

交通版

高等学校土木工程专业规划教材

JIAOTONGBAN GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



高层建筑 结构设计

张世海 张有才 薛 茹 主编
郭院成 主审



人民交通出版社

China Communications Press

TU973/54

2007

交通版 高等学校土木工程专业规划教材
JIAOTONGBAN GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

高层建筑结构设计

Gaoceng Jianzhu Jiegou Sheji

张世海 张有才 薛 茹 主编
郭院成 主审



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书是土木工程专业建筑工程方向的一门十分重要的专业课,也是一门理论与实际联系密切,多学科综合的专业限选课。内容安排上注重实用性、系统性和全面性,并注重建筑结构体型对结构整体性能影响的分析。

本书共十章,首先从整体上对高层建筑分类及其发展作以阐述,其后介绍了高层结构系统及其分类与受力特点、高层建筑结构选型与结构布置、结构上的作用与结构设计原则、结构分析方法,以及常用的高层钢筋混凝土框架、剪力墙、框架—剪力墙、筒体结构与高层钢结构、高层钢—混凝土组合结构和高层建筑结构基础设计与分析方法,上述内容体现我国有关现行规范、规程和有关规定的要求。同时,本书也列举了有关的工程实例和实用图表,可供读者及有关设计人员参考。通过本书的学习,力求使学生了解和掌握高层建筑结构设计过程中的有关设计内容和关键设计问题与方法。本书可作为高等学校土木工程专业教科书的教科书,还可供工程设计人员及科研人员参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

高层建筑结构设计/张世海等主编. —北京: 人民交通出版社, 2007.8

ISBN 978-7-114-06649-8

I. 高… II. 张… 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 (2007) 第 093977 号

书 名: 高层建筑结构设计

著 作 者: 张世海 张有才 薛 茹

责任编辑: 张征宇 赵瑞琴

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.cccpress.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18

字 数: 451 千

版 次: 2007 年 8 月 第 1 版

印 次: 2007 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06649-8

印 数: 0001—3000 册

定 价: 32.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

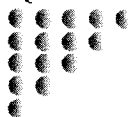
随着科学技术的迅猛发展、全球经济一体化趋势的进一步加强以及国力竞争的日趋激烈,作为实施“科教兴国”战略重要战线的高等学校,面临着新的机遇与挑战。高等教育战线按照“巩固、深化、提高、发展”的方针,着力提高高等教育的水平和质量,取得了举世瞩目的成就,实现了改革和发展的历史性跨越。

在这个前所未有的发展时期,高等学校的土木类教材建设也取得了很大成绩,出版了许多优秀教材,但在满足不同层次的院校和不同层次的学生需求方面,还存在较大的差距,部分教材尚未能反映最新颁布的规范内容。为了配合高等学校的教学改革和教材建设,体现高等学校在教材建设上的特色和优势,满足高校及社会对土木类专业教材的多层次要求,适应我国国民经济建设的最新形势,人民交通出版社组织了全国二十余所高等学校编写“交通版高等学校土木工程专业规划教材”,并于2004年9月在重庆召开了第一次编写工作会议,确定了教材编写的总体思路,于2004年11月在北京召开了第二次编写工作会议,全面审定了各门教材的编写大纲。在编者和出版社的共同努力下,目前这套规划教材已陆续出版。

这套教材包括“土木工程概论”、“建筑工程施工”等31门课程,涵盖了土木工程专业的专业基础课和专业课的主要系列课程。这套教材的编写原则是“厚基础、重能力、求创新,以培养应用型人才为主”,强调结合新规范、增大例题、图解等内容的比例并适当反映本学科领域的新发展,力求通俗易懂、图文并茂;其中对专业基础课要求理论体系完整、严密、适度,兼顾各专业方向,应达到教育部和专业教学指导委员会的规定要求;对专业课要体现出“重应用”及“加强创新能力和工程素质培养”的特色,保证知识体系的完整性、准确性、正确性和适应性,专业课教材原则上按课群组划分不同专业方向分别考虑,不在一本教材中体现多专业内容。

反映土木工程领域的最新技术发展、符合我国国情、与现有教材相比具有明显特色是这套教材所力求达到的,在各相关院校及所有编审人员的共同努力下,交通版高等学校土木工程专业规划教材必将对我国高等学校土木工程专业建设起到重要的促进作用。

