

高等学校教学用书

钢筋混凝土高层建筑设计

青岛建筑工程学院 茹恩华 编

冶金工业出版社

高等学校教学用书

钢筋混凝土高层建筑设计

青岛建筑工程学院 茹恩华 编

冶金工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钢筋混凝土高层建筑结构设计/茹恩华编. —北京: 冶金工业出版社, 1996
高等学校教学用书
ISBN 7-5024-1771-0

I. 钢… II. 茹… III. 高层建筑-钢筋混凝土结构: 建筑结构-结构设计-高等学校-教材 IV. TU375.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 23767 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

三河市利森达印务有限公司印刷; 冶金工业出版社出版; 各地新华书店发行

1996 年 5 月第 1 版, 1996 年 5 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 15 印张; 360 千字; 232 页; 1-3000 册

12.10 元

目 录

1	概述	(1)
1.1	高层建筑发展简况	(1)
1.2	高层建筑结构的设计特点	(7)
2	高层建筑结构设计的一般规定	(9)
2.1	结构体系选择	(9)
2.2	结构布置	(13)
2.3	高层建筑结构的概念设计	(20)
3	荷载及抗风抗震设计	(23)
3.1	高层建筑的荷载	(23)
3.2	风荷载和抗风设计	(23)
3.3	地震作用和抗震设计	(28)
3.4	荷载效应组合	(35)
4	结构分析的简化及刚度	(38)
4.1	结构分析的简化及假定	(38)
4.2	结构刚度	(39)
5	框架结构的内力和位移计算	(40)
5.1	框架承重单体和结构体系	(40)
5.2	竖向荷载作用下框架结构内力的近似计算	(41)
5.3	水平荷载作用下框架内力的近似计算——一般反弯点法	(46)
5.4	水平荷载作用下框架内力的近似计算——改进反弯点法 (D 值法)	(50)
5.5	水平荷载作用下框架侧移的近似计算	(60)
6	剪力墙结构的内力与位移计算	(70)
6.1	剪力墙承重单体和结构体系	(70)
6.2	剪力墙结构计算的几个问题	(70)
6.3	整截面墙的内力与位移计算	(71)
6.4	双肢和多肢墙的内力及位移计算	(74)
6.5	各类剪力墙的受力特点及其分类界限	(98)
6.6	整体小开口墙的内力与位移计算	(101)
6.7	壁式框架的内力近似计算	(102)
6.8	底层大空间剪力墙结构计算原则	(111)
7	框架-剪力墙结构的内力和位移计算	(121)
7.1	水平荷载作用下框架-剪力墙结构协同工作原理及计算方法	(121)
7.2	铰结框架-剪力墙结构在水平荷载作用下的内力及位移计算	(125)
7.3	刚结框架-剪力墙结构在水平荷载作用下的内力及位移计算	(136)
7.4	综合框架和综合剪力墙各自的内力计算	(147)
8	考虑扭转影响结构内力的近似计算	(150)

8.1	概述	(150)
8.2	质量中心、抗侧移刚度及刚度中心	(150)
8.3	考虑扭转作用的剪力修正	(151)
8.4	讨论	(153)
8.5	双向偏心时的受扭计算	(154)
9	内力组合及高层结构设计要求	(157)
9.1	内力组合及最不利内力	(157)
9.2	结构设计要求	(158)
10	框架截面设计和构造要求	(164)
10.1	框架抗震设计要求——延性框架的概念	(164)
10.2	框架梁抗震设计	(165)
10.3	框架柱抗震设计	(169)
10.4	框架梁柱节点区抗震设计	(174)
10.5	叠合梁设计	(178)
11	剪力墙截面设计和构造	(186)
11.1	概述	(186)
11.2	墙肢正截面承载能力	(187)
11.3	墙肢斜截面抗剪承载力	(190)
11.4	剪力墙连梁截面承载力	(191)
11.5	延性剪力墙设计及构造问题	(193)
11.6	各类剪力墙的设计特点	(196)
12	筒体结构设计的初步知识	(202)
12.1	筒体结构的分类和布置	(202)
12.2	筒体结构的受力性能和计算特点	(203)
12.3	筒体结构的计算初步及简化分析	(205)
13	高层建筑结构的基础选型	(211)
13.1	高层建筑基础的埋深	(211)
13.2	高层建筑基础的选型	(212)
14	高层建筑结构的机算分析方法	(214)
14.1	矩阵位移法	(214)
14.2	高层建筑结构空间协同分析方法	(224)
14.3	高层建筑结构三维空间分析方法	(226)
	参考文献	(232)

1 概 述

1.1 高层建筑发展简况

从茅草屋到摩天大楼是人类高度文明化的标志之一。在 19 世纪末期,科学与生产有了飞跃的发展,由于城市工业化和商业化的需要,人口集中,城市用地紧张,于是工程师们有了向高空发展的愿望及可能,并逐渐付诸实践。从 1883 年在美国芝加哥建成的 10 层家庭保险大厦到 1929 年在纽约建成 102 层的帝国大厦的 40 年间,世界上著名城市中摩天大楼相继拔地而起。美国是高层建筑发展最早和最多的国家,目前世界上 60 层以上的建筑大多数建于美国。当今世界上最高建筑是 1974 年建成的美国芝加哥 Sears 大楼,它是钢结构、109 层、442m 高。本世纪 50 年代,其它国家(或地区)的高层建筑一般为 20~30 层;60 年代为 30~50 层;70 年代超过 50 层;80 年代超过 70 层。韩国汉城 63 层(223m)的韩国保险公司大厦、日本东京 243m 高的东京市府大楼、新加坡 63 层(280m)的华联银行大厦、香港 72 层(368m)的中国银行大厦等堪称当今亚洲的摩天大楼。

