

GAOCENG JIANZHU JIEGOU SHEJI

最新规范

高层建筑结构设计

主 编 郭仕群



重庆大学出版社

GAOCENG JIANZHU JIEGOU SHEJI

最新规范

高层建筑结构设计

主 编 郭仕群
副主编 吴传文 褚云朋

重庆大学出版社

内容提要

本书主要介绍高层建筑结构设计的基本原理和方法。全书以我国高层结构设计有关规范、规程为依据,阐述高层建筑结构各种体系的常用设计计算问题,包括:高层建筑结构体系、布置及荷载,高层建筑结构设计要求,框架结构设计,剪力墙结构设计,框架-剪力墙结构设计,筒体结构设计简介以及高层钢结构设计等内容。

本书可作为高等院校土木工程专业的本科生教材或教学参考用书,也可供相关专业工程技术人员、科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构设计 / 郭仕群主编. -- 重庆:重庆大学出版社, 2022. 1

高等学校土木工程本科教材

ISBN 978-7-5689-3014-7

I. ①高… II. ①郭… III. ①高层建筑—结构设计—高等学校—教材 IV. ①TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 011277 号

高层建筑结构设计

主 编 郭仕群

副主编 吴传文 褚云朋

策划编辑:鲁 黎

责任编辑:文 鹏 张洁心 版式设计:鲁 黎

责任校对:关德强 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:饶帮华

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆俊蒲印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:18.75 字数:483 千

2022 年 1 月第 1 版 2022 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—1 500

ISBN 978-7-5689-3014-7 定价:45.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

随着我国经济快速发展,高层建筑在城乡建设中应用越来越广泛,高层建筑充分体现了现代建筑的特征和科技力量。目前的高层结构已基本采用计算机程序建立三维空间计算模型进行分析计算,但作为工程技术人员,深入理解和掌握高层建筑结构设计的基本概念和基本理论,仍然是学习高层建筑结构设计至关重要的一环。

为适应宽口径、厚基础、多方向、重应用的土木工程专业人才培养模式要求,本书在编写过程中以建筑工程相关规范为主线,结合多年的教学、科研和工程实践经验,并吸收了国内外一些研究成果,同时紧密结合了高层建筑结构设计学科的最新发展状况。

本书在编写内容上贯彻教学中以学生为中心、教师为主导的思想,注重教材的实用性,把基本工程概念、基本知识、基本技能培养放在第一位,力求做到概念清楚、简明扼要、重点突出,在拓宽专业面的同时贯彻少而精的原则,使读者容易掌握常用的高层建筑结构体系的特点和设计方法。

本书共8章,主要内容包括:绪论,高层建筑结构体系、布置及荷载,高层建筑结构设计要求,框架结构设计,剪力墙结构设计,框架-剪力墙结构设计,筒体结构设计简介,以及高层钢结构设计。全书内容深入浅出,为帮助读者学习,本书采用了大量图表和例题,并在各章都附有思考题。

本书由郭仕群担任主编,吴传文、褚云朋担任副主编。第1,2,5,8章由郭仕群编写,第4章由郭仕群、褚云朋编写,第3,6,7章由吴传文编写。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者不吝指正。

编者

2021年3月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 高层建筑的特点	1
1.2 高层建筑的发展与展望	3
1.3 本课程的主要内容、学习目的和要求	9
第2章 结构体系、布置及荷载	11
2.1 高层建筑的结构体系与选型	11
2.2 高层建筑结构布置原则	18
2.3 结构布置实例	28
2.4 高层建筑结构荷载	33
思考题	50
第3章 高层建筑结构设计要求	52
3.1 荷载效应和地震作用效应组合	52
3.2 结构设计要求	54
思考题	64
第4章 框架结构设计	66
4.1 框架结构内力的近似计算方法	66
4.2 框架结构在水平荷载作用下侧移的近似计算	91
4.3 钢筋混凝土框架的延性设计	94
思考题	120
第5章 剪力墙结构设计	121
5.1 剪力墙结构的受力特点和分类	121
5.2 剪力墙结构内力及位移的近似计算	126
5.3 剪力墙结构的延性设计	154
思考题	187
第6章 框架-剪力墙结构设计	188
6.1 框架-剪力墙结构的受力特点和计算简图	188
6.2 框架-剪力墙结构的内力和位移的近似计算	191
6.3 框架-剪力墙结构延性设计	208
思考题	214

第 7 章 筒体结构设计简介	215
7.1 筒体结构概念设计	215
7.2 筒体结构设计计算方法	220
思考题	227
第 8 章 高层钢结构设计	228
8.1 高层钢结构的性能特点	228
8.2 钢框架结构	231
8.3 框架-支撑结构	248
8.4 钢框架-墙板结构	274
思考题	288
附录 风荷载体型系数	290
参考文献	294

