

高层建筑结构计算与设计

黄本才 编著

同济大学出版社

高层建筑结构计算与设计

黄本才 编著

同济大学出版社

内 容 提 要

本书共分九章,内容包括高层建筑框架,剪力墙,框架-剪力墙,筒体结构和高层筏基、箱基的计算与设计,以及国际上主要国家规范关于高层建筑抗风设计方法的介绍、分析与比较。

高层建筑上部与下部结构的计算内容包括简化内力分析(同时附有大量计算实例)和专用有限元方法;设计内容有荷载效应组合,高层梁、柱及剪力墙构件截面设计与构造要求。此外,也详细介绍了目前国内常用且最新的高层计算与施工图设计的计算机软件及部分国外专用计算机软件的原理与功能等。

本书最后一章用较大篇幅介绍了我国、加拿大、美国、日本、澳大利亚、欧洲钢结构协会等国家或组织规范关于高层抗风计算的原理与方法,并配有大量算例,很有参考价值。本章还详尽地介绍了有关国家规范超高层建筑对风运动的人体舒适度验算理论、方法和准则,也介绍了我国规范的背景资料。

本书为高等工科院校土建类专业(含工程力学专业)的教材,也可供设计单位和其他有关工程技术人员参考。

责任编辑 司徒妙龄

封面设计 李志云

高层建筑结构计算与设计

黄本才 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

新华书店上海发行所发行

同济大学印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:15.75 字数:400 千字

1998 年 2 月第 1 版 1998 年 2 月第 1 次印刷

印数:1—5000 定价:14.00 元

ISBN7-5608-1891-9/TU·257

目 录

第一章 高层建筑的主要结构体系和受力特点	(1)
§ 1.1 高层建筑的发展	(1)
§ 1.2 高层建筑结构主要结构体系及适用范围	(3)
§ 1.3 高层建筑结构主要受力特点	(9)
第二章 高层框架结构的 D 值法	(13)
§ 2.1 修正的 D 值计算	(13)
§ 2.2 反弯点高度比 η 计算	(17)
§ 2.3 高层框架结构内力和水平位移计算	(25)
第三章 剪力墙结构体系的简化计算方法	(33)
§ 3.1 整体墙的内力和侧移计算	(35)
§ 3.2 整体小开口墙的内力和侧移计算	(36)
§ 3.3 多肢剪力墙的内力和侧移计算	(42)
§ 3.4 用 D 值法计算壁式框架的内力和侧移	(65)
§ 3.5 框支剪力墙内力和侧移近似计算	(73)
§ 3.6 各类剪力墙的划分界限	(78)
第四章 框架-剪力墙结构体系的简化计算方法	(81)
§ 4.1 基本假定和计算简图	(81)
§ 4.2 综合剪力墙抗弯刚度、综合框架抗剪刚度和连系梁旋转刚度	(83)
§ 4.3 框架-剪力墙协同工作微分方程的解	(86)
§ 4.4 内力分配和主要计算内容	(91)
§ 4.5 框架、剪力墙、框架-剪力墙结构体系扭转的近似计算	(93)
§ 4.6 框架-剪力墙结构计算实例	(97)
第五章 剪力墙、框架-剪力墙结构体系的空间协同工作有限单元法	(106)
§ 5.1 单元刚度矩阵	(106)
§ 5.2 简约侧向刚度矩阵	(113)
§ 5.3 结构的内力和位移计算	(115)
第六章 筒体结构受力分析	(124)
§ 6.1 筒体结构的受力性能	(124)

§ 6.2	框筒结构简化分析方法	(127)
§ 6.3	筒中筒结构的分析方法	(140)
第七章	高层建筑结构设计原理与计算机软件	(145)
§ 7.1	高层建筑结构软件中的力学计算方法	(145)
§ 7.2	荷载效应组合与承载力验算	(146)
§ 7.3	高层建筑结构的一些设计要求	(149)
§ 7.4	高层建筑结构计算与设计的软件	(158)
第八章	高层建筑结构的基础计算与设计	(164)
§ 8.1	筏板式基础计算与设计	(164)
§ 8.2	箱形基础计算与设计	(171)
§ 8.3	高层建筑基础设计的计算机软件与原理	(181)
第九章	高层建筑结构抗风实用计算	(184)
§ 9.1	静力风荷载	(184)
§ 9.2	高层建筑顺风向风荷载计算	(192)
§ 9.3	横风向风振动力计算	(215)
§ 9.4	高层建筑人体舒适度验算	(220)
附录 9.1	有关国家地貌划分及描述	(237)
附录 9.2	有关国家高度变化系数	(239)
附录 9.3	湍流强度	(242)
参考文献		(244)

