心筒结构	178
7.1.5 成束筒结构	178
7.1.6 多重筒结构	179
7.2 侧向力作用下的受力特点	179
7.3 筒体结构的计算方法	180
7.3.1 简化分析方法	180
7.3.2 平面展开矩阵位移法	182
7.3.3 空间杆系-薄壁柱矩阵位移法	184
7.3.4 等效弹性连续体能量法求解	185
7.3.5 有限条分析法	187
7.4 筒体结构的截面设计及构造要求	188
7.4.1 混凝土	188

7.4.2 筒中筒结构	188
7.4.3 框架-核心筒结构	190
思考题	191
第8章 高层建筑结构的基础设计	192
8.1 基础选型	192
8.1.1 基础类型	192
8.1.2 基础的埋置深度	193
8.1.3 高层部分的基础与裙房基础的处理	195
8.1.4 地基承载力和单桩承载力	195
8.2 筏形基础设计	198
8.2.1 筏形基础的形式	198
8.2.2 筏形基础的构造要求	199
8.2.3 筏形基础的偏心距要求(GB 50007—2010-8.4.2)	201
8.2.4 筏形基础的强度验算	202
8.3 箱形基础设计	206
8.3.1 概述	206
8.3.2 箱形基础几何尺寸的确定	207
8.3.3 箱形基础的构造要求	209
8.3.4 箱形基础基底反力计算	210
8.3.5 箱形基础内力计算和基础强度验算	213
8.4 桩基础设计	217
8.4.1 概述	217
8.4.2 钢筋混凝土预制桩	217
8.4.3 灌注桩	218
8.4.4 大直径扩底墩	220
8.4.5 钢 桩	221
8.4.6 桩基承台	222
8.4.7 桩端进入持力层的深度	223
思考题	223
第9章 高层建筑结构中的隔震与消能减震技术	225
9.1 概 述	225
9.2 隔震结构设计	227
9.2.1 结构隔震的原理与隔震结构的特点	227
9.2.2 隔震系统的组成与类型	230
9.2.3 隔震结构的设计要求	232
9.2.4 隔震结构的设计与计算	233

9.2.5 隔震结构的构造措施	238
9.3 消能减震结构设计	240
9.3.1 结构消能减震原理与消能减震结构特点	240
9.3.2 消能减震装置的类型与性能	241
9.3.3 消能减震结构的设计	248
9.4 结构的被动调谐减震控制	250
9.4.1 调谐质量阻尼器(TMD)	250
9.4.2 调谐液体阻尼器(TLD、TLCD)	251
9.5 隔震与消能减震技术的工程应用	252
思考题	253
第 10 章 计算机在高层建筑设计中的应用	254
10.1 概 述	254
10.1.1 矩阵位移法	254
10.1.2 空间协同工作分析法	254
10.1.3 三维空间分析法	254
10.1.4 平面有限单元法	255
10.1.5 时程分析法	255
10.2 常用工程软件简介	256
10.2.1 PKPM 系列工程设计软件	256
10.2.2 ETABS 软件	256
10.2.3 TBSA 软件	257
10.2.4 SAP2000 软件	257
10.2.5 ANSYS 仿真分析软件	257
10.2.6 ADINA 动力非线性有限元分析软件	258
10.3 机算结果产生错误原因	258
10.4 机算结果的正确性分析	259
10.4.1 自振周期分析	259
10.4.2 振型曲线分析	260
10.4.3 地震作用分析	260
10.4.4 水平位移曲线分析	261
10.4.5 内外力平衡条件分析	261
10.4.6 内力与位移渐变规律分析	262
10.4.7 截面设计合理性分析	262
10.5 高层建筑结构程序设计的展望	262
思考题	262

附 录	263
附录 1 风荷载体型系数(JGJ 3—2010-B.0.1)	263
附录 2 规则框架承受均布及倒三角形分布水平力作用时反弯点的高度比	267
附录 3 风荷载例题	272
附录 4 框架结构例题	273
附录 5 剪力墙结构例题	279
附录 6 框架-剪力墙结构例题	295
附录 7 筒体结构的例题	311
附录 8 基础例题	315
参考文献	319

