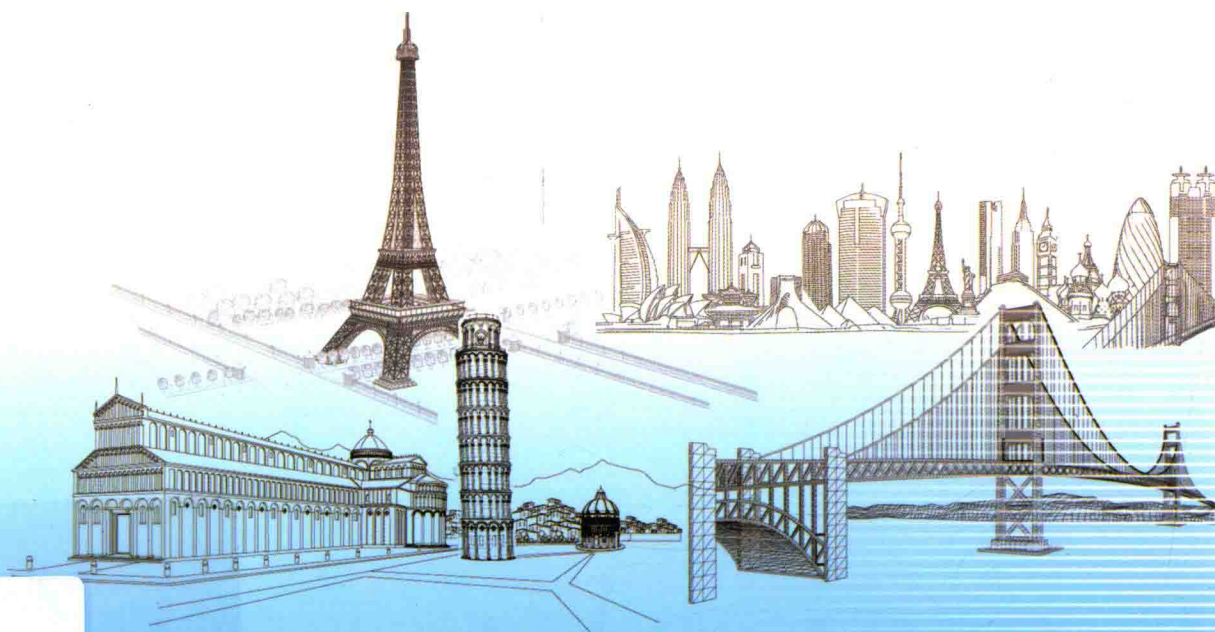




高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十二五”规划教材

高层建筑结构设计

■ 戴 葵 编 著



武汉理工大学出版社

高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十二五”规划教材

高层建筑结构设计

戴 葵 编著

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 简 介

本书是根据高等学校土木工程本科专业“高层建筑结构”课程的教学大纲和相关国家规范与规程编写的。本书对高层建筑结构计算的基本理论和高层建筑结构设计的基本原理及其应用实践进行了全面阐述,对具体工程设计进行了有特色的讲解说明,并介绍和分析了该领域的最新研究成果。本书具有较强的针对性和实践性,强调可操作性,对于想要快速入门进行实际建筑工程设计的学生或设计人员具有事半功倍的效果。

本书共分为 11 章,主要内容包括绪论,高层建筑结构体系与高层建筑总体结构布置,高层建筑结构的荷载作用,结构计算分析和设计要求,框架结构的简化计算及构造要求,剪力墙结构的计算分析与设计,框架-剪力墙结构的简化计算,筒体结构的设计与构造,框架结构截面设计及构造,高层建筑结构计算机程序和实用设计方法,结构震动控制、消能减震和隔震结构。部分章节附有针对性的思考题与习题。

本书可作为土木工程专业教材,也适合作为建筑工程技术人员及其他人员的自学教材、技术研究和专业指导用书。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构设计/戴葵编著. —武汉:武汉理工大学出版社,2015.8
ISBN 978-7-5629-4874-2

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 178343 号

项目负责人:高 英 汪浪涛 戴皓华

责任校对:张莉娟

出版发行:武汉理工大学出版社

地 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:京山德兴印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:17.25

字 数:428 千字

版 次:2015 年 8 月第 1 版

印 次:2015 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:39.00 元

责任编辑:王 思

装帧设计:何家辉

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。

本社购书热线:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

前 言

近年来,我国高层建筑设计及施工又有很大发展,各种结构形式得到广泛应用,高层建筑的体型和功能更加多样化,结构复杂程度增加。因此,土木工程结构专业需要相应的“高层建筑结构设计”教材和参考书以适应发展。

本书特别强调实际工程的实用设计,学习的理论和原理知识,必须能有效、快捷地用于实际设计中,获得很好的设计实践成果;但同时本书也具有完整的结构理论体系和设计理论,有概念设计和总体结构控制设计的内容,对结构设计的原理和指导原则进行了分析研究。