过去高层建筑结构的主体多采用钢结构,但随着钢筋强度不断提高和混凝土材料不断向轻质高强发展,施工技术与设备的不断改进,设计计算理论及手段的不断进步,加之钢筋混凝土造价、防火和可塑性等的优点,钢筋混凝土高层建筑也突破了本世纪三、四十年代的 30 层台阶。1975 年建成的美国芝加哥水塔广场大楼为 77 层、262m 高,曾为世界最高的钢筋混凝土建筑。1990 年美国芝加哥又建成第 1 瓦克公司大楼(80 层,295m 高)和第 311 瓦克公司大楼(65 层,296m 高)。值得注意的是朝鲜平壤市建成的柳京饭店竟达 105 层、319.8m 高。可以说,今天钢筋混凝土结构高度已闯进 300m 大关,正向下一个台阶迈进。

解放前我国高层建筑寥寥无几。50 年代末,现代高层建筑起步于首都,如 1959 年建成的北京民族饭店(14 层装配式钢筋混凝土框架剪力墙结构,47.4m 高),北京民航大楼(15 层、高为 60.8m、钢筋混凝土框架结构)。70 年代,高层建筑开始用于住宅、旅馆和办公楼等,一般多为 30 层以下。如 1976 年建成的广州白云宾馆(33 层、114m 高、现浇剪力墙结构),1974 年建成的北京饭店新楼(18 层、87m 高、现浇框架-剪力墙结构),1975~1976 年间兴建的北京前三门住宅一条街(40 余栋,9~16 层,剪力墙结构),上海也建成了一批剪力墙住宅(12~16 层)。高层建筑已推向量大面广的住宅领域。进入 80 年代,高层建筑如雨后春笋拔地而起。1983 年底,全国建成 8 层以上建筑近千栋,1980~1984 年间所建高层建筑相当于解放以来 30 多年中所建高层建筑的总和。到目前为止,全国各大、中、小城市已有的或正在建设的高层建筑,已无法准确统计。

表 1-1 给出国内 100m 以上高层建筑的情况(至 1991 年 1 月止)。由表中可见,我国目前最高的钢筋混凝土建筑为深圳贤成大厦(见图 1-1);其次是广州的广州国际大厦(见图 1-2);再次是上海的展览中心北馆主楼和深圳的国际贸易中心大厦(见图 1-3)。我国目前最高的钢结构是北京的京广中心大厦。

目前国内高层建筑迅速发展的主要原因有以下几方面:

(1) 是我国经济发展的结果,是近年来我国工业、商业发展和城市规划的需要。

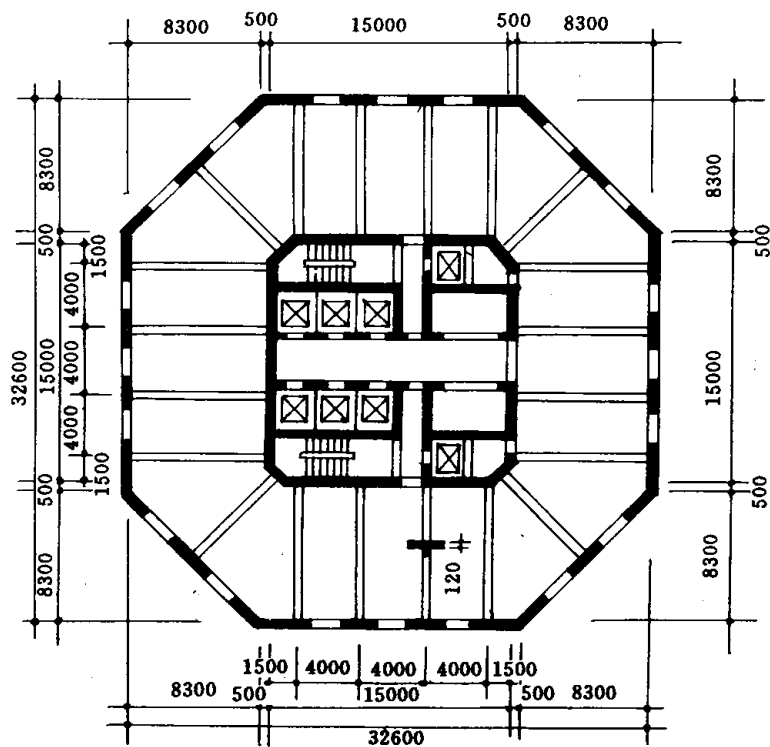


图 1-1 深圳贤成大厦 37 至 50 层结构平面图

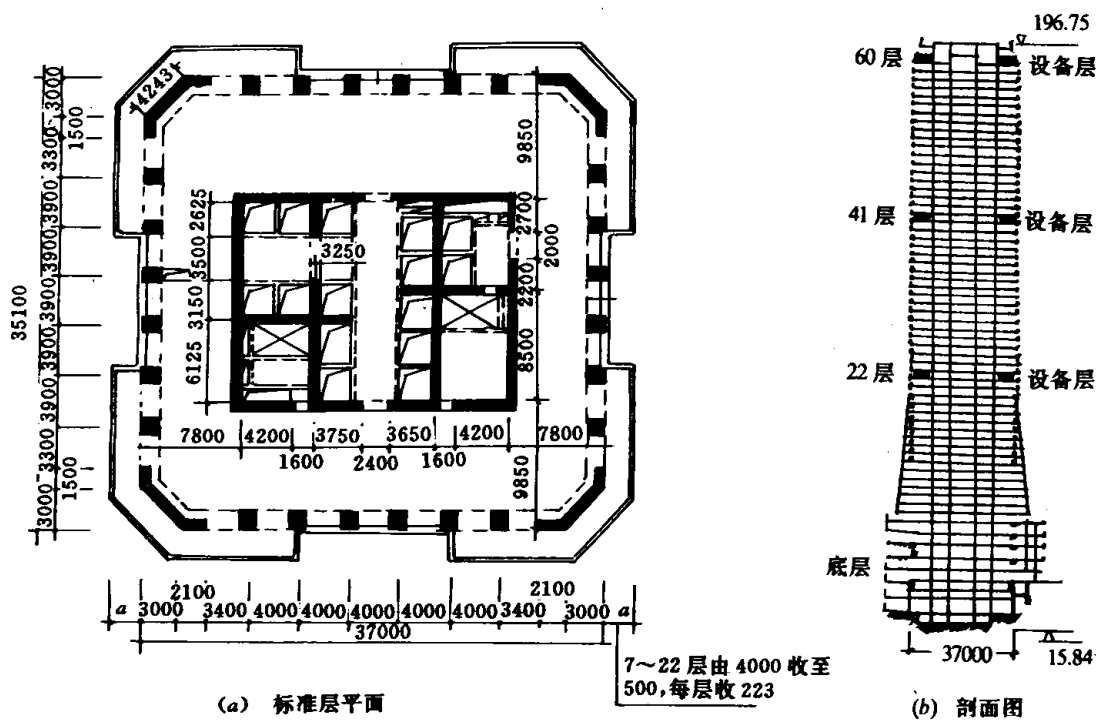


图 1-2 广州国际大厦 (63 层, 200m)

