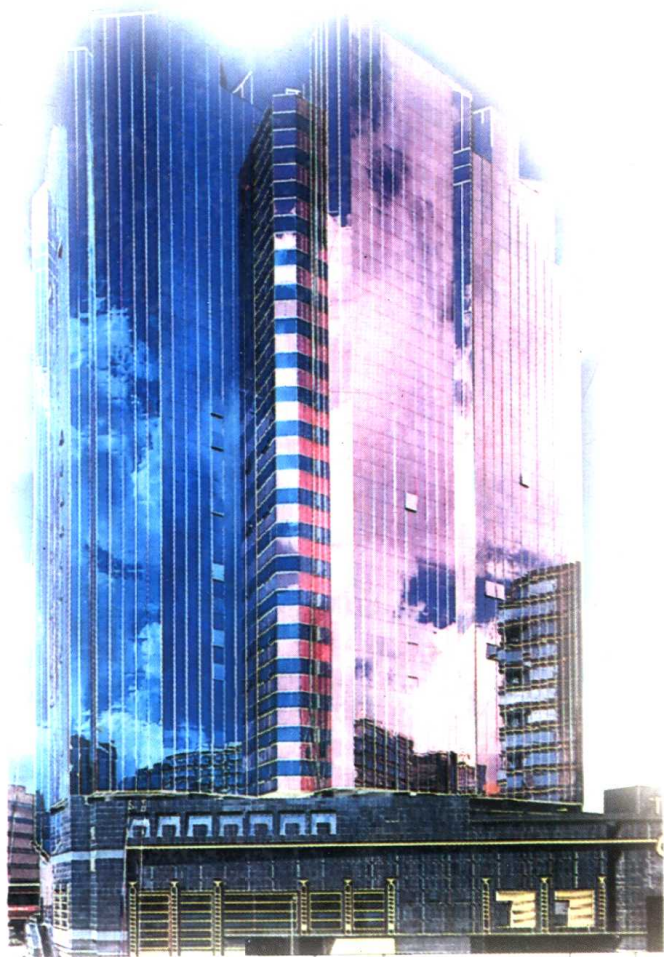


# 多层及高层 建筑结构设计



李宏男 崔熙光 邹超英 等 编著

中国建筑工业出版社

TU972  
L-385

# 多层及高层建筑结构设计

李宏男 崔熙光 邹超英 等编著

中国建筑工业出版社

873250

(京) 新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

多层及高层建筑设计/李宏男主编. —北京: 中国  
建筑工业出版社, 1998

ISBN 7-112-03542-2

I. 多… II. 李… III. ①多层建筑-建筑结构-结构设计  
②高层建筑-建筑结构-结构设计 IV. TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 09592 号

本书根据我国颁布的有关规范和规程以及全国高等学校建筑工程专业  
指导委员会建议的建筑工程专业《多层及高层建筑结构》课程的基本要求  
编写。书中主要论述了多层与高层建筑结构体系的选择及布置, 结构设计  
荷载及计算简化的一般原则, 钢筋混凝土框架、框剪及剪力墙结构, 组合  
结构和混合结构以及高层钢结构设计的一般方法。

本书可作为高等院校建筑工程专业本科学生的教材或教学参考书, 也  
可作为大专教材或电视大学、业余职工大学学生和广大工程技术人员学  
习、自修之用。

\* \* \*

责任编辑 胡永旭

责任设计 庞 玮

责任校对 骆玉华

多层及高层建筑设计

李宏男、崔熙光、邹超英 等编著

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京云浩印制厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19¼ 字数: 468 千字

1998 年 8 月第一版 1998 年 8 月第一次印刷

印数: 1—5500 册 定价: 25.00 元

ISBN 7-112-03542-2

TU·2733 (8782)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

## 前 言

为适应建筑工程专业改革的需要,拓宽学生们的知识面,根据全国高等学校建筑工程专业指导委员会建议的建筑工程专业《多层及高层建筑结构》课程的基本要求,按照现行国家标准《钢筋混凝土高层建筑设计施工规程》(JGJ3—91)、《高层建筑钢结构设计与施工规程》(送审稿)、《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)、《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)、《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87)、《钢-混凝土组合楼盖结构设计施工规程》(B9238—92)、《钢结构设计规范》(GBJ17—88)等有关规程编写了本书。可作为大专院校和函授土建类有关专业的教学用书,也可作为结构设计、科研、施工技术人员的参考书。

在编写过程中,力求内容充实、概念清楚、重点突出、文字简练、深入浅出,便于教学和自学。本书的另一特点是包括了混合结构及组合结构设计、高层钢结构设计的内容。

参加本书编写工作的有:第一、二章 李宏男(沈阳建筑工程学院),第三章 崔熙光(沈阳建筑工程学院),第四章 赵占朝(北方交通大学)、吕晓寅(北方交通大学),第五、六章 殷福新(大连理工大学),第七章 刘书贤(辽宁工程技术大学),第八章 邹超英(哈尔滨建筑大学)、杨熙坤(哈尔滨建筑大学),第九章 阎石(沈阳建筑工程学院),第十章 徐亚丰(沈阳建筑工程学院)。全书由李宏男任主编,崔熙光和邹超英任副主编。清华大学江见鲸教授任主审。

本书的编写,参考并引用了一些公开出版和发表的文献,谨向这些作者表示衷心感谢。

由于作者水平所限,书中必有疏漏及错误之处,敬请读者批评指正。

李宏男

1997年10月

# 目 录

## 第一章 多层与高层建筑结构体系选择和布置

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| § 1-1 多层与高层建筑结构的特点、类型及发展概况 ..... | 1  |
| § 1-2 结构体系 .....                 | 6  |
| § 1-3 结构总体布置的一般原则 .....          | 13 |
| 参考文献 .....                       | 21 |
| 思考题与习题 .....                     | 21 |

## 第二章 结构设计荷载及计算简化的一般原则 .....

|                       |    |
|-----------------------|----|
| § 2-1 概述 .....        | 22 |
| § 2-2 地震作用 .....      | 22 |
| § 2-3 风荷载 .....       | 30 |
| § 2-4 结构计算的一般假定 ..... | 36 |
| 参考文献 .....            | 37 |
| 思考题与习题 .....          | 37 |

