

21世纪高等学校土木工程专业规划教材

高层建筑结构设计

(精编本)

何浙浙 黄林青 主编



武汉理工大学出版社
Wuhan University of Technology Press

21 世纪高等学校土木工程专业规划教材

高层建筑结构设计

(精编本)

主 编 何浙浙 黄林青



武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

【内容简介】

本书是“21 世纪高等学校土木工程专业规划教材”中的一本。全书 9 章,包括高层建筑的发展与结构体系、高层建筑结构基本规定与布置原则、荷载作用与结构计算分析、框架结构内力计算与设计、剪力墙结构内力计算与设计、框架-剪力墙内力计算与设计、筒体结构设计、高层建筑结构基础计算与设计、高层建筑结构分析常用软件介绍。

本书突出高层混凝土结构工程设计的实用性,既有主要结构体系的简化计算方法,也有有关构造规范规定的介绍,同时给出了高层建筑结构的计算分析方法以及工程设计的主要软件使用方法,并简要介绍了高层建筑基础的设计方法。全书系统、实用,可用为大专院校学生的教材,也可作为工程技术人员学习和准备注册结构师考试的指导用书,以及大专院校学生的毕业设计指导用书。

本书将设计概念、计算方法及规范条文有机结合起来。通过本教材的使用,可帮助读者建立高层建筑结构的设计概念,深刻理解结构的受力及变形性能,了解高层建筑的体系及组成,了解主要规范的条文及相关制定背景,为读者从事工程设计、施工和技术管理打下坚实的基础。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构设计/何浙浙,黄林青主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2007. 6

ISBN 978-7-5629-2562-0

I. 高… II. ①何… ②黄… III. 高层建筑-结构设计 IV. TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 090869 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

印刷者:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

经销者:各地新华书店

开 本:850×1168 1/16

印 张:17.25

字 数:442 千字

版 次:2007 年 6 月第 1 版

印 次:2007 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

版权所有,盗版必究。

21 世纪土木工程专业规划教材 编审委员会

主 任 石永久 郑航太 王汝恒 雷绍锋

副主任 战高峰 杨德健 何浙浙 周 东 周 云 孙 凌

刘永坚 冯仲仁 岳建平 胡长明 柳炳康 张敏江

刘 平 王 来 冯为民 王俊佳 王泽云 张科强

委 员 (按姓氏笔画顺序排列)

马芹永 王汝恒 王成刚 王 来 王月明 王 宁

王志伟 王俊佳 王泽云 王文仲 石永久 田道全

冯为民 冯仲仁 刘声扬 刘永坚 刘 平 刘瑾瑜

孙 凌 孙靖立 沈小璞 何浙浙 李 珠 李京玲

李玉顺 李文渊 李世禹 宋少民 苏有文 张敏江

张科强 张长友 陈伟清 陈国平 汪 汇 周 东

周 云 杨德健 林德忠 房树田 岳建平 娄康乐

姚 勇 胡长明 柳炳康 赵 平 郑航太 战高峰

黄林青 舒秋华 崔清洋 熊丹安

总责任编辑 徐 扬

秘 书 长 蔡德民

前言

近年,伴随着世界经济的全球化发展,亚洲各国持续成为经济发展的热点地区,高层建筑在中国大陆、台湾、香港,新加坡、马来西亚、韩国以及阿拉伯地区均得到较大发展。截至 2006 年底,在已建成的世界高层建筑中,排在前十位有 8 个分布在亚洲,前二十位中,有 15 个分布在亚洲。特别是居于世界第一的中国台北 101 大楼,二、三位的马来西亚吉隆坡的双油塔、第五位的上海金茂大厦均为世界各国所瞩目。我国在 20 世纪末和 21 世纪初,高层建筑呈现突飞猛进的发展态势,在世界排行榜的前二十位中,有 11 个分布在中国大陆、香港和台湾,其中排在第七位的广州国际信托大厦是目前世界最高的钢筋混凝土结构建筑。目前世界已建成的高层建筑的高度已突破 500m,在施建筑即将突破 800m(阿拉伯联合酋长国杜拜摩天楼——比斯杜拜塔,807.7m,162 层,2008 年竣工),同时高层建筑还呈现出建筑体型复杂、功能多样化、结构类型多、结构体系多样化和巨型化、施工技术高、速度快等特点。

随着高层建筑在我国的快速发展,国内近年来在高层建筑结构方面也做了大量科研工作,由建设部主持制定的相关规范也已在 2002 年前后全面修订。而国内高层建筑已从上海、北京、广州、深圳等直辖市或沿海发达地区向省会级城市呈全面辐射型发展,新兴直辖市重庆以及武汉、青岛、南昌、大连、沈阳等均出现了很多优秀高层建筑,这就对我国工程设计以及施工、管理等相关技术人员提出了更高要求。

