

SIMPLIFIED SERIES OF  
CIVIL ENGINEERING

清华大学土木工程系组编

丛书主编 崔京浩

黄东升 编著

简明土木工程系列专辑

# 剪力墙结构的分析与设计

711908

中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

知识产权出版社  
www.cnipr.com



Simplified Series of Civil Engineering

清华大学土木工程系组编

丛书主编 崔京浩


黄东升 编著

简明土木工程系列专辑

# 剪力墙结构的分析与设计

中国水利水电出版社 

[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

知识产权出版社 

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

## 内容提要

本书系“简明土木工程系列专辑”中的一本，系统介绍了剪力墙结构的分析与设计方法，内容包括：剪力墙结构设计的一般要求；整体墙与小开口整体墙、联肢墙以及短肢剪力墙的近似分析方法；剪力墙的截面设计与构造要求以及延性剪力墙的设计等。其中，详细介绍了求解联肢墙的连续连接介质方法，给出了标准水平荷载作用下的解答和联肢墙的抗侧移刚度系数；对短肢剪力墙的最小肢高厚比、水平荷载下的破坏形态、非线性特性和动力特性等也进行了比较详细的论述。

本书叙述简明扼要，着重阐明基本概念和对规范的理解，分析方法只介绍剪力墙的近似解析解，以便读者掌握剪力墙的基本特性和分析方法，为进一步从事剪力墙结构的设计与研究打下必要的基础。

本书可作为高等院校土木工程专业高年级本科生、研究生的教学用书，也可作为从事建筑设计、研究的工程技术人员的参考用书。

选题策划：阳 淼 张宝林 E-mail: yangsanshui@vip.sina.com; z\_baolin@263.net

责任编辑：阳 淼 张宝林

文字编辑：彭天放 兰国钰

## 图书在版编目 (CIP) 数据

剪力墙结构的分析与设计/黄东升编著. —北京：中国水利水电出版社：知识产权出版社，2006

(简明土木工程系列专辑/崔京浩主编)

ISBN 7-5084-3483-8

I. 剪... II. 黄... III. ①剪力墙结构—结构分析  
②剪力墙结构—结构设计 IV. TU398

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 151493 号

简明土木工程系列专辑

## 剪力墙结构的分析与设计

黄东升 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：010-6831835 6837319)  
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

850mm×1168mm 32 开 5.875 印张 158 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数：0001—4000 册

定价：14.00 元

ISBN 7-5084-3483-8

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

## 简明土木工程系列专辑

### 编 委 会

名誉主编 陈肇元 袁 驹

主 编 崔京浩

副主编 石永久 宋二祥

编 委 (按汉语拼音排序)

陈永灿 胡和平 金 峰 李庆斌

刘洪玉 钱稼茹 王志浩 王忠静

武晓峰 辛克贵 阳 森 杨 强

余锡平 张建民 张建平

### 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 莫 莉 丁 丁 张 冰

邹艳芳

# 总序

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”。土木工程是一个专业覆盖面极广的一级学科。

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，地下防护工程、航天发射塔架等设施也都属于土木工程的范畴。

土木工程是国家的基础产业和支柱产业，是开发和吸纳我国劳动力资源的一个重要平台，由于它投入大、带动的行业多，对国民经济的消长具有举足轻重的作用。改革开放后，我国国民经济持续高涨，土建行业的贡献率达到1/3；近年来，我国固定资产的投入接近甚至超过GDP总量的50%，其中绝大多数都与土建行业有关。随着城市化的发展，这一趋势还将继续呈现增长的势头。

相对于机械工程等传统学科而言，土木工程诞生得更早，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，呈现出勃勃生机。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、新技术、新材料、新工艺、新方法武装起来的为众多领域和行业不可或缺的大型综合性学科，一个古老而又年轻的学科。

综上所述，土木工程是一个历史悠久、生命力强、投入巨大、对国民经济具有拉动作用、专业覆盖面和行业涉及面极广的一级学科和大型综合性产业，为它编写一套集新颖性、实用性和科学性为一体的“简明系列专辑”，既是社会的召唤和需求，也是我们的责任和义务。