第 1 章

绪论

1.1 高层建筑的特点

1.1.1 高层建筑的定义

随着社会生产的发展和人们生活的需要,高层建筑越来越多地应用于现代城市建设中。根据我国《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)的规定,10层及10层以上或房屋高度大于28 m的住宅建筑和房屋高度大于24 m的其他高层民用建筑称为高层建筑。

1.1.2 高层建筑的受力和位移特点

结构在施工和使用过程中,要同时承受竖向荷载和水平荷载的作用。根据已有的结构知识可知,由于高层建筑结构较高,承受的水平荷载也较多层结构大得多,因此,抗侧力结构成为高层建筑结构设计的主要问题。

如图1.1所示为建筑物高度与荷载效应的关系。由图可知,随着高度增大,位移增长最快,弯矩次之。高层建筑设计不仅需要较大的承载力,还需要较大的抗侧刚度,以限制水平侧移在一定的范围内。较大的侧移会使人感到不舒服,影响使用,同时,过大的侧向变形会使填充墙或建筑装饰出现裂缝或损坏,会使电梯轨道变形。此外,过大的侧向变形可能使主体结构出现裂缝,甚至损坏。同时过大的侧向变形产生的附加弯矩,即 $P-\Delta$ 效应,可能引起结构的倒塌。

若把建筑物看成一个竖向悬臂构件,随着建筑物高度的增加,水平荷载(风荷载或水平地震作用)产生的内力和位移迅速增大,其最大轴力 N 、弯矩 M 和位移 Δ 可表达如下:

①轴力与高度成正比,在竖向荷载作用下

$$N = WH = f(H) \quad (1.1)$$

②弯矩与高度的二次方成正比,在水平荷载作用下

$$M = \frac{qH^2}{2} = f(H^2) \quad (\text{均布}) \quad (1.2)$$

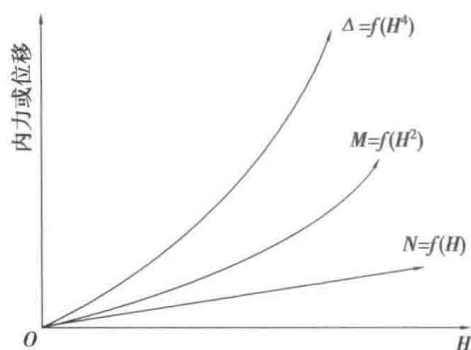


图 1.1 建筑物高度对内力、位移的影响
 H —建筑物高度; M —弯矩; N —轴力; Δ —位移

$$M = \frac{qH^2}{3} = f(H^2) \quad (\text{倒三角形}) \quad (1.3)$$

③侧向位移与高度的四次方成正比,在水平荷载作用下

$$\Delta = \frac{qH^4}{8EI} = f(H^4) \quad (\text{均布}) \quad (1.4)$$

$$\Delta = \frac{11qH^4}{120EI} = f(H^4) \quad (\text{倒三角形}) \quad (1.5)$$

式中 q, W ——高层结构每米高度的水平荷载和竖向荷载, kN/m 。

从以上式子可知,抗侧力结构的设计会成为高层建筑设计的关键。要使抗侧力结构具有足够的承载能力和刚度,应尽可能提高材料利用率,降低材料消耗,从选择结构材料、结构体系、基础形式等方面着手,采用合理可行的设计方法,重视构造等细部处理,从而获得良好的技术经济效益。

由结构力学可知,高层结构竖向构件的变形是由弯曲变形、轴向变形及剪切变形 3 个因素的影响叠加组成的,可计算为

$$\delta_{ij} = \int \frac{M_i M_j}{EJ} ds + \int \frac{N_i N_j}{EA} ds + \int \frac{\mu \theta_i \theta_j}{GA} ds \quad (1.6)$$

在多层建筑结构的内力和位移计算中,一般只考虑弯曲变形,其轴力项很小,剪力项一般可不考虑。对高层建筑结构,其层数多,高度大,轴力值很大,再加上沿高度积累的轴向变形显著,轴向变形会使高层建筑结构的内力数值与分布产生明显的变化。如图 1.2 所示的框架结构,在各层相等楼面均布荷载作用下,不考虑柱轴向变形时,各横梁的弯矩大致相同,梁端有较大负弯矩。而实际上,中柱轴力比边柱大,中柱轴向压缩变形也大于边柱,相当于梁的中支座沉陷,中支座上方梁端负弯矩自下而上逐层减少,到上部楼层还可能出现正弯矩。高层建筑结构不考虑墙、柱轴向变形会使结果产生显著的偏差。构件轴向变形(墙、柱轴力大)与剪切变形(截面高度大)对结构内力和位移影响不可忽略,墙肢和柱的轴向变形对内力和位移的影响因荷载作用方向和结构形式的不同而有较大的区别。

