



21世纪全国本科院校土木建筑类**创新型**应用人才培养规划教材

混凝土结构设计

主 编 熊丹安 吴建林

赠送电子课件

- 参照2010版混凝土与抗震设计相关规范编写
- 讲清基本概念、讲透基本计算、教好基本构造
- 附有课程设计任务书、指导书和计算书



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材

混凝土结构设计

主 编	熊丹安	吴建林	
副主编	范小春	白应华	
参 编	赵 亮	汪 芳	付慧琼



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是《混凝土结构设计原理》一书的后续教材,依据《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)和相关最新规范、规程的内容编写。本书主要内容包括结构设计的一般概念、钢筋混凝土梁板结构、单层厂房排架结构、多层钢筋混凝土框架结构、剪力墙结构、框架—剪力墙结构,并将混凝土结构构件的抗震设计内容与相关章节有机地结合在一起。本书的显著特点是:适用于2011年7月1日起实施的新规范,用简洁的语言说明原理,对设计计算方法以及施工图的绘制等知识进行深入浅出的论述,并配以相应例题进行讲解。本书每章开篇给出教学目标和要求,引导思路,章末有本章小结、思考题和习题等。

本书可作为大学本科土木工程专业的专业课教材,也可作为土木工程技术人员的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计/熊丹安,吴建林主编. —北京:北京大学出版社,2012.9

(21世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-16710-6

I. ①混… II. ①熊… ②吴… III. ①混凝土结构—结构设计—高等学校—教材 IV. ①TU370.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第205549号

书 名: 混凝土结构设计

著作责任者: 熊丹安 吴建林 主编

策 划 编 辑: 卢 东 吴 迪

责 任 编 辑: 卢 东 林章波

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-16710-6/TU·0275

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 三河市博文印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 19.5印张 453千字

2012年9月第1版 2012年9月第1次印刷

定 价: 37.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

为适应高等教育事业的发展,反映我国混凝土结构理论和设计方法在土木工程领域的新进展,培养土木工程专业合格的高级工程技术人员和卓越工程师,编者依据《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑结构抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)及相关最新标准、规程,结合多年的教学实践和施工、设计方面的经验,按照教学大纲的要求编写了本书。本书坚持“讲清基本概念、讲透基本计算、教好基本构造、方便教学和自学”的原则。

本书主要讲述以下三方面内容:①结构设计的一般概念;②梁板结构、排架结构、框架结构、剪力墙结构、框架—剪力墙结构等几种基本混凝土结构的设计;③上述混凝土结构构件的抗震设计原则。本书与《混凝土结构设计原理》相衔接。

参加本书的编写人员有:熊丹安(第1章部分、第2章部分)、吴建林(第2章部分)、范小春(第4章)、白应华(第1章部分)、赵亮(第5章)、汪芳(第6章)、付慧琼(第3章)。本书由熊丹安、吴建林任主编,范小春、白应华任副主编。

本书用简洁的语言说明原理,用较多的篇幅说明计算过程和结构构造,编制有可操作的课程设计任务书、指导书和计算书;并将部分内容前加*号表示供提高的阅读内容,加★号表示重点提示。总之,编者期盼本书的出版能使读者受益,同时,在这里向参与本书编写及提供帮助的人员表示感谢。

由于作者水平有限,书中疏漏之处在所难免,请广大读者批评指正。

编 者

2012年5月

目 录

第 1 章 结构设计的一般概念	1	2.2.2 按塑性理论的计算方法 ...	36
1.1 混凝土结构的分类	2	2.2.3 配筋设计及构造要求	41
1.1.1 梁板结构	2	2.3 双向板肋形楼盖的设计计算	56
1.1.2 单层房屋结构	2	2.3.1 双向板按弹性理论的	
1.1.3 多层与高层结构	7	计算方法	57
1.2 结构设计规定	11	2.3.2 双向板按塑性理论的	
1.2.1 一般规定	11	计算方法	62
1.2.2 结构方案	12	2.3.3 双向板支承梁的设计	66
1.2.3 防连续倒塌的设计	12	* 2.4 井式梁结构设计	68
1.2.4 既有结构的设计	13	2.4.1 井式梁的受力特点	68
1.3 结构分析的原则和方法	13	2.4.2 井式梁的设计实例	69
1.3.1 结构的整体分析	13	* 2.5 无梁楼盖设计	71
1.3.2 结构的线弹性分析方法 ...	14	2.5.1 无梁楼盖的结构组成和	
1.4 结构设计步骤	15	受力分析	71
1.4.1 进行结构平面布置	15	2.5.2 无梁楼盖的计算	72
1.4.2 进行结构构件的		2.5.3 截面设计及构造要求	74
设计计算	15	2.5.4 柱帽的设计计算	75
1.4.3 绘制结构施工图	16	2.5.5 边梁设计	77
1.5 平法施工图	20	2.6 梁式楼梯和板式楼梯设计	78
1.5.1 准备工作	20	2.6.1 现浇梁式楼梯	78
1.5.2 平面注写方式	20	2.6.2 板式楼梯	80
1.5.3 截面注写方式	23	2.6.3 楼梯设计案例	81
本章小结	24	本章小结	85
思考题	24	思考题	86
习题	25	习题	86
第 2 章 钢筋混凝土梁板结构	27	第 3 章 单层厂房排架结构	91
2.1 整浇楼(屋)盖的受力体系	28	3.1 排架结构的组成和布置	92
2.1.1 单向板肋形楼盖	28	3.1.1 排架结构的组成	92
2.1.2 双向板肋形楼盖	30	3.1.2 结构布置	94
* 2.1.3 无梁楼盖	31	3.1.3 主要承重构件	99
2.2 单向板肋形楼盖的设计计算	32	3.2 排架内力计算	103
2.2.1 按弹性理论的计算方法 ...	32	3.2.1 计算简图	103
		3.2.2 荷载计算	104