清华大学土木工程系是清华大学建校后成立最早的科系之一，历史悠久，实力也比较雄厚，有较强的社会影响和较广泛的社会联系，组编一套“简明土木工程系列专辑”，既是应尽的责任也是一份贡献，但面对土木工程这样一个覆盖面极广的一级学科，我们组编实际起两个作用：其一是组织工作，组织广大兄弟院校及设计施工部门的专家和学者们编写；其二是保证质量的作用，我们有一个较为完善的专家库，必要时请专家审阅、定稿。

简明土木工程系列专辑包括以下几层含义：简明，就是避免不必要的理论证明和繁琐的公式推导，采用简洁明快的表述方法，图文并茂，深入浅出，浅显易懂；系列，指不是一本书而是一套书，这套书力争囊括土木工程涵盖的各个次级学科和专业；专辑，就是以某个特定内容编辑成册的图书，每本书的内容可以是某种结构的分析与计算，某个设计施工方法，一种安装工艺流程，某种监测判定手段，一个特定的行业标准等等，均可独立成册。

这套丛书不称其为“手册”而命名为“系列专辑”，原因之一是一些特定专题不易用手册的方法编写；原因之二是传统的手册往往“大而全”，书厚且涉及的技术领域多，而任何一个工程技术人员在某一个阶段所从事的具体工作又是针对性很强的，将几个专业甚至一个项目的某个阶段集中在一本“大而全”的手册势必造成携带、查阅上的不方便，加之图书的成本过高，编写人员臃肿，组织协调困难，出书及再版周期过长，以致很难反映现

代技术飞速发展、标准规范规程更新速度太快的现实。考虑到这些弊端，这套系列专辑采用小开本，在选题上尽量划分得细一些，视专业、行业、工种甚至流程的不同，能独立成册的绝不合二为一，每本书原则上只讨论一个专题，根据专题的性质和特点有的书名仍冠以“手册”两字。

这套系列专辑的编写严格贯彻“新颖性、实用性、科学性”三大原则。

新颖性，就是充分反映有关新标准、新规程、新规范、新理论、新技术、新材料、新工艺、新方法，老的、过时的、已退出市场的一律不要。体现强劲的时代风貌。

实用性，就是避免不必要的说理和冗长的论述，尽可能从实用的角度用简洁的语言以及数据、表格、曲线图形来表述；深入浅出，让人一看就懂，一懂能用；不是手册，胜似手册。

科学性，就是编写内容均有出处，参考文献除国家标准、行业标准、地方标准必须列出以外，尚包括引用的论文、专著、手册及教科书。

这套系列专辑的读者对象是比较宽泛的，它包括大专院校师生，土木工程领域的管理、设计、施工人员，以及具有一定阅读能力的建筑工人。它既可作为土建技术人员随身携带及时查阅的手册，又可选作大专院校、高职高专的教材及专题性教辅材料。

崔京浩

2005年10月于清华园

崔京浩，男，山东淄博人。1960年清华大学土建系毕业，1964年清华大学结构力学研究生毕业，1986~1988年赴挪威皇家科学技术委员会做博士后，从事围岩应力分析的研究。先后发表论文150多篇，编著专业书4本，参加并组织编写巨著《中国土木工程指南》，任编辑办公室主任，并为该书撰写绪论；主持编写由清华大学土木工程系组编的“土木工程新技术丛书”和“简明土木工程系列专辑”，并任主编。曾任清华大学土木系副系主任，现为中国力学学会理事，《工程力学》学报主编，享受国务院特殊津贴。

# 前 言

剪力墙结构是常见的高层建筑结构形式，在高层建筑结构，尤其是在住宅结构和旅馆建筑结构中，得到了广泛的应用。事实上，高层建筑中的筒体也可以看成是由剪力墙组成的箱形结构。可见，了解剪力墙结构的基本性能，掌握其分析与设计方法，是从事高层建筑设计、分析的基础。

本书系统介绍了剪力墙结构的分析与设计方法，内容包括：剪力墙结构设计的一般要求；整体墙与小开口整体墙、联肢墙以及短肢剪力墙的近似分析方法；剪力墙的截面设计与构造要求以及延性剪力墙的设计等。其中，详细介绍了求解联肢墙连续连接介质方法，给出了标准水平荷载作用下的解答。为了研究联肢剪力墙和短肢剪力墙的动力特性，本书应用连续连接介质方法，推导了联肢墙的抗侧移刚度系数。

