

HUNNINGTU FANGWU
JIEGOUSHEJI

混凝土房屋 结构设计

吕晓寅 刘 林 主 编
周长东 孙 静
贾英杰 袁 泉 副主编



清华大学出版社



北京交通大学出版社



混凝土房屋结构设计

吕晓寅 刘 林 主 编

周长东 孙 静 副主编
贾英杰 袁 泉

清华大学出版社
北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共分 10 章, 内容包括: 混凝土房屋结构的体系与布置, 地震基本知识及结构的抗震设防, 荷载、地震作用及结构设计的基本规定, 梁板结构, 单层厂房结构, 框架结构, 剪力墙结构, 框架-剪力墙结构, 筒体结构, 结构扭转近似计算。

本书适合作为高等学校建筑工程及相关专业的教材, 也可作为相关工程技术人员及其他人员的自学用书。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土房屋结构设计/吕晓寅, 刘林主编. —北京: 清华大学出版社; 北京交通大学出版社, 2009. 2

ISBN 978-7-81123-505-0

I. 混… II. ①吕… ②刘… III. 钢筋混凝土结构: 房屋结构-结构设计-高等学校-教材 IV. TU22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 008673 号

责任编辑: 刘 洵

特邀编辑: 常 艳

出版发行: 清华大学出版社 邮编: 100084 电话: 010-62776969 网址: <http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

北京交通大学出版社 邮编: 100044 电话: 010-51686414 网址: <http://press.bjtu.edu.cn>

印 刷 者: 北京东光印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×230 印张: 25 字数: 542 千字

版 次: 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-81123-505-0/TU·40

印 数: 1~4 000 册 定价: 38.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

“混凝土房屋结构设计”是各高校建筑工程专业的专业课。本书是按照现行的规范和规程,为适应新形势下教学和工程的需要而编写的。本书内容包括:混凝土房屋结构的体系与布置,地震基本知识及结构的抗震设防,荷载、地震作用及结构设计的基本规定,梁板结构,单层厂房结构,框架结构,剪力墙结构,框架-剪力墙结构,筒体结构,结构扭转近似计算,涵盖了建筑工程专业的大部分专业内容。

本书的有关设计计算方法主要依据《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(2006年版)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)等编写。

房屋结构设计是否合理,主要取决于结构体系、结构布置、构件的截面尺寸、材料选择及结构构造措施等方面因素。对于正在学习结构设计的在校生和结构设计的初学者而言,在学习本书时,应将注意力集中在上述问题的解决方法上。只有掌握了这些问题所涉及的工程概念和方法,今后才有能力进行结构电算分析和施工图的绘制。

本书的特点是:取材力求恰当,贯彻少而精的原则;突出重点,讲清难点;在讲述以手算为基础的简便计算方法的基础上,注重结构受力和变形特性的分析,以加强学生对基本工程概念的理解;注意与其他课程和教材的衔接与综合应用;为了便于教与学,主要章节内均有例题,除第2章外,每章均有思考题,第3~5章还配有习题。

本书适合作为建筑工程专业及相关专业的教材,也可作为相关工程技术人员及其他人员的自学用书。在学习本书时,读者应具备结构力学及钢筋混凝土结构设计原理的知识。

本书共10章,其中第1,3,9章由刘林编写,第2,6章由吕晓寅编写,第4章由孙静编写,第5章由周长东编写,第7章由贾英杰编写,第8,10章由袁泉编写,并共同互校。

由于作者水平有限,书中难免存在不当之处,欢迎读者指教。

编 者

2009年2月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 房屋结构的特点、类型及发展概况	(1)
1.2 结构体系	(7)
1.3 结构布置	(19)
思考题	(27)
第 2 章 地震基本知识及结构的抗震设防	(29)
2.1 构造地震	(29)
2.2 地震波、震级及地震烈度	(30)
2.3 众值烈度、基本烈度和罕遇烈度	(33)
2.4 建筑抗震设防分类和设防标准	(33)
2.5 抗震设计的基本要求	(35)
2.6 场地	(37)
2.7 地基及基础的抗震验算	(39)
第 3 章 荷载、地震作用及结构设计的基本规定	(42)
3.1 竖向荷载	(42)
3.2 风荷载	(46)
3.3 地震作用	(55)
3.4 结构计算的基本假定	(68)
3.5 荷载效应和地震作用效应的组合	(70)
3.6 构件承载力计算	(71)
3.7 结构的水平位移限值和舒适度要求	(72)
3.8 高层建筑结构的稳定验算	(74)
3.9 结构的抗震设防分类和抗震等级	(76)
思考题	(78)
习题	(79)
第 4 章 梁板结构	(81)
4.1 概述	(81)
4.2 单向板肋梁楼盖结构体系	(83)
4.3 单向板肋梁楼盖按弹性理论分析内力	(89)