第一章 高层建筑的主要结构体系和受力特点

§1.1 高层建筑的发展

自 1885 年美国兴建第一幢高层建筑——芝加哥家庭保险公司大楼(10 层,55m)以来,高层建筑的发展是很快的,特别是在 70 年代和 80 年代,发展尤为迅速。在 20 世纪初期,大量钢结构高层在美国建成,于第二次世界大战前,超过 200m 的高层建筑已有 10 幢,其中最为突出的是 1931 年建成的纽约帝国大厦(102 层,381m),它保持世界最高建筑的记录达 41 年之久。其后在 50~70 年代,随着战后经济的恢复和发展,高层建筑发展又进入一个新的时期,至 1979 年,全世界建成 200m 以上的高层建筑有 50 幢以上,其中大部分建筑在美国,这期间,于 1972 年建造了两幢纽约世界贸易中心大厦(110 层,417m,415m),打破了帝国大厦高度的记录。1974 年,美国又建成了芝加哥西尔斯大厦(Sears Tower,110 层,443m,见图 1-1),西尔斯大厦的高度保持世界最高水平已达 20 年。到了 80 年代和 90 年代初期,高层建筑虽然在高度上未有新的突破,但其风格有了新的变化,并酝酿着更高的建筑。例如,在这一时期内,美国曾规划、设计纽约的“电视城”(Television City Tower,150 层,509m)和费尼克斯市的 Phoenix Tower(515m),都将突破 500m 高度。据有关专家分析,目前,美国的超高层建筑占据世界第一,例如,在全世界前十大建筑物(见表 1-1)中美国就占据八幢。但今天美国的优势正逐渐被打破,特别是自美国 1976 年的经济危机之后,其超高层建筑停滞不前,仅有 1989 年建成的洛杉矶利勃提广场大厦(75 层,310m)一幢位于十大建筑之后。而新兴的亚洲超高层建筑正方兴未艾,后来居上。在我国,据统计,目前高度在 104m 以上的高层建筑约有 100 幢,分布于上海、广州、北京、深圳等 20 个大城市,其中以上海为最多,有 76 幢。上海浦东陆家嘴金融贸易区将是我国超高层建筑最集中的地区,在不足 2km²的地面上,几年内将崛起近百幢总建筑面积 400 多万平方米的超百米建筑,目前已有 20 多幢建成使用。于 1995 年开始施工的亚洲第一高楼金茂大厦(88 层,420.5m,图 1-2)目前正在进行上部结构施工,结构已封顶,预计在 1998 年交付使用。现正在施工的浦东环球金融中心(94 层,460m),已于 1997 年动工,建成后将成为世界最高楼,高出美国芝加哥西尔斯大厦 17m。另外,广州市于 1990 年建成广东国际大厦(63 层,199m)之后,现正在建造 80 层、322m 的广州中天大厦。在深圳,曾建造了当时(1985 年)国内最高的深圳国贸中心(53 层,160m),现正在施工高 61 层、218m 的深圳贤城大厦,据最近消息,又将建两幢外形相同、每幢为 128 层、高 488m 的中华大厦。北京市于 1990 年建成京广中心(57 层,208m),1991 年建成京城大厦(52 层,182m)之后,亦将动工兴建 88 层的大楼。重庆市计划兴建的重庆综合大厦,为 114

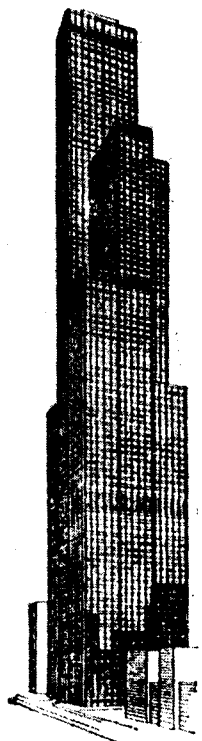


图 1-1 西尔斯大厦

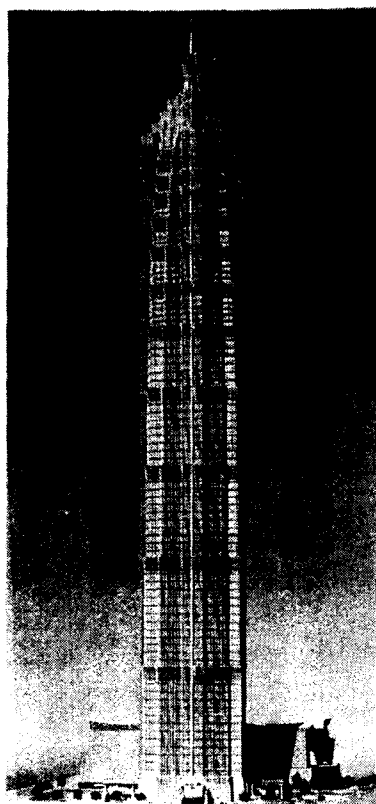


图 1-2 金茂大厦

层,高 457m,将成为我国层数最多的超高层建筑。在香港,于 1988 年建成了中国银行大厦 (72 层,368m),位于世界十大建筑之列。

全世界 10 幢最高的建筑物

表 1-1

序号	建筑物	城市	建成年份	层数	高度(m)	材料	用途
1	双塔大厦	吉隆坡	1996	88	452	混合	办公楼
2	西尔斯塔楼	芝加哥	1974	110	443	钢	办公楼
3	世界贸易中心(北)	纽约	1972	110	417	钢	办公楼
4	世界贸易中心(南)	纽约	1973	110	415	钢	办公楼
5	帝国大厦	纽约	1931	102	381	钢	办公楼
6	中国银行大厦	香港	1988	72	368	混合	办公楼
7	印地安纳标准石油大厦	芝加哥	1973	83	346	钢	办公楼
8	约翰·汉考克大厦	芝加哥	1968	100	344	钢	多功能
9	克里斯勒大厦	纽约	1930	77	319	钢	办公楼
10	利勃提广场大厦	洛杉矶	1989	75	310	混合	办公楼