短肢剪力墙是我国工程技术人员近年来提出的一种新型的抗侧力构件，在高层住宅结构中得到了日益广泛的应用，建设部已将其列为一种新型的住宅体系加以推广。我国《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)规定，短肢剪力墙是指墙肢截面的高度与厚度之比为 $5\sim 8$ 的剪力墙。但由于缺少研究，对短肢剪力墙，仅在其布置、抗震等级以及轴压比等方面比普通剪力墙采取了更严格的限制，而对短肢剪力墙的计算模型、适用高度以及构造措施等没有作明确的说明。这些限制的合理性还有待于进一步分析验证。由于这种结构出现较晚，对它的研究不多，故目前工程界对短肢剪力墙的力学特性、抗震性能以及设计方法还缺乏一致的看法。这已经造成了短肢剪力墙结构设计的混乱，许多高层住宅结构由于开洞过大，使得剪力墙墙肢过短，连梁高度过大，剪力墙实际上被设计成了扁



柱，给结构的安全性和经济性造成了不利影响。因此，明确短肢剪力墙的定义，并对其力学性能、破坏形态、动力特性、抗震性能以及设计方法等进行系统的研究，形成一套完整的设计理论，是建筑工程设计中急需解决的课题。有鉴于此，本书依据程文灏教授和作者本人的研究成果，对短肢剪力墙的最小肢高厚比、水平荷载下的破坏形态、非线性特性和动力特性等给予了比较详细的论述。

本书依据现行设计规范，力求反应国内外学者在剪力墙结构分析与设计方面比较成熟的方法与最新成果，有些内容是第一次发表。叙述简明扼要，着重阐明基本概念和对规范的理解，分析方法只介绍剪力墙的近似解析解，以便读者掌握剪力墙的基本特性和分析方法，为进一步从事剪力墙结构的设计与研究打下必要的基础。

感谢程文灏教授在百忙中仔细审阅了书稿全文，提出了许多宝贵的、建设性的建议，这对提高本书的质量是非常有益的。感谢东南大学博士研究生彭飞在短肢剪力墙的理论分析与试验研究方面给作者的无私帮助。南京航空航天大学土木工程系艾军教授对本书的出版给予了热情的关怀与帮助。东南大学建筑设计研究院王剑飞博士提供了部分资料。研究生张云清、李蕊、顾福平、燕坤在本书的编写过程中做了大量的协助工作。感谢丛书主编崔京浩教授、编辑办公室主任阳森女士的大力帮助。

黄东升

2005年10月

# 目 录

总序

前言

<b>第 1 章 剪力墙结构设计概论</b> .....	1
第 1 节 剪力墙结构的形式与布置 / 2	
第 2 节 剪力墙结构布置的技巧 / 14	
第 3 节 剪力墙结构计算中的几个问题 / 17	
<b>第 2 章 整体墙与小开口整体墙的计算</b> .....	26
第 1 节 整体墙的计算 / 26	
第 2 节 小开口整体墙的计算 / 29	
第 3 节 计算实例 / 35	
<b>第 3 章 水平荷载作用下联肢墙的计算</b> .....	41
第 1 节 概述 / 41	
第 2 节 基本假定 / 44	
第 3 节 双肢墙的计算 / 45	
第 4 节 多肢墙的计算 / 64	
第 5 节 计算实例 / 68	
<b>第 4 章 短肢剪力墙结构</b> .....	74
第 1 节 概述 / 74	
第 2 节 短肢剪力墙的最小肢高肢厚比 / 81	
第 3 节 整体性系数与肢强系数的物理意义 / 87	
第 4 节 水平荷载作用下的侧移曲线 / 90	
第 5 节 翼缘宽度的影响 / 99	
第 6 节 弹塑性性能 / 102	

