

建筑结构 与选型

JIANZHU JIEGOU
YU XUANXING

杜咏 陈瑜 编

中国建筑工业出版社

建筑结构与选型

杜咏 陈瑜 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构与选型/杜咏, 陈瑜编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009

ISBN 978-7-112-11561-7

I. 建… II. ①杜…②陈… III. 建筑结构-结构形式 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 204469 号

责任编辑: 黄珏倩

责任设计: 崔兰萍

责任校对: 陈波 王雪竹

建筑结构与选型

杜咏 陈瑜 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 10 字数: 244 千字

2009 年 12 月第一版 2009 年 12 月第一次印刷

定价: 28.00 元

ISBN 978-7-112-11561-7

(18829)

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)

目 录

第一篇 力学与结构	
1.1 钢筋混凝土结构基本构件..... 1	
1.1.1 钢筋混凝土受弯构件的正截面强度计算..... 2	
1.1.2 钢筋混凝土受弯构件斜截面强度计算 4	
1.1.3 钢筋混凝土受压构件的强度计算 7	
1.1.4 楼梯 8	
1.2 钢筋混凝土构件的构造措施 11	
1.2.1 一般构造措施 11	
1.2.2 板的构造要求 12	
1.2.3 梁的构造要求 14	
1.2.4 柱的构造要求 17	
1.3 钢筋混凝土平面楼盖 18	
1.3.1 肋梁楼盖 18	
1.3.2 无梁楼盖 19	
1.3.3 密肋楼盖 20	
1.3.4 钢—混凝土组合楼盖..... 21	
1.4 砌体结构 23	
1.4.1 块材、砂浆、砌体的物理力学性能 23	
1.4.2 墙柱高厚比验算 27	
1.4.3 构造措施和常用经验..... 30	
1.5 地基及基础 32	
1.5.1 天然地基上浅基础 33	
1.5.2 基础底面尺寸的确定..... 37	
1.5.3 天然地基 38	
引言..... 40	
第二篇 高层建筑结构体系及工程实例	
2.1 高层建筑一般规定 43	
2.1.1 高层建筑的定义 43	
2.1.2 高层建筑的规范适用高度 43	
2.1.3 高层建筑结构的高宽比..... 44	
2.2 框架结构 45	
2.2.1 框架结构的特点 45	
2.2.2 框架结构的柱网布置..... 45	
2.2.3 框架结构的适用层数和 高宽比 47	
2.3 剪力墙结构 49	
2.3.1 剪力墙的概念和力学机理 49	
2.3.2 剪力墙结构的特点 50	
2.3.3 剪力墙的形状和布置原则 51	
2.3.4 剪力墙的分类 52	
2.3.5 两种特殊的剪力墙结构..... 53	
2.3.6 工程实例 57	
2.4 框架—剪力墙（筒体）和框 架—支撑结构 58	
2.4.1 框架—剪力墙的概念和 力学机理 58	
2.4.2 框架—剪力墙结构的特点 58	
2.4.3 框架—剪力墙体系的剪 力墙布置 59	
2.4.4 工程实例 62	
2.4.5 框架—支撑结构 62	
2.5 框架—核心筒结构、框 架—核心筒—伸臂结构 64	
2.5.1 核心筒的概念和力学机理 64	
2.5.2 框架—核心筒结构 64	
2.5.3 框架—核心筒—伸臂结构 65	
2.5.4 工程实例 67	
2.6 筒中筒结构 70	
2.6.1 筒体的概念和力学机理 70	
2.6.2 框筒的概念和力学机理 70	

2.6.3	筒中筒结构的特点	71	3.1.2	常用尺寸	95
2.6.4	筒中筒结构的结构布置	72	3.1.3	铰位设置的影响	95
2.6.5	筒中筒结构的平面外形	72	3.1.4	平面刚架侧向稳定	96
2.6.6	工程实例	73	3.1.5	艺术处理手法	96
2.7	束筒结构	75	3.1.6	建筑实例	97
2.8	巨型框架结构	77	3.2	桁架	98
2.8.1	巨型框架结构的概念和力学机理	77	3.2.1	平面桁架(桁架)	98
2.8.2	工程实例	77	3.2.2	立体桁架	101
2.9	转换层	81	3.2.3	空腹桁架	102
2.9.1	转换层结构在多高层建筑中的设置原则	81	3.2.4	建筑实例	102
2.9.2	转换层的形式	82	3.3	拱	103
2.10	建筑体形和结构总体布置	83	3.3.1	拱的结构特点与优缺点	103
2.10.1	结构平面布置	83	3.3.2	拱的内力	104
2.10.2	结构竖向布置	84	3.3.3	拱身构造	105
2.10.3	避免扭转	86	3.3.4	拱脚推力的处理	105
2.10.4	抗侧力结构的布置应使房屋中各部分的刚度均匀,不应过分悬殊	86	3.3.5	建筑实例	108
2.10.5	在烈度较高的抗震设防区,楼、电梯间不宜布置在结构单元的两端和拐角部位	86	3.4	壳体	109
2.10.6	结构布置不合理的工程实例	87	3.4.1	发展概况	109
2.11	结构体系的适用范围	89	3.4.2	受力特点	109
2.12	高层建筑结构体系的发展前景	90	3.4.3	筒壳	110
2.12.1	平面桁架和空间桁架的应用	90	3.4.4	球壳	112
2.12.2	消能减震结构的发展	91	3.4.5	双曲扁壳	114
2.12.3	建筑体型的革新变化	91	3.4.6	鞍壳	114
			3.4.7	扭壳	115
			3.5	折板	118
			3.5.1	折板的特点	119
			3.5.2	折板的力学特征	119
			3.5.3	折板梁(梁式折板)	119
			3.5.4	折板墙柱、折板刚架	121
			3.5.5	幕结构	121
			3.5.6	建筑实例	122
			3.6	网壳	122
			3.6.1	概述	122
			3.6.2	筒网壳	123
			3.6.3	球网壳(网穹)	124
			3.6.4	其他类型网壳的形式和结构选型	126
			3.6.5	网壳工程建筑实例	127
			3.7	网架	129