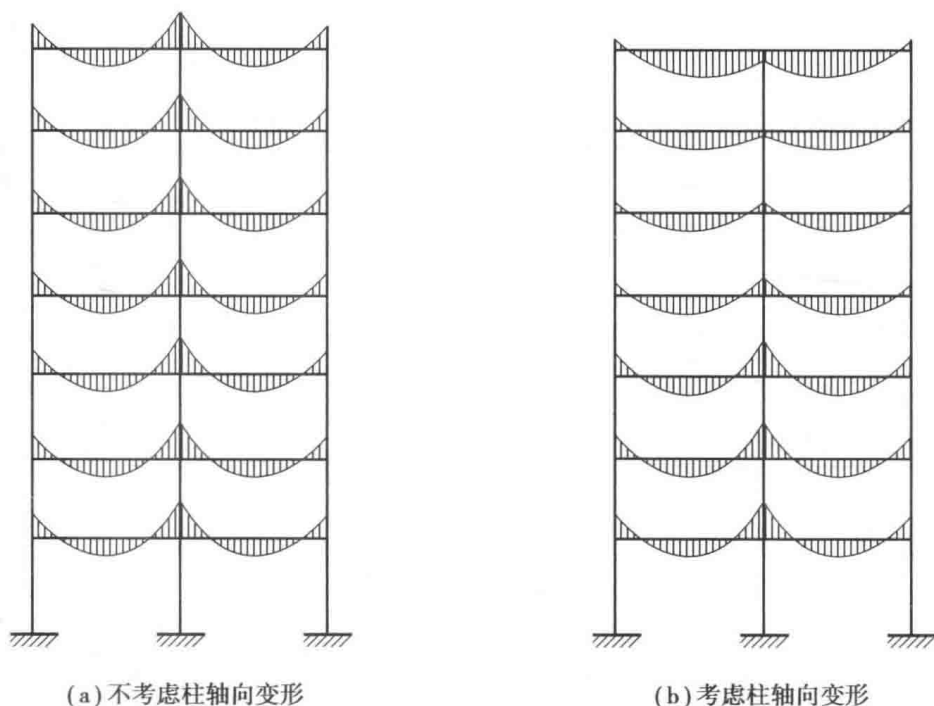


图 1.2 柱的轴向变形对梁的内力影响

1.2 高层建筑的发展与展望

1.2.1 高层建筑的发展

高层建筑是随着社会生产和人们生活需要发展起来的,其中轻质高强材料的出现,计算机技术等在建中的广泛应用为高层建筑的发展提供了物质条件和技术条件。

古代高层建筑主要是塔。我国古代的一些木塔或砖塔经受住了上千年的风吹雨打和地震影响,保留至今,可见其结构之合理,工艺之精良。国外古埃及的金字塔,也经历了 4 600 多年的岁月洗礼,依然保存较好。

现代高层建筑出现在 19 世纪,1884—1885 年,美国芝加哥建成了 11 层的家庭保险大楼 (Home Insurance Building),这栋大楼是用铸铁和钢建造的框架结构,开创了现代高层建造结构的技术途径。随着材料和技术的不断提高,高层建筑在世界各地不断涌现。表 1.1 列出了世界上建成高度超过 400 m 的主要高层建筑。

表 1.1 世界上建成高度超过 400 m 的主要高层建筑

序号	建筑物名称	国家·城市	高度/m	建成年份
1	哈利法塔	阿联酋·迪拜	828	2010
2	上海中心大厦	中国·上海	632	2015
3	麦加皇家钟塔	沙特阿拉伯·麦加	601	2012

续表

序号	建筑物名称	国家·城市	高度/m	建成年份
4	广州珠江新城东塔	中国·广州	530	2014
5	台北 101	中国·台湾	508	2003
6	上海环球金融中心	中国·上海	492	2008
7	香港环球贸易广场	中国·香港	484	2012
8	吉隆坡的双子星塔	马来西亚·吉隆坡	452	1998
9	广州新电视塔	中国·广州	450(塔身主体)	2009
10	紫峰大厦	中国·南京	450	2010

哈利法塔(图 1.3)采用了下部混凝土结构、上部钢结构的结构体系。其中, -30 ~ 601 m 为钢筋混凝土剪力墙体系;601 ~ 828 m 为钢结构,其中 601 ~ 760 m 采用带斜撑的钢框架结构。结构平面采用三叉形平面形状(图 1.4),可获得较大的侧向刚度,降低风荷载,同时,对称的平面形状可使结构较为规则,有利抗震。整个抗侧力体系是一个竖向带扶壁的核心筒,六边形的核心筒居中,每一翼的纵向走廊墙形成核心筒扶壁,共 6 道,横向分户墙作为纵墙的加劲肋,此外,每翼的端部还有 4 根独立的端柱。这样,抗侧力结构形成空间整体受力体系,具有良好的侧向刚度和抗扭刚度。中心筒的抗扭作用可模拟为一个封闭的空心轴,由 3 个翼上的 6 道纵墙扶壁大大加强,而走廊纵墙又被分户横墙加强。整个建筑就像一根刚度极大的竖向梁,抵抗风和地震产生的剪力和弯矩。并且加强层的协调使端部柱也能参与抗侧力工作。



