



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新世纪土木工程系列教材

高层建筑 结构设计 (第2版)

霍达 主编 何益斌 副主编
滕海文 修订

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新世纪土木工程系列教材

高层建筑 结构设计 (第2版)

GAOCENG JIANZHU JIEGOU SHEJI

霍达 主编 何益斌 副主编
滕海文 修订



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材及新世纪土木工程系列教材之一，是在2004年8月第1版的基础上，依据全国高等学校土木工程专业指导委员会最新修订的培养要求和我国现行的新规范、新规程修订而成的。

本书内容分为7章，主要包括高层建筑结构受力特点和结构概念设计，高层建筑结构设计的一般原则及最优设防水平决策，框架结构设计，剪力墙结构设计，框架-剪力墙结构设计，高层建筑结构内力分析的常用软件介绍，筒体结构的计算与设计等内容。为了便于学生理解和掌握，每章后有思考题与练习题，附录中有高层建筑结构的设计实例供学生参考。

本书可作为高等院校土木工程专业本科生的教材或教学参考用书，也可供相关专业工程技术人员、科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构设计/霍达主编. —2版. —北京:
高等教育出版社, 2011.1
ISBN 978-7-04-030974-4

I. ①高… II. ①霍… 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(2010)第225923号

策划编辑 赵湘慧 责任编辑 张玉海 封面设计 王 唯 责任绘图 尹 莉
版式设计 张 岚 责任校对 王 超 责任印制 朱学忠

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com http://www.landaco.com.cn
印 刷	山东省高唐印刷有限责任公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16	版 次	2004年7月第1版 2011年1月第2版
印 张	15.75	印 次	2011年1月第1次印刷
字 数	380 000	定 价	25.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 30974-00

教育部高等教育出版社土建类系列教材

编辑委员会委员名单

主任委员：沈蒲生（湖南大学）

副主任委员：（按姓氏笔画排序）

叶志明（上海大学）

白国良（西安建筑科技大学）

吴胜兴（河海大学）

邹超英（哈尔滨工业大学）

周绪红（兰州大学）

强士中（西南交通大学）

委 员：（按姓氏笔画排序）

卫 军（中南大学）

王 湛（华南理工大学）

朱彦鹏（兰州理工大学）

江见鲸（清华大学）

李远富（西南交通大学）

张印阁（东北林业大学）

尚守平（湖南大学）

赵明华（湖南大学）

黄政宇（湖南大学）

梁兴文（西安建筑科技大学）

霍 达（北京工业大学）

王 健（北京建筑工程学院）

王清湘（大连理工大学）

刘 明（沈阳建筑大学）

杨和礼（武汉大学）

沙爱民（长安大学）

张家良（辽宁工业大学）

周 云（广州大学）

高 波（西南交通大学）

黄醒春（上海交通大学）

廖红建（西安交通大学）

出版者的话

新世纪土木工程系列教材是我社组织编写出版的“大土木”范畴的专业系列教材。1998年教育部颁布了新修订的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》，新专业目录中土建类土木工程专业覆盖了原来建筑工程和交通土建工程等8个专业。1999年各高校已按新的专业目录招生。开设土木工程专业的各院校把近年来在教育思想与教学观念、教学内容与课程体系、教学方法与教学手段等方面取得的改革成果固化到教学计划和人才培养过程中，设计了从教学思想到教学模式等一系列教学改革方案。大家在教学实践中体会到：专业、课程教学改革必然引起相应的教材改革。我社从1999年开始进行土木工程专业系列教材的策划工作，并于2000年成立了“教育部高等教育出版社土建类系列教材编委会”。

我们编辑出版土木工程系列教材的指导思想是：

1. 紧密结合人才培养模式改革，根据拓宽专业基础、提高综合素质、增强创新能力的要求，调整学生的知识结构。

2. 从各院校调整土建类各专业教学计划出发，加强基础课程到专业课程的有机沟通，用系统的观点和方法建立新的课程体系结构，包括对课程的整合与集成，组织和建设专业核心课程，成套成系列地推出土木工程系列教材。

3. 各门课程教材要具有与本门学科发展相适应的学科水平，以科技进步和社会发展的最新成果充实、更新教材内容，贯彻理论联系实际的原则。

4. 要正确处理继承、借鉴和创新的关系，不能简单地以传统和现代划线，决定取舍，而应根据教学要求进行取舍。继承、借鉴历史和国外的经验，注意研究结合我国的现实情况，择善而从，消化创新。