本课程的任务是学习多层及高层建筑的结构设计的基本方法。主要要求是:了解多层,尤其是高层建筑结构的结构体系和各种体系的特点及应用范围;熟练掌握风荷载及地震作用的计算方法;熟练掌握框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构这三种基本结构的内力及位移计算方法,理解这三种结构的内力分布及侧移变形的特点及规律,学会这三种结构体系所包含的框架及剪力墙构件的配筋计算方法及构造要求。通过本课程的学习,掌握多、高层钢筋混凝土结构的抗震设计原理及方法,能区别非抗震及抗震设计的不同要求,了解结构振动控制、消能减震和隔震结构的基本知识,熟悉抗震设计的新方法和工程应用。通过设计实际案例,使读者能够熟悉并掌握实际工程的设计,这是一种快速达到设计入门的方法;读者如果想迅速熟悉结构设计实际工作,就应该好好学习第10章“高层建筑结构计算机程序和实用设计方法”,尤其是第10.5节“具体实例设计方法及步骤”,能达到事半功倍的效果。

本书共分为11章:第1章绪论,第2章高层建筑结构体系与高层建筑总体结构布置,第3章高层建筑结构的荷载作用,第4章结构计算分析和设计要求,第5章框架结构的简化计算及构造要求,第6章剪力墙结构的计算分析与设计、第7章框架-剪力墙结构的简化计算、第8章筒体结构的设计与构造,第9章框架结构截面设计及构造,第10章高层建筑结构计算机程序和实用设计方法,第11章结构震动控制、消能减震和隔震结构。

在学习本书时,读者应具备结构力学及钢筋混凝土基本构件的知识。

本书作者有着二十多年的丰富实际工程设计经验,有多项独创的工程设计实用技术和发明,有几项创新成果已用于实际工程的设计,并取得了优异的科技成果和很好的社会效益,经济效益突出,其设计成果涉及高层建筑、影剧院、试验楼、医院、教学楼、办公大楼、住宅小区、商住楼、商场、洗涤厂、体育场、城市广场大楼、污水处理厂、水池等多种建筑结构;作者还有十多年的土木工程教学科研经验,有多项教学科研成果,在国内外学术期刊上发表科研论文50多篇,其中被SCI、EI、ISTP和CSCD收录多篇。

本书难免存在不妥之处,欢迎读者指正,若有问题和要求可直接与作者联系,电子信箱:daikui888@163.com。

戴 葵

2015年5月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 高层建筑的特点	(1)
1.2 高层建筑的界定	(1)
1.3 高层建筑的结构材料	(2)
1.3.1 钢结构	(2)
1.3.2 钢筋混凝土结构	(2)
1.3.3 钢-混凝土组合结构	(2)
1.4 高层建筑的发展简介	(3)
1.5 高层建筑的发展展望	(7)
2 高层建筑结构体系与高层建筑总体结构布置	(9)
2.1 高层建筑的结构体系和选型	(9)
2.1.1 框架结构体系	(9)
2.1.2 剪力墙结构体系	(10)
2.1.3 框架-剪力墙(框架-筒体)结构体系	(16)
2.1.4 筒体结构体系	(18)
2.1.5 筒中筒结构体系	(19)
2.1.6 多筒体系——成束筒和巨型框架	(20)
2.2 结构布置的基本原则	(26)
2.2.1 建筑物结构最大适用高度	(26)
2.2.2 结构的高宽比控制	(27)
2.2.3 结构的平面形状	(28)
2.2.4 结构平面布置的基本要求	(28)
2.2.5 结构竖向布置的基本原则	(30)
2.3 变形缝的作用及设置	(31)
2.3.1 沉降缝的设置和替代方法	(32)
2.3.2 伸缩缝的设置	(32)
2.3.3 防震缝的设置	(34)
2.4 高层建筑楼盖结构布置	(34)
2.4.1 楼盖结构选型	(34)
2.4.2 楼盖构造要求	(35)
2.5 基础埋置深度及基础形式	(36)
2.5.1 基础埋置深度	(36)
2.5.2 基础形式	(36)
思考题	(37)

3 高层建筑结构的荷载作用	(39)
3.1 恒荷载及楼面活荷载的计算.....	(40)
3.1.1 恒荷载.....	(40)
3.1.2 活荷载.....	(40)
3.1.3 活荷载的布置.....	(40)
3.2 风荷载.....	(41)
3.2.1 风荷载标准值及基本风压值.....	(41)
3.2.2 风压高度变化系数 μ_z	(41)
3.2.3 风荷载体型系数 μ_s	(43)
3.2.4 风振系数 β_z	(45)
3.2.5 总风荷载与局部风荷载.....	(47)
3.3 荷载效应组合.....	(48)
3.3.1 非抗震设计时的组合.....	(48)
3.3.2 抗震设计时的组合.....	(49)
3.4 地震作用及设计理论.....	(49)
3.4.1 地震作用及其原则.....	(49)
3.4.2 抗震设防规则和方法.....	(52)
3.4.3 抗震计算与设计理论.....	(53)
3.4.4 水平地震作用的计算.....	(55)
3.4.5 竖向地震作用的计算.....	(58)
3.4.6 结构自振周期的计算.....	(59)
思考题	(61)
习题	(61)
4 结构计算分析和设计要求	(63)
4.1 结构计算分析和基本假定.....	(63)
4.1.1 结构分析的一般规定.....	(63)
4.1.2 计算分析的基本假定.....	(64)
4.1.3 结构分析模型.....	(65)
4.2 承载力验算.....	(67)
4.3 水平侧移限值、薄弱层弹塑性变形验算和舒适度验算	(68)
4.3.1 水平侧移限值.....	(68)
4.3.2 薄弱层弹塑性变形验算.....	(69)
4.3.3 舒适度验算.....	(71)
4.4 重力二阶效应及结构稳定.....	(71)
4.4.1 重力二阶效应概念.....	(71)
4.4.2 重力 $P-\Delta$ 效应的近似估计	(72)
4.4.3 结构稳定性.....	(73)
4.4.4 结构等效侧向刚度的近似计算.....	(74)
4.5 延性和抗震等级.....	(74)
4.5.1 延性的概念.....	(74)
4.5.2 建筑结构的抗震等级.....	(75)