3.2.3 排架的内力计算	109	4.3 荷载与水平地震作用计算	162
3.3 排架内力组合	115	4.3.1 楼面活荷载的折减	163
3.3.1 控制截面	115	4.3.2 风荷载	163
3.3.2 荷载组合	115	4.3.3 水平地震作用	164
3.3.3 内力组合	116	4.3.4 计算实例	165
* 3.3.4 关于厂房的空间作用	116	4.4 竖向荷载作用下的内力近似 计算	174
3.3.5 山墙抗风柱的 设计计算	119	4.4.1 分层法的计算假定	174
3.4 排架柱设计	120	4.4.2 计算步骤	174
3.4.1 柱截面配筋设计	120	4.4.3 计算实例	175
3.4.2 牛腿设计	121	4.5 水平作用下的内力和侧移近似 计算	184
3.5 柱下单独基础设计	125	4.5.1 反弯点法	184
3.5.1 基本规定	125	4.5.2 D 值法	185
3.5.2 地基计算	126	4.5.3 计算实例	186
3.5.3 独立基础设计的 一般要求	128	4.5.4 重力荷载代表值产生的 框架内力	190
3.5.4 基础底板尺寸的确定	131	4.5.5 水平作用下框架侧移的 近似计算和验算	194
3.5.5 基础的抗冲切承载力	132	4.6 框架的荷载效应组合	196
3.5.6 基础底板配筋	133	4.6.1 计算方法	196
3.5.7 现浇柱基础的插筋	134	4.6.2 计算实例	197
3.5.8 双杯口基础	135	4.7 框架的配筋计算	210
3.6 设计案例	136	4.7.1 框架梁配筋计算	210
3.6.1 设计资料	136	4.7.2 框架柱配筋计算	213
3.6.2 排架结构计算	137	4.7.3 箍筋加密	216
3.6.3 排架柱配筋计算	140	4.7.4 框架施工图	216
3.6.4 基础设计	144	4.8 多层钢筋混凝土框架结构 设计资料	218
3.6.5 结构施工图	147	4.8.1 设计资料	218
本章小结	148	4.8.2 建筑施工图	220
思考题	149	本章小结	227
习题	149	思考题	227
习题	149	习题	228
第 4 章 多层钢筋混凝土框架结构 ...	155	第 5 章 剪力墙结构	230
4.1 框架结构布置	156	5.1 结构布置	231
4.1.1 框架结构的组成和特点 ...	156	5.1.1 承重方案	231
4.1.2 框架结构布置的 一般原则	157	5.1.2 剪力墙的布置原则	231
4.2 框架的计算简图	158	5.2 剪力墙结构的分类和受力 特点	232
4.2.1 构件截面选择	158	5.2.1 剪力墙的分类	232
4.2.2 框架结构的计算简图	159		
4.2.3 计算实例	160		

5.2.2 剪力墙结构的 受力特点	233	5.5.4 连梁的布置	252
5.2.3 剪力墙的分类判别	234	本章小结	253
5.3 剪力墙结构的计算要点	236	思考题	254
5.3.1 计算假定	236	习题	255
5.3.2 竖向荷载作用下的 内力计算	236	第 6 章 框架—剪力墙结构	257
5.3.3 水平荷载作用下的 剪力分配	237	6.1 框架—剪力墙的结构布置	258
5.3.4 不同类型剪力墙的 计算要点	237	6.1.1 房屋的适用高度和 高宽比	258
5.4 剪力墙的设计	240	6.1.2 楼盖结构	258
5.4.1 剪力墙底部加强部位	240	6.1.3 平面布置原则	258
5.4.2 剪力墙墙肢及连梁 内力调整	240	6.2 框架—剪力墙的受力特点	260
5.4.3 剪力墙正截面承载力 计算	242	6.3 框架—剪力墙的计算要点	261
5.4.4 剪力墙斜截面抗剪承载力 计算	244	6.3.1 基本假定和计算简图	261
5.4.5 墙肢平面外承载力 验算	245	6.3.2 基本参数的确定	263
5.4.6 施工缝的抗滑移验算	246	6.3.3 基本方程的建立	265
5.4.7 连梁正截面受弯承载力 计算	246	6.3.4 各榀剪力墙、框架的 内力计算	269
5.4.8 连梁斜截面抗剪承载力 计算	247	6.4 框架—剪力墙的设计与构造	270
5.5 剪力墙的构造措施	248	6.4.1 有抗震要求时的 设计方法	271
5.5.1 构造的一般规定	248	6.4.2 框架—剪力墙的 构造要求	272
5.5.2 剪力墙的轴压比	251	本章小结	272
5.5.3 剪力墙的钢筋布置	251	思考题	273
		习题	273
		附录	275
		参考文献	303

