

新编 建筑 五金 手册

周殿明 主编



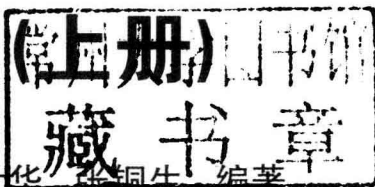
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



清华大学土木工程系列教材

高层建筑结构 设计和计算

第2版



包世华 张嗣生 编著

清华大学出版社
北京

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构设计和计算.上册/包世华,张铜生编著.--2版.--北京:清华大学出版社,2013.1

(清华大学土木工程系列教材)

ISBN 978-7-302-30038-0

I. ①高… II. ①包… ②张… III. ①高层建筑—结构设计—高等学校—教材 ②高层建筑—建筑结构—计算方法—高等学校—教材 IV. ①TU973

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第211958号

责任编辑:秦娜

封面设计:陈国熙

责任校对:赵丽敏

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:203mm×253mm 印 张:33.5

字 数:844千字

版 次:2006年1月第1版 2013年1月第2版

印 次:2013年1月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:69.00元

产品编号:048212-01

第 2 版前言

鉴于建筑结构规范和规程新一轮的全面修订和近年来高层建筑工程结构的迅猛发展。本书也进行了全面的修订和内容的增补及更新,以适应新形势下教学和工程设计的需要。

第 2 版仍保留原书根据内容和要求不同,分为上、下两册的做法。上册为基础内容册,共 10 章,是为学生和工程技术人员学习和了解高层建筑混凝土结构的基础内容而编写的,可作为普通高等学校的教材,同时也可作为初学者的参考用书。下册为提高、深入的专题册,共 8 章,可供大学生、研究生、教师和工程技术人员作为深入研究、提高的学习材料以及专题参考资料。

第 2 版主要改动的地方有下面几个方面:

1. 与《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)有关内容的修订。

(1) 前 8 章中有关设计和构造等的内容,全部按《高层规程》进行了改写,包括其中的例题全按新规程进行了改算。

(2) 第 2 章中补充了高层建筑结构抗震性能设计和抗连续性倒塌设计的概念等,以及重力二阶效应和整体稳定的内容。

(3) 第 5 章中增加了 5.7 节框架-剪力墙结构平面为斜向布置的近似计算,和 5.8 节框架-剪力墙-薄壁筒斜交结构的弯扭耦连计算。这些内容是从原第 10 章移过来的。

(4) 为说明我国近 10 年内高层建筑发展的迅猛状况,收录了内地超过 200m 以上 71 幢高楼。

2. 将原第 16 章高层建筑空间弹塑性动力分析内容重新梳理、编排,并增加了编者及其研究团队的研究成果,组成新增加的第 17 章隔震结构空间弹塑性动力分析和第 18 章消能减震结构空间弹塑性分析。这些都是高层建筑结构设计中大家关注的问题,也是高层建筑结构研究的前沿课题。介绍了 HBTA 程序的不同版本。并有两个实际工程的详细算例。

3. 由于下册的篇幅过大,将原在下册的第 9、10 两章移入了上册。

本书上册由包世华编写。下册由包世华、张铜生共同编写;第 11~14 章由包世华编写,第 15~18 章由张铜生编写。

书中难免存在不妥之处,欢迎读者批评指正。

包世华
2012 年 8 月于清华园

第 1 版前言

本书是在作者和方鄂华合编的《高层建筑结构设计》(1990 年第二版)以及作者编著的《高层建筑结构计算》两本书的基础上,且鉴于建筑结构规范的全面修订及近年来高层建筑结构的新发展而重新编写的,以适应新形势下教学和工程设计的需要。

全书共 16 章,根据内容和要求的不同,分上、下两册。

上册为基础内容部分。原第一本书前两版以其科学性、系统性、实践性以及深入浅出的阐述方式受到广大读者的欢迎。上册仍保留了原前两版的体系和特点。为了突出基本概念,在编写中注重讲述实用算法、特别是以手算为基础的简便方法,注意阐述不同计算方法之间的差别及内在联系,以及结构受力和变形特性的分析等。为突出基本内容,并贯彻少而精的原则,以最常用的三大结构体系为主、兼及筒体,并以混凝土结构为主。为突出基本要求,便于初学者掌握,讲解方法力求深入浅出、简明扼要,内容及篇幅较原第二版更为精练。为便于教和学,各章增加了例题,并举了一个贯彻始终的框-剪结构工程设计实例;各章后附有思考题和习题。上册可供普通高等学校作为教材,同时可作为初学者的参考用书。