图 1.3 哈利法塔

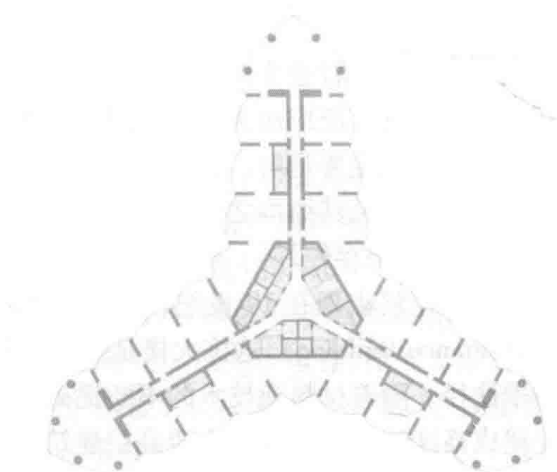


图 1.4 哈利法塔的结构平面

上海中心大厦(图 1.5)采用“巨型框架-核心筒-伸臂桁架”抗侧力体系。巨型框架结构由 8 根巨型柱、4 根角柱以及 8 道位于设备层两个楼层高的箱形空间环带桁架组成,巨型柱和角柱均采用钢骨混凝土柱。巨型柱与角柱平面布置如图 1.6 所示。核心筒为钢筋混凝土结构,截面平面形式根据建筑功能布局由低区的方形逐渐过渡到高区的十字形。为减小底部墙体的轴压比,增加墙体的受剪承载力以及延性,在地下室以及 1 ~ 2 区核心筒翼墙和腹墙中设置钢

板,形成了钢板组合剪力墙结构。沿结构竖向共布置6道伸臂桁架(图1.7),伸臂桁架在加强层处贯穿核心筒的腹墙,并与两侧的巨型柱相连接,增加了巨型框架在总体抗倾覆力矩中所占的比例。同时,通过每道加强层处的环带桁架将周边次框架柱的重力荷载传至巨型柱和角柱,从而减小了巨型柱水平荷载产生的上拔力。另外,在每个加强层的上部设备层内,设置了多道沿辐射状布置的径向桁架,径向桁架不仅承担了设备层内机电设备以及每区休闲层的竖向荷载,还承担了外部悬挑端通过拉索悬挂起下部每个区的外部玻璃幕墙的荷载,并将荷载传至环带桁架、巨型柱以及核心筒。