- (2) 是国际交往、对外开放、旅游开发和通讯调度等方面的需要。
- (3) 是解决我国人口众多、城市密集、建设用地紧张等问题的需要。据统计我国 13 个

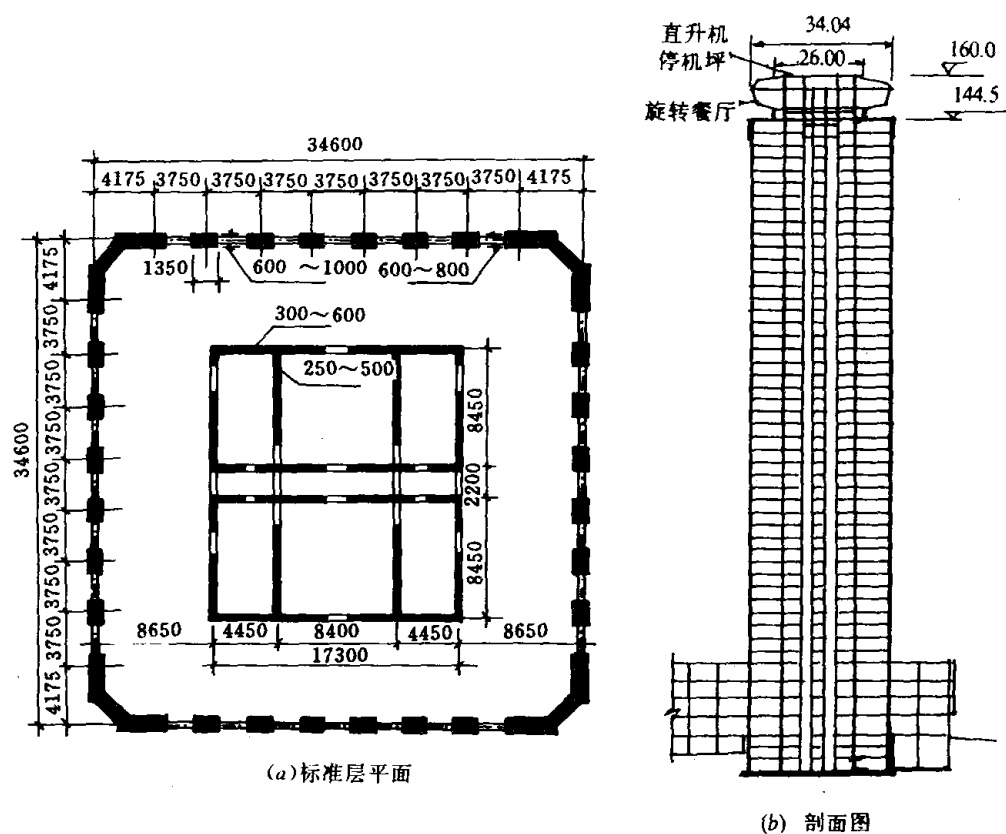


图 1-3 深圳国际贸易中心大厦 (50 层, 158.65m)

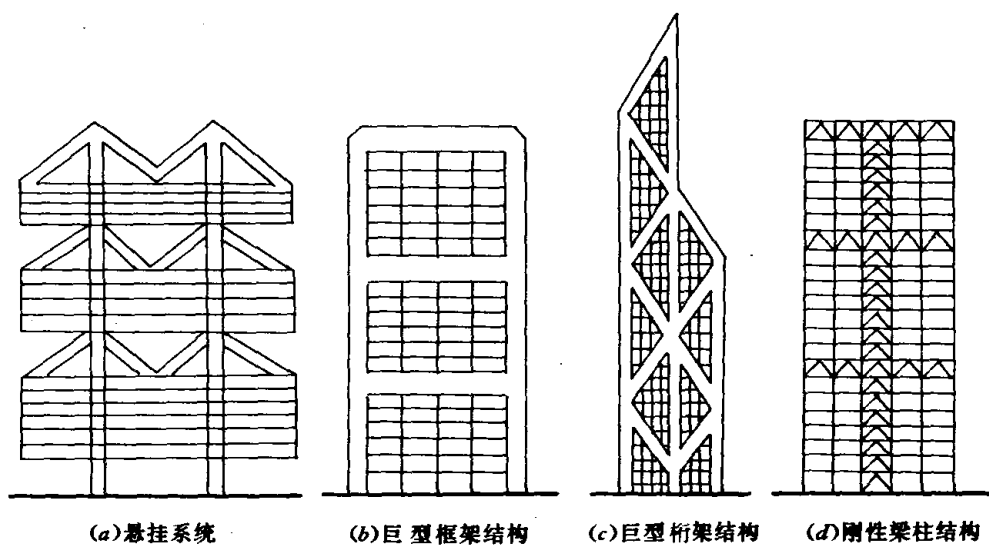


图 1-4 高层建筑的新结构体系

百万以上人口城市人均建设用地不足 60m^2 (上海只有 28m^2)，远远低于国外大城市人均建设用地 200m^2 的水平。至 1989 年，全国大城市人均居室面积不足 6m^2 ，远低于国外的 $20\sim 30\text{m}^2$ ，它迫使我们的房屋（尤其是住宅）向上空向高层发展。