交通版高等学校土木工程专业规划教材编审委员会
人民交通出版社



20 世纪 90 年代以来,我国随着经济建设的持续发展,高层建筑也得到了迅速发展。高层建筑从过去的沿海几个大城市发展到遍及全国的大中城市,建筑功能从旅馆、办公楼发展到住宅、公寓、商业、文教、科研、交通、通信、电视、展览和图书馆等多种建筑功能用房,并建成了一批综合性的多功能大楼,且数量、层数、高度有日益增加之趋势,这就要求土木工程专业学生必须掌握高层建筑结构设计方法。为适应新形势下复合型高等土木工程人才和实际工程设计的需要,根据全国高等学校土木工程专业指导委员会关于该课程教学大纲的要求及我国现行的相关规范和规程,编写了本书。

本书是土木工程专业建筑工程方向的一门十分重要的专业课,也是一门理论与实际联系密切,多学科综合的专业限选课。内容安排上注重实用性、系统性和全面性,并注重建筑结构体型对结构整体性能影响的分析。学好这门课程需要学生具备材料力学、结构力学、钢结构、地基基础、房屋建筑学、钢筋混凝土结构设计原理、建筑结构抗震设计等前期多门课程知识,用这些课程知识来综合解决高层结构设计问题,使学生在较短时间内转变传统多层建筑设计思维模式,掌握常用高层结构的特征及其结构设计方法,并达到综合利用多门前置课程知识,从整个高层建筑结构设计过程和整个结构系统的层次上来分析解决高层结构设计所遇到的建筑结构选型、结构布置、构件选择、荷载与内力分析、构件设计、构造措施与方法等有关方面问题的能力。

本书共十章,首先从整体上对高层建筑分类及其发展作以阐述,其后介绍了高层结构系统及其分类与受力特点、高层建筑结构选型与结构布置、结构上的作用与结构设计原则、结构分析方法,以及常用的高层钢筋混凝土框架、剪力墙、框架—剪力墙、筒体结构与高层钢结构、高层钢—混凝土组合结构和高层建筑结构基础设计与分析方法,上述内容体现我国有关现行规范、规程和有关规定的要求。同时,本书也列举了有关的工程实例和使用图表,可供读者及有关设计人员参考。力求通过本书的学习,使学生了解和掌握高层建筑结构设计过程中的有关设计内容和关键设计问题

与方法。本书可作为高等学校土木工程专业的教科书,还可供工程设计人员及科研人员参考。

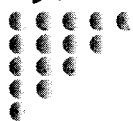
本书由河南理工大学张有才教授和南阳理工学院张世海博士编写第一章,南阳理工学院张世忠编写第二章,南阳理工学院张世海博士编写第三章,南阳理工学院张世海和陈孝珍博士编写第四、第五章,河南理工大学丁哑红博士编写第六章,河南理工大学李婕博士编写第七章,郑州航空工业管理学院薛茹教授编写第八、第十章,河南理工大学胡春红博士编写第九章。由张有才教授和张世海博士负责制订编写大纲并进行统稿。郑州大学郭院成教授审阅了全部书稿,并提出了很多宝贵的建议和具体的修改意见,这里再次表示衷心感谢。

由于编写时间仓促及编者水平所限,书中错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

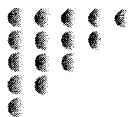
2007年3月15日

目录 MULU



第一章 绪论	1
第一节 高层建筑及分类.....	1
第二节 高层建筑产生与发展.....	2
思考题与练习题.....	9
第二章 结构体系和结构布置	10
第一节 概述	10
第二节 结构设计的过程与内容	11
第三节 高层结构系统及其分类	13
第四节 高层建筑结构选型的影响因素与原则	22
第五节 结构布置原则	35
思考题与练习题	40
第三章 荷载作用与结构设计原则	41
第一节 荷载与作用的分类与代表值	41
第二节 荷载(效应)组合方法	43
第三节 竖向荷载	45
第四节 风荷载	48
第五节 地震作用	51
第六节 温度作用	59
第七节 结构设计原则	60
思考题与练习题	66
第四章 框架结构设计	67
第一节 概述	67
第二节 竖向荷载作用下框架内力近似计算——分层计算法	76
第三节 水平荷载作用下框架内力近似计算	79
第四节 框架结构侧移近似计算及侧移限值	92
第五节 框架结构内力组合	97
第六节 钢筋混凝土框架结构的延性设计.....	102
第七节 框架的构造要求.....	112
思考题与练习题.....	119
第五章 剪力墙结构	121
第一节 概述.....	121