4.6 抗震概念设计	(76)
4.6.1 场地的选择	(76)
4.6.2 建筑和结构的规则性	(79)
4.6.3 抗震结构体系	(81)
4.6.4 非结构构件	(83)
4.7 超限高层建筑工程的设计	(84)
4.7.1 超限高层建筑工程的认定和抗震概念设计	(84)
4.7.2 超限高层建筑工程的抗震计算和抗震构造措施	(85)
思考题	(86)
5 框架结构的简化计算及构造要求	(87)
5.1 框架结构的结构布置	(87)
5.1.1 柱网和层高	(87)
5.1.2 框架结构的承重方案	(88)
5.2 框架结构的计算简图	(89)
5.2.1 梁、柱截面尺寸	(89)
5.2.2 框架结构的计算简图	(90)
5.3 竖向荷载作用下结构内力的近似计算	(92)
5.3.1 分层法	(92)
5.3.2 弯矩二次分配法	(95)
5.4 水平荷载作用下框架结构内力和侧翼的简化计算	(95)
5.4.1 水平荷载作用下框架结构的受力及变形特点	(95)
5.4.2 D 值法	(96)
5.4.3 反弯点法	(101)
5.4.4 框架结构侧移的近似计算	(103)
5.4.5 框架结构的水平位移控制	(105)
5.5 荷载效应组合和构件设计	(105)
5.5.1 荷载效应组合	(105)
5.5.2 构件设计	(107)
5.6 框架结构的构造要求	(109)
5.6.1 框架梁	(109)
5.6.2 框架柱	(110)
5.6.3 梁柱节点	(113)
5.6.4 钢筋连接和锚固	(113)
5.7 构件设计中的一些重要规定	(115)
思考题	(116)
习题	(116)
6 剪力墙结构的计算分析与设计	(118)
6.1 剪力墙的布置与计算分析	(118)
6.1.1 墙体承重方案	(118)
6.1.2 剪力墙的布置	(118)
6.1.3 剪力墙结构的受力特点和计算方法	(120)

6.2 整体剪力墙及整体小开口剪力墙的内力与位移计算	(123)
6.2.1 整体剪力墙的内力与位移计算	(123)
6.2.2 整体小开口剪力墙的内力与位移计算	(125)
6.3 联肢剪力墙的内力与位移计算	(129)
6.3.1 连续连杆法的基本假设	(129)
6.3.2 力法方程的建立	(130)
6.3.3 基本方程的解	(133)
6.3.4 联肢墙的内力计算	(133)
6.3.5 位移计算	(136)
6.4 壁式框架的内力与位移计算	(137)
6.4.1 内力计算	(137)
6.4.2 位移计算	(139)
6.5 剪力墙结构的分类与判别	(140)
6.6 剪力墙的截面设计及构造要求	(141)
6.6.1 墙肢截面设计	(142)
6.6.2 连梁截面设计及构造要求	(147)
6.6.3 剪力墙的构造要求	(150)
6.7 底层大空间剪力墙的受力特点	(155)
思考题	(156)
习题	(156)
7 框架-剪力墙结构的简化计算	(158)
7.1 框架-剪力墙结构的布置与计算	(158)
7.1.1 基本要求	(158)
7.1.2 框架-剪力墙结构的布置	(158)
7.1.3 框架-剪力墙结构的计算	(161)
7.2 总剪力墙、总框架、总连梁的内力计算	(164)
7.2.1 总剪力墙和总框架的刚度计算	(164)
7.2.2 铰接体系在水平荷载作用下的内力计算	(165)
7.2.3 刚接体系在水平荷载作用下的内力计算	(168)
7.2.4 总框架内力的调整	(171)
7.3 各片剪力墙、各榀框架、各根连梁的内力计算	(172)
7.3.1 各根连梁的内力计算	(172)
7.3.2 各片剪力墙的内力计算	(173)
7.3.3 各榀框架的内力计算	(173)
7.4 框架-剪力墙结构构件的截面设计及构造要求	(186)
7.4.1 带边框剪力墙的构造要求	(186)
7.4.2 剪力墙的竖向和水平分布钢筋	(186)
7.5 扭转效应的简化计算	(187)
7.5.1 问题的提出	(187)
7.5.2 质量中心、刚度中心和扭转偏心距	(188)
7.5.3 考虑扭转后的剪力修正	(190)