4.4	考虑塑性内力重分布的设计计算方法	(92)
4.5	单向板肋梁楼盖的截面计算和构造要求	(96)
4.6	双向板肋梁楼盖结构体系	(115)
4.7	整体式无梁楼盖结构体系	(122)
4.8	楼梯和雨篷	(129)
	思考题	(136)
	习题	(136)
第5章	单层厂房结构	(139)
5.1	概述	(139)
5.2	单层厂房的结构组成和布置	(140)
5.3	排架的内力计算	(155)
5.4	单层厂房柱	(186)
5.5	屋盖结构	(198)
5.6	吊车梁	(205)
	思考题	(208)
	习题	(209)
第6章	框架结构	(211)
6.1	框架结构的组成、分类、布置、截面尺寸及计算简图	(211)
6.2	竖向荷载作用下内力近似计算——分层法	(216)
6.3	水平荷载作用下内力近似计算	(220)
6.4	水平荷载作用下侧移近似计算	(237)
6.5	框架截面设计与构造要求	(240)
	思考题	(263)
第7章	剪力墙结构	(264)
7.1	概述	(264)
7.2	整体墙内力及位移计算	(268)
7.3	整体小开口墙内力及位移计算	(271)
7.4	联肢墙内力及位移计算	(273)
7.5	壁式框架内力及位移计算	(286)
7.6	各类剪力墙的判别方式	(289)
7.7	底层大空间剪力墙结构的受力特点和布置原则	(292)
7.8	剪力墙结构的概念设计	(297)
7.9	墙肢设计	(301)
7.10	连梁设计	(312)
	思考题	(316)

第 8 章 框架-剪力墙结构	(318)
8.1 框架-剪力墙结构协同工作基本概念.....	(318)
8.2 框架-剪力墙结构内力位移简化计算.....	(323)
8.3 刚度特征值 λ 对结构荷载受力及位移的影响	(334)
8.4 框架-剪力墙结构设计与构造.....	(336)
思考题.....	(343)
第 9 章 筒体结构.....	(344)
9.1 分类和受力特点	(344)
9.2 一般概念及规定	(351)
9.3 设计要点和构造要求	(356)
思考题.....	(366)
第 10 章 结构扭转近似计算	(367)
10.1 概述.....	(367)
10.2 质心与刚心的计算方法.....	(368)
10.3 考虑扭转作用的剪力修正.....	(371)
10.4 扭转的讨论.....	(373)
思考题.....	(374)
附录 A 等截面等跨连续梁在均布荷载和集中荷载作用下的内力系数表.....	(376)
附录 B 双向板在均布荷载作用下的挠度和弯矩系数表.....	(382)
附录 C 单阶柱柱顶反力与水平位移系数.....	(387)
参考文献.....	(391)

第 1 章 绪 论

1.1 房屋结构的特点、类型及发展概况

1.1.1 房屋结构的特点

1. 房屋结构的分类

房屋结构范畴很广。根据使用功能,可将其分为工业建筑与民用建筑。其中,工业建筑按用途又可分为生产厂房、辅助生产厂房、动力用厂房、储存用房屋和运输用房屋等;民用建筑可分为居住建筑和公共建筑两大类。此外,根据房屋的层数,可以将房屋结构分为单层、多层、高层和超高层结构。其中,冶金、机械等工业厂房一般采用单层结构,民用建筑的体育馆、展览厅等大跨度建筑也常常是单层结构;多层和高层的界限世界各国的规定不尽相同;国际上一般将高度超过 100 m 或层数超过 30 层的高楼称为超高层建筑。

2. 多层和高层建筑的区分

目前,世界各国对多层和高层建筑没有统一的划分标准,这主要是由于对高层建筑的界定在国际上尚未有统一的标准。但国际上公认的是:高层建筑是一种因其高度的影响,而在国家或地区的规划、设计和建造中,需要特殊对待的建筑类型。因此,1972 年联合国教科文组织下属的世界高层建筑委员会建议一般将 9 层以上(含 9 层)称为高层建筑,并按高度将高层建筑划分为以下 4 类。

- (1) 9~16 层,高度不超过 50 m。
- (2) 17~25 层,高度不超过 75 m。
- (3) 26~40 层,高度不超过 100 m。
- (4) 40 层以上,高度超过 100 m。