第二节	整体与整体小开口剪力墙内力和位移计算	131
第三节	双肢与多肢剪力墙内力和位移计算	135
第四节	壁式框架内力和位移计算	152
第五节	剪力墙的截面设计与构造要求	155
	思考题与练习题	166
第六章	框架—剪力墙结构	167
第一节	概述	167
第二节	框架—剪力墙结构的内力计算	170
第三节	框架—剪力墙协同工作性能	185
第四节	框架—剪力墙结构截面设计及构造	187
第五节	板柱—剪力墙结构	189
第六节	框架—剪力墙结构计算实例	191
	思考题与练习题	199
第七章	筒体结构设计	200
第一节	概述	200
第二节	筒体结构的布置	200
第三节	侧向力作用下的受力特点	203
第四节	筒体结构的计算方法	205
第五节	筒体结构的截面设计及构造措施	209
	思考题与练习题	211
第八章	高层建筑钢结构	212
第一节	概述	212
第二节	高层钢结构内力分析与位移限值的一般规定	221
第三节	高层钢结构构件设计	225
第四节	高层钢结构节点设计	234
	思考题与练习题	240
第九章	钢—混凝土组合结构设计	241
第一节	概述	241
第二节	组合结构的基本构件和结构布置	242
第三节	组合结构构件设计	248
	思考题与练习题	259
第十章	高层建筑结构基础设计	260
第一节	概述	260
第二节	筏形基础	262
第三节	箱形基础	269
第四节	桩基础	272
	思考题与练习题	274
	参考文献	275



第一节 高层建筑及分类

一、高层建筑定义

高层建筑一般是指与低层和多层建筑相比,层数多、高度大的建筑。我国《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)规定,10层及10层以上或房屋高度大于28m的建筑物为高层建筑;我国《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—95)中规定,10层及10层以上的住宅和建筑高度超过24m的公共建筑为高层建筑,其划分原则是以中国消防车供水能力等为依据;美国规定高度在7层以上或25m以上的建筑物为高层建筑;英国规定24.3m以上的建筑物为高层建筑;法国规定居住建筑高度在50m以上,其他建筑高度28m以上的建筑为高层建筑。

二、高层建筑的分类

按不同的分类标准或分类指标可对高层建筑进行不同的分类,同时,有时即使采用相同的分类标准或分类指标,不同国家或不同时期,其分类规定亦不相同,目前国际上还没有统一的高层建筑划分标准。以下给出高层建筑的几种分类方法。

1. 按层数和高度分类

国际上按建筑的高度与层数可将高层建筑分为:低高层(40层或152m高度以下)、高层、超高层(100层或365m高度以上)等3类。据联合国教科文组织所属的世界高层建筑委员会建议,一般将高层建筑划分为以下4类:第一类高层建筑为9~16层,高度不超过50m;第二类高层建筑为17~25层,高度不超过75m;第三类高层建筑为26~40层,高度不超过100m;第四类高层建筑为40层以上,高度超过100m。日本规定,8层以上或高度超过31m的建筑为高层建筑,30层以上的旅馆、办公楼和20层以上的住宅定为超高层建筑等。

2. 按高层建筑功能分类

按建筑的主要使用功能,可将高层建筑分为住宅类、旅馆类、办公类和综合类等。

3. 按高层建筑建筑材料分类

按高层建筑结构材料的不同,可将建筑分为钢筋混凝土类高层建筑、钢结构类高层建筑、钢—混凝土混合结构类高层建筑等。同样,也可按结构体系或施工方法等进行分类。

第二节 高层建筑产生与发展

一、高层建筑产生与发展的原因与动力

从古代的各类寺塔到今天的各类现代高层建筑,人类对高层建筑的探索与实践一直没有停止。特别是近年来,随着社会经济与现代科技的发展,高层建筑已经成为各国各级政府解决现代城市问题的重要手段之一,高层建筑已经成了城市和时代的标志和象征,其美学价值与广告效应也将成为城市的重要文化财富,高层建筑与现代城市的关系日益密切。特别是近30多年,世界各地兴建的各式各样高楼,如同雨后春笋,在许多大中城市中拔地而起。其规模之大,数量之多,技术之先进,形式之多样,外观之新颖,让人惊叹称奇。导致高层建筑产生发展及其近几十年内得到快速发展的原因较多,其主要原因可概括为以下几个方面。

(1) 社会的需求是高层建筑产生与发展的源动力。如古代军事战争、宗教、瞭望、皇权象征等的需要,导致了古代高层塔、寺的产生与发展;又如18世纪末的产业革命,带来了生产力的飞速发展和经济繁荣,大工业的兴起促使人口向城市集中,造成城市用地紧张,地价高涨,为了缓解城市用地紧张的矛盾,就要在较小的场地范围内,建造出更多的建筑使用空间或建筑面积,迫使建筑物不得不向空中延伸,由低层发展到多层,又由多层发展为高层。人类社会不断提高的需求是高层建筑产生与发展的最直接原因。