下册为提高、深入和专题部分。围绕底层大空间剪力墙结构的计算、高层建筑结构复杂问题的计算、高层筒体结构计算、高层建筑结构的有限条分析法、半解析常微方程求解器方法和有限元法、高层建筑结构动力特性分析、高层建筑结构地震作用的反应谱分析法、高层建筑结构抗震分析的时程分析法、高层建筑空间弹塑性动力分析程序 HBTA 简介等方面,作了较深入的讨论,其中许多是作者近年来的科研成果。下册可供大学生、研究生、教师及工程技术人员作为深入研究和提高的学习材料以及专题参考资料。

本书上册由包世华编写。下册由包世华、张铜生共同编写;第 15、16 章由张铜生编写,其他各章由包世华编写。

本书难免存在不妥之处,欢迎广大读者予以批评指正。

包世华

2004 年 10 月于清华园

目 录

第 1 章 高层建筑结构体系与布置	1
1.1 高层建筑的发展与特点	1
1.1.1 高层建筑的发展	1
1.1.2 高层建筑的特点	10
1.1.3 高层建筑的结构类型	11
1.2 高层建筑的结构体系	12
1.2.1 框架结构体系	12
1.2.2 剪力墙结构体系	14
1.2.3 框架-剪力墙结构(框架-筒体结构和板柱-剪力墙结构)体系	19
1.2.4 框筒和筒中筒结构	22
1.2.5 多筒体系——成束筒及矩形框架结构	27
1.2.6 各种结构体系适用的最大高度和适用高度范围	28
1.3 结构总体布置	30
1.3.1 控制结构高宽比(H/B)	30
1.3.2 结构的平面布置	31
1.3.3 结构的竖向布置	34
1.3.4 缝的设置与构造	36
1.3.5 高层建筑楼盖	41
1.3.6 基础形式及基础埋置深度	42
思考题	44
第 2 章 荷载作用和结构设计要求	46
2.1 风荷载	46
2.1.1 单位面积上的风荷载标准值	46
2.1.2 总风荷载	52
2.2 地震作用的特点和抗震设计目标	54
2.2.1 地震作用的特点	54
2.2.2 抗震设防标准、抗震设计目标和二阶段设计方法	55

2.3	地震作用的计算方法	57
2.3.1	设计反应谱曲线	57
2.3.2	等效地震力计算方法	61
2.3.3	竖向地震作用计算	65
2.3.4	反应谱方法的优缺点	69
2.4	结构的自振周期	70
2.4.1	刚度法求多自由度体系周期和振型的概念	70
2.4.2	周期的近似计算	72
2.5	荷载效应组合	74
2.6	结构设计要求	76
2.6.1	承载能力的验算	76
2.6.2	侧向位移限制和舒适度要求	77
2.6.3	高层房屋的抗震等级和抗震措施	79
2.6.4	罕遇地震作用下的变形验算	80
2.7	结构抗震性能设计和结构抗连续倒塌设计的概念	82
2.7.1	结构抗震性能设计	82
2.7.2	结构抗连续倒塌设计的概念	84
2.8	重力二阶效应和结构的稳定	85
2.8.1	重力二阶效应	85
2.8.2	高层建筑结构的整体稳定	86
2.9	高层建筑结构计算的基本假定、计算简图和计算要求	87
2.9.1	弹性工作状态假定	87
2.9.2	平面抗侧力结构和刚性楼板假定下的整体共同工作	87
2.9.3	风荷载和地震作用的方向	89
	思考题	89
	习题	90

第3章	框架结构的内力和位移计算	92
3.1	多层多跨框架在竖向荷载作用下的近似计算——分层计算法	92
3.2	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	95
3.3	多层多跨框架在水平荷载作用下的改进反弯点法—— D 值法	102
3.3.1	柱侧移刚度 D 值的计算	102
3.3.2	确定柱反弯点高度比	104
3.4	多层多跨框架在水平荷载作用下侧移的近似计算	114
3.4.1	梁柱弯曲变形产生的侧移	115