本书就是在这个大的背景条件下编写的。在编写工作中主要突出了以下几个特点:

(1)主要针对大专院校、一般工程设计人员和工程技术人员编写。考虑到课程结构设置的特点,主要介绍高层混凝土结构的有关设计和计算理论。

(2)全面依据新修订的规范与规程编写。其中包括:中华人民共和国行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)、中华人民共和国国家标准《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、中华人民共和国国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、中华人民共和国国家标准《地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、中华人民共和国国家标准《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)、中华人民共和国行业标准《高层建筑箱形与筏形基础设计规范》(JGJ 6—99)。

(3)照顾到读者学习方便,以及从工程技术人员实用的角度出发,本书在计算规定、构造要求的相关内容上,均结合了主要规范条文,并加以条目标注。

(4)考虑到建立概念的需要、大专院校学生毕业设计的需要,并兼顾注册结构师考试的相关要求,本书在结构计算方法上,仍以介绍简化计算方法为主。其中详细介绍了框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、筒体结构的内力计算与设计方法,其中一些内容参照原《钢筋混凝土高层结构与施工规程》

(JGJ 3—91)编写。

(5)由于目前工程设计以计算机分析和画图为主,以及新编《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)在编排上新增加了结构计算分析一章,故本书相应设置了高层建筑结构程序设计及工程软件应用一章,介绍了PKPM、TBSA等行业主导工程设计软件的基本原理与使用方法,可方便大专院校学生以及工程技术人员作为初步入门学习之用。

(6)照顾到高层建筑结构设计的连贯性,本书增加了高层建筑结构基础计算与设计一章,介绍了筏板基础、箱形基础和桩基础的简化计算与设计方法。

(7)本书各章均辅以一定数量的问题以及思考题与习题,以方便读者学习和复习使用。

本书主要参编人员均为具有多年教学实践及一定工程设计经验的高校教师,主编为何渐渐、黄林青,参加编写的人员有陈嵘、张云斌、陈小英、潘颖。

建议学时分配

章 节	内 容	48 学时分配	32 学时分配
第一章	高层建筑的发展与结构体系	2	2
第二章	高层结构基本规定与布置原则	6	4
第三章	荷载作用与结构计算分析	6	4
第四章	框架结构内力计算与设计	10~12	8
第五章	剪力墙结构内力计算与设计	10~12	8
第六章	框架-剪力墙结构内力计算与设计	6	3
第七章	筒体结构设计	2	1
第八章	高层建筑结构基础计算与设计	0~2	0
第九章	高层建筑结构分析常用软件介绍	2~4	2

编 者

2007 年 1 月

目 录

1 高层建筑的发展和结构体系	(1)
1.1 高层建筑概念	(1)
1.2 高层建筑的发展概况	(2)
1.3 高层建筑结构体系	(5)
1.4 高层建筑结构设计的影响因素	(9)
本章小结	(11)
思考题与习题	(11)
2 高层结构基本规定与布置原则	(12)
2.1 房屋总高度与高宽比	(12)
2.2 结构平面布置	(14)
2.3 结构竖向布置	(16)
2.4 变形缝设置	(18)
2.5 楼盖结构	(20)
2.6 水平位移限制和舒适度要求	(22)
2.7 抗震设计基本规定	(25)
本章小结	(31)
思考题与习题	(31)
3 荷载作用与结构计算分析	(32)
3.1 竖向荷载	(32)
3.2 风荷载	(33)
3.3 地震作用计算	(39)
3.4 荷载效应组合与截面验算	(47)
3.5 结构计算分析	(49)
本章小结	(57)
思考题与习题	(57)
4 框架结构内力计算与设计	(59)
4.1 结构布置与计算简图	(59)
4.2 结构计算简图	(63)
4.3 竖向荷载作用下的内力计算	(65)
4.4 框架在水平荷载作用下的内力计算	(72)
4.5 框架在竖向荷载及水平荷载作用下的内力组合	(89)
4.6 框架梁截面设计与构造要求	(92)
本章小结	(109)
思考题与习题	(110)

