

高层建筑结构设计

● 王祖华 蔡健 徐进 编著

土

木

工

程

系

列

教

材

华南理工大学出版社

土木工程系列教材

高层建筑结构设计

王祖华 蔡 健 徐 进 编著

华南理工大学出版社
·广州·

内 容 简 介

本书为土木工程系列教材之一，全书共 13 章，内容包括：高层混凝土建筑结构体系与布置、高层建筑的荷载与地震作用、高层建筑设计要求与计算原则、框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、筒体结构、高级高层建筑结构、混合结构、结构扭转计算、高层建筑结构分析与设计计算机方法的应用。

本书供土木工程专业本科生作为专业课以及结构工程专业硕士研究生作为相关课程的教材，并可供有关专业技术工作者参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

高层建筑结构设计/王祖华, 蔡健, 徐进编著. —广州: 华南理工大学出版社, 2008.1

(土木工程系列教材)

ISBN 978-7-5623-2611-3

I. 高... II. ①王... ②蔡... ③徐... III. 高层建筑-结构设计-高等学校-教材
IV. TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 086366 号

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

营销部电话: 020-87113487 87110964 87111048 (传真)

E-mail: scutc13@scut.edu.cn

http://www.scutpress.com.cn

责任编辑: 赖淑华 林炳清

印刷者: 湛江日报社印刷厂

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 23.5 字数: 587 千

版次: 2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1~3000 册

定 价: 39.00 元

前 言

现代土木工程分为各有侧重的两大分支:房屋与构筑物工程,铁路、公路、桥梁与港口工程。本书主要讲述前一分支中的高层混凝土建筑结构。

全书的内容包括:绪论;第1章高层钢筋混凝土建筑结构体系与布置;第2章高层建筑的荷载与地震作用;第3章高层建筑设计要求与计算原则;第4~6章框架结构;第7~9章剪力墙结构;第10章框架-剪力墙结构;第11章高级高层建筑结构,其中包括筒体结构、高级高层建筑结构、混合结构;第12章结构扭转计算;第13章高层建筑结构分析与设计计算机方法的应用。

本书系华南理工大学出版社组织出版的“土木工程系列教材”之一,供土木工程专业本科生的专业必修课以及结构工程专业硕士研究生的相关课程使用,也可供专业技术工作者参考。

学习本书之前,读者应具备必要的基础理论及相关专业知识,包括:土木工程荷载及设计方法、混凝土结构理论、混凝土结构设计、基础工程、土木工程防灾减灾、结构分析的计算机方法等,详见本系列教材的其他教科书,或本书末所列的有关教材。

本科生采用本书教学时,有关的教学内容主要是:(1)第1~3章,即高层建筑结构分析与设计的基础理论、设计原理和国家标准规范要求,但其中部分的深层次内容(见以下关于硕士生的教学内容)只讲概念。(2)常见的高层建筑结构分析与设计,包括框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构,即第4~10章。(3)第11~13章的内容只讲基本概念。此外,附录3是一个框架结构设计实例,可以讲其局部,也可以在有关课程设计时参考。

硕士生采用本书教学时,有关的教学内容主要是:(1)高级高层建筑结构、结构扭转计算、高层建筑结构分析与设计计算机方法的应用,即第11~13章。(2)第10章的部分内容及以前的深层次内容,包括:地震作用效应计算需要考虑弯扭耦联振动影响的振型分解反应谱法——完全二次型组合法(CQC法)及附录1;地震作用效应计算的弹性时程分析法和关于静力弹塑性的推覆(push-over)法;高层建筑结构的自振周期和振型计算及附录2;(3)视情况适当补充一些内容,如型钢混凝土和钢管混凝土构件的计算。

本书的内容符合JGJ3—2002及J186—2002《高层建筑混凝土结构技术规程》、GB50009—2001《建筑结构荷载规范》、GB50010—2002《混凝土结构设计规范》、GB50011—2001《建筑抗震设计规范》等现行国家标准规范及行业标准。