(2) 高层建筑建设经验的积累与技术的进步、新型建筑材料、结构体系、设计理论方法与手段的产生及其在高层建筑结构设计、施工与运行中的应用,为高层建筑向更高的高度和更多的层数发展提供了可能,并奠定了物资与技术基础。如1850年水泥的问世并开始生产、1890年开始采用回转窑进行大规模生产,1859年转炉炼钢新方法的出现,1861年钢筋混凝土的出现,1857年电梯的发明及其于1880年在工程中的应用,为高层建筑的发展提供了可能。特别是近几十年来科学技术的快速发展,出现了多种轻质高强建筑材料和多种新型高效的结构体系,创造出了先进的施工技术和机械设备,提供了高速电梯、空调、防火、自控等自动化、现代化设施,再加上计算机技术在工程分析设计中的应用等,为高层建筑向更高更复杂的方向发展提供了更加充分的条件。

(3) 现代化城市建设的要求。一方面,高层建筑可以增加人们的聚集密度,缩短相互联系的距离,水平交通与竖向交通相结合,使人们在城市中活动的分布走向空间化,节约了时间,增加了效率。另一方面,在建筑面积与场地面积相同的条件下,高层建筑比低层和多层建筑能够提供更多的自由地面。利用它可进行场地与环境的绿化或用作活动和休息场地,有利于美化城市环境;并给房屋带来更充足的日照、采光和通风效果。其三,从城市建设角度来看,建筑物向高空发展,可以充分利用城市土地资源,减小城市平面规模,缩短城市道路和各种公用管线的长度等市政工程费和复杂地形处理费,减少拆迁费,节约城市建设投资,提高城市社会综合效益,缓解因城市化进程加快而带来的城市快速膨胀及城市房屋的严峻供需矛盾,改善城市环境与调节心理等城市社会性问题。其四,高层建筑已成为现代化城市建设和发展的重要标志

和象征,现代建筑思潮的倡导者,为高层建筑发展建立了理论基础,现代结构工程学科在工程结构新材料、新技术、新工艺、新结构体系型式以及先进的分析计算方法和手段等方面的发展,为各类更高和更复杂高层建筑结构与建造,提供了技术上的支持,也为增加高层建筑的使用功能和适用性奠定了基础。

(4)高层建筑工程建设的高度与层数及其复杂程度,已成为衡量一个国家、地区和部门设计水平、建设能力以及工程创新和竞争能力的决定性因素。

二、高层建筑的产生与发展

从古代的高层塔、寺到今天的现代化高层建筑,高层建筑经历了孕育、产生与发展等发展阶段后,今天已进入到了快速发展的繁荣期。以下简要介绍各发展时期的特征。

1. 孕育期(古代)

早在远古时代,人类在建筑方面就有着向高空发展的愿望和需要。在我国,早在汉武帝时代,长安城内就已经出现了不少较高的木结构楼阁。公元520年,在河南登封县,用砖砌筒体和木楼板建造的嵩岳寺塔,共10层,高约40m。公元704年(唐代)在西安建造的大雁塔,为砖砌塔身,木楼板,共7层,总高64m。河北省定县开元寺的瞭敌塔,建于公元1001~1055年(北宋咸平年间),用于监视敌情,其平面为正八边形,底部边长为9.8m,采取砖砌双层筒体系,外筒壁厚3m,共11层,总高82m。公元1056年在山西省应县佛宫寺内建造的释迦塔,是迄今保存得最完好的最古最大的木塔,是一座正八边形的木结构塔楼,共9层,高达67m。

在西方,上古时期的七大建筑奇迹中,就有两座是高层建筑。一座是公元前338年巴比伦国王在巴比伦城建造的巴贝尔(tower of babel),塔高90m。据说,当时建塔的动机是要在高空形成葱翠的花园,以取悦皇后。另一座是埃及亚历山大港的灯塔,建于公元前280年,塔身高约150m,塔身用料石砌筑,塔顶常年燃点烽火,作为航标。据考证,公元80年的古罗马时代,欧洲的城市中,已经建造了采用砖墙承重的10层楼房。

这一时期的高层构筑物主要是纪念性或功能性建筑,所采用的材料主要是天然的木、石及烧制的黏土砖等,材料强度低,承重构件尺度较大,使用面积小,虽然这一时期以寺塔等为主的建筑缺乏理论指导,主要是由能工巧匠根据经验进行建造,高度也较低,一般不具有居住生活等功能,但正是这一时期人们对高层寺塔的建设探索与实践,积累了高层构筑物的建设经验,孕育了以后高层建筑的产生与发展。

2. 产生或萌芽期(近代,19世纪初至19世纪末)

19世纪随着工业的发展,人口向城市集中,用地逐渐紧张,这一形势要求在城市里建造高楼。不过,在19世纪初,由于主要建筑材料依旧是砖、石和木材,因而当时建造的大多数高楼,仍摆脱不开古老的承重墙体系。例如,1819年美国芝加哥市建造的一幢16层Monadnock大楼,就是采用砖承重墙体系,底部8层砖墙的厚度竟达1.8m。