5 剪力墙结构内力计算与设计	(112)
5.1 概述	(112)
5.2 整体墙和小开口整体墙的计算	(119)
5.3 双肢墙内力计算	(124)
5.4 多肢墙内力及位移计算	(139)
5.5 壁式框架的内力及位移计算	(158)
5.6 剪力墙结构的截面设计与构造要求	(166)
本章小结	(180)
思考题与习题	(181)
6 框架-剪力墙结构内力计算与设计	(183)
6.1 概述	(183)
6.2 计算假定与计算简图	(188)
6.3 框架-剪力墙结构按铰结体系的计算	(190)
6.4 框架-剪力墙结构按刚结体系的计算	(199)
6.5 框架与剪力墙的内力计算	(203)
6.6 框架的内力调整	(205)
6.7 框架-剪力墙结构的构造要求	(221)
本章小结	(221)
思考题与习题	(222)
7 筒体结构设计	(224)
7.1 概述	(224)
7.2 筒体结构的类型	(224)
7.3 筒体结构的受力性能	(225)
7.4 矩形平面框筒结构的简化计算方法	(226)
7.5 实腹筒体结构的计算	(231)
本章小结	(232)
思考题与习题	(232)
8 高层建筑结构基础计算与设计	(233)
8.1 概述	(233)
8.2 筏板基础计算与设计	(234)
8.3 箱形基础计算与设计	(239)
8.4 桩基础计算与设计	(245)
本章小结	(250)
思考题与习题	(250)
9 高层建筑结构程序设计及工程软件应用	(252)
9.1 结构程序设计的基本原理	(252)
9.2 PKPM 系列工程设计软件	(254)
9.3 其他常用工程软件简介	(260)

9.4 高层建筑结构程序计算结果的分析	(261)
本章小结	(264)
思考题与习题	(265)
参考文献	(266)

1 高层建筑的发展和结构体系

本章提要

主要介绍高层建筑概念及其发展概况。重点介绍高层建筑混凝土结构中常采用的框架、剪力墙、框架-剪力墙、筒体结构和巨型结构等结构体系,提出高层建筑结构设计的主要影响因素。

1.1 高层建筑概念

高层建筑发展到今天已超过一个世纪。1884年,美国芝加哥建造了第一座11层的建筑,被认为是现代高层建筑的开端。但高层建筑是相对而言的,多少层的建筑或多少高度的建筑为高层建筑,在国际上至今尚无统一的划分标准,不同国家、不同地区、不同时期,均有不同规定。为了使高层建筑有一个较为统一的概念,根据1972年联合国教科文组织所属的世界高层建筑委员会的建议,一般将9层及9层以上的建筑定义为高层建筑,并按建筑层数和高度划分为四类:

第一类,9~16层,高度不超过50m;

第二类,17~25层,高度不超过75m;

第三类,26~40层,高度不超过100m;

第四类,40层以上,高度为100m以上。

这一标准除了确定层数外,还限定了楼层高度,因为建筑的层数和高度并不一致。分类标准考虑到了高层建筑设计中的主要因素——抗风,建议采用不同而合理的结构型式,用以针对各地不同风力的特殊性。

世界各国对高层建筑规定也不尽相同。美国规定22~25m以上,或7层以上建筑物为高层建筑;英国规定24m以上建筑物为高层建筑;法国规定28m以上建筑物为高层建筑;日本规定高度31m以上,或8层以上建筑物为高层建筑。世界上许多国家将超过100m的高层建筑物定义为超高层建筑。

我国《高层民用建筑设计防火规范》(GBJ 45—82)中规定:10层及10层以上的住宅和建筑物、高度超过24m的其他民用建筑为高层建筑;《住宅建筑设计规定》(GBJ 96—86)中规定:11~16层的住宅为中高层住宅,16~30层的住宅为高层住宅;《民用建筑设计通则》(JGJ 37—88)中规定:10层以上的住宅和建筑物高度超过24m的其他建筑为高层建筑;《高层建筑混凝土结构技术规程》(以下称《高层规程》)(JGJ 3—2002)中规定:10层及10层以上或房屋高度大于28m的建筑物称为高层建筑。对于钢筋混凝土结构,一般是按《高层建筑混凝土结构技术规程》的规定来划分高层建筑的。

1.2 高层建筑的发展概况

高层建筑是近代社会经济发展和科学进步的产物,是商业化、工业化和城市化的必然结果。科学技术的进步、结构设计理论的发展、轻质高强材料的出现、机械化电气化在建筑中的应用等,为高层建筑发展提供了必要的物质条件和理论基础。高层建筑在全世界范围内的蓬勃发展,得益于社会进步与经济繁荣,得益于力学分析方法的发展、结构设计理论的突破、新材料的开发应用与施工技术的进步,得益于现代机械的发展与电子科学技术的贡献。

城市中的高层建筑是城市经济繁荣和社会进步的重要标志,随着城市建设的发展,要求建筑物所能达到的高度和规模不断增加。实际上,全球城市中修建最高建筑的竞争从来就没有停止过,高层建筑仍将是大部分国家在未来城市建设中的主要建筑形式。国外高层建筑的发展一般划分为三个阶段。

