

2-9 保温隔热吸声材料

2-9-1 保温隔热材料热物理性能

2-9-1-1 隔热保温材料的分类

1. 按材料成分分类

(1)有机隔热保温材料 如稻草、稻壳、甘蔗纤维、软木、木棉、木屑、刨花、木纤维及其制品。此类材料容重小,来源广,多数价格低廉,但吸湿性大,受潮后易腐烂,高温下易分解或燃烧。

(2)无机隔热保温材料,矿物类有矿棉、膨胀珍珠岩、膨胀蛭石、硅藻土石膏、炉渣、玻璃纤维、岩棉、加气混凝土、泡沫混凝土、浮石混凝土等及其制品;化学合成聚酯及合成橡胶类有聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚氨酯、聚乙烯、脲醛塑料和泡沫硬酸酯等及其制品。此类材料不腐烂,耐高湿性能好,部分吸湿性大,易燃烧,价格较贵。

(3)金属类隔热保温材料 主要是铝及其制品,如铝板、铝箔、铝箔复合轻板等。它是利用材料表面的辐射特性来获得绝热保温效能。具有这类表面特性的材料,几乎不吸收入射到它上面的热量,而且本身向外辐射热量的能力也很小(表2-9-4)。这类材料货源较少,价格较贵。

2. 按材料形状分类

(1)松散隔热保温材料 如炉渣、水渣、膨胀蛭石、矿物棉、岩棉、膨胀珍珠岩、木屑和稻壳等,它不宜用于受振动的围护结构上。

(2)板状隔热保温材料 一般是松散隔热保温材料的制品或化学合成聚酯与合成橡胶类材料,如矿物棉板、蛭石板、泡沫塑料板、软木板以及有机纤维板(木丝板、刨花板、稻草板和甘蔗板等),另外还有泡沫混凝土板。它具有原松散材料的一些性能,加工简单,施工方便。

(3)整体保温隔热材料 一般是用松散隔热保温材料作骨料,浇注或喷涂而成,如蛭石混凝土、膨胀珍珠岩混凝土、粉煤灰陶粒混凝土、页岩陶粒混凝土、粘土陶粒混凝土、浮石混凝土、炉渣混凝土等。此类材料仍具有原松散材料的一些性能,整体性好,施工方便。

2-9-1-2 常用的几个热物理性能指标

常用的几个热物理性能指标

表 2-9-1

名称	代号	单位	说明
质量密度	ρ	kg/m^3	材料在自然状态下,单位体积的重量
比热	c	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	1kg 物质,温度升高 1K(1℃)所需吸收的热量
导热系数	λ	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	1m 厚物体,两侧表面温差为 1K(1℃),单位时间内通过单位面积由导热方式传递的热量
导温系数	α	m^2/h	物体在加热或冷却时,各部分温度趋于一致的能力。 α 值的计算式 $\alpha = \lambda/c\gamma$ 。 α 值越大,温度变化的速度越快
蓄热系数	S	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	某一足够厚度单一材料层一侧受到谐波热作用时,表面温度将按同一周期波动,通过表面的热流幅 A_q 与表面温度波幅 A_0 的比值,即 $S = \frac{A_q}{A_0}$, S 值越大,材料的热稳定性越好
传热系数	K	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	围护结构内外表面温差为 1K(1℃),单位时间内通过单位面积的热量,称为围护结构的传热系数。传热系数的倒数,称为围护结构的热阻。围护结构两侧空气温差为 1K(1℃),单位时间内通过单位面积的热量,称为围护结构的总传热系数。总传热系数的倒数,称为围护结构的总热阻。温度波在围护结构内部衰减减慢程度的指标。单一材料围护结构的 $D = RS$,多层材料围护结构的 $D = \sum RS$ 。 D 值越大,温度波在其中衰减得越快,围护结构的热稳定性越好
总传热系数	K_0	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	
热阻	R	$(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$	
总热阻	R_0	$(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$	
热惰性指标	D	无量纲	
太阳辐射吸收系数	ρ	%	材料吸收太阳辐射热的能力,表示吸收的太阳辐射热量与入射的太阳辐射热量之比,它与反射系数之和为 1
材料表面的辐射系数	C	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}^4)$	是表征物体表面辐射能力的一个指标,它与绝对黑体辐射系数(C_0)的比值,称为该物体表面的辐射率或称辐射黑度
蒸气渗透系数	μ	$\text{g}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})$	1m 厚物体,两侧水蒸气所需的水蒸汽分压力差力 1Pa,单位时间内通过单位面积渗透的水蒸气量
蒸气渗透阻	H	$\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa}/\text{g}$	1m 厚物体,单位时间内通过单位面积 1g 水蒸气分压力差

2-9-1-3 影响材料导热系数‘ λ ’的几个因素

导热系数‘ λ ’是建筑材料的一个主要热物理指标,表征材料在稳定传热状况下的导热能力。它与材料的成分、密度和分子结构有关。但即使是同一种材料,因其工作条件的温度、湿度的不同,其导热系数也随着变化。尤其是材料的温度,对导热系数的影响极大。了解这些关系,在施工中注意改善材料的工作条件(如防止材料受潮),是十分必要的。

1. 导热系数与材料的质量密度关系

绝大多数建筑材料是由基本的固体物质—材料的骨架和孔隙中的空气所组成,内部都有一定的孔隙,所以材料的质量密度与孔隙率有关。当材料固体物质的比重一定时,孔隙率越大质量密度就越小。一般说,质量密度小的材料,其导热系数比较小,材料越密实,

导热系数就愈大。但对于松散的纤维材料,与压实情况有着密切关系,当质量密度低于某个极限时,导热系数反而增大,这是由于孔隙过大甚至互相串通使对流换热加强的缘故。例如,填充在空心墙体及屋面构件中的稻壳、木屑、锯末等,因下沉密实,导热系数将从原来的0.06增至0.072,即增大20%左右,蓄热系数将从原来的1.02增至1.36,即增大30%左右。铺设在密闭屋面中的矿棉、岩棉板等,因压缩,导热系数将从原来的0.07增加到0.105,即增大50%左右,蓄热系数将从原来的0.98增至1.47,即增加50%左右。所以对这类材料存在一个最佳质量密度,也就是在这个质量密度下导热系数最小;当质量密度超过或低于此值时,导热系数将增大。

2. 导热系数与材料内部构造的关系

当成分、质量密度、平均温度和含水量等条件完全相同的,多孔材料的导热系数,随其单位体积中气孔数量的多少而不同,气孔数量越多,导热系数越小。松散颗粒状材料的导热系数,则随其单位体积中颗粒数量的增多而减小。松散纤维材料的导热系数则随其纤维截面的减小而减小。例如,浇筑在混凝土构件中的聚苯乙烯泡沫塑料板,因压缩,导热系数将从原来的0.05增至0.062,即增大24%左右,蓄热系数将从原来的0.69增至0.91,即增大32%左右。

3. 导热系数与材料的温湿度关系

当成分、质量密度结构等条件完全相同时,多孔材料的导热系数,随着平均温度和湿度的增大而增大,随着温湿度的减小而减小。例如,铺设在密闭屋面中的加气混凝土保温层,因施工水散发缓慢,含水率较高,导热系数将从原来的2.78增至4.21,即增大48%左右。在严寒地区,室内相对湿度 $\geq 65\%$,使用吸湿性较强的硅酸盐类材料作围护结构,如粉煤灰陶粒混凝土等,因含水率较高,导热系数将从原来的0.70增至0.81,即增大16%左右,蓄热系数将从原来的8.98增至10.48,即增大17%左右。又如加气混凝土,导热系数将从原来的0.19增至0.22,即增大16%左右,蓄热系数将从原来的2.78增至3.22,即增大16%左右。

基于以上情况,在围护结构的建筑热工计算中,一般都要对保温材料的导热系数(λ)和蓄热系数 S 进行修正,修正系数 α 将随材料、构造、施工条件、使用地区及使用情况的不同而异, α 值为1.2~1.7。

2-9-1-4 常用保温隔热材料的主要热物理性能参数和一般规格

常用保温隔热材料的物理性能和规格

表2-9-2

材料名称	质量密度 (kg/m^3)	导热系数 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	适用温度 ($^{\circ}\text{C}$)	规格 (mm)	备注
一、石棉及其制品					
碳酸镁石棉粉	180	0.09~0.12			
碳酸镁石棉砖	280~360	0.11~0.13	300	(305、479) \times 15 \times (25、38、50)	
酚渣树脂石棉板	200~250	0.041~0.052	300	750 \times 500 \times (20、30)	

续表

材 料 名 称	质量密度 (kg/m ³)	导热系数 (W/m·K)	适用温度 (℃)	规 格 (mm)	备 注
酚醛树脂石棉板	150~200	0.041~0.052	300	750×500×(20,30)	
石棉水泥板	1800	0.52	300		
石棉水泥隔热板	500	0.16	300		
二、矿棉及其制品					
矿棉、岩棉	110~200	0.031~0.065	600~820		
长纤维矿棉	70~120	0.041~0.049	600		
沥青矿棉毡	100~160	0.033~0.052	≤250	1000×750×30~50	抗拉强度 0.008~
沥青矿棉半硬板	200~250	0.047~0.052	200	750×500×20~20	0.012N/mm ²
水玻璃矿棉板	450	0.08	400		
菱苦土矿棉板	732	0.14	500		
酚醛树脂矿棉板	<500, <200	≤0.047, ≤0.052	<300	750×500×(40,50,60)	抗折强度 0.15~ 0.2N/mm ²
石膏矿棉板	718	0.123	500		
三、膨胀蛭石及其制品					
膨胀蛭石	80~200	0.047~0.07	-20~100		
水泥蛭石板	400~550	0.07~0.14	<1000	230~500×113~400 ×20~200	抗压强度 0.25~ 0.9N/mm ²
水玻璃蛭石板	300~400	0.079~0.084	<900	230~500×113~400 ×20~200	抗压强度 0.35~ 0.65N/mm ²
沥青蛭石板	350~400	0.081~0.105	-20~90		
四、膨胀珍珠岩及其制品					
膨胀珍珠岩	40~300	0.019~0.065	-196~800		
水泥膨胀珍珠岩制品	300~400	0.058~0.087	≤600		抗压强度 0.5~ N/mm ²
水泥玻璃膨胀珍珠岩制品	200~300	0.056~0.065	650		抗压强度 0.6~ 1.2N/mm ²
沥青膨胀珍珠岩制品	400~500	0.7~0.08		500×500×150 250×350×(80,100)	抗压强度 0.7~ 1N/mm ²
五、玻璃棉及其制品					
普通玻璃棉	80~100	0.052	≤300		
普通超细玻璃棉	20	0.035	≤300		
沥青玻璃棉毡	100	0.041	≤250		
沥青玻璃棉缝毡		0.041	≤250		
酚醛玻璃棉板	120~150	0.041	≤300		
酚醛超细玻璃棉毡	30~40	0.035	≤400		
酚醛超细玻璃棉板	60	0.035	≤300		