第 7 节	动力特性分析 / 121	
第 8 节	设计建议 / 128	
<b>第 5 章</b>	<b>剪力墙的设计和构造 .....</b>	<b>136</b>
第 1 节	墙肢截面承载力计算 / 136	
第 2 节	斜截面抗剪承载力计算 / 142	
第 3 节	剪力墙的构造 / 145	
第 4 节	延性剪力墙的设计和构造 / 151	
第 5 节	开洞剪力墙的设计和构造 / 155	
第 6 节	其他设计措施 / 163	
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>167</b>

# 第 1 章 剪力墙结构设计概论

剪力墙结构是指纵横向主要承重构件全部为结构墙的结构。当墙体处于建筑物中合适的位置时，它们能形成一种有效抵抗水平作用的结构体系，同时，又能起到对空间的分割作用。结构墙的高度一般与整个房间的高度相等，自基础直至屋顶，高达几十米或一百多米；其宽度则视建筑平面布置而定，一般为几米至十几米；相对而言，它的厚度则很薄，一般仅 200~300mm，最小可达 160mm。因此，结构墙在其墙身平面内的抗侧移刚度很大，而其墙身平面外的刚度却很小，一般可忽略不计。所以，建筑物上大部分的水平作用或水平剪力通常被分配到结构墙上，这也是剪力墙名称的由来。事实上，剪力墙更确切名称应该是结构墙。国外有些文献已称之为结构墙，<sup>[1]</sup> 本书仍按照我国工程界的习惯，称之为剪力墙。

1976 年建成的广州白云宾馆，是我国第一座高度超过 100m 的高层建筑。<sup>[2]</sup> 主楼平面为 70m×18m 的矩形，地上 33 层，地下 1 层，地面上总高度为 112.45m，其结构体系就是钢筋混凝土剪力墙结构体系，见图 1.1。

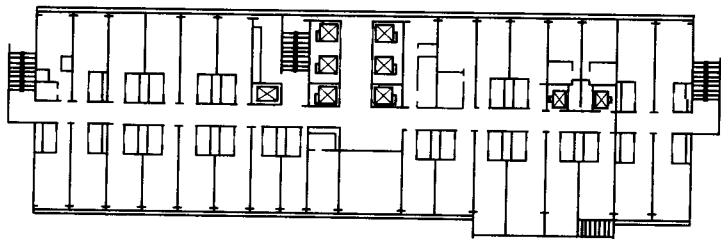


图 1.1 剪力墙结构体系

近年来，由于住宅需求的增加和用于建造住宅的土地供应紧张，高层住宅的建造成为众多开发商的首选，推动了剪力墙

结构日益广泛的应用。有些不超过 30 层（高度在 100m 以下）、开间也不大（一般都在 3.3~4.5m 之间）的住宅，剪力墙的竖向荷载和水平荷载都不太大，因而剪力墙墙肢的截面高度可以做得比较小。针对这类建筑，我国工程设计人员提出了所谓的短肢剪力墙结构体系<sup>[3]</sup>。目前，建设部已将其作为一种新型住宅结构体系加以推广。

# 第 1 节 剪力墙结构的形式与布置

## 1.1 剪力墙结构的形式

单片剪力墙可根据其本身开洞率对其受力特性的影响分为若干类型。<sup>[4~6]</sup>

### 1. 无洞单肢剪力墙

剪力墙的立面上没有任何洞口。这种墙实际上是一竖向悬臂构件，在水平荷载作用下，弯曲变形符合平截面假定，墙肢截面的正应力为直线分布，见图 1.2 (a)。其内力和变形的计算可应用材料力学方法进行。

### 2. 整体墙和小开口整体墙

墙面上只有很小的洞口，可以忽略其影响。这种类型的剪力墙实际上仍然是一个悬臂构件，其横截面的变形符合平面假定，正应力为直线分布，见图 1.2 (b)，称为整体墙。当开洞稍大一些，墙肢应力中出现由局部弯曲引起的应力，但其值不超过整体弯曲应力的 15%。可以认为其墙肢截面的变形仍符合平面假定，可以按材料力学方法计算应力，然后加以修正。这种墙称为小开口整体墙，见图 1.2 (c)。

### 3. 联肢墙

在实际工程中，有些剪力墙是由许多受弯构件连接在一起的。例如，住宅建筑和旅馆建筑中，墙体上由大量竖向排列的洞口，在外墙上，这些洞口一般是窗口，而在建筑的内部，这些洞口大部分是门或走道。在设计中，这些洞口将一片整墙分