我国目前高层建筑的发展特点为：

(1) 层数增多，高度加高。由于使用功能、城市规划和用地紧张等原因，我国高层建筑目前已突破 60 层和 200m 大关，正在设计和施工的 40 层以上的建筑就更多了。地震区的钢筋混凝土高层建筑设计，我国处在世界领先地位。

(2) 结构体系日趋多样化。进入 80 年代，由于对高层建筑功能和建筑艺术的需要，建筑物体型和平面日趋复杂和多样化，又由于抗震设防烈度提高，常规结构体系已难满足要求，于是空间受力的筒体结构有了广泛的应用，同时还出现了更新颖的整体受力的结构形式，如悬挂结构、巨型框架结构、刚性横梁或刚性桁架结构，如图 1-4 所示。

(3) 平面布置与竖向体型更加复杂。近年来，出现了不规则、不对称和曲线形的建筑平面（见图 1-5），这固然是由于建筑功能和城市规划的需要，但结构分析技术和机算手段

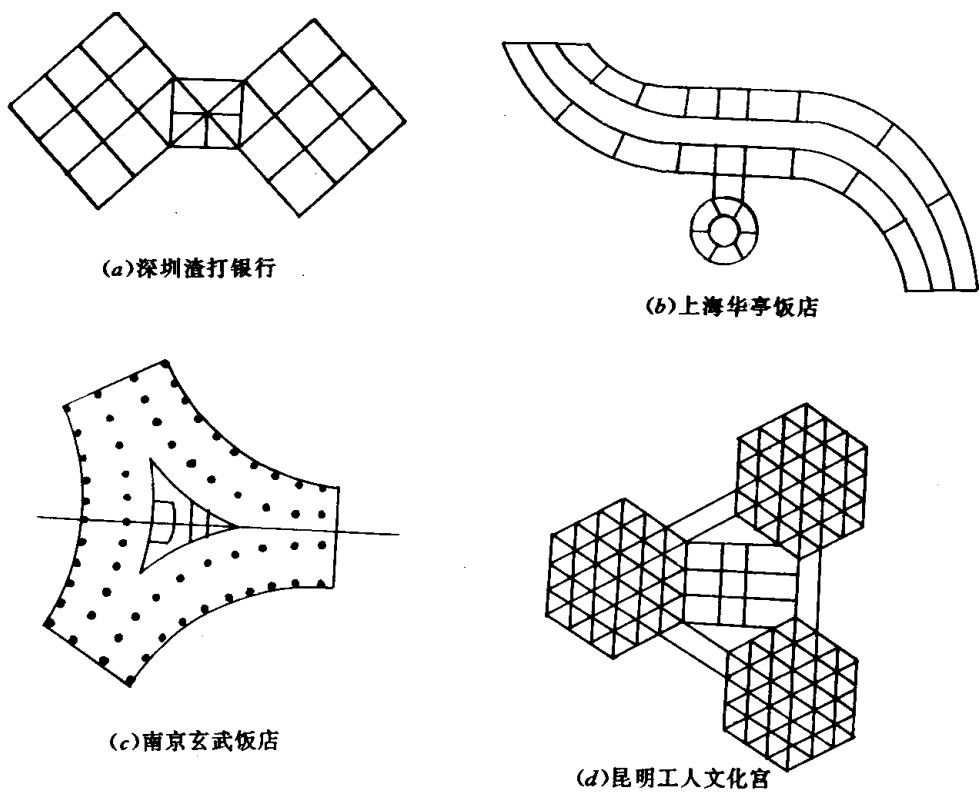


图 1-5 复杂建筑平面实例

的提高也为它创造了前提条件。另外，由于现代高层建筑向多功能综合性发展，内设办公室、旅馆、住宅、商店、餐厅和文体等服务项目，因此要求不同楼层有不同的结构布置，使得沿竖向发生结构形式和刚度的突变，需通过承托大梁或过渡层过渡，这样就对结构设计提出了更高的要求。

表 1-1 国内已建成的 100m 以上的高层建筑
(至 1991 年 1 月止，除贤成大厦外)

序号	名称	地点	±0 以上结构 层高度 (m)	结构层数		体系			形状	建成 年代	备注
				地上	地下	材料	结构	施工			
1	深圳贤成大厦	深圳	218	60	4	RC	筒中筒	全现浇	八边形	1995	
2	京广中心大厦	北京	208	57	3	S	框-剪	预制+现浇	扇形	1990	