第三篇 大跨建筑结构体系 及工程实例

3.1	刚架	94
3.1.1	刚架的受力特点	95

3.7.1	组成和受力特点	129	3.8.6	单层网状索系与建筑实例 ...	138
3.7.2	交叉平面桁架	129	3.8.7	双层并列索系(双层平行索系) 与建筑实例	139
3.7.3	交叉立体桁架——角锥 体系	130	3.8.8	双层辐射(碟形)索系 与建筑实例	140
3.7.4	网架结构的选型	130	3.8.9	鞍形索网结构与建筑实例 ...	141
3.7.5	网架主要尺寸	131	3.9	张弦梁结构	144
3.7.6	网架的杆件与节点	131	3.9.1	张弦梁结构的受力机理	144
3.7.7	网架的支承	132	3.9.2	张弦结构的特点	145
3.7.8	折板型网架	133	3.9.3	张弦梁结构的形式及分类 ...	145
3.7.9	建筑实例	133	3.9.4	平面张弦梁结构的设计 选型	146
3.8	悬索结构	134	3.9.5	张弦梁结构的建筑实例	147
3.8.1	悬索结构的组成	135	3.10	索—膜结构	148
3.8.2	索网的基本力学原理	135	3.10.1	发展概况	148
3.8.3	悬索结构的优缺点	135	3.10.2	膜常用材料性能	148
3.8.4	单层并列索系(单层平行索系) 与建筑实例	136	3.10.3	整体张拉式膜结构	148
3.8.5	单层辐射(碟形)索系 与建筑实例	137	3.10.4	索系支承式膜结构	151

第一篇 力学与结构

1.1 钢筋混凝土结构基本构件

新的结构材料中最使人发生兴趣的可能是钢筋混凝土。钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种性质不同的材料组成的共同受力的新生结构材料。此种人造材料发挥了混凝土的抗压强度与钢材的抗拉强度，使其适应各种构件和各种荷载。使结构设计更为自由。钢筋像一束具有张力的腱筋一样，渗透到一大堆水泥、砂子、碎石和水里去，把它们结合起来，待凝固之后，使构件具有较强的抗拉与抗压能力。混凝土是由水泥、砂子、石子和水按一定的配合比拌合而成的人工石材。内部结构复杂，力学性能亦较为复杂。钢材的性能，由矿物的成分和冶炼的工艺而定。

混凝土的性能则视其混合物各项成分的品质和数量而定，混凝土对于混合物成分的变化是极敏感的，故必须在实验室中作出科学的“设计配比”。在施工中所使用的每一批（拌合）混凝土都必须经过试验，以保证其强度与设计强度相吻合。砂石料颗粒的大小分布，水泥品质，以及使用水量，都可能影响到混凝土的强度及其硬化时间。混凝土在凝固的过程中，会产生热量，混凝土如果施工保养不恰当，即混凝土凝固过程中温度过低或过高，可能会因凝固不当而发生龟裂，或是其所获得极限强度较设计值低。因收缩所引起的裂缝，可能使潮气和水分进入至使钢材生锈，减小钢筋面积。

目前，我国通过的建筑钢材按化学成分可分为热轧碳素钢和普通低合金钢 2 种。按加工工艺可分为热轧钢筋、冷拉钢筋、热处理钢筋和钢丝 4 种。按钢筋的力学性能又能分为有明显屈服点的钢筋和无明显屈服点的钢筋 2 大类。

1. 热轧碳素钢 热轧碳素钢化学成分以铁为主，尚含少量碳、硅、锰、磷、硫。含碳高可使钢材强度高而塑性低。

2. 普通低合金钢 碳素钢成分中再加入少量锰、硅、钛、钒等合金元素，以提高强度，改善塑性。

3. 国产普通钢筋的级别、性能和特点

(1) HPB235 级钢筋。HPB235 (Q235)，即热轧光圆钢筋 235 级，属 I 级钢，代号 Φ 。由碳素钢 235 (Q235) 经热轧而成的光面圆钢筋，是一种低碳钢，质量稳定，塑性好，易焊接，易加工成型，以直条或圆盘交货，大量用于钢筋混凝土板和小型构件的受力钢筋以及各种构件的构造钢筋。

(2) HRB335 级钢筋。HRB335 (20MnSi)，即热轧带肋钢筋 335 级，属 II 级钢，代号 Φ 。主要是由 20MnSi 低合金钢经热轧而成的钢筋。为增加钢筋与混凝土之间的粘结力，表面轧制成外形为等高肋（螺纹），现在生产的外形均为月牙肋。

(3) HRB400 级钢筋。HRB400 (20MnSiV、20MnSiNb、20MnTi)，即热轧带肋钢筋 400 级，属新 III 级钢，代号 Φ 。这是我国近年来对原《混凝土规范》(GBJ 10—89) 规

定的Ⅲ级钢筋经过改进生产出来的品种，又称之为新Ⅲ级钢筋，外形为月牙肋。

(4) RRB400 级钢筋。RRB400 (K20MnSi)，即余热处理钢筋 400 级，属于Ⅲ级钢，代号 Φ^R 。钢筋混凝土结构所采用的钢筋按其形式不同又可分为柔性钢筋和劲性钢筋。柔性钢筋即上述光圆及带肋的普通钢筋，可作为钢筋混凝土结构各种构件受力钢筋和构造钢筋以及预应力混凝土结构构件的构造钢筋。

