

清华大学土木工程系组编

土木工程新技术丛书

主 编 崔京浩

新编高层建筑结构

(第二版)

包世华 编著

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

知识产权出版社
www.cnipr.com



新编高层建筑结构

(第二版)

包世华 编著

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



知识产权出版社
www.cnipr.com



内容提要

本书是由清华大学土木工程系组编的“土木工程新技术丛书”中的一本，是按照新规范和新规程，为适应教学和工程的需要编写而成的。全书共十一章，分上、下两篇。

上篇为基础内容篇。包括：高层建筑结构体系和布置；荷载和设计要求；框架结构的内力和位移计算；剪力墙结构的内力和位移计算；框架-剪力墙结构的内力和位移计算；框架设计和构造；剪力墙设计和构造等七章，是为工程技术人员和学生学习和了解高层建筑混凝土结构的基础内容而编写的。编写时为了突出基本概念，阐述的计算方法以适合手算的简便方法为主；为了有利于突出基本内容，取材力求适当，讲解力求简明扼要；为了便于初学者掌握，同时为了便于教和学，各章均有例题、章后附有思考题和习题。

下篇为提高和专题篇。包括：筒体结构的计算和设计；高层建筑结构计算机算法原理和程序介绍；高层建筑结构地震反应的时程分析法；高层建筑结构分析的解析和半解析常微分方程求解器方法等四章，是为了提高和适应专门的需要而编写的。

与第一版相比较，本版更全面体现新规范、新规程的要求，特别是一些设计和构造方面的要求；加强了例题，特别是第五章至第七章完成了一个框架-剪力墙结构的工程实例计算和设计的全过程。

本书内容结合我国工程实际，同时也尽可能地反映出国内外及我们自己的一些科研成果。

本书可作为高等学校房屋建筑专业的教材或教学参考用书，也可作为有关专业工程技术人员、科研人员等的自学参考书。

责任编辑：阳 森 张宝林 E-mail: yangsanshui@vip.sina.com; z_baolin@263.net

编辑加工：彭天教

图书在版编目 (CIP) 数据

新编高层建筑结构/包世华编著. —2版. —北京:

中国水利水电出版社; 知识产权出版社, 2005

(土木工程新技术丛书/崔浩主主编)

ISBN 7-5084-2580-4

I. 新... II. 包... III. 高层建筑—建筑结构

IV. TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 129470 号

土木工程新技术丛书

新编高层建筑结构 (第二版)

包世华 编著

中国水利水电出版社 出版、发行 { 北京市西城区三里河路 6 号; 电话: 010-68331835 68357319 }
知识产权出版社 { 北京市海淀区马甸南村 1 号; 传真: 电话: 010-82000893 }

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经销

北京市兴怀印刷厂印刷

787mm×1092mm 16 开 32.25 印张 765 千字

2001 年 8 月第 1 版 2005 年 1 月第 2 版 2005 年 1 月第 3 次印刷

7201—11300 册

定价: 52.00 元

ISBN 7-5084-2580-4

版权所有 侵权必究

如有印装质量问题, 可寄中国水利水电出版社营销中心调换

(邮政编码 100044, 电子邮件: sales@waterpub.com.cn)

清华大学土木工程系组编

土木工程新技术丛书

编 委 会

名誉主编 龙驭球

主 编 崔京浩

副 主 编 石永久 宋二祥

编 委 (按姓氏拼音字母排序)

包世华	岑 松	陈志鹏	方东平	龚晓海
李德英	刘洪玉	龙志飞	卢 谦	卢有杰
陆化普	聂建国	佟一哲	王志浩	吴俊奇
辛克贵	杨 静	阳 森	叶列平	叶书明
袁 驷	詹淑慧	张宝林	张铜生	张新天

编 辑 办 公 室

主 任 阳 森

成 员 张宝林 董拯民 彭天赦 淡智慧 周 媛

总 序

土木工程——一个古老而又年轻的学科。

国务院学位委员会在学科简介中为土木工程所下的定义是：“土木工程（Civil Engineering）是建造各类工程设施的科学技术的统称。它既指工程建设的对象，即建造在地上、地下、水中的各种工程设施，也指所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养、维修等专业技术。”