这一时期,在设计理论方面,纳维于1825年建立了结构设计的容许应力法,里特尔于19世纪末建立了极限平衡概念,麦可韦尔于1854年提出了优化的思想,19世纪后期惠普尔和克拉伯龙先后提出了桁架计算理论和连续梁计算方法,以后麦可斯韦于1864年提出了超静定结构的力法方程,1874~1885年莫尔发展了利用虚位移原理求位移的理论。在材料与结构技术方面,水泥、混凝土产生,转炉炼钢新方法出现,钢铁产量开始增加,电梯出现并在工程中开始

应用。上述设计理论与建筑技术的进步,使 19 世纪开始产生采用钢铁材料制作的框架承重结构体系,如 1801 年在英国曼彻斯特建成的一座 7 层棉纺厂房,厂房内部采用铸铁框架承重,而且框架梁第一次采用工字形截面,以及 1854 年在美国长岛黑港采用熟铁框架建造了一座灯塔。19 世纪后期,在美国芝加哥则相继建成不少高楼,如 1883 年建造的 11 层保险公司大楼,是采用由生铁柱和熟铁梁所构成的框架来承担全部荷载,外围砖墙仅是自承重墙,就结构而论,这一幢大楼可以说是近代高楼的始祖,又如 1889 年建造的 9 层 Second Rand Menally 大楼,则是世界上第一幢采用全钢框架承重的高层建筑。显然,这时期是高层建筑的产生或萌芽期,由于受材料性能、设计理论及电梯速度等的限制,高层建筑的层数一般不高。

3. 发展期(现代,19 世纪末至 20 世纪 50 年代)

20 世纪初,随着混凝土与钢结构设计技术的进步,以及高速电梯的出现,高层建筑的建设得到迅速发展,而且层数与高度逐步增加。高层建筑高度增大以后,风荷载成为结构设计的一个重要因素。由于在结构理论方面突破了纯框架抗侧力体系,提出在框架中间设置竖向支撑或剪力墙,来增强结构的抗推刚度和强度,使高层建筑进一步向更多的层数发展。自从 1903 年在美国辛辛那提市建成世界上首座钢筋混凝土结构高层建筑(Ingalls,高 16 层,64m)以后,1905 年在美国纽约建造了 50 层的 Metrop Litan 大楼;1913 年建造了 60 层、高 234m 的 Woolworth 大楼;1929 年建造了 319m 高的 Charysler 大厦;1931 年又建造了著名的 102 层、高 381m 的帝国大厦,该建筑保持世界最高楼房称号达 47 年之久。我国高层建筑的起步较晚,且发展缓慢,于 20 世纪 20 年代以后才开始兴建,自 1921 年起到 1936 年,先后在上海和广州等城市陆续建造了一些高层旅馆、住宅和办公楼,其中最高的是上海国际饭店,地上 22 层,地下 2 层,高 82.51m,这些高层建筑标志着我国现代高楼的初步发展。

在这一时期,本迪克森于 1914 年首先提出了转角位移法,克罗斯于 1932 年首创了力矩分配法,戴孙于 1922 年提出了基于破损阶段的强度计算方法,这些理论的创建为以后建立各类结构设计理论与方法奠定了基础,也为更高更复杂高层建筑的出现奠定了理论基础。但由于结构设计仍未摆脱平面结构理论,而且建筑材料的强度低、质量大,以致整个大楼的材料用量较多,结构自重仍然较大。

4. 繁荣期(20 世纪 50 年代末至今)

1945 年第二次世界大战结束以后,建筑业得以复苏,并出现较大的发展,高层建筑也像雨后春笋一般在美国各地涌现,并向超高层建筑发展。继而在欧洲、亚洲、澳洲以及第三世界各国陆续建造了许多高楼,形成了世界范围的高层建筑建设繁荣期。如 1972 年建成的世界贸易中心(Twin Towers,高 402m,110 层,钢结构),1974 年在美国芝加哥建成的西尔斯大厦(高 442m,立体结构—框筒束体系,用钢量 $161\text{kg}/\text{m}^2$,与帝国大厦相比减少 20%,钢结构),又如 1996 年吉隆坡建成石油大厦,88 层,高 450m,是钢与混凝土混合结构,目前世界最高建筑之一。