在编著过程中,本书编者参阅了许多学者的著作,并采纳了其中的一些成果,特此表示衷心的感谢。

编著者

2007年4月

编辑委员会

顾 问：

容柏生 (工程院院士、设计大师,广东省建筑设计研究院总工程师、高工)
何镜堂 (工程院院士、设计大师,华南理工大学教授、博导)
方秦汉 (工程院院士,华中科技大学教授、博导)
曾庆元 (工程院院士,长沙铁道学院教授、博导)
陈宗弼 (设计大师、高工,广东省建筑设计研究院副总工程师)
陈家辉 (高工,广东省建筑工程总公司总工程师)
江见鲸 (清华大学教授、博导,全国土木工程专业教学指导委员会副主任)
蒋永生 (东南大学教授、博导,全国土木工程专业教学指导委员会副主任)
沈蒲生 (湖南大学教授、博导,全国土木工程专业教学指导委员会委员)
钟善桐 (哈尔滨工业大学教授、博导)
吴仁培 (华南理工大学教授)
姚玲森 (同济大学教授)
秦 荣 (广西大学教授、博导)
叶国铮 (广州大学教授)
卢 谦 (清华大学教授)

主 任：蔡 健

副主任：卫 军 张学文

委 员：(以姓氏笔划为序)

于 布	文鸿雁	王元汉	王仕统	王 勇	王祖华
邓志恒	叶伟年	叶作楷	刘玉珠	李汝庚	李丽娟
李惠强	杨小平	杨昭茂	杨 锐	张中权	张 原
吴瑞麟	陈存恩	陈雅福	陈超核	罗旗帜	周 云
金仁和	金康宁	资建民	徐礼华	梁启智	梁昌俊
覃 辉	谭宇胜	裴 刚	熊光晶		

策划编辑：赖淑华 杨昭茂

项目执行：赖淑华

目 录

绪 论	1
0.1 概述	1
0.2 高层建筑结构的发展与展望	1
0.3 学习本课程的目的和要求	5
第 1 章 高层钢筋混凝土建筑结构体系与布置	6
1.1 高层钢筋混凝土建筑结构的体系及选择	6
1.2 结构布置	12
1.3 伸缩缝、沉降缝和防震缝	15
思考题	20
第 2 章 高层建筑的荷载与地震作用	22
2.1 竖向荷载	22
2.2 风荷载	23
2.3 水平地震作用	26
2.4 底部剪力法	30
2.5 振型分解反应谱法	30
2.6 时程分析法	33
2.7 塔楼的水平地震作用	35
2.8 竖向地震作用的概念	37
2.9 结构的自振周期和振型	38
2.10 地震作用计算时偶然偏心的影响和楼层水平地震剪力系数（或剪重比） 的最小值	42
2.11 荷载效应和地震作用效应的组合	43
思考题	44
第 3 章 高层建筑结构设计要求与计算原则	45
3.1 多高层建筑设计要求	45
3.2 多高层建筑结构计算的一般原则与简化假定	51
3.3 多高层建筑结构的抗震等级	54
思考题	55
第 4 章 框架结构体系、布置与计算简图	57
4.1 柱网及层高	57
4.2 框架承重体系	60
4.3 框架结构的施工方法	61
4.4 装配式和装配整体式框架的构件划分	61
4.5 装配式和装配整体式框架结构节点刚性的选择	62

4.6	构件形式.....	62
4.7	框架计算简图.....	64
	思考题	65
第5章	框架结构内力与位移计算	66
5.1	竖向荷载作用下内力的近似计算——分层法.....	66
5.2	水平荷载作用下的内力近似计算（一）——反弯点法.....	71
5.3	水平荷载作用下的内力近似计算（二）—— D 值法（改进反弯点法）	75
5.4	水平荷载作用下水平位移近似计算.....	87
	思考题	93
	习 题	93
第6章	框架结构截面设计与构造要求	95
6.1	框架结构的设计步骤.....	95
6.2	水平力分配.....	98
6.3	内力组合及最不利内力.....	98
6.4	框架梁设计	107
6.5	框架柱设计	110
6.6	框架非抗震节点设计	118
6.7	框架抗震节点设计	123
6.8	叠合梁	127
6.9	罕遇地震作用下结构薄弱层弹塑性变形验算	128
	思考题.....	134
	习 题.....	134
第7章	剪力墙结构体系与布置.....	135
7.1	剪力墙结构体系	135
7.2	剪力墙的分类	138
7.3	剪力墙的布置	139
7.4	楼盖梁布置与剪力墙和连梁的关系	141
7.5	剪力墙底部加强部位	142
7.6	剪力墙结构方案初估	143
	思考题.....	144
第8章	剪力墙的内力及位移计算.....	145
8.1	剪力墙计算方法	145
8.2	剪力墙按整体性的分类	147
8.3	整截面剪力墙的内力及位移计算	154
8.4	整体小开口墙的内力及位移计算	156
8.5	双肢墙的内力及位移计算	158
8.6	多肢墙计算	172
8.7	独立墙肢和小墙肢计算	175
8.8	壁式框架的内力及位移计算	176

