



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高层建筑结构设计

GAOCENG JIANZHU JIEGOU SHEJI

长安大学 傅光耀 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高层建筑设计

长安大学

傅光耀 编著

刘伯权 主审



中国铁道出版社

2006年·北京

内 容 简 介

本书是针对高等学校土木工程专业学生和工程人员对一般高层建筑设计的学习和工作需要而编写的,全书分8章,主要介绍了高层建筑结构体系,高层建筑设计、计算原理,荷载和地震作用计算,框架结构设计,剪力墙结构设计,框架—剪力墙结构设计,筒体结构设计简介,基础设计等。每章后附有习题和思考题。

本书依据《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)等新版设计规范编著而成,可作为土木工程专业教材使用,也可作为工程结构设计人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑设计/傅光耀编著. —北京:中国铁道出版社,2006.8
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 7-113-07323-9

I. 高… II. 傅… 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(2006)第 099867 号

书 名:高层建筑设计
作 者:长安大学 傅光耀 编著
出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
策划编辑:刘红梅
责任编辑:刘红梅
印 刷:北京市彩桥印刷有限责任公司
开 本:787×960 1/16 印张:10.75 字数:210千
版 本:2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷
印 数:1~3 000册
书 号:ISBN 7-113-07323-9/TU·850
定 价:19.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话:010-51873134 发行部电话:010-51873124

前 言

为了使土木工程专业高年级学生,能够尽快地获得高层建筑设计的专业知识和技能,我们按照土木工程专业培养目标和教学计划的要求,编写了这本教材。

20 世纪 70 年代以后,随着我国改革开放和现代化建设的进行,高层建筑有了很大的发展。以 1985 年建成的深圳国际贸易中心大厦为新的重要标志性建筑,我国真正拥有了现代意义上的高层建筑的设计和建造能力,在大量高层房屋设计与施工实践经验和科学研究的基础上,1991 年 4 月 29 日颁布了《钢筋混凝土高层建筑设计规程》(JGJ 3—1991),其极大地推动了高层建筑的更大发展。90 年代以后,我国经济有了更快、更强的发展,伴随城市经济崛起,各种功能的高层建筑如雨后春笋在全国大中城市相继建成。1998 年和 2002 年我国又相继颁布了新的《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—1998)和《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002),进一步规范了高层建筑结构的设计和建造。我国的基本国情是人口多、土地资源紧张,在我国要建成小康社会,解决广大国民的居住和生活问题,高层建筑必然有强劲的发展趋势。土木工程专业的毕业生参加工作后,会有从事高层建筑的设计、施工、材料供应、技术与开发等方面的大量机会。因此,土木工程专业学生在校期间学习和掌握有关高层建筑结构的专门知识和基本设计方法,已经成为今后就业和工作的必备条件。

高层建筑结构设计课程是一门基础理论极为丰厚、教学内容不断更新的课程。高层建筑结构形式多样,新的结构体系还正在研究和创造;高层建筑结构分析与设计的方法和工具在与时俱进中;高层建筑结构设计所遵守的国家规范和标准也在补充和更新。教学课时少与不断丰富和更新的课程内容,已经是教学时的一个突出矛盾。如何利用较少学时完成大信息量教学任务,在编写本书时进行了一些尝试。

本书旨在介绍高层建筑设计一般原则、理论和计算方法;在技术要求上保持与国家最新设计规范一致;我国现阶段一般高度的高层建筑多采用钢筋混凝土建造,故本书只介绍钢筋混凝土高层建筑设计;考虑建筑抗震设计对结构性能的要求,本书侧重规则结构体系的设计。坚持注重实用、突出重点、力图先进和兼顾系统性的选材原则,对于内容上与其他课程有重叠的部分尽可能地加以剔除或浓缩,力求使学生学以致用,用较少的时间掌握比较实用的知识。