第1章

结构设计的一般概念

教学目标

本章介绍结构设计的一般概念。通过本章的学习，要求达到以下目标。

- (1) 掌握结构设计的基本规定。
- (2) 熟悉结构的线弹性分析方法。
- (3) 理解结构防连续倒塌设计方法及既有结构的设计规定。

教学要求

知识要点	能力要求	相关知识
混凝土结构类型	(1) 了解梁板结构、排架结构、刚架结构、框架结构的构件连接方式 (2) 了解高层混凝土结构的主要类型和特点	(1) 受弯构件 (2) 偏心受压柱 (3) 剪力墙，框架—剪力墙
结构设计的基本规定	(1) 了解混凝土结构中的结构缝设计要求 (2) 了解结构防连续倒塌设计的目标 (3) 了解既有结构的设计规定	(1) 设计方案 (2) 结构缝 (3) 既有结构
结构分析方法	(1) 理解结构分析应符合的条件 (2) 熟悉杆系结构中杆件截面刚度的确定方法 (3) 掌握杆系结构的计算图形确定方法	(1) 线弹性分析方法 (2) 平法施工图



基本概念

建筑和结构、梁板结构、排架结构、框架结构、高层结构、剪力墙结构、框架—剪力墙结构、筒体结构、既有结构



引言

建筑和结构的统一体即建筑物，它具有两个方面的特质：一是它的内在特质，即安全性、适用性和耐久性；二是它的外在特质，即使用性和美学要求。前者取决于结构，后者取决于建筑。结构是建筑物赖以存在的物质基础，在一定的意义上，结构支配着建筑。一个成功的设计往往以经济合理的结构方案为基础。在决定建筑设计中的平面、立面和剖面时，就需要考虑结构方案的选择，使之既满足建筑的使用和美学要求，又照顾到结构的可能性和施工的难易。巴黎国立蓬皮杜艺术中心是建筑和结构和谐统一的一个例子(图 1.1)。

如果说卢浮宫代表着法兰西的古代文明，那么“国立蓬皮杜艺术中心”便是现代化巴黎的象征。

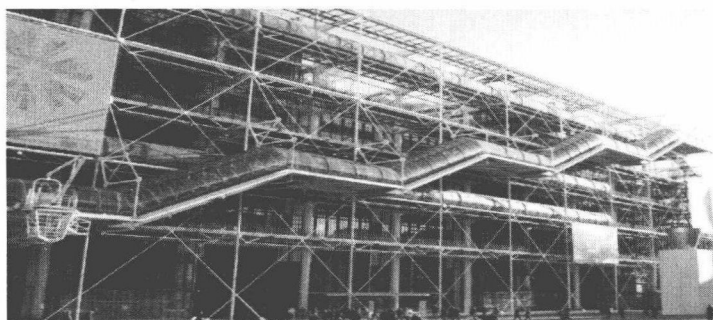


图 1.1 巴黎国立蓬皮杜艺术中心

不仅它内部的设计、装修、设备、展品等新颖、独特、具有现代化水平，它的外部结构也同样独到、别致、颇具现代化风韵。这座博物馆一反传统的建筑艺术，将所有柱子、楼梯及以前从不为人所见的管道等一律请出室外，以便腾出空间，便于内部使用。整座大厦看上去犹如一座被五颜六色的管道和钢筋缠绕起来的庞大的化学工厂厂房，在那一条条巨型透明的圆筒管道中，自动电梯忙碌地将参观者迎来送往。

下面在讲述混凝土结构构件的设计原理和设计计算方法后，将对几种基本的混凝土结构设计进行介绍。

1.1 混凝土结构的分类

混凝土结构包括钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构，都是由混凝土和钢筋两种材料组成。此外，还有由钢框架、型钢混凝土框架、钢管混凝土框架与钢筋混凝土核心筒体所组成的共同承受水平和竖向作用的混合结构。钢筋混凝土结构是应用最广泛的结构，除一般工业与民用建筑外，许多特种结构(如水塔、水池、高烟囱等)也采用钢筋混凝土建造。

1.1.1 梁板结构

顾名思义，这是由梁和板等受弯构件组成的结构，通常作为水平放置的结构构件，广泛用于房屋的楼盖和屋盖中，并在楼梯间、挡土墙、水池顶板等建筑和构筑物中得到应用。本书将在第 2 章中详细介绍这种结构。

1.1.2 单层房屋结构

大跨度的单层工业厂房和公共建筑，其屋盖及其支承结构就是单层房屋结构，有多种不同的结构类型。

1. 排架结构

排架结构的承重体系是屋面横梁(屋架或屋面大梁)、柱及基础，主要用于单层工业厂

房。其屋面横梁(屋架或混凝土大梁)与柱的顶端铰接,柱的下端与基础顶面刚接(图 3.1),这种结构将在本书第 3 章中详细介绍。

2. 刚架结构

刚架是一种梁柱合一的结构构件,钢筋混凝土刚架结构常作为中小型单层工业厂房的主体结构,也可用于民用建筑。刚架有三铰、两铰及无铰等几种形式,可以做成单跨或多跨结构(图 1.2)。