英语中“Civil”一词的意义是民间的和民用的。“Civil Engineering”一词最初是对应于军事工程（Military Engineering）而诞生的，它是指除了服务于战争设施以外的一切为了生活和生产所需要的民用工程设施的总称，后来这个界定就不那么明确了。按照学科划分，防护工程、发射塔架等设施也都属于土木工程的范畴。

相对于机械工程等传统学科而言，土木工程诞生的更早，其发展及演变历史更为古老。同时，它又是一个生命力极强的学科，它强大的生命力源于人类生活乃至生存对它的依赖，甚至可以毫不夸张地说，只要有人类存在，土木工程就有着强大的社会需求和广阔的发展空间。

随着技术的进步和时代的发展，土木工程不断注入新鲜血液，显示出勃勃生机。其中，工程材料的变革和力学理论的发展起着最为重要的推动作用。现代土木工程早已不是传统意义上的砖、瓦、灰、砂、石，而是由新理论、新材料、新技术、新方法武装起来的，为众多领域和行业不可缺少的一个大型综合性学科，一个古老而又年轻的学科。

《土木工程新技术丛书》由清华大学土木工程系组织编写，成立了编委会，由崔京浩教授任主编，聘请中国工程院院士龙驭球先生为名誉主编。

丛书的组织编写原则遵循一个“新”字。一方面，“新”体现在组织选编的书目上（见封底的书目）：当然首选那些与国家建设息息相关、内容新颖、时代感强的书。改革开放以来，特别是新世纪到来之际，国家建设部门对运行管理、安全保障、质量监控、交通分析等方面的需求日益迫切，在书目选择上我们有意地侧重了这一方面，力求引进一些国外的理论和实践，为我国建设服务；另一方面，“新”体现在各分册的内容上，即使是一些分册书名比较传统，其内容的编写也都努力反映了新理论、新规范、新技术、新方法，读者可以从各分册内容提要 and 章节目录编排上看出这种特色。

这套丛书的读者对象是比较宽泛的，除土木工程技术人员以外，对建设部门管理人员也是一套很有指导意义的参考读物。特别需要指出的是，这套书的作者几乎全是高等学校的教师，职业决定了他们写书在逻辑性、条理性和可读性诸方面有其独特的优势。在组织编写时我们又强调了深入浅出、说理透彻、理论与实际并重的原则，以便大专院校作为教材选用。

崔京浩

第 二 版 序

由清华大学土木工程系组编的《土木工程新技术丛书》第一版目前共出书 14 种，几年来很受读者欢迎，其中不少分册正如《丛书》第一版“总序”里所说的“与国家建设息息相关”，“内容新颖”，“时代感强”，因此重印周期短，重印率高，像《建设工程招标投标与合同管理》、《工程建设安全管理》等这样紧密切合社会需求的图书，已达到了一版五次的水平；《工程建设企业质量管理》、《新编高层建筑结构》、《新建筑经济学》等书，反映也很好。

自 2001 年 10 月本《丛书》第一批书出版算起，现在业已三年，值此科技飞速发展知识不断更新的时代，三年前的内容有的已经老化甚至过时了，本着对时代、对社会和对读者负责的精神，我们着手组织了《丛书》第二版的修订和出版。

《丛书》第二版将更加全面地体现新规程、新规范的要求，各分册的作者则按照编委会的要求，根据各分册的具体情况，更新内容，并补充国内外最新的信息和最新的科研成果，以飨读者。

本书编委会

2004 年 10 月 16 日

第二版前言

本书第一版第一次印刷是在新规范、新规程尚未正式颁布实施之前，根据讨论稿和送审稿编写的。一版二次印刷时，新规范、新规程已经出版，虽然据之进行了一次修订，改正了与新规范、新规程不一致之处，但不宜、也不能作大的改动。