第 1 章

绪 论

登高远眺,接近苍穹自古就带给人们无限遐想,高层建筑的不断发展体现了人类九天揽月的美好愿望。现代高层建筑就是随着社会生产的发展和人们生活的需要而发展起来的,是商业化、工业化和城市化的结果。而科学技术的进步、轻质高强材料的出现以及机械化、电气化、计算机在建筑中的广泛应用等,又为高层建筑的发展提供了物质和技术条件。

1.1 高层建筑及高层建筑结构的定义

建筑物和构筑物统称为建筑(Building)。高层建筑(Tall Building),从字面上是指层数较多,高度较高的建筑。但究竟多少层的建筑或多高的建筑为高层建筑?目前对此尚没有统一规定,从理论上讲应按照结构的受力特性来划分,即按水平作用对建筑物的影响程度来划分。联合国教科文组织下属的世界高层建筑委员会曾于 1972 年在美国宾夕法尼亚州的伯利恒市召开的国际高层建筑会议上专门讨论了这个问题,提出将 9 层及 9 层以上的建筑定义为高层建筑,并建议按建筑的高度将其分为四类:第一类高层建筑:9~16 层(高度不超过 50 m);第二类高层建筑:17~25 层(高度不超过 75 m);第三类高层建筑:26~40 层(高度不超过 100 m);第四类高层建筑:41 层以上(高度超过 100 m 以上,即超高层建筑)。

但是,不同的国家或地区根据其具体情况,综合各自的地理环境、地震烈度、建筑材料、建筑技术、电梯的设置标准以及防火的特殊要求等因素也有自己的规定。如德国将 22 m 以上的建筑物视为高层建筑;英国将 24.3 m 以上的建筑物视为高层建筑;美国将 24.6 m 以上或 7 层以上的建筑物视为高层建筑;法国规定居住建筑高度在 50 m 以上、其他建筑高度 28 m 以上的建筑为高层建筑;日本规定 11 层、31 m 以上的建筑为高层建筑,而 30 层以上的旅馆、办公楼和 20 层以上的住宅为超高层建筑。

在我国,关于高层建筑的界限规定也未完全统一。修订前的行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)规定,10 层及 10 层以上或房屋高度超过 28 m 的钢筋混凝土民用建筑属于高层建筑。国家标准《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)规定:10 层及 10 层以上的住宅建筑和建筑高度大于 24 m 的其他民用建筑(不含单层公共建筑)为

高层建筑;《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—95)(2005 年版)规定,10 层及 10 层以上的居住建筑(包括首层设置商业服务网点的住宅)和建筑高度超过 24 m 的公共建筑为高层建筑。建筑物高度超过 100 m 时,不论住宅建筑或公共建筑,均为超高层建筑。为了协调我国现行有关标准,最新修订的行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010-2.1.1)规定,10 层及 10 层以上或房屋高度大于 28 m 的住宅建筑和房屋高度大于 24 m 的其他高层民用建筑属于高层建筑。这里的建筑高度(Building Height)是指建筑物室外地面到其檐口或屋面板板顶的高度,屋顶上的瞭望塔、水箱间、电梯机房、排烟机房和出屋面的楼梯间等均不计入建筑高度和层数内。

建筑结构(Building Structure)是在建筑中,由若干构件,即组成结构的单元如梁、板、柱等,连接而构成的能承受作用(或称荷载)的平面或空间体系。建筑结构因所用的建筑材料不同,可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构、轻型钢结构、木结构和组合结构等。所以高层建筑结构(Tall Building Structure)则是在高层建筑中,由若干构件,即组成结构的单元如梁、柱、墙、楼板等,连接而构成的能承受作用(或荷载)的平面或空间结构形式或体系,多见于各种居民住宅、办公楼、旅馆、商贸中心、多功能综合大厦等高层建筑中。