## 第三章 作用效应组合与结构设计一般规定 .....

|                      |    |
|----------------------|----|
| § 3-1 作用效应组合 .....   | 39 |
| § 3-2 结构设计一般规定 ..... | 40 |
| 参考文献 .....           | 45 |
| 思考题与习题 .....         | 45 |

## 第四章 框架结构内力与位移计算及其设计与构造措施 .....

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| § 4-1 框架结构的组成、布置、截面尺寸及计算简图 .....          | 46 |
| § 4-2 竖向荷载作用下的近似计算——分层计算法 .....           | 51 |
| § 4-3 水平荷载作用下的近似计算（一）——反弯点法 .....         | 53 |
| § 4-4 水平荷载作用下的近似计算（二）——D 值法（改进反弯点法） ..... | 58 |
| § 4-5 水平荷载作用下侧移的近似计算 .....                | 68 |
| § 4-6 框架截面设计与构造要求 .....                   | 70 |
| 参考文献 .....                                | 88 |
| 思考题与习题 .....                              | 89 |

## 第五章 剪力墙结构内力与位移计算及其设计与构造措施 .....

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| § 5-1 剪力墙结构计算假定、分类及计算方法 ..... | 90  |
| § 5-2 整体墙内力及位移计算 .....        | 93  |
| § 5-3 整体小开口墙内力及位移计算 .....     | 97  |
| § 5-4 联肢墙内力及位移计算 .....        | 101 |
| § 5-5 壁式框架内力及位移计算 .....       | 127 |

|                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------|------------|
| § 5-6 各类剪力墙的判别方法 .....                                      | 138        |
| § 5-7 底层大空间剪力墙结构内力及位移计算 .....                               | 141        |
| § 5-8 剪力墙承载力计算 .....                                        | 151        |
| § 5-9 剪力墙的构造要求 .....                                        | 162        |
| § 5-10 底层大空间剪力墙结构设计 .....                                   | 169        |
| 参考文献 .....                                                  | 173        |
| 思考题与习题 .....                                                | 173        |
| <b>第六章 框架-剪力墙结构的性能及其设计与构造措施</b> .....                       | <b>175</b> |
| § 6-1 框架-剪力墙结构协同工作原理 .....                                  | 175        |
| § 6-2 框架-剪力墙结构铰结体系协同工作计算 .....                              | 178        |
| § 6-3 框架-剪力墙结构刚结体系协同工作计算 .....                              | 187        |
| § 6-4 内力分配计算 .....                                          | 191        |
| § 6-5 框架-剪力墙结构中刚度特征值 $\lambda$ 对结构荷载分配、<br>内力分配及位移的影响 ..... | 192        |
| § 6-6 框架和剪力墙在地震作用下的内力调整 .....                               | 194        |
| § 6-7 框架-剪力墙结构与构造 .....                                     | 195        |
| § 6-8 框架-剪力墙结构设计实例 .....                                    | 197        |
| 参考文献 .....                                                  | 209        |
| 思考题与习题 .....                                                | 209        |
| <b>第七章 结构扭转近似计算</b> .....                                   | <b>211</b> |
| § 7-1 概述 .....                                              | 211        |
| § 7-2 抗侧移刚度、刚度中心及扭转偏心距 .....                                | 212        |
| § 7-3 考虑扭转作用的剪力修正 .....                                     | 213        |
| § 7-4 讨论 .....                                              | 216        |
| 思考题与习题 .....                                                | 217        |
| <b>第八章 筒体结构设计简介</b> .....                                   | <b>218</b> |
| § 8-1 概述 .....                                              | 218        |
| § 8-2 框架-筒体结构体系 .....                                       | 225        |
| § 8-3 筒中筒结构体系 .....                                         | 228        |
| § 8-4 筒体结构的简化分析方法 .....                                     | 232        |
| § 8-5 采用刚臂提高筒体结构抗侧能力 .....                                  | 233        |
| § 8-6 底部大空间筒体结构 .....                                       | 236        |
| § 8-7 筒体结构主要构造要求 .....                                      | 237        |
| 参考文献 .....                                                  | 238        |
| 思考题与习题 .....                                                | 238        |
| <b>第九章 混合结构及组合结构设计</b> .....                                | <b>239</b> |
| § 9-1 概述 .....                                              | 239        |
| § 9-2 常见的混合结构体系及组合结构体系 .....                                | 239        |
| § 9-3 压型钢板组合楼板设计 .....                                      | 246        |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| § 9-4 组合梁设计 .....        | 255        |
| 参考文献 .....               | 275        |
| 思考题与习题 .....             | 275        |
| <b>第十章 高层钢结构设计</b> ..... | <b>277</b> |
| § 10-1 概述 .....          | 277        |
| § 10-2 高层钢结构的结构体系 .....  | 287        |
| § 10-3 高层钢结构计算简介 .....   | 293        |
| § 10-4 钢构件设计 .....       | 298        |
| 参考文献 .....               | 302        |
| 思考题与习题 .....             | 302        |

# 第一章 多层与高层建筑结构体系选择和布置

## § 1-1 多层与高层建筑结构的特点、类型及发展概况

### 一、多层与高层建筑的特点

多层建筑和高层建筑之间没有明确的界限，世界各国对此并没有统一的划分标准。在不同的国家、不同的年代，其规定也不一样。世界高层建筑委员会 1972 年建议，将高层建筑划分为四类：

第一类：9~16 层，高度不超过 50m；

第二类：17~25 层，高度不超过 75m；

第三类：26~40 层，高度不超过 100m；

第四类：40 层以上，高度 100m 以上。

我国《民用建筑设计通则》(JGJ37—87) 中规定，10 层及 10 层以上的民用建筑和总高度超过 24m 的公共建筑及综合性建筑为高层建筑。建筑高度超过 100m 的建筑均为超高层建筑。