第一阶段 在19世纪中期之前,欧洲和美国一般只能建造6层左右的建筑,其主要原因是缺少材料和可靠的垂直运输系统。

第二阶段 从19世纪中叶开始到20世纪50年代,美国于1885年兴建了世界上第一幢高层建筑——芝加哥家庭保险公司大楼(Home Insurance Building,11层,55m)。到了19世纪末,高层建筑发展很快,高层建筑高度已突破100m大关。在20世纪初,大量的钢结构高层建筑在美国建成,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年建成的纽约市帝国大厦(Empire State Building,102层,381m),它保持世界最高建筑的纪录长达41年之久。

第三阶段 从20世纪50年代开始,高层建筑进入一个新的发展时期,高层建筑出现多种结构体系。1974年美国建成芝加哥西尔斯大厦(Sears Tower,110层,443m),其高度居世界最高纪录长达20年,如图1.1所示。到了20世纪80年代,高层建筑虽然在高度上未有新的突破,但其风格都有了新的变化,并酝酿着更高建筑。美国是世界上高层建筑最多的国家,据有关专家分析,目前,其超高层建筑总数仍居世界第一。

近年来,美国在高层建筑方面的优势正在逐渐被改变,如表1.1和图1.3所示。在世界20座最高建筑中,东南亚地区与美国平分秋色,在已建成的高层建筑中,中国台北101大厦(Taipei 101,地上101层,地下5层,508m),是目前全球最高的摩天大楼。马来西亚吉隆坡的佩特纳斯大厦(Petronas Tower,88层,452m)为世界第二高楼。由表1.1还可以看到,在当今世界20座最高建筑中,建成于20世纪30年代1座、60年代1座、70年代2座、90年代达10座,2000年以后建成为6座。也就是说,在世界高楼向高度发展的历史进程中,最近的十多年建成的高层建筑超过了以往的数十年。

我国高层建筑起步较晚,发展缓慢。从20世纪初至1949年,我国高层建筑很少,且大都由外国人设计。随着我国经济发展,特别是改革开放后,高层建筑在我国不断发展,各种结构体系得到相应的研究和广泛应用。70年代最具代表性的是广州白云宾馆(34层,112m);80年代是我国高层建筑发展的兴盛时期,在北京、上海、广州、重庆等30多个大中城市建造了一批高层建筑;进入90年代,随着经济实力的增强和城市建设的快速发展,高层建筑在全国大中城市得到了前所未有的发展,各种新型的结构体系在高层建筑中得到广泛的应用,高层建筑的规模和高度不断地被突破。其中最为突出的是上海浦东于1998年建成的金茂大厦(88层,420.5m),如图1.2所示。

随着结构计算越来越精确,建筑材料的性能越来越高强,施工技术也越来越成熟,建造400m以上的大厦已不是太困难的事。与此同时,利用人工智能,进一步提高结构构件对静载、风荷载、地

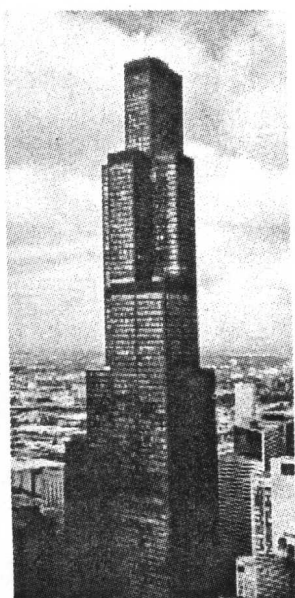


图 1.1 西尔斯大厦

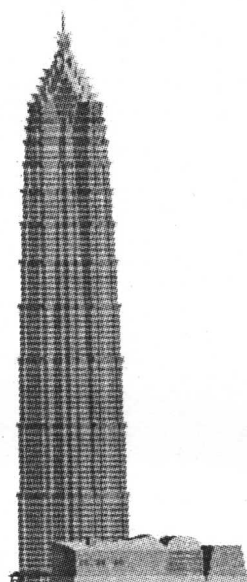


图 1.2 金茂大厦

震作用及其他各种内外力的感知和应变能力,建造 800m 以至 1000m 以上的大厦也已成为可能。如:目前正在施工中的上海环球金融中心(94 层,492m),美国规划的纽约“电视城”(Television City Tower,150 层,509m)、费尼克斯市的大厦(Phoenix Tower,515m)和日本拟建的“空中城市”(高度超过 1000m)。英、法等国不甘示弱,据闻也有了数千米高大厦的蓝图。