亚洲的马来西亚于 1996 年底完工的双塔大厦,高 452m,成为世界最高建筑。在 1993 年,日本建成了横滨标志大厦(Landmark Tower),为 73 层、296m,是当前日本最高的建筑物。朝鲜于 1990 年完成(结构)的平壤柳京大厦,高 105 层,305m。

90 年代,亚洲是经济发展最快的地区,其中,日本、朝鲜、韩国、中国大陆和台湾及香港、新加坡、马来西亚等国家和地区,陆续建造了一些超过 200m,300m 的建筑物,并正在向 400 多米的世界高度发展,相应地,欧洲的一些国家,特别是经济比较发达国家的名城,如巴黎、伦敦、罗马、柏林等,虽也建造了一些高层建筑,但总体来说还不是太高,大多数为 100 多米的高层,其中最高的为波兰华沙的华沙科学文化宫(241m)和法国巴黎蒙巴纳斯大厦(229m)。

我国习惯上称八层及八层以上民用建筑为“高层建筑”,主要原因是从八层开始一般要设置电梯。国外,不同的国家,讲法也不一致,例如,有的国家称 30 层及 30 层以上的建筑为高层建筑,30 层以下为多层建筑。

§1.2 高层建筑结构主要结构体系及适用范围

高层建筑的结构体系是很多的,这里主要介绍钢筋混凝土结构中的几种常用结构形式,也顺便提及其他部分的结构体系。下面主要介绍高层框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构和筒体结构体系。

一、高层框架结构体系

框架结构是由水平横梁和竖柱通过刚性节点连接在一起而形成矩形网格的竖向平面结构形式(图 1-3)或空间网格结构形式,皆为杆系结构。框架结构布置较为灵活,在楼层平面上能布置成多种平面形式(图 1-4)。框架结构适宜于层数不多的办公楼、医院、旅馆等,例如北京民航局办公楼(15 层,60m),上海国际饭店(24 层,82m)。

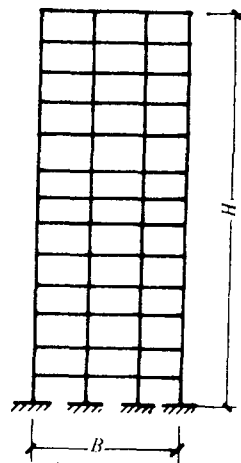


图 1-3 平面框架

二、钢筋混凝土剪力墙结构体系

剪力墙结构主要是用于承担横向水平力的实体墙体结构。剪力墙体系可以是直接竖立在基础上(图 1-5(a)),也可为了适应下部大空间的需要而由框架支承,形成框支剪力墙(图 1-5(b))。剪力墙又称作结构墙。

剪力墙截面较大,且整幢建筑物的剪力墙之间互相现浇予以连接,整体性好,有很大的抗侧能力,可建造较高的房屋。

剪力墙结构体系适于建造住宅、旅馆这一类隔墙较多的房屋,我国建造数量最多,例如广州宾馆(27 层,87m),广州白天鹅宾馆(30 层,102m),北京西苑饭店(27 层,92m),上海漕溪路高层住宅等。近年来,我国高层住宅发展很快,数量最多,据统计,在所有的高层建筑中,高层住宅的幢数至少占 80%。在含有框支剪力墙的建筑物(按规定,一幢建筑物中框支剪力墙总片数不应超过落地剪力墙的总片数)中,一般多为沿街商住塔楼,高 25~30 层居