2 建筑材料的性能和应用

续表

材 料 名 称	质量密度 (kg/m ³)	导热系数 (W/m.K)	适用温度 (℃)	规 格 (mm)	备 注
六、泡沫塑料					
聚苯乙烯泡沫塑料	20~50	0.035~0.047	-80~75	500~2000×500~ 1000×10~100	抗压强度 0.15~ 0.2N/mm ²
聚氯乙烯泡沫 塑料 硬质	≤40	0.043	-35~80	450~620×200~620 ×15~75	抗压强度 0.15~ 0.2N/mm ²
软 质	≤27	0.052	±60	450~620×300~500 ×10~65	抗压强度 0.5~ 1.5N/mm ²
聚氨酯泡沫塑料	30~46	0.023~0.047	-50~160 ≥60	长≤5000 宽≤1200 厚 30~35	
脲醛泡沫塑料	≤15	0.03~0.041		1000×500×200	抗压强度 0.015 ~0.025N/mm ²
七、木材及其制品					
轻 木	200	0.042~0.061			产 地 云南、海南岛
软 木 砖	180~240	0.041~0.081	-60~150	914×305×(25,50, 75,100) 1000×500×(25,50, 65,100) 100×50×5~10	抗压强度 0.1~ 0.26N/mm ²
木丝板(万利板)	420~500	0.084~0.151		(1830,1500)×(500, 610)×(15,25,30, 38,50)	抗弯强度 0.8~ 1.2N/mm ²
八、混凝土					
水泥泡沫混凝土	350~400	0.111~0.116			
粉煤灰泡沫混凝土	75~850	0.198~0.233			
加气混凝土	400~600	0.147~0.198			
九、其 它					
高炉溶渣	800	0.256			
高炉溶渣	500	0.163			
锅炉炉渣	1000	0.25			
	700	0.19			
石灰焦渣	1000	0.25			
稻 壳	250	0.21			
稻 草 板	300	0.105		1830×915×(13,16, 19,25)	抗 弯 强 度 :1.2~ 1.6N/mm ²
甘 蔗 板	220~365	0.042~0.072			抗压强度 0.5~
泡沫玻璃	<160	0.049			
	180~220	0.42		1N/mm ²	
铝箔波形纸板	200	0.063			

2-9-1-5 围护结构外表面对太阳辐射热的吸收系数 ρ 值围护结构外表面对太阳辐射热的吸收系数 ρ 值

2-9-3

序号	外表面材料名称	表面状况	色 泽	ρ 值
1	红瓦屋面	旧、中粗	红 褐 色	0.70
2	灰瓦屋面	旧、中粗	浅 灰 色	0.52
3	石棉水泥瓦屋面	旧、中粗	浅 灰 色	0.75
4	油毡屋面	旧、不光滑	黑 色	0.85
5	水泥屋面及墙面	光 平	青 灰 色	0.70
6	红砖墙面	旧、中粗	红 褐 色	0.75
7	硅酸盐砖墙面	不 光 滑	灰 白 色	0.50
8	石灰粉刷墙面	新、光滑	白 色	0.48
9	水刷石干部面	旧、粗糙	灰 白 色	0.70
10	浅色饰面砖及浅色 涂料	光 平	浅 黄 浅 绿 色	0.50

2-9-1-6 材料表面的辐射系数 C 值材 料 表 面 的 辐 射 系 数 C 值

2-9-4

材 料 名 称	表面状况	辐射系数 $W/(m^2 \cdot K^4)$	材 料 名 称	表面状况	辐射系数 $W/(m^2 \cdot K^4)$
粘 土 砖	粗 糙	5.36	油 漆	光 滑	5.00
石灰粉刷	粗 糙	5.23	铝	未 磨 光	0.26
混 凝 土	粗 糙	5.00	铝	氧 化 的	0.64
矿渣混凝土	粗 糙	5.19	铝 箔	光 平	0.29 ~ 1.12
石 棉 板	粗 糙	5.52	锌 板	无 光 泽	1.13
水泥砂浆	光 平	5.00	铜 板	无 光 泽	3.95
花 岗 石	磨 光	5.00	灰 口 铁	生 锈	5.00
砂 石	磨 平	5.00	大 理 石	磨 光	5.37
生 灰 石	磨 平	5.00	瓷 砖	光 平	5.00
木 材	刨 平	5.00	窗 玻 璃	光 平	5.41
屋面油毡	粗 糙	5.26	锯 屑		5.00
建 筑 纸	无 光 泽	5.37	水		5.52

2-9-1-7 常用薄片材料和涂层的蒸汽渗透阻 H 值薄片材料和涂层的蒸汽渗透阻 H 值

2-9-5

序 号	材 料 及 涂 层 名 称	厚 度 (mm)	蒸 汽 渗 透 阻 (m.h.Pa/g)
1	普通纸板	1	16.0
2	石膏板	8	120.0
3	硬质木纤维板	8	106.7
4	软质木纤维板	10	53.3
5	三层胶合板	3	226.6
6	石棉水泥板	6	226.6
7	热沥青一道	2	226.6
8	热沥青二道	4	480.0
9	乳化沥青二道	—	520.0
10	偏氯乙烯二道	—	1239.9
11	环氧煤焦油二道	—	3733.0
12	油漆二道(油灰底,上底漆)	—	639.9
13	聚氯乙烯涂层二道	—	3866.3
14	氯丁橡胶涂层二道	—	3466.3
15	沥青玛珂脂涂层一道	—	599.9
16	沥青玛珂脂涂层二道	—	1079.9
17	石油沥青油毡	1.5	1106.6
18	石油沥青油纸	0.4	293.3
19	聚乙烯薄膜	0.16	733.3
20	铝箔贴在牛皮纸上	—	8532.6

2-9-2 绝热保温材料

为了使人们常年在室内空间有一个良好的温度和环境,防止夏天室外较高温度通过维护结构传入室内,为防止冬天室内较暖温度通过维护结构传出室外,则即要求选用良好的绝热保温材料。导热系数和热阻是材料热工性能中最关键的指标。

导热系数的影响因素有:

①材质的分子结构:建筑材料有三种结构类型,即晶体结构(如钢材)其导热系数最大,微晶体结构(如普通混凝土)其导热系数次之,玻璃体结构(如普通玻璃)导热系数最小,反映绝热性能好。

②材料容重:材料容重轻,即表示材料孔隙率大,导热系数小,绝热性能好。当然导热系数还与气孔特征有重要关系。

③湿度 材料含水以后对其导热系数变化影响显著,即导热系数增大,绝热性能降低。

④温度 只是在低温或高温才考虑对导热系数的影响。在 0—50℃ 范围内对导热系数影响不大。

⑤热流方向 对匀质性材料不存在此问题,而对各方异性材料(如木材),热流方向平行于纤维方向的则导热系数大,热流方向垂直于纤维方向的则导热系数小。

以上几方面对材料导热系数影响最大的是容重和含水率。

选用绝热保温材料的基本要求:

①材料容重 $600\text{kg}/\text{m}^3$ 以内,导热系数 $< 0.233\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以内,强度 $\geq 0.3\text{MPa}$ 。

②应考虑建筑物的用途、功能,选用材料及其做法。

③考虑湿度影响,对系数材料一般按照 80—85% 相对湿度考虑。

④复合使用材料时,墙体的保温层应在内侧,屋顶保温层应放在屋面板上,再做防水层为宜。

⑤考虑耐久性和经济。

石棉、硅藻土粉状耐高温材料

2-9-6

材料名称	容重(kg/m^3)	导热系数($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	使用温度($^{\circ}\text{C}$)
石棉粉(含水率 $< 5\%$)	< 600 或 860	0.081 0.093	> 600
碳酸镁、石棉粉(含水率 $< 5\%$)	< 140	0.046	> 450
硅藻土、石棉粉(含水率 10%)	< 380	0.114	> 900
石棉、岩棉、纤维、粘土	400	$0.07 + 0.00008t$	800
石棉、水泥	1500	$0.29 + 0.00001t$	700
石棉、无机粘结剂	800	$0.12 + 0.00007t$	800

硅藻土保温砖

2-9-7

规格(毫米) 长×宽×厚	耐火度 $^{\circ}\text{C}$	容重 kg/cm^3	孔隙率 %	抗压强度 MPa	导热系数 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$
甲级 $230 \times 113 \times 65$	1250	500 ± 50	> 78	> 0.5	50℃ 0.081 350℃ 0.43 500℃ 0.178
乙级 $250 \times 125 \times 65$	1280	500 ± 50	> 75	> 0.7	50℃ 0.095 350℃ 0.159 500℃ 0.192
丙级 按要求制作	1280	650 ± 50	> 73	> 1.1	50℃ 0.110 350℃ 0.162 500℃ 0.214

2 建筑材料的性能和应用

硅藻土保温管

表 2-9-8

规格 (mm)				性能		
内径	外径	内径	外径	甲 级	乙 级	
32	148	168	308	耐火度℃		
38	158	180	320	1282		
42	162	194	334	容重 kg/cm ³		
44	174	219	519	500±50		
49	179	245	543	孔隙度%		
57	187	273	573	>78	>75	
76	196	325		抗压强度 MPa		
78	213	337		>0.5		
89	229	426		导热系数 50℃		
108	248	529		0.049	0.058	
127	267	630		W/m·k 350℃		
133	273	821		0.106	0.118	
159	299	912		500℃		
				0.134	0.149	

①应用于 900℃ 以下高温管道保温
 ②保温管长度 230—330mm
 ③圆管保温一般由 2、3、4、8、10 块拼成

碳酸镁石棉板

表 2-9-9

规格 (mm)	容重 kg/m ³	耐热度(℃)	含水率(%)	抗折强度(MPa)	导热系数 (W/m·K)
500×170×30 A0 50	450	450	<5	0.27	0.105

注:主要用于 450℃ 以内各种热力设备外层保温。

石 棉 板

表 2-9-10

规格 (mm)		重量 kg/cm ³	规格(毫米)		重量
长×宽	厚		长×宽	厚	
1000×1000	1.6	1.58	2000×1000	1.6	3.7
1000×1000	3.2	3.70	2000×1000	3.2	7.4
1000×1000	4.8	5.55	2000×1000	4.8	11.10
1000×1000	6.4	7.40	2000×1000	6.4	14.80
1000×1000	8.0	9.25	2000×1000	8.0	18.50
1000×1000	9.6	11.10	2000×1000	9.6	22.20
1000×1000	11.2	12.95	2000×1000	11.2	25.90
1000×1000	12.7	14.80	2000×1000	12.7	29.60
1000×1000	14.3	16.65	2000×1000	14.3	33.30
1000×1000	15.9	18.50	2000×1000	15.9	37.00

续表

性能	容重 kg/m ³	抗拉强度 MPa	含水率%	烧 失 量%
指 标	<1300	0.12	3	18
质量标准:	皱 纹 在 >6mm 厚度的允许有,但一等品 > 总面积 10% 二等品 > 总面积 20%。 外夹杂物:一等品每平方米 > 2cm ² ; 二等品每平方米 > 4cm ² 。			

轻质保温砖

表 2-9-11

规格 (mm)	容重 (kg/m ³)	耐热度 (°C)	含氧化铝 (%)	常温压强 (MPa)	导热系数 (W/m·K)
230×115×65 230×113×65 230×110×60	800—1300	1250	30	0.2	0.29