本书由长安大学傅光耀编写第 1、2、3、5、6 章,吴涛编写第 7 章和思考题与习题;西

安建筑科技大学陈平编写第4章,黄香山编写第8章。全书由主编傅光耀负责统稿和定稿,由长安大学刘伯权主审。

本书是长安大学学科发展规划教材,并且已列入教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

长安大学建筑工程学院及建筑工程系对于本书编写工作给予了极大的关注和支持,长安大学设计院池家祥同志对本书编写提出过许多有益的建议,在此一并致以最衷心的感谢。

本书既可作为土木工程专业本、专科学生的教学用书,又可作为结构专业工程设计人员的参考书。

限于作者水平,本教材中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

作 者

2006年4月

目 录

1 高层建筑结构体系和结构设计原则	1
1.1 高层建筑发展概况	1
1.2 高层建筑结构受力和设计特点	5
1.3 高层建筑结构体系及典型布置	7
1.4 结构总体控制要素和选型依据	13
1.5 高层建筑结构抗风设计原则	14
1.6 高层建筑结构抗震设计原则	17
1.7 高层建筑结构布置原则	23
思考题与习题	26
2 高层建筑荷载和地震作用计算	28
2.1 竖向荷载	28
2.2 风荷载	29
2.3 地震作用	33
2.4 振型和周期	40
2.5 温度作用	43
思考题与习题	44
3 高层建筑结构计算原则	45
3.1 结构计算基本假定	45
3.2 内力和位移计算原则	46
3.3 结构抗震计算	47
3.4 荷载效应组合	49
3.5 截面承载力验算、结构稳定验算和抗倾覆验算	51
3.6 结构弹性位移和弹塑性变形验算	52
思考题与习题	55
4 框架结构设计	56
4.1 框架结构概念设计	56
4.2 框架结构内力和位移的简化近似计算	59

4.3	框架梁、柱及节点截面设计	65
4.4	框架结构构造	70
	思考题与习题	77
5	剪力墙结构设计	78
5.1	剪力墙结构性能与结构布置	78
5.2	剪力墙结构内力与位移计算原则	81
5.3	整体墙和小开口整体墙的计算	83
5.4	双肢墙和多肢墙的计算	86
5.5	壁式框架的计算	97
5.6	剪力墙截面设计	101
5.7	剪力墙构造要求及抗震措施	108
	思考题与习题	114
6	框架—剪力墙结构设计	116
6.1	框架—剪力墙结构受力与变形	116
6.2	框架—剪力墙结构方案及布置	117
6.3	框架—剪力墙结构荷载内力计算	124
6.4	框架—剪力墙结构截面设计及构造	139
	思考题与习题	141
7	筒体结构设计简介	142
7.1	概述	142
7.2	框筒与筒中筒结构特点及布置	143
7.3	筒体结构计算简介	145
7.4	筒体结构截面设计及主要构造要求	149
	思考题与习题	150
8	高层建筑基础设计	152
8.1	概述	152
8.2	高层建筑基础选型	152
8.3	筏形基础	157
8.4	桩基础	159
8.5	桩—筏基础工程设计实例	160
	思考题与习题	162
	参考文献	163

1 高层建筑结构体系和结构设计原则

1.1 高层建筑发展概况

1.1.1 高层建筑发展概况

高层建筑是社会工业化和城市经济的产物。随着社会生产力的发展,人们对改变生活居住环境、商业活动场所、办公工作条件有不断增长的更新的要求。而科学技术的进步、材料制造业水平的提升以及机械化、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。

现代高层建筑的发展只有 110 多年的历史,最近 40 多年全球发展较快。一般认为,1883 年在美国芝加哥建成 11 层的家庭保险大楼(Home Insurance Building, 铸铁框架,高 55 m)是近代高层建筑的开端。1931 年纽约建造了著名的帝国大厦(Empire State Building),共 102 层,高 381 m,它享有“世界最高建筑”之美誉长达 40 年之久(图 1-1)。20 世纪 50 年代以后,轻质高强材料的应用,新的抗风抗震结构体系的发展,电子计算机的推广使用以及新的施工机械的涌现,才使高层建筑得到了大规模的迅速发展。1972 年,纽约建造了 110 层,高 402 m 的世界贸易中心(World Trade Center Twin Towers)(图 1-2,2001 年 9 月 11 日被破坏);1974 年在芝加哥又建成当时世界上最高的西尔斯大厦(Sears Tower),110 层,高 443 m,享有“世界最高建筑”美誉 20 多年。这