思考题.....	179
习 题.....	179
第 9 章 剪力墙结构与墙体的稳定.....	181
9.1 剪力墙结构设计	181
9.2 连梁设计计算	191
9.3 剪力墙与连梁的构造要求	194
9.4 底层大空间剪力墙结构和短肢剪力墙结构	203
思考题.....	207
第 10 章 框架-剪力墙结构.....	209
10.1 框架-剪力墙结构的形式与布置	209
10.2 框架-剪力墙结构协同工作计算原理	214
10.3 铰结体系协同工作计算.....	218
10.4 刚结体系协同工作计算.....	223
10.5 刚度特征值 λ 对框架-剪力墙结构受力、位移特性的影响	227
10.6 剪力墙、框架和连梁的内力计算.....	228
10.7 自振周期.....	230
10.8 框架-剪力墙结构设计	231
思考题.....	247
习 题.....	248
第 11 章 高级高层建筑结构	250
11.1 高级高层建筑结构特征.....	250
11.2 筒体结构概述.....	250
11.3 框架-核心筒结构	253
11.4 筒中筒结构.....	255
11.5 筒体结构的楼盖.....	260
11.6 筒体结构计算.....	261
11.7 复杂高层建筑结构概述.....	268
11.8 带转换层高层建筑结构设计	269
11.9 带加强层高层建筑结构设计.....	272
11.10 钢-混凝土混合结构型式与特性.....	279
11.11 钢-混凝土混合结构设计计算.....	281
11.12 钢-混凝土混合结构高层建筑实例.....	285
11.13 巨型翼柱-核心筒体系超高层结构.....	289
思考题.....	292
习 题.....	293
第 12 章 结构扭转计算	294
12.1 结构扭转.....	294
12.2 考虑扭转作用墙、柱的剪力修正 (近似法)	297
12.3 结构扭转耦联振动 (计算机方法)	300

12.4 扭转耦联振动的特性.....	305
思考题.....	305
习 题.....	306
第 13 章 高层建筑结构分析与设计计算机方法的应用	307
13.1 高层建筑结构的分析方法和计算原则.....	307
13.2 高层建筑结构分析的三维空间模型.....	307
13.3 平面结构空间协同工作模型.....	314
13.4 剪力墙平面有限元分析模型.....	314
13.5 软件的结构设计及施工图生成功能.....	317
13.6 结构分析与设计软件的操作要点.....	318
13.7 高层混凝土结构分析模型及分析与设计软件的选择.....	319
思考题.....	320
附 录.....	321
附录 1 考虑扭转耦联振动影响的地震作用效应组合 (CQC 法)	321
附录 2 结构自振周期和振型计算	323
附录 3 九层综合楼框架结构设计	342
附录 4 框架-剪力墙结构位移与内力计算曲线	357
参考文献.....	362

绪 论

0.1 概 述

高层钢筋混凝土建筑结构是民用建筑中广泛应用的一种结构类型。我国 JGJ3—2002/J186—2002《高层建筑混凝土结构技术规程》(以后简称《高规》)把 10 层及 10 层以上或房屋高度超过 28 m 的民用建筑界定为高层建筑结构。并指出,对于房屋层数少于 10 层或房屋高度小于 28 m 但接近 10 层或 28 m 的民用建筑,也可以按《高规》进行结构设计。比上述建筑更低的建筑结构属于多层建筑结构。国际上,许多国家和地区对高层建筑的界定也多在 10 层以上。

高层建筑在我国大、中城市的应用日益增多,其应用范围包括:高层住宅,高层旅馆,高层办公商贸楼,广播、电视、图书等多功能综合大厦;甚至某些厂房和仓库也有应用。这是因为高层建筑以其高耸挺拔的体量,在适当的布局下,能给人以深刻的印象,给城市的造型与风貌增添色彩。从合理改造城市,解决城市人口大幅度增长,充分利用土地的角度来讲,高层建筑是解决这些实际问题的一个重要途径。