矿棉及其制品

表 2-9-12

名称	规格 (mm)	容重 (kg/m ³)	使用温度 (°C)	导热系数 (W/m·K)
矿棉	纤维直径 3.63—4.2 μ m	114—130	780—820	0.0325—0.0407
	纤维直径 4—10 μ m	90—110	700	0.0372—0.0441
沥青矿棉毡	1000×1000×30—50	135—160	650—700	0.0488—0.0523
	1000×750×30—50	< 120	< 200	0.0407—0.0488
矿棉制品	有板、管、砖	347—384	750	0.0523—0.0767
沥青矿棉半硬板	750×500×20—30	200—250	< 200	0.0407—0.0465
酚醛树脂矿棉板	750×500×20—30	200—250	< 320	0.0407—0.0523
同上	750×500×20—30	150—200	< 300	0.0407—0.0523
沥青矿棉半硬管壳	内径 < 169 ,长 750 ,厚 20—30	200—250	< 200	0.0465—0.0523
酚醛树脂半硬管壳	同上	200—250	> 650°C	0.0407—0.0523
同上	内径 < 169 ,长 750 ,厚 20—50	150—200	> 650°C	0.0407—0.0523

岩棉及其制品

表 2-9-13

名称	容重 kg/m ³	耐热度 °C	导热系数 W/m·K	应用
建筑岩棉板	80—250	400	0.03—0.04	各种建筑,较大半径罐体绝热、吸声
岩棉软板	80		0.03	形状复杂、较高温设备绝热、吸声

注:岩棉总的性能略优于矿棉;

岩棉具有质轻、“入”低,不燃,防蛀,防蚀,耐高温等,绝热吸声性能优良。

膨胀玻璃棉及其制品

表 2-9-14

名称	规格 (mm)	容重 (kg/m ³)	使用温度 °C	导热系数 (W/m·K)
超细玻璃棉	纤维直径平均 4 μ m	20	350—400 600—650	0.02907
超细玻璃棉毡	850、2550×600×300	18, 30	350—400	0.0302
超细玻璃棉管	内径 25、50、100、150、250 长 500、1000 宽 根据要求制作	40—60	350—400	0.0325—0.0349
超细玻璃棉板	800、1000×600×40—140	40—60	350—400	0.0325—0.0349
普通玻璃棉	纤维直径平均 < 16 μ m	50—70	- 100—450	0.0349—0.0523
沥青玻璃棉毡	2000×900×25—30	80—90	- 180—250	0.0349—0.0407
玻璃棉疑毡	5000×900×25, 30, 35	< 85	< 250	0.0349—0.0465
酚醛玻璃棉毡	1000—500×90×25—100	60—80	- 100—300	0.0349—0.0523
	800, 600×450×25—50	95—105		

2 建筑材料的性能和应用

续表

名称	规格(mm)	容重(kg/m ³)	使用温度(°C)	导热系数(W/m·K)
玻璃棉	600×500×25、30、35 1000×500×100厚以内	80—100	-50—250	0.036—0.043
保温板	1000×1000×30—100 450×600×25—50 1105、700×500×25—50	120—150 80—100 80—100	250 -100—300	0.0349—0.058 0.0372 0.0372—0.058
玻璃棉管	内径20—600,长650,厚20—150 内径22—267,长700,厚30—100 内径114—216,长1000,厚45—80	105—115 100—120 120—150	-50—250 -100—350 <300	0.0407—0.0465 0.0349—0.0465 0.0349—0.0465

膨胀蛭石及其制品

表 2-9-15

名称	规格(mm)	容重(kg/m ³)	使用温度(°C)	导热系数(W/m·K)
松散 膨胀 蛭石	粒径 12—25	<80	<1000	<0.0698
	粒径 7—12	<100		
	粒径 3.5—7	<110		
	粒径 1—3.5	<170		
松散 膨胀 蛭石	粒径 10—25	<100	<1000	<0.0639
	粒径 5—10	<140		
	粒径 1—5	<200		
	规格 <2	<300		
水泥 蛭石 保温板	500×250×65 250×175×50 230×113×65	400—500	800	0.1163—0.1395
	230×113×65 245×113×40 250×250×120	500	900	0.1279—0.1395
	500×250×30,50 80,100,120	430—500	<800	0.093—0.1395
	300×200×30 400×200×40 400×400×80 250×250×50—120	450—500	<800	0.0791—0.1105
	300×200×50,60,70 500×250×50,80 100,120	430—500	<600	0.093—0.1395

注 ①膨胀蛭石容重极轻,绝热吸声,不腐烂,不变质,耐酸不耐碱,适于-30—100°C吸湿性珍珠岩大。

(接上表)

名称	规格(mm)	容重(kg/m ³)	使用温度(°C)	导热系数(W/m·K)
	内径25—549,厚40—120	430—500	<600	0.093—0.139
	内径25.4—406.4	500	900	0.128—0.139
	内径33.5—165.2,长330,厚30—90	400—500	800	0.11—0.139
	内径25—549	430—500	<800	0.093—0.139
	内径14—462	450—500	<800	0.079—0.093

续表

名称	规格(mm)	容重(kg/m ³)	使用温度(°C)	导热系数(W/m·K)
	300×200×50, 60, 70 500×250×50, 80, 100, 120 内径25—549, 厚40—120	400—500 400—450	>900 >900	0.0814—0.105 0.0814—0.105
沥青蛭石保温板	按要求制作	350—400	-30—90	0.0814—0.105
沥青蛭石保温管	同上	350—400	-30—90	0.0814—0.0105

- 注 ①膨胀蛭石是一种片云母属矿物,经破碎高温焙烧,体积可膨胀15—25倍,形成内部无数细小薄层空隙。
②膨胀蛭石外观呈金黄色光泽,它是一种容重极轻的绝热、吸声材料,不腐烂,不变质,而不耐碱,适于-30—1000°C,吸湿性较大。
③压强0.25—0.5MPa,折强<0.2MPa,经24h吸水率60—90%时,强度不降低,相对湿度保持95%时,24h吸湿2.5—5%。

膨胀珍珠岩及其制品

表2-9-16

名称	容重(kg/m ³)	使用温度(°C)	导热系数W/m·K
膨胀珍珠岩粉料	40—250	800	常温 0.0244—0.0476 高温 0.0581—0.174
磷酸盐膨胀珍珠岩制品	200—250	1000	0.0442—0.0523
水玻璃膨胀珍珠岩制品	200—300	650	0.0558—0.0651
水泥膨胀珍珠岩制品	300—400	<600	常温 0.0581—0.087 高温 0.081—1.163
沥青膨胀珍珠岩制品	400—500	用于常温、负温	0.093—0.116

注:以上四种制品均制成砖、板、管,用于维护结构和管道保温。

加气混凝土

表2-9-17

性能	指标			性能	指标
干容重(kg/m ³)	400	500	600	饱和含水率(%)	60—70
计算自重的容重(kg/m ³)	550	650	750	使用后平衡含水率(%)	8
抗压强度(Mpa)	1.5	3.0	4.0	抗冻性 t ₀ =500,在饱和吸水时)	-17—20°C,冻融循环15次,重量减少4%,强度降低15%
导热系数(W/m·K)	0.093	0.12	0.14		
钢筋粘结力(MPa)	—	1—1.5	—	隔声效果(100—200mm厚,二面抹灰)	隔36—45分贝

注:加气混凝土容重在400kg/m³以下,保温性能较好。加气混凝土根据需要可以制成板、管瓦、砌块等保温材料。它具有较好的可加工性(锯、钉、钎)。

粉煤灰加气混凝土

表2-9-18

项 目		粉煤灰	石 灰	石 膏	铝 粉
配比	重量配合比(%)	72	25	3	0.1
	每米 ³ 混凝土用量(kg)	360	125	15	0.5
性能	干容重(kg/m ³)	480—550			
	抗压强度(MPa)	>0.4			
	导热系数(W/m·K)	0.12—0.14			

注:水灰比0.66—0.68,铝粉细度250—350目。

2 建筑材料的性能和应用

粉煤灰泡沫混凝土

表 2-9-19

项 目		配 比 1	配 比 2	配 比 3
材 料 组 成	粉煤灰	60	70	70
	水 泥	—	—	13
	石 灰	30	25	15
	石 膏	5	5	2
性 能	干容重(kg/m ³)	300—500	468	400
	抗压强度(MPa)	0.35—1.0	0.4	0.3
	导热系数(W/m·K)	0.091—0.12	0.11	0.10

蒸养粉煤灰硅酸盐砌块

表 2-9-20

性 能	配 比 1	配 比 2	性 能	配 比 1	配 比 2
干容重(kg/m ³)	760	781	吸水率(%)	63	60
试块抗压强度(MPa)	7.7	9.1	软化系数	0.75	0.76
砌块抗压强度(MPa)	> 3		抗冻性(15 次 强度损失)	2%	—
钢筋粘结力(MPa)	1.1		导热系数(W/m·K)	0.198—0.22	
砂浆 25# 粘结力(MPa)	0.084		防火性	达非燃体标准	
砂浆 50# 粘结力(MPa)	0.087		190mm 墙体隔声(分贝)	44.4	

多孔混凝土制品

表 2-9-21

名 称	规 格 (mm)	容 重(kg/m ³)	导热系数(W/m·K)
加气混凝土砌块和保温块	长 600 ,宽 250、500、750 ,厚 50—300 (25 进制)	400	0.093
		500	0.12
		600	0.14
加气混凝土保温管	内径 48 60 90 ,115 ,140 ,165 225 厚 45—75	400	0.093
		500	0.12
蒸养粉煤灰硅酸盐砌块	435 × 160 × 240	761—781	0.198—0.22
	435 × 190 × 240		
	580 × 180 × 380		
	280 × 180 × 380		
	585 × 90 × 240		

软 木 砖

表 2-9-22

规 格(mm)		容重 kg/m ³	吸湿率(%)	吸水率(%)	抗折强度(MPa)	导热系数(W/m·K)
一级	1000 × 500 × 25 ,50 ,80 ,100	200	8	80	0.05	0.0581
二级		250	10	100	0.1	0.0814
三级		280	12	120	0.15	0.104
甲级	1000 × 50 × 25 ,38 ,50 ,65	240	8	80	0.08	0.07
乙级		260			0.12	0.093
粗 1	1000 × 500 × 50 ,65 ,80 ,100	160—210	2.2	10.8	0.16—0.29	0.07
粗 2		240	5—8	50—80	0.1	0.07
细 1	1000 × 500 × 50 ,65 ,80 ,100 1000 × 500 × 50—100 910 × 305 × 50 ,100	200	2.14	30.25	0.2	0.035
粗 2		150—200	≥ 5	≥ 50	0.15—0.25	0.046—0.058
细 1		210	—	—	—	

注 ①软木即栓树的外皮。软木经过切皮、粉碎、筛选、压缩成型、烘干后制成各种制品。如软木砖、软木管等。
 ②软木质轻，富有弹性，耐腐蚀性强，不透水，但易吸水吸潮，遇火可阴燃而起火，是一种优良的隔热保温材料。