5. 随着高新技术、特别是数字化和网络化技术的发展，在土木工程系列教材建设中，要充分考虑文字教材与音像、电子、网络教材的综合发展，发挥综合媒体在教学中的优势，提高教学效率。在开发研制教学软件的同时，要注意使文字教材与先进的软件接轨，明确不同形式教材之间的关系是相辅相成、相互补充的。

6. 坚持质量第一。图书是特殊的商品，教材是特殊的图书。教材质量的优劣直接影响教学质量和教学秩序，最终影响学校人才培养的质量。教材不仅具有传播知识、服务教育、积累文化的功能，也是沟通作者、编辑、读者的桥梁，一定程度上还代表着国家学术文化或学校教学、科研水平。因此，遴选作者、审订教材、贯彻国家标准和规范等方面需严格把关。

为了实现本套教材的指导思想，我们组建了由有丰富的教学经验、有较高的学术水平和学术声望的教师组成的编委会，由编委会研究提出土木工程系列教材的选题及其基本内容与编审原则，并推荐作者。

我们出版本系列教材，旨在为新世纪的土木工程专业学生提供一套经过整合优化的比较系

统的专业系列教材，以期为我国的土木工程专业教材建设贡献自己的一份力量。

本系列教材第1版出版之后，在教学实践基础上，将组织修订出版第2版、第3版，希望在不断修订过程中更新内容、消除疏漏，更加适应教学需要。

本系列教材的编写大纲和初稿、修订稿都经过了编委会的审阅，以求教材质量更臻完善。如有疏漏之处，请读者批评指正！

高等教育出版社
建筑与力学分社
2006年3月

第 2 版前言

本教材自 2004 年出版以来,受到各大专院校广大师生和土木建筑工程设计人员的欢迎。这一期间,本教材于 2006 年被评为北京市高等教育精品教材及普通高等教育“十一五”国家级规划教材,这是对我们的支持与鼓励。

近年来,世界经济和科学技术的飞速发展促进了国际土木工程的突飞猛进。工程多样化、建设立体化、交通快速化和工程大型化已成为现代土木工程建设的特点,城市建设在地面、空中和地下同时展开、立体发展成为城市现代化的重要标志之一。高层建筑在世界范围内发展迅猛,高层和超高层建筑纷纷涌现,短短 6 年时间内建筑高度从 500 m 以内迅速发展超过 800 m,并出现了大量的科研新成果和相关新规程。

基于上述情况,结合本教材已发现的问题,由北京工业大学滕海文博士对本书各章作一次局部修订,以进一步提高其质量。这次修订的原则是:

一、保持和加强原书优点,注重教材的实用性,把基本工程概念、基本素质、基本技能培养放到第一重要的地位,争取做到概念清楚、简明扼要、重点突出,在拓宽专业面的同时贯彻少而精的原则。

二、在内容上去旧更新,包括对原书中叙述不妥当的内容进行了修改,并对部分内容进行精简和整合以及补充新规范和增加概念设计内容等,力图使教材结构更加严谨、系统性更强。

这次修订的主要变动是:

1. 第 1 章对最新的高层建筑排名进行了修改,增加了一些最新的高层建筑图片。
2. 第 2 章对高层建筑结构的概念设计进行了补充,增加了新颁布的耐久性设计规范的部分内容,将部分图表移至附录。
3. 第 3, 4, 5 章删除了部分重复内容,精简了文字叙述,压缩了部分公式的推导过程,调整与补充了部分思考题与练习题,并将部分图表移至附录。
4. 结合新规范、新规程增加了抗震性能设计、抗连续倒塌设计基本要求等内容,同时对部分图、表、数据及文字进行了修改与调整。
5. 补充新的参考文献。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,谨请读者赐教。

编 者

2010 年 7 月 20 日

第 1 版前言

近年来,高层建筑在我国又有了很大的发展,许多城市普遍兴建了包括住宅、旅馆、办公楼、商贸中心和多功能建筑等各种类型的高层建筑。土木工程专业学生毕业后参加或从事高层建筑结构设计已成为必须面对的现实之一。鉴于此,全国高等学校土木工程专业指导委员会制定的该专业培养方案将高层建筑结构设计作为土木工程专业的重要专业课程之一。根据该专业委员会关于这一门课程的教学大纲要求及我国现行的相关新规范和规程,为适应新形势下培养宽口径复合型高等土木工程人才的教学和工程需要,编写了本书。

