

# 高层建筑结构设计

史庆轩 梁兴文 编著



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

# 高层建筑结构设计

史庆轩 梁兴文 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是高等学校土木工程专业的专业课教材,内容包括绪论、高层建筑的结构体系与结构布置、荷载和地震作用、高层建筑结构的计算分析和设计要求、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、复杂高层建筑结构设计、高层建筑钢结构和混合结构设计、高层建筑结构计算机分析方法和设计程序,以及高层建筑结构的基础设计等内容,是根据最新颁布的国家标准和规范编写的。

本书着重阐明各种高层建筑结构整体设计的基本概念和方法,对结构方案设计和确定结构计算简图等内容比较充分的论述,有利于进行合理设计及培养读者的创新能力;书中还介绍了高层建筑结构计算机分析方法、复杂高层建筑结构设计、高层建筑钢结构和混合结构设计等内容,有利于读者掌握新的设计方法和了解高层建筑的最新发展动态。章后有小结、思考题和习题,有利于初学者掌握基本概念和设计方法。

本书可作为高等院校土木工程专业的教材,也可供相关专业的设计、施工和科研人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构设计 / 史庆轩,梁兴文编著. —北京:科学出版社,2006  
ISBN 7-03-017782-7

I. 高… I. ①史…②梁… III. 高层建筑-结构设计 N. TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 090060 号

责任编辑:杨家福 / 责任校对:耿 耘

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2006 年 9 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2006 年 9 月第一次印刷 印张: 22 1/4

印数: 1—3 000 字数: 443 400

定价: 35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(HA03)

## 前 言

近年来,随着我国国民经济的快速发展,许多城市兴建了大量的高层建筑。我国高层建筑的功能和结构类型日趋多样化,体型更加复杂,高度已突破400m,这使高层建筑结构分析和设计越来越复杂。与此同时,我国建筑结构的各种设计规范和规程已基本完成了新一轮修订工作,内容更新较多。为适应新形势下的教学和工程设计需要,我们按照《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3-2002)及有关设计规范和规程编写了本书。

本书是在我们原来编著的《钢筋混凝土结构设计》(科学技术文献出版社,1999年)一书基础上,将其中的高层建筑结构设计内容进行修订而成的。由于高层建筑结构的简化分析方法不仅概念清楚,其结果便于工程分析和判断,而且其解决问题的思路对培养学生分析问题和解决问题以及创新能力颇有好处,所以本书保留了原书中关于简化分析方法的有关内容。同时,鉴于目前我国高层建筑结构已大部或全部采用计算机程序进行设计,因此本书增加了高层建筑结构计算机分析方法和设计程序等内容。此外,为适应现代高层建筑功能多样化和结构复杂化的需要,书中增加或加强了下列部分内容:①以论述高层建筑混凝土结构设计方法为主,增加了高层建筑钢结构和混合结构的设计方法;②增加了筒体结构的设计方法;③增加了复杂高层建筑结构的设计方法,主要强调其概念设计和构造措施;④加强了结构体系和结构布置的有关内容,包括高层建筑混凝土结构、钢结构和混合结构的结构体系和结构布置。

本书着重阐明各种高层建筑结构整体设计的基本概念和方法,对结构方案设计、结构分析方法和确定结构计算简图等内容有比较充分的论述,有利于进行合理设计及培养读者的创新能力;书中有明确的计算方法和实用设计步骤,力求做到能具体应用;每章后有工程设计实例、小结、思考题和习题等内容,有利于初学者掌握基本概念和设计方法。

本书由西安建筑科技大学土木工程学院史庆轩(第1、3、4、6、8、11、12章)和梁兴文(第2、5、7、9、10章)编写。童岳生教授主审本书,并提出了许多宝贵意见。研究生谢俊强、李波、邓明科、王秋维、董磊等为本书绘制了部分插图。西安建筑科技大学教务处将本书列为校级重点教材,并予以资助。特在此对他们表示感谢。