聚苯乙烯泡沫塑料

表 2-9-23

项 目	性 能 指 标				
容 重(kg/m ³)	20	30	50	70	100
抗拉强度(MPa)	0.13	0.25	0.34	0.47	0.73
抗折强度(MPa)	0.17	0.3	0.44	1.13	1.44
抗压强度(MPa)	0.08	0.22	0.38	0.56	0.78
冲击强度(MPa)	0.03	0.05	0.05	0.05	0.07
体积吸水率(%)	3	3	2	2	1
耐热性(不弯)	70—75℃				
导热系数(W/m·K)	0.0233—0.0348				
水分渗透(克/米 ² ·小时)	0.3—0.4				
耐寒性(不变形发脆)	-80℃				
吸声性(700—2000赫)	50—80				

注：①可溶于乙酸乙酯、丙酮、四氯化碳、松节油、苯；

②不溶于乙醇、矿物油、蓖麻油等。

板材规格 (mm)	400×400×50 ; 400×600×30 ; 450×500×10 ; 500×300×50 ; 500×500×25 ; 50 ; 450 ; 760×400×40 ; 1000×500×20 ; 25 ; 33 ; 50 ; 100 ; 1000×1000×20 ; 25 ; 33 ; 50 ; 100 ; 1200×1200×20 ; 25 ; 33 ; 50 ; 100 ; 1500×1000×20 ; 25 ; 33 ; 50 ; 100 ; 1500×750×20 ; 50 ; 100 ;
圆管规格 (mm)	φ20×120 ; φ22×72 ; φ25×125 ; φ33×133 ; φ38×138 ; φ45×95 ; φ48×148 ; φ57×107 ; φ60× 160 ; φ76×176 ; φ89×189 ; φ111×211 ; φ162×262 ;

聚氨酯硬质泡沫塑料

表 2-9-24

项 目	指 标	
容 重(kg/m ³)	≥45	≥65
抗压强度(MPa)	>0.25	>0.5
水分渗透(g/m ² ·h)	0.2	0.2
导热系数(W/m·K)	0.025	0.028
尺寸稳定性	<±1%	<±0.5%
使用温度(℃)	-60—120	-60—120
自 熄 性	火焰离开后 2 秒自熄	同左

聚氨酯软质泡沫塑料

表 2-9-25

项 目	指 标	项 目	指 标
容重(kg/m ³)	30—40	导热系数(W/m·K)	0.031—0.046
抗拉强度(MPa)	>0.1	弹性(%)	30—40
压缩荷重(压缩5%时)(g/cm ²)	20—40	热老化性(140℃,24小时)剩余抗拉强度(%)	>80
压缩变形(压缩50%时)(%)	15—25	使用温度(℃)	-30—80
伸长率(%)	150—250		
规格:长×宽×厚(m)	(4—5)×(0.9—1)×(0.5—0.3) ; 5×1.2×0.3 ; (6—7)×1.2×0.25 ;		

2 建筑材料的性能和应用

聚氯乙烯硬质泡沫塑料

表 2-9-26

项 目	指 标	项 目	指 标
容重 (kg/m ³)	≥45	耐温性	80℃ 2 小时不发粘
线收缩 (%)	≥4	耐寒性	-35℃ 15 分不龟裂
抗拉强度 (MPa)	>0.4	耐油性	一级汽油浸 24 小时无变化
抗压强度 (MPa)	>0.18	耐酸性	20% 盐酸浸 24 小时无变化
延伸率 (%)	>10	耐碱性	45% 苛性钠浸 24 小时无变化
吸水 (kg/m ³)	≥0.2	导热系数 (W/m·K)	>0.043
可燃性	离开火源后立即熄火		

规格 :长 × 宽 × 厚 (mm) :480 × 480 × 50 510 × 510 × 75 520 × 520 × 75 510 × 610 × 45 ;

注 :一般为闭口孔构造 ,可用电热丝切割

聚氯乙烯软质泡沫塑料

表 2-9-27

项 目	指 标	项 目	指 标
容重 (kg/m ³)	<27	吸水 (kg/m ²)	<0.5
体积收缩率 (%)	<15	抗压强度 (MPa)	0.5—1.5
可燃性	离开火源后 10 秒自熄	使用温度 (℃)	±60℃

注 :一般为闭口孔构造 ,可加工性好。

脲醛泡沫塑料

表 2-9-28

项 目	指 标	项 目	指 标
容重 (kg/m ³)	≥15	耐燃性 (500 ± 20℃)	只焦化 ,无火焰
抗压强度 (MPa)	0.015—0.025	使用温度 (℃)	>60
弹性 (压缩 20%)	不破壁外力消除后复原	导热系数 (W/m·K)	0.028—0.04
水份 (%)	≥12		

2-9-3 吸声材料

声音起源于物体的振动。声源使邻近空气振动成为声波。声波在空气介质中向四周传播 ,沿声音发射方向最响 (称声音方向性)。声音传播过程中 ,一部分随距离增大而扩散 ,另一部分则因空气分子的吸收而减弱。声音传播过程中遇到材料表面 ,一部分声能被反射 ,第二部分声能穿透材料 ,第三部分声能被材料吸收 ,转换为热能。

不同材料吸声程度有很大区别 ,只有对 125 ,250 ,500 ,100 ,200 ,400Hz/秒六个频率的平均吸声系数 $\bar{\alpha}$ 大于 0.2 的材料 ,才列为吸声材料。

吸声材料大多为多孔结构 ,而且要求材料的通气性好 ,即要求材料表面和内部都应有大量连续的微孔。吸声材料这个特点 ,与保温材料的要求恰恰相反。

建筑常用吸声材料

表 2-9-29

序号	名 称	厚度 (cm)	容重 (kg/m ³)	六个频率下的吸声系数						装置情况
				125	250	500	1000	2000	4000	
1	石膏砂浆 (掺水 泥、玻璃纤维)	2.2		0.24	0.12	0.09	0.30	0.32	0.83	抹面在墙上

续表

序号	名称	厚度 (cm)	容重 (kg/m ³)	六个频率下的吸声系数						装置情况
				125	250	500	1000	2000	4000	
2	石膏砂浆(掺水泥、石棉纤维)	1.3		0.25	0.78	0.97	0.81	0.82	0.85	喷射在钢丝网板条上,表面滚平,后有15cm空气层
3	水泥膨胀珍珠岩板	2.0	250	0.16	0.46	0.64	0.48	0.56	0.65	实贴
4	矿渣棉	3.13	210	0.10	0.21	0.60	0.95	0.85	0.72	实贴
		8.0	240	0.35	0.65	0.65	0.75	0.88	0.92	实贴
5	沥青矿渣棉毡	6.0	200	0.19	0.51	0.67	0.70	0.85	0.86	实贴
6	超细玻璃棉	5.0	80	0.06	0.08	0.18	0.44	0.72	0.82	实贴
		5.0	100	0.10	0.12	0.31	0.76	0.85	0.99	实贴
		5.0	20	0.10	0.35	0.85	0.85	0.86	0.86	实贴
		15.0	20	0.50	0.80	0.85	0.85	0.86	0.80	实贴
7	酚醛玻璃纤维板(去除表面硬皮层)	8.0	100	0.25	0.55	0.80	0.92	0.98	0.95	实贴
8	泡沫玻璃	4.0	1260	0.11	0.32	0.52	0.44	0.52	0.33	实贴
9	脲醛泡沫塑料	5.0	20	0.22	0.29	0.40	0.68	0.95	0.94	实贴
10	软木板	2.5	260	0.05	0.11	0.25	0.63	0.70	0.70	实贴
11	木丝板	3.0		0.10	0.36	0.62	0.53	0.71	0.90	钉在木龙骨上,后留10cm空气层
12	穿孔纤维板(穿孔率5%,孔径5mm)	1.6		0.13	0.38	0.72	0.89	0.82	0.62	钉在木龙骨上,后留5cm空气层
13	三夹板	0.3		0.21	0.73	0.21	0.19	0.08	0.12	同上
14	三夹板	0.3		0.60	0.38	0.18	0.05	0.05	0.08	钉在木龙骨上,后留10cm空气层
15	穿孔五夹板(孔径5mm,孔心距25mm)	0.5		0.01	0.25	0.55	0.30	0.16	0.19	钉在木龙骨上,后留5cm空气层,填充矿棉
16	穿孔五夹板(孔径5mm,孔心距25mm)	0.5		0.23	0.69	0.86	0.47	0.26	0.27	钉在木龙骨上,后留5cm空气层,填充矿棉
17	穿孔五夹板(孔径5mm,孔心距25mm)	0.5		0.25	0.05	0.61	0.32	0.23	0.55	钉在木龙骨上,后留10cm空气层,填充矿棉
18	工业毛毡	3	370	0.10	0.28	0.55	0.60	0.60	0.59	张贴在墙上
19	地毡	厚		0.20		0.30		0.50		铺在木搁栅楼板上
20	帷幕	厚		0.10		0.50		0.60		有折叠,靠墙装置
21	木条子			0.25		0.65		0.65		4cm木条钉在木龙骨上,木条之间空开0.5cm,后填充2.5cm矿棉

注 ①表中名称前有*者是以混响室法测的数据;其余均为波管法测的数据。前者数据比后者数据近似大0.2左右。

②穿孔板吸声结构,以空孔率0.5-5%,板厚1.5-10mm,孔径2-15mm,后面留腔深度100-200mm,其效果较好。

③多孔吸声材料,不应简单视为隔声材料。对于空气振动的空气声,主要应选密实、质量重的材料,隔声效果好。对于固体声的隔声,最好采取不连续性结构处理,即在墙壁和承重梁之间,柜架和墙壁板楼板之间,加弹性衬垫如毛毡、软木、橡皮等,这样效果为好。

2-10 玻璃

2-10-1 玻璃品种、性能和用途

玻璃品种、性能和用途

表 2-10-1

名称	性能和用途
平板玻璃	性能:比重与容重十分接近,为 2.49,折光率 1.52;透光率:2mm > 87%;3mm > 85%;5—6mm > 82%;导热系数 0.756—0.814W/m·k;结构组织均匀,各向同性接近;性硬脆,强度高,透过紫外线能力差。玻璃长期使用“发霉”现象是由于长期受水蒸汽作用碱性硅酸盐的水解作用。厚度有 2、3、4、5、6、8、10、12mm,一般尺寸最大为 1600×2000mm。平板玻璃广泛用于采光维护、日用玻璃板。
磨砂玻璃	由平板玻璃加工而成。半透明,用于透光而不需透视的门窗、黑板面。
玻璃明瓦	也称亮瓦。是由平板玻璃加工成弧形曲面,多用于小青瓦屋面采光,常见规格为 400×200×3mm
磨光玻璃	是由平板玻璃经磨平整等工序,可单面或双面磨光,物体透过不变形,透光率 > 84%,高级建筑门窗、厨窗选用。厚度 5、6mm,最大尺寸 1600×2000mm
钢化玻璃	是由平板玻璃经过“淬火”处理后制成,成品不能裁制,安全,耐冲击,强度高 5—6 倍,抗压强度 > 125MPa,耐急冷急热,透光率约 80%。用于高层建筑门窗,高温安全防护。最大尺寸 1250×750mm
夹丝玻璃	即在玻璃夹一层钢丝网或高强度尼龙线网,当玻璃破碎时,不易脱落伤人。透光率 > 60%,一般用于天窗、防火墙的窗
夹层玻璃	将已钢化处理的两片或两片以上玻璃,用聚乙烯醇缩丁醛塑料片衬粘合在一起的制品。具有安全,耐冲击,耐气候等特性。受击碎不易脱落伤人。透光率 82%(2+2mm);一般三、五、七夹层玻璃,最大尺寸为 1800×900mm。用于高级建筑和有特殊安全要求的门窗。
彩色(有色)玻璃	在原料配制中加入少量金属氧化物制成。用于门窗装饰,还可用于对光波有特殊要求的门窗,可根据需要加工。厚度 2、3、4mm,尺寸不超过 700×700mm。
压花玻璃	压花玻璃为一面平整,另一面被压制成凹凸花纹,可透光不易透视的半透明玻璃。透光率 60—70%,厚有 2、2.2、3、5、6mm,最大尺寸 1600—900mm
浮法玻璃	是经锡槽浮抛新工艺成型的高质量平板玻璃,表面平整无水纹,一等品视角 < 15°,经人视线所见物体不变形,二等品视角 < 30°,三等品视角 < 45°。总之,它们的光学性质优于普通玻璃,可用高级建筑门窗或厨窗,经钢化处理后可用于车辆。厚度有 3、4、5、6、7、8、9mm