本书在编写上贯彻教学中以学生为中心、教师为主导的思想,注重教材的实用性,把基本概念、基本知识、基本技能培养放到第一重要的地位,力求做到概念清楚、简明扼要、重点突出、在拓宽专业面的同时贯彻少而精的原则,使读者容易掌握最常用的高层建筑结构体系的特点和设计方法,同时还备有今后从事常见高层建筑结构工程设计的必要参考资料。主要内容包括高层建筑结构的受力特点,高层建筑结构概念设计,高层建筑结构设计的一般原则、最优抗震设防水平决策,常用的高层框架、剪力墙和框架-剪力墙结构的设计、构造、工程设计实例与计算机程序简介,筒体结构设计简介等。

本书由北京工业大学霍达教授(编写第1,2,3章的部分内容)、滕海文博士(编写第1,2,6章及附录的部分内容)、湖南大学何益斌教授(编写第3,6章部分内容)、郑州大学郭院成教授(编写第4,5章和附录部分内容)和广州大学周云教授(编写第7章)共同编写。由霍达担任主编,何益斌担任副主编,霍达负责制定编写大纲及进行统稿。中国建筑设计研究院教授级高级工程师修龙院长审阅了全部书稿并提出了很多宝贵的建议和具体的修改意见,在此表示衷心感谢。

由于编写时间仓促及受编者的水平所限,书中不妥之处恳请读者批评指正。

编者
2004年5月

主要符号表

C20	表示立方体强度标准值为 20 MPa (N/mm^2) 的混凝土强度等级
E_c	混凝土弹性模量
E_s	钢筋弹性模量
f_{ck} 、 f_c	分别为混凝土轴心抗压强度标准值、设计值
f_{tk} 、 f_t	分别为混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值
f_{yk}	普通钢筋强度标准值
f_y 、 f'_y	分别为普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值
f_{yv}	梁、柱箍筋的抗拉强度设计值
f_{yh} 、 f_{yw}	分别为剪力墙水平、竖向分布钢筋的抗拉强度设计值
F_{Ek}	结构总水平地震作用标准值
F_{Evk}	结构总竖向地震作用标准值
G_E	计算地震作用时的结构总重力荷载代表值
G_{eq}	结构等效总重力荷载代表值
M	弯矩设计值
N	轴向力设计值
S	荷载效应或荷载效应与地震作用效应组合的设计值
V	剪力设计值
w_0	基本风压
w_k	风荷载标准值
ΔF_n	结构顶部附加水平地震作用标准值
Δu	楼层层间位移
a_s 、 a'_s	分别为纵向受拉、受压钢筋合力点至截面近边的距离
A_s 、 A'_s	分别为受拉区、受压区纵向钢筋截面面积
A_{sh}	剪力墙水平分布钢筋的全部截面面积
A_{sv}	梁、柱同一截面各肢箍筋的全部截面面积
A_{sw}	剪力墙腹板竖向分布钢筋的全部截面面积
A	剪力墙截面面积
A_w	T形、工字形截面剪力墙腹板的面积
b	矩形截面宽度
b_b 、 b_c 、 b_w	分别为梁、柱、剪力墙截面宽度
B	建筑平面宽度、结构迎风面宽度