本书在编写过程中参考了大量的国内外文献,引用了一些学者的资料,这在书末的参考文献中已予列出,特在此向其作者表示感谢。

希望本书能为读者的学习和工作提供帮助。鉴于作者水平有限,书中难免有错误及不妥之处,敬请批评指正。

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.2 高层建筑结构设计特点 .....	1
1.3 高层建筑结构的类型 .....	6
1.4 高层建筑的发展概况 .....	8
1.4.1 高层建筑发展简史 .....	8
1.4.2 我国高层建筑发展概况 .....	11
1.5 本课程的教学内容和要求 .....	12
小结 .....	12
思考题 .....	13
<b>第 2 章 高层建筑的结构体系与结构布置</b> .....	14
2.1 结构体系 .....	14
2.1.1 框架结构体系 .....	14
2.1.2 剪力墙结构体系 .....	16
2.1.3 框架-剪力墙结构体系 .....	18
2.1.4 筒体结构体系 .....	20
2.1.5 框架-核心筒结构体系 .....	22
2.1.6 带加强层的高层建筑结构体系 .....	23
2.1.7 各种结构体系的最大适用高度和适用的最大高宽比 .....	24
2.2 结构总体布置 .....	26
2.2.1 结构平面布置 .....	26
2.2.2 结构竖向布置 .....	33
2.3 高层建筑的楼盖结构及基础 .....	35
2.3.1 楼盖结构选型 .....	35
2.3.2 楼盖构造要求 .....	36
2.3.3 基础形式及埋置深度 .....	37
小结 .....	37
思考题 .....	38
<b>第 3 章 高层建筑结构的荷载和地震作用</b> .....	39
3.1 竖向荷载 .....	39

3.1.1	恒荷载 .....	39
3.1.2	活荷载 .....	39
3.2	风荷载 .....	40
3.2.1	风荷载标准值 .....	41
3.2.2	总风荷载 .....	47
3.3	地震作用 .....	49
3.3.1	一般计算原则 .....	49
3.3.2	计算地震作用的反应谱法 .....	51
3.3.3	水平地震作用计算 .....	53
3.3.4	结构自振周期计算 .....	58
3.3.5	竖向地震作用计算 .....	59
	小结 .....	59
	思考题 .....	60
	习题 .....	60
<b>第4章</b>	<b>高层建筑结构的计算分析和设计要求 .....</b>	<b>62</b>
4.1	高层建筑结构的计算分析 .....	62
4.1.1	结构计算分析方法 .....	62
4.1.2	结构计算模型及计算要求 .....	62
4.2	荷载效应和地震作用效应的组合 .....	64
4.3	高层建筑结构的设计要求 .....	66
4.3.1	承载力要求 .....	66
4.3.2	水平位移限制和舒适度要求 .....	66
4.3.3	整体稳定和倾覆问题 .....	70
4.3.4	结构延性和抗震等级 .....	74
4.4	高层建筑结构的抗震概念设计 .....	76
4.5	超限高层建筑工程抗震设计 .....	77
4.5.1	超限高层建筑工程的认定和抗震概念设计 .....	78
4.5.2	超限高层建筑工程的抗震计算和抗震构造措施 .....	79
	小结 .....	80
	思考题 .....	80
<b>第5章</b>	<b>框架结构设计 .....</b>	<b>82</b>
5.1	结构布置 .....	82
5.1.1	柱网和层高 .....	82
5.1.2	框架结构的承重方案 .....	83
5.2	框架结构的计算简图 .....	84