第二版在一版二次的基础上主要做了以下两方面的改动：

(1) 由于有了比较充裕的时间和可能，因此，全面体现了新规范、新规程的要求，特别是一些设计和构造方面的要求。例如，第六章增加了框架结构布置，第七章增加了剪力墙结构布置和框架-剪力墙结构布置等；并对第六、七、八章中有关结构设计和构造方面的内容全面按照新《高层规程》进行了增补和修订。

(2) 为了便于学习，加强了例题。例如，第二章增加了地震作用的计算例题，第四章增加了小开口整体墙的计算例题等；特别是第五章第七节、第六章第七节和第七章第六节，三节合在一起，完成了一个框架-剪力墙结构的工程实例计算和设计的全过程。

本书中例题的计算和草图的绘制由杨景棻完成。

对本书的不足之处，欢迎读者批评指正。

包世华

2004年10月

第一版前言

近年来,高层建筑在我国又有了很大的发展,许多城市普遍兴建了各种类型的高层建筑,包括住宅、旅馆、办公楼和多功能建筑等。这些建筑不仅数量大、施工速度快,而且高度增加很快,体型复杂,建筑结构体系的类型也更加多样化。另外,高层的钢结构建筑在我国已兴建了不少,我国自己的高层建筑钢结构设计和施工规程已经出台。与此相应,围绕高层建筑结构的科学研究也取得了众多成果。广大工程技术人员、研究人员的创造和探索,都大大丰富了我国高层建筑结构设计和施工的理论和实践。在此背景下,我国建筑结构的各种规范和高层建筑混凝土结构技术规程都完成了新的修订工作。

本书是按照新规范和规程,为适应新形势下教学和工程的需要新编写的。

在编写时,根据内容和要求不同,全书分为上、下两篇。

上篇为基础内容篇,共7章,是为工程技术人员和学生学习和了解高层建筑混凝土结构的基础内容而编写的。其中包括有关结构体系和布置,荷载和设计要求,以及各种结构体系的内力和位移计算等内容,其原理和方法也适合于高层建筑钢结构和混合结构。编写时,为了突出基本概念,注重实用算法,特别是以手算为基础的简便方法,注意不同计算方法之间的差别及内在联系,注意结构受力和变形特性的分析等(在计算机已经普及、高层建筑设计已大部或全部用计算机程序进行的今天,作者认为仍要强调基本概念,而基本概念的建立要依赖于简便方法以及对结构受力和变形性能的了解等;另外,这些也将有助于提高读者概念设计的能力)。为了突出基本内容,取材力求适当,同时贯彻少而精的原则,为此采用了分上、下篇的做法,上篇只选择了最常用的三大结构体系,并以混凝土结构为主。为了突出基本要求,便于初学者掌握,讲解方法上力求深入浅出、简明扼要;为了便于教和学,各章内均有例题、各章后附有思考题和习题。

下篇为提高和专题篇,共4章,是为提高和适应专门的需要而编写的。

筒体结构是高层建筑结构中另一种常用的、代表空间结构受力和变形特征的结构型式,第八章介绍其计算和设计,作为提高的内容。

高层建筑结构的计算和设计是依靠程序、通过计算机来实现的,第九章介绍计算机方法的原理,并介绍通用和专用程序,作为提高的内容。

第十章专门介绍高层建筑结构地震反应的时程分析法,也是提高的内容。

第十一章全部是我们近年的研究成果。一方面介绍解析法和半解析法两个解高层建筑结构的方法系列；另一方面介绍用这两个方法系列计算得到的大量的、复杂的高层建筑结构的受力和变形特点，可以加深读者对高层建筑结构（特别是复杂结构）性能的了解，有助于概念设计能力的提高。本章是专题章，为了查阅资料方便，章后单列了参考文献。

由于时间仓促，本书难免存在不足之处，欢迎读者批评指正。

包世华

2001年2月



作者简介

包世华 清华大学土木工程系教授，中国力学学会《工程力学》常务编委，中国建筑学会高层建筑结构学组成员。1985~1986年为美国伊里诺大学土木工程系访问学者，1991~1993年为香港理工大学土木与结构系研究员。长期从事高层建筑结构、结构力学、弹性力学、能量原理及有限元、板壳结构和薄壁杆结构等领域的教学和研究工作。