d	钢筋直径; 桩身直径
e	偏心距
e_0	轴向力作用点至截面重心的距离
e_i	考虑偶然偏心计算地震作用时, 第 i 层质心的偏移值
h	层高; 截面高度
h_0	截面有效高度
H	房屋高度
H_i	房屋第 i 层距室外地面的高度
l_a 、 l_{aE}	分别为非抗震设计、抗震设计时纵向受拉钢筋的最小锚固长度
s	箍筋间距
α	水平地震影响系数值
α_{\max} 、 $\alpha_{v\max}$	分别为水平、竖向地震影响系数最大值
α_1	受压区混凝土矩形应力图的应力与混凝土轴心抗压强度设计值的比值
β_c	混凝土强度影响系数
β_z	z 高度处的风振系数
γ_j	j 振型的参与系数
γ_{Eh}	水平地震作用的分项系数
γ_{Ev}	竖向地震作用的分项系数
γ_G	永久荷载或重力荷载的分项系数
γ_w	风荷载的分项系数
γ_{RE}	构件承载力抗震调整系数
η_p	弹塑性位移增大系数
λ	剪跨比; 水平地震剪力系数
λ_v	配箍特征值
μ_s	风荷载体型系数
μ_z	风压高度变化系数
ν 、 ξ	分别为风荷载的脉动影响系数、脉动增大系数
ξ_y	楼层屈服强度系数
ρ_{sv}	箍筋面积配筋率
ρ_w	剪力墙竖向分布钢筋配筋率
η_j	节点约束系数
Ψ_T	考虑非承重墙刚度对结构自振周期影响的折减系数
Ψ_w	风荷载的组合值系数
T_1	结构第一平动或平动为主的自振周期 (基本自振周期)
T_t	结构第一扭转振动或扭转振动为主的自振周期
T_g	场地的特征周期

目 录

主要符号表	I	计算	56
第 1 章 概述	1	4.3 框架结构内力和位移的计算机计算	62
1.1 高层建筑和高层建筑结构	1	4.4 框架梁、柱及节点截面设计	64
1.2 高层建筑结构的功能	2	4.5 框架结构构造	70
1.3 高层建筑的结构形式	2	思考题与练习题	79
1.4 高层建筑结构的发展与展望	6	第 5 章 剪力墙结构设计	80
思考题与练习题	11	5.1 剪力墙结构概念设计	80
第 2 章 高层建筑结构受力特点和结构		5.2 剪力墙结构的内力和侧移的简化	
概念设计	12	近似计算	84
2.1 高层建筑结构上的荷载与作用	12	5.3 剪力墙结构内力和位移的计算机	
2.2 高层建筑结构的受力特点和和工作		计算	100
特点	24	5.4 剪力墙结构截面设计	102
2.3 高层建筑结构的结构体系和结构		5.5 剪力墙结构构造	106
布置	25	思考题与练习题	111
2.4 高层建筑结构的概念设计	31	第 6 章 框架 - 剪力墙结构设计	113
思考题与练习题	34	6.1 框架 - 剪力墙结构概念设计	113
第 3 章 结构设计的一般原则	35	6.2 框架 - 剪力墙结构内力和位移的简化	
3.1 基本假定	35	近似计算	119
3.2 荷载效应及地震作用效应组合	36	6.3 框架 - 剪力墙结构内力和位移的计算	
3.3 构件承载力计算、结构稳定验算和抗		机计算	131
倾覆验算	37	6.4 框架 - 剪力墙结构截面设计及	
3.4 高层建筑结构水平位移限值	39	构造	136
3.5 罕遇地震作用下薄弱层抗震变形		思考题与练习题	138
验算	39	第 7 章 筒体结构设计简介	140
3.6 结构抗震性能设计	41	7.1 筒体结构概念设计	140
3.7 结构抗连续倒塌设计基本要求	43	7.2 筒体结构设计简介	144
3.8 最优设防水平决策	43	思考题与练习题	151
3.9 设计要点	46	附录 1 框架结构设计计算实例	152
思考题与练习题	51	附录 2 剪力墙结构设计计算实例	167
第 4 章 框架结构设计	52	附录 3 框架 - 剪力墙结构设计计算	
4.1 框架结构概念设计	52	实例	178
4.2 框架结构内力和位移的简化近似		附录 4 复杂高层建筑结构设计	186

附录 5 混合结构设计	195	附录 8 高层建筑设计参数表图	217
附录 6 地下室和基础设计	203	参考文献	237
附录 7 高层建筑结构施工	208		

第 1 章

概 述

1.1 高层建筑和高层建筑结构

1.3 高层建筑的结构形式

1.2 高层建筑结构的功能

1.4 高层建筑结构的发展与展望

1.1 高层建筑和高层建筑结构

什么是高层建筑？目前对此尚无一个统一的严格定义。不同国家、不同时期，对高层建筑的定义也不同，但原则上是以层数和建筑高度来标定的。如：

德国规定 22 m 以上的建筑物为高层建筑；

英国规定 24.3 m 以上的建筑物为高层建筑；

美国规定 24.6 m 以上或 7 层以上的建筑物为高层建筑；

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 8 层以上或者高度超过 31 m 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；