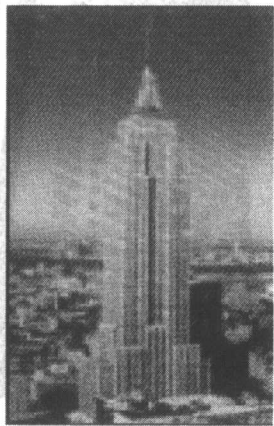


图 1-1 纽约帝国大厦

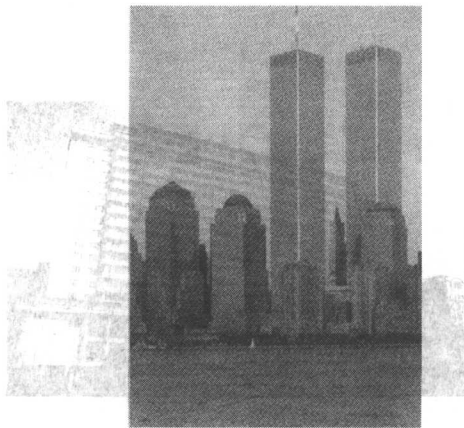


图 1-2 纽约世界贸易中心

两栋建筑都是钢结构。1996年在吉隆坡建成的钢与钢筋混凝土混合结构的佩特纳斯大厦,88层,高452 m(图1-3),是当时世界上的最高建筑;而2003年10月在中国台北竣工的台北101大厦,101层,高508 m,它是目前世界上最高的高层建筑(图1-4)。

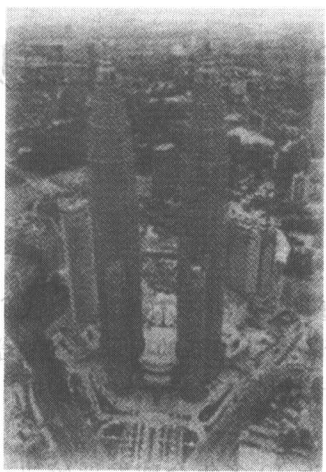


图 1-3 吉隆坡佩特纳斯大厦

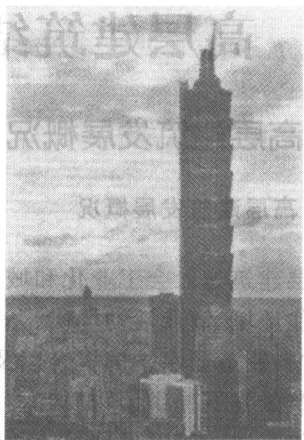


图 1-4 台北 101 大厦

就近代高层建筑而言,在相当长的一段时期内,我国内地发展却是缓慢的。解放前,我国高层建筑很少。解放后,在20世纪从50年代到70年代初只有一些零星的高层房屋建成,如1959年建成的北京民族饭店,12层,高47.4 m;1964年建成的北京民航大楼,15层,高60.8 m;1968年建成的广州宾馆,27层,高88 m,是60年代我国建成的最高建筑;1974年建成的北京饭店东楼,19层,高87.15 m,是当时北京最高的建筑;1976年在广州建成的白云宾馆,33层,高114.05 m,是以后9年中我国内地最高的建筑(图1-6)。



图 1-5 北京饭店东楼

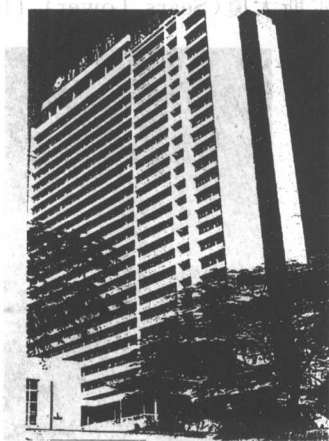


图 1-6 广州白云宾馆

从 20 世纪 70 年代后期开始,我国内地高层建筑才有了真正的发展,主要用于住宅、旅馆和办公楼等建筑。由于高层建筑具有占地面积小、节约市政工程费用、节省拆迁费用等优点,为了改善城市居民的居住条件,在大城市和某些中等城市中,高层住宅和底层带商店的住宅建筑发展十分迅速。这些住宅大多数在 20 层左右。

从 20 世纪 80 年代开始,这类高层建筑增长的速度很快;进入 90 年代,随着改革开放事业的发展;这类高层建筑更有迅猛的发展。目前我国大城市中 30 层左右的高层住宅、高层商用办公楼和综合性多功能大厦正在大量建造。