续表 1-1

序号	名称	地点	±0 以上结构 层高度 (m)	结构层数		体系			形状	建成 年代	备注
				地上	地下	材料	结构	施工			
3	广东国际大厦	广州	199	63	4	RC	筒中筒	全现浇	矩形	1990	外墙爬模 塔架顶 185m
4	京城大厦	北京	182	52	4	S	框-剪	预制+现浇	方形	1991	
5	展览中心北馆主楼	上海	165	48	2	RC	框-剪	全现浇	矩形	1989	
6	发展中心大厦	深圳	165	43	1	S+ RC	框-剪	预制+滑模	圆形	1988	
7	国际贸易中心大厦	深圳	160	50	3	RC	筒中筒	滑模	方形	1985	
8	中国国际贸易中心办公楼	北京	155	39	2	S	筒中筒	预制+现浇	枣核形	1989	
9	广东省彩色电视中心	广州	154	33	1	RC	框-剪	全现浇	Y 形	1990	
10	锦江分馆	上海	153	46	1	S	框架-支撑	预制+现浇	八边形	1988	
11	静安希尔顿酒店	上海	144	43	1	S+ RC	框架-筒体	预制+爬模	三角形	1988	
12	金陵综合业务楼	上海	140	37	1	RC	框架-筒体	全现浇	六边形	1990	
13	上海国际贸易中心	上海	139	37	2	S	框架-支撑	预制+现浇	矩形	1991	外墙爬模
14	中国银行大厦	深圳	134	38	1	RC	群筒框架	全现浇	矩形	1990	
15	华侨大厦	广州	133	40	2	RC	框架-筒体	全现浇	钻石形	1991	
16	国际大厦	天津	132	38	3	RC	筒中筒	滑框倒模	方形	1991	
17	电信大楼	上海	131	24	3	RC	筒中筒	全现浇	矩形	1987	
18	联合大厦	上海	129	36	2	RC	框架-筒体	升降模	六边形	1989	
19	扬子江大饭店	上海	128	39	1	RC	框-剪	全现浇	矩形	1990	
20	华东电力大楼	上海	125	30	1	RC	框架-筒体	全现浇	方形	1987	
21	花园饭店	上海	123	34	1	RC	剪力墙	滑模	棱形	1989	
22	航空大厦	深圳	120	37	1	RC	框架-筒体	全现浇	三角形	1987	外墙爬模
23	珠江实业中心北塔	广州	120	34	2	RC	框架-筒体	全现浇	三角形	1991	
24	科技文化活动中心	沈阳	117	32	3	RC	筒体-剪力墙	全现浇	矩形	1991	
25	新华社技术业务楼	北京	117	28	4	RC	框架-筒体	滑模	矩形	1989	
26	星湖大酒店	肇庆	117	34	1	RC	筒体-剪力墙	全现浇	圆形	1991	
27	海仑宾馆	上海	116	35	1	RC	框-剪	全现浇	双三角形	1991	
28	广东省电力中心调度楼	广州	116	30	1	RC	框-剪	全现浇	矩形	1989	
29	白云宾馆	广州	115	33	1	RC	剪力墙	全现浇	矩形	1976	
30	黄和平大厦	郑州	114	35	2	RC	剪力墙	全现浇	矩形	1988	
31	上海物资贸易中心	上海	114	33	1	RC	框架-筒体	升降模	Y 形	1989	
32	亚洲大酒店	深圳	114	37	1	RC	巨型框架	全现浇	Y 形	1990	外墙爬模
33	重庆工商银行大厦	重庆	113	33	2	RC	框架-筒体	全现浇	正方形	1990	
34	展览中心北馆东公寓	上海	112	32	1	RC	框-剪	全现浇	矩形	1990	
35	展览中心北馆西公寓	上海	112	32	1	RC	框-剪	全现浇	矩形	1990	
36	中央彩色电视中心	北京	112	27	2	RC	筒中筒	现浇+预制	矩形	1986	
37	花园酒店	广州	112	31	1	RC	剪力墙	大模	Y 形	1985	天线 135m

续表 1-1

序号	名 称	地点	±0 以上结构 层高度 (m)	结构层数		体系			形状	建成 年代	备注
				地上	地下	材料	结构	施工			
38	金陵饭店	南京	111	37	1	RC	框架-筒体	全现浇	方形	1983	
39	新世纪饭店	北京	110	35	2	RC	框架-筒体	现浇+预制	三角形	1991	
40	京信大厦	北京	109	32	3	RC	筒中筒	滑模	三角形	1990	
41	广东省人民银行	广州	110	29	1	RC	框-剪	全现浇	矩形	1988	
42	丽都酒店	广州	110	29	2	RC	框-剪	全现浇	矩形	1990	
43	园岭大厦公寓办公楼	深圳	108	33	1	RC	框-剪	全现浇	井形	1991	
44	园岭大厦公寓办公楼	深圳	108	33	1	RC	框-剪	全现浇	井形	1991	
45	外贸谈判大楼	上海	107	33	1	RC	框架-筒体	全现浇	三角形	1990	
46	瑞金大厦	上海	107	29	1	S+RC	框架-筒体	预制+现浇	矩形	1987	
47	贵州饭店	贵阳	106	30	1	RC	框支剪力墙	全现浇	弧形	1988	
48	东北电网生产调度中心	沈阳	106	24	2	RC	框-剪	全现浇	矩形	1986	
49	联谊大厦	上海	106	30	1	RC	框架-筒体	全现浇	矩形	1985	
50	银河宾馆	上海	106	35	2	RC	框架-筒体	全现浇	三角形	1989	
51	中国国际贸易中心国际公寓	北京	106	34	1	RC	框架-筒体	全现浇	方形	1989	
52	中国国际贸易中心国际公寓	北京	106	34	1	RC	框架-筒体	全现浇	方形	1989	
53	贵都酒店	上海	106	29	2	RC	框-剪-筒	全现浇	矩形组合	1990	
54	芳园大酒店	珠海	106	32	1	RC	框-剪-筒	全现浇	方形	1990	
55	园岭大厦公寓	深圳	105	33	1	RC	框-剪	全现浇	井形	1991	
56	园岭大厦公寓	深圳	105	33	1	RC	框-剪	全现浇	井形	1991	
57	锦沧文华大酒店	上海	105	30	1	RC	剪力墙	全现浇	L 形	1990	
58	天津交易大厦	天津	109	34	2	RC	框架-筒体	滑框倒模	三角形	1988	
59	建设银行大楼	深圳	105	31	1	RC	剪力墙	全现浇	矩形	1987	
60	晶都酒店	深圳	105	31	1	RC	剪力墙	全现浇	矩形	1987	
61	工商银行大楼	深圳	105	31	1	RC	框-剪	全现浇	矩形	1987	
62	远洋宾馆	上海	105	32	1	RC	框支剪力墙	全现浇	Y 形	1988	原亚洲宾馆
63	亮马河大厦	北京	104	29	1	RC	筒中筒	全现浇	方形	1990	
64	北京国际饭店	北京	104	31	3	RC	剪力墙	滑模	弧形	1987	
65	蜀都大厦	成都	103	33	1	RC	筒体-剪力墙	全现浇	腰鼓形	1990	
66	爱建 3 号公寓	上海	104	31	2	RC	框架-筒体	全现浇	方形	1989	
67	城市酒店	上海	103	27	1	RC	框架-筒体	全现浇	三角形	1989	
68	虹桥宾馆	上海	103	34	2	RC	框架-筒体	全现浇	三角形	1988	
69	华侨大酒店	深圳	103	28	1	RC	框支剪力墙	全现浇	Λ 形	1989	
70	河北省电力生产调度楼	石家庄	103	29	2	RC	筒中筒	全现浇	圆形	1991	天线顶 121.5m
71	金陵大厦	深圳	102	29	1	RC	剪力墙	全现浇	弧形	1990	
72	北京城乡贸易中心	北京	102	28	4	RC	框架-筒体	全现浇	矩形	1990	