续表

名称	性能和用途
玻璃饰面砖	也称玻璃马赛克,有方形、六边形、有各种色彩,用于重要建筑级高外墙装饰,美观大方,易于清洗。
玻璃空心砖	玻璃空心砖即制四周密封的中空砖块,它具隔热、隔音、散光、耐火等特性,透光率 35—60%,用于重点建筑的部分墙体、走廊、隔墙、顶棚等。规格有 220×220×90mm,15×15×40mm
泡沫玻璃砖	这是一种多孔玻璃制品,气孔率达 80—90%,气孔直径 0.1—5mm,其有导热系数低(0.036—0.1W/m·k),压强 1—6MPa,容重 100—400kg/m ³ ,吸水率 6—9%,不透水,不透气,防火,抗冻,便于加工(锯、钉、钻),是优良绝热和吸声材料。

平板玻璃标准箱换算

表 2-10-2

厚度 mm	每一实箱 折标箱	每 10m ² 折标箱	第一实箱 折合 m ²	每一标箱 折合 m ²	第 10m ² 折合 kg	每 10m ² 折重量箱
2	3	1.0	30	10.0	50	1.0
3	4.8	1.6	30	6.25	75	1.5
	32		20			
4	—	2.5	—	4.0	100	2.0
5	7.0	3.5	20	2.86	125	2.5
	5.25		15			
6	6.75	4.5	15	2.22	150	3.0
8	—	6.5	—	1.54	200	4.0
10	—	8.5	—	1.17	250	5.0
12	—	10.5	—	0.95	300	6.0

平板、钢化、磨光玻璃售价系数

表 2-10-3

类别	面积(m ²)	售价系数(%)	类别	面积(m ²)	售价系数(%)
1	0.120—0.40	100	6	0.0600—0.2000	110
2	0.405—0.60	104	1	0.2025—0.4000	100
3	0.605—0.80	107	2	0.4050—0.6000	101
4	0.805—1.00	110	3	0.6050—0.8000	103
5	1.005—1.20	117	4	0.8050—1.000	105
6	1.205—1.50	124	5	1.0050—1.200	107
7	1.505—2.00	131		注:以上为钢化玻璃	
8	2.005—2.50	140	4	0.20 以下	90
9	2.505—3.60	150	1	0.2050—0.5000	100
10	3.605—4.50	165	2	0.5025—1.0000	105
11	4.505 以上	180	3	1.00 以上	110
注:以上为平板玻璃			注:以上为磨光玻璃		

2 建筑材料的性能和应用

平板玻璃规格和面积类别

表 2-10-4

面积类别	规格 mm	厚度 mm	每片面积 m ²	面积类别	规格 mm	厚度 mm	每片面积 m ²
1	400×300	2	0.1200	1	500×450	2.3	0.2250
1	450×350	2	0.1575	1	500×500	2	0.2500
1	450×400	2	0.1800	1	600×300	2	0.1800
1	500×300	2.3	0.1500	1	600×350	2.3	0.2100
1	500×350	2.3	0.1750	1	600×400	2.3 5.6	0.2400
1	600×450	2.3 5.6	0.2700	1	800×500	2.3	0.4000
1	600×500	2.3 5.6	0.3000	2	800×600	2.3 5.6	0.4800
1	600×600	2.3 5.6	0.3600	1	900×400	2.3 5.6	0.3600
1	650×400	2.3 5.6	0.2600	2	900×450	2.3 5.6	0.4000
1	650×450	2.3 5.6	0.2925	2	900×500	2.3 5.6	0.4500
1	650×500	2.3 5.6	0.3250	2	900×600	2.3 5.6	0.5400
1	650×600	2.3 5.6	0.3900	2	1000×500	2.3 5.6	0.5000
1	700×350	2	0.2450	2	1000×600	2.3 5.6	0.6000
1	700×400	2.3 5.6	0.2800	3	1000×750	3.5 6	0.7500
1	700×450	2.3	0.3150	4	1050×900	3.5 6	0.9450
1	700×500	2.3 5.6	0.3500	4	1200×800	3.5 6	0.9600
2	700×600	2.3 5.6	0.4200	5	1200×900	3.5 6	1.0800
1	750×350	2.3	0.2625	5	1500×750	3.5 6	1.1250
1	750×400	2.3 5.6	0.3000	6	1500×900	3.5 6	1.3500
1	750×450	2.3 5.6	0.3375	6	1500×1000	5.6	1.5000
1	750×500	2.3	0.3750	6	1700×750	5.6	1.3125
2	750×600	2.3	0.4500	7	1750×1000	5.6	1.7500
1	800×350	2.3	0.2800	7	1800×900	5.6	1.6200
1	800×400	2.3	0.3200	7	2000×1000	5.6	2.0000
1	800×450	2.3	0.3600	7	2000×1800	5.6	3.6000

夹丝玻璃生产规格

表 2-10-5

生产规格 :长×宽×厚(5或6mm)

1030×550	1100×800	1150×900	1200×1000
1030×570	1100×900	1150×1000	1250×450
1030×580	1100×1000	1200×450	1250×500
1030×590	1150×450	1200×500	1250×600
1050×740	1150×500	1200×600	1250×700
1100×500	1150×600	1200×700	1250×800
1100×600	1150×700	1200×800	1250×900
1100×700	1150×800	1200×900	1250×1000

玻璃布

表 2-10-6

名称	牌 号	幅宽×厚 单丝直径 (mm)	径向拉力(kg)	纬向拉力(kg)	每米重量(g)
无碱 有捻 平纹布	80	900×0.08/0.06	50	26	72
	100	900×0.1/0.06	55	55	105
	150	900×0.15/0.06	85	65	200
	200	900×0.2/0.06	110	90	210
	300	900×0.3/0.06	175	105	290
无碱 无捻 粗少 方格布	16	900×0.16/0.008	64	54	154
	20	900×0.2/0.008	80	68	193
	25	900×0.25/0.008	96	98	248
	30	900×0.3/0.008	56	48	330
	35	900×0.35/0.008	58	58	380
	40	900×0.4/0.008	72	72	460
	50	900×0.5/0.008	86	86	529
	70	900×0.7/0.008	96	96	579
油毡用玻璃布		900×0.1/0.006	—	—	105

性、抗老化性能、抗张强度、伸长等性能比环氧胶粘剂好,可在-60~150℃的条件下长期使用。具体配合比如下:

(1)环氧胶粘剂配合比(表 2-10-7)

(2)硅橡胶树脂胶粘剂配合比(2-10-8)

表 2-10-7

材 料 名 称	配 合 比	
	1	2
环氧树脂	100 份	100 份
701 固化剂	20~25 份	
乙二胺		8~10 份
二丁酯		20 份
乙辛基醚或二甲苯	适 量	适 量
瓷 粉		50

注:701 固化剂的成分为酚醛已二胺加成物,相当于 H-2 标准号。

表 2-10-8

材 料 名 称	配 方	备 注
硅橡胶树脂	100	固化时间 2~24h
二月桂酸二丁基锡	1	

注:1.二月桂酸二丁基锡需在 25℃ 以上条件下使用,掺量一般为硅橡胶树脂的 0.5%~2%,北京化工厂的产品为半透明,上海树脂厂产品甲 112 为全透明,粘在玻璃上不影响美观。
2.二月桂酸二丁基锡(简称有机锡)有毒,使用时要严加注意,切勿入口,粘在手上后要用有机溶剂擦洗干净,再用肥皂洗净。

2-10-2 辅助材料

1. 油灰:安装玻璃用的油灰,一般地有商品供应,可以采购使用。当供应有困难时,

也可以自制,其配合比如下:

(1)选材:大白要干燥,不得潮湿,油料应使用不含有杂质的熟桐油、鱼油(清油)、豆油。

(2)质量要求:搓捻成细条不断,具有附着力,使玻璃与窗槽连接严密而不脱落。

(3)每 100kg 大白用油量及每 100m² 玻璃面积油灰用量参见 2-10-9

表 2-10-9

工作项目	每 100kg 大白用油量			每 100m ² 玻璃面积 油灰用量(kg)
	清油(kg)	熟桐油(kg)	鱼油(kg)	
木门窗	13.5	3.5 3.5	13.5	80~106
钢门窗	12	5 5	12	440
天棚	12	5 5	12	335
坐底灰	15	5 5	15	

2. 橡皮条:有商品供应,可按设计要求的品种、规格进行选用。
3. 木压条:由工地加工而成,按设计要求自行制做。
4. 回形卡子(钢弹簧):由钢门窗生产厂配套供应。
5. 小圆钉:有商品供应,可以选购。

2-10-3 施 工 要 点

1. 玻璃裁割

(1)裁普通薄玻璃、按设计要求和门窗的实际尺寸进行裁割。一般地玻璃实际尺寸要比门窗的实际尺寸缩小 3mm 左右,以利安装方便。

(2)裁厚玻璃及压花玻璃:在应裁开的地方涂一道煤油再裁割。

(3)裁夹丝玻璃与裁厚、压花玻璃同,但向下时用力要大、要均匀,向上回时要在裁开的玻璃缝处夹一木条再上回。

(4)裁窄条时:裁好后用刀头将玻璃震开,再用钳子垫布来钳,以免玻璃损坏。

2. 玻璃安装

(1)安装玻璃前,应将裁口内的污垢清除干净,并沿裁口的全长均匀涂抹 1~3mm 厚的底油灰。

(2)安装长边大于 1.5m 或短边大于 1m 的玻璃,应用橡皮垫并用压条和螺钉镶嵌固定。

(3)安装木门窗玻璃,应用钉子固定,钉距不得大于300mm,且每边不少于两个,并用油灰填实抹光;用木压条固定时,应先涂干性油,并不应将玻璃压得过紧。

(4)安装钢门窗玻璃,应用钢丝卡固定,间距不得大于300mm,且每边不少于两个,并用油灰填实抹光;采用橡皮条时,应先将橡皮条嵌入裁口内,并用压条和螺钉固定。

(5)斜天窗玻璃,如设计无要求时,应使用夹丝玻璃。如采用平板玻璃,宜在玻璃下面加设一层镀锌铁线网。

斜天窗玻璃应顺流水方向盖叠安装,其盖叠长度:斜天窗坡度为 $1/4$ 或大于 $1/4$,不小于30mm;坡度小于 $1/4$,不小于50mm。盖叠处应用钢丝卡(回形卡)固定,并在盖叠缝隙中垫油绳,用防锈油灰嵌塞密实。