苏联则把 9 层和 9 层以上的建筑视为高层建筑。

联合国教科文组织所属的世界高层建筑委员会在 1972 年年会上建议将高层建筑分为四类：

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 40 层以上（高度超过 100 m 以上，即超高层建筑）。

在我国，可根据以下两个方面去理解和定义高层建筑：

1. JGJ 3—2010《高层建筑混凝土结构技术规程》将 10 层及 10 层以上或高度超过 28 m 的住宅建筑结构和房屋高度大于 24 m 的其他民用建筑，划为高层民用建筑。

2. GB 50045—1995《高层民用建筑设计防火规范》和 JGJ 99—1998《高层民用建筑钢结构技术规程》中规定 10 层及 10 层以上的居住建筑和 24 m 以上的其他民用建筑为高层建筑。

因此可以认为 10 层及 10 层以上的住宅和约 24 m 以上高度的其他建筑为高层建筑，也可以把 40 层或超过 100 m 的建筑单列出来称为超高层建筑，而把 9 层以下或高度不超过 24 m 的

建筑称为中高层建筑（7~9层）、多层建筑（4~6层）或低层建筑（≤3层）。

用于高层建筑的结构形式或体系称为高层建筑结构，多见于各种居民住宅、办公楼、旅馆、商贸中心、多功能综合大厦等中。

1.2 高层建筑结构的功能

建筑结构是建筑中的主要承重骨架。其功能为在规定的基准期内，在承受其上的各种荷载和作用下，完成预期的承载力、正常使用、耐久性以及突发事件中的整体稳定功能。也就是要求建筑结构在荷载作用下具有足够的结构安全性、适用性、耐久性和稳定性。一般说来，建筑结构要同时承受竖向荷载和水平作用及其他作用，在低层建筑中，起控制作用的是竖向荷载，水平作用通常可以忽略；在多层建筑中，水平作用的效应逐渐增大；而在高层建筑中，水平作用将成为控制因素。由图 1.1 可以看出建筑物高度与荷载效应的关系，随着高度增大，轴力与高度成线性关系，弯矩与高度成二次方关系，而位移与高度成四次方关系。可见，高层建筑设计中，除了要保证结构有足够的承载力之外，更要使结构有较大的刚度以抵抗结构过大的侧向变形。此外，在高层建筑中，对结构的安全性要求高，管道设备多，施工技术复杂，为了满足这些要求，就需要结构、建筑、设备等多方面相互配合、密切合作。

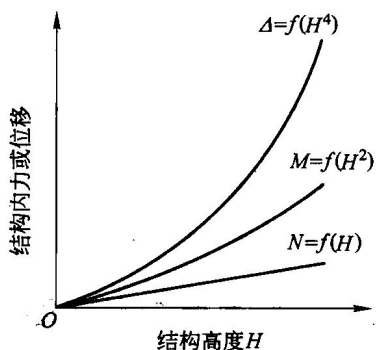


图 1.1 建筑物内力、位移随建筑高度的变化

1.3 高层建筑的结构形式

1.3.1 按功能材料分

因材料生产的能力限制，最早的高层建筑结构材料是铸铁。目前从材料上来分，高层建筑有钢筋混凝土结构、钢结构以及采用钢和钢筋混凝土材料的混合结构形式。

钢筋混凝土结构材料来源丰富、造价较低，可浇筑成各种形状，组成多种结构体系，且防火性能好，刚度大，但其自重大，结构断面大，不宜用于建造很高的建筑。

钢结构具有结构断面小、自重轻、强度高、抗震性能好、易于加工、施工方便等优点，但是钢结构造价高、耐火性能不好。

结合这两种材料的特点，采用钢和混凝土材料的混合结构，是当前的发展趋势。如钢骨（或型钢）混凝土构件、钢管混凝土以及部分用钢结构、部分用钢筋混凝土的结构体系。

1.3.2 按结构体系分

结构体系是指结构抵抗外部作用构件的组成方式。从结构体系上来分，常用的高层建筑结构的抗侧力体系主要有：框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、筒体结构、悬挂结构及