1.2 高层建筑结构的特点

高层建筑结构需同时承受竖向和水平的荷载或作用。与低层建筑结构不同的是,水平荷载或作用(风荷载和地震作用)对高层建筑结构分析和设计起重要作用,特别是对超高层建筑起主要作用。图 1-1 给出了建筑物高度与荷载效应的关系。由图可见,建筑高度的增大,除了使结构内力明显加大外,侧向位移增加更快。因此高层建筑的结构分析和设计要比一般的中低层建筑复杂得多。高层建筑不仅需要较大的承载力,而且需要较大的刚度,从而将水平荷载产生的侧向变形限制在一定范围内,以满足有关规范的要求。

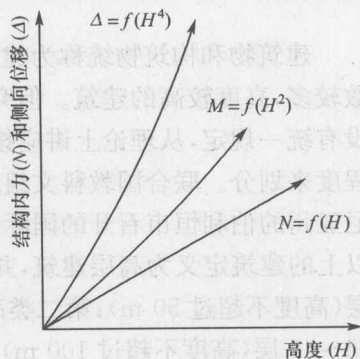


图 1-1 建筑高度对结构内力、侧向位移的影响

除了上述的结构受力特点以外,高层建筑结构还具有建筑功能上的特点。设计精美的高层建筑犹如艺术品,成为城市的一道道绚丽景观;同时又是时代跳动的脉搏。高层建筑占地面积小,可以部分解决城市用地紧张和地价高涨的问题;能够获得更多的空闲地面,以作为绿化和休息场地,并能带来更充足的日照、采光和通风效果。高层建筑向高空延伸,可以缩小城市的平面规模,缩短城市道路和各种公共管线的长度,从而节省城市建设与管理的投资。当然,大量的高层建筑的建设,也会给社会带来不利的影响,高层建筑太多、太密集也会给城市带来热岛效应。玻璃幕墙过多的高层建筑群还可能造成光污染现象。人口的过分密集有时也会造成交通拥挤、出行困难等问题。高层建筑中的竖向交通一般由电梯来完成,这样就会增加建筑物的造价,从建筑防火的角度看,高层建筑的防火要求要高于中低层,也会增加高层建筑的工程造价和运行成本。

综合高层建筑的上述特点,与低层建筑不同,高层建筑结构在强度、刚度和延性三方面要满足更多的设计要求。抗侧力结构的设计成为高层建筑结构设计的关键。

1.3 高层建筑结构的发展概况

可以说,城市中的高层建筑是反映这个城市经济繁荣和社会进步的重要标志,当人们谈起举世闻名的摩天大厦时,往往和芝加哥、纽约这样的国际大都市联系在一起,足以说明高层建筑对城市社会形象的贡献。而高层建筑的结构体系是随社会生产的发展和科学技术的进步而不断发展的,但高层建筑何时开始出现尚无考究。

我国高层建筑有着悠久历史,在古代就建造过不少高层建筑——塔,大都采用木结构或砖结构,如建于公元1056年,67.31 m高的至今保存最古最大的木塔——山西省应县内佛宫寺的释迦塔(图1-2),充分显示我国古代的建筑技术。但就近代高层建筑而言,在相当长的一段时间内,我国的发展是缓慢的。我国自行建造高层建筑是从20世纪50年代开始的。50年代中期建造了几幢8~10层的砖混结构住宅和旅馆。1959年北京建成了几幢钢筋混凝土高层公共建筑,如民族宾馆(12层,47.7 m,图1-3)、民航大楼(15层,60.8 m)。60年代,我国建成了广州宾馆(27层,88 m)。70年代,北京、上海建成了一批剪力墙结构住宅(12~16层)。1974年建成了北京饭店(19层,87.15 m),使我国地震区高层建筑突破了80 m。1975年,广州建成了白云宾馆(33层,114.05 m,图1-4),标志着我国高层建筑开始突破100 m。80年代是我国高层建筑发展的兴盛时期。北京、广州、深圳、上海等30多个大中城市建造了一批高层建筑。进入90年代,随着我国经济实力的增强和城市建设的快速发展,高层建筑得到了前所未有的发展,各种新型的结构体系在高层建筑工程中得到了广泛的应用,高层建筑的规模 and 高度不断地突破。据不完全统计,我国目前已建成的和在建的高度超过150 m的高层建筑已超过100多幢,超过200 m的高层建筑已达20多幢。