劲性钢筋是各种型钢、钢轨或用型钢与钢筋焊成的骨架。由于劲性钢筋的刚度大，施工时可以由劲性钢筋本身来支承模板和混凝土自重，可以简化支模工作。用劲性钢筋作配筋用钢量多。

1.1.1 钢筋混凝土受弯构件的正截面强度计算

梁、板是受弯构件的典型形式，主要承受弯矩和剪力。其截面中和轴上面受压，下面受拉，并组成截面内力偶矩以抵抗外力矩。当受力钢筋仅配置在受拉区时，称为单筋截面；当受拉区和受压区均配有受力钢筋时，称为双筋截面。

1.1.1.1 钢筋混凝土梁正截面破坏形态

根据试验研究，梁正截面的破坏形式与配筋率 ρ ，以及钢筋和混凝土的强度等级有关。

$$\rho = \frac{A_s}{b h_0} \times 100\%$$

一般根据 ρ 的大小可分为 3 种破坏形态。

(1) 适筋梁破坏形态

当梁的受力钢筋配置适量，即 $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$ ，其破坏过程可分为三个工作阶段。

第Ⅰ阶段，荷载较小，混凝土尚未开裂，整个截面钢筋和混凝土共同受力，承受抗裂弯矩 M_a ，梁处于弹性工作阶段。该阶段作为抗裂度极限状态计算的依据。

第Ⅱ阶段，荷载增加，受拉区混凝土开裂，拉力转让给钢筋，梁处于带裂缝工作阶段。该阶段作为构件的变形及裂缝宽度极限状态计算的依据。

第Ⅲ阶段，荷载继续增大，钢筋达到屈服，截面上形成一宽大的临界裂缝，受压区混凝土由较大的塑性变形到压碎，梁达到破坏时的极限弯矩 M_u 。该阶段称为屈服阶段，作为承载能力极限状态计算的依据。

受拉区混凝土开裂和钢筋屈服是划分三个受力阶段的界限。

适筋梁的破坏特征是受拉钢筋首先达到屈服，然后受压区混凝土压碎，梁的裂缝和变形剧增，破坏有先兆，故称为“塑性破坏”。钢筋和混凝土两种材料均得到充分利用，因而作为设计依据。

(2) 超筋梁

当梁的配筋量很大 $\rho \geq \rho_{\max}$ 时，其破坏特征是受压区混凝土首先被压碎，而受拉钢筋尚未达屈服，裂缝宽度和挠度均不明显，因而呈脆性破坏，缺乏明显的破坏先兆，材料利用也不充分，设计时应限制采用。

(3) 少筋梁

当梁的配筋量很低 $\rho \leq \rho_{\min}$ 时，其破坏特征是一旦开裂受拉钢筋即进入屈服甚至强化阶段，裂缝和挠度极大，受压区混凝土远未压坏，因此呈脆性破坏，无破坏先兆，不允许采用。

1.1.1.2 基本计算公式

根据计算图 1-1, 由静力平衡条件,
 $\Sigma X=0$, 可得

$$f_{cm} \cdot b \cdot x = f_y \cdot A_s \quad (1-1)$$

$\Sigma M=0$ 可得

$$M = f_{cm} \cdot b \cdot x \cdot \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (1-2)$$

式中 f_y ——钢筋抗拉强度设计值;
 f_{cm} ——混凝土弯曲抗压强度设计值, 为受压区混凝土采取等效矩形应力图形时的折算强度指标, $f_{cm}=1.1f_y$;
 A_s ——纵向受力钢筋截面面积;
 x ——混凝土等效受压区高度;
 h_0 ——截面有效高度;
 b ——矩形截面的宽度。

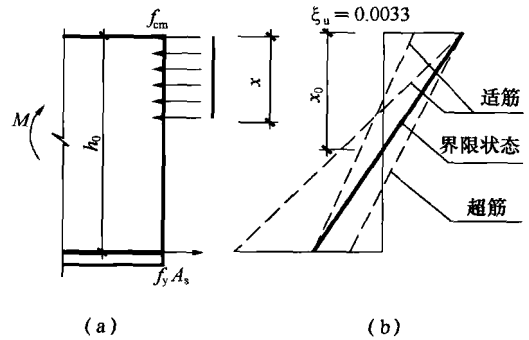


图 1-1 钢筋混凝土梁的受弯应力图

1.1.1.3 适用条件

为了防止出现超筋梁和少筋梁的情况, 基本公式必须满足下列条件。

(1) 防止超筋梁破坏的适用条件

为了防止超筋梁破坏, 应满足

$$\rho \leq \rho_{max} \text{ 或 } x \leq \xi_b h_0$$

其中 ρ_{max} 按下式计算

$$\rho_{max} = \xi_b \frac{f_{cm}}{f_y}$$

ξ_b ——相对界限受压区高度。它是截面钢筋屈服与混凝土压区边缘达到极限应变同时发生时界限受压区高度 x_b 与截面的有效高度 h_0 的比值。 ξ_b 见表 1-1。

相对界限受压区高度 ξ_b

表 1-1

钢筋类别	混凝土强度等级			
	$\leq C50$	C60	C70	C80
HPB235	0.614	—	—	—
HRB335	0.550	0.531	0.512	0.493
HRB400/RRB400	0.518	0.499	0.481	0.462