我国内地的现代高层建筑发展的里程碑有:①1985 年建成的深圳国际贸易中心大厦,高 158.65 m,50 层(图 1-7);②1990 年建成的广州国际大厦,高 200 m,63 层;③1991 年建成的北京京广中心大厦,高 208 m,57 层(图 1-8);④1996 年建成的深圳地王大厦,高 384 m,69 层(图 1-9);⑤1998 年建成的上海金茂大厦,高 421 m,88 层,是目前我国内地第一、亚洲第三、世界第四的摩天大楼(图 1-10)。

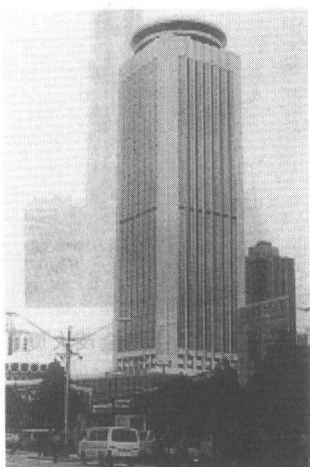


图 1-7 深圳国际贸易中心大厦

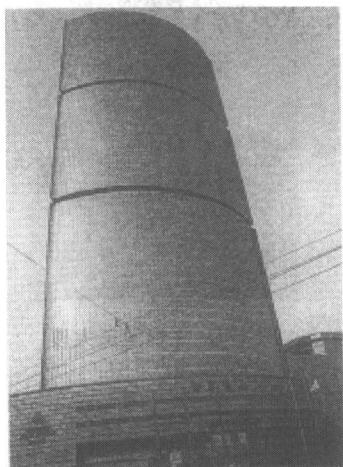


图 1-8 北京京广中心大厦

我国高层建筑的迅速发展,建筑高度的不断增加,建筑类型和功能愈来愈复杂,结构体系更加多样化,所有这些都显示我国高层建筑结构设计和施工技术水平有了很大的提高。

表 1-1 全球排名前 10 名的高层建筑

序号	建筑名称	所在城市	层数	高度(m)	竣工年份(年)
1	台北 101 大厦	台北	101	508	2003
2	佩特纳斯大厦	吉隆坡	88	452	1996
3	西尔斯大厦	芝加哥	110	443	1974
4	金茂大厦	上海	88	421	1998

续上表

序号	建筑名称	所在城市	层数	高度(m)	竣工年份(年)
5	香港国际金融中心	香港	88	415	2003
6	广州中信广场	广州	80	391	1997
7	地王大厦	深圳	69	384	1996
8	帝国大厦	纽约	102	381	1931
9	中环广场大厦	香港	78	374	1992
10	中国银行大厦	香港	72	369	1990



图 1-9 深圳地王大厦

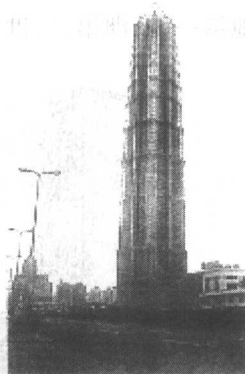


图 1-10 上海金茂大厦

1.1.2 高层建筑界定

多少层以上或多少高度以上的建筑物称为高层建筑？目前对此全球并没有一个统一的定义，不同国家、不同时期，对高层建筑的定义也不同。事实上，高层建筑的定义与一个国家的经济条件、建筑技术、消防装置等许多因素有关。

我国在《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002，以下简称《高层规程》)中，规定 10 层及 10 层以上或房屋高度超过 28 m 的混凝土结构高层民用建筑物称为高层建筑。并把常规高度的高层建筑称为 A 级高度的高层建筑，把高度超过 A 级高度限制的高层建筑称为 B 级高度的高层建筑。我国的《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—1995)和《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—1998)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。

为了便于国际交流，联合国科教文组织在 1972 年召开的国际高层建筑会议上，建议把高层建筑划分为四类：

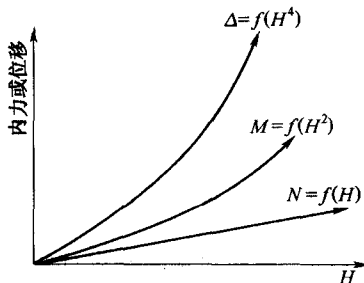
- 第一类高层建筑:9~16层(最高到50 m);
 第二类高层建筑:17~25层(最高到75 m);
 第三类高层建筑:26~40层(最高到100 m);
 第四类高层建筑:40层以上(高度超过100 m)。