但是,高层建筑随着高度的增加,它的工程技术问题、建筑艺术问题、投资经济问题以及社会效益,对城市地区的影响以及给人们心理影响等问题在发展的实践中也不断受到考验和评价。例如,由于高度大、房屋自重重大,在风和地震作用下变形大,为了安全导致了造价增高,还增加了电梯、消防、防雷等附属设备以及施工复杂性,等等。高层建筑还容易受到敌对武力的破坏。然而,随着社会经济的发展,科学技术的不断进步,设计理论的不提高以及电子计算机的广泛应用,为高层建筑的发展创造了有利条件,预计高层建筑今后将会以更快的速度发展。

0.2 高层建筑结构的发展与展望

世界上第一幢近代高层建筑是美国芝加哥家庭保险(Home Insurance)公司大楼,10 层,高 55 m,建于 1884—1886 年。该大楼的承重结构采用了铸铁框架,标志着一种区别于传统砌体结构的新结构体系的诞生。

高层建筑是近代经济发展和科学技术进步的产物,至今已有 100 余年的历史。多年来,世界上最高的高层建筑集中在美国和加拿大,直到 20 世纪 80 年代末,北美洲是世界高层建筑的中心。1991 年有关的统计资料表明,在世界上最高的 100 座高层建筑中,美国占了 78 座,加拿大 5 座,墨西哥 1 座,即北美洲占了 84%。其中最高的是美国芝加哥的西尔斯大厦(Sears Tower,图 0-1),1974 年建成,110 层,高 442 m,办公用。其次

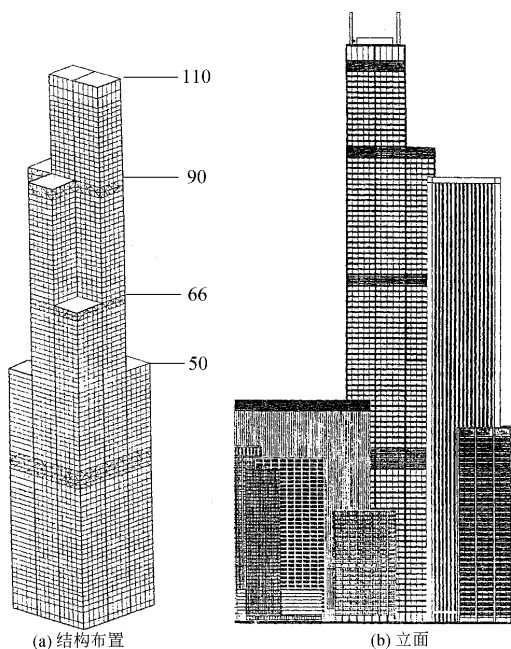


图 0-1 美国芝加哥西尔斯大厦
(110 层, 高 442 m)

是美国纽约的世界贸易中心 (World Trade Center, 图 0-2), 有南、北两塔, 分别于 1973 和 1972 年建成, 110 层, 高分别为 415 m 和 417 m。此姐妹楼已在“9.11”恐怖袭击事件中被破坏。这几座建筑都是采用钢结构。1988 年, 我国香港建成中国银行大厦 (Bank of China Tower, 图 0-5), 72 层, 高 369 m, 钢-混凝土混合结构。1990 年美国芝加哥建成南威克大街 311 号大厦 (311 South Waker Drive), 65 层, 高 296 m, 混凝土结构。

进入 20 世纪 90 年代, 情况有所变化。沿太平洋西岸, 即沿中国、日本、朝鲜、韩国及新加坡这一环形地带, 建成了一大批 200 m 以上的高层建筑, 而一般的高层建筑 (80~150 m) 更是大量兴建。因为 20 世纪 90 年代, 这一地区是世界经济发展最快的地区之一。例如, 我国香港的中环广场 (Central Plaza) 1992 年建成, 78 层, 高 375 m, 钢筋混凝土结构。日本横滨的标志大楼 (Landmark Tower), 1993 年建成, 73 层, 高 296 m, 钢结构。