出版教材和专著25本。教材有《高层建筑结构设计》、《结构力学》、《结构力学教程》等，分别于1987年获建设部优秀教材二等奖，1988年、1992年获国家教委国家优秀教材奖，1998年度获教育部科学技术进步奖一等奖，1999年度获国家科学技术进步奖二等奖，2002年获全国普通高等学校优秀教材一等奖。专著有《薄壁杆件结构力学》、《高层建筑结构计算》等。

在国内外发表学术论文110多篇。其中，壳体研究成果被收入国家行业标准《钢筋混凝土薄壳结构设计规程》。提出和创建的高层建筑结构解析和半解析常微分方程求解器解法系列，1983年获北京市科委技术成果奖，1986年、1992年、1994年分别获国家教委科学技术进步奖一、二、三等奖。

目 录

总序

第二版序

第二版前言

第一版前言

上篇 基础内容篇

第一章 高层建筑结构体系和布置	1
第一节 高层建筑的发展与特点	1
第二节 高层建筑的结构体系	10
第三节 结构总体布置及变形缝	24
思考题	36
第二章 荷载和设计要求	38
第一节 风荷载	38
第二节 地震作用的特点、抗震设防标准及抗震设计目标	44
第三节 反应谱方法计算等效地震荷载	47
第四节 结构的自振周期和振型	56
第五节 荷载效应组合和结构设计要求	60
第六节 高层建筑结构计算的基本假定和计算简图	66
思考题	68
习 题	69
第三章 框架结构的内力和位移计算	70
第一节 多层多跨框架在竖向荷载作用下的近似计算——分层计算法	70
第二节 多层多跨框架在水平荷载作用下内力的近似计算——反弯点法	73
第三节 多层多跨框架在水平荷载作用下的改进反弯点法—— D 值法	77
第四节 多层多跨框架在水平荷载作用下侧移的近似计算	88
思考题	96
习 题	97
第四章 剪力墙结构的内力和位移计算	99
第一节 剪力墙结构的计算图和计算方法	99
第二节 整体墙和小开口整体墙的计算	103
第三节 双肢墙的计算	110

第四节	多肢墙的计算	131
第五节	壁式框架在水平荷载作用下的近似计算	141
第六节	底层大空间剪力墙结构介绍	151
思考题		156
习 题		156
第五章	框架-剪力墙结构的内力和位移计算	158
第一节	框架-剪力墙协同工作原理和计算图	158
第二节	框架-剪力墙铰接体系在水平荷载下的计算	161
第三节	框架-剪力墙刚结体系在水平荷载下的计算	167
第四节	框架-剪力墙的受力和位移特征以及本章计算方法的应用条件	172
第五节	框架、剪力墙及框架-剪力墙结构的扭转近似计算	174
第六节	框架、剪力墙及框架-剪力墙结构平面为斜向布置时的近似计算	181
第七节	计算实例	188
思考题		199
习 题		200
第六章	框架设计和构造	201
第一节	框架结构布置和梁、柱截面尺寸估算	201
第二节	框架内力组合及最不利内力	204
第三节	框架抗震设计的延性要求	209
第四节	框架梁截面设计和配筋构造	213
第五节	框架柱截面设计和配筋构造	218
第六节	框架节点核心区截面设计和配筋构造	227
第七节	框架-剪力墙结构框架截面设计实例——第五章第七节计算实例续一	232
思考题		243
习 题		244
第七章	剪力墙设计和构造	245
第一节	剪力墙结构的布置和一般规定	245
第二节	墙肢截面承载力计算	249
第三节	悬臂剪力墙设计和构造	254
第四节	开洞剪力墙设计和构造	262
第五节	框架-剪力墙结构设计和构造	271
第六节	框架-剪力墙结构剪力墙截面设计实例——第五章第七节计算实例续二	278
第七节	底部大空间剪力墙结构设计和构造	284
思考题		290
习 题		290