巨型框架结构等。

1. 框架结构体系：框架结构体系由线形杆件——梁和柱作为主要构件组成的，承受竖向和水平作用，如图 1.2 所示。如北京长富宫饭店（地上 26 层，地下 2 层，高 90.85 m，图 1.3）的承重骨架就是框架结构体系。

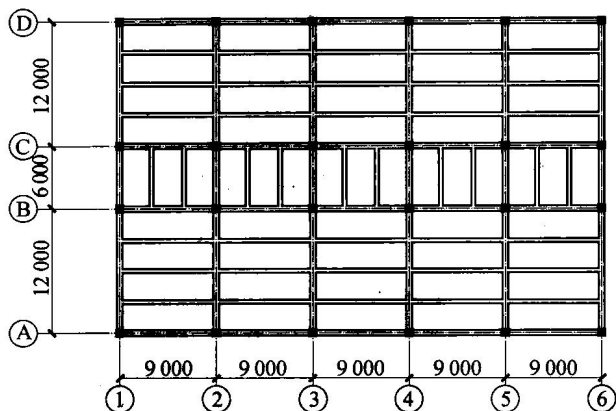


图 1.2 框架结构体系

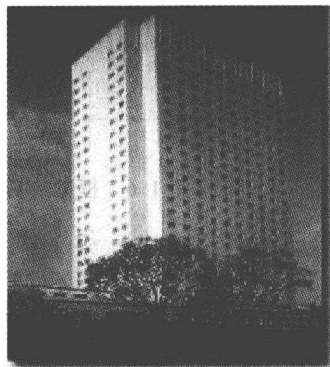


图 1.3 北京长富宫饭店

2. 剪力墙结构体系：利用钢筋混凝土墙体组成的承受全部竖向和水平作用的结构称为剪力墙结构体系，如图 1.4 所示。广州的白云宾馆（地上 33 层，地下 1 层，高 112.45 m，图 1.5）是我国第一座超过 100 m 的钢筋混凝土剪力墙结构。

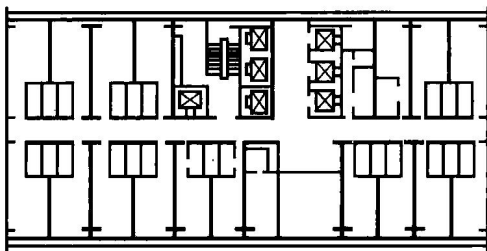


图 1.4 剪力墙结构体系



图 1.5 广州白云宾馆

3. 框架-剪力墙结构体系：在框架结构中布置一定数量的剪力墙组成由框架和剪力墙共同承受竖向和水平作用的高层建筑结构为框架-剪力墙结构体系，如图 1.6 所示。广州的中天广场大厦（地上 80 层，高 334 m，图 1.7）为框架-剪力墙结构体系。

4. 筒体结构体系：由竖向筒体为主组成的承受竖向和水平作用的高层建筑结构为筒体结构体系。而筒体结构的筒体又分为由剪力墙围成的薄壁筒和由密柱框架或壁式框架围成的框筒等，因此有框筒结构、筒中筒结构、多筒结构和成束筒结构等。

框筒结构体系是指由间距很密的柱和截面很高的梁在建筑物外围组成的密柱深梁抗侧力结构体系。一般在内部设置一些柱子以减少结构在竖向作用下的挠度，如图 1.8 所示。深圳的华联大厦为框筒结构体系（地上 26 层，地下 1 层，高 88.8 m，图 1.9）。

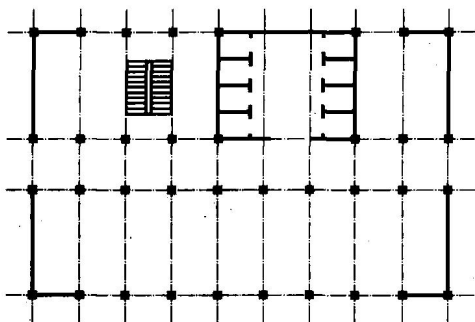


图 1.6 框架-剪力墙结构体系



图 1.7 广州中天广场大厦

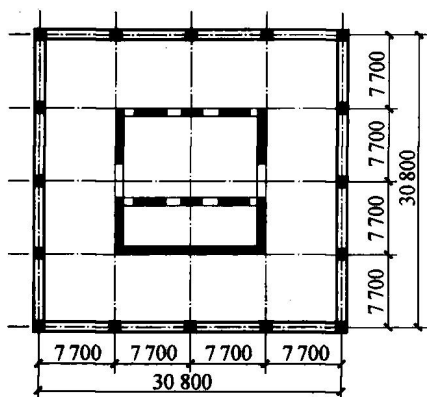


图 1.8 框筒结构体系



图 1.9 深圳华联大厦

筒中筒结构体系由内外两个筒体组合而成，内筒为剪力墙薄壁筒，外筒是由密柱（通常柱距不大于3 m）组成的框筒，如图 1.10 所示。广州国际大酒店（地上 63 层，高 200 m，图 1.11）采用的是筒中筒结构。