1.2 高层建筑结构受力和设计特点

在高层建筑中能够保证房屋安全要求的建筑承载骨架称为高层建筑结构,高层建筑结构的形式和受力特点与低层和多层建筑结构有很大区别,结构设计时必须充分重视。

1.2.1 高层建筑结构受力特点

高层建筑结构受力特点与多层建筑结构的主要区别,是侧向力(风或地震作用)成为影响结构内力、结构变形及建筑物土建造价的主要因素。在低层结构中,水平荷载产生的内力和位移很小,通常可以忽略;在多层结构中,水平荷载的效应(内力和位移)逐渐增大;而到高层建筑中,水平荷载和地震作用将成为控制因素。图1-11表示水平均布荷载效应与建筑高度的关系。由图可见,随着高度增大,位移增加最快,弯矩次之。



1.2.2 高层建筑结构水平位移限制

图 1-11 高层建筑结构水平荷载效应与建筑高度关系

1. 水平位移限制的意义

高层建筑设计不仅需要较大的承载能力,而且需要较大的刚度,使水平荷载产生的侧向变形限制在一定范围内。原因如下:

(1)过大的侧向变形会使人不舒服,影响使用。这主要是指在风荷载作用下,必须保证人在建筑物内正常工作与生活。至于偶尔发生的地震,人的舒适感是次要的。

(2)过大的侧向变形会使填充墙或建筑装饰出现裂缝或损坏,也会使电梯轨道变形。在地震作用下,结构的弹性振动还会使非结构构件损坏,如女儿墙的脱落或填充墙等倒塌也会威胁人的生命及设备安全,因此,对地震作用下产生的侧向变形也要加以限制。

(3)过大的侧向变形会使主体结构出现裂缝,甚至损坏。限制侧向变形也就是限制结构的裂缝宽度及破坏程度。

(4)过大的侧向变形会使结构产生附加内力,甚至引起倒塌。这是因为建筑物上的垂直荷载在侧向变形下将产生附加弯矩,即所谓的 $P-\Delta$ 效应。

2. 正常使用条件下水平位移的限制

在正常使用条件下,应使高层建筑处于弹性状态。《高层规程》对楼层层间最大位

移与层高之比 Δ_u/h 作出了以下规定:

(1)高度不大于 150 m 的高层建筑,其楼层层间最大位移与层高之比 Δ_u/h ,不宜大于表 1-2 中的数值。

表 1-2 高层建筑结构楼层层间最大弹性位移限制

结 构 类 型	Δ_u/h 限值
框架	1/550
框架—剪力墙、框架—核心筒、板柱—剪力墙	1/800
筒中筒、剪力墙	1/1 000
框支层	1/1 000

(2)高度等于或大于 250 m 的高层建筑,其楼层层间最大位移与层高之比 Δ_u/h 不宜大于 1/500。

(3)高度在 150~250 m 之间的高层建筑,其楼层层间最大位移与层高之比 Δ_u/h 的限值按线性插值取用。

3. 罕遇地震作用下薄弱层(部位)的抗震变形验算

为了实现“大震不倒”,应对某些高层建筑进行罕遇地震作用下薄弱层(部位)的抗震变形验算,具体规定见《高层规程》。

1.2.3 高层建筑设计特点

1. 高层建筑设计应将结构安全放在首位。由于高层建筑高度较大,结构复杂、自重大,房屋越高,所承受的水平荷载也越大,建筑基础埋深也深。建筑体型大,材料用量多,建筑投资高。因此,高层建筑设计应将结构安全放在首位,设计时一定要明确建筑结构的安全等级、建筑抗震设防类别、建筑抗震设防烈度、结构抗震等级、建筑环境类别、建筑设计使用年限等基本要求。

2. 应重视高层建筑结构概念设计。概念设计是指工程结构设计人员运用所掌握的理论知识和工程经验,在方案阶段及初步设计阶段,从宏观上、总体上和原则上去决策和确定高层建筑设计中的一些最基本、最本质也是最关键的问题。概念设计主要涉及结构体系选择、结构方案布置、荷载和作用传递路径的设置、关键部位和薄弱环节的判定和加强、结构材料强度等级的确定等问题。