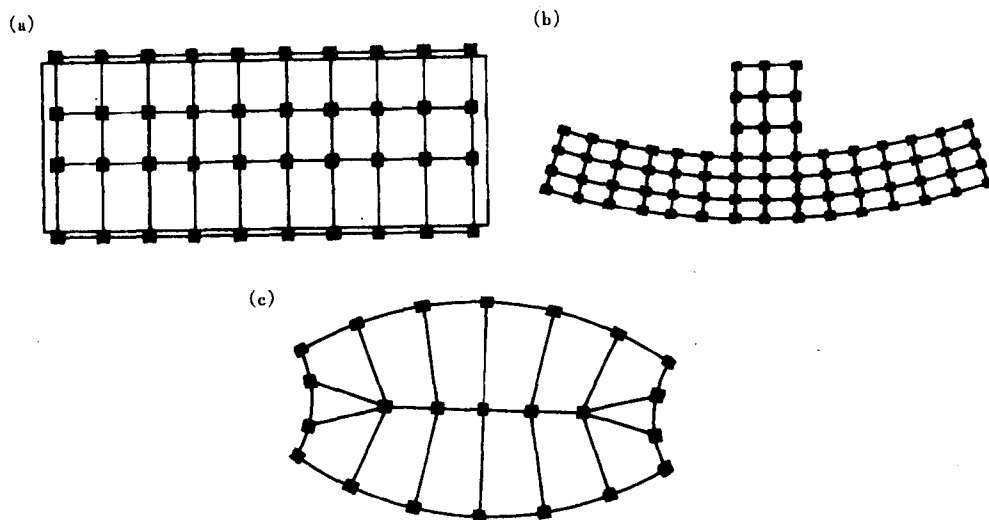


图 1-4 框架结构平面布置的多种形式

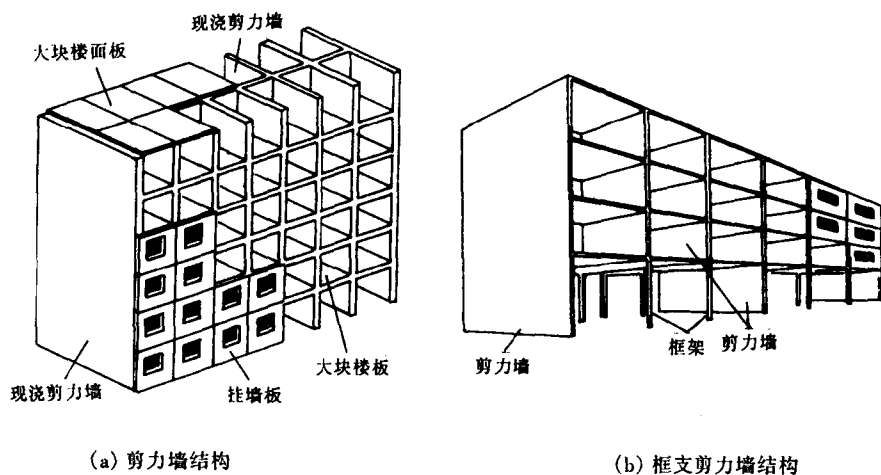


图 1-5 剪力墙结构体系

多,如深圳德兴大厦(30层,97m)等。

三、钢筋混凝土框架-剪力墙结构体系

钢筋混凝土框架-剪力墙结构体系是由框架和剪力墙共同承担横向水平力的抗侧力体系,具有框架和剪力墙两种体系的一些平面布置见图 1-6。这种体系兼顾了框架和剪力墙各自的优点,例如,可充分发挥框架布置灵活而剪力墙抗侧力强的特点,在受力上也相互取长补短,因而应用较多。

框架-剪力墙体系适合于宾馆、办公楼、医院病房楼、科研楼、教学楼等。例如,上海宾馆(27层,91.5m),北京饭店新楼(18层,80m,见图 1-7)等。

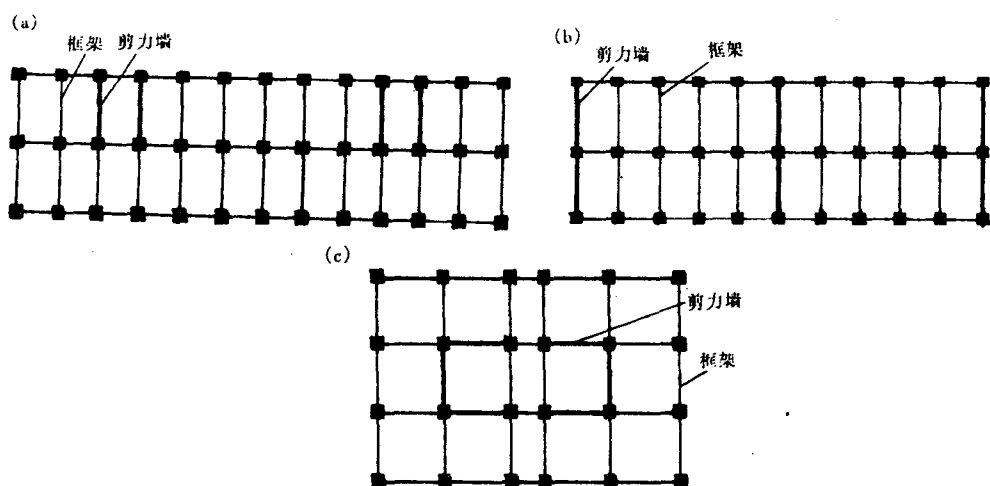


图 1-6 框架-剪力墙结构体系(平面图)