多层和高层建筑结构都要抵抗竖向和水平荷载作用。但在较低的建筑结构中，往往竖向荷载控制着结构设计；随着建筑高度的增大，水平荷载效应逐渐增大；在高层建筑结构中，水平荷载却起着决定性作用。荷载效应最大值（轴力  $N$ 、弯矩  $M$  和位移  $\Delta$ ）可由图 1-1 所示简图得到：

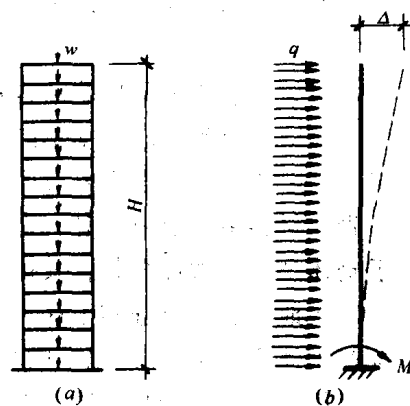


图 1-1 荷载内力 and 侧移

(a) 重力荷载；(b) 水平均匀荷载；

$$\left. \begin{aligned} N &= WH = f(H) \\ M &= \frac{1}{2} qH^2 = f(H^2) \\ \Delta &= \frac{qH^4}{8EI} = f(H^4) \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式中  $W$ ——建筑每米高度上的竖向荷载；

$q$ ——水平均匀荷载；

$H$ ——建筑高度；

$EI$ ——建筑总体抗弯刚度 ( $E$  为弹性模量， $I$  为惯性矩)。

为直观起见，将式 (1-1) 表达的荷载效应与建筑高度的关系示于图 1-2。从图中可见，随着建筑高度的增大，位移增加最快。因此，在高层建筑结构设计时，不仅要求结构



具有足够的强度，而且还要求有足够的刚度，使结构在水平荷载作用下产生的侧移限制在一定的范围内，以保证建筑结构的正常使用功能和安全性。

另外，相对于低层建筑而言，高层建筑相对较柔，因此在地震区，高层建筑结构应具有足够的延性。也就是说，在地震作用下，结构进入弹塑性阶段后，仍具有抵抗地震作用的足够的变形能力，不致倒塌。这样可以在满足使用条件下能达到既安全又经济的设计要求。

综上所述，在高层建筑结构，抗侧力的设计是个关键，应该很好地理解上述特点，使所设计的结构具有足够的强度、刚度和良好的抗震性能，还要尽可能地提高材料利用率，降低材料消耗和造价。

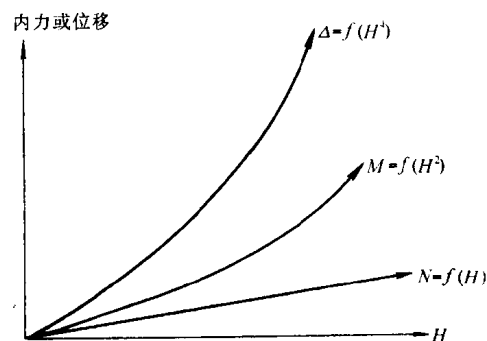


图 1-2 结构内力、位移与高度的关系

## 二、多层与高层建筑结构类型

根据使用功能的不同，多层与高层建筑有旅馆、办公楼、住宅、公寓、教学楼、医院及多功能综合性建筑等。

多层与高层建筑采用的结构可分为砖混结构、钢筋混凝土结构、钢结构、钢-钢筋混凝土组合结构等类型。根据不同结构类型的特点，正确选用材料，就成为经济合理地建造多层与高层建筑的一个重要方面。

砌体材料由于取材容易，造价较低，施工方便，广泛地应用于我国的多层建筑中。但由于砌体是一种脆性材料，其抗剪、抗拉、抗弯强度均较低，因而砌体房屋的抗震能力较差，历次地震震害也证实了这一点。一般八层以下的建筑可采用砖混结构。目前，正在研究配筋砌体应用于 10 层以上的高层建筑中。

钢筋混凝土结构具有造价较低、取材丰富，强度高、刚度大、耐火性和延性良好，结构布置灵活方便，可组成多种结构体系等优点，因此，在多层与高层建筑中得到广泛应用。当前，我国的高层建筑中钢筋混凝土结构占主导地位。到目前为止，我国已建成多幢 200m 以上的钢筋混凝土建筑，广州中天广场大厦，68 层高 321m。马来西亚吉隆坡建造的世界最高的双塔楼建筑 85 层，高 450m，也是钢筋混凝土结构。但钢筋混凝土结构的主要缺点是构件占据面积大、自重大、施工速度慢等。例如我国广东国际大厦，63 层，底层柱尺寸已达  $1.8\text{m} \times 2.2\text{m}$ ，占据了大量的空间。

钢结构强度高、自重轻、延性及抗震性能好；钢构件易于工厂加工，施工方便，能缩短现场施工工期。当为大跨度、大空间、多用途的、层数较多的高层建筑时，大多采用钢结构。但由于高层建筑钢结构用钢量大，造价高，而且钢材耐火性能不好，需要采取防火保护措施，增加了造价，在发达国家，高层建筑的结构类型以钢结构为主。在我国，由于钢产量不高，且价格较高，钢结构的应用受到了限制。近年来，随着高层建筑建造高度的增加，采用钢结构的高层建筑也不断增多，如我国深圳于 1996 年 6 月封顶的钢结构地王大厦<sup>[1-3]</sup>，81 层，高 383.95m，居世界高层建筑第四位；北京建成了京广中心（56 层，

208m)、京城大夏(52层, 183m)、国际贸易中心(39层, 155.25m)等高层钢结构; 上海建成了锦江宾馆分馆(46层, 153.53m)、国际贸易中心(37层, 139m)等高层钢结构。

目前, 较为合理的结构类型为钢和钢筋混凝土相结合的组合结构和混合结构。这种结构可以利用两种材料各自的优点, 达到良好的经济技术效果。组合结构是将钢材放在构件内部, 外部由钢筋混凝土做成(称为钢骨混凝土或劲性混凝土), 或在钢管内部填充混凝土, 做成外包钢构件(称为钢管混凝土)。如我国北京香格里拉饭店采用了钢骨混凝土结构, 美国西雅图太平洋第一中心大厦采用了钢管混凝土结构等。混合结构则是部分抗侧力结构用钢结构, 另一部分用钢筋混凝土的组合结构, 在大多数情况下用钢筋混凝土做剪力墙或筒, 用钢材做框架梁、柱。如我国上海静安希尔顿饭店、深圳发展中心都是采用这种组合结构(详细介绍见第九章)。