5.2.1	梁、柱截面尺寸 .....	84
5.2.2	框架结构的计算简图 .....	85
5.3	竖向荷载作用下框架结构内力的简化计算 .....	88
5.3.1	分层法 .....	88
5.3.2	弯矩二次分配法 .....	92
5.4	水平荷载作用下框架结构内力和侧移的简化计算 .....	92
5.4.1	水平荷载作用下框架结构的受力及变形特点 .....	92
5.4.2	D 值法 .....	93
5.4.3	反弯点法 .....	103
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 .....	106
5.5.1	荷载效应组合 .....	106
5.5.2	构件设计 .....	109
5.6	框架结构的构造要求 .....	110
5.6.1	框架梁 .....	110
5.6.2	框架柱 .....	112
5.6.3	梁柱节点 .....	115
5.6.4	钢筋连接和锚固 .....	116
	小结 .....	118
	思考题 .....	119
	习题 .....	119
<b>第 6 章</b>	<b>剪力墙结构设计 .....</b>	<b>121</b>
6.1	结构布置 .....	121
6.1.1	墙体承重方案 .....	121
6.1.2	剪力墙的布置 .....	121
6.2	剪力墙结构平面协同工作分析 .....	123
6.2.1	剪力墙的分类和简化分析方法 .....	123
6.2.2	剪力墙的等效刚度 .....	125
6.2.3	剪力墙结构平面协同工作分析 .....	126
6.3	整截面墙的内力和位移计算 .....	128
6.3.1	墙体截面内力 .....	128
6.3.2	位移和等效刚度 .....	128
6.4	双肢墙的内力和位移计算 .....	130
6.4.1	基本假定 .....	130

6.4.2	微分方程的建立	131
6.4.3	微分方程的求解	134
6.4.4	内力计算	136
6.4.5	位移和等效刚度	138
6.4.6	双臂墙内力和位移分布特点	139
6.5	多肢墙的内力和位移计算	142
6.5.1	微分方程的建立和求解	142
6.5.2	约束弯矩分配系数	143
6.5.3	内力计算	145
6.5.4	位移和等效刚度	146
6.6	整体小开口墙的内力和位移计算	147
6.6.1	整体弯曲和局部弯曲分析	147
6.6.2	整体小开口墙内力和位移的实用计算	148
6.7	壁式框架的内力和位移计算	151
6.7.1	计算简图	152
6.7.2	带刚域杆件的等效刚度	152
6.7.3	内力和位移计算	154
6.8	剪力墙分类的判别	155
6.8.1	剪力墙的受力特点	155
6.8.2	剪力墙分类的判别	156
6.9	剪力墙截面设计和构造要求	158
6.9.1	剪力墙的厚度和混凝土强度等级	159
6.9.2	剪力墙的加强部位	159
6.9.3	剪力墙内力设计值的调整	160
6.9.4	剪力墙截面设计	160
6.9.5	剪力墙轴压比限值和边缘构件	164
6.9.6	剪力墙截面的构造要求	166
6.9.7	连梁截面设计	168
6.9.8	剪力墙墙面和连梁开洞时构造要求	171
	小结	171
	思考题	172
<b>第7章</b>	<b>框架-剪力墙结构设计</b>	<b>174</b>
7.1	结构布置	174
7.1.1	基本要求	174
7.1.2	框架-剪力墙结构中剪力墙的布置	174



7.1.3	板柱-剪力墙结构的布置	176
7.1.4	梁、柱截面尺寸及剪力墙数量的初步拟定	176
7.2	基本假定与计算简图	177
7.2.1	框架与剪力墙的协同工作	177
7.2.2	基本假定与计算简图	178
7.2.3	基本计算参数	179
7.3	框架-剪力墙铰结体系结构分析	183
7.3.1	基本方程及其一般解	183
7.3.2	水平均布荷载作用下内力及侧移计算	184
7.3.3	倒三角形分布水平荷载作用下内力及侧移计算	185
7.3.4	顶点集中水平荷载作用下内力及侧移计算	187
7.4	框架-剪力墙刚结体系结构分析	187
7.4.1	基本微分关系	187
7.4.2	基本方程及其解	189
7.4.3	总框架剪力 $V_f$ 和总连梁线约束弯矩 $m$ 的另一种算法	191
7.4.4	框架-剪力墙结构的受力和侧移特征	191
7.5	框架-剪力墙结构内力计算步骤及计算实例	194
7.5.1	内力计算步骤	194
7.5.2	计算实例及分析	196
7.6	框架、剪力墙及框架-剪力墙结构考虑扭转效应的近似计算	211
7.6.1	结构侧向刚度与刚度中心	211
7.6.2	水平荷载的分配	212
7.7	框架-剪力墙结构的截面设计和构造	214
	小结	217
	思考题	217
<b>第8章</b>	<b>筒体结构设计</b>	<b>218</b>
8.1	框筒、筒中筒和束筒结构的布置	218
8.2	框架-核心筒结构的布置	220
8.2.1	框架-核心筒结构的受力特点	220
8.2.2	框架-核心筒结构的布置	223
8.3	筒体结构计算方法	224
8.3.1	等效槽形截面近似估算方法	224
8.3.2	等效平面框架法——翼缘展开法	225
8.3.3	空间杆系-薄壁柱矩阵位移法	227
8.4	筒体结构的截面设计及构造要求	227