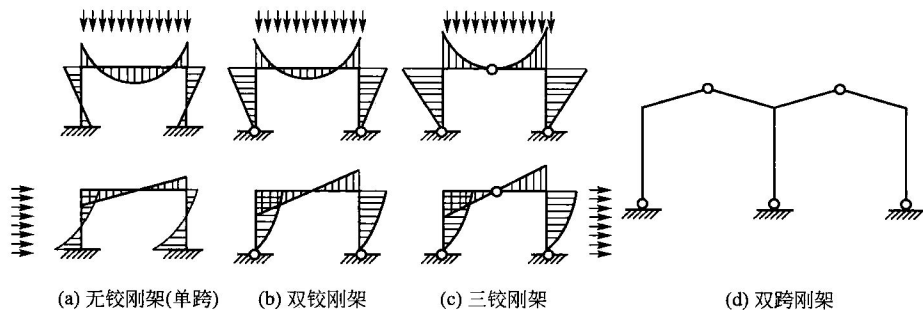


图 1.2 刚架结构形式和受力

刚架的横梁和立柱整体浇筑在一起,交接处形成刚节点,该处需要较大的截面,因而刚架一般做成变截面。刚架横梁通常为人字形(也可做成弧形);为便于排水,其坡度一般取 $1/3 \sim 1/5$;整个刚架呈“门”形,因此也称为门式刚架,它可使室内有较大的空间。门式刚架的杆件一般采用矩形截面,其截面宽度一般不小于 200mm (无吊车时)或 250mm (有吊车时);门式刚架结构不宜用于吊车吨位较大的厂房(以不超过 10t 为宜),其跨度一般为 18m 左右。

3. 拱结构

拱是以承受轴压力为主的结构。由于拱的各截面上的内力大致相等,因而拱结构是一种有效的大跨度结构,在桥梁和房屋中都有广泛的应用(图 1.3)。

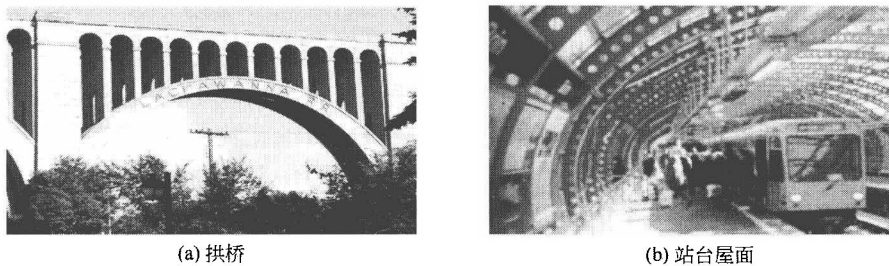


图 1.3 拱结构

拱结构可分为三铰拱、双铰拱或无铰拱等几种形式,其轴线常采用抛物线形状(当拱的矢高 f 不大于拱跨度的 $1/4$ 时,也可用圆弧代替)(图 1.4)。拱的矢高 f 一般为拱跨度的 $1/2 \sim 1/8$;矢高小的拱水平推力大,拱体受力也大;矢高大时则相反,但拱体长度增加。合理地选择矢高是设计中应充分考虑的问题。

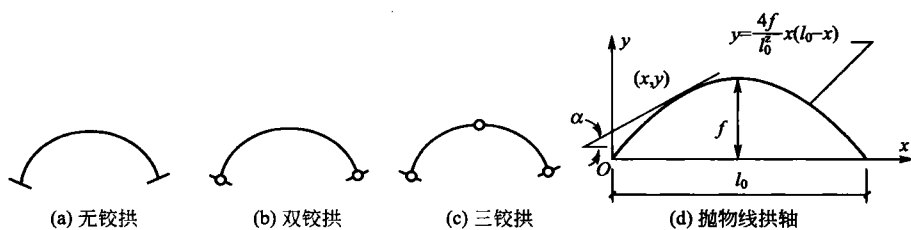


图 1.4 拱的形式及拱轴线

拱体截面一般为矩形截面或 I 形截面等实体截面。当截面高度较大时(如大于 1.5m), 也可做成格构式、折板式或波形截面。

为了可靠地传递拱的水平推力, 可以采取一些措施: ①推力直接由钢拉杆承担 [图 1.5(a)], 这种结构方案可靠, 因此应用较多; ②拱推力经由侧边框架(刚架)传至地基 [图 1.5(b)], 此时框架应有足够的刚度, 且其基础应为整片式基础; ③当拱的水平推力不大且地基承载力大、地基压缩性小时, 水平推力可直接由地基抵抗 [图 1.5(c)]。

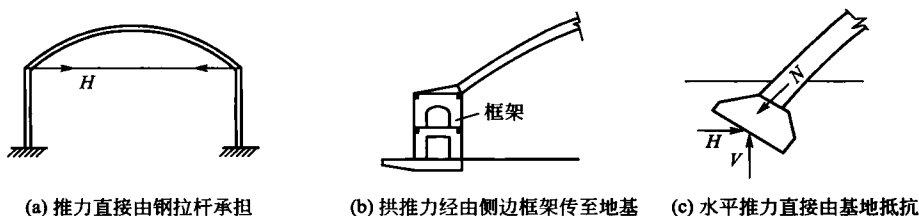


图 1.5 拱的水平推力的传递

4. 壳体结构

上述的几种结构都是平面受力的杆件结构体系, 其特点是可以忽略各组成构件间的空间受力作用, 计算比较简单, 但跨度不能太大。当结构构件的空间受力性能不可忽略时, 即成为空间受力结构。在单层大跨度房屋中, 壳体结构就是这样的空间受力结构。