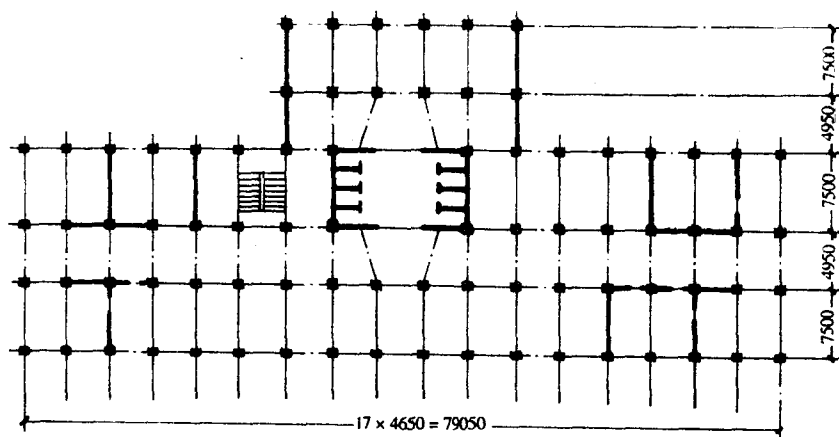


图 1-7 北京饭店新楼平面布置图

在钢筋混凝土高层建筑中,一般将以上三种结构体系称作高层建筑中的三大常规结构体系,在我国应用最为广泛。

四、筒体结构体系

筒体结构的外围框架由密排柱和窗裙梁(深梁)形成的网格而组成,窗洞尺寸大约为墙体表面积的 50%,看上去像多孔的墙体一样。筒体结构的刚度是很大的,外部筒体可以单独抵抗全部水平荷载,类似于悬臂梁的作用,或由于增加了某种内部支撑(或墙体)而得到进一步加强。下面进一步介绍几种形式的筒体结构。

1. 框筒结构体系

框架式筒体是由一般的框架结构合乎逻辑地发展起来的,它不设内部支承或墙体,仅靠悬臂筒体的作用来抵抗水平荷载,或者假设将通常设置的内部柱子只承受竖向荷载,不分担

水平外荷载,如图 1-8 所示。框筒结构体系具有很大的抗侧和抗扭刚度,适宜于平面布置灵活、室内活动余地大的功能要求。

框筒结构最明显的应用是美国纽约世界贸易中心大厦和芝加哥标准石油公司大楼,前者达 110 层,后者为 83 层。

2. 筒中筒结构体系

框筒结构可以在外围立面内用斜撑加强,还可以在房屋内部增设剪力墙筒体或内部核心,于是形成由两个或两个以上的筒体作为竖向承重和抗侧力结构的高层房屋结构体系,标准的筒中筒结构示于图 1-9。一般地,内部核心筒是利用电梯间、楼梯间和设备间等墙体和支撑构成,楼面结构将外框筒和内筒连接在一起,使两者形成一个整体抵抗水平荷载。这里,内筒不仅承受竖向荷载,也承担水平外荷载。

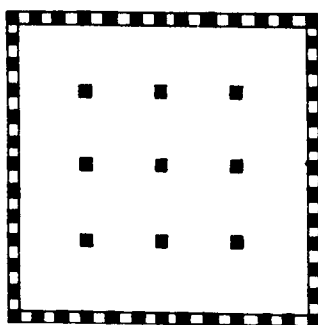


图 1-8 框筒结构典型平面图

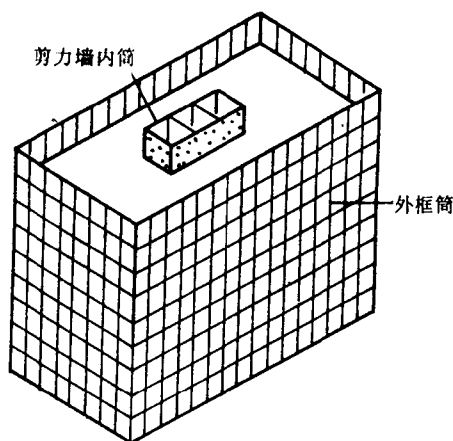
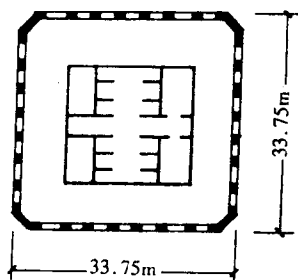


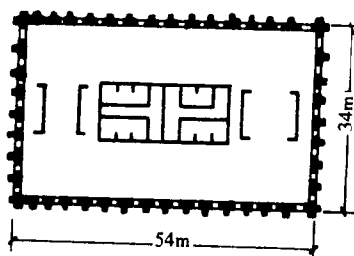
图 1-9 标准的筒中筒结构

筒中筒结构体系在水平荷载作用下的受力性能接近于框架-剪力墙结构,但是框架式筒体的刚度要比一般框架强得多。

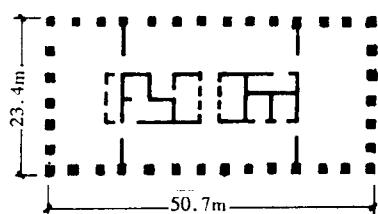
采用筒中筒结构的有广东国际大厦、深圳国际贸易中心(图 1-10(a))、上海电讯大楼(20 层,125m,图 1-10(b))、北京中国国际贸易信托投资公司(29 层,102m,图 1-10(c))、北京中央彩电中心(26 层,107m,图 1-10(d))。香港的合和中心(64 层,215m),由一个外框筒和三个内筒组成,呈圆形平面,见图 1-11。