小结	229
思考题	229
<b>第9章 复杂高层建筑设计</b>	<b>230</b>
9.1 带转换层高层建筑结构	230
9.1.1 转换层的分类及主要结构形式	231
9.1.2 结构布置	232
9.1.3 梁式转换层结构设计	236
9.1.4 厚板转换层结构设计	242
9.1.5 桁架转换层结构设计	243
9.2 带加强层高层建筑结构	245
9.2.1 加强层的主要结构形式	245
9.2.2 伸臂加强层的作用及布置	246
9.2.3 结构分析	247
9.2.4 构造要求	249
9.3 错层结构	250
9.3.1 错层结构的应用及适用范围	250
9.3.2 结构布置	251
9.3.3 结构分析	251
9.3.4 构造措施	252
9.4 连体结构	252
9.4.1 连体结构的形式及适用范围	252
9.4.2 结构分析	253
9.4.3 概念设计及构造措施	253
9.5 多塔楼结构	254
9.5.1 结构布置	254
9.5.2 结构分析	255
9.5.3 加强措施	256
小结	257
思考题	258
<b>第10章 高层建筑钢结构和混合结构设计</b>	<b>259</b>
10.1 高层建筑钢结构设计概要	259
10.1.1 高层建筑钢结构体系及其适用高度	259
10.1.2 结构布置	262
10.1.3 高层建筑钢结构抗震设计	262
10.2 钢构件与连接的抗震设计	265

10.2.1	钢框架构件抗震设计 .....	265
10.2.2	中心支撑框架的支撑杆件抗震设计 .....	267
10.2.3	偏心支撑框架的构件抗震设计 .....	268
10.2.4	构件连接的抗震设计 .....	270
10.3	高层建筑混合结构设计概要 .....	272
10.3.1	混合结构构件类型 .....	272
10.3.2	混合结构体系 .....	275
10.3.3	高层建筑混合结构的结构布置和概念设计 .....	279
10.3.4	高层建筑混合结构的计算分析 .....	281
10.4	型钢混凝土构件设计 .....	282
10.4.1	型钢混凝土构件的受力性能 .....	282
10.4.2	型钢混凝土构件正截面承载力计算 .....	283
10.4.3	型钢混凝土构件斜截面承载力计算 .....	286
10.4.4	型钢混凝土构件的构造要求 .....	288
	小结 .....	292
	思考题 .....	293
<b>第 11 章</b>	<b>高层建筑结构计算机分析方法和设计程序 .....</b>	<b>294</b>
11.1	概述 .....	294
11.2	杆件有限元法 .....	294
11.2.1	基本假定 .....	294
11.2.2	计算模型 .....	296
11.2.3	计算要点 .....	299
11.3	空间组合结构计算方法 .....	300
11.3.1	关于剪力墙计算模型 .....	300
11.3.2	墙板和墙元模型 .....	300
11.3.3	空间组合结构计算方法 .....	303
11.4	高层建筑结构分析和设计程序 .....	303
11.4.1	结构分析通用程序 .....	303
11.4.2	高层建筑结构分析与设计专用程序 .....	304
11.4.3	程序计算结果的分析与判别 .....	307
	小结 .....	307
	思考题 .....	308
<b>第 12 章</b>	<b>高层建筑结构的基础设计 .....</b>	<b>309</b>
12.1	基础的选型和埋置深度 .....	309
12.1.1	基础类型的选择及一般规定 .....	309