中国近代高层起步较晚,并于近 30 年高层建筑得到了快速发展。20 世纪 50 年代的国内高层建筑有上海电报大楼,地上 12 层,高 68.35;民族饭店,地下 1 层,地上 12 层,高 47.4m;1968 年建成的广州宾馆 27 层(20 世纪 60 年代最高建筑),高 112.7m,是当时中国 8 度区最高的建筑(按 9 度设防),1976 年建成的白云宾馆(广州)33 层(1976~1985 年最高建筑),深圳发展中心大厦,43 层,高 165.3m。20 世纪 90 年代以后,高层建筑发展较快,广州广东国际大厦,RC 结构,63 层,高 200.18m;深圳贤成大厦,RC 结构,筒中筒,61 层,高 218m;深圳地王大厦,81 层,高 383.95m。

中国银行(香港, 72 层, 高 364m), 深圳赛格广场(72 层, 353.8m, 世界最高的钢管混凝土结构), 香港汇丰银行大楼(48 层, 179m), 广东国际大厦(63 层, 200m), 中信广场(80 层, 340m), 上海金茂大厦(1999 年建成, 88 层, 420.5m, 世界第四高层建筑)等。

这一时期高层建筑得以迅猛发展的客观条件有三:

其一, 城市化进程加快, 大量人口向城市集聚, 密度激增, 纽约每公顷 1 000 人, 香港更高, 达 3 700 人, 造成城市生产、生活用房紧张, 地价猛涨, 迫使高层建筑向更高空间发展。

其二, 设计技术革新, 建筑结构力学由一维的平面结构理论, 发展为二维或三维的立体结构理论和空间结构理论, 为新的高效抗侧力体系的出现创造了条件, 同时计算机的出现和工程中的应用, 提高了结构分析的速度和精度, 为高层建筑在设计过程中进行多方案比较和优选提供了方便。上述设计技术方面的革新, 增加了高楼的使用功能和适用性, 并进一步降低了高楼的建筑造价。例如, 1931 年建造的高 381m 帝国大厦, 采用属平面结构的框架体系, 用钢量为 206kg/m^2 ; 而 1974 年建造的高 442m 的西尔斯塔楼, 由于采用了属立体结构的框筒束体系, 用钢量仅为 161kg/m^2 , 约减少 20%。

其三, 轻质材料的应用, 轻质隔墙和轻型围护墙的应用, 减轻了建筑自重, 并大大降低了基础工程费用, 同时镜面玻璃、合金铝板等新型饰面材料的问世, 更使高层建筑面貌焕发异彩, 为城市勾画出一幅美丽的空构图, 受到人们的赞许和欢迎。

其四, 多种性能更优的新型结构体系(如高性能混凝土、钢筋混凝土结构, 钢结构等)出现并在高层建筑结构中开始应用。

三、现代高层建筑的发展现状与趋势

1. 国内外高层建筑发展现状

目前, 世界尤其是我国正处在经济的快速发展期, 城市化进程稳步加快, 城市人口继续增加, 高层建筑的建设正处于快速发展期。表 1-1 给出了高层建筑与城市住宅委员会(CTBUH) 1995 年 10 月 31 日发布的世界上最高的 100 幢建筑。

世界上最高的 100 幢建筑[高层建筑与城市住宅委员会(CTBUH) 1995 年发布] 表 1-1

序号	名 称	城市	建成年	层数	高度(m)	材料	用途
1	石油大厦 1 Petronas Tower1	吉隆坡	UC86	88	452	M	多功能
2	石油大厦 2 Petronas Tower2	吉隆坡	UC96	88	452	M	多功能
3	西尔斯大厦 Sears Tower	芝加哥	1974	110	443	S	办公
4	金茂大厦 Jin Mao Building	上 海	UC98	88	421	M	多功能
5	世界贸易中心 1 One World Trade Center	纽 约	1972	110	417	S	办公
6	世界贸易中心 2 Two World Trade Center	纽 约	1973	110	415	S	办公
7	帝国大厦 Empire State Building	纽 约	1931	102	381	S	办公
8	中环广场 Central Plaza	香 港	1992	78	374	C	办公
9	中银广场 Bank of China Tower	香 港	1989	70	369	M	办公
10	T&C 大厦 T&C Tower	高 雄	UC97	85	348	S	多功能
11	标准石油公司大厦 Amoco	芝加哥	1973	80	346	S	办公
12	约翰·汉考克中心 John Hancock Center	芝加哥	1969	100	344	S	多功能