我国台北的长谷世贸联合大厦, 51 层, 高 244 m, 钢结构。1995 年朝鲜平壤的平壤饭店 (Pyongyang Hotel), 105 层, 高 300 m, 混凝土结构。1992 年建成的广州广东国际大厦 (图 0-7), 63 层, 高 199 m, 混凝土结构。1996 年深圳建成的地王大厦 (图 0-6) 81 层, 高 325 m, 为钢-混凝土混合结构。自 20 世纪 90 年代至今, 随着这一地区经济的持续发展, 更高的高层建筑不断涌现。1999 年在上海建成的金茂大厦, 88 层, 高 421 m, 巨型翼柱-核心筒体系 (图 11-37), 为钢-混凝土混合结构。1988 年在马来西亚吉隆坡

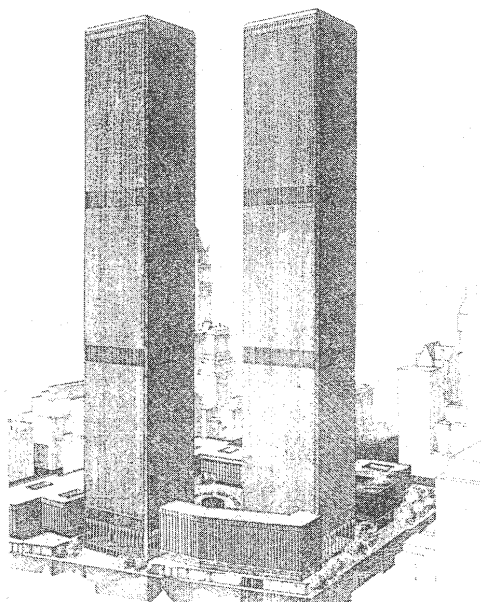


图 0-2 美国纽约世界贸易中心
(110 层, 高 417 m)

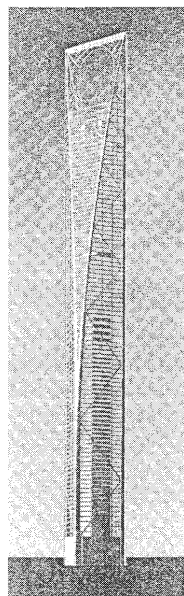


图 0-3 上海环球金融中心大厦
(95 层, 高 460 m)

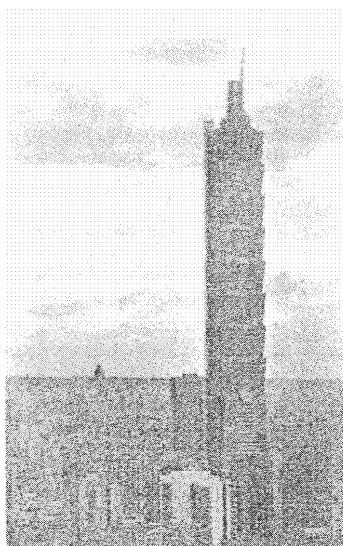


图 0-4 台北 101 大厦
(101 层, 高 508 m)

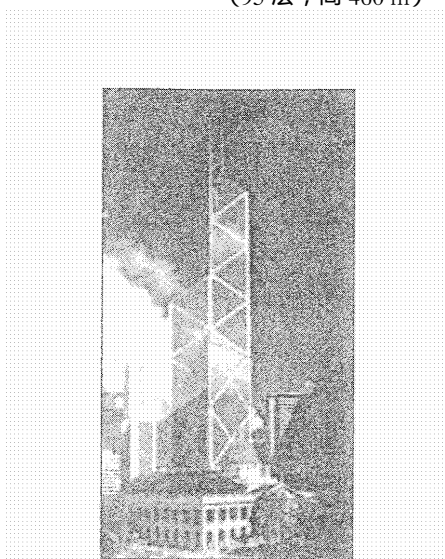


图 0-5 香港中国银行大厦
(72 层, 高 368 m)

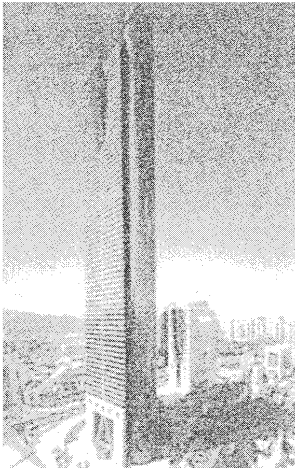


图 0-6 深圳地王大厦
(81 层, 高 325 m)