(2) 防止少筋梁破坏的适用条件

为了防止少筋梁破坏应满足

$$\rho \geq \rho_{min}$$

1.1.1.4 计算方法

式 (1-1) 和式 (1-2) 中, M 、 f_y 、 f_{cm} 、 b 和 h_0 可先选定, 则 x 、 A_s 可直接求解

如下：

$$x = h_0 \pm \sqrt{h_0^2 - 2M / f_{cm} \cdot b} \quad (1-3)$$

上式中若取正值，则必有 $x > h_0$ ，与实际不符，故只取负值。将 $x = h_0 \xi$ 代入式 (1-3)，求得 A_s 值。

$$A_s = \frac{bx f_{cm}}{f_y} = bh_0 \xi \frac{f_{cm}}{f_y}$$

当梁的截面为未知时，可参考经济配筋率合理地假定 ρ ，则可求得 x 的值。

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{A_s}{bh_0} \cdot \frac{f_y}{f_{cm}} = \rho \cdot \frac{f_y}{f_{cm}}$$
$$A_s = \rho bh_0$$

1.1.2 钢筋混凝土受弯构件斜截面强度计算

钢筋混凝土梁在满足正截面承载能力后，还可能发生斜截面承载能力不足，故应进行斜截面受剪承载力计算。

1.1.2.1 斜截面破坏的3种形态

(1) 斜压破坏

斜压破坏主要发生在以下两种情况：

1) 当梁的剪跨比 $a/h_0 < 1$ 时，剪弯区段剪力相对较大，弯矩相对较小。当荷载很大时，斜压柱体内将出现一些相互平行的斜裂缝，把斜压柱体分割为若干个小柱，进而使柱体混凝土受压酥裂，导致梁剪切破坏，破坏时箍筋应力低于屈服强度。此时，梁的斜压破坏强度主要取决于斜压柱体混凝土的抗压能力。

2) 在剪跨比适中或较大的梁中，配置的箍筋过多时，由于箍筋配置过多，箍筋尚未达到屈服强度而斜压柱中混凝土已被压碎，导致梁的破坏，这种情况下，箍筋的材料强度没能充分利用，显然是不经济的。

(2) 斜拉破坏

如果梁的剪跨比大，同时梁内箍筋又配置过少时，就会发生斜拉破坏。这种梁出现斜裂缝后，裂缝处混凝土退出工作，其原来承担的剪力转由箍筋承担，但由于箍筋配置过少，势必造成箍筋应力迅速增长并立即达到屈服强度，裂缝宽度明显过大，并很快延伸到梁顶，将梁剪断而破坏。

(3) 剪压破坏

1) 剪压破坏发生的条件

① 剪跨比不得过小

A. 当梁受均布荷载时，其剪跨比为

$$\lambda = \frac{M}{Vh_0} \quad (1-4)$$

式中 M 、 V ——分别为计算截面弯矩和剪力。

B. 当简支梁受集中荷载时，其剪跨比为

$$\lambda = \frac{a}{h_0} \quad (1-5)$$

式中 a ——剪跨。剪跨比实质上反映了正应力 σ_x 、 σ_y 及剪应力 τ 的影响。当 λ 较大时，

σ_x 起主导作用；当 λ 很小时， σ_y 及 τ 起主导作用。

②配箍率 ρ_{sv} 不得过高，应有 $\rho_{sv} \leq \rho_{sv,max}$ ，否则为斜压破坏。

$$\rho_{sv} = \frac{nA_{sv1}}{Sb}$$

式中 n ——同一截面内箍筋肢数；

A_{sv1} ——单肢箍筋的截面面积；

S ——箍筋的间距；

b ——梁宽。

当剪跨比较大时，配箍率不得过低，应有 $\rho_{sv} \geq \rho_{sv,max}$ ，否则为斜拉破坏。

2) 剪压破坏的过程

随着荷载的增加，在弯矩最大区段的受拉边缘将首先出现垂直裂缝，且逐渐向上发展，当荷载增加到一定程度，剪弯区段的受拉边缘混凝土也将出现沿垂直方向的微小裂缝（因为这区段内受拉边缘的主拉应力为水平方向），荷载进一步增加，这些裂缝将沿着主应力线向斜上方发展，荷载再增加，斜裂缝中将有一条向加荷点发展，使得剪压面减少，导致梁临近破坏状态，形成“临界斜裂缝”。临界斜裂缝处的箍筋达到屈服强度，裂缝宽度明显增大并向上扩展，混凝土剪压区进一步缩小，在剪应力与正应力的共同作用下，混凝土达到极限强度而破碎，梁失去承载能力。该种破坏，虽属脆性破坏，但材料强度利用充分，破坏有先兆，故为抗剪强度计算的依据。