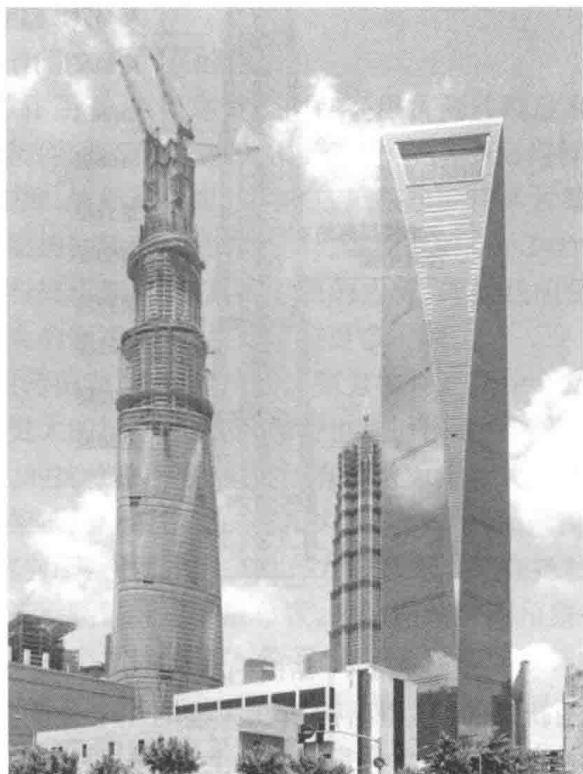


图 1.5 建设中的上海中心大厦

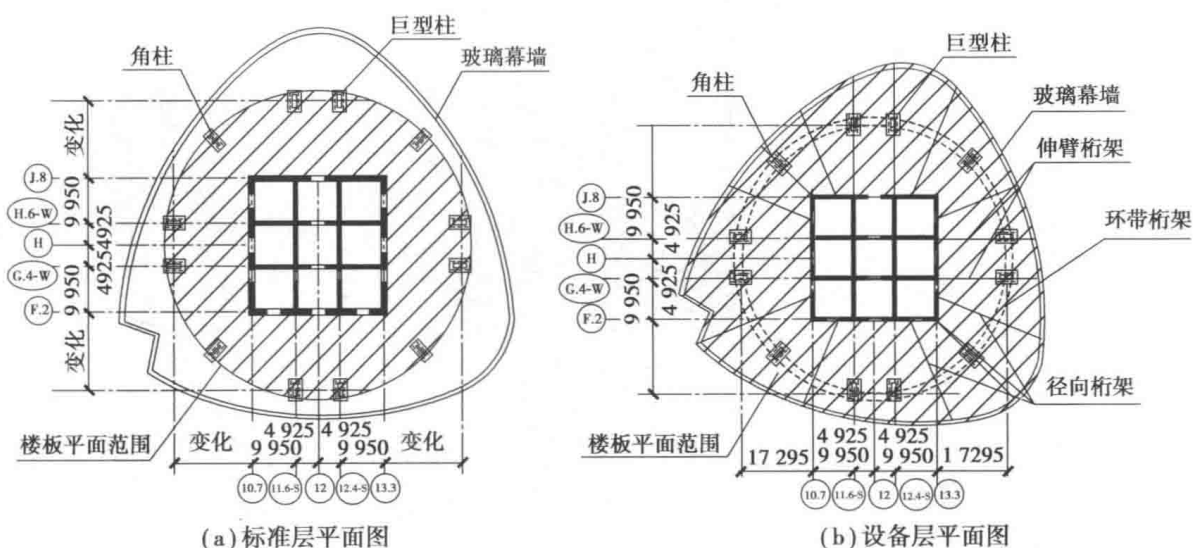


图 1.6 上海中心大厦结构平面图

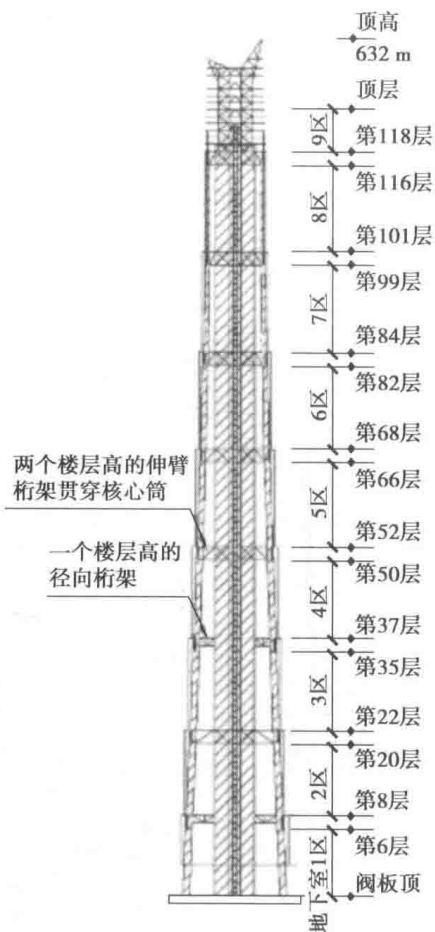


图 1.7 结构平面图

台北 101(图 1.8)采用新式的“巨型结构”,在大楼的 4 个外侧各有两支巨柱,共 8 支巨柱,每支截面长 3 m、宽 2.4 m,自地下 5 楼贯通至地上 90 楼,柱内灌入高密度混凝土,外以钢板包覆。为了减小高空强风及台风吹拂造成的摇晃,大楼内设置了“调谐质块阻尼器”,作为世界上第一座防震阻尼器外露于整体设计的大楼,在 88 ~ 92 楼挂置一个质量达 660 t 的巨大钢球,利用摆动来减缓建筑物的晃动幅度(图 1.9)。

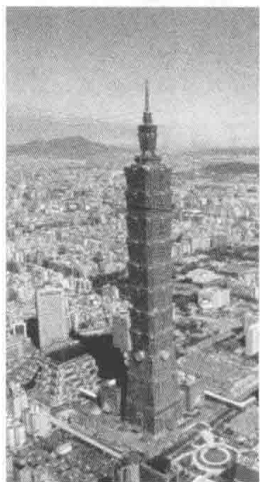


图 1.8 台北 101

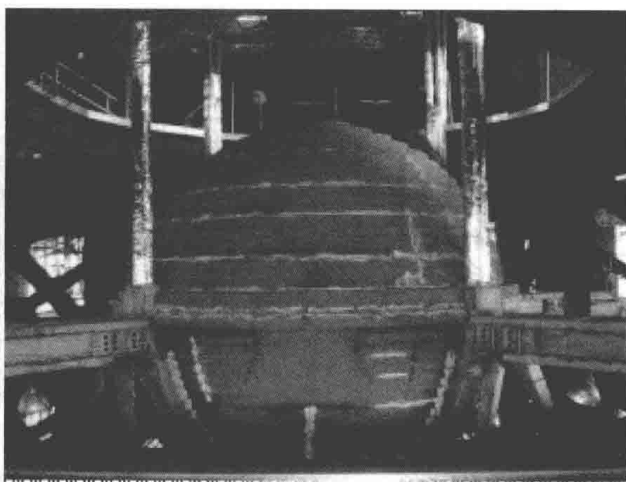


图 1.9 台北 101 内的调谐质块阻尼器

21 世纪,高层建筑进入一个飞速发展的阶段。其建筑层数不断增多,高度不断增加,结构体型更趋复杂,平面、立面更加多样化。钢-混凝土混合(组合)结构的应用越来越多,钢结构高层建筑也迅速崛起。