美国高层建筑与城市居住委员会(CTBUH)对高层建筑的界定综合考虑了以下三方面因素。

(1) 当地的平均建筑高度。比如,一个 12 层的建筑在芝加哥等城市就不能称为高层建筑,而在欧洲的大多城市则可视作为是高层建筑。

(2) 高宽比。一些建筑高度并不高,但高宽比较大,可视为高层建筑;相反,一些建筑高度很高,但高宽比较小,仍不应称其为高层建筑。

(3) 应用了一些公认的高层建筑技术,如采用特殊的垂直运输技术、抗风支撑和阻尼系

统设计等。这样的建筑应视为高层建筑。

尽管 CTBUH 认为仅凭借层数和高度来界定高层建筑是片面的,但考虑到层数和高度仍不失为最便捷的界定尺度,因此建议 14 层或 50 m 作为多层和高层的界限。

在我国现行规范中,没有专门关于多层钢筋混凝土结构设计的规范,《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)(以下简称《混凝土规》)重点是构件的设计,《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)(以下简称《抗规》)也没有对多层与高层钢筋混凝土结构设计的差异作出相应规定。在工程实际中的处理方法是,所有的钢筋混凝土多高层建筑均须遵守《混凝土规》和《抗规》。对于高层钢筋混凝土建筑,除了必须遵守《混凝土规》和《抗规》外,还必须遵守《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)(以下简称《高规》)。《高规》1.0.2 条规定:“本规程适用于 10 层及 10 层以上或房屋高度超过 28 m 的非抗震设计和抗震设防烈度为 6~9 度的高层民用建筑结构。”该条款对高层建筑进行了界定,不属于高层建筑且层数在一层以上的房屋就是多层建筑。对于不超过 10 层或房屋高度不超过 28 m 但接近 10 层或 28 m(如 8 层或 24 m)的钢筋混凝土民用建筑,可参照《高规》的相关规定执行。

房屋结构要同时承受垂直荷载和水平荷载,还要抵抗地震作用。实际上,低层建筑、多层建筑和高层建筑由于荷载效应的不同,在结构设计特别是抗震设计上是有很大区别的。在多层房屋结构中,水平力(尤其是风荷载)产生的影响较小,结构以抵抗竖向荷载为主,侧向位移小,通常可忽略不计。在高层房屋结构中,水平力(风荷载和水平地震作用)产生的内力和位移迅速增大。如图 1-1 所示,若将房屋结构看成是一根简单的竖向悬臂构件,竖向荷载产生的轴力与高度成正比;水平力产生的弯矩与高度的二次方成正比;水平力产生的侧向顶点位移与高度的四次方成正比。

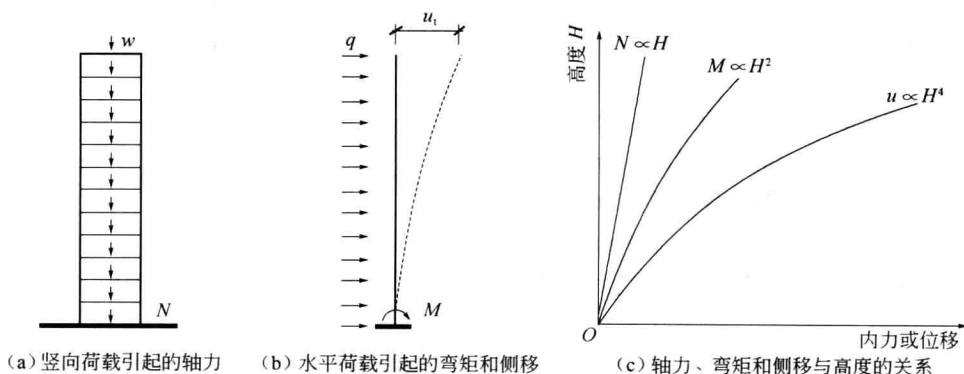


图 1-1 房屋高度对结构内力和位移的影响

由图 1-1 可见,随着高度增大,侧向位移增加最快,弯矩次之。这说明在高层建筑设计中,不仅需要结构具有足够的承载力,而且必须使结构具有足够的抵抗侧向力的刚度(简

称抗侧刚度),使水平荷载产生的侧向变形限制在一定范围内,这是由于以下原因所致。

(1) 过大的侧向变形将使人不适并产生恐慌,影响使用。在风荷载作用下,必须保证人在建筑物内正常工作与生活。在地震作用下,过大的侧向位移,更会造成人们的不安。

(2) 过大的侧向变形将使结构产生附加内力,在地震作用下会引起倒塌。这是因为建筑物上的垂直荷载在侧向变形下将产生附加弯矩,即所谓的 $P-\Delta$ 效应。

(3) 过大的侧向变形将使填充墙或建筑装饰出现裂缝或损坏,也会使电梯轨道变形。

(4) 过大的侧向变形将使主体结构出现裂缝,甚至损坏。

高层建筑结构设计多层建筑设计相比,结构专业在各专业中占有更重要的地位。不同结构体系的选择,直接关系到建筑平面布置、立面体型、楼层高度、机电管道的设置、施工技术要求、施工工期和投资造价。