1.1.2.2 斜截面强度计算公式

斜截面强度计算分析见图 1-2

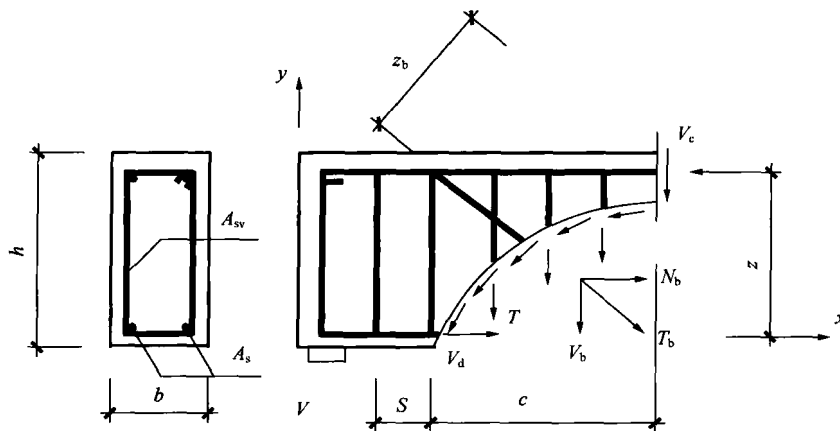


图 1-2

斜截面强度计算公式为

$$V \leq V_c + V_{sv} + T_b \sin \alpha_s$$

式中 V_c ——混凝土抗剪能力；

V_{sv} ——箍筋抗剪力；

T_b ——弯起钢筋拉力。

由于梁的截面形状和承载种类不同，可分为两种情况：

(1) 均布荷载作用下矩形、T形及I形截面梁斜截面受剪承载力计算公式如下

$$V \leq 0.07f_c b h_0 + 1.5f_{yv} \frac{A_{sv}}{S} h_0 + 0.8f_y A_{sb} \sin\alpha_s \quad (1-6)$$

式中 V ——梁斜截面上的最大剪力设计值；

f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值；

A_{sb} ——同一弯起钢筋的截面面积；

α_s ——弯起钢筋与构件纵向轴线的夹角；

0.8——弯起钢筋受力不均匀系数。

(2) 集中荷载作用下的矩形截面独立梁

计算公式如下

$$V \leq \frac{0.2}{\lambda + 1.5} f_c b h_0 + 1.25f_{yv} \frac{A_{sv}}{S} h_0 + 0.8f_y A_{sb} \sin\alpha_s \quad (1-7)$$

式中 λ ——计算截面处的剪跨比， $\lambda = \frac{a}{h_0}$ ，当 $\lambda < 1.4$ 时，取 $\lambda = 1.4$ ；当 $\lambda > 3.0$ 时，取 $\lambda = 3.0$ 。

1.1.2.3 斜截面受剪承载力计算公式适用范围

(1) 截面限制条件

截面尺寸过小或配箍率过高，将引起斜压破坏。《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002（以下简称：混凝土规范）规定了截面尺寸限制条件：

$$\left. \begin{array}{l} \text{当 } \frac{h_w}{b} \leq 4.0 \text{ 时,} \\ \text{当 } \frac{h_w}{b} \geq 6.0 \text{ 时,} \\ \text{当 } 4.0 < \frac{h_w}{b} < 6.0 \text{ 时,} \end{array} \right\} \begin{array}{l} V \leq 0.25\beta_c f_c b h_0 \\ V \leq 0.2\beta_c f_c b h_0 \\ V \leq 0.025 \left(14 - \frac{h_w}{b} \right) \beta_c f_c b h_0 \end{array} \quad (1-8)$$

式中 V ——构件斜截面上的最大剪力设计值；

b ——矩形截面宽度，T形及I形截面腹板宽度；

h_w ——截面的腹板高度，T形截面取有效高度减去翼缘高度；I形和箱形截面取腹板净高；矩形截面取有效高度 h_0 ；

β_c ——混凝土强度影响系数，当混凝土强度不超过 C50 时，取 $\beta_c = 1.0$ ；当混凝土强度为 C80 时，取 $\beta_c = 0.8$ ；其间按线性内插法取用。

限制了截面尺寸，实质上也就限制了最大配箍率 $\rho_{sv,max}$ ，将式 (1-8) 分别代入式 (1-6)、式 (1-7)，则可求得各自的 $\rho_{sv,max}$ 。

(2) 最小配箍率

箍筋配置过少，可造成斜拉破坏，截面尺寸过大，则会引起裂缝过宽。《混凝土规范》规定，当 $V > f_t b h_0$ 时，最小配箍率的限制条件：

$$\rho_{sv} = \frac{nA_{sv1}}{bs} \geq \rho_{sv,min} = 0.24 \frac{f_t}{f_{yv}}$$

或

$$V \leq f_t b h_0$$

1.1.3 钢筋混凝土受压构件的强度计算

柱子是建筑物中典型的受压构件，其他如屋架的上弦杆、受压腹杆，钢筋混凝土墙体及拱等也是受压构件。受压构件可分为轴心受压和偏心受压两种。

当纵向力作用在截面重心上时称为轴心受压（图 1-3），当纵向力作用偏离构件截面重心时称为偏心受压。

当构件上弯矩和轴力共同作用时，可看成具有偏心距 $e_0 = \frac{M}{N}$ 的轴向压力作用下偏心受压。

当构件受到通过截面形心的轴向压力作用时，称为轴心受压构件。在实际结构中理想的轴心受压构件并不存在，通常由于荷载作用位置的偏差，制作尺寸不准确，混凝土的非均匀性，配筋不对称等原因，使构件存在着初始偏心。但在设计以恒载为主的等跨多层框架的中柱及桁架的受力腹杆等构件时，因为偏心距很小，一般忽略不计，近似按轴心受压构件计算。在此，主要介绍轴心受压构件计算。

轴心受压构件按照配筋方式不同，有两种基本型式：配有纵筋及普通箍筋的柱（图 1-4a），和配有螺旋式焊环式间接箍筋的柱（图 1-4b）。配有纵筋及普通箍筋的柱的截面形式，一般为正方形或矩形，纵筋沿截面四周对称放置，配有纵筋和螺旋箍筋的柱，截面形状为圆形和八角形。纵筋外围设有连续环绕的间距较密的螺旋筋。