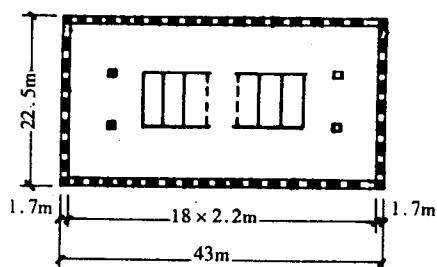
(a) 深圳国际贸易中心



(b) 上海电讯大楼



(c) 中国国际贸易信托投资公司



(d) 中央彩电中心

图 1-10 筒中筒结构的应用

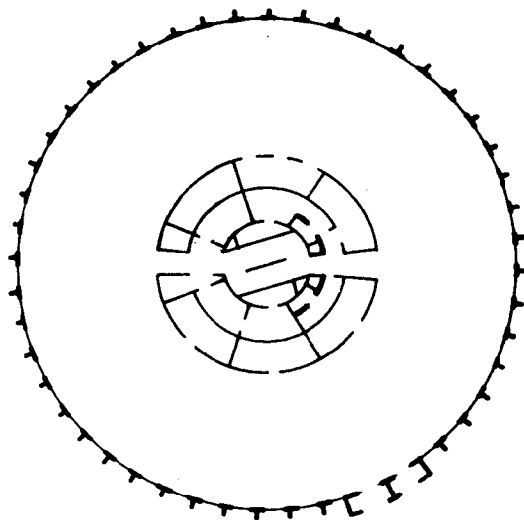


图 1-11 香港合和中心平面图(筒中筒结构)

3. 其他筒体结构体系

(1) 框架-筒体结构体系

当外围框架筒体的柱距较大(例如有的已达10m),内部仍用剪力墙核芯,形成了所谓的框架-筒体结构体系,其典型平面见图 1-12,如我国已建成的上海联谊大厦(28层,105.15m)、南京金陵饭店(37层,110m)。上海联谊大厦外围框架柱距为7.5~9.0m不等。外围框架柱距较大,柱抗剪能力较小,但稀柱的轴力对抗侧能力有较大影响。

(2) 成束筒结构体系

当多个框筒组合在一起时,形成了框架束筒结构,相邻两个筒毗连处的公共筒壁成为框架横隔,内筒柱

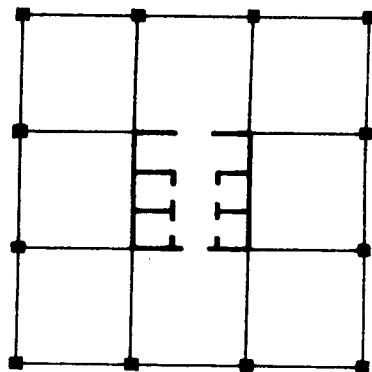


图 1-12 框架-筒体结构的典型平面

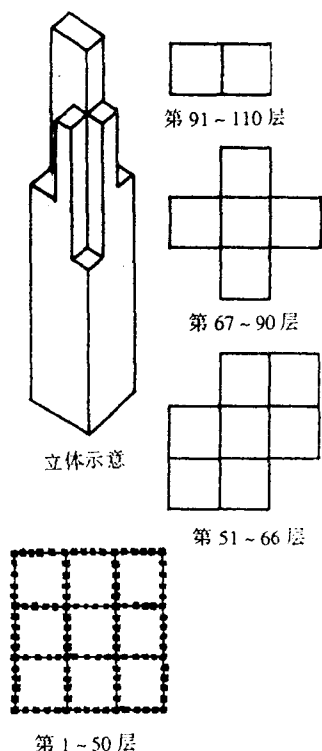


图 1-13 西尔斯大厦示意图

巨型框架结构每隔六层设置一梁式转移楼层,转移楼层之间再用小框架分成六个建筑层。香港中国银行大厦的结构由八片钢平面框架组成(图 1-14),其中四片位于建筑物四周,相互正交,另外四片斜交,每一对角上有两片,而八片框架的端部由五根巨大的混凝土组合柱,即巨型结构柱连接,组成了巨型结构体系。

最后归纳一下高层建筑结构的适用范围,供参考。根据我国的经验,对钢筋混凝土高层房屋适用的结构体系和允许高度作了建议,各类钢筋混凝土高层房屋适用的结构体系见表 1-2,各类钢筋混凝土房屋适用的最大高度及高宽比分别列于表 1-3 和表 1-4。

距与外筒柱距相近,各层窗裙梁是连续的,这样便大大增强了建筑物的抗弯和抗剪能力。著名的西尔斯大厦就是由九个方块筒组成的,并逐步向上收缩(图 1-13)。

(3) 钢-混组合筒结构体系

钢-混组合筒结构体系是采用钢结构筒体或钢筋混凝土筒体结构的组合建筑物,共同抵抗全部水平荷载与竖向荷载。钢-混组合筒体结构体系又分为钢筋混凝土外框筒组合体系和钢筋混凝土核芯筒组合体系两类。设计这种体系的目的是为了利用钢筋混凝土的刚度以抵抗水平荷载,利用钢材的轻质和跨越性能大等优点以利于构造楼面。

五、巨型结构(Megastructure)体系

随着高层建筑功能、造型要求的提高,建筑师对大空间的需求越来越迫切,于是结构工程师提出了新颖的巨型结构体系。这种体系的主要特点是布置有若干个“巨大”的竖向支承结构(组合柱、角筒体、边筒体等),并与梁式或桁架式转移楼层结合,形成一种巨型框架或巨型桁架的结构体系。我国深圳亚洲大酒店(37层,114m)即为一巨型框架结构体系,