续表 1-1

序号	名称	地点	±0 以上结构 层高度 (m)	结构层数		体系			形状	建成 年代	备注
				地上	地下	材料	结构	施工			
73	新虹桥大厦	上海	102	27	1	RC	框架-筒体	全现浇	矩形	1988	原领馆大楼
74	之江饭店	杭州	102	32	2	RC	剪力墙	全现浇	Y 形	1990	
75	昆仑饭店	北京	102	30	2	RC	剪力墙	大模+预制	S 形	1986	
76	文化假日酒店	广州	101	25	2	RC	框架-剪力墙	全现浇	T 形	1989	
77	太平洋大饭店	上海	101	28	1	RC	框-剪	爬模—飞模	弧形	1990	
78	湖北烟草大厦	武汉	101	27	1	RC	框架-筒体	全现浇	圆形	1990	
79	爱建 4 号公寓	上海	101	30	2	RC	剪力墙	全现浇	矩形	1990	
80	白天鹅宾馆	广州	100	33	1	RC	剪力墙	大模	梭形	1983	
81	金通大厦	深圳	100	32	1	RC	框架-筒体	全现浇	三角形	1990	天线 110m
82	吉林电力大楼	长春	100	24	2	RC	框架-剪力墙	全现浇	矩形	1990	

注：S—钢结构，RC—钢筋混凝土结构。

1.2 高层建筑设计特点

“高层建筑”的界限标准各国不同,我国一般 8 层以上建筑设有电梯,10 层以上有专门的防火规范,因此一般可把 8~10 层以上的建筑视为高层建筑。我国《钢筋混凝土高层建筑结构与施工规程》JGJ3-91(以下简称为《高规》)具体规定 8 层及其以上为高层建筑。

高层建筑和多层建筑一样,承受垂直荷载和水平荷载,但高层建筑首先是高,因而具有以下设计特点:

(1) 高层建筑结构的主要问题是在水平荷载作用下的内力和位移。多低层结构的垂直荷载起控制作用,垂直荷载主要产生轴力 N , N 与高度 H 为线性关系,方向不变。而高层建筑随着 H 的增加,水平荷载作用下其内力及位移非线性增大,弯矩 M 和位移 u 都呈指数曲线上升(见图 1-6),而且水平荷载可以为任何方向,反向荷载可使内力变号。

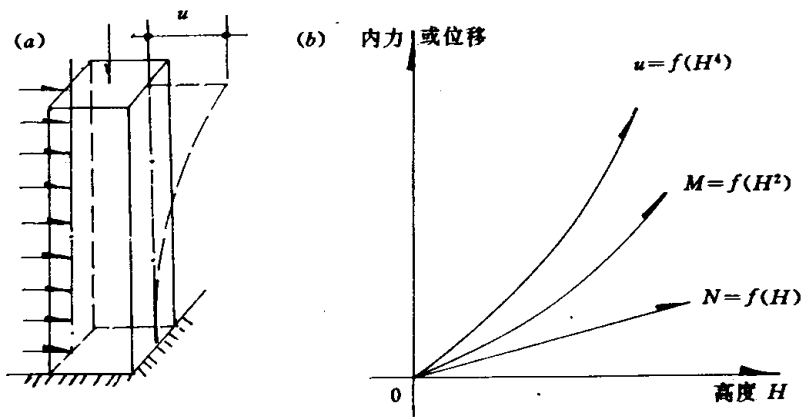


图 1-6 建筑物高度对内力和位移的影响

(2) 高层建筑结构有些问题不容忽视, 必须慎重处理。

1) 对地震荷载, 按照《高规》规定, 建筑高度在 40m 以上的结构应考虑高振型的影响, 不能用单一振型的简化计算方法。风荷载为高层结构的主要荷载, 应把基本风压 W_0 加大 1.1~1.2 倍, 并视高度不同还应考虑风振及涡流影响 (建筑物外表有竖线条及群体高层结构的风载体型系数应加大)。另外, 结构的端部效应、 $N-\Delta$ 效应等也需考虑;

2) 上部结构和基础的共同工作;

3) 材料的持久强度和积伤效应等;

4) 结构的延性和多道设防。

(3) 高层建筑设计涉及的问题很多, 除了建筑、结构、施工外, 还有防火防爆、垂直交通疏散、设备管道 (电梯、水箱、空调及防火报警系统等)、供电供水、生活服务 (商店、食堂、文体设施)、邮电通讯以及环境卫生 (垃圾) 等都需全面考虑。从这个意义上讲, 一座高层建筑就相当于一个独立的小城市。

(4) 根据使用功能要求 (大空间、小房间) 及结构受力特点, 不同的高度可选择不同的结构, 如框架、框架-剪力墙、剪力墙、框架-筒体和筒体结构等。

(5) 高层结构受力复杂, 计算量大, 实际中多用机算, 各种分析程序已日趋完善并不断有多功能的更复杂的新分析程序出现。

思考题

1. 试说明我国现代高层建筑的发展情况及发展特点, 为什么高层建筑在我国能得到迅速发展?

2. 与一般结构相比, 高层结构设计的特点是什么? 为什么会有这些设计特点?

3. 用简单方法计算 (按下端固定的悬臂梁) 高度为 25m、50m 及 100m 时一个平面为正方形结构的底部剪力 V_0 、底部弯矩 M_0 和顶点侧移 u (可只考虑弯曲变形) 的数值, 并加以比较 (比较时以 25m 高为 1)。该正方形结构是平面为 10×10 m 的筒体, 墙厚为 20cm, 弹性模量为 $E_c = 3.0 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$, 荷载呈倒三角形分布, 最大值 $q = 50 \text{ kN/m}$ 。从该结构的简单比较中可以得到什么启发? 高层、多层、低层对结构刚度和承载力要求有什么不同?