此外,高层建筑减轻自重比多层建筑更有意义。从地基承载力和桩基承载力两方面考虑,如果在同样的地基和桩基条件下,减轻房屋自重意味着不增加基础的造价和地基的处理措施,可以多建层数,这在软弱土层上具有突出的经济效益。

值得一提的是,我国现有的结构设计软件,如 PKPM 结构系列软件,主要根据《高规》开发。它采用同一标准来设计多层与高层钢筋混凝土结构,虽然能保证多高层建筑结构的安全,但在许多情况下,采用该软件设计的多层钢筋混凝土结构是偏于保守的。所以对于层数较少、房屋高度较低的钢筋混凝土房屋,《高规》的某些规定可根据具体情况适当放松。

1.1.2 结构类型

钢筋混凝土、钢和砌体三种材料是建造房屋建筑的重要材料。根据所使用的材料不同,房屋建筑可分为砌体结构、钢筋混凝土结构、钢结构、钢-钢筋混凝土混合结构等类型。在不同国家、不同地区、不同条件下,如何正确选用材料,充分利用其优点、克服其弱点,就成为经济合理地建造房屋建筑的一个重要方面。

1. 砌体结构

砌体材料由于取材容易,造价较低,施工方便,故广泛地应用于我国多层建筑中。但由于砌体是一种脆性材料,其抗剪、抗拉、抗弯等力学性能欠佳,因而砌体房屋的抗震性能往往较差,历次地震震害也证实了这一点。一般 8 层以下的房屋采用砌体结构。

2. 钢筋混凝土结构

钢筋混凝土结构造价较低,且材料来源丰富,并可浇筑成各种复杂的断面形状,还可以组成多种结构体系;可节省钢材,承载能力也不低,经过合理设计,可获得较好的抗震性能。因而,在发展中国家,大都采用钢筋混凝土建造房屋建筑,我国的房屋建筑尤其是高层建筑也以钢筋混凝土结构为主。我国已建造了高达 200 m、63 层的钢筋混凝土结构——广州国际大厦。钢筋混凝土结构的主要缺点是构件断面大,占地面积大、自重大。近年来,由于钢筋混凝土结构造价比钢结构低、防火性能好、刚度较大,可减少侧移,发达国家的钢筋

混凝土高层建筑也日益增加。在美国,已建成了30层的钢筋混凝土框架结构,30层以下的高层钢筋混凝土结构很多。在日本,过去对钢筋混凝土结构高度限制得很严格,现在也建了许多30层左右的钢筋混凝土高层建筑。

3. 钢结构

钢材强度高、韧性大、易于加工;钢结构具有结构断面小、自重轻、抗震性能好等优点;钢结构构件可在工厂加工,能缩短现场施工工期,施工方便。但是高层钢结构用钢量大,造价很高,而且钢材耐火性能不好,需用大量防火涂料,增加了工期和造价。在发达国家,大多数高层建筑采用钢结构。在我国,随着高层建筑建造高度的增加,也开始采用高层钢结构。在一些地基软弱或抗震要求高而高度又较大的高层建筑中,采用钢结构显然是合理的。例如:上海建造了锦江宾馆分馆(46层,153 m)和国际贸易中心(37层,140 m)等钢结构;北京建造了京城大厦(52层,183 m)和京广中心(57层,208 m)和国际贸易中心(39层,155.25 m)等钢结构。

4. 钢-钢筋混凝土混合结构

在当前的发展趋势中,更为合理的是同时采用钢和钢筋混凝土材料的混合结构。这种结构可以使两种材料互相取长补短,取得经济合理、技术性能优良的效果。目前有以下两种组合方式。

(1) 用钢材加强钢筋混凝土构件。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)构件。也可在钢管内部填充混凝土,做成外包钢构件,称为钢管混凝土。前者可充分利用外包混凝土的刚度和耐火性能,又可利用钢骨减小构件断面和改善抗震性能,现在应用较为普遍。例如:北京的香格里拉饭店就采用了钢骨混凝土柱。在一般高层钢结构中,地下室和底部几层也常常采用钢骨混凝土梁、柱结构。