(6)拼装彩色玻璃、压花玻璃应按设计图案裁割,拼缝应吻合,不得错位、斜曲和松动。

(7)安装玻璃砖应符合下列规定:

①墙、隔断和顶棚嵌玻璃砖的骨架,应与结构连接牢固;

②玻璃砖应排列均匀整齐,表面平整,嵌缝的油灰或胶泥应饱满密实。

(8)楼梯间和阳台等的围护结构安装钢化玻璃时,应用卡紧螺丝或压条镶嵌固定。玻璃与围护结构的金属框格相接处,应衬橡皮条或塑料条。

(9)安装磨砂玻璃和压花玻璃时,磨砂面应向室内,压花花纹宜向室外。

(10)安装玻璃隔断时,隔断上框的顶面应留有适量缝隙,以防结构变形,损坏玻璃。

2-10-4 质量要求

1. 安装好的玻璃应平整、牢固,不得有松动现象;
2. 油灰与玻璃及裁口应粘贴牢固,四角成八字形,表面不得有裂缝、麻面和皱皮;
3. 油灰与玻璃、裁口接触的边缘应齐平,钉子、钢丝卡不得露出油灰表面;
4. 木压条接触玻璃处,应与裁口边缘齐平。木压条应互相紧密连接,并与裁口紧贴;
5. 密封条与玻璃、玻璃槽口的接触应紧密、平整,并不得露在玻璃槽口外面。用橡皮垫镶嵌玻璃,橡皮垫应与裁口、玻璃及压条紧贴,并不得露在压条外面;密封膏与玻璃、玻璃槽口的边缘应粘结牢固,接缝齐平;
6. 墙、隔断和顶棚安装的玻璃砖,不得移位、翘曲和松动,其接缝位均匀、平直、密实;
7. 拼装彩色玻璃、压花玻璃的接缝应吻合,颜色、图案应符合设计要求。

2-11 木 材

木材是人类使用最早的建筑材料之一。我国使用木材的历史不仅悠久,而且在技术上也具有独到之处,如保存至今已达千年之久的山西佛光寺正殿、山西应县木塔等都集中反映了我国古代建筑工程中应用木材的水平。

木材具有许多优良性质:轻质高强、易加工、导电、电热性低,有很好的弹性和塑性、能承受冲击和振动等作用,在干燥环境或长期置于水中均有很好的耐久性。因而木材历来与水泥、钢材并列为建筑工程中的三大材料。目前,木材用于结构相应减少,但由于木材具有美丽的天然花纹,给人以淳朴、古雅、亲切的质感,因此木材作为装饰与装修材料,仍有其独特的功能和价值,因而被广泛应用。木材也有使其应用受到限制的缺点,如构造不均匀性,各向异性,易吸湿吸水从而导致形状、尺寸、强度等物理、力学性能变化,长期处于干湿交替环境中,其耐久性变差,易燃、易腐、天然疵病较多等。

建筑工程中所用木材主要来自某些树木的树干部分。然而,树木的生长缓慢,而木材的使用范围广、需求最大,因此对木材的节约使用与综合利用显得尤为重要。

2-11-1 木材的分类与构造

1. 木材的分类

木材的树种很多,从树叶的外观形状可将木材分为针叶树木和阔叶树木两大类。

针叶树树干通直而高大,易得大材,纹理平顺,材质均匀,木质较软而易于加工,故又称软木材。表观密度和胀缩变形较小,耐腐蚀性强。为建筑工程中主要用材,多用作承重构件。常用树种有松、杉、柏等。

阔叶树树干通直部分一般较短,材质较硬,较难加工,故又名硬木材。一般较重,强度较大,胀缩、翘曲变形较大,较易开裂。建筑上常用作尺寸较小的构件。有些树种具有美丽的纹理,适于作内部装修、家具及胶合板等。常用树种有榆木、水曲柳、柞木等。

2. 木材的构造

各种树木具有不同的构造,而木材的性质和应用又与木材的构造有着密切关系。研究木材的构造通常从宏观和微观二个层次进行。

(1) 木材的宏观构造

木材的宏观构造是指用肉眼或借助放大镜能观察到的构造特征。

木材在各个方向上的构造是不一致的,因此要了解木材构造必须从三个切面进行观察,如图 2-11-1 所示。

横切面 与树干主轴或木纹相垂直的切面,在这个面上可观察若干以髓心为中心呈同心圈的年轮(生长轮)以及木髓线。

径切面 通过树轴的纵切面。年轮在这个面上呈互相平行的带状。

弦切面 平行于树轴的切面。年轮在这个面上成“V”字形。

从横切面上可以看到树木的树皮、木质部年轮和髓心,有的木材还可看到放射状的髓线。

树皮 覆盖在木质部的外表面,起保护树木的作用。厚的树皮有内外两层,外层即为外皮(粗皮),内层为韧皮,紧靠着木质部。

木质部 髓心和树皮之间的部分,是工程使用的主要部分。靠近树皮的部分,材色较浅、水分较少,称为边材。在髓心周围部分,材色较深,水分较少,称为心材。心材材质较硬,密度增大,渗透性降低,耐久性、耐腐蚀性均较边材高。在横切面上所显示的深浅相间的同心圈称为年轮,一般树木每年生长一圈。

在同一年轮内,春天生长的木质,色较浅,质松软,强度低,称为春材(早材),夏秋二季生长的木质,色较深,质坚硬,强度高,称为夏材(晚材)。相同树种,年轮越密而均匀,材质越好,夏材部分愈多,木材强度愈高。

髓心 形如管状,纵贯整个树木的干和枝的中心,是最早生成的木质部分,质松软、强度低,易腐朽。

髓线 以髓心为中心,呈放射状分布。髓线的细胞壁很薄,质软,它与周围细胞的结合力弱。木材干燥时易沿髓线开裂。阔叶树的髓线发达。

(2)木材的微观构造

在显微镜下所见到的木材组织称为微观构造。木材是由无数管状细胞紧密结合而成,如图 2-11-2、图 2-11-3 所示,绝大部分纵向排列,少数横向排列(髓线)。每一个细胞分细胞壁和细胞腔两部分,细胞壁由细纤维组成。其纵向连结较横向牢固。细纤维间具有极小的空隙,能吸附和渗透水分。木材的细胞壁愈厚,腔愈小,木材愈密实,表观密度和强度也越大。但其胀缩也大。与春材比较,夏材的细胞壁较厚,腔较小。

木材细胞因功能不同可分为管胞、导管、木纤维、髓线等多种。针叶树的显微结构简单而规则,主要是由管胞和髓线组成,其髓线较细小,不很明显,如图 2-11-2。某些树种在管胞间尚有树脂道,如松树。阔叶树的显微结构较复杂,主要由导管、木纤维及髓线等组成,其髓线很发达,粗大而明显。导管是壁薄而腔大的细胞,大的管孔肉眼可见,如图 2-11-3。阔叶树因导管分布不同又分为环孔材和散孔材两种,春材中导管很大并成环状排列的,称环孔材,导管大小差不多,且散乱分布的,称散孔材。所以,髓线和导管是鉴别阔叶材材的显著特征。

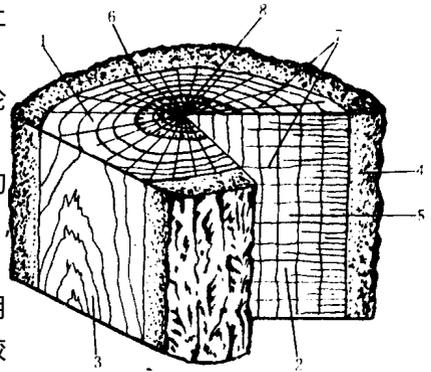


图 2-11-1 树干的三个切面

1—横切面 2—径切面 3—弦切面 4—树皮;
5—木质部 6—年轮 7—髓线 8—髓心

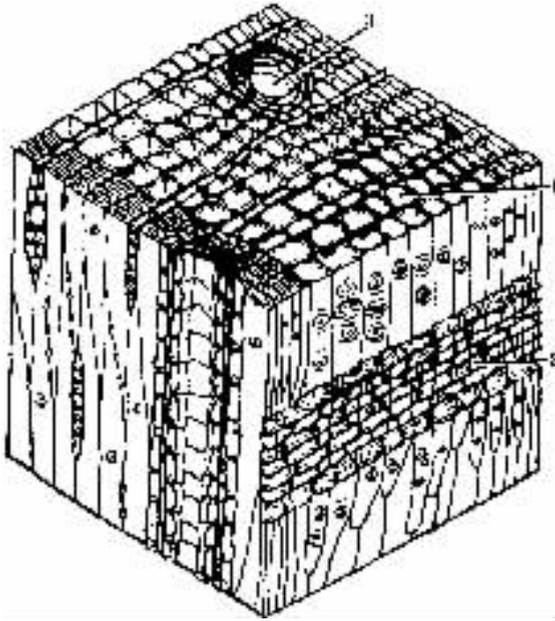


图 2-11-2 马尾松的显微构造
1—管胞 2—髓线 3—树脂道

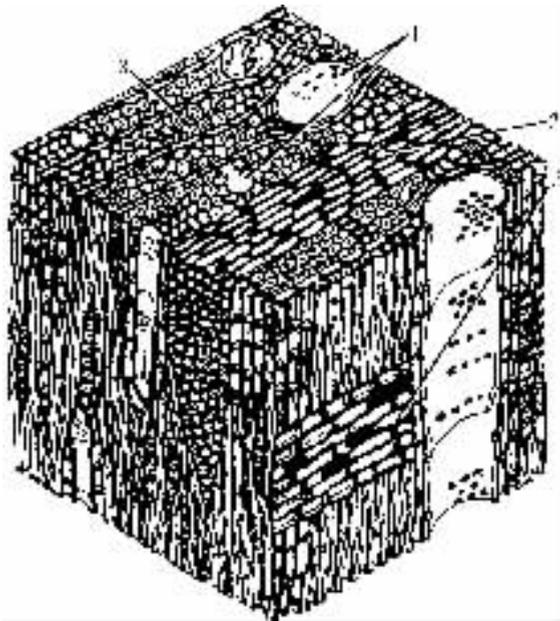


图 2-11-3 柞木的显微构造
1—导管 2—髓线 3—木纤维

2-11-2 木材的性质

1. 化学性质

纤维素、半纤维素、木质素是木材细胞壁的主要组成,其中纤维素占50%左右。此外,还有少量的油脂、树脂、果胶质、蛋白质、无机物等等。由此可见,木材的组成主要是一些天然高分子化合物。

木材的化学性质复杂多变。在常温下木材对稀的盐溶液、稀酸、弱碱有一定抵抗能力,但随着温度升高,木材的抵抗能力显著降低。而强氧化性的酸、强碱在常温下也会使木材发生变色、湿胀、水解、氧化、酯化、降解交联等反应。在高温下即使是中性水也会使木材发生水解等反应。