表 1.1 全球最高建筑前 20 位

序号	建筑名称	层数	高度(m)	竣工年份
1	[台北]台北 101	101	508	2004
2、3	[吉隆坡]佩特纳斯大厦	88	452	1998
4	[芝加哥]西尔斯大厦	108	443	1974
5	[上海]金茂大厦	88	420.5	1998
6	[香港]国际金融中心第二期	88	415	2003
7	[广州]中信广场	80	391	1997
8	[深圳]地王大厦	69	384	1996
9	[纽约]帝国大厦	102	381	1931
10	[香港]中环广场	78	374	1992
11	[香港]中国银行大厦	72	369	1990
12	[杜拜]阿联酋酋长塔	54	355	2000
13	[高雄]东帝士大厦	85	347	1997
14	[芝加哥]阿摩柯大厦	83	346	1973
15	[香港]中环中心	79	346	1998
16	[芝加哥]约翰-汉考克大厦	100	344	1969
17	[上海]世贸国际广场	60	333	2005
18	[武汉]国际证券大厦	68	331	2005
19	[平壤]柳京饭店	105	330	1992
20	[澳大利亚]黄金海岸 Q1 塔	78	323	2005

注:①数据截至 2006 年 9 月;

②关于规则:进行最高建筑排位的依据是该建筑的构造高度,即以地面为起点算起,到建筑物的最高点或必需的构造要素为止,一般以该建筑组织给出的数据为准。

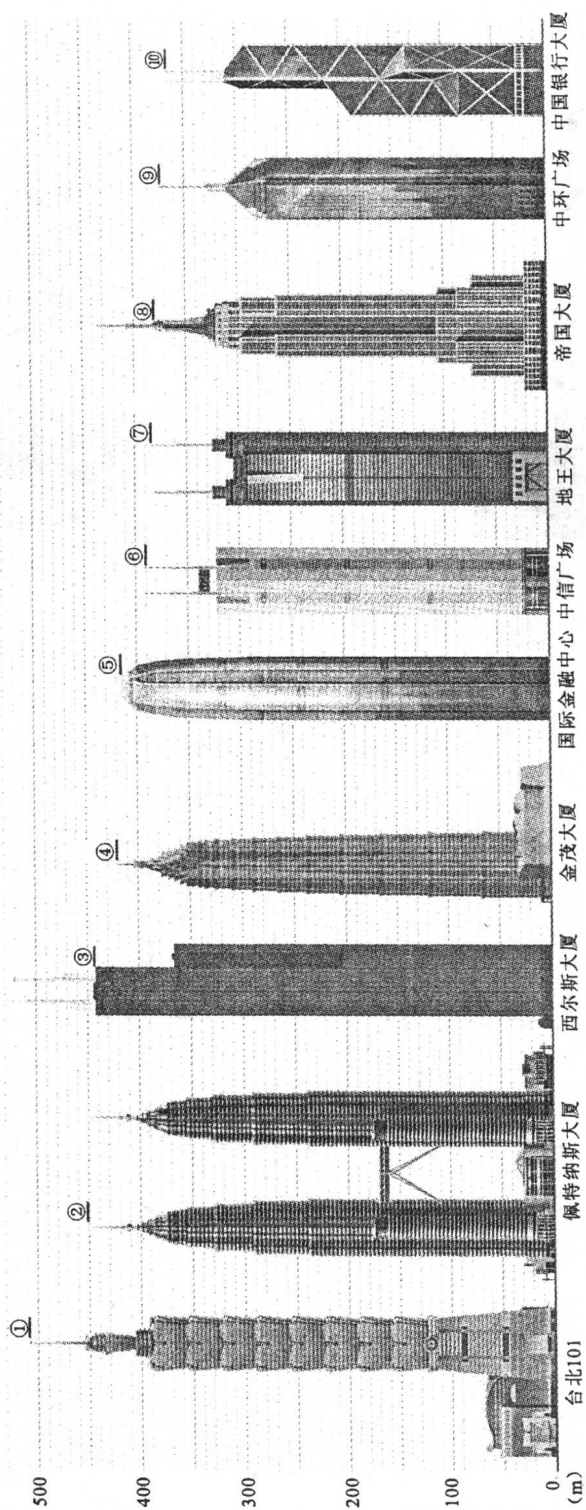


图 1.3 世界最高建筑前 10 位(按官方数据排列)

摩天大厦是经济、科技和文化发展到鼎盛时代的产物。它们宏大美妙的身躯炫耀着经济高度发达、社会和平稳定。高层建筑正向结构体系多样化、体型复杂化、用途多功能化方向发展。建造得高些、更高些,将是未来世界建筑发展的趋势。

1.3 高层建筑结构体系

高层建筑的结构型式繁多,框架、剪力墙、框架-剪力墙结构体系是高层钢筋混凝土建筑结构中最为传统的、广为应用的结构体系;随着层数和建筑高度增加,利用结构空间作用,又发展了框架-筒体结构、筒中筒结构、多筒结构和巨型结构等多种结构体系。