3. 学会与其他设计工种的合作。

高层建筑是建筑、结构、各种管道设备以及施工等几方面的密切配合及相互合作的产物,特别是在高层建筑中,建筑功能要求高,而结构的安全性、经济性要求也高,设备多、施工技术和管理都更复杂。因此,建筑师和结构工程师都必须充分认识高层建筑的特点而互相合作,才能做出结构安全、经济合理、美观实用的设计。

1.3 高层建筑结构体系及典型布置

高层建筑结构体系都是空间结构体系,这类空间体系可以进一步划分为竖向结构体系和水平结构体系。对于高层建筑结构来说,侧向力和侧向位移是结构设计的主要控制因素,因此,竖向承重结构体系不但要承受与传递竖向荷载、还要抵抗侧向力的作用,故竖向结构也称为抗侧力结构。水平结构即日常所说的楼盖及屋盖结构,在高层建筑中,楼(屋)盖结构除了承受与传递楼(屋)面竖向荷载以外,还要协调各榀抗侧力结构的变形与位移,对结构的整体刚度的发挥和抗震性能有直接的影响。

1.3.1 常用的高层建筑竖向结构体系

现行《高层规程》中收录的钢筋混凝土高层建筑竖向结构体系主要有:框架结构体系、剪力墙结构体系、框架—剪力墙结构体系和筒体结构体系等。

1. 框架结构体系

框架结构体系是由线型的梁和柱杆件组成的能够承受竖向荷载和水平荷载的结构体系。框架结构中的梁和柱节点一般要求为“刚节点”。

高层建筑采用框架结构体系时,框架梁应纵横向布置,形成双向框架,使之具有较强的空间整体性,以承受任意方向的侧向力。高层中框架柱网或梁系的布置要求与多层框架相似,但随着层数的增加和高度的提高,侧向力对结构受力和变形的影响加大,结构布置时应特别注意增强结构在各个方向的抗侧刚度,以保证结构的整体性和空间工作性能。

框架结构具有建筑平面布置灵活、造型活泼等优点,可以形成较大的使用空间,易于满足多功能的使用要求。在结构受力性能方面,框架结构属于柔性结构,自振周期较长,地震反应较小,经过合理的结构设计,可以具有较好的延性性能。其缺点是结构抗侧刚度较小,在地震作用下侧向位移较大,容易使填充墙产生裂缝,并引起建筑装修、玻璃幕墙等非结构构件的损坏。地震作用下的大变形还将在框架柱内引起 $P-\Delta$ 效应,严重时会引起整个结构的倒塌。因此,框架结构体系一般适用于非地震区、或层数较少的高层建筑。图 1-12 是北京民航办公大楼的结构布置方案。

2. 剪力墙结构体系

利用建筑物墙体作为承受竖向荷载和抵抗水平荷载的结构,称为剪力墙结构体系。常利用建筑外墙和内隔墙位置布置钢筋混凝土剪力墙,墙的下端固定在基础顶面上,因此可视剪力墙为竖向悬臂构件。

竖向荷载在墙体内主要产生向下的压力,侧向力在墙体内产生水平剪力和弯矩。因这类墙体具有较大的承受侧向力(水平剪力)的能力,故被称之为剪力墙。在地震区,侧向力主要为水平地震作用力,因此,剪力墙有时也称为抗震墙。