3.4.2 柱轴向变形产生的侧移	120
思考题	124
习题	125
第4章 剪力墙结构的内力和位移计算	126
4.1 剪力墙结构的计算图和计算方法	126
4.1.1 剪力墙结构的计算图——水平荷载下剪力墙的计算截面	126
4.1.2 剪力墙的受力特点和计算方法	129
4.2 整体墙和小开口整体墙的计算	131
4.2.1 整体墙的计算	131
4.2.2 小开口整体墙的计算	133
4.3 双肢墙的计算	140
4.3.1 连续连杆法的基本假设	140
4.3.2 力法方程的建立	141
4.3.3 基本方程的解	145
4.3.4 双肢墙的内力计算	147
4.3.5 双肢墙的位移与等效刚度	154
4.4 关于墙肢剪切变形和轴向变形的影响以及各类剪力墙划分判别式的讨论	157
4.4.1 关于墙肢剪切变形和轴向变形的影响	157
4.4.2 关于各类剪力墙划分判别式的讨论	158
4.5 多肢墙的计算	162
4.5.1 基本方程的建立	162
4.5.2 微分方程的解	166
4.5.3 约束弯矩分配系数 η_i	166
4.5.4 内力和位移计算公式	168
4.5.5 双肢墙、多肢墙计算步骤及计算公式汇总	170
4.6 壁式框架在水平荷载作用下的近似计算	176
4.6.1 计算图及其特点	176
4.6.2 带刚域杆考虑剪切变形后刚度系数和 D 值的计算	178
4.6.3 反弯点高度比的修正	180
4.7 底层大空间剪力墙结构的受力特点和应力、内力系数	187
4.7.1 底层大空间剪力墙结构的计算图、计算方法和受力特点	187
4.7.2 框支剪力墙墙-框交接区的应力分布	188
4.7.3 底层为单、双跨框架的框支剪力墙应力、内力系数表	192
思考题	194

习题	194
第5章 框架-剪力墙结构的内力和位移计算	196
5.1 框架-剪力墙协同工作原理和计算图	196
5.1.1 问题的提出	196
5.1.2 两种计算图	197
5.1.3 协同工作的基本原理	199
5.2 框架-剪力墙铰结体系在水平荷载下的计算	200
5.2.1 总剪力墙和总框架刚度的计算	200
5.2.2 基本方程及其解	201
5.2.3 三种水平荷载作用时的计算公式与图表	203
5.3 框架-剪力墙刚结体系在水平荷载下的计算	206
5.3.1 刚结连梁的梁端约束弯矩系数	207
5.3.2 基本方程及其解	208
5.3.3 各剪力墙、框架和连梁的内力计算	210
5.4 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	211
5.4.1 框架-剪力墙结构的受力、位移特征和受力的限制性规定	211
5.4.2 本节计算方法的应用条件	213
5.5 框架、剪力墙及框架-剪力墙结构的扭转近似计算	214
5.5.1 问题的提出	214
5.5.2 质量中心、刚度中心和扭转偏心距	215
5.5.3 考虑扭转后的剪力修正	217
5.5.4 讨论	219
5.6 框架-剪力墙结构协同工作计算实例	221
5.6.1 结构刚度的计算	222
5.6.2 地震作用计算	224
5.6.3 框架-剪力墙协同工作计算	227
5.6.4 讨论	230
5.7 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	230
5.7.1 主轴方向与刚度中心	230
5.7.2 每榀结构所承受的力和层间位移	234
5.7.3 计算步骤小结	235
5.8 框架-剪力墙-薄壁筒斜交结构的弯扭耦连计算	238
5.8.1 框架-剪力墙-薄壁筒结构	238
5.8.2 基本方程的建立	239

5.8.3	基本方程的解	244
5.8.4	三种典型荷载作用下的计算公式和图表	245
5.8.5	计算步骤与算例	250
思考题		260
习题		261
附录		263
第 6 章	框架设计和构造	269
6.1	框架结构布置、截面尺寸估算和材料强度等级	269
6.1.1	框架结构布置	269
6.1.2	框架结构截面尺寸估算及材料强度等级	272
6.2	框架内力组合及最不利内力	273
6.2.1	控制截面及最不利内力类型	273
6.2.2	荷载布置	274
6.2.3	内力调整	275
6.2.4	内力组合	276
6.3	框架抗震设计的延性要求	279
6.3.1	延性结构	279
6.3.2	延性框架设计基本措施	281
6.3.3	强柱弱梁设计原则	282
6.4	框架梁截面设计和配筋构造	283
6.4.1	梁的破坏形态与影响延性的因素	283
6.4.2	框架梁的配筋计算	285
6.4.3	框架梁的配筋构造要求	288
6.5	框架柱截面设计和配筋构造	290
6.5.1	影响框架柱延性的几个重要参数	290
6.5.2	正截面抗弯承载力计算及最小配筋率	291
6.5.3	斜截面抗剪承载力计算及配箍	294
6.5.4	轴压比限制及配箍	295
6.5.5	钢筋配置构造要求	297
6.6	框架节点核心区截面设计和配筋构造	300
6.6.1	强节点、强锚固	300
6.6.2	节点区设计剪力	301
6.6.3	节点区抗剪验算	301
6.6.4	梁、柱钢筋锚固及搭接	303