7.5.4 问题的解答	(191)
思考题	(192)
习题	(192)
8 筒体结构的设计与构造	(194)
8.1 筒体结构的布置	(194)
8.2 侧向力作用下的受力特点	(195)
8.3 框架-核心筒结构的布置	(197)
8.4 筒体结构的计算方法	(198)
8.4.1 框筒结构的剪力滞后现象	(198)
8.4.2 等效槽形截面近似估算方法	(199)
8.4.3 等效平面框架法——翼缘展开法	(200)
8.4.4 空间杆系-薄壁柱矩阵位移法	(200)
8.5 筒体结构的截面设计及构造要求	(201)
思考题	(202)
9 框架结构截面设计及构造	(203)
9.1 框架延性设计的概念	(203)
9.1.1 延性框架的概念	(203)
9.1.2 延性框架的设计方法	(203)
9.2 框架截面的设计内力	(204)
9.2.1 控制截面及最不利内力	(204)
9.2.2 荷载的布置	(205)
9.2.3 内力调整	(205)
9.3 框架梁设计	(205)
9.3.1 影响梁的延性的因素	(206)
9.3.2 梁的抗弯设计	(206)
9.3.3 梁的抗剪设计	(207)
9.3.4 塑性铰区的配筋构造要求	(207)
9.4 框架柱的设计	(208)
9.4.1 柱子的破坏形态	(208)
9.4.2 影响柱子延性的几个因素	(209)
9.4.3 钢箍的作用	(210)
9.4.4 柱子设计	(210)
9.4.5 柱中钢筋构造要求	(212)
9.5 框架节点区抗震设计	(213)
9.5.1 强节点、强锚固	(213)
9.5.2 节点区设计剪力	(213)
9.5.3 节点区抗剪计算及箍筋构造	(214)
思考题	(214)
10 高层建筑结构计算机程序和实用设计方法	(215)
10.1 概述	(215)
10.1.1 利用软件进行结构设计和计算时的注意事项	(215)

10.1.2	常用的结构计算软件及其特性	(215)
10.2	杆件有限元法	(216)
10.2.1	基本假定	(216)
10.2.2	计算模型	(217)
10.2.3	计算要点	(220)
10.3	空间组合结构计算方法	(220)
10.3.1	剪力墙计算模型	(220)
10.3.2	墙板和墙元模型	(221)
10.3.3	空间组合结构计算方法	(222)
10.4	高层建筑结构分析和设计程序	(223)
10.4.1	结构分析通用程序	(223)
10.4.2	高层建筑结构分析与设计专用程序	(224)
10.4.3	软件的配备原则	(226)
10.4.4	程序计算结果的分析与判别	(227)
10.5	具体实例设计方法及步骤	(227)
10.5.1	结构设计所需资料	(227)
10.5.2	结构布置原则	(227)
10.5.3	结构计算及设计	(233)
	思考题	(244)
11	结构振动控制、消能减震和隔震结构	(245)
11.1	结构振动控制的基本概念	(245)
11.1.1	抗震理论的发展阶段	(245)
11.1.2	结构振动控制的分类	(245)
11.2	结构消能减震	(247)
11.2.1	消能减震机构	(247)
11.2.2	消能减震的类型与功能	(249)
11.2.3	消能减震结构的设计要求	(251)
11.2.4	消能减震结构的抗震计算	(253)
11.2.5	消能减震结构的连接与构造	(254)
11.3	隔震结构	(255)
11.3.1	隔震概述	(255)
11.3.2	隔震器材及隔震设计基本原理	(257)
11.3.3	隔震结构的抗震计算和设计	(259)
11.3.4	上部结构的抗震设计	(260)
11.3.5	隔震层结构的计算与设计	(260)
11.3.6	隔震层以下结构及基础抗震计算与设计	(261)
11.3.7	隔震层的构造措施	(261)
	思考题	(262)
	参考文献	(263)

1 绪 论

1.1 高层建筑的特点

高层建筑与多层建筑,通常以建筑的高度和层数作为两个主要指标来区分。多少层数以上或多少高度以上的建筑为高层建筑,全世界至今没有一个统一的划分标准。在不同的国家、不同的年代,其规定也不一样,这与一个国家当时的经济条件、建筑技术、电梯设备、消防装置等许多因素有关。实际上,高层建筑与多层建筑在设计原理和设计方法上,是基本相同的。但高层建筑要使用更多结构材料去抵抗外荷载,尤其是水平荷载,因此,如何选择合适的抗侧力结构成为高层建筑结构设计的主要问题,交通、防火、意外事故等问题则更加复杂,需要合理处理。随着社会经济的不断发展,商业化、工业化、城市化进程的不断加快,以及土木工程和相关领域的科学技术水平的提高,不仅使得高层、超高层建筑的建造成为可能,而且发展速度也越来越快,对设计方面的要求也越来越多,越来越高。

一般而言,高层建筑具有占地面积少、建筑面积大、造型特殊、集中化程度高的特点。正是这些特点,使得高层建筑在现代化大都市中得到了迅速的发展。在现代化大都市中,过度的人口和建筑密度,导致城市用地日趋紧张,真可谓寸土千金,使得人们不得不向高层空间发展。高层建筑占地面积少,不仅可以节省对土地的大量投资,而且有较好的日照、采光和通风效果。但是,随着建筑高度的增加,建筑的防火、防灾、热岛效应等已成为人们急待解决的难题。从受力角度来看,随着高层建筑高度的增加,水平荷载(风载及地震作用)对结构起的作用将越来越大,侧移成为设计的控制指标,轴向变形的影响在设计中也不容忽视,延性成为结构设计的重要指标,结构材料用量将显著增加。除了结构的内力将明显加大外,结构的侧向位移增加得更快。图 1-1 所示是结构内力(N, M)、位移(Δ)与高度(H)的关系,其中弯矩和位移均呈指数曲线上升。由此可见,高层建筑不仅需要较大的承载能力,而且需要较大的刚度,从而使水平荷载产生的侧向变形限制在一定的范围内,以满足有关规范的要求。