### 三、发展概况

现代高层建筑是随着城市的发展和科学技术进步而发展起来的, 它有利于节约用地、解决住房紧张、减少市政基础设施和美化城市空间环境。可以说, 现代高层建筑的发展, 开创了整个建筑业的新纪元。

我国是高层建筑发展历史悠久的国家。早在公元524年建造的河南嵩岳寺塔, 为15层单筒结构, 高50m; 公元704年在西安建造的大雁塔, 为砖木结构, 共7层, 总高64m; 公元1055年河北定县建造的料敌塔, 11层筒体结构, 高82m; 堪称世界木结构奇迹的山西应县木塔<sup>[1-2]</sup>, 建于公元1056年, 9层, 高67m, 是迄今保存得最完好、最古老、最大的木塔。这些古老的高塔建筑经受住了几百年乃至上千年的风吹雨打, 甚至若干次大地震的考验, 说明我国古代在建筑设计、结构体系选择、施工技术和方法上具有很高的水平。

但是, 我国近代高层建筑发展迟缓。从本世纪初到新中国成立, 我国高层建筑很少, 且大都是外国人设计的。

我国自己设计和建造高层建筑始于50年代初。1958~1959年, 北京的十大建筑工程推动了我国高层建筑的发展。如1959年建成的北京民族饭店, 12层, 高47.4m。到了60年代, 我国高层建筑有了新的发展, 1964年建成了北京民航大楼, 15层, 高60.8m; 1966年建成了18层的广州人民大厦, 高63m; 1968年建成的27层广州宾馆, 高88m, 是60年代我国建成的最高建筑。

70年代, 我国高层建筑有了较大的发展, 其代表性的高层建筑为: 1974年建成的20层北京饭店新楼, 高87.40m, 是当时北京最高的建筑; 1976年建成的33层、高114.05m的广州白云宾馆, 是从那以后9年中我国最高的建筑。与此同时, 建成了大量的高层住宅。上海首先建成了漕溪路20幢12~16层剪力墙住宅楼; 接着, 于1975~1976年间, 北京建成了前三门高层住宅一条街, 在8km长的街上, 建造了40幢9~16层大模板施工的剪力墙住宅。从此, 高层住宅就成为我国高层建筑中数量最多的类型。

到了80年代, 我国高层建筑迅速发展, 建筑层数和高度不断增加, 功能和类型越来越复杂, 结构体系日趋多样化。仅1980~1983年所建的高层建筑就相当于1949年以来30多年中所建高层建筑的总和。比较有代表性的高层建筑, 如北京中央彩色电视中心,

主楼 27 层，高 112.7m，是当时我国 8 度地震区中最高的建筑（按 9 度设防）；上海锦江分馆是一座现代化的高级宾馆，总建筑面积 66060m<sup>2</sup>，共 43 层，总高 153.52m，全部采用框架-芯墙全钢结构体系；上海第一家五星级旅馆——静安希尔顿饭店，建筑面积 69244m<sup>2</sup>，包括塔楼 43 层，总高 143.62m，外形呈三角形；深圳的国际贸易中心大厦，53 层，高 165m；深圳发展中心大厦，43 层，高 165.3m，加上天线的高度共 185.3m，这是我国第一幢大型高层钢结构建筑。

90 年代，由于我国国民经济迅速增长，外商投资大量增加，高层建筑的发展及层数和高度增长更快，建成了多幢 200m 以上的高层建筑。广州广东国际大厦（图 1-3），钢筋混凝土结构，63 层，高为 200.18m。深圳贤成大厦钢筋混凝土筒中筒结构，塔楼为八角形平面，整个建筑 61 层，高 218m。广州中天大厦（图 1-4），筒中筒结构，80 层，322m 高。深圳于 1995 年 6 月封顶的地王大厦，81 层，高 383.95m，为钢结构，它居目前世界高层建筑的第四位。上海正在施工的中国最高建筑——金茂大厦，88 层，高 420m，为钢结构。