高层建筑结构的承载能力、侧移刚度、抗震性能、材料用量和造价高低,与其采用结构体系有着密切关系。不同结构体系,适用于不同层数、高度和功能的建筑。下面主要介绍框架结构体系、剪力墙结构体系、框架-剪力墙结构体系和筒体结构体系。

1.3.1 框架结构体系

当采用梁、柱组成的结构体系作为竖向承重结构,并同时承受水平荷载时,称其为框架结构体系。框架结构是空间刚性连接的杆系结构,独立承担竖向、横向的荷载和作用。框架结构的承重系统有横向承重、纵向承重和双向承重三种体系。

框架结构体系一般用于钢结构和钢筋混凝土结构中。框架结构的主要构件是梁和柱,可以做成预制或现浇框架。钢筋混凝土框架按其施工方法的不同,又可分为:梁、板、柱全部现浇的框架;楼板预制,梁、柱现浇的框架;梁、楼板预制,柱现浇的框架;梁、板、柱全部预制的装配式框架。

框架结构的构件截面尺寸较小,抗侧移刚度较小,在地震作用下结构整体位移和层间位移均较大,易产生震害。其优点是建筑平面布置灵活,立面也可变化。框架结构适宜于多层办公楼、医院、学校、旅馆等,图 1.4 为一些框架结构的平面布置形式。

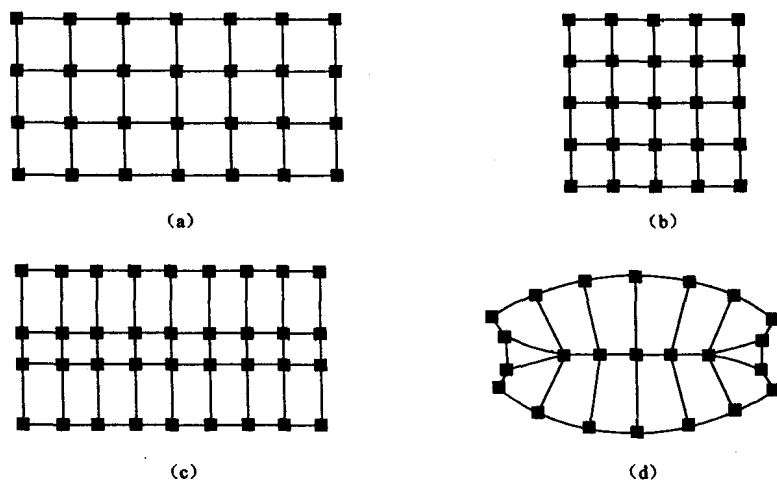


图 1.4 框架结构平面布置

框架结构应设计双向梁柱抗侧力体系,抗震设计时框架结构不宜采用单跨框架。框架结构按抗震设计时,不应采用部分砌体墙承重之混合形式。框架结构中的楼梯、电梯间及局部凸出屋顶的电梯机房、楼梯间、水箱间等,应采用框架承重,不应采用砌体墙承重。

1.3.2 剪力墙结构体系

利用建筑物墙体作为建筑的竖向承重和抵抗侧向力的结构,称其为剪力墙结构体系。剪力墙结构与楼盖一起组成空间结构,由于墙体截面大,整体性好,抗侧移刚度大,因此抗震性能较强。同时剪力墙也可作为围护结构和房间分隔构件。

剪力墙结构体系一般用于钢筋混凝土结构中,由墙体承受全部水平作用和竖向荷载。根据施工方法不同可分为:全部现浇的剪力墙;全部用预制墙板装配的剪力墙;内墙现浇、外墙为预制装配的剪力墙。

剪力墙的间距受楼板构件跨度的限制,一般为3~8m,因而剪力墙结构一般适用于建造住宅、旅馆等隔墙较多的建筑。剪力墙结构的缺点和局限性是明显的,主要是剪力墙间距较小,平面布置不灵活,不适宜建造公共建筑,结构自重较大。图1.5是部分剪力墙结构的平面。