开为由连梁或楼板连接的墙肢，就形成了所谓的联肢墙。

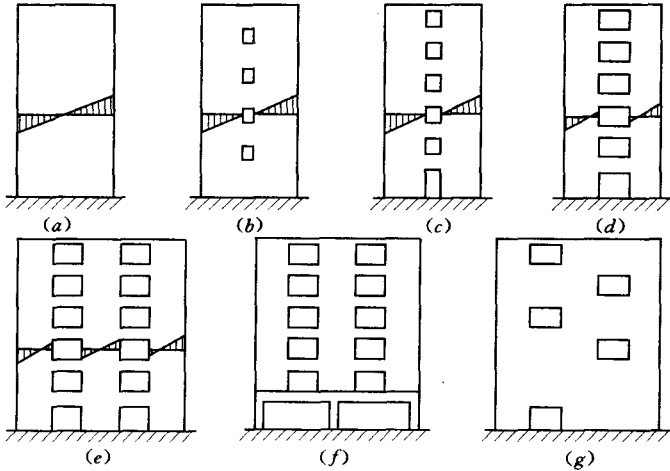


图 1.2 剪力墙的分类

- (a) 无洞单肢墙；(b) 整体墙；(c) 小开口整体墙；(d) 双肢墙；  
(e) 多肢墙；(f) 框支剪力墙；(g) 开有不规则大洞的剪力墙

一般地，开有一排或数排较大洞口的剪力墙，其截面整体性已经破坏，水平荷载作用下正应力的分布较直线规律有较大的差别。但墙肢的线刚度比同列两孔间所形成的连梁的线刚度大得多，每根连梁中部都有反弯点，而墙肢仅在少数楼层出现反弯点。即在水平荷载作用下，所有的连梁都呈现双曲率弯曲形态，而大部分的墙肢都呈现单曲率弯曲形态，墙肢变形仍以弯曲变形为主。这种剪力墙可视为由连梁把墙肢连接起来的结构，故称之为联肢墙。若只开有一列洞口，称为双肢墙；开有两列及以上的，称为多肢墙，见图 1.2 (d)、(e)。

#### 4. 短肢剪力墙

钢筋混凝土短肢剪力墙是近年来在我国兴起的一种新型的抗侧力构件，它既保留了异形柱不凸出墙面的优点，又克服了异形柱抗震性能不理想等缺点（目前，有些地方规程将异形柱框架结构限制在 7 度设防以下，且高度不高于 7 层的

建筑)。

与普通的剪力墙相比,短肢剪力墙结构体系具有以下特点:

(1) 布置灵活,建筑功能容易满足,尤其适用于建造 11~20 层住宅,即所谓的小高层住宅,且造价相对于普通的剪力墙结构较低。

(2) 可以开较大的洞口,结构自重比较轻;侧移刚度较小、结构柔,地震作用较小;建筑上可以获得良好的采光与通风效果。

(3) 短肢剪力墙一般为高剪力墙(高宽比大于 2),故水平荷载作用下墙体的破坏一般都呈弯曲状。同时连梁截面的跨高比大,故连梁的破坏也呈弯曲状。所以,短肢剪力墙具有较大的延性。<sup>[7]</sup>

但由于这种结构的出现较晚,所以目前对它的研究还不多。由文献检索知,国外还没有关于短肢剪力墙的文献和工程报道,国内发表的文献也不多。

我国《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)规定,短肢剪力墙是指墙肢截面的高度与厚度之比为 5~8 的剪力墙。但由于缺少研究,对短肢剪力墙,仅在其布置、抗震等级以及轴压比控制等方面比普通剪力墙采取了更严格的限制。而对短肢剪力墙的计算模型、适用高度、构造措施等没有作明确的说明。因此,对短肢剪力墙结构的力学性能、破坏形态、抗震性能以及设计方法等进行系统的研究,形成一套完整的设计方法,是建筑工程设计中急需解决的课题。