1) 旋转曲面

旋转曲面是由平面曲线绕竖轴旋转所形成的曲面。平面曲线不同时, 其曲面形状也不相同(图 1.6)。典型的旋转曲面是球壳, 它是由圆弧绕竖轴旋转而成的曲面。球壳的受力较简单, 其壳身(壳体)主要承受压力, 其边缘构件(支座环)对壳身起箍的作用, 约束壳体的变形, 承受环向拉力和弯矩(图 1.7)。

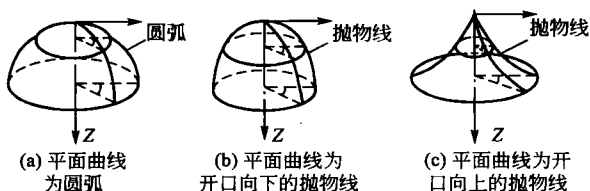


图 1.6 旋转曲面

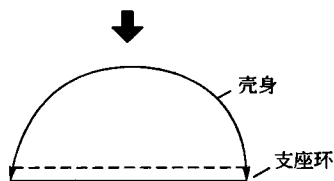


图 1.7 球壳的组成

现浇钢筋混凝土球壳,其跨度可达100m。壳体厚度可为圆顶曲率半径的1/600,但不应小于60mm。球壳的支座环如同拱的拉杆对拱的作用一样,是非常重要的,在设计时应与壳体统一考虑(如壳体在支座环附近应适当加厚并采用双层钢筋或采用预应力混凝土支座环等)。

2) 平移曲面

一根竖向曲线(母线)沿另一曲线(导线)平行移动时所形成的曲面称为平移曲面。当母线和导线都是抛物线且凸向相同时,平移形成的曲面称椭圆抛物面(这种曲面和水平面的截交曲线为椭圆);当母线和导线都是抛物线但凸向相反时,平移所成的曲面称双曲抛物面(图1.8)。

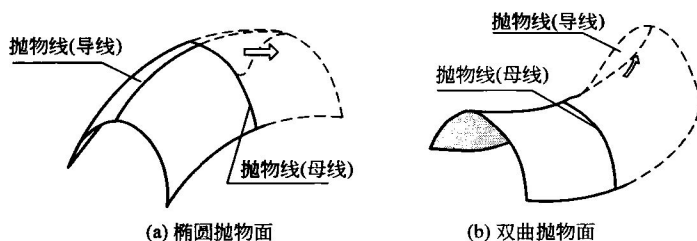


图 1.8 平移曲面

最常见的平移曲面之一是双曲扁壳,它是平面为矩形的椭圆抛物面(图1.9),其中壳顶总矢高 $f=f_1+f_2$, 小于底面边长的1/5。双曲扁壳由壳体及周边的4个横隔组成,4个横隔互相连接,给壳体以有效的约束,在设计和施工时应保证壳体与横隔有可靠的结合。横隔一般是带拉杆的拱,也可以是变高度的梁(仅用于小跨度)。工程实例如北京火车站的中央大厅,顶盖为35m×35m的双曲扁壳,矢高为7m,壳体厚度为80mm;北京网球馆的顶盖跨度为42m×42m,壳体厚度为90mm。

扭壳是另一种常见的平移曲面壳,它是沿双曲抛物面沿直纹方向截取出来的一块壳面,也可以用一根直线跨在两根相互倾斜但不相交的直线上平行移动而成(图1.10)。扭壳的受力状态较为理想:在满跨均匀荷载作用下,壳体各点受纯剪力作用且为常量,整个扭壳可想象为由一系列拉索(主拉应力方向)与一系列压拱(主压应力方向)正交组成的曲面。扭壳的四周应有直杆作侧边构件,扭壳上的荷载通过扭壳周边传到侧边构件上。扭壳可以用一整块的形式作屋盖,也可以多块组合成式样新颖的屋盖(图1.11)。