木材的上述化学性质也正是木材某些处理、改性以及综合利用的工艺基础。

2. 物理性质

(1) 密度与表观密度

木材的密度各树种相差不大,一般为 $1.48 \sim 1.56\text{g/cm}^3$ 。

木材的表观密度则随木材孔隙率、含水量以及其他一些因素的变化而不同。一般有气干表观密度、绝干表观密度和饱水表观密度之分。木材的表观密度愈大,其湿胀干缩率也愈大。

(2) 吸湿性与含水率

由于纤维素、半纤维素、木质素的分子均含有羟基(—OH基),所以木材很易从周围环境中吸附水分。木材中所含的水根据其存在形式可分为三类:

①自由水 存在于细胞腔中和细胞的间隙中的水。自由水含量影响木材的表观密度、燃烧性和抗腐蚀性。

②吸附水 被吸附在细胞壁内细纤维间的水,吸附水含量影响到木材体积的胀缩和强度。

③化合水 即木材化学组成中的结合水。

2-11-3 木材干燥和防腐朽防虫蛀

1. 木材干燥

木材具有易于吸收和散发水分的特性,即会引起木材变形、开裂和其它性质。木材干燥处理是为了使木材达到平衡含水率状态(即 $< 18\%$ 状态),从而减轻木材因含水率变化而引起的变形和腐朽。

木材不同含水率与各种强度之关系如图 2-11-4。

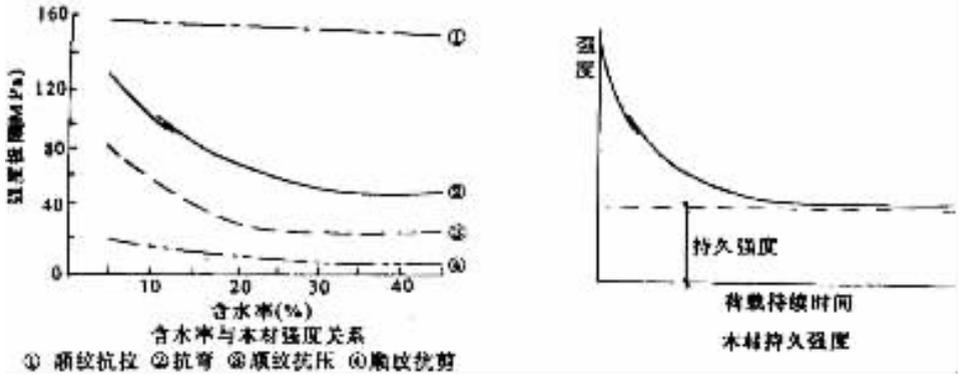


图 2-11-4

木材干燥处理方法有自然干燥法和人工干燥法。自然干燥即将木材堆放在空气干燥流通的环境,使其自然干燥,但力避雨淋和太阳曝晒,也防止地面潮气。自然干燥不需设备,不损伤材质,但干燥时间长。人工干燥处理一般采用黑炉和烘干房,需要锅炉、暖气等设备,故费用较大,但干燥时间快。对加工好的板材、枋材和木材制品通常采取人工干燥法。

2. 木材防腐防虫蛀

木材的腐朽和防护

木材的腐朽的原因是由真菌在木材中寄生而引起的。木材中真菌有三类:腐朽菌、变色菌和霉菌。腐朽菌在木材细胞壁内,分解细胞壁的成分作为养料而使木材腐朽。变色菌最常见于边材中,以细胞腔内淀粉、糖类为养料,而不破坏细胞壁。变色菌会使边材变色,除外观外,对强度影响甚小。霉菌生长在木材表面,对材质无甚影响。

真菌在木材中生存、繁殖,必须同时具备四个条件:温度适宜;含水量适宜;足够的空气;必要养料。木材防腐就是在以上几方面破坏真菌生存、繁殖的条件。例如,低于 5°C 真菌停止生长,高于 60°C 不能生存,适宜温度是 25°C — 30°C ,含水率低于20%真菌难于生长,含水率过大,乃至处于水中,空气不流通得不到足够的氧也不能生存,此即木材长期处于水中不会腐朽的原因。但反复受干湿循环作用则会加快腐朽,木材细胞壁的木质素、纤维素是真菌的养料,这对于不同树种其含量是不同的,故其腐朽的程度也不同。

木材防腐的方法常采取:干燥即控制含水率在20%以下,木结构通风、防潮、表面油漆等。

3. 木材防虫

木材除受真菌侵蚀而腐朽外,还会受昆虫的蛀蚀。昆虫可在木材树皮内或木材细胞叶产卵、孵化成幼虫而蛀蚀木材。木材蛀虫主要有天牛、蠹虫、白蚁等。

木材防护虫蛀的方法主要采取化学药剂处理,防腐剂也可防止木材虫害。

4. 木材常用防腐防虫剂

木材常用防腐防虫剂有:水溶性、油溶性、油类、浆状等四类,其特性、配方、处理方法见表 2-11-1。

表 2-11-1

名称	特性	适用范围	配方%	溶液浓度%	用量	处理方法
水溶性						
① 氟化钠	为白色粉末,无臭。不腐蚀金属,不影响油漆。易被水从木材中冲失。不得与水泥、石灰混合,以避免降低毒性	一般木材的防腐、防虫。但防白蚁效果较差。	单剂	4	4.5—6kg/m ³ (干剂)	①常温浸渍 ②热冷槽浸注
② 硼铬合剂	对人无毒、无臭。不腐蚀金属,不影响油漆。遇水略有流失	一般木构件的防腐防虫。但防白蚁效果较差	硼酸 40 硼砂 40 重铬酸钠 20 (钾)	5	6kg/m ³ (干剂)	①常温浸渍 ②热冷槽浸注 ③加压浸渍
③ 硼酚合剂	不腐蚀金属,不影响油漆。因掺入五氯酚钠毒性较大	一般木构件的防腐防虫。并对白蚁有一定防效	硼酸 30 硼砂 35 五氯酚钠 35	5	12kg/m ³ (干剂)	①常温浸渍 ②热冷槽浸注 ③加压浸渍
④ 铜铬合剂	对人有较低毒性,无臭。木材处理后至绿褐色不影响油漆,遇水不易流失,但处理温度不宜>76℃	重要木构件的防腐防虫。并对防白蚁效果较好	硫酸铜 5.6 重铬酸钠 8.65 (钾) 醋酸 0.25 水 85.5	—	12kg/m ² (干剂)	①常温浸渍 ②加压浸渍
⑤ 氟砷铬合剂	本剂有剧毒,不腐蚀金属,遇水不流失	经常和人接触的木构件不应使用,防腐白蚁效果佳。	氟化钠 60 亚砷酸钠 20 (或砷酸氢钠) 重铬酸钠 20 (钾)	6	4.5—6kg/m ³ (干剂)	①常温浸渍 ②热冷槽浸注

2 建筑材料的性能和应用

续表

名称	特性	适用范围	配方%	溶液浓度%	用量	处理方法
⑥ 韩丹五氟酚合剂	几乎不溶于水。药效持久。处理后不影响油漆。对防火不利	用于腐朽和虫害严重地区	五氟酚 5 林丹 1 紫油(或煤油) 94	—	涂刷法： 0.3—0.4kg/m ² 浸渍法： 80—100kg/m ³ (溶液)	① 涂 1—2 次 ② 常温浸渍
⑦ 混合防腐油	有恶臭；木材处理后呈暗黑色；不能油漆。遇水不流失，药效持久	直接与砌体接触的木构件的防腐处理。也防白蚁。明露处不用	煤杂酚油 50 (防腐油) 煤焦油 50	—	常温浸渍： 40—60kg/m ³ 热冷槽或加压浸注： 100—120kg/m ³	① 常温浸渍 ② 热冷槽浸渍 ③ 加压浸渍
⑧ 强化防腐油	同⑦	同⑦。用于南方木材腐朽和白蚁严重地区。	葱油 94 五氟酚 5 犹氏剂 1 (林丹、氯丹及 DDT)	—	涂刷法：0.5—0.6kg/m ² 常温浸渍 40—60kg/m ³ 加压浸渍： 80—100kg/m ³	① 涂刷 2—3 次 ② 常温浸渍 ③ 加压浸渍
⑨ 浆膏沥青	同⑦	用于含水率 > 34% 以及常受潮的木构件	氟化钠 40 亚磷酸钠 10 30 # 石油沥青 22 紫油(或煤油) 28	—	0.7—1kg/m ²	涂刷 1 次

注 涂刷法：简便，但渗入深度浅，故要选用药效大的药剂，主要为防虫害。

常温浸渍：对于马尾松等易浸注木材适用，但需处理时间较长。

热冷槽浸渍：处理较佳，对不耐腐不耐虫蛀的木材尽量选用。一般设冷、热槽各一个。如选水溶性，其热槽 85—95℃，冷槽 20—30℃；采用油类，其热槽 90—110℃，冷槽 40℃ 左右。处理时间按木材截面尺寸和含水率而异。

加压浸渍：根据需要，在木材厂处理。

2-11-4 木材的应用

木材在建筑材料领域里是一种不应求的材料。因料，对木材的节约使用(开发代木材料)、合理应用(大材不小用、优材不劣用等)和综合利用显得十分重要。

木材在建筑工程中可被用作桁架、梁、柱、桩、门窗、地板、脚手架、混凝土模板以及其他一些装饰、装修。

建筑工程中使用的木材常为三种型式,即原木、板材、枋材。原木系指去皮去枝梢后,按一定规格锯成一定长度的木料。板材系指宽度为厚度的三倍或三倍以上的木料。枋材则指宽度不足厚度三倍的木料。各种原木按国家有关标准(GB143.3—84;GB144.3—84;GB4813.3—84等)根据其缺陷、质量情况分成三等。各种锯材按国家标准(GB153.2—84;GB4817.2—84;GB4822.3—84等)分为特等锯材和普通锯材两个级别。普通锯材根据其质量情况又分为一等、二等、三等三个等级。结构或重要装饰用材一般均应选择等级较高的木材。

木材的综合利用就是将木材加工过程中的边角、碎料、刨花、木屑、锯末等,经过再加工处理,制成各种人造板材,有效提高木材的利用率。常见的有以下几种:

1. 胶合板

胶合板是将原木沿年轮方向旋切成薄片,经过干燥处理后上胶,以数张薄片使其纤维方向互相垂直叠放,再经热压而制成。胶合板的薄片层数为奇数,一般为3~13层。厚度为2.5~30mm,宽度为215~1220mm,长度为95~2440mm。针叶树和阔叶树均可制作胶合板。常用的胶粘剂有酚醛树脂、脲醛树脂、血胶、豆胶等。

胶合板与普通木板相比具有许多优点:如克服了木材各向异性的缺点;导热系数小,绝热性能好;无明显的纤维饱和点存在;平衡含水率和吸湿性比木材低;木材的疵病被剔除,板面质量好等。

胶合板分类方法很多,如按板的结构可分为胶合板、夹芯胶合板和复合胶合板;按用途可分为特种胶合板与普通胶合板。普通胶合板又分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四类。各类胶合板的主要特性与适用范围见表2-11-2。