(2) 部分抗侧力结构用钢结构,另一部分采用钢筋混凝土结构(或部分采用钢骨混凝土结构)。这种结构可称为混合结构,多数情况下是用钢筋混凝土做筒(剪力墙),用钢材做框架梁、柱。例如:上海静安希尔顿饭店就是这种混合结构。香港中国银行(70层,368.62 m)则是另一种混合方式,它采用钢骨混凝土角柱,而横梁及斜撑都采用钢结构。被称为中华第一楼的上海金茂大厦,就是用钢筋混凝土做核心筒,外框用钢骨混凝土柱和钢柱的混合结构。深圳地王大厦也是用钢筋混凝土做核心筒,外框为钢结构的混合结构。

综上所述,目前我国的情况是,在多高层建筑中仍以钢筋混凝土材料为主。在这方面我国已积累了丰富的经验,今后将加强高强轻质混凝土结构的研究和推广。近年来,钢-钢筋混凝土混合结构已成为超高层建筑的主要结构类型。

本书内容以多见的钢筋混凝土多高层建筑为主,但书中讨论的结构体系和布置、荷载和设计要求、各种结构体系的内力和位移计算,其原理和方法均适合于高层建筑钢结构和混合结构。

1.1.3 房屋结构的发展

1. 国外房屋建筑发展概况

国外房屋建筑的发展, 根据各阶段的特点, 大体可分为以下三个阶段。

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。

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。现代的高层建筑诞生于美国, 1885年在美国芝加哥建成的家庭保险大楼(Home Insurance Building)(10层, 高42 m), 采用铸铁框架承重结构, 被认为是世界上第一幢高层建筑。它标志着一种区别于传统砌筑结构的新结构体系的诞生, 在结构体系和材料应用等方面开创了历史新纪元。美国纽约于1898年建成的公园街大楼(Park Row Building)(30层, 高118 m), 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381 m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(Ingalls Building)(16层, 高64 m)。这一时期, 显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, 仅限于框架结构, 建于非地震区。

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, 使得房屋建筑, 尤其是高层建筑得到了大规模的迅速发展。1972年, 在纽约建造了世界贸易中心大楼(World Trade Center)(110层, 高412 m), 钢结构。1974年, 美国芝加哥建成西尔斯大厦(Sears Tower)(110层, 高443 m), 钢结构。1955年, 波兰华沙建成的文化科学宫(Palace of Culture and Science)(42层, 高231 m)。日本于1964年废除了建筑高度不得超过31 m的限制, 于1968年建成了36层的霞关大厦, 高147 m, 以后陆续兴建了多幢超过100 m的高层建筑。

20世纪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、新加坡和马来西亚等国家, 陆续建成了超过200 m、300 m的高层建筑。1997年, 马来西亚吉隆坡建成了石油双塔(Petronas Twin Towers)(88层, 高452 m)。阿联酋正在建设中的迪拜塔(Burj Dubai Tower)目前建设高度已突破700 m。

2. 国内房屋建筑发展概况

我国是房屋建筑发展历史悠久的国家。我们的祖先早就有登高通天的欲望, 希望能够建造出可以上达天际的建筑。早在公元524年建造的河南嵩岳寺塔, 为15层单筒结构, 高50 m; 公元704年, 在西安建造的大雁塔, 为砖木结构, 共7层, 总高64 m; 公元1055年在河北定县建造的料敌塔, 11层筒体结构, 高82 m; 堪称世界木结构奇迹的山西应县木塔, 建于公元1056年, 9层, 高67 m, 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。这说明，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。

我国近代高层建筑的建设，自第二次世界大战和解放战争之后，直到“文化大革命”期间，一直处于近乎停滞的状态，以至于1980年高层建筑与城市居住委员会统计的“世界各主要城市中的高层建筑”记录中，中国上榜的高层建筑只有2座。新中国成立后，20世纪50年代我国开始自行设计、建造高层建筑，如北京的民族饭店（14层）和民航大楼（16层）等。20世纪60年代建成的广州宾馆（27层），其高度与解放前最高的上海国际饭店相同。20世纪70年代，北京、上海、广州等地建成了一批剪力墙结构住宅和旅馆。1975年，广州白云宾馆（剪力墙结构，33层，112 m）的建成，标志着我国自行设计建造的高层建筑高度开始突破100 m。20世纪80年代改革开放后，高层建筑的规划设计活动在一些大城市迅速开展起来。一大批100 m以上的超高层建筑崛起于沿海开放地区。首先是在广州、深圳、上海、北京、南京、天津、武汉、西安等大城市中大量建设，继而又在一些经济建设发展较快的中小城市中，有如雨后春笋般发展起来，整体的建设规模和建设速度都是空前的。20世纪90年代，我国高层建筑进入飞跃发展的阶段，随着我国经济实力的增强，高层建筑得到了前所未有的发展。具有代表性的建筑有：上海金茂大厦（高421 m，88层）、香港国际金融中心二期（高415 m，88层）、广州中信广场大厦（高391 m，80层）、深圳地王大厦（高384 m，69层）、香港中环广场大厦（高374 m，78层）和香港中银大厦（高367 m，70层）等。据不完全统计，20世纪的最后十几年内，我国已建成10层以上的高层建筑超过十万座，建筑面积近2亿平方米，其中，仅上海和深圳两地的高层建筑，就已超过了3000幢。