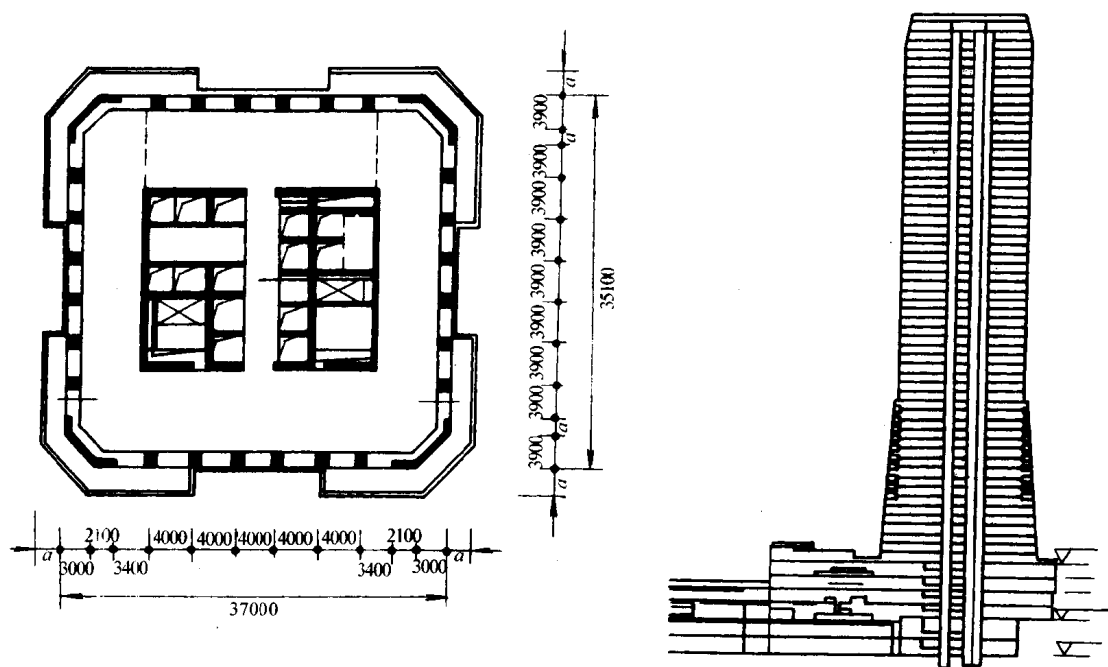


图 1-3 广州广东国际大厦（63 层，200m）

国外多层与高层建筑的发展，根据各个阶段的特点，大体可分为三个阶段<sup>[1-2]</sup>：

1. 第一阶段是 19 世纪中期以前，由于主要建筑材料是砖石和木材，以及设计手段和施工技术的限制，欧美国家一般只能建造 6 层及以下的建筑。

2. 第二阶段是 19 世纪中期开始到 20 世纪 50 年代初。由于 1855 年发明了电梯系统，才使得人们能够建造更高的建筑。被认为世界上第一幢的近代高层建筑是美国芝加哥的家庭保险公司大楼（Home Insurance Building），11 层，高 55m，建于 1884~1886 年，采用铸铁框架承重结构；它标志着一种区别于传统砌筑结构的新结构体系的诞生。到了 19 世纪末，高层建筑已突破了 100m 大关。美国纽约于 1898 年建成的 Park Row 大厦，30 层，

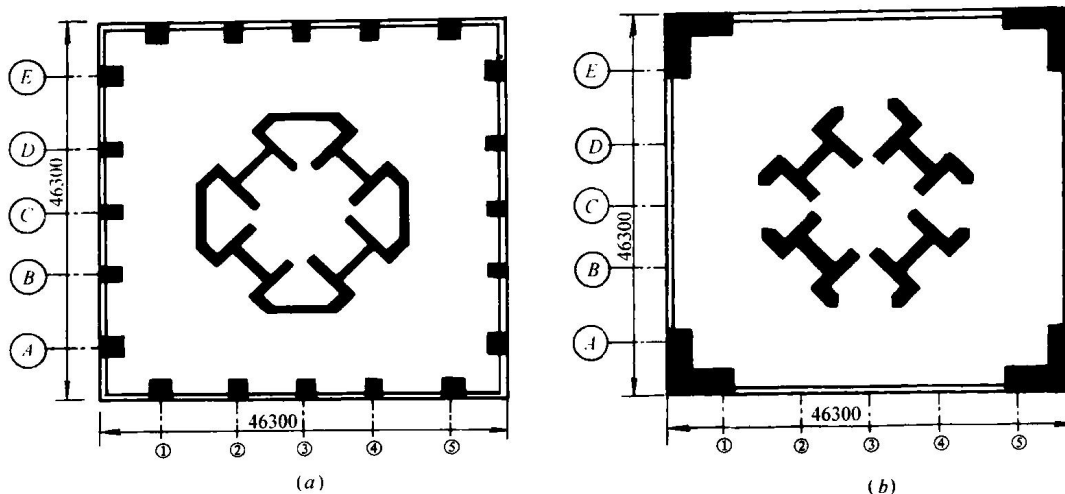


图 1-4 广州中天大厦平面  
(a) 标准层; (b) 1~4 层

高 118m，是 19 世纪世界上最高的建筑。1931 年美国纽约曼哈顿建造了 102 层、高 381m 著名的帝国大厦 (Empire State Building)，它保持世界最高建筑达 41 年之久。世界上最早的钢筋混凝土框架结构高层建筑，是 1903 年在美国辛辛那提建造的因格尔斯大楼，16 层，高 64m。这一时期，虽然高层建筑有了比较大的发展，但受到设计理论和建筑材料的限制，结构材料用量较多、自重较大，且仅限于框架结构，建于非地震区。

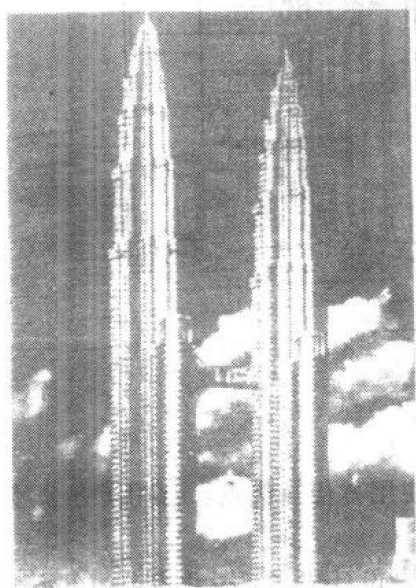


图 1-5 马来西亚双塔楼建筑

3. 第三阶段从 20 世纪 50 年代开始，由于在轻质高强材料、抗风抗震结构体系、新的设计理论、计算机在设计中的应用、施工技术及施工机械等方面都取得了较大的进步，使得高层建筑得到了大规模的迅速发展。70 年代，波兰华沙建成了至今仍为欧洲最高的建筑 Palac Kulturgi Nauki 大楼，47 层，高 241m。日本于 1964 年废除了建筑高度不得超过 31m 的限制，于 1968 年首次建成了 36 层的霞关大厦，以后陆续兴建了多幢超过 100m 的高层建筑。90 年代，亚洲成为经济发展最快的地区，西太平洋沿岸的日本、朝鲜、韩国、中国大陆、台湾、新加坡和马来西亚等国家和地区，陆续建成了超过 200m、300m 的高层建筑。美国是世界上高层建筑最多的国家。1972 年在纽约建造了世界贸易中心大楼 (World Trade Center)，110 层，高 402m，打破了帝国大厦保持了 41 年之久的高层建筑世界纪录。

不久之后，1974 年美国在芝加哥又建成了当时世界最高的西尔斯大厦 (Sears Tower)，110 层，高 443m，钢结构。目前，马来西亚已经封顶的双塔楼高层建筑，85 层，高 450m，混凝土结构，比西尔斯大厦高出 7m，为现今世界高层建筑之最 (如图 1-5)。不过