12.1.2	基础的埋置深度 .....	310
12.1.3	高层建筑基础与裙房基础的关系 .....	312
12.2	地基、基础和上部结构的共同作用分析 .....	314
12.3	筏形基础设计 .....	317
12.3.1	筏形基础尺寸的确定 .....	318
12.3.2	筏形基础的基底反力及内力计算 .....	319
12.3.3	配筋计算及构造 .....	321
12.4	箱形基础设计 .....	322
12.4.1	箱形基础的补偿性及其利用 .....	323
12.4.2	箱形基础的一般规定 .....	324
12.4.3	箱形基础基底反力计算 .....	324
12.4.4	箱形基础内力分析 .....	326
12.4.5	箱形基础配筋和构造 .....	327
12.5	桩基础设计 .....	328
12.5.1	桩的类型 .....	328
12.5.2	桩的布置和承台构造 .....	329
	小结 .....	331
	思考题 .....	331
<b>附录 1</b>	<b>风荷载体型系数 .....</b>	<b>333</b>
<b>附录 2</b>	<b>均匀分布水平荷载作用下各层柱标准反弯点高度比 <math>y_n</math> .....</b>	<b>336</b>
<b>附录 3</b>	<b>倒三角形分布水平荷载作用下各层柱标准反弯点高度比 <math>y_n</math> .....</b>	<b>338</b>
<b>附录 4</b>	<b>顶点集中水平荷载作用下各层柱标准反弯点高度比 <math>y_n</math> .....</b>	<b>340</b>
<b>附录 5</b>	<b>上、下层梁相对刚度变化的修正值 <math>y_1</math> .....</b>	<b>342</b>
<b>附录 6</b>	<b>上、下层高不同的修正值 <math>y_2</math> 和 <math>y_3</math> .....</b>	<b>342</b>
	<b>参考文献 .....</b>	<b>343</b>

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 概 述

高层建筑是相对于多层建筑而言的,评判一栋建筑是否为高层建筑,通常以建筑的高度和层数作为两个主要指标。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。如美国规定高度为 22~25m 以上或 7 层以上的建筑为高层建筑;英国规定高度为 24.3m 以上的建筑为高层建筑;日本规定 8 层以上或高度超过 31m 的建筑为高层建筑。

我国《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3-2002)(以下简称为《高层规程》)规定,10 层及 10 层以上或房屋高度超过 28m 的混凝土结构民用建筑物为高层建筑。

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。

随着高层建筑高度的大幅度增加,出现了超高层建筑。“超高层建筑”一词来源于日本,英语中原来并无超高层建筑相应的词条,欧美等西方国家一般采用 Tall building 或 Highrise building 来代表高层建筑,直到 1995 年才出现超高层建筑对应的词条 Super-tall building。即使在日本,超高层建筑也没有明确的分界线,如在 20 世纪 70 年代指 70m 以上的建筑,到 80 年代就提高到 100m。目前,日本一般将 120m 以上的建筑称为超高层建筑。由此可以看出,超高层建筑完全是人为界定的,特指当时日本最高的一些建筑物;日本还将 30 层以上的旅馆、办公楼和 20 层以上的住宅规定为超高层建筑。目前,超高层建筑一词流行广泛,但又无统一和确切的定义,一般泛指某个国家或地区内较高的一些建筑。国际上,通常将高度超过 100m 或层数在 30 层以上的高层建筑称为超高层建筑。

## 1.2 高层建筑结构的设计特点

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,如图 1.2.1(a,b)所示。与多层建筑结构相比,高层建筑结构的设计具有如下特点:

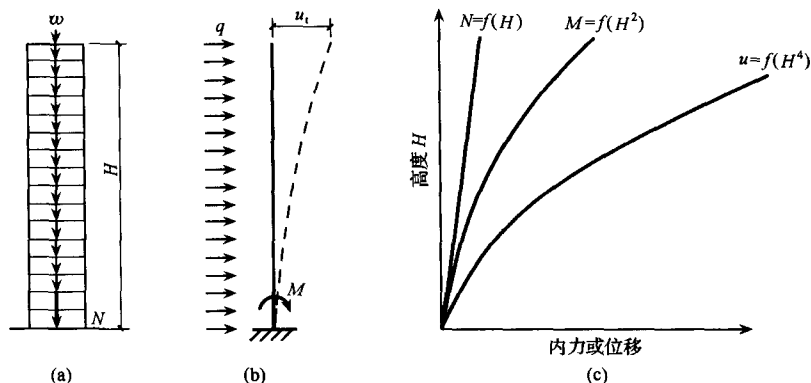


图 1.2.1 高层结构的受力和变形示意图

### 1. 水平荷载成为设计的决定性因素

对于多层建筑结构,一般是竖向荷载控制着结构的设计。随着房屋层数的增加,虽然竖向荷载对结构设计仍有着重要的影响,但水平荷载已成为结构设计的控制因素。因为竖向荷载在结构的竖向构件中主要产生轴向压力,其数值仅与结构高度的一次方成正比;而水平荷载对结构产生的倾覆力矩,以及由此在竖向构件中所引起的轴力,其数值与结构高度的二次方成正比。而且,与竖向荷载相比,作为水平荷载的风荷载和地震作用,其数值与结构的动力特性等有关,具有较大的变异性。

在竖向荷载和水平荷载作用下[图 1.2.1(a,b)],高层建筑结构底部所产生的轴力  $N$  和倾覆力矩  $M$  与结构高度  $H$  分别存在着如下的关系式,即

结构底部的轴力

$$N = wH \quad (1.2.1)$$

结构底部的倾覆力矩

$$M = \begin{cases} \frac{1}{2}qH^2 (\text{均布水平荷载}) \\ \frac{1}{3}q_{\max}H^2 (\text{倒三角形分布水平荷载}) \end{cases} \quad (1.2.2)$$

式中,  $w$ 、 $q$ 、 $q_{\max}$  分别为沿建筑单位高度的竖向荷载、均布水平荷载和倒三角形分布荷载的最大值(kN/m)。

为直观起见,结构底部内力  $N$ 、 $M$  与建筑高度  $H$  的关系示于图 1.2.1(c)。

### 2. 侧移成为设计的控制指标

随着建筑高度的增加,水平荷载作用下结构的侧移急剧增大。由图 1.2.1 可知,结构顶点侧移  $u_t$  与结构高度  $H$  的四次方成正比,即

$$u_t = \begin{cases} \frac{1}{8EI} \cdot qH^4 (\text{均布水平荷载}) \\ \frac{11}{120EI} \cdot q_{\max}H^4 (\text{倒三角形分布水平荷载}) \end{cases} \quad (1.2.3)$$

式中,  $EI$  为建筑物的总体抗弯刚度( $E$  为弹性模量,  $I$  为惯性矩)。

图 1.2.1(c) 给出了结构顶点侧移  $u_t$  与建筑高度  $H$  的关系。由图可知, 水平荷载作用下, 随着建筑物高度的增大, 水平位移增加的速度最快, 内力次之。因此, 高层建筑结构设计时, 为了有效地抵抗水平荷载产生的内力和变形, 必须选择可靠的抗侧力结构体系, 使所设计的结构不仅具有较大的承载力, 而且还应具有较大的侧向刚度, 将水平位移限制在一定的范围内。

结构的侧移与结构的使用功能和安全性有着密切的关系。因为过大的水平位移会使人产生不安全感, 会使填充墙和主体结构出现裂缝或损坏, 造成电梯轨道变形, 影响正常使用; 过大的侧移会使结构因  $P-\Delta$  效应而产生较大的附加内力等; 同时, 水平荷载作用下结构侧移的控制实际上是对结构构件截面尺寸和刚度大小的控制。