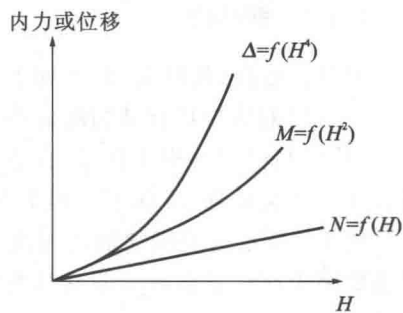


图 1-1 结构内力、位移与高度关系

1.2 高层建筑的界定

高层建筑有什么特点?或者说什么样的建筑算作高层建筑?对于这一问题,世界各国有不同的划分标准,或者说不同的国家有不同的规定。1972 年召开的国际高层建筑会议制定了划分标准,见表 1-1。

表 1-1 建筑划分标准

多层建筑		≤8 层	高度≤24m
高层建筑	第一类	9~16 层	高度≤50m
	第二类	17~25 层	高度≤175m
	第三类	26~40 层	高度≤100m
超高层建筑		>40 层	高度>100m

注:我国《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)(以下简称《高层规程》)规定 10 层及 10 层以上或高度超过 28m 的房屋为高层建筑。

在结构设计时,高层建筑的高度一般是指从室外地面至檐口或主要屋面的距离,不包括局部突出屋面的楼(电)梯间、水箱间、构架等高度。我国《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)则规定,10 层及 10 层以上的住宅建筑以及高度超过 24m 的公共建筑和综合性建筑为高层建筑,而高度超过 100m 时,不论是住宅建筑还是公共建筑,一律称为超高层建筑。日本则将 5~15 层的建筑称为高层建筑,超过 15 层的建筑均为超高层建筑。

事实上,究竟什么样的建筑算作高层建筑,应该视建筑的结构体系、受力特点而定。如果建筑的结构体系在侧向力的作用下,表现出了高层建筑的受力特点,则不论其高度如何,都应该按照高层建筑来对待。高层建筑结构可以设想成为支承在地面上的竖向悬臂构件,承受着竖向荷载和水平荷载的作用。

1.3 高层建筑的建筑材料

现代高层建筑所采用的材料,主要是钢材和混凝土两种。不同国家、不同地区、不同结构形式所采用的结构材料不同,大致有以下几种形式:

1.3.1 钢结构

钢材强度高、韧性大、易于加工。钢结构构件可以在工厂加工,缩短了现场施工工期,施工方便。高层钢结构具有结构断面小、自重轻、抗震性能好等优点。

但是,高层钢结构用钢量大,造价高,而且钢材的防火、防腐性能不好,需要大量的防火涂料并进行防腐处理,增加了工程工期和造价。

图 1-2 所示为美国芝加哥的西尔斯大厦(2009 年 7 月 16 日,该建筑物官方命名正式改为韦莱集团大厦),是世界上非常具有代表性的钢结构高层建筑。

1.3.2 钢筋混凝土结构

钢筋混凝土结构造价低,材料来源丰富,可以浇注成各种复杂的断面形式,既节省钢材,承载能力也不低。经过合理的设计,现浇钢筋混凝土结构具有较好的整体性和抗震性能。尤其是在防火和耐久性能方面,更有着钢结构无法比拟的优势。其缺点是自重较大,抗震性能不如钢结构,建造高度也不如钢结构。在 2000 年以前,香港的中环广场大厦是当时最高的钢筋混凝土结构,其次是朝鲜平壤市的柳京饭店(101 层,高度 319.8m)。

1.3.3 钢-混凝土组合结构

将型钢布置在构件内部,外部由钢筋混凝土做成,或者是在钢管内部填充混凝土,做成钢-

混凝土组合结构。此种形式使上述两种结构材料的优势互补,结构具有很好的抗震性能,建造高度可与钢结构相当。经济合理、技术性能优良的钢-混凝土组合结构,是目前的发展趋势。马来西亚的石油大厦,如图 1-3 所示,采用的就是这种结构形式。