这个高度很快将被突破。美国芝加哥正在设计一幢高 842m，共 210 层的摩天大楼，该大楼落成后，将成为世界上最高的建筑。可以预计，它将会保持最高纪录较长一段时间。

## § 1-2 结 构 体 系

结构体系是指结构抵抗外部作用的结构构件组成方式。随着房屋高度的增加，结构抵抗水平荷载的能力和侧向刚度等，也就逐渐成为结构设计的主要控制因素。目前在多层及高层建筑中常用的结构体系有框架、剪力墙、框架-剪力墙、筒体及它们的各种组合结构体系。

### 一、框架结构体系

框架结构体系是由梁、柱构件通过节点连接构成，既承受垂直荷载，也承受水平荷载的结构体系（其典型布置如图 1-6 和 1-7）。这种体系适用于多层建筑及高度不大的高层建筑。

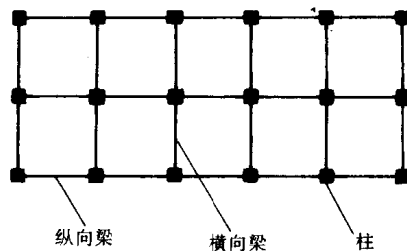


图 1-6 框架结构平面图

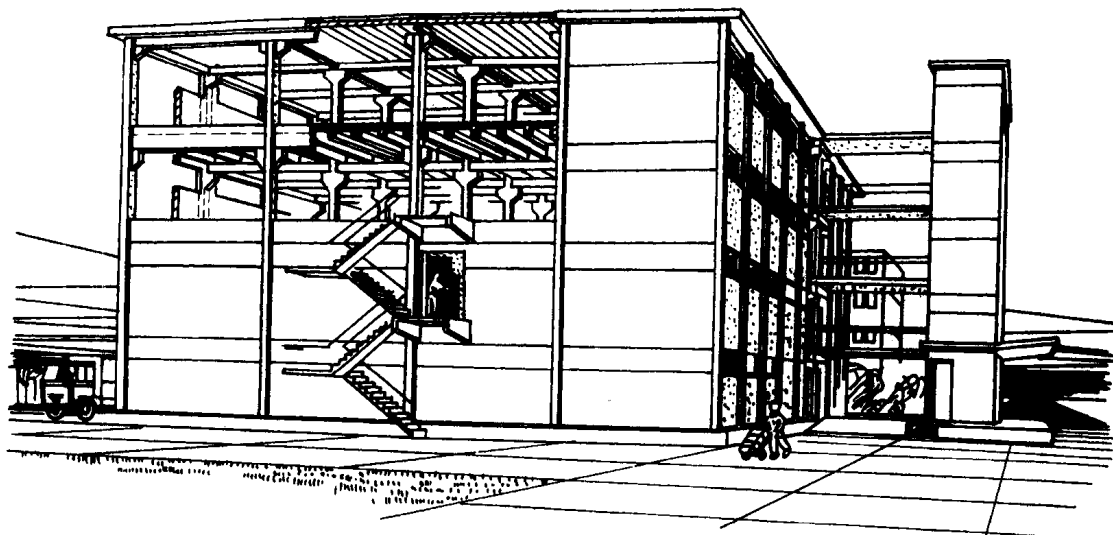


图 1-7 框架结构典型布置

框架结构具有平面布置灵活、易于设置较大房间、使用方便等优点。常用于办公楼、旅馆、餐厅、工业厂房和实验室等建筑。

框架结构可通过合理的设计，使之具有良好的延性，设计成“延性框架”（见第四章）。在地震作用下，这种延性框架具有良好的抗震性能。但由于高层框架侧向刚度较小，结构顶点位移和层间相对位移较大，使得非结构构件（如填充墙、建筑装饰、管道设备等）在地震时破坏较严重，这是它的主要缺点。因此，框架结构的高度应受到限制。我国《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程》（JGJ3—91）（以下简称《高层规程》）给出了各类钢筋混凝土结构体系房屋适用的最大高度，如表 1-1。我国《高层建筑钢结构设计与

施工规程》(送审稿)(以下简称《高钢规程》)给出了高层钢结构房屋适用的最大高度,如表 1-2)。

钢筋混凝土结构建筑的最大适用高度 (m)

表 1-1

| 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             | 现 浇                 | 60    | 60     | 55  | 45  | 25  |
|                 | 装配整体                | 50    | 50     | 35  | 25  | —   |
| 框架-剪力墙<br>框架-墙筒 | 现 浇                 | 130   | 130    | 120 | 100 | 50  |
|                 | 装配整体                | 100   | 100    | 90  | 70  | —   |
| 现浇剪力墙           | 剪力墙全到底              | 140   | 140    | 120 | 100 | 60  |
|                 | 底层部分框架 <sup>①</sup> | 120   | 120    | 100 | 80  | —   |
| 筒中筒或框筒束         |                     | 180   | 180    | 150 | 120 | 70  |

① 即框支剪力墙墙体系。

钢结构建筑的最大适用高度 (m)

表 1-2

| 结构类型    | 结 构 体 系                 | 非抗震设计 | 抗震设防烈度  |     |     |
|---------|-------------------------|-------|---------|-----|-----|
|         |                         |       | 6 度、7 度 | 8 度 | 9 度 |
| 钢 结 构   | 框 架                     | 110   | 110     | 90  | —   |
|         | 框架-支撑(剪力墙)              | 240   | 200     | 180 | 140 |
|         | 各类筒体                    | 400   | 350     | 300 | 250 |
| 混凝土-钢结构 | 钢框架-混凝土剪力墙<br>钢框架-混凝土芯筒 | 220   | 180     | —   | —   |
|         | 钢框筒-混凝土芯筒               | 220   | 220     | 150 | —   |
| 型钢混凝土结构 | 框 架                     | 110   | 110     | 90  | 70  |
|         | 框架-剪力墙                  | 180   | 150     | 120 | 100 |
|         | 各类筒体                    | 200   | 180     | 150 | 120 |