表1-1为CTBUH 2008年公布的目前已建成的世界前十幢最高建筑，我国有六幢建筑榜上有名。2004年建成的台北101大厦（高508 m，地上101层、地下5层）是目前已建成的世界第一高楼，如图1-2所示；2008年建成的上海环球金融中心（高492 m，101层）是目前我国内地的第一高楼，如图1-3所示。

表 1-1 世界前十幢最高的建筑（CTBUH 2008 年发布）

序号	名 称	城市	建成年份	层数	高度/m	结构类型	用途
1	台北 101	台北	2004	101	508	钢-混凝土	办公
2	上海环球金融中心	上海	2008	101	492	钢-混凝土	多功能
3	石油双塔 1	吉隆坡	1998	88	452	钢-混凝土	办公
4	石油双塔 2	吉隆坡	1998	88	452	钢-混凝土	办公
5	西尔斯大厦	芝加哥	1974	110	442	钢	办公
6	金茂大厦	上海	1999	88	421	钢-混凝土	多功能
7	香港国际金融中心二期	香港	2003	88	415	钢-混凝土	办公
8	中信广场	广州	1996	80	391	混凝土	办公
9	地王大厦	深圳	1996	69	384	钢-混凝土	办公
10	帝国大厦	纽约	1931	102	381	钢	办公

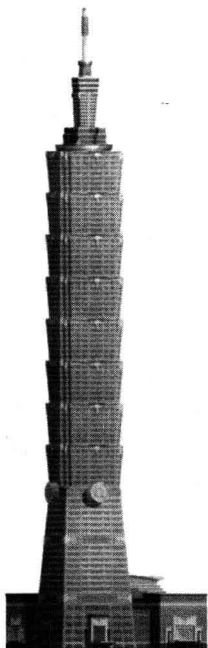


图 1-2 台北 101 大厦

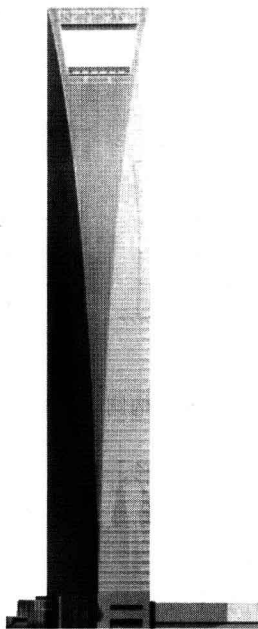


图 1-3 上海环球金融中心

在看到我国现有辉煌成绩的同时，必须清晰地意识到这些超高层建筑多是引进国外的先进技术，而并非是自己研究开发出来的。上海浦东陆家嘴地区的高层建筑群，有一半以上是外国人设计的。这说明，我国目前在超高层建筑的设计和建造方面，与国际先进水平还有一定的差距。

1.2 结构体系

结构体系是指结构抵抗外部作用构件的组成方式。尤其在高层建筑中，抵抗水平力成为设计的主要矛盾，因此抗侧力结构体系的确定和设计成为结构设计的关键问题。房屋建筑中基本的抗侧力单元是框架、剪力墙、实腹筒（又称井筒）、框筒及支撑。由这几种单元可以组成下列多种结构体系。

1.2.1 框架结构体系

由梁、柱构件组成的结构称为框架。整幢结构都由梁、柱组成，称为框架结构体系，有时称为纯框架结构。

框架结构的优点是建筑平面布置灵活，可以做成有较大空间的会议室、餐厅、车间、营

业室和教室等。需要时,可用隔断分隔成小房间,或拆除隔断改成大房间,因而使用灵活。外墙用非承重构件,可使立面设计灵活多变。如果采用轻质隔墙和外墙,就可大大降低房屋自重,从而节省材料。

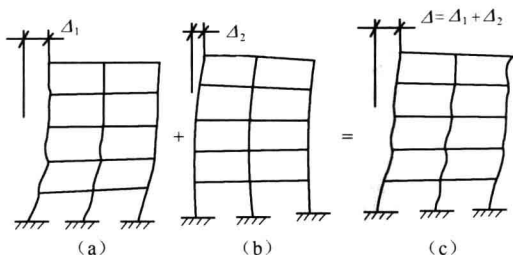


图 1-4 框架结构侧向变形

框架结构在水平力作用下的受力变形特点如图 1-4 所示。其侧移由两部分组成:第一部分侧移由柱和梁的弯曲变形产生。柱和梁都有反弯点,形成侧向变形。框架下部的梁、柱内力大,层间变形也大,越到上部层间变形越小,使整个结构呈现剪切型变形,如图 1-4 (a) 所示。第二部分侧移由柱的轴向变形产生。在水平荷载作用下,柱的拉伸和压缩使结构出现侧移。这种侧移在上部各层较大,越到底部层间变形越小,使