下篇 提高和专题篇

第八章 筒体结构的计算和设计	291
第一节 筒体结构及不适合协同工作原理的空间结构的计算图和计算方法	291
第二节 框筒结构在水平和扭转荷载下的等效平面法	294
第三节 框筒结构在水平荷载下的等效连续体法	301
第四节 框筒结构在扭转荷载下的等效连续体法	315
第五节 筒中筒结构在水平荷载下的计算	318
第六节 内筒结构在扭转荷载下的计算	323
第七节 筒中筒结构在扭转荷载下的计算	329
第八节 筒体结构设计	333
第九章 高层建筑结构计算机算法原理和程序介绍	337
第一节 概述	337
第二节 高层建筑结构计算中的一些补充单元	338
第三节 高层建筑结构的协同工作算法	343
第四节 高层建筑结构的杆-薄壁杆系算法	352
第五节 高层建筑结构的杆-薄壁杆系算法	362
第六节 高层建筑结构计算和设计程序介绍	365
第十章 高层建筑结构地震反应的时程分析法	370
第一节 时程分析法概述	370
第二节 输入地震波的选择	371
第三节 结构的振动模型	374
第四节 质量矩阵和阻尼矩阵	377
第五节 结构和构件的恢复力特性	379
第六节 结构振动方程的建立	383
第七节 振动方程的积分方法	391
第八节 计算结果示例、计算结果使用和程序简介	397
第十一章 高层建筑结构分析的解析和半解析常微分方程求解器方法	401
第一节 概述	401
第二节 高层建筑结构考虑楼板变形和地基变形时的静力分析	402
第三节 高层建筑结构考虑楼板变形和地基变形时的动力分析	410
第四节 高层建筑结构考虑楼板变形时的整体稳定和二阶分析	420
第五节 变截面框架-剪力墙-薄壁筒斜交结构考虑楼板变形时的静力计算	430
第六节 变截面框架-剪力墙-薄壁筒斜交结构考虑楼板变形时的振动计算	438
第七节 变截面框架-剪力墙-薄壁筒斜交结构考虑竖向荷载作用时的弯扭耦合振动	445
第八节 大底盘多塔楼、大底盘大孔口结构和大底盘多塔楼连体结构的静力分析	450

第九节	大底盘多塔楼、大底盘大孔口结构和大底盘多塔楼连体结构的振动计算	459
第十节	大底盘多塔楼、大底盘大孔口结构和大底盘多塔楼连体结构的整体稳定和二阶分析	465
第十一节	高层建筑筒体结构的静力计算	475
第十二节	高层建筑筒体结构的振动计算	481
第十三节	高层建筑筒体结构的整体稳定和二阶分析	488
第十四节	筒体结构连续化模型的弹性动力时程分析	493
本章参考文献		498
参考文献		502

上篇 基础内容篇

第一章 高层建筑结构体系和布置

第一节 高层建筑的发展与特点

一、高层建筑的发展

现代高层建筑是随着社会生产的发展和人们生活的需要而发展起来的，是商业化、工业化和城市化的结果。而科学技术的进步、轻质高强材料的出现以及机械化、电气化、计算机在建筑中的广泛应用等，又为高层建筑的发展提供了物质和技术条件。

我国古代建造过不少高层建筑——塔，大都采用木结构或砖结构。有一些木塔或砖塔经受住了上千年的风吹雨打，甚至强烈地震的撼动而能保留至今，足见其结构合理，工艺精良。但是，就近代高层建筑而言，在相当长的一段时期内，我国发展却是缓慢的。解放前，我国高层建筑很少。解放后，在 20 世纪五六十年代陆续建成一些，如 1959 年建成的北京民族饭店，12 层，高 47.4m；1964 年建成的北京民航大楼，15 层，高 60.8m。1968 年建成的广州宾馆，27 层，高 88m，是 60 年代我国建成的最高建筑。