6.7 框架-剪力墙结构框架截面设计实例——5.6节计算实例续一	306
6.7.1 竖向荷载下结构的内力计算	306
6.7.2 水平地震作用下结构的内力	308
6.7.3 构件内力组合	309
6.7.4 构件截面设计	311
思考题	318
习题	319
第7章 剪力墙和框架-剪力墙结构设计和构造	320
7.1 剪力墙结构的布置和构造一般要求	321
7.2 墙肢截面承载力计算	325
7.2.1 正截面抗弯承载力计算	325
7.2.2 斜截面抗剪承载力计算	330
7.3 悬臂剪力墙设计和构造要求	331
7.3.1 破坏形态和设计要求	332
7.3.2 剪力墙截面配筋构造	332
7.3.3 抗震延性悬臂剪力墙的设计和构造	334
7.3.4 延性悬臂剪力墙截面设计和构造要求要点	340
7.4 开洞剪力墙设计和构造	341
7.4.1 开洞剪力墙的破坏形态和设计要求	341
7.4.2 连梁截面设计和构造	342
7.4.3 延性联肢墙设计	345
7.5 框架-剪力墙结构设计和构造	348
7.5.1 框架-剪力墙结构中剪力墙的合理数量	348
7.5.2 框架-剪力墙结构设计的一般规定	351
7.5.3 框架-剪力墙结构中剪力墙的布置和间距	351
7.5.4 框架-剪力墙结构中框架内力的调整	353
7.5.5 有边框剪力墙设计和构造	353
7.5.6 板柱-剪力墙结构设计和构造	354
7.6 框架-剪力墙结构剪力墙截面设计实例——5.6节计算实例续二	356
7.6.1 竖向荷载下结构的内力计算	356
7.6.2 水平地震作用下结构的内力	358
7.6.3 构件内力组合	359
7.6.4 构件截面设计	360
7.7 底部大空间剪力墙结构设计和构造	363

7.7.1 结构特点及抗震措施	363
7.7.2 落地剪力墙设计和构造	365
7.7.3 框支剪力墙设计和构造	366
7.7.4 转换层楼板	369
思考题	370
习题	371
第 8 章 筒体结构的计算和设计	372
8.1 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	372
8.1.1 协同工作原理适应和不适应的场合	372
8.1.2 筒体结构的计算方法	375
8.2 框筒和筒中筒结构在水平和扭转荷载下的等效平面法	376
8.2.1 翼缘展开法	376
8.2.2 框筒结构的内力系数图表	377
8.2.3 框筒结构在扭转荷载下的等效平面法	382
8.2.4 筒中筒结构在水平荷载下的等效平面法	384
8.3 框筒结构在水平荷载下的等效连续体法	384
8.3.1 等效筒的特征	384
8.3.2 内力计算	386
8.3.3 位移计算	393
8.3.4 算例	395
8.4 框筒结构在扭转荷载下的等效连续体法	399
8.4.1 内力计算	399
8.4.2 位移计算	402
8.5 筒中筒结构在水平荷载下的等效连续体-力法计算	403
8.5.1 计算图和计算方法	403
8.5.2 力法方程系数和自由项的计算	404
8.5.3 内外筒的内力和位移	406
8.5.4 算例	408
8.6 内筒结构在扭转荷载下的计算	409
8.6.1 开口截面薄壁杆的约束扭转	409
8.6.2 连梁对开口截面薄壁杆约束扭转的影响	413
8.7 筒中筒结构在扭转荷载下的等效连续体-力法计算	415
8.7.1 计算简图和计算方法	415
8.7.2 力法方程系数和自由项的计算	416