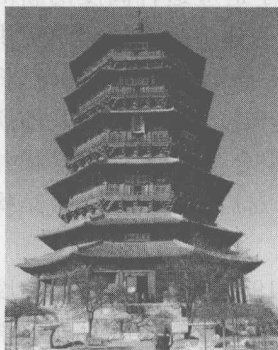


图1-2 释迦塔



图1-3 民族宾馆



图1-4 白云宾馆

在国外,高层建筑的发展则有110多年的历史,而最近40多年的发展较快。世界上第一幢近代高层建筑是美国芝加哥的家庭保险大楼(图1-5),该楼共10层,高55 m,建于1885年,采用铁柱和砖墙作为结构体系。此后10年中,在芝加哥和纽约相继建成了30幢类似的高层建筑。1895年奥提斯(Otis)安全电梯首次在纽约某16层宾馆应用。19世

纪末各种型钢有很大发展,1889年巴黎埃菲尔铁塔(图1-6)建成,所有这些,特别是钢结构与电梯相结合,对高层建筑的发展有很大的推动作用。20世纪30年代出现了高层建筑发展的第一个高潮。1931年建成的纽约帝国大厦(图1-7),102层,高381m,保持了世界最高建筑纪录达41年之久。该建筑在结构体系上采用框架支撑体系,在电梯井纵横方向设置了支撑,连接采用铆接,在钢框中填充了墙体以共同承受侧向力。



图 1-5 芝加哥家庭保险大楼

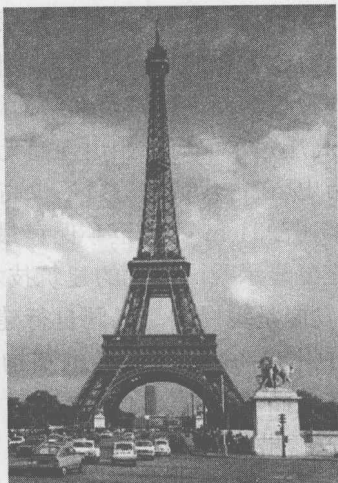


图 1-6 巴黎埃菲尔铁塔



图 1-7 纽约帝国大厦

第二次世界大战使高层建筑的发展几乎处于停顿状态,直到20世纪50年代,又开始了新的发展。战后焊接在钢结构制造中的推广和50年代高强螺栓的进一步应用,使60年代以来钢结构的加工既可以在工厂焊接制造,也可以在现场螺栓安装。美国在20世纪60年代末和70年代初建成的415m和417m高的纽约世界贸易中心双塔楼(图1-8)、443m高的芝加哥西尔斯大厦(图1-9)和344m高的芝加哥汉考克大厦(图1-10)等一批100层以上的超高层建筑,是这个时期最有代表性的建筑物,它们至今仍位于世界上少数最高的建筑物之列。这些建筑能达到如此高度,主要是因为采用了适应这种高度的新的结构体系,即60年代美国人坎思(Fazler Khan)提出的框筒体系,为建造超高层建筑提供了理想的结构形式。从这种体系衍生出来的筒中筒、多束筒和斜撑筒等体系各有特色,将高层建筑的发展推向了新阶段。纽约世界贸易中心双塔楼在规模和技术上的创新是前所未有的。该工程首次进行了模型风洞试验,首次采用了压型钢板组合楼板,首次在楼梯井道采用了轻质防火隔墙,首次用黏弹性阻尼器减轻风振动效应等,对后来的高层建筑结构的设计和建造都具有重要的参考价值。

高层建筑结构的抗震研究,导致地震活动比较频繁的日本在1963年取消了房屋高度不得超过31m的限制,使日本的高层建筑得到了发展的空间。美国早在1957年就取消了地震区高层建筑不得超过13层的限制,推动了地震区高层建筑的发展。

钢筋混凝土高层建筑是在20世纪初出现的。世界上第一幢钢筋混凝土高层建筑是1903年建成的美国辛辛那提市的英格尔斯(Ingalls)大楼,16层,高64m。钢筋混凝土高层建筑的结构体系和高层钢结构类似。它的发展也经历了由低到高的过程,目前已出现了高度超过300m的钢筋混凝土结构高层建筑。由于高性能混凝土材料的发展和施工