整个结构呈现弯曲线型变形,如图 1-4 (b) 所示。框架结构中第一部分侧移是主要的;随着建筑高度加大,第二部分变形比例逐渐加大,但合成以后框架仍然呈现剪切型变形特征,如图 1-4 (c) 所示。

框架抗侧刚度主要取决于梁、柱的截面尺寸。通常梁柱截面惯性矩小,侧向变形较大,这是框架结构的主要缺点,也因此而限制了框架结构的使用高度。

在高度不大的高层建筑中,框架体系是一种较好的体系。当有变形性能良好的轻质隔断及外墙材料时,钢筋混凝土框架可建造到 30 层左右。但在我国目前的情况下,框架结构建造高度不宜太高,以 15~20 层为宜。图 1-5 所示是框架结构的一些平面布置。

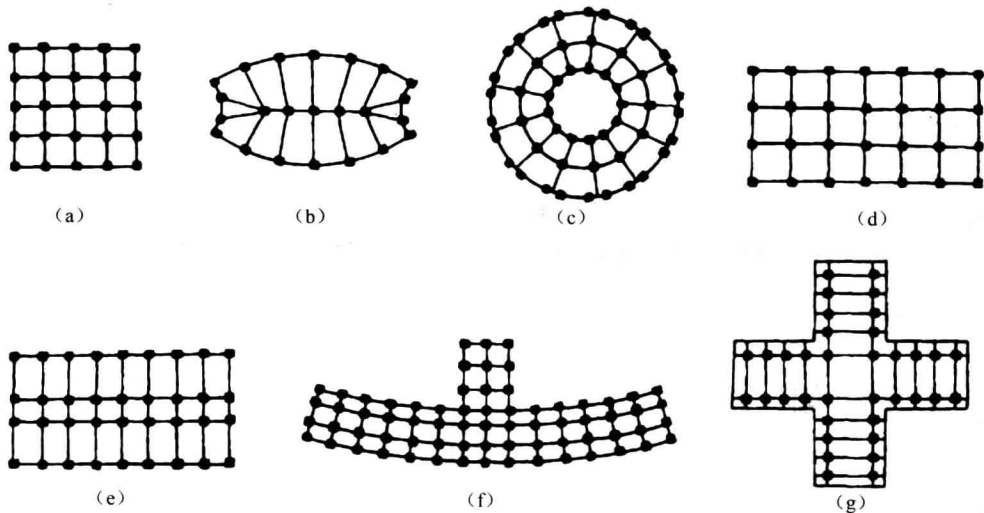


图 1-5 框架结构的一些平面布置

1.2.2 剪力墙结构体系

利用建筑物墙体作为承受竖向荷载、抵抗水平荷载的结构，称为剪力墙结构体系。墙体同时也作为围护及房间分隔构件。

竖向荷载由楼盖直接传到墙上，因此剪力墙的间距取决于楼板的跨度。一般情况下，剪力墙间距为 3~8 m，适用于要求较小开间的建筑。当采用大模板、滑升模板或隧道模板等先进施工方法时，施工速度很快，可节省砌筑隔断等工程量。因此，剪力墙结构在住宅及旅馆建筑中得到了广泛应用。

现浇钢筋混凝土剪力墙结构的整体性好，刚度大，在水平荷载作用下侧向变形小，侧向变形是弯曲型（图 1-6），承载力要求也容易满足，因此这种剪力墙结构适合于建造较高的高层建筑。

经过合理设计，剪力墙结构可以成为抗震性能良好的延性结构。从历次国内外大地震的震害情况分析可知，剪力墙结构的震害一般比较轻。因此，剪力墙结构在非地震区或地震区的高层建筑中都得到了广泛的应用。10~30 层的住宅及旅馆，也可以做成平面比较复杂、体型优美的建筑物。图 1-7 所示是一些剪力墙结构平面布置示例。