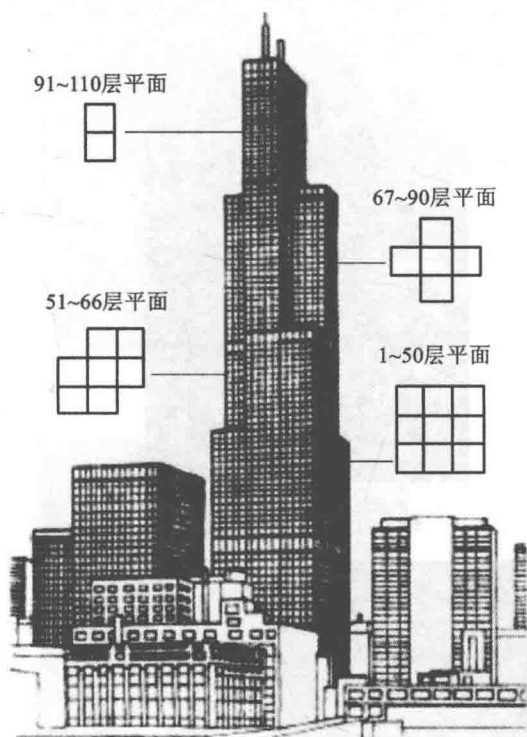


图 1-2 西尔斯大厦

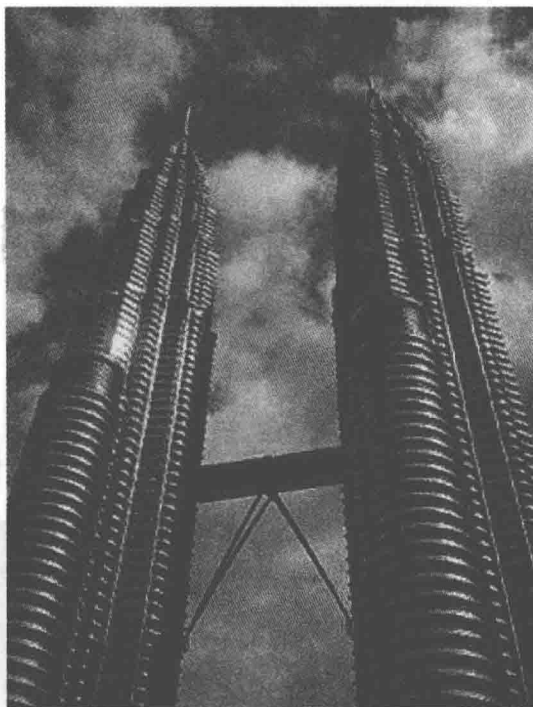


图 1-3 马来西亚石油大厦

1.4 高层建筑的发展简介

高层建筑的发展大致可以分成古代高层建筑和现代高层建筑两部分。在古代,高层建筑主要是寺庙或纪念性建筑,结构形式大都是木结构或砖石结构。如砖塔,许多砖塔经受了上千年的风吹雨打和地震的摇撼而屹立至今,例如河北定县开元寺塔(图 1-4),足见其设计和施工技术之高超。但是,真正意义上的高层建筑,却是自 1885 年美国芝加哥市建成的 10 层高的家庭生命保险大厦(钢结构,詹尼设计,1931 年被拆除,通常被认为是世界上第一栋高层建筑)开始的。此后 10 年中,在芝加哥和纽约相继建成了 30 幢类似的高层建筑,尤其是 1895 年奥提斯(Otis)安全电梯的投入应用,解决了高层建筑的竖向运输问题,对高层建筑的发展起到了巨大的推动作用。20 世纪 30 年代出现了现代高层建筑发展的第一个高潮。1931 年建成的纽约帝国大厦(图 1-5),102 层,高度 381m,保持世界最高建筑记录长达 41 年之久。该建筑为钢结构,采用了框架结构体系。

1929—1933 年,美国发生了严重的经济危机,1939 年第二次世界大战全面爆发,使得高层建筑的发展几乎处于停滞状态。二战后,随着钢材焊接技术的成熟和发展,尤其是美国人坎恩(Fazler Khan)于 20 世纪 60 年代提出的框筒体系,为建造超高层建筑提供了理想的结构形

式。从框筒体系中衍生出来的筒中筒、成束筒等结构体系,将高层建筑的发展推向了第二个高潮,致使美国出现了一批 100 层以上的超高层建筑。如 1969 年芝加哥建成了 100 层、高 344m 的汉考克大厦;1972 年纽约建成了 110 层、高 417m 的世界贸易中心(图 1-6);1974 年芝加哥又建成了 110 层、高 443m 的西尔斯大厦。其中,西尔斯大厦作为新的世界最高建筑,享誉 22 年之久。