8.7.3	内外筒的内力和位移	417
8.7.4	算例	419
8.8	筒体结构设计和构造	419
	思考题	423
第9章	底层大空间剪力墙结构的计算	424
9.1	底层大空间剪力墙结构的计算图和计算方法	424
9.2	底层为框架的双肢剪力墙	425
9.2.1	双肢墙混合法的基本方程	425
9.2.2	双肢墙基本方程的解	427
9.2.3	双肢墙内力计算	430
9.2.4	双肢墙位移计算	430
9.3	底层为框架的多肢剪力墙	432
9.3.1	多肢墙混合法的基本方程	432
9.3.2	多肢墙基本方程的解	434
9.3.3	多肢墙的内力计算	436
9.3.4	多肢墙的位移计算	437
9.3.5	计算步骤和算例	437
9.4	框支剪力墙和落地剪力墙在水平荷载下的共同工作计算	441
9.4.1	混合法的基本方程	441
9.4.2	基本方程的解	444
9.4.3	内力和位移计算公式	446
9.4.4	计算步骤与算例	449
9.5	框支剪力墙、落地剪力墙和壁式框架在水平荷载下的共同工作计算	454
9.5.1	混合法的基本方程式	454
9.5.2	基本方程的解	459
9.5.3	位移计算公式	460
9.5.4	内力计算公式	462
9.5.5	计算步骤与算例	463
9.6	用分区混合有限元法分析框支剪力墙	469
9.6.1	剪力墙中的应力集中问题	469
9.6.2	计算简图和计算方法	470
9.6.3	I区应力函数的组成	470
9.6.4	分区混合总能量的表达式	472
9.6.5	混合法基本方程	476

9.6.6 算例及结果	477
9.7 用分区混合有限元法分析剪力墙角区应力集中	479
9.7.1 计算简图和计算方法	479
9.7.2 弹性平面切口附近自应力分析	479
9.7.3 分区混合总能量的表达式	483
9.7.4 分区混合有限元法的基本方程	485
9.7.5 算例及结果分析	485
9.7.6 分区混合有限元法小结	491
第 10 章 高层建筑结构复杂问题的计算	493
10.1 高层建筑框架-剪力墙结构考虑楼板变形和地基变形时的计算	493
10.1.1 关于计算模型和计算工具	493
10.1.2 上部结构的平衡微分方程	494
10.1.3 基础和下部结构的力学性质	496
10.1.4 边界条件和连接条件	497
10.1.5 微分方程组的求解和算例	499
10.2 变截面框架-剪力墙-薄壁筒斜交结构考虑楼板变形时的计算	502
10.2.1 基本假设和计算模型	502
10.2.2 基本平衡微分方程	503
10.2.3 边界条件和连接条件	508
10.3 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	510
10.3.1 基本假设和计算模型	510
10.3.2 平衡微分方程	511
10.3.3 大底盘多塔楼的边界条件和连接条件	512
10.3.4 大底盘、大孔口结构的边界条件和连接条件	513
10.3.5 大底盘多塔楼连体结构的边界条件和连接条件	514
10.3.6 算例和讨论	515
参考文献	520

第 1 章 高层建筑结构体系与布置

1.1 高层建筑的发展与特点

1.1.1 高层建筑的发展

高层建筑是指层数较多、高度较高的建筑。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》)将 10 层及 10 层以上或房屋高度大于 28m 的住宅建筑,以及高度大于 24m 的其他高层民用建筑混凝土结构,称为高层建筑。

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,甚至经受住强烈地震的摇撼仍能保留至今,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,在我国的发展却是缓慢的。新中国成立前,我国高层建筑很少。新中国成立后,在 20 世纪 50~60 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。

20 世纪 70 年代开始,我国高层建筑有了很大的发展,主要为住宅、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,因此为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,而有些城市,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,这类高层建筑更得到迅猛发展。

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);1998 年建成的上海金茂大厦,88 层,高 420.5m(见图 1-7),曾是全国最高的建筑,目前是全国第

四、世界第九高的大楼;2008年建成的上海环球金融中心,101层,高492m,是目前中国内地第一、世界第三的摩天大楼。正在天津建造的高银117大厦,共117层,高597m,是中国内地在建的最高的建筑物(图1-8)。