现浇钢筋混凝土剪力墙结构的整体性好、刚度大,在水平荷载作用下侧向变形小,承载力要求也容易满足,因此剪力墙结构适用于建造较高的高层建筑。

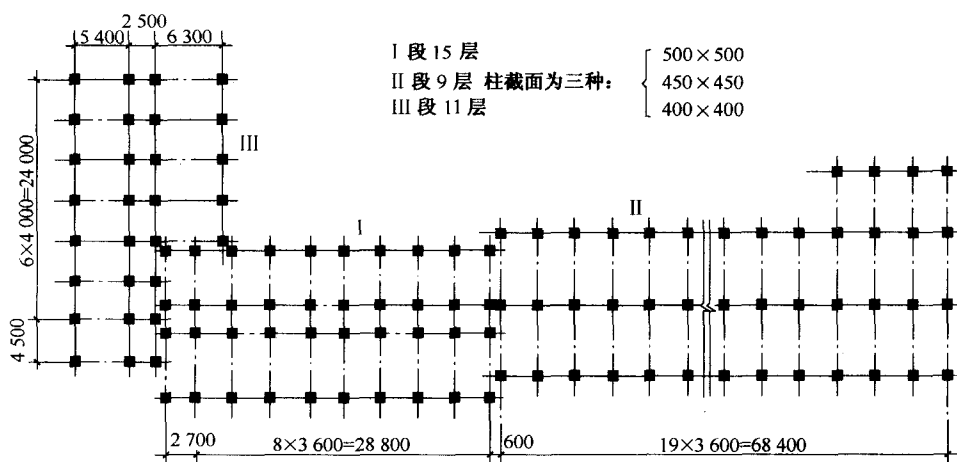


图 1-12 北京民航办公大楼 (单位:mm)

早期的剪力墙结构多为小开间,全部建筑隔墙均为剪力墙,因而可以采用较薄的楼板。但墙体太多,混凝土和钢筋用量增多,材料强度得不到充分利用,既增加了结构自重,又限制了建筑上的灵活多变。目前剪力墙结构多采用大开间,横墙间距为 6~8 m,中间采用轻质隔墙支承在楼板上,便于建筑上灵活布置,又可充分利用剪力墙的材料强度、减轻结构自重。图 1-13 是广州白云宾馆(33 层,高 114.05 m)结构平面布置。

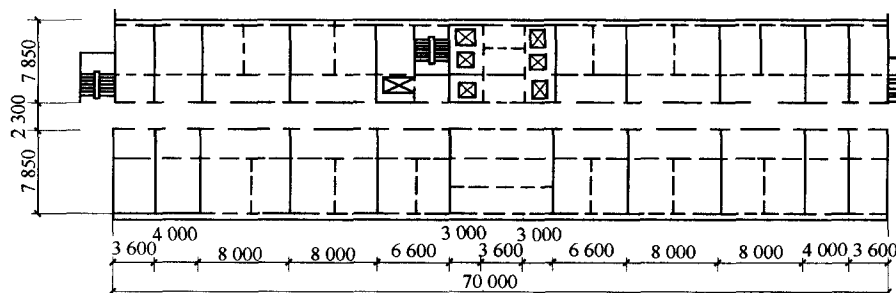


图 1-13 广州白云宾馆平面布置(单位:mm)

3. 框架—剪力墙结构体系

在框架结构中的部分跨间布置剪力墙,或把剪力墙结构中的部分剪力墙抽掉改成框架承重,即成为框架—剪力墙结构。

框—剪结构既保留了框架结构建筑布置灵活、使用方便的优点,又具有剪力墙结构抗侧刚度大、抗震性能好的优点,同时还可充分发挥材料的强度作用,具有较好的技术

经济指标,因而被广泛地应用于高层办公楼建筑和旅馆建筑中。

框架—剪力墙结构的适用范围很广,10~40层的高层建筑均可采用这类结构体系。当建筑物较低时,仅布置少量的剪力墙即可满足结构的抗侧要求;而当建筑物较高时,则要有较多的剪力墙,并通过合理的布置使整个结构具有较大的抗侧刚度和较好的整体抗震性能。

图 1-14 是北京饭店东楼的结构平面布置。

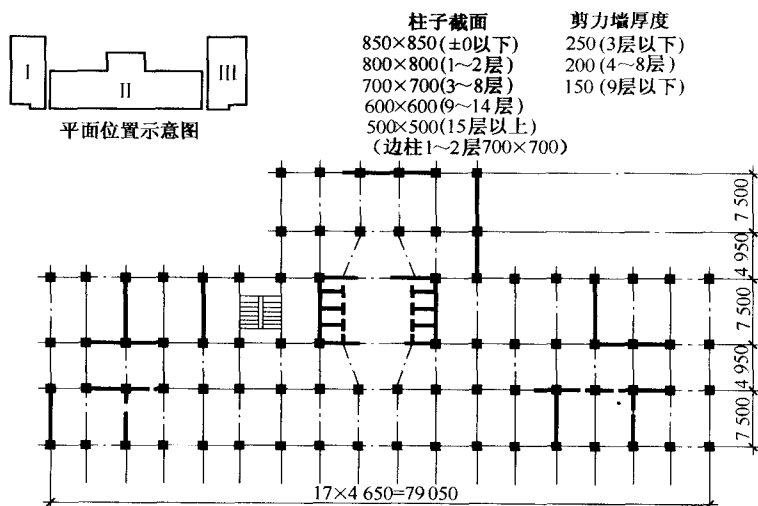


图 1-14 北京饭店东楼(单位:mm)