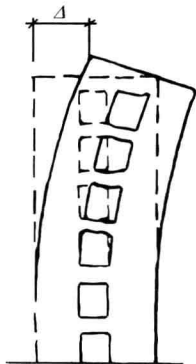


图 1-6 剪力墙结构侧向变形

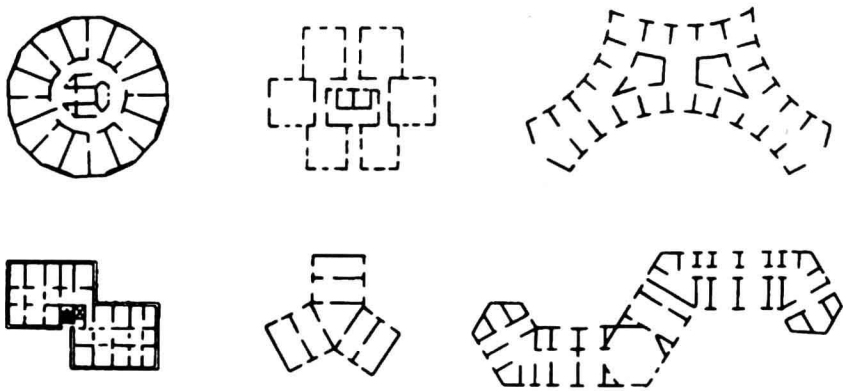


图 1-7 剪力墙结构的一些平面布置示例

剪力墙结构的缺点和局限性也是很明显的。主要是剪力墙间距不能太大，平面布置不灵活，不能满足公共建筑的使用要求。此外，结构自重往往也较大。

为了克服上述不足，减轻自重，并尽量扩大剪力墙结构的使用范围，应当改进楼板做法，加大剪力墙间距，做成大开间剪力墙结构。下述两种结构是剪力墙结构体系的发展，可使其应用范围扩大。

(1) 底部大空间剪力墙结构。在剪力墙结构中，将底层或下部几层部分剪力墙取消，形

成部分框支剪力墙以扩大使用空间。旅馆、饭店中也常用这种结构。框支剪力墙的下部为框支柱，与上部墙体刚度相差悬殊，在地震作用下将产生很大侧向变形。美国奥立弗医疗中心主楼的震害分析说明了完全由框支剪力墙构成的建筑在地震作用下造成的严重危害。因此，在地震区不允许采用完全的框支剪力墙结构体系。

在底层大空间剪力墙结构中，一般应把落地剪力墙布置在两端或中部，并使纵向、横向墙围成筒体，在底层还要采取加大墙厚、提高混凝土强度等级等措施加大底层墙的刚度，使整个结构上下刚度差别减小。上部则应采用开间较小的剪力墙布置方案。因为框支剪力墙承受的剪力大部分要通过楼板传到落地剪力墙上，落地剪力墙之间的距离要加以限制，墙的距离与楼板宽度之比不应超过 3，抗震设计时不应超过 2~2.5，同时还要加强底层大空间与上部剪力墙之间的过渡层楼板的整体性和刚性，这层楼板应采用厚度较大的现浇钢筋混凝土板。在我国，这种底层大空间剪力墙结构已经得到广泛应用。底部多层大空间的剪力墙结构也正在实践和研究中逐步发展。

(2) 跳层剪力墙结构。如图 1-8 (a) 所示为跳层剪力墙结构中的一片基本单元，剪力墙与柱隔层交替布置。当把许多片这样的单元组合成结构时，相邻两片的剪力墙布置层互相错开，即形成如图 1-8 (b) 所示的跳层结构。跳层剪力墙结构的优点是采用跨度不大的楼板，可以获得空间较大的房间（两开间为一房间），又可避免由柱形成的软弱层。如果从单片结构看，它的侧向变形将集中在柱层，这对柱的受力十分不利。但当相邻两片抗侧力结构的剪力墙交替布置时，便可减小柱的侧向变形，使整个结构出现基本是弯曲型的变形曲线。

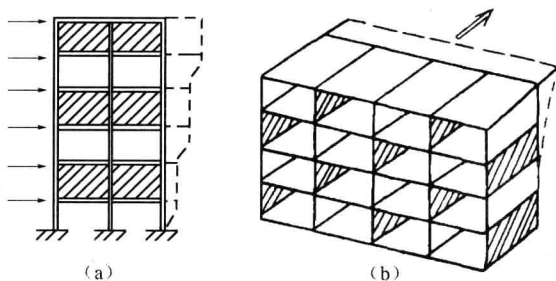


图 1-8 跳层剪力墙结构

跳层剪力墙结构在国内尚无建筑实例，国内在这方面的研究也较少。它的结构设计方法，抗震设计及构造等问题都需进行研究和实践。

1.2.3 框架-剪力墙结构（板柱-剪力墙结构）体系

在框架结构中设置部分剪力墙，使框架和剪力墙两者结合起来，取长补短，共同抵抗水平荷载，就组成了框架-剪力墙结构体系。在结构上，这是提高材料利用率的一种途