1.1.3.1 配有纵向钢筋及普通箍筋的柱

(1) 短柱试件的破坏特征

在荷载较小时，材料处于弹性状态。随着荷载逐步加大，混凝土的塑性变形开始发展，在即将破坏前，柱子出现纵向裂缝，混凝土保护层开始脱落，最后箍筋间的纵向钢筋发生压屈向外鼓起，混凝土被压碎，整个柱子破坏（图 1-5a）。

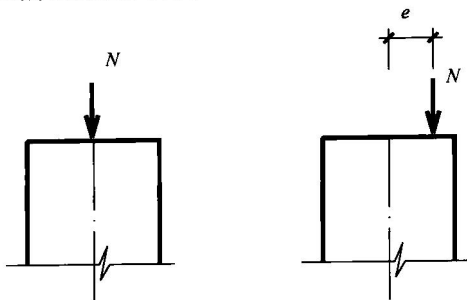


图 1-3

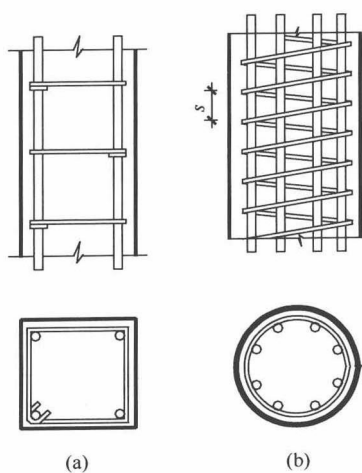


图 1-4

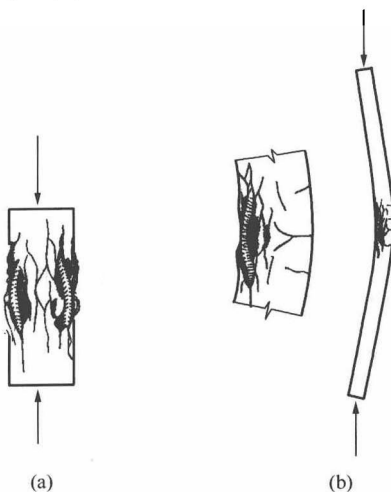


图 1-5

试验表明，钢筋混凝土短柱的强度和延性比素混凝土短柱高，从加载到破坏，钢筋混

凝土共同受压，应变也相同。破坏时，混凝土的压应变值取混凝土棱柱体受压时最大极限应变即 $\epsilon_0 = 0.002$ ，相应的应力达轴心抗压强度 f_c ，而钢筋的应力 σ_s 为：

$$\sigma_s = E_s \epsilon_0 = 2 \times 10^5 \times 0.002 = 400 \text{ N/mm}^2$$

于是钢筋混凝土短柱的轴心受压强度公式为：

$$N_u = f_c A_c + f'_y A'_s$$

式中 f_c ——混凝土的轴心抗压设计强度；

f'_y ——钢筋的抗压设计强度；当 $f_y \leq 400 \text{ N/mm}^2$ 时， $f'_y = f_y$ ，当 $f_y > 400 \text{ N/mm}^2$ 时， $f'_y = 400 \text{ N/mm}^2$ ；

A'_s ——纵向受压钢筋的截面面积；

A_c ——构件的混凝土截面面积（当配筋率 $\rho > 3\%$ 时，应扣除纵向钢筋的面积）。

(2) 长柱试件的破坏特征

试验表明，对于长柱，初始偏心距不能忽视。随着荷载的增大，侧向挠度也加大，构件在发生压缩变形的同时还发生弯曲变形，最后构件在轴向压力和附加弯矩的共同作用下破坏。破坏时，凹面受压混凝土被压碎，纵向钢筋被压屈向外鼓出，混凝土保护层剥落；凸面受拉，混凝土产生水平裂缝，当柱子特别细长时还会发生失稳破坏（图 1-5b）。

两根横截面尺寸相同，配筋和混凝土等级也相同的长柱和短柱相比较，长柱的破坏荷载小于短柱，且柱子越细长小得就越多。为此采用一个承载能力降低系数 φ 来反映长柱承载能力较短柱降低的程度，故称 φ 为稳定系数，显然 $\varphi \leq 1$ 。试验证明，影响 φ 值的主要因素是柱的长细比 $\frac{L_0}{b}$ （ L_0 为柱的计算长度， b 为矩形截面的短边）。当 $\frac{L_0}{b} \leq 8$ 时， $\varphi = 1$ 可以不计纵向弯曲的影响。通常把长细比 $\frac{L_0}{b} \leq 8$ 时，称为短柱， $\frac{L_0}{b} > 8$ 时，称为长柱。 φ 随 $\frac{L_0}{b}$ 增大而减小。

1.1.3.2 轴心受压构件的强度计算公式

据上面分析，轴心受压强度计算公式为：

$$N \leq \varphi (f_c A + f'_y A'_s)$$

式中 N ——设计轴向压力；

φ ——稳定系数；

A ——构件截面面积；

A'_s ——全部纵向受压钢筋的截面面积；

f_c ——混凝土的轴心抗压强度设计值；

f'_y ——纵向钢筋的抗压强度设计值。

当纵筋 $\rho' > 3\%$ 时， A 改为 $A_0 = A - A'_s$ ，当截面的长边或直径小于 300mm 时，混凝土设计强度应乘以系数 0.8。

1.1.4 楼梯

楼梯是多层与高层房屋的竖向通道。楼梯的结构设计与楼梯间的建筑布置密切相关。楼梯的形式对于建筑的使用和室内空间处理有时影响很大，尤其是公共建筑的门厅更为重要。

楼梯的主要构件有踏步板、斜梁、平台梁和平台板；次要构件有栏板、踢脚板等。楼梯的分类，按梯段的布置方式分为直跑、双跑、三跑和圆楼梯等，按结构受力特点可分为梁式、板式和悬挑式楼梯等，按材料类别可分为钢、木、钢筋混凝土楼梯等。钢筋混凝土按施工方式可分为现浇和预制装配式楼梯。目前，绝大多数房屋采用钢筋混凝土楼梯。