1.2.2 高层建筑结构急需解决的问题

随着城市人口的不断增加,建设可用地的减少,高层建筑的高度不停向着更高的高度发展,结构所需承担的荷载和倾覆力矩越来越大,高层建筑正在从概念设计、结构材料、结构构件及减震技术等方面不断推陈出新。

(1) 新的结构布置概念和结构体系的使用

高层建筑在水平荷载作用下,主要靠竖向构件提供抗侧移刚度和强度来维持稳定。在各类竖向构件中,竖向线性构件(柱)的抗侧移刚度很小,竖向平面构件(墙或框架)虽然在其平面内具有很大的抗侧移刚度,然而其平面外刚度依然很小。由 4 片墙或密柱深梁围成的墙筒或框筒,将基本线性或平面构件转变成具有不同力学性能的立体构件,在任何方向水平力的作用下,具有宽大的翼缘参与抗压和抗拉,其抗力偶的力臂,即横截面受压区中心到受拉区中心的距离很大,能够抵御很大的倾覆力矩,从而适应更多层数。

为了抵抗地震时的扭转振动,高层建筑的抗侧力构件正从中心布置和分散布置向高层建筑周边布置,以便能提供更大的抗扭转刚度,同时也能提供更大的抗力偶抵抗倾覆力矩。

框筒结构能提供较大的抗侧移刚度,但其固有的剪力滞后效应,削弱了它的抗侧移刚度和水平承载力,致使翼缘框架抵抗倾覆力矩的作用大大降低。为使框筒能充分发挥潜力,在其中增设支撑或斜向布置的抗剪墙板,则成为一种有力的措施。把在抵抗倾覆力矩中承担压力或拉力的构件,由原来的沿高层建筑周边分散布置,改为向结构四角集中,在转角处形成一个巨大柱,并利用交叉斜杆连成一个立体支撑体系,称为桁架筒体体系,这是高层建筑结构的又一发展趋势。巨大角柱对任意方向的倾覆力矩都有最大的力臂,不少高层结构都采用了这一体系,如图 1.10 所示的香港中国银行就是采用了这一体系。

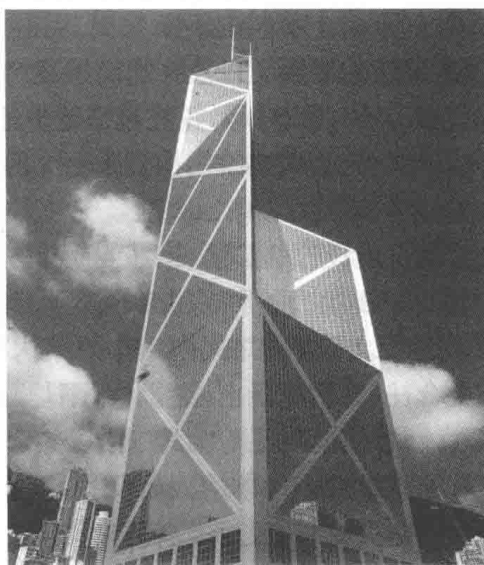


图 1.10 香港中国银行

新的结构体系在高层建筑结构设计中不断涌现,如日本东京拟建的 Millennium Tower(千

年塔)(图 1.11),高约 840 m,可以容纳 6 万人居住工作,其外观呈现圆锥形。其圆锥形结构能获得最小的风载体型系数,且每隔若干层设置一个透空层,更好地减小了风荷载;逐渐缩小的上部结构能减少风载和地震作用,从而减小倾覆力矩;倾斜外柱的轴力能部分抵消水平荷载;外柱间的空间支撑使整个结构形成了空间桁架筒体,使结构高度得到更好的实现。