### 3. 轴向变形的影响在设计中不容忽视

竖向荷载是从上到下一层一层传递累积的, 使高层建筑的竖向结构构件产生较大的轴向变形。如在框架结构中, 中柱承受的轴压力一般要大于边柱的轴压力, 相应地中柱的轴向压缩变形要大于边柱的轴向压缩变形。当房屋很高时, 中柱和边柱就会产生较大的差异轴向变形, 使框架梁产生不均匀沉降, 造成框架梁的弯矩分布发生较大的变化。图 1.2.2(a) 为未考虑各柱轴向变形时框架梁的弯矩分布, 图 1.2.2(b) 为考虑各柱差异轴向变形时框架梁的弯矩分布。同时, 高层建筑特别是超高层建筑中, 竖向构件(特别是柱)的轴向压缩变形对预制构件的下料长度和楼面标高会产生较大的影响。如美国 Houston75 层的 Texas 商业大厦, 采用型钢混凝土墙和钢柱组成的混合结构体系, 中心钢柱由于负荷面积大, 截面尺寸小, 重力荷载下底层的轴向压缩变形要比型钢混凝土墙多 260mm, 为此该钢柱制作下料时需加长 260mm, 并需逐层调整。

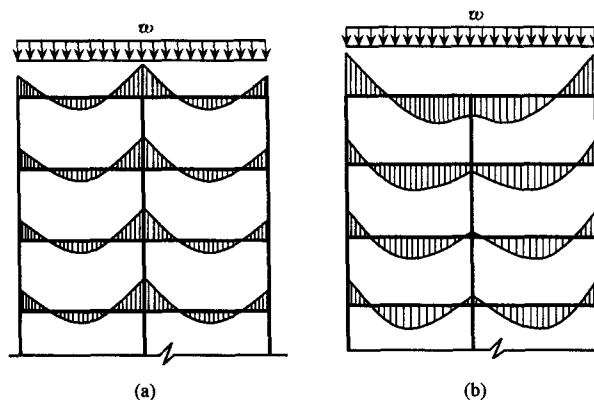


图 1.2.2 柱轴向变形对高层框架梁弯矩分布的影响

随着建筑高度的增大, 建筑结构的高宽比增大, 水平荷载作用下的整体弯曲影响越来越大。一方面, 整体弯曲使竖向结构体系产生轴向压力和拉力, 其数值与建筑高度的二次方成正比; 另一方面, 竖向结构体系中的轴向压力和拉力, 使一侧的竖向构件产生轴向压缩, 另一侧的竖向构件产生轴向拉伸, 从而引起结构产生水平侧移, 如图 1.2.3 所示。计算表明, 水平荷载作用下, 竖向结构体系的轴向变形对结构的内力和水平侧移有着重要的影响。

某三跨 12 层框架, 层高均为 4m, 全高 48m, 高宽比为 2.59, 在均布水平荷载作用下柱轴向变形所产生的侧移可达梁、柱弯曲变形所产生侧移的 38.2%。某 17 层钢筋混凝土框架-剪力墙结构, 其结构平面如图 1.2.4 所示, 在水平荷载作用下, 采用矩阵位移法分别进行了考虑和不考虑轴向变形的内力和位移计算。结果表明, 与考虑竖向构件轴向变形的剪力相比较, 不考虑竖向轴向变形时, 各构件水平剪力的平均误差达 30% 以上, 如图 1.2.4 所示, 图中百分数为不考虑轴向变形时楼层剪力的平均误差, “+”表示考虑轴向变形后楼层剪力增大。计算结果还表明, 不考虑轴向变形时顶点侧移为考虑轴向变形时的 1/2~1/3; 不考虑轴向变形时结构的自振周期为考虑轴向变形时的 1/1.4~1/1.7。

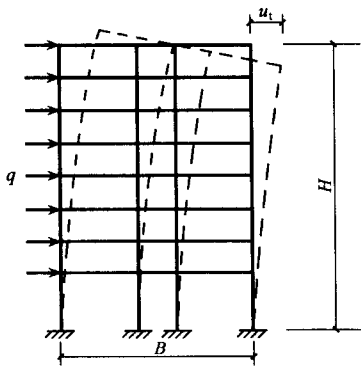
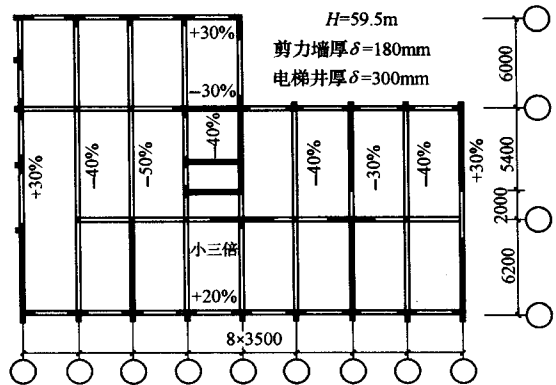