续上表

序号	名 称	城市	建成年	层数	高度(m)	材料	用途
13	地王大厦 Shun Hing Square	深圳	UC96	81	325	M	办公
14	中天大厦 Sky Central Plaza	广州	UC96	80	322	C	多功能
15	拜约基大厦 Baiyoke Tower II	曼谷	UC97	90	320	C	多功能
16	克莱斯勒大厦 Chrysler Building	纽约	1930	77	319	S	办公
17	国民银行大厦 Nations Bank Plaza	亚特兰大	1992	55	312	M	办公
18	第一州际世界中心 First Interstate World Center	洛杉矶	1989	75	310	M	办公
19	得克萨斯商业大厦 Texas Commerce Tower	休斯顿	1982	75	305	M	办公
20	柳京饭店 Ryugyong Hotel	平壤	UC95	105	300	C	饭店
21	咨询大厦 Two Prudential Plaza	芝加哥	1990	64	298	C	办公
22	第一州际银行广场 First Interstate bank Plaza	休斯顿	1983	71	296	S	办公
23	兰马克大厦 Landmark Tower	横滨	1993	70	296	S	多功能
24	南威克街311大厦 311 South Wacker Drive	芝加哥	1990	65	292	C	办公
25	租庇利街/皇后大道中大厦 Jubilee Street/Queen's Road Central	香港	UC97	69	292	S	办公
26	第一加拿大大厦 First Canadian Place	多伦多	1975	72	290	S	办公
27	美洲国际大厦 American International Building	纽约	1932	66	290	S	办公
28	自由大厦1 One Liberty Place	费城	1987	61	287	S	办公
29	哥伦比亚第一海上中心 Columbia Seafirst Center	西雅图	1985	76	287	M	办公
30	华尔街40大厦 40Wall Street	纽约	1930	70	283	S	办公
31	国民银行广场 Nations Bank Plaza	达拉斯	1985	72	281	M	办公
32	华联银行中心 Overseas Union Bank Centre	新加坡	1986	66	280	S	办公
33	华联银行广场 United Overseas Bank Plaza	新加坡	1992	66	280	—	办公
34	共和国广场 Republic Plaza	新加坡	1995	66	280	M	办公
35	花旗中心 Citicorp Center	纽约	1977	59	279	S	多功能
36	斯科林广场 Scotia Plaza	多伦多	1989	68	275	M	办公
37	特兰斯科大厦 Transco Tower	休斯顿	1983	64	275	S	办公
38	社会中心 Society Center	克利夫兰	1991	57	271	M	办公
39	AT&T公司中心 AT&T corporate Center	芝加哥	1989	60	270	M	办公
40	北密西根900大厦 900 North Michigan	芝加哥	1989	66	265	M	多功能
41	国民银行中心 Nations Bank Corporate Center	夏洛特	1992	60	265	C	办公

续上表

序号	名 称	城市	建成年	层数	高度(m)	材料	用途
42	桃树中心 One Peachtree Center	亚特兰大	1992	60	264	C	办公
43	加拿大信托大厦 Canada Trust Tower	多伦多	1990	51	263	—	办公
44	水塔大厦 Water Tower Place	芝加哥	1976	74	262	C	多功能
45	第一州际大厦 First Interstate Tower	洛杉矶	1974	62	262	S	办公
46	全美金字塔大厦 Transamerica Pyramid	旧金山	1972	48	260	S	办公
47	GE·洛克菲勒大厦 G. E. Rockefeller Center	纽约	1933	70	259	S	办公
48	第一国民银行广场 One First National Plaza	芝加哥	1969	60	259	S	办公
49	商业银行大厦 Commerzbank Tower	法兰克福	UC97	60	259	—	办公
50	自由大厦2 Two Liberty place	费城	1990	58	258	—	办公
51	迈萨托大厦 Messeturm	法兰克福	1990	63	257	C	办公
52	USX 大厦 USXTower	匹兹堡	1970	64	256	S	办公
53	门楼 Gate Tower	大阪	UC96	56	254	—	办公
54	世界贸易中心 World Trade Center	大阪	1994	55	252	M	办公
55	亚特兰大中心 One Atlantic Center	亚特兰大	1988	50	250	M	办公
56	B60NI 城市大厦 BNICity Tower	雅加达	1995	46	250	—	办公
57	韩国人寿保险公司大厦 Korea Life Insurance Company	汉城	1985	60	249	S	办公
58	城巅大厦 City Spire	纽约	1989	72	248	C	多功能
59	蔡斯曼哈顿广场 One Chase Manhattan Plaza	纽约	1961	60	248	S	办公
60	公园街200大厦 200Park Avenue	纽约	1963	59	246	S	办公
61	KTAB 大厦 Kompleks Tun Abdul Razak Building	槟城	1985	65	245	C	办公
62	马拉声银行大厦 Malayan Bank	吉隆坡	1988	50	244	C	办公
63	东京都府大厦 Tokyo Metropolitan Government Building	东京	1991	48	243	M	办公
64	内托大厦 Rialto Tower	墨尔本	1985	56	242	C	办公
65	乌尔沃斯大厦 Woolworth Building	纽约	1913	57	241	S	办公
66	美浓银行中心 Mellon Bank Center	费城	1990	54	241	S	办公
67	约翰·汉考克大厦 John Hancock Tower	波士顿	1976	60	240	S	办公
68	银行中心 Bank One Center	达拉斯	1987	60	240	M	办公
69	JR 中心大厦 JR Central Towers	名古屋	UC99	53	240	—	多功能
70	商业大厦 Commerce Court West	多伦多	1973	57	239	M	办公
71	莫斯科国立大学 Moscow State University	莫斯科	1953	26	239	—	文教
72	国民银行中心 Nations Bank Center	休斯顿	1984	56	238	S	办公