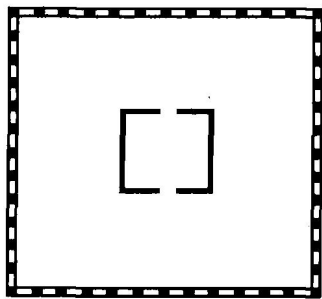


图 1.10 筒中筒结构体系

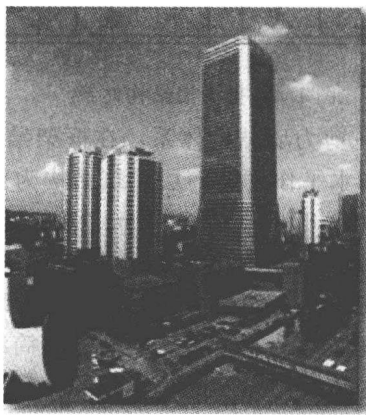


图 1.11 广州国际大酒店

多筒体结构体系在平面内设置多个剪力墙薄壁筒体，每个筒体都比较小。多用于平面形状复杂的建筑中，也常用于角部加强。

成束筒结构体系是指由多个筒体合并在一起成束状，随着高度增加，筒体个数逐渐减少的结构体系。芝加哥西尔斯大厦（地上110层，地下3层，高443 m，图1.12、图1.13）为典型的成束筒结构。

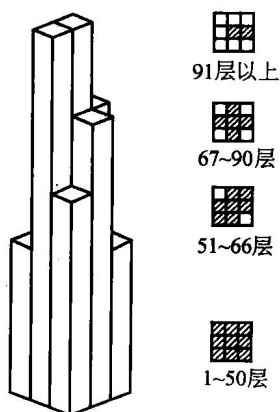


图 1.12 芝加哥西尔斯大厦筒体变化

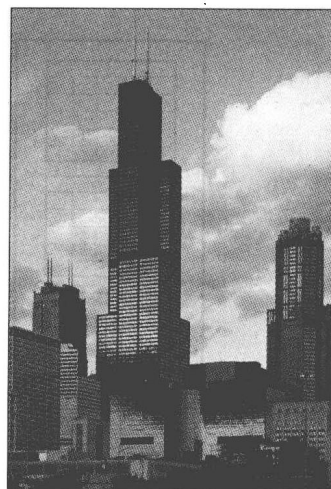


图 1.13 芝加哥西尔斯大厦

5. 悬挂结构体系：在以钢筋混凝土内筒为主要受力结构的高层建筑中，从内筒不同高度处伸出金属悬臂杆，并在其端部挂有钢吊杆与内筒共同承受各层楼板的自重与附加的活荷载（可变荷载），这种结构为悬挂结构，如图1.14所示。典型建筑是香港汇丰银行大楼（图1.15），它是用搁在两排钢柱上的四排水平桁架来悬吊其下的楼板。

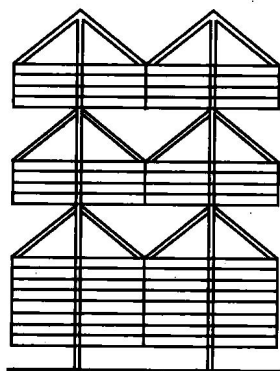


图 1.14 悬挂结构体系



图 1.15 香港汇丰银行

6. 巨型框架结构体系：由若干个巨柱（通常由楼电梯井或大截面实体柱组成的筒体）以及巨梁（每隔几个或十几个楼层设置一道，梁高一般占一个或几个楼层高）组成的巨型框架结构体系，承受主要的水平力和竖向荷载；其余的楼面截面梁柱组成二级结构，只将楼面荷载