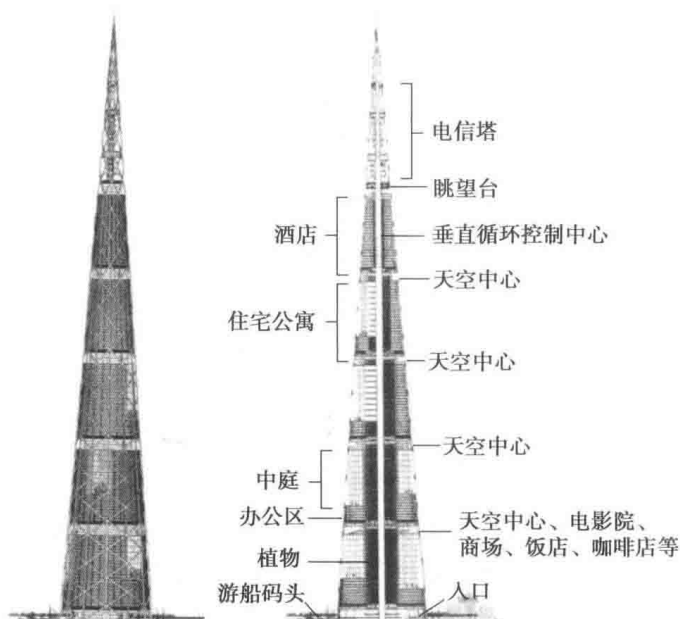


图 1.11 东京 Millennium Tower

(2) 研发更加高强轻质的结构材料

目前高层结构的主要材料是钢、钢筋和混凝土。随着建筑高度的增加,结构面积占建筑使用面积的比例越来越大。同时,建筑物越高,自重越大,引起的水平地震作用也越大,对竖向构件和地基造成的压力也越大,从而带来一系列的不利影响。

高强钢材和高强混凝土等高强轻质结构材料,以及其他轻质墙体填充材料成为高层结构设计材料的首选。随着高性能混凝土材料的不断发展,混凝土的强度等级和塑性性能也不断得到改善,C80 和 C100 强度等级的混凝土以及在超高层结构中得到实际应用。高强度且具有良好可焊性的厚钢板,如 Q460, Q550 等,正在越来越多地应用于高层结构。

轻质高强材料的不断发展将为高层结构带来更大的发展。

(3) 采用组合结构构件

为了满足超限、复杂高层抗震设计的需要,钢筋混凝土竖向抗侧力构件越来越多地被钢-混凝土组合构件所代替。钢-混凝土组合构件是指钢板、型钢(也称“钢骨”)或钢管(方钢管、圆钢管等)与钢筋混凝土(或混凝土)组成并共同工作的结构构件,包括圆钢管混凝土柱、方钢管混凝土柱、钢管混凝土叠合柱、型钢混凝土柱(也称“钢骨混凝土柱”)、型钢混凝土剪力墙(也称“钢骨混凝土剪力墙”)、钢桁架混凝土剪力墙、钢板混凝土剪力墙等。组合构件具有质量小、强度高、刚度大等特点,能有效减小构件的截面尺寸,极大地改善结构的抗震性能,相对纯钢结构,组合结构不需要附加防火材料,从而提高防火性能,且抗腐蚀性及耐久性也更易得到保证。

(4) 发展结构耗能减震技术

建筑结构的减震有主动耗能减震和被动耗能减震(也称“主动控制和被动控制”)。在高

层建筑中的被动耗能减震有耗能支撑、带竖缝耗能剪力墙、被动调谐质量阻尼器,以及安装各种被动耗能的油阻尼器等。主动减震是由计算机控制,即由各种作动器驱动的调谐质量阻尼器对结构进行主动控制或混合控制的各种作用过程。结构主动减震的基本原理,是通过安装在结构上的各种驱动装置和传感器,与计算机系统相连接,计算机系统多地震动(或风振)和结构反应进行实时分析,向驱动装置发出信号,使驱动装置对结构不断地施加各种与结构反应相反的作用,从而达到在地震或风作用下减小结构反应的目的。目前,在美国、日本等国家,各种耗能减震控制装置已在高层建筑结构中得以应用,我国也有部分高层建筑工程中应用了这种技术。随着人类进入信息时代,使计算机、通信设备以及各类办公电子设备不受振动干扰而安全平稳运行,具有重要的现实意义,高层建筑的耗能减震控制将得到更大的发展空间和更广泛的应用前景。

目前,我国是世界上新建高层建筑最多的国家,建筑业是我国的主要支柱产业之一。我国建设规模之大,是世界上前所未有的。新材料、新结构、新技术、新的设计理念和新的设计思想层出不穷,使我国的建筑工程技术走在世界的前列。

1.3 本课程的主要内容、学习目的和要求

高层建筑结构作为一门学科,包括钢结构、混凝土结构、钢-混凝土组合结构等各类高层建筑结构的性能及设计和施工方面的有关技术问题。由于学时限制,本课程主要学习高层建筑结构常用的结构体系、设计要求、分析方法等。

本课程是专业课,要求先修的课程主要有结构力学、建筑材料、混凝土结构、钢结构、土力学与地基基础等。本课程的主要任务是学习高层建筑结构设计的基本方法。主要要求:了解高层建筑结构的常用结构体系、特点及应用范围;熟练掌握风荷载及地震作用的计算方法;掌握框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构3种基本结构内力及位移的计算方法,理解这3种结构内力分布及侧移变形的特点及规律,学会这3种结构体系中所包含的框架及剪力墙构件的配筋计算方法及构造要求。目前,计算机应用程序的发展及各种结构计算设计软件的出现,使绝大部分高层建筑的结构设计都可以通过设计软件完成,但大量的工程实践告诉我们,结构的概念设计更加重要,结构体系的选用和结构布置往往对设计起着决定作用。对于土木工程专业的学生来说,只有掌握扎实的工程建筑结构设计的基本知识,才能在今后的工作中正确运用各种设计软件,完成有创新特点的高层建筑结构的设计。