续上表

序号	名 称	城市	建成年	层数	高度(m)	材料	用途
73	美洲银行中心 Bank of America Center	旧金山	1969	52	237	S	办公
74	世界广场 One worldwide Plaza	纽 约	1989	47	237	S	办公
75	加拿大广场 One Canada Square	伦 敦	1991	50	237	S	办公
76	IDS 中心 IDS center	明尼阿 波利斯	1972	57	236	M	办公
77	西北中心 Norwest Center	明尼阿 波利斯	1988	57	236	S	办公
78	第一银行大厦 First Bank Place	明尼阿 波利斯	1992	53	236	S	办公
79	新加坡财政部大厦 Singapore Treasury Building	新加坡	1986	52	235	M	办公
80	夏巨库公园大厦 Shinjuku Park Tower	东 京	1994	52	233	S	多功能
81	继承广场 Heritage Plaza	休斯顿	1987	53	232	S	办公
82	科学文化宫 Palace of Culture and Science	华 沙	1955	42	231	M	文教
83	卡内基大厦 Carnegie Hall Tower	纽 约	1991	60	231	C	办公
84	第一国民广场 The First National Plaza	芝加哥	1981	57	230	M	办公
85	公平大厦 Equitable Tower	纽 约	1985	51	229	S	办公
86	宾夕法尼亚广场 One Penn Plaza	纽 约	1972	57	229	S	办公
87	美洲街 1251 大厦 1251 Avenue of the Americas	纽 约	1972	54	229	S	办公
88	咨询中心 Prudential Center	波士顿	1964	52	229	S	办公
89	加利福尼亚广场 Two California Plaza	洛杉矶	1992	52	229	—	办公
90	煤气公司大厦 Gas Company Tower	洛杉矶	1991	50	228	—	办公
91	MLC 中心 MLC Center	悉 尼	1978	65	228	C	办公
92	太吉广场/香格里拉饭店 Two pacifix Place/Shangri-La Hotel	香 港	1991	56	228	C	多功能
93	路易斯安那 1100 大厦 1100 Louisiana Building	休斯顿	1982	55	228	M	办公
94	朝鲜世界贸易中心 Korea World Trade Center	汉 城	1988	54	228	S	办公
95	永乐街/皇后大道中大厦 Wing Lok Street/Queen's Road Central	香 港	UC97	54	228	—	办公
96	菲利浦总部大厦 Governor Phillip Tower	悉 尼	1993	54	227	C	办公
97	摩尔根总部大厦 J. P. Morgan Headquarters	纽 约	1989	50	227	S	办公
98	联合广场 Two Union Square	西雅图	1989	56	226	M	多功能
99	希望大厦南 333 333 South Hope Building	洛杉矶	1975	55	226	S	办公
100	自由广场 One Liberty Plaza(U. S. Steel)	纽 约	1973	54	226	S	办公

2. 高层建筑发展趋势

随着城市化进程的加快,城市人口的增多,经济社会的发展,科学技术的进步及人们生活工作需求的提高,高层建筑建设将持续增长,并将具有以下发展趋势。

(1)高层建筑的高度与层数将会持续增多,高度将突破 500m 大关,高层建筑的建设数量、速度将会增加。

(2)高层建筑的用途和功能将会增多并向集成智能化、信息化、自动化、绿色化和可持续发展方向发展,建筑的平面与立面形状将会越来越复杂,建筑体型向多样化、个性化、现代化方向发展,高层建筑将更加美丽多彩,真正成为时代和城市的象征和标志。

(3)高层建筑结构系统的综合抗灾性能、高新技术含量等也将进一步提高,高性能的结构体系型式将会增多并在工程中的应用,结构体系日趋多样化。

思考题与练习题

- 1-1 什么是高层建筑?人们如何对高层建筑进行分类?
- 1-2 高层建筑发展的动力是什么?高层建筑有哪些优点?
- 1-3 简述高层建筑的产生与发展过程,说明高层建筑的未来发展趋势是什么?
- 1-4 为什么说高层建筑是现代城市的标志和象征?