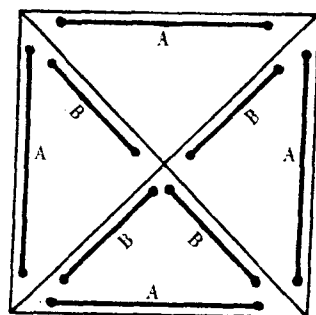


图 1-14 香港中国银行平面框架位置

各类房屋适用的结构体系

表 1-2

房屋类型		无抗震设防要求	有抗震设防要求	
			≤ 50m	> 50m
住宅楼		框架、剪力墙、框-剪	剪力墙、框-剪	剪力墙、框-剪
集体宿舍、旅馆		剪力墙、框-剪	剪力墙、框-剪	剪力墙、框-剪、筒体
公共建筑	办公楼、教学楼、科研楼、医院病房、高级宾馆	框架、框-剪、筒体	框-剪	框-剪、筒体
	综合楼	框架、框支墙、框-剪		

各类房屋适用的最大高度(m)

表 1-3

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类场地的建筑或不规则建筑,表中高度应适当降低。

各类房屋适用的高宽比

表 1-4

结构类型	无抗震设防要求	抗震设防要求		
		6 度、7 度	8 度	9 度
框 架	5	5	4	—
框架-剪力墙和框架-筒体	5	5	4	3
剪 力 墙	6	6	5	4
筒中筒和成束筒	6	6	5	4

有时候,如果按一般房屋的层数来判断,可参考表 1-5 选用。

各类结构体系适用的层数

表 1-5

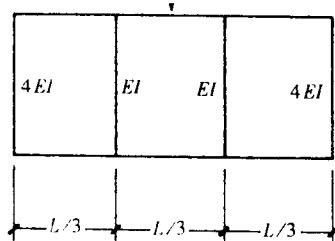
结构体系	10 层以下	11 ~ 15 层	16 ~ 20 层	21 ~ 25 层	26 ~ 30 层	> 30 层
框 架						
框架-剪力墙						
剪 力 墙						
框架-筒体						
筒中筒						
组合筒体						

倘若建造钢结构高层建筑物,其高度、层数和高宽比还可予以放宽。

§ 1.3 高层建筑结构主要受力特点

一、整体共同工作特性

在低层房屋设计中,一般都采用将整个结构划分为若干平面结构,按间距分配荷载,然后逐片按平面结构进行力学分析和设计,然而这种分析和设计方法对高层建筑结构不适用。



按受荷面积分配16.6% 33% 33% 16.6%

按协同工作分配40% 10% 10% 40%

图 1-15 水平力的分配^[5]

高层建筑在水平荷载作用下,各楼层总水平力是已知的,但这水平力如何分配到各竖向平面结构(例如竖向平面框架、竖向平面剪力墙)却是未知的。由于各片竖向平面结构(或称抗侧力结构)的刚度、型式不同,变形特征也不一样,因此,不能简单地按低层房屋那样由荷载面积、间距分配,否则会使抗侧力刚度大的结构分配到的水平力过小,偏于不安全,例如图 1-15 的简单例子可说明这一问题。

高层建筑结构的整体共同工作特性主要是各层楼板作用的结果。由于楼板在自身平面内的刚度很大,几乎不产生变形,故在高层建筑中一般都假定楼板在自身平面内只有刚体位移(仅产生平动和转动),不改变形状,并忽略平面之外的刚度。因此,在高层建筑结构中的任一楼层高度处,各抗侧力结构都要受到楼板刚体移动的制约,即所谓的位移协调,这时对于抗侧刚度大的竖向平面结构必然要分担较多的水平力。

在随后的章节中可看出,用简化方法进行内力和位移计算时,采用其抗侧力刚度分配水平力,用计算机进行计算时,采用整体协同工作分析或将整个结构作为三维空间体系的分析方法。钢筋混凝土高层的位移和内力计算仍采用弹性方法。

二、水平荷载影响大

对于低层建筑物,其材料用量、造价及结构方案的确定,主要由竖向荷载控制,在高层建筑结构中,高宽比增大,水平荷载(包括风力和地震力)产生的侧移和内力所占比重增大,成为确定结构方案、材料用量和造价的决定因素,其根本原因就是侧移和内力随高度的增加而增长迅速。例如一悬臂杆件,竖向荷载作用下产生的轴力仅与高度成比例,但在水平荷载作用下的弯矩和侧移却与高度呈二次方和四次方的曲线关系上升(图 1-16),可见到了一定高度或层数之后,内力和侧移均急剧增加。