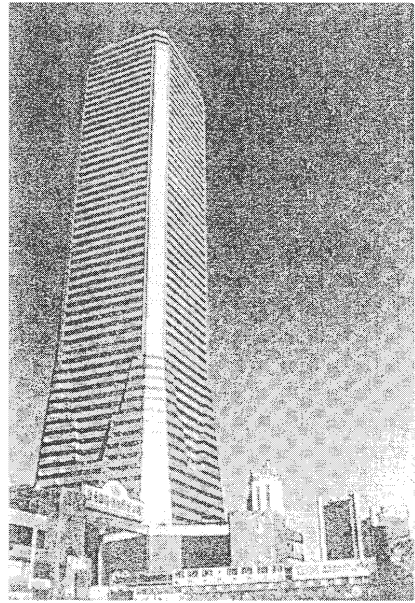


图 0-7 广州广东国际大厦
(63 层, 高 199 m)

建成的彼德洛纳斯大厦 (Petronas Tower), 也称石油大厦, 双塔, 95 层, 高 450 m, 也是巨型翼柱-核心筒体系, 钢-混凝土混合结构。正在建设的上海浦东环球金融中心大厦 (图 0-3), 95 层, 高 460 m, 建成后是世界第二高楼。2004 年在我国台湾建成了台北 101 大厦 (图 0-4), 101 层, 高 508 m, 是目前世界第一高楼。此外, 1996 年在广州建成的中信广场, 80 层, 高 322 m, 是钢筋混凝土结构的世界最高建筑。

我国大陆的高层建筑起步较晚, 主要是在 20 世纪 80 年代随着改革开放步伐迅速发展起来的。早在 1959 年, 北京已建成 14 层民族饭店、18 层民航大楼, 后来广州在 1968 年建成 27 层广州宾馆, 分别是最早和最高的高层建筑。20 世纪 80 年代以后我国大陆高层建筑发展迅速。截至 1998 年, 在北京、上海、广州、深圳、青岛、武汉、南京、大连、济南、郑州、长沙、重庆、沈阳、天津、成都、厦门等大中城市中建成的 35 层~88 层、高 150~420 m 的高层建筑就达 100 座, 1999—2004 年又竣工了 35 座。这些建筑的结构类型多为框架-筒体、框架-剪力墙和筒中筒等结构; 材料方面, 多应用混凝土结构、钢-混凝土混合结构和钢结构, 其中包含组合结构 (型钢混凝土和钢管混凝土)。由此可见, 无论在应用的范围上、数量上以及建筑的高度上我国都已走在了世界高层建筑的前列。

展望未来, 世界高层建筑的发展趋势是:

(1) 高层混合结构和钢筋混凝土结构的发展速度超过高层钢结构。

(2) 高层建筑高度突破 500 m, 并向更高的高度发展。如上述的我国台北 101 大厦已经突破 500 m。此外, 美国、法国都设计了高度达 516 m 和 800 m 的建筑, 日本甚至推出

高度达 1000 m 的“空中城市”概念设计。

(3) 亚洲、中国的高层建筑发展迅速。国际高层建筑与城市住宅委员会 (CTBUH) 于 2002 年统计, 世界上最高的 100 座建筑中, 美国有 48 座; 亚洲有 44 座, 其中中国占 24 座 (包括香港 5 座, 台湾 2 座)。在 100 座最高建筑的前 10 名中, 亚洲占 8 座。

(4) 涌现出了新的设计概念和新的结构形式。包括巨型结构、蒙皮结构、带加强层结构, 设置制振机构等。

0.3 学习本课程的目的和要求

对于本科生, 学习本课程的目的旨在培养自己具有较强的高层建筑混凝土结构工程分析与设计的能力, 并初步积累相关的工程设计经验, 为毕业后短期年内能独立设计 20 层左右的高层建筑结构, 以及经过若干年以后能逐渐地设计更高、更复杂的高层建筑结构打下坚实的基础。为此, 在学习过程中要求熟练地掌握以下几个方面:

- (1) 高层建筑的结构体系及其应用;
- (2) 高层建筑荷载与地震作用;
- (3) 框架结构、剪力墙结构和框架-剪力墙结构的工程近似分析方法 (包括内力与位移计算);
- (4) 结构构造要求和截面设计;
- (5) 结构的扭转分析。