根据不同的需要,框架结构体系可以有三种不同的布置方案:

第一种是横向框架。它的主要承重结构是由横向主梁和柱组成,用纵向连系梁将横向框架连接成整体。当简化成平面结构计算时,在风荷载作用下,因横向柱子较少,纵向柱子较多,横向框架所受内力比纵向所受内力大,因此一般仅对横向框架进行内力分析,而纵向框架可按构造设计;在水平地震作用下,因地震作用与房屋质量有关,故对横向和纵向框架都要进行内力分析。

第二种是纵向框架。与横向框架布置正好相反,纵向的梁和柱为主要承力结构,在纵

向布置主梁，横向布置次梁。但由于这种布置方案横向刚度较差，不利于抗震，故在工程中应用的较少。

第三种是双向框架。如果结构的平面接近正方形或满足 $\frac{L}{B} \leq 1.5$ （ $L$ 为房屋平面长度； $B$ 为房屋平面宽度），在这种情况下采用纵横向双向框架是比较合理的。

另外，框架结构按其施工方法可分为现浇框架、预制框架和装配整体式框架。现浇框架的优点是结构整体性及抗震性能好，节省钢材；缺点是现场工作量大，模板消耗多，施工周期较长。预制框架的优点是构件可以在工厂预制，质量容易保证，施工现场的工作量少，较现浇框架节省模板并能缩短工期；缺点是增加了框架的节点连接，用钢量大，整体性较差。装配整体式框架的梁板柱可在工厂预制，在施工现场将构件吊装就位，再用现浇混凝土使框架连接成整体，因而这种框架结构兼备了前两种框架的优点，故在目前框架结构体系中使用得较多。

## 二、剪力墙结构体系

剪力墙结构体系是利用建筑物墙体承受竖向荷载、抵抗水平力，并作为建筑物的维护及房间分隔构件的结构体系（其典型布置如图 1-8）。

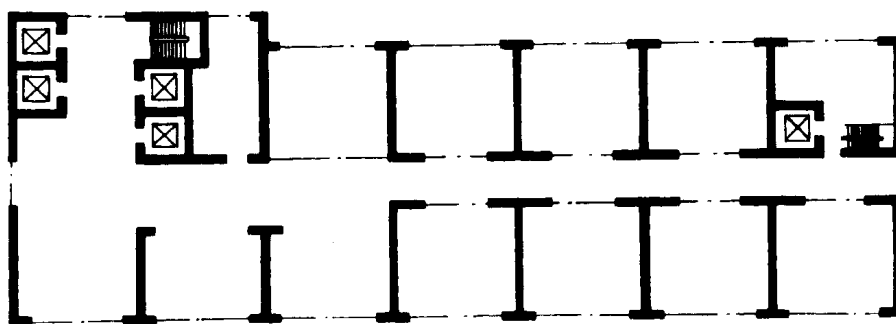


图 1-8 剪力墙结构平面图

剪力墙在抗震结构中也称抗震墙。它在自身平面内的刚度大，强度高，整体性较好，在水平荷载作用下侧向变形较小，抗震性能较强。在国内外历次大地震中，剪力墙结构体系表现出良好的抗震性能，且震害较轻。因此，它适用于建造较高的高层建筑（见表 1-1 和 1-2）。在 15 层以上的高层建筑中采用剪力墙是经济的，在非地震区采用剪力墙建造建筑物的高度可达 140m。目前我国 10~30 层的高层住宅大多采用这种结构体系（占 90% 左右）。由于竖向荷载直接由楼盖传递到墙上，剪力墙的间距取决于楼板的跨度，一般为 3~8m。剪力墙结构采用大模板或滑升模板等先进方法施工时，施工速度很快，可节省大量的砌筑填充墙等工作量。

剪力墙结构的局限性在于剪力墙间距不能太大，平面布置不灵活，难以满足公共建筑的使用要求；此外，剪力墙结构的自重也较大。为满足旅馆布置门厅、餐厅、会议室等大面积公共房间，以及在住宅底层布置商店和公共设施的要求，可将剪力墙结构底部一层或几层的部分剪力墙取消，代之以框架，形成底部大空间剪力墙结构和大底盘、大空间剪力

墙结构（图 1-9）；标准层则可采用小开间或大开间结构（图 1-10）。当把底层做成框架柱时，称为框支剪力墙结构（图 1-11）。这种结构体系，由于底层柱的刚度小，上部剪力墙的刚度大，形成上下刚度突变，在地震作用下底层柱会产生很大的内力及塑性变形，致使结构破坏较重。因此，在地震区不允许完全使用这种框支剪力墙结构，而需设有部分落地剪力墙。