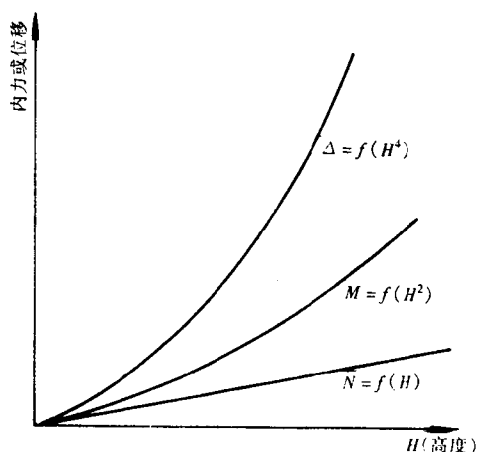


图 1-16 结构内力、位移随高度增长关系

在高层建筑结构中,除了像多层和低层房屋一样,进行强度计算外,还必须控制其侧移的大小,以保证高层建筑结构有足够的刚度,以避免因侧移过大而造成结构开裂、破坏、倾覆以及一些次要构件和装饰的损坏。根据我国的研究与经验,《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程》(JGJ 3-91)对高层建筑顶点侧移 u 和各层层间侧移量 Δu 进行了限制,其限值见表 1-6 和表 1-7。表中, u/H 代表顶点侧移与建筑物总高之比, $\Delta u/H$ 代表层间相对侧移与层高之比。上述 u 和 Δu 的值,应按规定考虑轴向变形和剪切变形的影响。

钢结构高层建筑中,在大风作用下,还会产生过大的来回摆动,使居住者感觉不舒适,因此,应对建筑物产生的水平加速度响应加以限制,读者可参阅有关资料。^[7]


 u/H 的 限 值

结 构 类 型		风荷载作用下	地震作用下
框架	轻质隔墙	1/550	1/500
	砌体填充墙	1/650	1/550
框架-剪力墙 框架-筒体	一般装修标准	1/800	1/700
	较高装修标准	1/950	1/850
筒中筒	一般装修标准	1/900	1/800
	较高装修标准	1/1050	1/950
剪力墙	一般装修标准	1/1000	1/900
	较高装修标准	1/1200	1/1100

$\Delta u/H$ 的 限 值
 表 1-7

结 构 类 型		风荷载作用下	地震作用下
框架	轻质隔墙	1/450	1/400
	砌体填充墙	1/500	1/450
框架-剪力墙 框架-筒体	一般装修标准	1/750	1/650
	较高装修标准	1/900	1/800
筒中筒	一般装修标准	1/800	1/700
	较高装修标准	1/950	1/850
剪力墙	一般装修标准	1/900	1/800
	较高装修标准	1/1100	1/1000

三、高层建筑结构中构件的多种变形影响

在低层房屋结构分析中,通常只考虑弯曲变形影响,而忽略轴向变形和剪切变形的影响,因为一般地其构件的轴力和剪力产生的影响很小。对于高层建筑结构,由于层数多、高度大,首先轴力很大,从而沿高度逐渐积累的轴向变形显著,因而构件中的轴向变形影响必须加以考虑。另外,在剪力墙结构体系中,还应计及整片墙或墙肢的剪切变形。

在高层建筑结构的力学计算中,根据所选用的计算手段,所计及构件的变形因素是有区别的。对于简化的手算方法,一般计及最基本的变形,例如,除考虑构件的弯曲变形外,对于高宽比大于4的结构,宜考虑柱和剪力墙的轴向变形;剪力墙还要考虑剪切变形的影响。由于剪力墙结构体系较复杂,有的开洞,有的不开洞,有的洞较大,有的洞较小,为便于自振周期、水平力分配、整体稳定性验算等,采用了一种等效刚度的概念和算法。等效刚度实质上是通过对结构的位移大小来间接反映刚度的大小,即在相同的荷载作用下,位移小的结构刚度大。高层建筑结构中等效抗弯刚度 EI_{eq} 等效的方法是:剪力墙结构体系在某一组水平荷载作用下的顶点位移为 Δ ,另有一悬臂杆件在相同的水平荷载作用下的顶点位移也等于 Δ ,我们就认为该剪力墙结构体系的刚度与悬臂弯曲杆件的刚度相等,即将这一悬臂杆件的抗弯刚度 EI_{eq} 作为原剪力墙结构的等效刚度。等效抗弯刚度 EI_{eq} 用下式计算:

$$EI_{eq} = \begin{cases} \frac{11}{120} \frac{q_H H^4}{\Delta} & (\text{倒三角形荷载作用}) \\ \frac{1}{8} \frac{q H^4}{\Delta} & (\text{均布荷载作用}) \end{cases} \quad (1-1)$$

式中 Δ ——剪力墙结构在倒三角形荷载作用或均布荷载作用下顶点的实际水平位移(已计及墙或墙肢弯曲、轴向和剪切变形,计算方法在第三章中讨论);

H ——结构物总高;

q_H, q ——倒三角形荷载顶点值和均布荷载值。

采用计算机方法计算时,计及的变形因素要多一些,当用空间协同工作方法时,考虑了梁的弯曲、剪切变形,考虑了柱、剪力墙的弯曲、剪切和轴向变形;当用完全的三维空间分析方法时,除考虑前面全部变形外,增加了梁、柱、剪力墙的扭转变形,还有剪力墙墙肢截面的翘曲变形。

在随后的章节中,将只讨论水平荷载作用下结构的内力和位移计算,其主要原因是竖向荷载作用下内力和位移计算方法与低层或多层房屋的相近,无论框架或剪力墙结构均只在竖向平面结构内计算或分配即可,计算原理也较为简单,但水平荷载作用时,正如前面讲到的,必须要考虑各竖向平面结构的协同工作,因为这时高层建筑结构具有空间工作的受力和变形特性,同时其计算方法也与低层或多层房屋不一样,需详细或细致地进行分析。