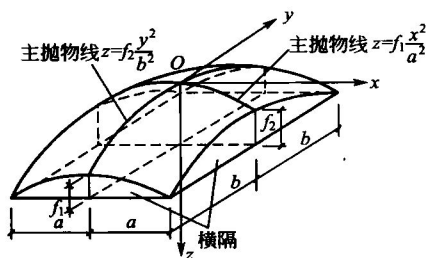


图 1.9 双曲扁壳

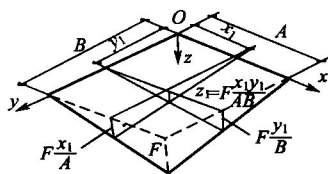


图 1.10 扭壳的形成

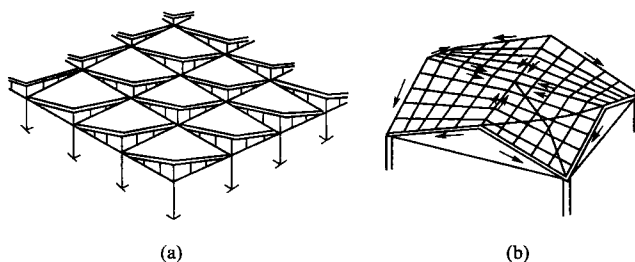


图 1.11 扭壳屋盖

3) 直纹曲面

一段直线的两端各沿两条固定曲线移动所形成的曲面称为直纹曲面。建筑中常用的直纹曲面有单曲柱面、劈锥曲面等(图 1.12)。扭壳也是一种直纹曲面。

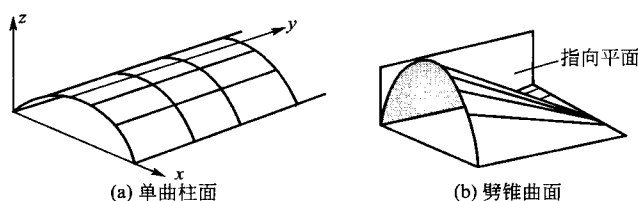


图 1.12 直纹曲面

4) 单曲柱面

单曲柱面薄壳是常见的另一种屋盖形式，它由壳体、侧边构件及横隔组成(图 1.13)。横隔之间的距离 l_1 即壳体的跨度，侧边构件间的距离 l_2 称为壳体的波长。当 $l_1/l_2 \geq 1$ 时称为长壳， $l_1/l_2 < 1$ 时称为短壳。长壳的跨度可达 30m，短壳的跨度一般为 5~12m。壳体截面可为圆弧、椭圆或其他形状曲线，但一般采用圆弧。

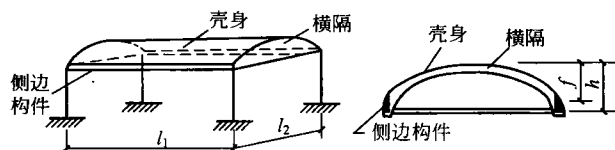


图 1.13 单曲柱面薄壳的组成

壳体高度 h 包括侧边构件在内，一般为 $(1/10 \sim 1/5)l_1$ ，矢高 f 不小于 $(1/8 \sim 1/6)l_2$ ，壳体厚度可取 $(1/300 \sim 1/200)l_2$ ，且不小于 60mm。侧边构件的高度一般取 $(1/30 \sim 1/20)l_1$ 。横隔是柱面壳的横向边框，承受壳体传下的荷载并传递到下部结构，可采用变高度梁、带拉杆的拱或刚架。

5. 折板结构

折板结构可视为柱面壳的曲线由内接多边形代替的结构，其计算和组成构造也大致相同。折板的截面形式可以多种多样(图 1.14)。折板的厚度一般不大于 100mm，折板宽度不大于 3m，折板高度(含侧边构件)一般不小于跨度的 1/10。

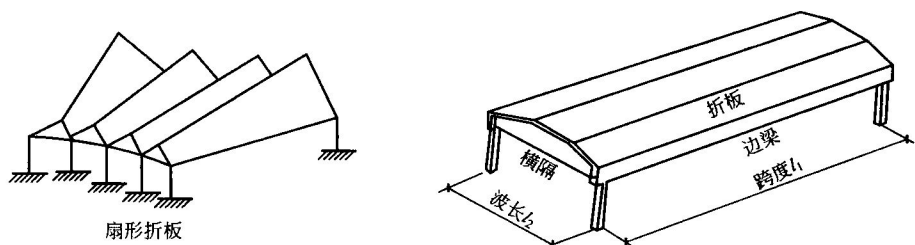


图 1.14 折板结构

1.1.3 多层与高层结构

通常把 10 层及 10 层以上或房屋高度大于 28m 的住宅建筑和房屋高度大于 24m 的其他高层民用建筑称为高层建筑，用于高层建筑的混凝土结构称为高层混凝土结构(其中 30 层或 100m 以上的房屋也称为超高层结构)，而把低于上述规定层数或高度的混凝土房屋结构称为多层混凝土房屋结构。房屋高度是指自室外地面至房屋主要屋面的高度，不包括突出屋面的电梯机房、水箱、构架等的高度。

1. 高层结构平面布置的一般原则

在高层建筑的每一个独立结构单元里，结构平面宜简单、规则、减少偏心，质量、刚度和承载力分布宜均匀，不应采用严重不规则的平面布置，并宜采用风作用效应较小的平面形状；结构平面布置应减少扭转的影响。

满足抗震设计要求的混凝土高层建筑，其平面布置应符合下列规定：平面长度不宜过长，相关尺寸(图 1.15)应符合表 1-1 的规定；建筑平面不宜采用角部重叠或细腰的平面布置；宜调整平面形状，避免设置防震缝。