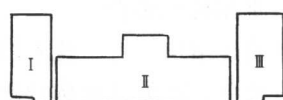
70 年代开始，我国高层建筑有了很大的发展，主要用于住宅、旅馆和办公楼等建筑。由于高层建筑具有占地面积小、节约市政工程费用、节省拆迁费用等优点，为了改善城市居民的居住条件，在大城市和某些中等城市中，高层住宅和底层带商店的住宅建筑发展十分迅速。这些住宅大多数在 20 层左右，但有些城市，例如深圳，高层住宅建筑已达 30 层左右。随着旅游事业的发展和经济对外开放，旅馆和高层商用办公楼、通讯大楼以及综合性多功能大厦的需要与日俱增。从 20 世纪 80 年代开始，这类高层建筑增长的速度很快；进入 90 年代，随着改革开放事业的发展；这类高层建筑更有迅猛的发展。

我国内地在各个阶段具有代表性的高层建筑是：1974 年建成的北京饭店东楼，19 层，高 87.15m（见图 1-1），是当时北京最高的建筑；1976 年在广州建成的白云宾馆，33 层，高 114.05m（见图 1-2），是以后 9 年中我国最高的建筑；到 1985 年，深圳建成了 50 层、高 158.65m 的国际贸易中心大厦（见图 1-3），超过了前者；但相隔仅两年，高度为 200m、63 层的广州国际大厦和 208m、57 层的北京京广中心大厦又相继开工，成为当时全国最高的建筑（见图 1-4 和图 1-5）；1996 年建成的深圳地王大厦，81 层、高 325m（见图 1-6），是当时全国最高的建筑；1998 年建成的上海金茂大厦，88 层、高 421m（见图 1-7），是目前全国第一、亚洲第二、世界第三的摩天大楼。

我国高层建筑的迅速发展，建筑高度的不断增加（表 1-1 所示为我国内地近年建成高度超过 200m 的大厦），建筑类型和功能愈来愈复杂，结构体系更加多样化，所有这些都显示



(a)



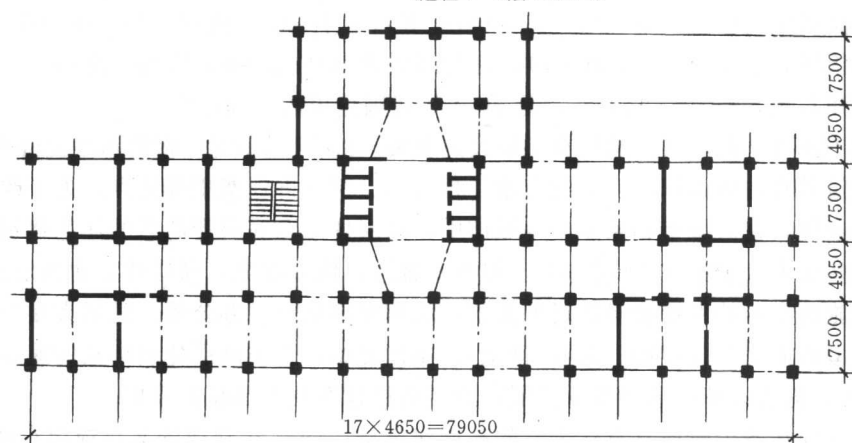
平面位置示意图

柱子截面

85×85(±0以下)
80×80(1~2层)
70×70(3~8层)
60×60(9~14层)
50×50(15层以上)
(边柱 1~2层 70×70)

剪力墙厚度

25cm(3层以下)
20cm(4~8层)
15cm(9层以上)



(b)

图 1-1 北京饭店东楼 (19层, 87.15m)

(a) 立面照片; (b) 平面及Ⅱ段标准层平面

我国高层建筑结构设计和施工技术水平有了很大的提高。

在国外,现代高层建筑的发展只有 110 多年的历史,又以最近 40 多年发展较快。1883 年在美国芝加哥建成 11 层的家庭保险大楼 (Home Insurance Building) 是近代高层建筑的开端。1931 年纽约建造了著名的帝国大厦 (Empire State Building), 共 102 层, 381m 高, 它享有“世界最高建筑”之美誉长达 40 年之久。20 世纪 50 年代以后,轻质高强材料的应用,新的抗风抗震结构体系的发展,电子计算机的推广使用以及新的施工机械的涌现,才