本课程涉及的主要国家规范及标准有《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(2015年版)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)(2016年版)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)等。学生在学习过程中应注意将课程内容与相关规范内容相结合,通过对课程的学习,逐渐熟悉上述规范规程,以便毕业走出校门后尽快投入实际工程中去。

本课程各部分内容的具体要求如下:

(1) 结构体系及布置

了解水平力对结构内力及变形的影响,了解不同体系的特点、优缺点及适用范围,了解结构总体布置的原则及需要考虑的问题,了解各种结构缝的处理、地基基础选型原则等。

(2) 高层建筑设计要求

掌握高层建筑结构荷载效应组合的基本方法,掌握荷载效应组合各种工况的区别,理解无地震组合及有地震组合时承载力验算与位移限值的区别。掌握高层结构设计的验算内容,包括承载力验算、侧移验算、舒适度验算、稳定性及抗倾覆验算等。

(3) 框架结构设计

熟练掌握框架结构内力、位移计算的方法,了解影响内力分布及位移的主要因素。了解延性框架的含义,以及实现延性框架设计的基本措施。能对梁、柱及节点进行抗震及非抗震设计,并掌握几个重要概念:延性框架、强柱弱梁、强剪弱弯、强节点强锚固、轴压比等。

(4) 剪力墙结构设计

了解开洞对剪力墙内力及位移的影响,了解不同近似计算方法的适用范围。理解连续化方法的基本假定、计算简图、计算思路。了解剪力墙结构配筋特点及构造要求,掌握悬臂剪力墙及联肢剪力墙的截面配筋计算方法。掌握剪力墙约束边缘构件和构造边缘构件的概念,了解影响剪力墙延性的因素。

(5) 框架-剪力墙结构设计

了解框架与剪力墙协同工作的意义。能正确建立计算简图,掌握总框架、总剪力墙、总连梁刚度的计算方法。掌握刚度特征值的物理意义及其对内力分配的影响,掌握框剪结构内力分布及侧移特点。了解框剪结构内力调整方法、截面设计及构造要求。

(6) 筒体结构

了解常用筒体结构的类型、受力特点、一般设计原则和方法。

第 2 章

结构体系、布置及荷载

2.1 高层建筑的结构体系与选型

由于高层建筑除了竖向荷载作用外,主要应考虑抵抗由水平作用产生的侧移,因此应具有较强的抗侧刚度,抗侧力结构体系的确定和设计成为结构设计的关键问题。在高层建筑中,常用的抗侧力单元有框架、剪力墙、筒体(包括实腹筒和框筒)及支撑。

2.1.1 框架结构体系

框架结构由梁、柱组成抗侧力体系。其优点是建筑平面布置灵活,可以做成有较大空间的会议室、营业场所,也可以通过隔墙等分割成较小的空间,满足各种建筑功能需要。常用于办公楼、商场、教学楼、住宅等多高层建筑。

框架结构只能在自身平面内抵抗侧向力,必须在两个正交主轴方向设置框架,以抵抗各个方向的水平力。抗震框架结构的梁柱必须采用刚接,以便梁端能传递弯矩,同时使结构有良好的整体性和较大的刚度。框架抗侧刚度主要取决于梁、柱的截面尺寸。由于梁、柱都是线性构件,截面惯性矩小,因此框架结构的侧向刚度较小,侧向变形较大,在 7 度抗震设防区,一般应用于高度不超过 50 m(其他不同抗震设防地区的适用高度参见 2.1.6 节)的建筑结构。

框架结构在水平力作用下的受力变形特点如图 2.1 所示。其侧移由两部分组成:梁、柱由弯曲变形引起的侧移,侧移曲线呈剪切型,自下而上层间位移减小[图 2.1(a)];柱的轴向变形产生的侧移,侧移曲线呈弯曲线,自下而上层间位移增大[图 2.1(b)]。框架结构的侧向变形以由梁柱弯曲变形引起的剪切型曲线为主。

2.1.2 剪力墙结构体系

用钢筋混凝土剪力墙(也称“抗震墙”)作为承受竖向荷载和抵抗侧向力的结构称为剪力墙结构,也称抗震墙结构。由于剪力墙是承受竖向荷载、水平地震作用和风荷载的主要受力构件,因此剪力墙应沿结构的主要轴线布置,抗震设计的剪力墙结构,应避免仅单向布置剪力墙。当平面为矩形、T 形或 L 形时,剪力墙沿纵横两个方向布置;当平面为三角形、Y 形时,剪力墙