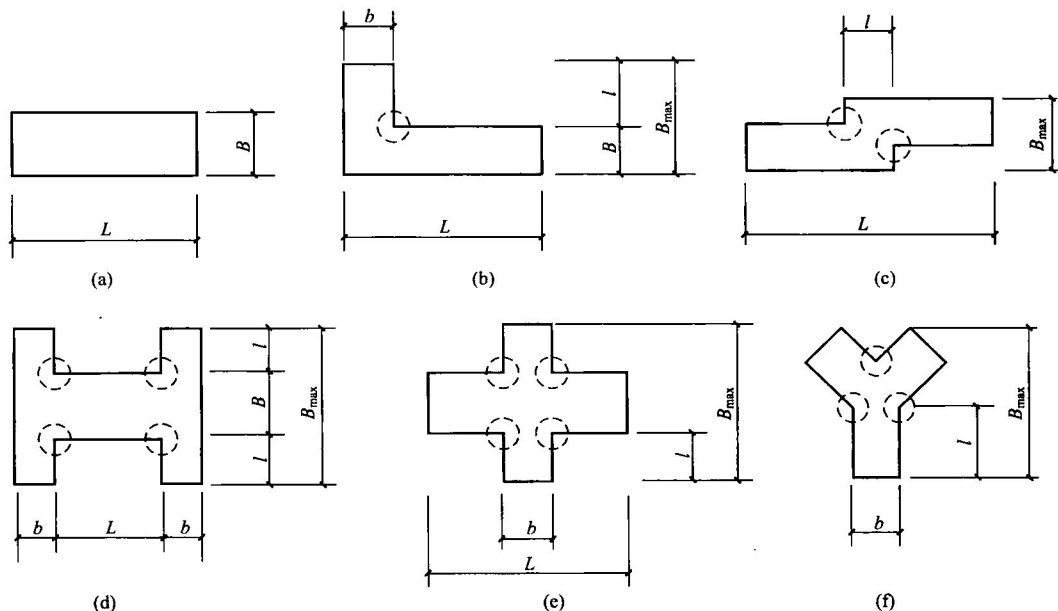


图 1.15 混凝土高层建筑平面尺寸的规定

表 1-1 平面尺寸及突出部位尺寸的比值限制

设防烈度	L/B	$l/B_{\max}$	l/b
6、7 度	≤ 6.0	≤ 0.35	≤ 2.0
8、9 度	≤ 5.0	≤ 0.30	≤ 1.5

当楼板平面比较狭长，有较大的凹入或开洞时，应在设计中考虑其对结构产生的不利影响。楼板开大洞削弱后，宜采取措施加强：①加厚洞口附近楼板，提高楼板的配筋率，采用双层双向配筋；②洞口边缘设置暗边梁；③在楼板洞口角部集中配置斜向钢筋。

2. 高层建筑结构的竖向布置

1) 竖向体型

高层建筑的竖向体型宜规则、均匀，避免有过大的外挑和收进，结构的侧向刚度宜上小下大，逐渐均匀变化；抗震设计时，框架—剪力墙楼层与相邻楼层的侧向刚度之比不宜小于 0.9，当本层层高大于相邻上层层高的 1.5 倍时，该比值不宜小于 1.1，对于底部嵌固层，该比值不宜小于 1.5。

2) 楼层抗侧力结构

A 级高度高层建筑的楼层抗侧力结构的层间受剪承载力不宜小于其相邻上一层受剪承载力的 80%，不应小于其相邻上一层受剪承载力的 65%；B 级高度高层建筑的楼层抗侧力结构的层间受剪承载力不宜小于其相邻上一层受剪承载力的 75%；抗震设计时，结构竖向抗侧力构件宜上、下连续贯通。

3) 收进和外挑

楼层质量沿高度宜分布均匀，不宜大于相邻下部楼层质量的 1.5 倍；抗震设计时，当结构上部楼层收进部位到室外地面的高度 H_1 与房屋高度 H 之比大于 0.2 时，上部楼层收进后水平尺寸 B_1 不宜小于下部楼层水平尺寸 B 的 75%；当上部楼层相对于下部楼层外挑时，上部楼层水平尺寸 B_1 不宜大于下部楼层水平尺寸 B 的 1.1 倍，且水平外挑尺寸 a 不宜大于 4m。

当侧向刚度变化、承载力变化、竖向抗侧力构件连续性不符合上述规定时，其楼层对应于地震作用标准值的剪力应乘以 1.25 的增大系数。

3. 材料

高层建筑混凝土结构宜采用高强高性能混凝土和高强钢筋。

1) 混凝土

各类结构用混凝土的强度等级均不应低于 C20，且应符合下列规定：①抗震设计时，一级抗震等级框架梁、柱及其节点的混凝土强度等级不应低于 C30；筒体结构的混凝土强度等级，型钢混凝土梁、柱的混凝土强度等级，作为上部结构嵌固部位的地下室楼盖的混凝土强度等级，均不宜低于 C30；②预应力混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 C40，不应低于 C30；③现浇非预应力混凝土楼盖结构的混凝土强度等级不宜高于 C40；④抗震设计时，框架柱的混凝土强度等级，9 度时不宜高于 C60，8 度时不宜高于 C70；剪力墙的混凝土强度等级不宜高于 C60。各类混凝土的强度设计值见附表 2。

2) 钢筋

按一、二、三级抗震等级设计的框架和斜撑构件,其纵向受力钢筋应符合以下要求:

①钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25; ②钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于 1.30; ③钢筋最大拉力下的总伸长率实测值不应小于 9%。钢筋的强度设计值见附表 1。

4. 几种结构类型

1) 框架结构

框架结构是梁和柱为主要构件组成的承受竖向和水平作用的结构。框架横梁与框架柱为刚性连接,形成整体刚架;底层柱脚通常也与基础刚接。本书将在第 4 章详细介绍框架结构。

现浇钢筋混凝土框架结构广泛用于 6~15 层的多层和高层房屋,比如教学楼、实验楼,办公楼、医院、商业大楼、高层住宅等。框架结构的最大适用高度见表 1-2,其经济层数为 10 层左右。其适用的最大高宽比为 5(非抗震设计)、4(6 度、7 度)和 3(8 度),一般以 5~7 为宜。

表 1-2 框架结构的最大适用高度

抗震设防烈度	非抗震设计	6 度	7 度	8 度(0.20g)	8 度(0.30g)	9 度
最大适用高度/m	70	60	50	40	35	—

2) 剪力墙结构

钢筋混凝土剪力墙(在抗震设计中称为抗震墙)是指以承受水平作用为主要目的(同时也承受相应范围内的竖向作用)而在房屋结构中设置的成片钢筋混凝土墙体。《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 规定:当竖向构件截面长边和短边(厚度)的比值大于 4 时,宜按钢筋混凝土墙的要求设计。在水平作用下,剪力墙如同一个巨大的悬臂梁,其整体变形为弯曲线。