2 高层建筑设计的一般规定

钢筋混凝土高层建筑设计应与建筑、设备和施工紧密配合，注意高层建筑结构特点，做到安全适用，技术先进，经济合理。

高层建筑结构应重视结构的选型和构造，选用抗震及抗风性能好的结构体系和平面立面布置方案；抗震设防时，强调概念设计，加强构造措施，保证整个结构有足够的强度、刚度和延性。

2.1 结构体系选择

2.1.1 竖向结构体系的选择

高层结构有框架、剪力墙、筒体等基本承载单体，由这些承载单体可以组成框架、框架-剪力墙、剪力墙（包括底层大空间剪力墙）、框架-筒体及筒体（有单筒、筒中筒及组合筒）等结构体系。

遵循经济合理（受力）和安全可靠的原则，根据当前的科技水平，各种结构体系高度的最大限值可按表 2-1 取用。

表 2-1 建筑物最大高度（m）

结 构 体 系		非 抗 震 设 计	抗 震 设 防 烈 度			
			6 度	7 度	8 度	9 度
框 架	现 浇	60	60	55	45	25
	装 配 整 体	50	50	35	25	/
框架-剪力墙 和框架-筒体	现 浇	130	130	120	100	50
	装 配 整 体	100	100	90	70	/
现浇剪力墙	无 框 支 墙	140	140	120	100	60
	部分框支墙	120	120	100	80	/
筒中筒及成束筒		180	180	150	120	70

注：①房屋高度指室外地面至檐口高度，不包括局部突出屋面的水箱、电梯间等部分的高度。
②当房屋高度超过表中规定时，设计应有可靠依据并采取有效措施。
③位于Ⅳ类场地土的建筑或不规则建筑，表中高度应适当降低。

选择结构体系时，可根据建筑物用途及功能要求、建筑物高度（或层数）和所处地区的抗震设防烈度确定合理的结构体系。

图 2-1 归纳了各种结构体系的适用层数和目前最大可建层数。

此外，为了保证高层建筑物的抗倾覆、稳定和刚度要求，其高宽比不宜超过表 2-2 的限值。

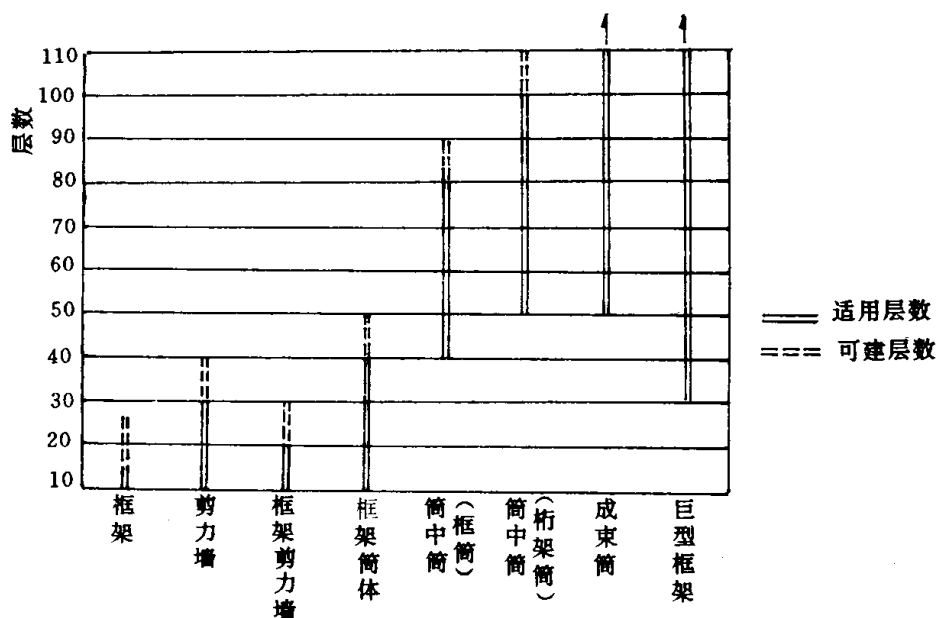


图 2-1 各种结构体系适用建筑层数

表 2-2 高宽比限值

结 构 类 型	非抗震设计	抗震设防烈度		
		6 度、7 度	8 度	9 度
框 架	5	5	4	2
框架-剪力墙、框架-筒体	5	5	4	3
剪 力 墙	6	6	5	4
筒中筒、成束筒	6	6	5	4

2.1.2 楼面体系的选择

2.1.2.1 现浇楼盖和装配整体式楼盖

高层建筑结构中各竖向抗侧力结构（框架、剪力墙、筒体等）要通过水平的楼面结构连接为空间整体。水平力将通过楼板平面进行传递和分配，各竖向抗侧力结构的水平变位将因楼板的作用而协调起来，因此要求楼板在自身平面内有足够大的刚度。为此，高度超过 50m 的建筑，宜采用现浇楼面结构。

当房屋高度不超过 50m 时，除现浇楼面外，还可以采用装配整体式楼面。但这时，要十分注意预制楼板之间的连接构造、楼板和剪力墙之间的连接构造，以确保楼面的刚性和整体性，具体考虑如下：

高度不超过 50m 的剪力墙结构和框架结构，由于各片抗侧力结构的刚度相差不十分悬殊，水平力在各片抗侧力结构中的分配比较接近，所以楼板平面内受力较小，可以采用装

配式楼板，通过现浇板缝连为整体。板缝宽度为 50mm，放一根钢筋，用高强混凝土填充密实。

高度在 50m 以下的框架-剪力墙结构要在预制楼板上设置现浇面层。因为在框架-剪力墙结构中，框架部分刚度较小，大部分水平力要通过楼板平面传送到剪力墙上去，对楼板刚度有较严的要求。现浇面层宜每层设置，现浇面层混凝土强度等级不低于 C20，厚度不低于 40mm，同时内铺 $\phi 4 \sim \phi 6$ 、间距为 150~250mm 的（双向）钢筋网片，钢筋应伸入剪力墙或与剪力墙预留的锚筋连接。预制板缝要拉开 40mm 以上，用 C20 以上混凝土灌缝并配筋。