图 1-4 河北定县开元寺塔



图 1-5 纽约帝国大厦

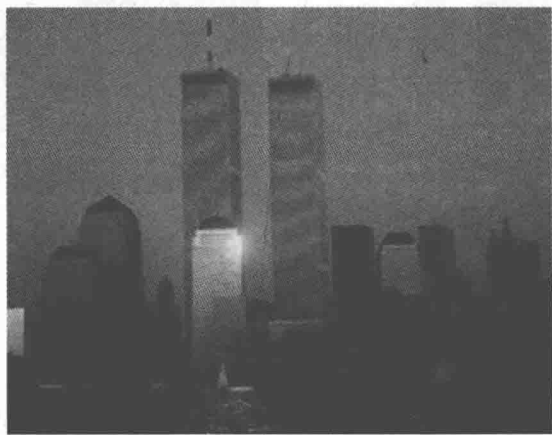


图 1-6 纽约世界贸易中心

日本是一个地震多发国,从抗震防灾角度出发,日本政府曾规定房屋高度不得超过 31m。自从 1965 年取消此项规定后,高层建筑在日本也得到了充分的发展。

高层建筑在世界各国都得到了迅速的发展,许多高层建筑已成为城市的标志性建筑。目前,世界上高度超过 300m 的超高层建筑已达几十幢,其中,位于马来西亚首都吉隆坡的石油大厦,高度达到了 451.9m,曾经是世界上已建成并投入使用的最高建筑。我国台湾地区的高层建筑台北 101(TAIPEI 101),原名台北国际金融中心(Taipei Financial Center),楼高 508m,地上 101 层,地下 5 层,曾经是全世界最高的摩天大楼,见图 1-7、图 1-8。哈利法塔,原名迪拜塔,是位于阿拉伯联合酋长国迪拜的一栋已经建成的摩天大楼,有 160 层,总高 828m,比台北 101 足足高出 320m,于 2004 年 9 月 21 日开始动工,2010 年 1 月 4 日竣工启用。哈利法塔采用了一种具有挑战性的单式结构,由连为一体的管状多塔组成,具有太空时代风格的外形,基座周围采用了富有伊斯兰建筑风格的几何图形——六瓣的沙漠之花,见图 1-9、图 1-10。



图 1-7 台北 101 夜景

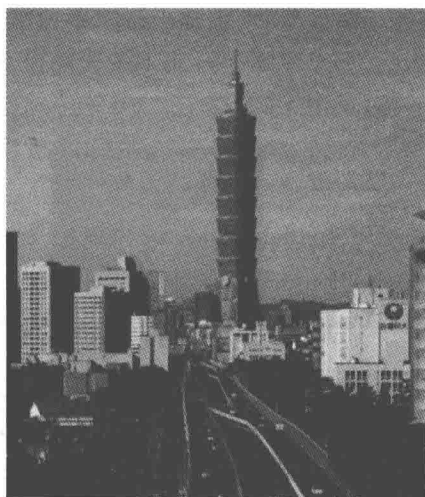


图 1-8 台北 101 立面图



图 1-9 哈利法塔

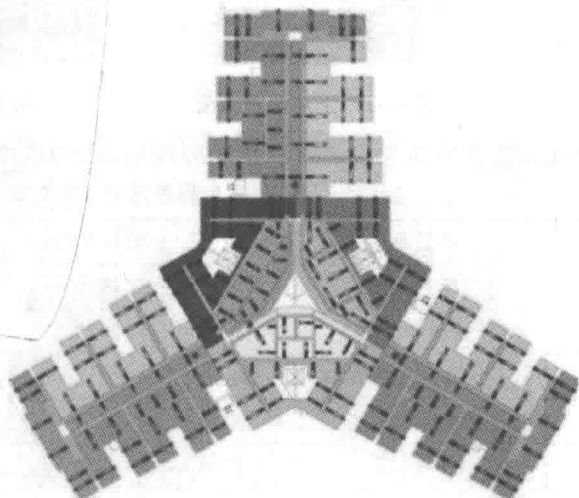


图 1-10 哈利法塔平面图

我国大陆地区高层建筑的真正发展是在新中国成立以后。在 20 世纪 50~60 年代,受当时经济条件的限制,高层建筑规模小,发展速度也慢。1968 年建成的广州宾馆,27 层,高 88m,采用现浇钢筋混凝土剪力墙结构,是 20 世纪 60 年代我国建成的最高建筑。20 世纪 70 年代以后,高层建筑在我国大陆地区的发展速度逐渐加快。1974 年建成的北京饭店东楼,19 层,高 87.15m,采用现浇钢筋混凝土框架-剪力墙结构,是当时北京市最高的建筑。尤其是改革开放以后,国民经济的发展为高层建筑的发展创造了充分的经济基础,为科学技术的发展又提供了技术支持。高层建筑,甚至是超高层建筑在全国各地如雨后春笋般矗立起来。

1985 年,深圳建成了 63 层、高 158.65m 的国际贸易中心大厦;两年后,63 层、高 200m 的广州国际大厦和 57 层、高 208m 的北京京广中心大厦又相继开工。直到 1998 年,88 层、高 420.5m 的上海金茂大厦的建成(图 1-11),标志着我国高层建筑的建设水平已经达到了世界先进水平。

上海环球金融中心是世界第二平顶高楼,这栋 101 层、高度为 492m 的摩天大楼,根据国际高层建筑与城市住宅协会当时最新公布的高层建筑排行榜,曾经在“最高使用楼层高度”和

“最高楼顶高度”两项指标中位居全球第一,距离地面 474m 的观光厅成为了世界上最高的“观光天阁”。如果不算上台北 101 大楼顶上细细的尖顶,那么它曾是全球已建成的摩天大楼里最高的一幢,见图 1-12。

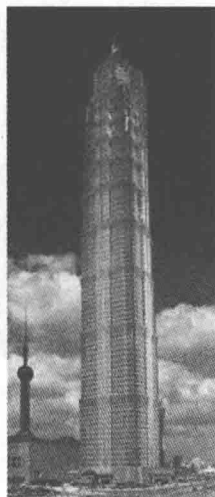


图 1-11 上海金茂大厦

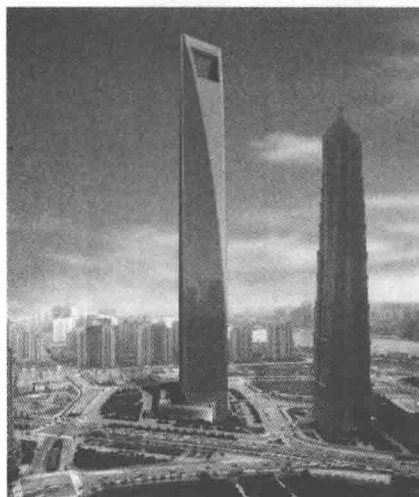


图 1-12 上海环球金融中心

目前,世界最高十大建筑和我国内地最高十大建筑分别见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2 世界最高的十大建筑(截至 2015 年)