本书根据程文灏教授和作者自己的研究成果,将短肢剪力墙定义为一种界限情况下的联肢墙。<sup>[8~10]</sup>由于建设部已明确将短肢剪力墙结构体系作为一种新型的住宅结构体系加以推广,故本书将其单独列为一种,并将在第 4 章给予比较详细的阐述。

#### 5. 框支剪力墙

当底层需要大空间,采用框架结构支承上部剪力墙时,称

为框支剪力墙，见图 1.2 (f)，也可以称为柱支剪力墙。框架柱可以用常截面和变截面，也可以采用斜柱和 V 形柱。底部框架可以是单层的或多层的，视建筑使用上的需要和结构的要求而定。

#### 6. 开有不规则洞口的剪力墙

图 1.2 (g) 为开有不规则洞口的剪力墙。开设不规则的较大洞口仅是由于建筑使用上的要求，在结构上往往会产生一些不利的影 响，故宜尽量避免采用。当无法避免时，亦宜采用一些结构措施，以消除或降低不利因素的影响。例如，开设一些不需要开设的洞口；使剪力墙的开洞变为规则或接近规则，如有需要则用刚度小的材料填塞这些本来不需开设的洞口；在剪力墙中设置连续性较强的暗柱暗梁，以降低不规则开洞带来较大应力集中的不利影响等。

本书只讨论前 4 种剪力墙结构。

## 1.2 剪力墙结构的布置

### 1.2.1 高度和高宽比的控制

剪力墙结构大多应用于高层建筑结构，而高层建筑中，侧向位移的控制是结构设计的主要矛盾。此外，随着高度的增加，水平荷载作用下的倾覆力矩迅速增加。高层建筑设计中，一般通过控制结构的高宽比（即建筑的高度  $H$  与宽度  $B$  之比）来控制结构不产生过大的侧向位移和倾覆力矩。《高层建筑混凝土结构技术规程》将钢筋混凝土高层建筑的最大适用高度和高宽比分为 A 级和 B 级，A 级高度的钢筋混凝土乙类和丙类高层建筑的最大适用高度应满足表 1.1 的规定，具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构的最大适用高度应适当降低，且 7 度和 8 度抗震设计时，分别不应大于 100m 和 60m；高度超过表 1.1 规定的框架-剪力墙、剪力墙和筒体结构高层建筑，为 B 级高度高层建筑，B 级高度的钢筋混凝土乙类和丙类高层建筑的最大适用高度应满足表 1.2 的要求。



## 6 剪力墙结构的分析与设计

**表 1.1 A 级高度钢筋混凝土高层建筑的适用高度** 单位: m

结构体系		非抗震设计	抗震设防烈度			
			6 度	7 度	8 度	9 度
框 架		70	60	55	45	25
框架-剪力墙		140	130	120	100	50
剪力墙	全部落地剪力墙	150	140	120	100	60
	部分框支剪力墙	130	120	100	80	不应采用
筒 体	框架-核心筒	160	150	130	100	70
	筒中筒	200	180	150	120	80
板柱-剪力墙		70	40	35	30	不应采用

**表 1.2 B 级高度钢筋混凝土高层建筑的适用高度** 单位: m

结构体系		非抗震设计	抗震设防烈度		
			6 度	7 度	8 度
框架-剪力墙		170	160	140	120
剪力墙	全部落地剪力墙	180	170	150	130
	部分框支剪力墙	150	140	120	100
筒体	框架-核心筒	220	210	180	140
	筒中筒	300	280	230	170

表 1.1 和表 1.2 中, 房屋的高度是指室外地面至主要屋面的高度, 不包括局部突出屋面的电梯机房、水箱、构架等高度; 表中的框架结构不包括异形柱框架结构; 部分框支剪力墙结构是指地面以上有部分框支剪力墙的结构; 平面或竖向均不规则的结构或Ⅳ类场地上的结构, 最大高度应适当降低; A 级高度的甲类建筑, 6、7、8 度抗震设计时, 宜按本地区抗震设防烈度提高一度后符合表 1.1 的要求, 9 度时应做专门研究; B 级高度的甲类建筑, 6、7 度时, 宜按本地区抗震设防烈度提高一度后符合表 1.2 的要求, 8 度时应做专门研究; 9 度抗震设防、房屋