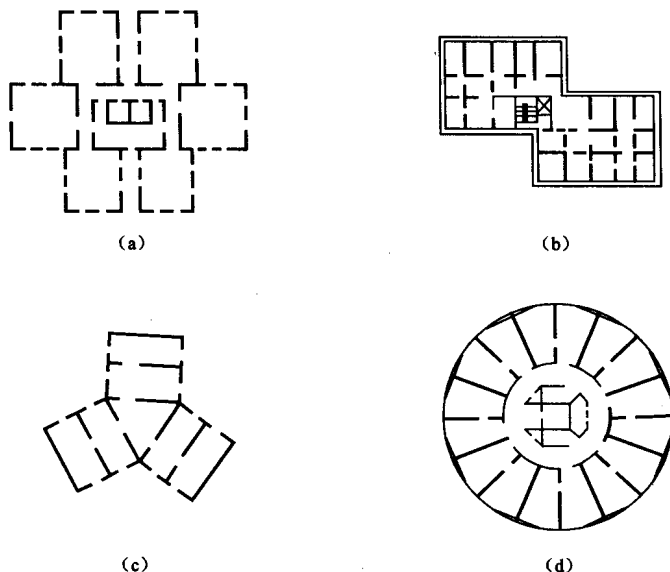


图 1.5 剪力墙结构平面布置

剪力墙结构比框架结构刚度大,空间整体性能好,用钢量较省,结构的顶点位移和层间位移通常较小,能满足抗震设计变形的要求,具有良好的抗震性能。

剪力墙结构中,剪力墙宜沿主轴方向或其他方向双向布置;抗震设计的剪力墙结构,应避免出现单向有墙的布置形式。剪力墙墙肢截面宜简单、规则。剪力墙自上而下宜连续布置,避免刚度突变。门窗洞口宜上下对齐、成列布置,形成明确的墙肢和连梁,应注意避免墙肢刚度相差悬殊的洞口设置。

1.3.3 框架-剪力墙结构体系

将框架和剪力墙结构有机地结合在一起,组成一种共同抵抗竖向、水平荷载作用的结构体系,称其为框架-剪力墙结构体系。它利用剪力墙抗侧移刚度和承载力大的优点,弥补了框架结构柔性大和侧移大的缺点;同时只在部分位置上设剪力墙,保持了框架结构空间较大和立面易于变化等优点。

在框架-剪力墙结构体系中,剪力墙往往承担大部分水平荷载,并使结构总体刚度增大,而侧移

减小。同时,由于框架和剪力墙协同工作,通过变形协调,使得各楼层层间变形趋于均匀,改善了纯框架和纯剪力墙结构中上部和下部变形相差较大的缺点。框架-剪力墙结构体系是一种比较好的结构体系,它既有框架结构体系布置灵活、使用方便的特点,又有较大的抗侧移刚度和较好的抗震性能,在公共建筑和办公楼等建筑中得到广泛应用。例如上海宾馆(27层,91.5m)、北京饭店新楼(27层,91.5m,如图1.6所示)等。

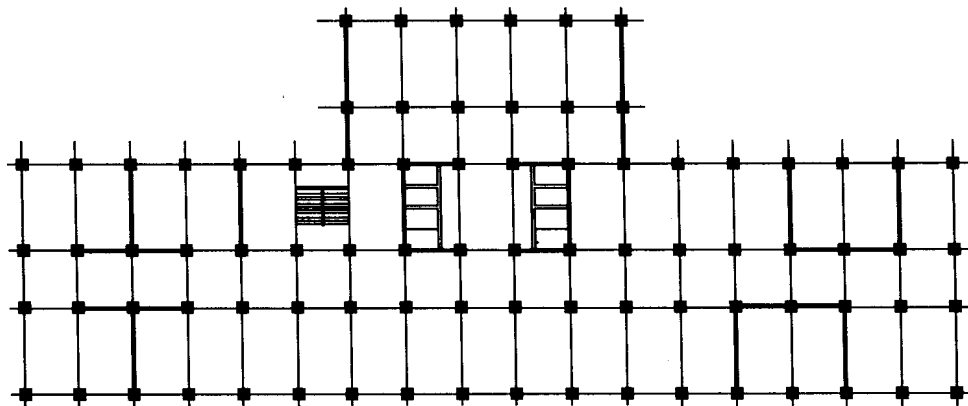


图 1.6 北京饭店新楼结构平面布置图

框架-剪力墙结构可采用如下的布置:框架与剪力墙(单片墙、联肢墙或较小井筒)分开布置;在框架结构的若干跨内嵌入剪力墙(带边框剪力墙);在单片墙抗侧力结构连续分别布置框架和剪力墙;也可采用以上两种或三种形式的混合。

框架-剪力墙结构应设计双向抗侧力体系,抗震设计时结构两个主轴方向均应布置剪力墙。框架-剪力墙结构中剪力墙宜均匀布置在建筑物四周的附近、楼梯间和电梯间等平面形状变化较大及恒载较大的部位,剪力墙间距不宜过大。剪力墙宜贯通建筑物全高,避免刚度突变,剪力墙开洞时洞口宜上下对齐。楼梯间、电梯间等竖井宜尽量与靠近的抗侧力结构结合布置。