排名	名称	城市	建成年份	层数	高度(m)	材料	用途
1	哈利法塔	迪拜	2010	162	828	混合	综合
2	东京晴空塔	东京	2012	—	634	混合	电视塔/观光
3	上海中心大厦	上海	2015	125	632	混合	综合
4	麦加皇家钟楼饭店	麦加	2012	120	601	混合	综合
5	广州塔	广州	2009	112	600	混合	电视塔/观光
6	新世界贸易中心	纽约	2013	82	541	混合	综合
7	台北 101	台北	2004	101	508	混合	综合
8	上海环球金融中心	上海	2008	101	492	混合	办公/旅馆
9	香港环球贸易广场	香港	2011	108	484	混合	综合
10	石油大厦	吉隆坡	1998	99	452	混合	办公

表 1-3 中国大陆最高的十大建筑(截至 2015 年)

排名	名称	城市	建成年份	层数	高度(m)	材料	用途
1	上海中心大厦	上海	2015	125	632	混合	综合
2	广州塔	广州	2009	112	600	混合	电视塔/观光
3	上海环球金融中心	上海	2008	101	492	混合	办公/旅馆
4	绿地广场紫峰大厦	南京	2010	66	450	混合	办公/旅馆
5	京基 100 大厦	深圳	2011	100	441.8	混合	综合

续表 1-3

排名	名称	城市	建成年份	层数	高度(m)	材料	用途
6	广州国际金融中心	广州	2010	103	437.5	混合	综合
7	金茂大厦	上海	1998	88	420.5	混合	综合
8	中信广场	广州	1997	80	391	混凝土	办公
9	地王大厦	深圳	1996	69	384	混合	办公
10	世贸国际广场	上海	2007	60	333	混合	综合

1.5 高层建筑的发展展望

高层建筑在向人们展示它的美丽和优势的同时,也逐渐暴露出了一些急需解决的问题,如防火、防灾、热岛效应、交通、污染等。特别是2001年9月11日,恐怖分子劫机撞击美国纽约的世界贸易中心大楼,使大楼彻底坍塌,造成了巨大的生命和财产损失,见图1-13,这一恐怖袭击事件使上述问题受到社会各界的普遍关注。相信随着科学技术的进步,人们会找到解决的办法,使高层建筑,尤其是超高层建筑能更好地为人类服务。

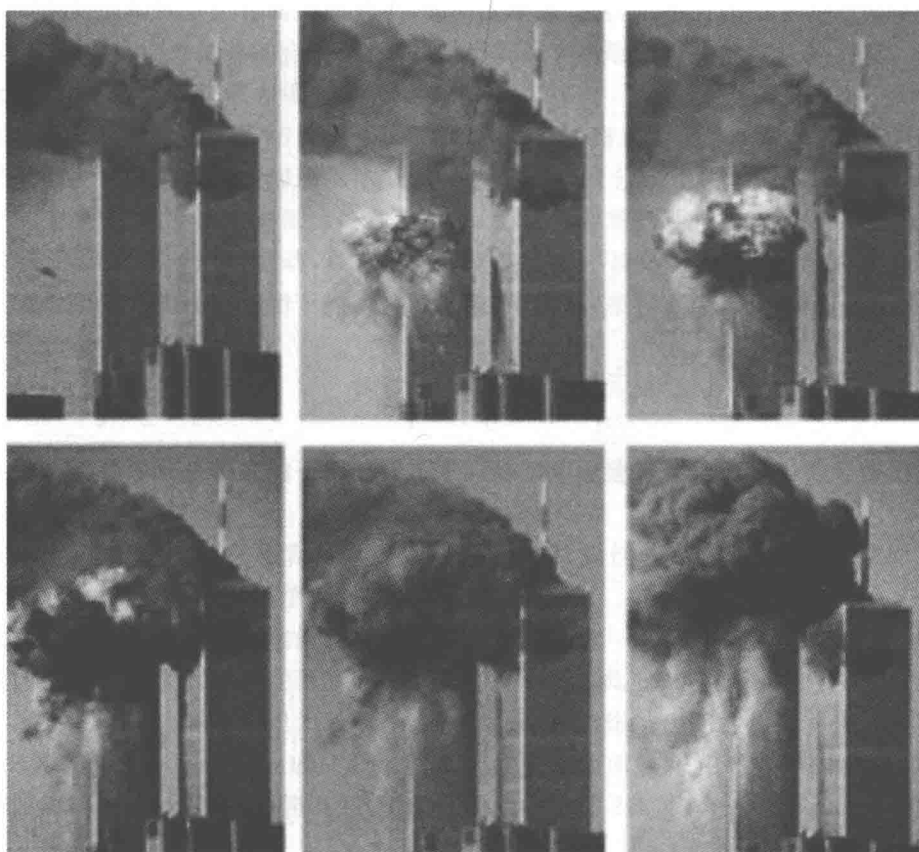


图 1-13 纽约世界贸易中心被撞