9 度抗震设防时，宜采用现浇楼盖。

50m 以下的建筑中，房屋的顶层、结构转换层及平面复杂、外伸段太长或开洞过大的楼层应采用现浇楼盖。

2.1.2.2 楼盖的分类

A 梁板式楼盖

梁板式楼盖是最普通的楼板型式，它有较好的经济指标，但楼面结构占用空间较大，不便于布置管线，要求较大的层高。

梁板式楼盖有现浇和装配整体式两种。装配整体式楼盖常为在十字形或为花篮形截面预制梁上搭预制板，其上设置现浇面层。

当层高受到限制，梁的截面高度不能满足要求时，可以采用扁（宽）梁的现浇楼盖。如深圳国际贸易中心的筒中筒结构（50 层，160m），内外筒之间跨度为 8m，层高限定为 3m，采用间距为 3.75m，截面为 $b \times h = 400 \times 450\text{mm}$ 的扁（宽）梁；福州国际大厦（28 层，88m，框架-剪力墙结构），标准层层高 3m，采用 $b \times h = 600 \times 450\text{mm}$ 的扁（宽）框架梁都收到较好的技术经济和使用效果。此外扁梁还可以起到强柱弱梁的效果。但采用扁梁应注意验算其刚度能否满足允许挠度的要求。

B 密肋式楼盖

密肋式楼盖多用于跨度大而梁高受限制的情况下。筒体结构的角区楼板也常用双向密肋楼盖。肋距一般为 0.9~1.5m，常用 1.2m 较为经济，见图 2-2。可用轻质材料块（如泡沫混凝土块等）形成密肋，也常用塑料模壳施工。图 2-2 即为 19 层的北京图书馆书库塑料模壳密肋楼盖的实例。

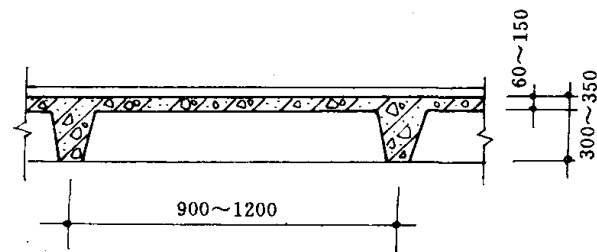


图 2-2 密肋楼盖

现浇普通混凝土密肋楼盖跨度一般不大于 9m，预应力混凝土密肋楼盖跨度可达 12m。在荷载较大的情况下，采用密肋楼盖可以取得较好的经济技术指标。北京图书馆主书

库，楼盖方案比较见表 2-3。

表 2-3 北京图书馆主书库楼盖方案比较
(6×6m 柱网， $q=6\text{kN/m}^2$)

方 案	钢材 (kg/m ²)	混凝土 (m ³ /m ²)	造价 (元/m ²)	楼盖结构高度	挠度 (Δ/L)
现浇无梁楼盖	19.8	0.22	44.0	$\frac{1}{30}L$	1/260
井 式 楼 盖	15.1	0.16		$\frac{1}{15}L$	1/300
1.2×1.2m 双向密肋楼盖	11.5	0.14	27.5	$\frac{1}{17}L$	1/380

2B

C 无梁楼盖

无梁楼盖常用于使用荷载较大而层高受到限制的情况下；也可用于施工场地狭窄，只能用升板法施工时。

无梁楼盖在仓库（尤其冷藏库、书库、商场、车间）使用可以取得良好的效果。

无梁楼盖宜设现浇柱帽以提高板柱结构的抗水平力性能和防止板的冲切破坏。

普通钢筋混凝土无梁楼盖的跨度一般为 6m；预应力混凝土无梁楼盖跨度可达 9m。一般常用无粘结后张法施工的无梁板。

D 非预应力平板

非预应力平板广泛用于剪力墙结构和筒体结构。其特点是可以降低建筑物层高，板底平整可以不加吊顶，施工也方便。

非预应力平板一般为实心板，跨度不超过 7m。在筒体结构中，当内外筒距离为 8m 时，板厚达 300~350mm，自重较大，混凝土用量多，不很合理。目前多采用特种纸管埋入的现浇非预应力空心板楼盖，由于板内有圆形空腔，刚度增加，自重降低，取得了较好的效果。

E 预应力平板

a 预应力空心板 冷拔低碳钢丝或高强钢丝先张法预应力空心板是目前应用较广泛的楼盖形式。跨度在 4m 以下的短板厚度为 130mm，跨度在 6~7m 的长板厚度为 180mm 左右。采用预应力空心板一方面要采取构造措施以保证楼盖的整体性（如前述拉开板距进行灌缝、设置现浇面层等）；另一方面要加强板端与剪力墙及框架梁的连接，除留出两端的锚结钢筋（胡子筋）外，施工时还必须用砂浆块、砖块填塞孔洞端部（堵头），留出 60~80mm 的空腔，以便现浇墙体混凝土或框架梁叠合部分混凝土时能形成剪力销键（图 2-3）。

b 预制的预应力大楼板 板的尺寸与房间大小相同；最大为 5.0m×4.0m，厚 130mm，双向布置先张法预应力钢筋。预应力钢筋可以是 $\phi 5$ 钢丝束，也可以是双钢筋。板边常做成齿槽形凸出支承在剪力墙上。大楼板整体性好，用于剪力墙结构中，周边均与剪力墙相连，具有良好的抗震性能，但是需要双向预应力台座，构件重量和尺寸都较大，对运输和起重设备要求较高。

c 预应力叠合板 如图 2-4 所示，它由两部分组成，在工厂预制预应力薄板，厚度为 50~60mm，其平面尺寸视使用和运输条件决定，最大可做到 5m×4m。预应力薄板既是现浇混凝土部分的模板，又是楼板结构的一部分。在叠合前，要在预应力薄板上绑扎现浇部分的钢筋，然后浇注混凝土，其厚度为 80~120mm。预应力薄板板面要留出锚固钢筋以连接非预应力叠合部分。预应力薄板容易开裂、刚度小，需用专门的托车运到现场吊装，安装后应适当加临时支撑。