4. 筒体结构体系

钢筋混凝土筒体结构体系中的筒体主要有核心筒和框筒。

核心筒一般由布置在电梯间、楼梯间及设备管线井道四周的钢筋混凝土墙所组成。为底端固定、顶端自由、竖向放置的薄壁筒状结构,其水平截面为单孔或多孔的箱形截面,如图 1-15 所示。它既可以承受竖向荷载,又可承受任意方向上的侧向力作用,是一个空间受力结构。在高层建筑平面布置中,为充分利用建筑物四周作为景观和采光,电梯等服务性设施的用房常常位于房屋的中部,核心筒也因此而得名。因筒壁上仅开有少量洞口,故有时也称为“实腹筒”。

框筒是由布置在房屋四周的密集立柱与高跨比很大的窗间梁所组成的一个多孔筒体,如图 1-16 所示。从形式上看,犹如由四榀平面框架在房屋的四角组合而成,故称为框筒结构。因其立面上开有很多窗洞,故有时也称为空腹筒。框筒结构在侧向力作用下,不但与侧向力平行的两榀平面框架(常称为腹板框架)受力,而且与侧向力相垂直的两榀框架(常称为翼缘框架)也参加工作,通过角柱的连接形成一个空间受力体系。图 1-17 是深圳国际贸易中心大厦中筒体的布置情况。

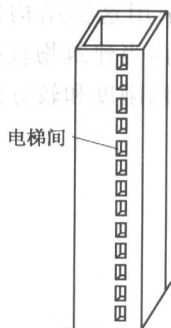


图 1-15 核心筒结构

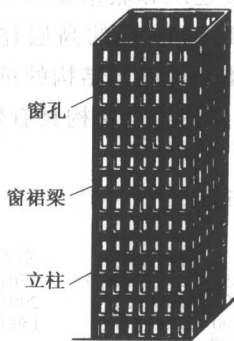


图 1-16 框筒结构

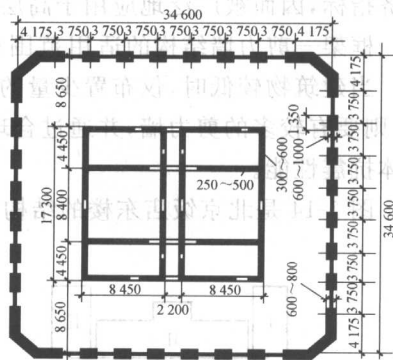
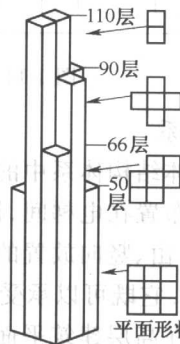


图 1-17 深圳国际贸易中心
平面布置(单位:mm)

在筒体结构体系中利用筒体的不同组合可以形成框筒结构、核心筒结构、筒中筒结构、框架—核心筒结构等。筒体结构抗侧刚度大,整体性好;建筑布置灵活,能够提供很大的、可以自由分隔的使用空间,特别适用于 30 层以上或 100 m 以上的超高层办公楼建筑。也可以将 2 个以上的筒体排列在一起布置,形成束筒结构,束筒结构适用于建造超高层建筑。图 1-18 是美国西尔斯大厦束筒结构的布置情况。



(a) 建筑照片



(b) 束筒沿建筑高度的变化

图 1-18 西尔斯大厦结构布置示意图

1.3.2 高层建筑的水平结构体系

水平结构即指楼盖及屋盖结构。在高层建筑中,水平结构除承受作用于楼面或屋面上的竖向荷载外,还要担当起连接各竖向承重构件的任务。作用在各榀竖向承重结构上的水平力是通过楼盖及屋盖来传递或分配的,特别是当各榀框架、剪力墙结构的抗侧刚度不等时,或当建筑物发生整体扭转时,楼盖结构中会产生楼板平面内的剪力和轴