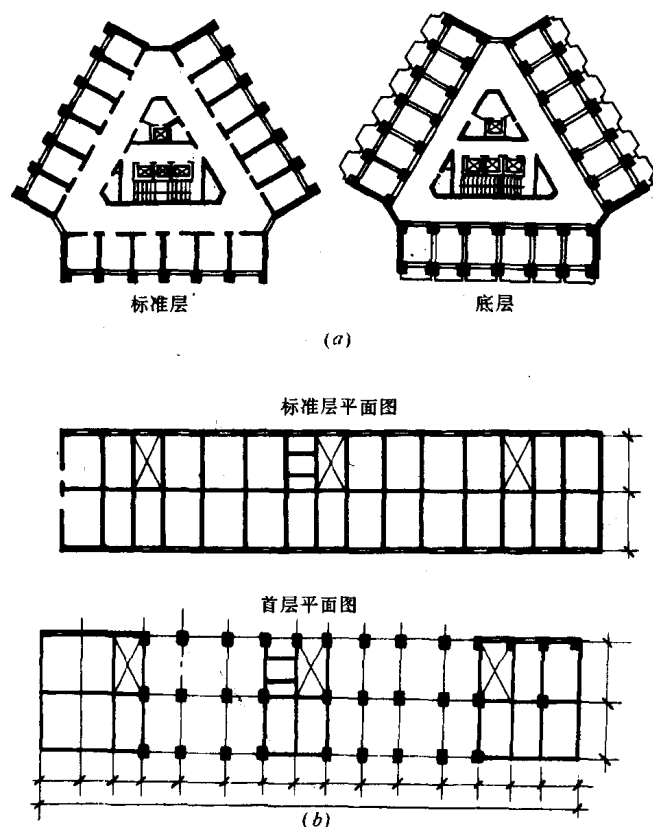


图 1-9 度层大空间剪力墙结构  
(a) 北京兆龙饭店；(b) 北京前三门 626 楼

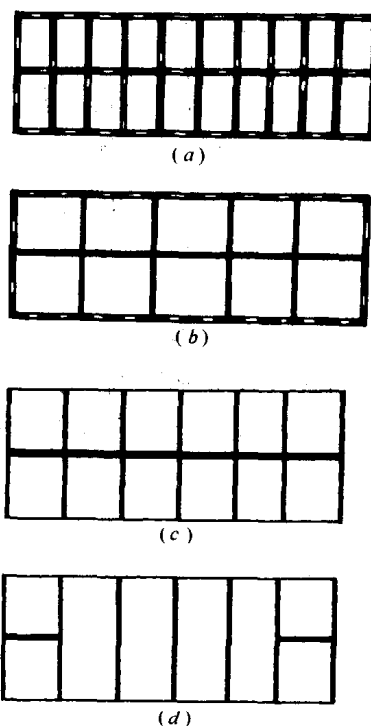


图 1-10 剪力墙结构的标准层  
(a) 小开间；(b) 大开间；(c) 鱼骨式；  
(d) 板墙体系

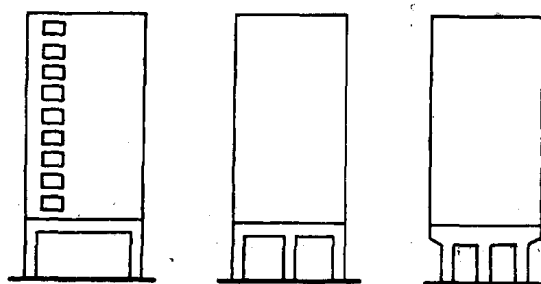


图 1-11 框支剪力墙

按施工方法，剪力墙结构可分为三类：(1) 全部为现浇钢筋混凝土剪力墙结构；(2) 全部为预制装配式钢筋混凝土剪力墙结构；(3) 内墙采用现浇钢筋混凝土墙板、外墙采用



预制墙板的剪力墙结构。

### 三、框架-剪力墙结构体系

框架-剪力墙结构体系是在框架结构中布置一定数量的剪力墙所组成的结构体系。剪力墙可以单片分散布置，也可以集中布置。其典型布置如图 1-12 所示。

如上所述，框架结构侧向刚度差，水平荷载作用下的变形大，抵抗水平荷载能力较低，但它具有平面布置灵活、可获得效大的空间、立面处理易于变化等优点。而剪力墙结构的特性正相反，它的强度和刚度大，水平位移小，但它的使用空间受到限制。将两种体系相结合，发挥各自的特长，可形成了一种受力特性较好的结构体系。它主要表现为，框架所承受的水平剪力减少及沿高度方向比较均匀。这样，在水平力作用下，框架各层的梁、柱弯矩值降低，沿高度方向各层梁、柱弯矩的差距减少，在数值上趋于接近。在高层建筑中，当层数和高度超过一定界限后，采用框架-剪力墙结构比框架结构节省材料。另外，在框架-剪力墙结构体系中框架内力分布状态的改善，有利于减少构件的规格型号。

在变形状态方面，单独的剪力墙在水平荷载作用下以弯曲变形为主，位移曲线呈弯曲型；而单独的框架以剪切变形为主，位移曲线呈剪切型；当两者共处于同一体系，通过楼板协同工作，共同抵抗水平荷载；当以剪力墙为主时，变形曲线为弯剪型，但随着剪力墙数量的减小而向剪弯型转化。实测表明，框架-剪力墙结构体系的变形曲线一般呈弯剪型。框架、剪力墙及框架-剪力墙三种结构体系的变形示意图如图 1-13 所示。

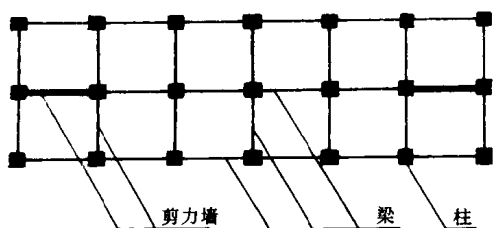


图 1-12 框架-剪力墙结构平面图

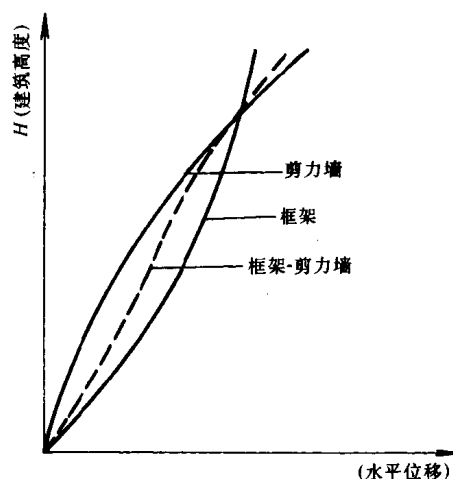


图 1-13 不同结构的变形图

由于上述变形和受力特点，框架-剪力墙结构的刚度和承载力较之框架结构都有明显的提高，在水平荷载作用下的层间变形减小，因而减小了非结构构件的破坏。在我国，无论在地震区还是非地震区的高层建筑中，框架-剪力墙结构体系得到了广泛的应用。

在框架-剪力墙结构体系中，当建造层数不太多时（一般在 10~20 层），可利用单片剪力墙做为基本单元，如图 1-14 所示。如果把剪力墙连在一起做成井筒式时，也称这种结构体系为框架——筒体结构体系。但从变形和受力性能来看，它与框架-剪力墙结构相同，可统称为框架-剪力墙结构体系。这种体系的刚度和承载力都得到大大提高，可以建