剪力墙的高度往往从基础到屋顶,为房屋的全高,宽度可以是房屋的全宽,而厚度最薄可到 140mm。剪力墙与钢筋混凝土楼、屋盖整体连接,形成剪力墙结构。

特殊情况下,为了在建筑底部做成较大空间,有时将部分剪力墙底部做成框架柱,形成框支剪力墙(图 1.16),但是这种墙体上、下刚度形成突变,对抗震极为不利。因此在地震区不允许采用框支剪力墙结构体系,只可以采用部分剪力墙落地、部分剪力墙框支的结构体系,并且在构造上满足以下要求:①落地墙布置在两端或中部,纵、横向连接围成筒体;②落地墙间距不能过大;③落地剪力墙的厚度和混凝土的等级要适当提高,使整体结构上、下刚度相近;④应加强过渡层楼板的整体性和刚度。

高层结构建筑的最大适用高度区分为 A 级和 B 级。A 级高度的钢筋混凝土高层建筑在目前高层建筑中数量最多,应用最为广泛。当最大高度超出 A 级高度时,列入 B 级高度高层建筑,它有更严格的计算和构造措施。剪力墙结构的最大适用高度见表 1-3。

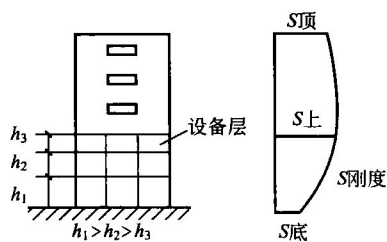


图 1.16 框支层剪力墙

表 1-3 剪力墙结构的最大适用高度

m

抗震设防烈度	非抗震设计	6 度	7 度	8 度(0.20g)	8 度(0.30g)	9 度
全部落地剪力墙	150(180)	140(170)	120(150)	100(130)	80(110)	60
部分框支剪力墙	130(150)	120(140)	100(120)	80(100)	50(80)	不应采用

注：本表适用于乙类和丙类高层建筑，括号外数字为 A 级高度，括号内数字为 B 级高度。

剪力墙结构的优点是：①整体性好、刚度大，抵抗侧向变形能力强；②抗震性能较好，设计合理时结构具有较好的塑性变形能力。因而剪力墙结构适宜的建造高度比框架结构要高。其缺点是：受楼板跨度的限制(其跨度一般为 3~8m)，剪力墙的间距不能太大，因而建筑平面布置不够灵活。本书将在第 5 章介绍这种结构。

3) 框架—剪力墙结构

从前面的叙述可以看出，框架结构在平面布置上有较大的灵活性，但侧移刚度不如剪力墙结构；而剪力墙结构则相反。若在框架的适当部位(如山墙、楼梯间、电梯间等处)设置剪力墙，则组成由框架—剪力墙共同承受竖向和水平作用的框架—剪力墙结构。这种结构综合了框架结构和剪力墙结构的优点，一般可用作办公楼、旅馆、公寓、住宅等高层民用建筑。框架—剪力墙结构的最大适用高度见表 1-4。

表 1-4 框架—剪力墙结构的最大适用高度

m

抗震设防烈度	非抗震设计	6 度	7 度	8 度(0.20g)	8 度(0.30g)	9 度
最大适用高度	150(170)	130(170)	120(140)	100(120)	80(100)	50(—)

注：同表 1-3。

在考虑结构选型和结构布置时，对建筑装修有较高要求的房屋和高层建筑，也应优先使用框架—剪力墙结构或剪力墙结构。框架—剪力墙结构将在本书第 6 章介绍。

在框架—剪力墙结构体系中，剪力墙的布置应注意以下几点：①剪力墙以对称布置为好，可减少结构的扭转，这一点在地震区尤为重要；②剪力墙应上下贯通，使结构刚度连续而且变化均匀；③剪力墙宜布置成筒体，建筑层数较少时，也应将剪力墙布置成 T 形、L 形、I 形等，便于剪力墙更好地发挥作用；④剪力墙应布置在结构的外围，可以加强结构的抗扭作用，但是考虑温度应力的影响和楼板平面内的变形，剪力墙的间距不应过大。

此外，由无梁楼板和柱组成的板柱框架与剪力墙共同承受竖向和水平作用的结构称为板柱—剪力墙结构，是框架—剪力墙结构的一种特殊形式。

在水平荷载作用下，框架—剪力墙结构的整体变形受框架和剪力墙的共同影响，呈弯剪型。

4) 筒体结构

由竖向筒体为主组成的承受竖向和水平作用的建筑结构称为筒体结构。筒体结构的筒体分剪力墙围成的薄壁筒和由密柱框架或壁式框架围成的框筒等。这种由集中到房屋的外部或内部的薄壁筒或框筒所组成的一个竖向、悬臂的封闭箱体，可以大大增强房屋的整体空间受力性能和抗侧移能力。由内筒(称为核心筒)和外围框筒组成的筒体结构称为筒中筒结构；由内筒与外围的稀柱框架组成的筒体结构称为框架—核心筒结构。内筒通常是由剪力墙围成的实腹筒，而外筒一般采用框筒或桁架筒(图 1.17)。其中桁架筒是筒体的四壁采用桁架做成的。与框筒相比，桁架筒具有更大的抗侧移刚度。