此外, 还要求通过本课程的学习、毕业设计及其他相关课程的学习, 培养自己在下列方面有较强的能力: 结构分析与设计 (包括绘图) 应用计算机方法; 筒体结构设计的基础知识。

对于硕士研究生, 学习的目的是: 毕业后具有设计 20~30 层高层建筑结构的基本能力。为此, 在学习过程中, 要求:

- (1) 深化上述本科生的基础和理论知识;
- (2) 掌握高级高层建筑结构的设计原理与方法, 包括: 筒体结构、复杂高层建筑结构和混合结构等;
- (3) 正确应用高层建筑结构分析与设计的计算机方法;
- (4) 通过参加工程实践积累工程设计经验。

第 1 章 高层钢筋混凝土建筑结构体系与布置

1.1 高层钢筋混凝土建筑结构的体系及选择

1.1.1 常用的高层建筑结构体系

国内常用的钢筋混凝土高层建筑结构体系有：

1. 框架结构(图 1-1a)

以梁、柱等线形杆件组成的骨架作为主要抵抗外荷载的结构即为框架结构。框架结构布置灵活、使用方便,适应于非地震区的多层和层数不多的高层建筑。在地震区有时也采用,但其抗震能力相对较低,刚度较小;当采用砌体作隔墙时,墙体在地震中容易破坏。

2. 剪力墙结构(图 1-1c)

剪力墙结构是由纵向和横向钢筋混凝土墙体组成的抗侧力体系。剪力墙结构刚度大,空间整体性好,用钢量较省,还可以避免在室内露出梁柱,便于房间使用。但在剪力墙结构内难以布置大房间,使用不是十分灵活,只适用于高层住宅和旅馆。剪力墙结构的抗震性能很好,所以剪力墙又称“抗震墙”。还应当指出,由于剪力墙除承担水平剪力以外还承担竖向荷载,在国外也把它称为“结构墙”。

3. 框架-剪力墙结构(图 1-1b)

在框架结构中适当布置剪力墙即组成框架-剪力墙结构。这种结构既具有框架结构在使用上的灵活性,又具有较强的抗震能力和较好刚度,因而在公共建筑和旅馆建筑中得到了广泛的应用。

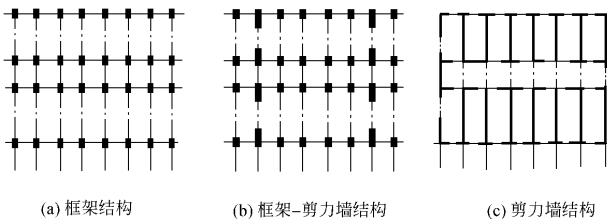


图 1-1 高层建筑结构体系

4. 筒体结构(图 11-1)

随着房屋楼层数、高度的增加和抗震设防要求的提高,上述基于平面工作状态的框架、剪力墙所组成的高层建筑结构体系便不能满足要求了。在这种情况下,应使剪力墙构成空

间薄壁筒体,成为竖向悬壁箱形梁,或使框架的柱子密集,梁的刚度加强,成为框筒。以一个或多个筒体作为主要抵抗水平力的结构称为筒体结构。筒体结构更具体的介绍详见第 11 章。

以上 4 种结构体系是目前国内的高层建筑常用的结构体系。

在应用框架结构的基础上,又发展了下列两种结构体系:

1. 板柱-剪力墙结构

在这种体系内,楼板是无梁板。由于板柱框架比梁柱框架更柔,必须在两个主轴方向布置剪力墙,这就是板柱-剪力墙结构。

2. 巨型结构

如图 1-2 所示,由若干巨柱(大截面或箱形截面)和巨梁(每隔若干个楼层设置一根,截面有一至二层楼高)或转换层大梁组成第一级结构,承受主要的水平和竖向荷载,普通的楼层梁柱为第二级结构,主要将楼面重量以及承受的水平力传递到第一级结构上去。故此,这种结构又叫多重结构体系。例如深圳的亚洲大酒店和新华大厦即采用这种结构。