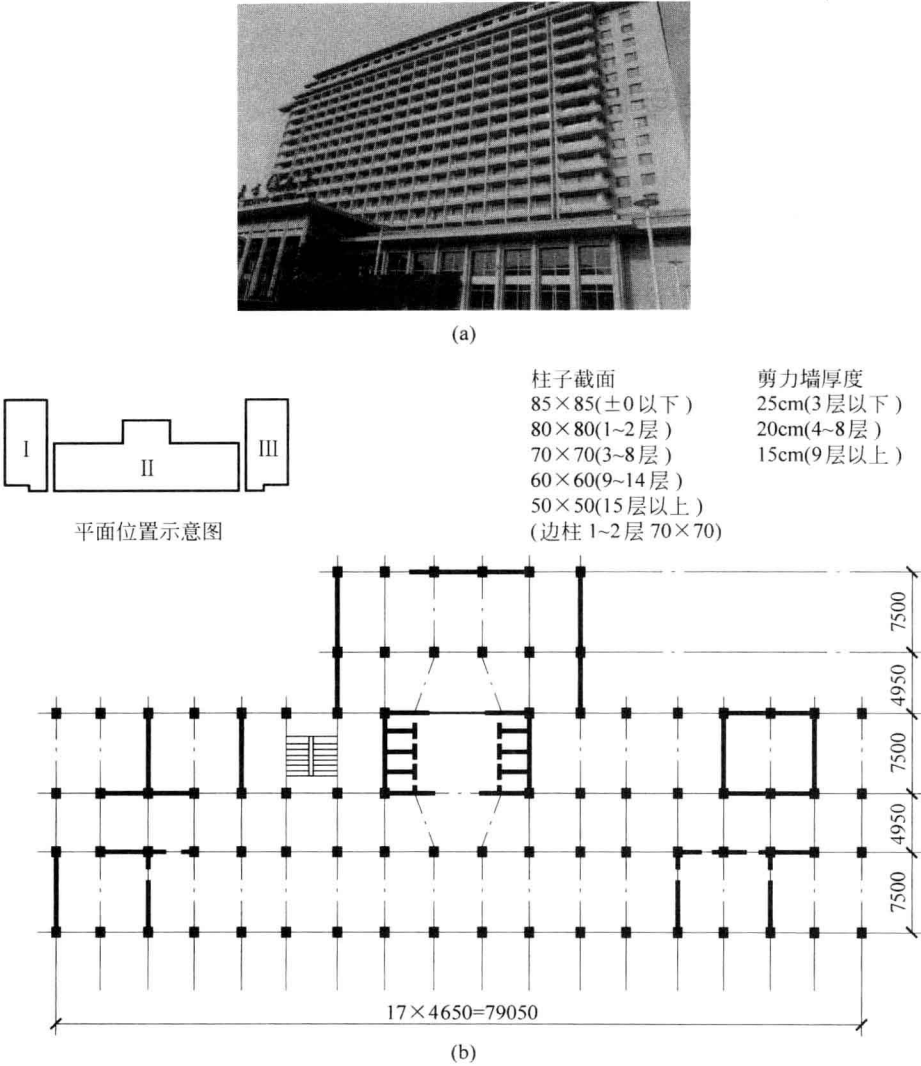
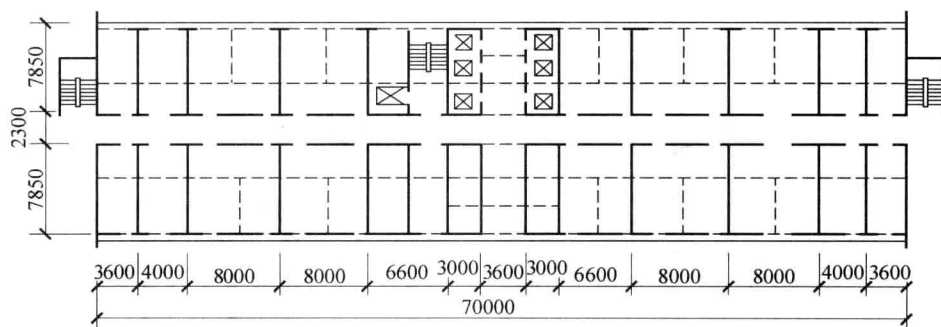


图 1-1 北京饭店东楼(19层,87.15m)

(a) 立面照片; (b) II段标准层平面



(a)



(b)

图 1-2 广州白云宾馆(33层, 114.05m)

(a) 立面照片; (b) 标准层平面