1.1.4.1 楼梯的布置方式

(1) 直跑楼梯 直跑楼梯适用于平面狭长或人流较少的次要楼梯。当楼段超过 17 步时，应分为两段，中间设 1m 的缓冲平台，如图 1-6a 所示。

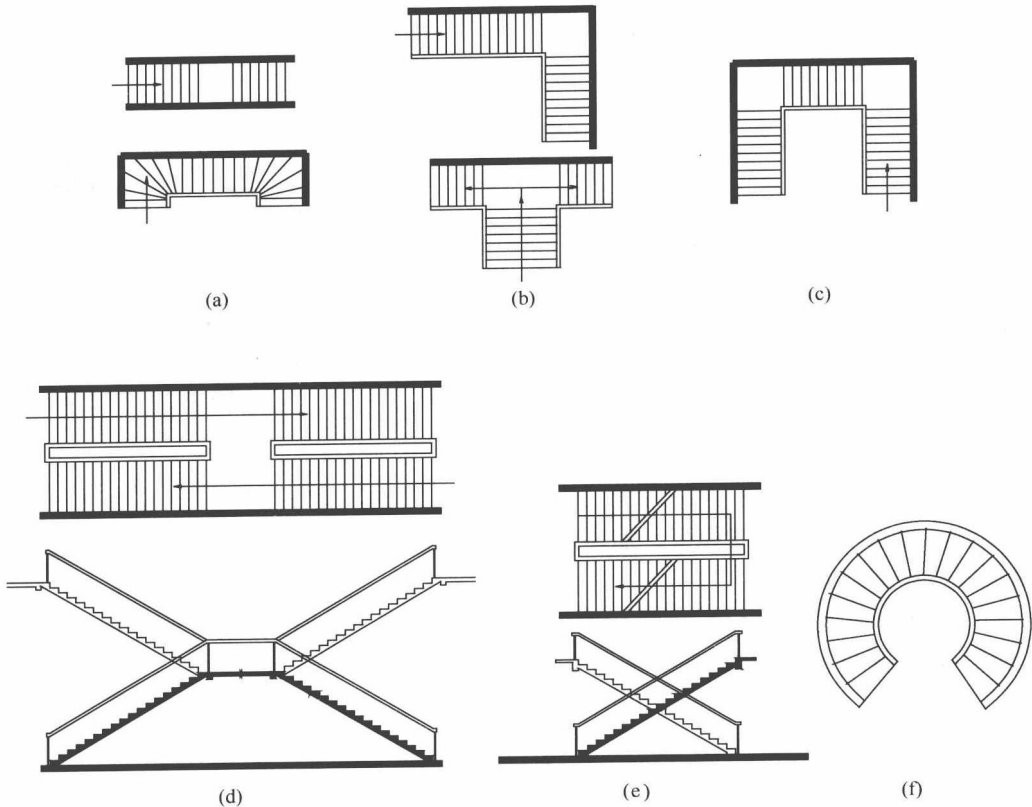


图 1-6

(2) 双跑楼梯 它适用于层高较小的多层房屋。平面形式多用矩形、L 形和 T 形，如图 1-6b 所示。

(3) 三跑楼梯 它适用于层高较大，楼梯间平面接近正方形布置。中间可做提升竖井，如图 1-6c 所示。

(4) 剪刀楼梯 它适用于人流较多，楼梯间平面长大的布置，如图 1-6d 所示。

(5) 交叉楼梯 它适用于层高较小、楼梯间进深较短、中间不设休息平台的平面布置，如图 1-6e 所示。

(6) 圆楼梯 它适用于圆形或方形的楼梯间。建筑面积小，造型美观，如图 1-6f 所示。

1.1.4.2 常用楼梯的受力分析

(1) 板式楼梯 板式楼梯由梯段板、平台板和平台梁组成，适用于梯段水平投影跨度

$\leq 3\text{m}$ 时。梯段板为沿梯跑方向的受弯构件，支承于上、下平台梁上。可以简化为简支斜板进行计算。休息平台板亦按简支板计算，休息平台梁按简支梁计算。计算简图如图 1-7 所示。

板式楼梯构造简单、支模方便、外形美观。当板跨 $\leq 3.3\text{m}$ 时，经济合理。

(2) 梁式楼梯 梁式楼梯由梯段和休息平台梁、板组成。梯段则由踏步板及梯段梁构成，踏步板支承于梯段梁上，踏步梁又支承于平台梁上。当梯段跨长 $> 3.3\text{m}$ 时，宜设计为梁式楼梯。