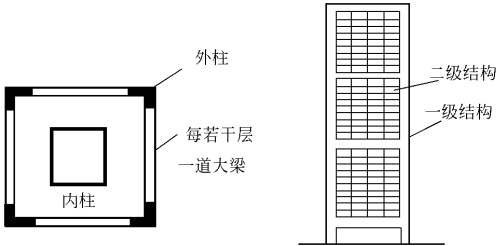


图 1-2 巨型结构

1.1.2 复杂高层建筑结构体系与混合结构体系

复杂高层建筑结构体系是一些功能更广泛,相应地结构更复杂的体系。它包含以下几种:

1. 带转换层结构

多功能的高层建筑,往往需要沿建筑物的竖向划分为不同用途的区段,诸如:底部用于商业、大空间的厅堂、交通通道,上部楼层为酒店客房、住宅;下部楼层用于办公,上部楼层为酒店需要布置大空间的厅堂、大开间的客房等。这些建筑的竖向结构构件往往不能上下连续,需要设置转换层,通过转换层实现上、下竖向构件的过渡。有些高层建筑通过转换层来实现建筑造型沿竖向的收进和外挑,或实现斜柱与直柱的转换。图 1-3 为带转换层结构的若干示意。带转换层结构属于竖向刚度突变及竖向构件不连续的不规则结构体系,该体系应有足够的上、下连续的落地剪力墙或筒体。图 1-3a、b、c、d 未全部示出落地剪力墙或落地筒体。

2. 连体结构

两幢或几幢高层建筑之间由架空连接体相互连接,以满足建筑造型及使用功能的要求。连接体的跨度有几米长,也有几十米长,连接体沿建筑物竖向有布置一个的,也有布置几个的,连接体与高层建筑主体结构的连接一般为刚性连接,有些架空连廊可做成滑动连接。有

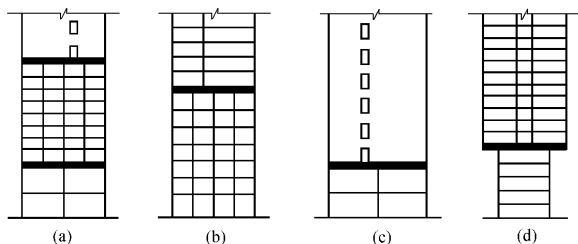


图 1-3 带转换层结构示意图

的建筑其立面开大洞与连体结构相类似。图 1-4 为连体结构的若干示意。连体结构竖向刚度突变，结构扭转效应较大，且竖向与水平地震组合作用对连接体及其附近主体结构有不利影响。

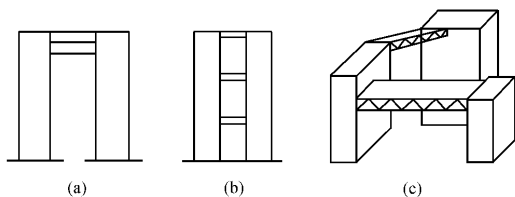


图 1-4 连体结构示意图

3. 竖向收进和悬挑结构

因建筑造型和功能的需要，高层建筑沿竖向收进的情况是经常出现的，悬挑结构比较少。这类复杂结构体系竖向刚度突变，高振型影响较大；悬挑结构还受竖向地震作用的影响，且对高层建筑主体部分会附加较大的倾覆力矩。

4. 带加强层结构

高层建筑框架-核心筒或巨型外框-内筒结构中，有时需要布置若干个加强层，以提高整体结构侧向刚度，使其满足设计要求。带加强层结构体系对抗风是十分有效的，但是在加强层及其附近楼层，结构的刚度和内力均发生突变，对抗震不利。在确定加强层结构方案时，需重点研究加强层的数量、伸臂结构形式和刚度以及周边带状桁架的设置等问题。

图 1-5 为几个带加强层结构的体系示意。

5. 平面不规则结构

平面不规则结构可归纳为三种：其一是平面形状不规则；其二是抗侧力结构布置不规则；其三是楼盖连接比较薄弱。这类结构体系在地震作用下扭转效应较大，部分楼盖整体性及承载力较差，结构的某些部位应力集中、非线性变形较大、易形成薄弱部位。

6. 其他复杂结构

除上述 5 种主要的复杂结构外，实际工程中还有一些复杂结构，如错层结构、大底盘多塔楼结构以及不同复杂结构的组合。

高层建筑混合结构体系是指结构中除了采用钢筋混凝土构件以外，还包括型钢混凝土