1.3.4 筒体结构体系

由若干片剪力墙围成的井筒结构,作为建筑物的竖向承重和抵抗侧向力的结构体系,称其为筒体结构体系。筒体结构是一种空间受力性能较好的结构体系,它比框架或剪力墙结构具有更大的强度和刚度,犹如一个固定于基础上的封闭箱形悬臂构件,具有良好的抗风、抗侧移和抗震性能。该类结构体系根据筒的布置、组成和数量等又可分为框架-筒体结构体系、筒中筒结构体系和成束筒结构体系等,如图1.7所示。

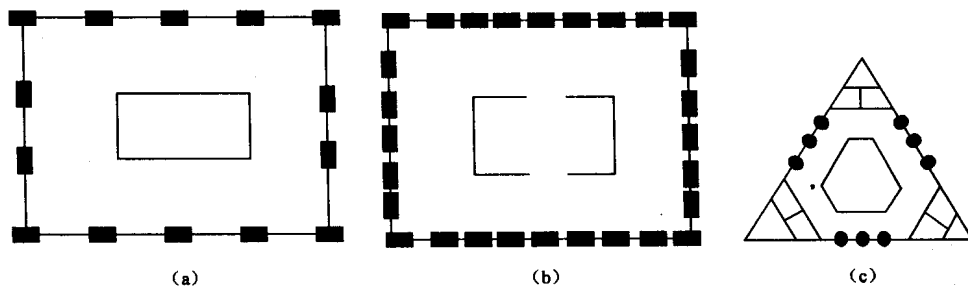


图 1.7 筒体结构体系

(1) 框架-筒体结构体系

框架-筒体结构体系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,如果设置内部柱子则将主要承受竖向荷载,不分担水平外荷载。框架-筒体结构体系具有较大的抗侧刚度和抗扭刚度,适宜于平面布置灵活、室内活动余地大的功能要求。

框架-筒体结构体系最明显的应用是美国纽约世界贸易中心大厦(110层,417m)和芝加哥标准石油公司大楼(83层,346m)。

(2) 筒中筒结构体系

框架-筒体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筒,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。一般情况下,内部核心筒利用电梯间、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框筒连接在一起,使二者形成一个整体抵抗水平荷载。内筒不仅承受竖向荷载,也承受水平荷载。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。

在我国采用筒中筒结构的主要有广东国际大厦、深圳国际贸易中心、上海电讯大楼(20层,125m)、北京中国国际贸易信托投资公司(29层,102m)、北京彩电中心(26层,107m)。香港的合和中心(64层,215m)由一个外框筒和三个内框筒组成,呈圆形平面。

(3) 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。建筑结构内部空间较大,平面可以灵活划分,适用于多功能、多用途的超高层建筑。著名的西尔斯大厦就是有九个方块筒组成的,并逐步向上收缩。

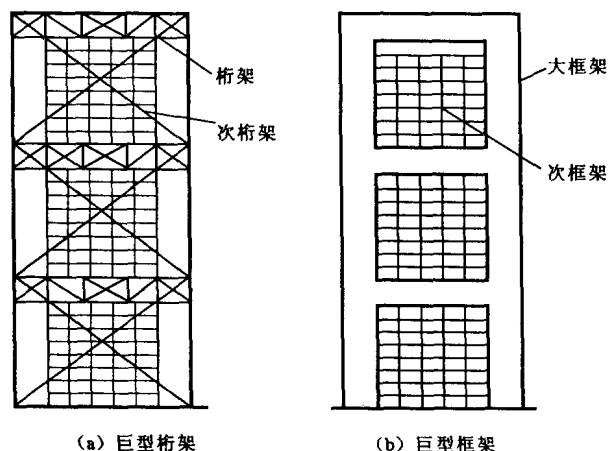


图 1.8 巨型结构体系

1.3.5 巨型结构体系

随着高层建筑功能和造型要求的提高,建筑师对大空间的需求越来越迫切,结构工程师提出了新颖的巨型结构体系。这种结构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换楼层结合,形成一种巨型框架或巨型桁架的结构体系(图 1.8)。

巨型桁架结构体系以大截面的竖杆和斜杆组成悬臂桁架[图 1.8(a)],主要承受水平和竖向荷载。楼层竖向荷载通过楼盖、梁和柱传递到桁架的主要杆件上。香港中国银行大厦

即为巨型桁架结构,其结构由八片钢平面框架组成,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。

巨型框架由楼梯间、电梯井等大尺寸箱形截面巨型柱或是大截面实体柱,以及每隔若干层设置 1~2 层楼高的转换梁组成结构体系[图 1.8(b)]。巨型框架是主要承受水平荷载和竖向荷载的一