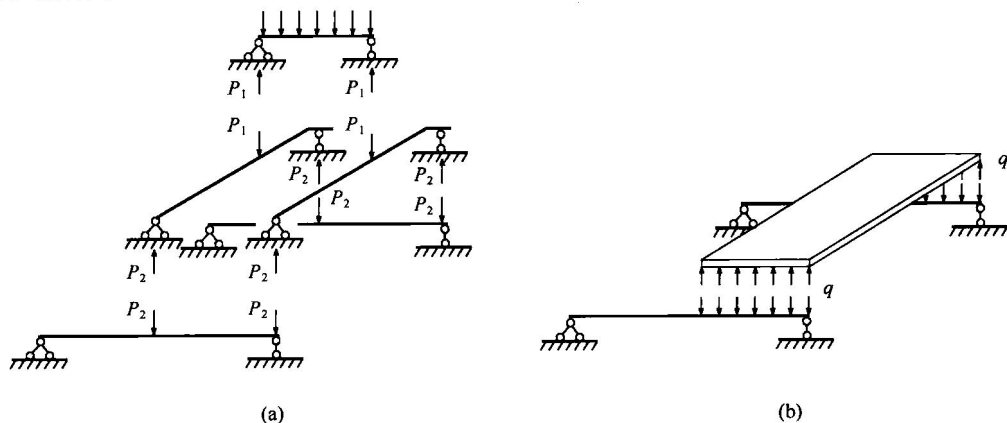


图 1-7

1.1.4.3 预制装配式楼梯

预制装配式楼梯可节省模板，加快现场施工进度，在住宅楼、办公楼中应用较多。预制装配式楼梯的形式可有：

(1) 悬臂板式楼梯 预制踏步板依次砌筑于墙体中，通过墙体压力来禁锢。一般用于荷载较小、宽度在 1.5m 以内时。如图 1-8a 所示。

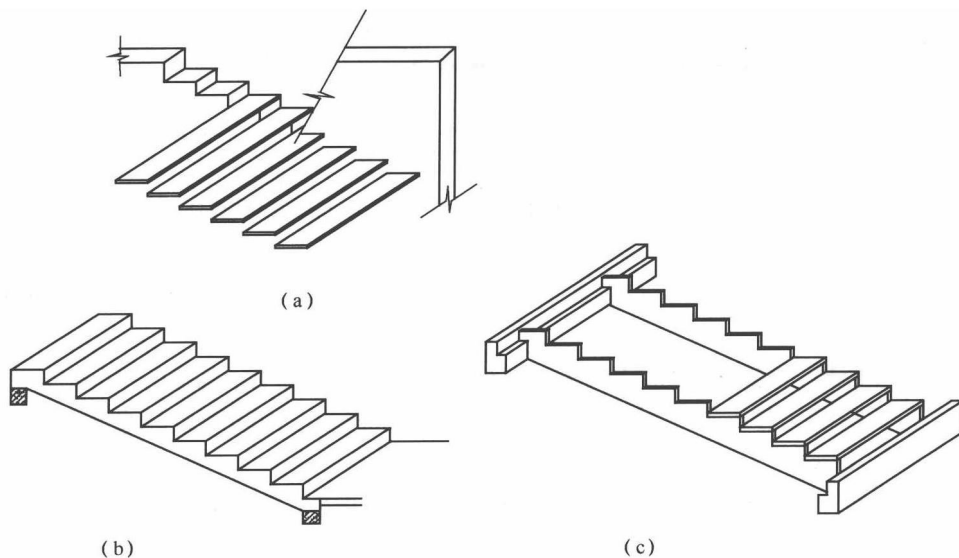


图 1-8

(2) 预制梯段板式楼梯。如图 1-8b 所示。

(3) 预制梁板式楼梯。如图 1-8c 所示。

1.2 钢筋混凝土构件的构造措施

1.2.1 一般构造措施

1.2.1.1 混凝土强度等级及钢筋类别的选择

钢筋混凝土结构的混凝土不宜低于 C15；当采用 II、III 级钢筋时，混凝土不宜低于 C20；对承受重复荷载的构件，混凝土不得低于 C20。

钢筋混凝土结构中的钢筋宜采用 I 级、II 级、III 级钢筋和乙级冷拔低碳钢丝。

1.2.1.2 混凝土保护层

(1) 混凝土保护层用来保护钢筋不致锈蚀和使钢筋在混凝土中有足够的粘结力。它的厚度是指从钢筋表面至构件外边缘的距离，如图 1-9 中的 c 值。梁、板的保护层厚度 c 应遵守表 1-2 的规定。

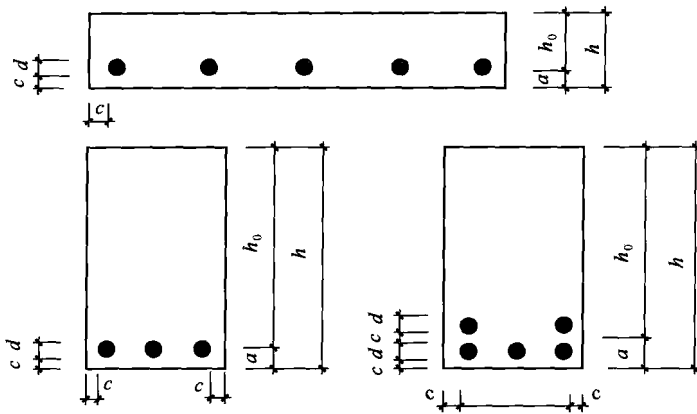


图 1-9

(2) 在研究梁、柱的强度时，要用到受压或受拉纵向钢筋合力中心到构件外表面的距离 a 值， a 值视纵向钢筋的排列多寡分为：

混凝土保护层最小厚度 c

表 1-2

环境类别	板、墙、壳			梁			柱			
	$\leq C20$	C25~ C45	$\geq C50$	$\leq C20$	C25~ C45	$\geq C50$	$\leq C20$	C25~ C45	$\geq C50$	
—	20	15	15	30	25	25	30	30	30	
二	a	—	20	20	—	30	30	—	30	30
	b	—	25	20	—	35	30	—	35	30
三	—	30	25	—	40	35	—	40	35	

当纵向钢筋为一排时， $a=c+a/2$ (d 为钢筋直径)；

当纵向钢筋为两排时， $a=c+d+c/2$

一般情况下，不必按上面的公式计算，而是按表 1-3 取值，很好记忆。