图 1.2.3 竖向结构体系的整体弯曲变形



注: 百分数为不考虑轴向变形时楼层剪力的平均误差

图 1.2.4 某框架-剪力墙结构平面及构件水平剪力计算误差

再如某 20 层双臂剪力墙结构, 图 1.2.5(a~d) 分别给出了其在水平荷载作用下双臂墙的连接梁剪力侧移、墙肢轴力和弯矩分布曲线。由图可知, 不考虑墙肢轴向变形影响的计算误差很显著。表 1.2.1 给出了不同层数的双臂剪力墙结构不考虑轴向变形时内力和侧移的计算误差, 可知轴向变形影响的大小与结构的层数有关, 层数越多, 轴向变形的影响越大。



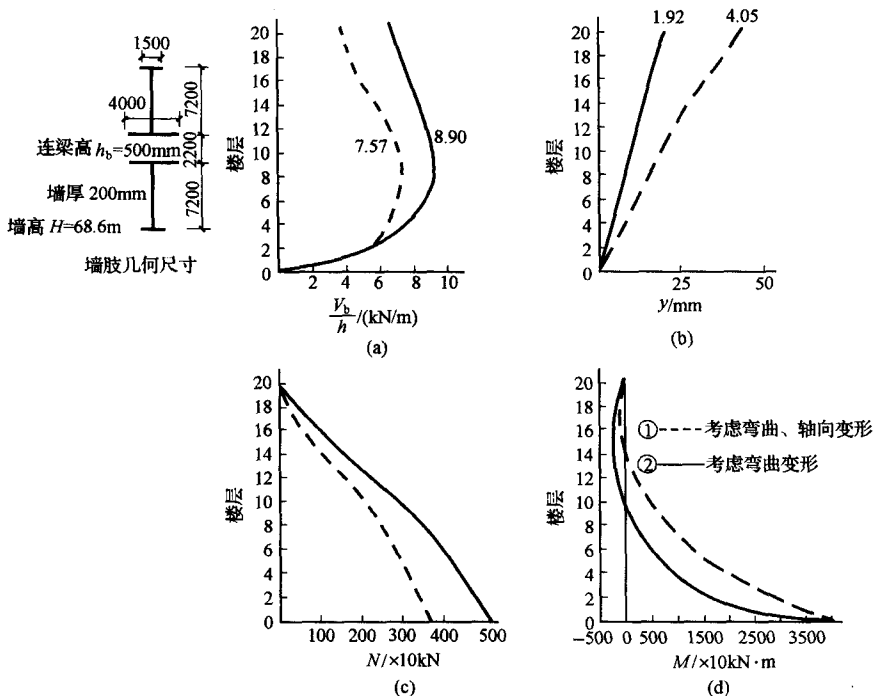


图 1.2.5 20 层双肢剪力墙内力与侧移计算结果比较

表 1.2.1 双肢剪力墙内力与侧移计算误差比较

层数 \ 项目	10	15	20
内力	10%~15%	20%	20%~30%
侧移	偏小 30%	偏小 50%	偏小 200%

#### 4. 延性成为结构设计的重要指标

对地震区的高层建筑,应确保结构在地震作用下具有较好的抗震性能。结构的抗震性能主要取决于其能量吸收与耗散能力的大小,而它又取决于结构延性的大小。因此,为了保证结构在进入塑性变形后仍具有较好的抗震性能,需加强结构抗震概念设计,采取恰当的抗震构造措施,来确保结构具有较好的延性。

#### 5. 结构材料用量显著增加

高层建筑的特点决定了建造高层建筑比多层建筑需要更多的材料。图 1.2.6 为高层建筑钢结构材料用量与高度的关系,可知随层数的增加,水平力作用下的材料用量占较大比例。对钢筋混凝土高层建筑,材料用量也随层数的增加而增多,但