胶合板的分类、特性及适用范围

表2-11-2

种 类	分 类	名 称	胶 种	特 性	适用范围
阔 叶 树 材 胶 合 板	Ⅰ类	耐气候胶合板	酚醛树脂胶或其他性能相当的胶	耐久、耐煮沸或蒸汽处理,耐干热,抗菌	室内、外工程
	Ⅱ类	耐水胶合板	脲醛树脂或其他性能相当的胶	耐冷水浸泡及短时间热水浸泡,抗菌,但不耐煮沸	室内、外工程
	Ⅲ类	耐潮胶合板	血胶、低树脂含量的脲醛树脂胶或其他性能相当的胶	耐短期冷水浸泡	室内工程 (一般常态下使用)
	Ⅳ类	不耐潮胶合板	豆胶或其他性能相当的胶	有一定的胶合强度,但不耐潮	室内工程 (一般常态下使用)

注 胶合板的分等分级以及各等级的质量指标,分别见GB738—88及GB9846.1~12—88中有关规定。

2. 纤维板

纤维板是将树皮、刨花、树枝等废料,经破碎浸泡、研磨成木浆,加入胶粘剂或利用木材自身的胶粘物质,再经热压、干燥等工序而制成的板材。

纤维板木材利用率高达90%以上,且材质均匀,各向强度一致,弯曲强度大,不易胀缩和翘曲开裂。

2 建筑材料的性能和应用

纤维板根据其表观密度分为三种:硬质纤维板(表观密度不小于 $800\text{kg}/\text{m}^3$)、中硬纤维板(表观密度介于 $400 \sim 800\text{kg}/\text{m}^3$ 之间)、软质纤维板(表观密度小于 $400\text{kg}/\text{m}^3$)。

硬质纤维板可用作室内墙壁、地板、家具和装修等。软质纤维板表观密度小,孔隙率大,常被用作绝热、吸声材料。

纤维板吸水后会导致沿板厚度方向膨胀。而强度下降,且板面发生变形翘曲,因此纤维板若使用于湿度较大的环境中,应作防潮处理。

3. 刨花板

刨花板是利用施加或未施加胶料的木质刨花或木质纤维材料(如木片、锯屑、亚麻等)压制的板材。刨花板所用的胶结料有:豆胶、血胶等动植物胶,酚醛树脂、脲醛树脂等合成树脂胶以及水泥、菱苦土等无机胶凝材料。

刨花板按制造方法可分成平压刨花板和挤压刨花板(实心挤压刨花板和空心挤压刨花板)二类。

此外,同类产品还有木丝板、木屑板等。刨花板、木丝板、木屑板通常用作吊顶板材、隔断、隔热板和吸声板等。

2-11-5 我国建筑用木材的种类和适用条件

应当根据不同用途、各地区木材资源情况适当选择不同的木材种类。如用于承重结构时,木材应纹理通顺,强度高,耐久性耐腐蚀性高等;用于门窗时,木材应干缩性小,质轻;用于地板时,木材应用具优良的耐磨性。

我国各地区选择建筑用材参考

表 2-11-3

用途 \ 地区	内蒙、东北、华北	华东、中南	西南	西北
承重结构	鱼鳞云杉、红皮云杉、臭冷杉、红桦、落叶松、樟子松、杉松、冷杉	杉木、马尾松	杉木、冷杉、云杉、柏木、红松、四川红杉、云南松、华山松、马尾松	天山云杉、冷杉、四川红杉、紫果云杉
地板	落叶松、水曲柳、榨木、桦木、色木、榆木	杉木、楠木、色木、楮木、马尾松、青岗栎	柏木、楠木、楮木、四川红杉、青岗栎	色杉、青岗栎、楮木、四川红杉
屋面板	杨木、椴木、落叶松	杉木、杨木	杨木、桦木、桤木	杨木、桦木
椽、檩、栅	冷杉、落叶松、樟子松	杉木、马尾松	杉木、冷杉、云南松、华山松	天山云杉、紫果云杉、四川云杉、冷杉
木桩	落叶松	杉木、马尾松	杉木、四川红杉	云杉、四川红杉
门窗	云杉、冷杉、红松、落叶松、水曲柳、黄菠萝、核桃楸	杉木、楠木、马尾松	杉木、柏木、云杉、楠木、云南松、黄菠萝、华山松	云杉、冷杉、槐木、四川云杉、核桃木
模板	落叶松、冷杉	杉木、马尾松	云南松、云杉、冷杉、马尾松	云杉、四川红杉

2-12 建筑钢材

建筑钢材包括可用于建筑工程的各种钢筋、钢丝、钢板、钢管、角钢、槽钢和工字钢等。建筑钢材具有质量均匀,强度高,塑性和韧性较好,承受冲击、振动荷载能力强,可焊接铆接、便于装配,结构自重轻,安全性大,适于大空间大跨度或高层结构工程。但钢材价格高、易锈蚀、维护费用高。

2-12-1 建筑钢材的基本知识

2-12-1-1 钢的分类

钢的冶炼,是将熔融的生铁中的杂质进行氧化,使含碳量控制在2%以下,使磷、硫等有害杂质控制到允许范围以下。

按化学成分可分为碳素钢与合金钢。

碳素钢又分:

1. 低碳钢:含碳量小于0.25%,相对性能较软,韧性好,建筑上广泛运用。
2. 中碳钢:含碳量为0.25—0.6%,相对性能较硬,多用机械传动部件和钢轨。
3. 高碳钢:含碳量大于0.6%,性能脆、硬多用于制造工具。

合金钢分(合金元素有锰、硅、钒、钛、铬等)

1. 低合金钢:是指合金元素总含量在4%以内,建筑中广泛应用此类低合金钢。
2. 中合金钢:指合金元素总含量为4—10%。
3. 高合金钢:指合金元素总含量大于10%。

按质量分:

1. 普通钢:含硫量不得大于0.05—0.065%,含磷量不得大于0.045—0.085%。建筑钢材属此类。
2. 优质钢:含硫量不得大于0.03—0.045%,含磷量不得大于0.035—0.04%。
3. 高级优质钢:含硫量不得大于0.02—0.03%,含磷量不得大于0.027—0.035%。

按用途分:

1. 结构钢
2. 工具钢
3. 特殊性能钢。

按冶炼方法分为:

1. 转炉钢:按炉衬材料可以分为酸性转炉钢(贝氏转炉钢)和碱性转炉钢(托马斯转

炉钢)前者控制严格,材质较好。根据送风方式可分为侧吹转炉和顶吹转炉钢,前者效率高,但材不及后者。

2. 平炉钢 按炉衬材料也分为酸性平炉钢与碱性平炉钢,我国常用后者。

3. 电炉钢 材质最好,但耗电高、成本高,适于冶炼高级钢、合金钢。

按脱氧程度分:

1. 镇静钢 脱氧充分完全,其中化学成分与机械性能都均匀,质量好。

2. 沸腾钢 脱氧不充分不完全,其中化学成分与机械性能不均匀,性能差,尤以冲击韧性低,容易产生时效,重要结构和低温环境下不宜选用。

3. 平镇静钢 脱氧程度及其性能介于镇静钢和沸腾钢之间。

2-12-1-2 主要化学成分对钢材性能的影响

碳 C 钢材中的碳是以碳化物形式存在的,含碳量高,即钢材强化组分渗碳体增多,故而强度和硬度高,但塑性、韧性差,抗腐蚀性、焊接性能与冷弯性能均相应降低,还会提高钢的冷脆性和时效敏感性。所以对钢材的含碳量应予以控制:用于钢结构的钢材,其含碳控制在0.14—0.25%;用于焊接的钢材,其含碳量控制在0.12—0.22%;普通低合金钢,其含碳量控制在0.20%以内。

硅 Si 硅在钢中大部分溶于铁素体中。硅含量较低,小于1%时,对提高钢材强度有显著作用,同时对其塑性、韧性无明显影响。但硅含量较高时,其塑性、韧性显著下降,冷脆性和时效敏感性都提高。硅是炼钢中有效的脱氧剂。硅还是我国常采用的生产普通低合金钢的成分,如硅钼系、硅钛系普通低合金钢筋。

锰 Mn 锰在钢中大部分溶于铁素体中。锰是炼钢主要脱氧剂之一,而且能有效地脱硫,从而可消除钢材热脆性,改善钢材热加工性能。锰做为普通低合金钢的合金元素,其含量一般为1—2%,主要作用是降低奥氏体分解温度,细化珠光体,提高强度,保持原有塑性、韧性;消除FeS和FeO引起的热脆性,降低冷脆性。如锰含量过高,会降低钢材焊接性能。

磷 P 磷是碳素钢中的有害成分,它主要溶于铁素体中。它的危害在于:可明显地降低钢的塑性和韧性(低温下尤甚),因磷的偏析倾向激烈、富集,形成铁素体晶格严重畸变,冷脆性显著增大。磷使钢材变脆,也会显著降低可焊性。磷也有好的作用:即可提高钢材强度,改善钢材的抗腐蚀性能,当磷与铜、钒、稀土元素配合使用抗蚀性更佳。要注意,钢中磷和氮的有害作用是相补的,如磷高到0.06%时,氮则必须于0.012%;当磷含量为0.016%时,则氮必须降到0.045%以下。否则将引起时效和脆裂。

硫 S 硫是钢材中的有害成分,它在钢中以硫化物夹杂物形式存在。它的危害在于:硫是钢材热脆性的主要根源,显著降低焊接性能,降低冲击韧性和塑性,降低疲劳强度;显著降低抗腐蚀性能。钢材中要严格控制含硫量。

氧 O 氧在钢中以FeO形式存在,是有害成分。氧会降低钢材的强度、疲劳强度、冲击韧性、抗腐蚀性、可焊性等一系列性能,增加热脆性,冷弯性能差,提高时效硬化倾向,易脆裂。故钢材中氧的含量严格控制在0.05%以内。

钛 Ti 钛是强脱氧剂。钢中加入少量的钛可显著地提高加度,相应其塑性略有降低。

由于钛能细化晶粒从而可以改善塑性,还可提抗腐蚀性和可焊性。如钢中加入大量的钛,虽然强度会急速上升,但其韧性和塑性会急剧降低。钛是很有发展前途的合金元素。

钒 V 钒是强的碳化物、氧化物形成元素,钒加入钢中可减弱碳和氮的不利影响,它可细化晶格、阻碍晶粒长大,可有效地提高强度,改善韧性,减少冷脆性,但会降低可焊性,增加焊接后的淬硬倾向。钒是很有发展前途的合金元素。

铌 Nb 铌是强烈的碳化物形成元素,形成的碳化铌可强化铁素体,细化晶粒,有效地提高强度,但其塑性和韧性会有所下降。铌还可降低钢材的时效敏感性。

铜 Cu 铜含量较小,即小于 0.5% 时,对钢材塑性、韧性有改善,强度提高不大;当铜含量大于 0.5% 时,强度会显著提高,但塑性、韧性显著下降。含铜可提高钢的抗腐蚀性。铜对钢的时效敏感性略有提高。

氮 N 氮以氮化物形式存在于钢,它既可显著提高强度,也显著降低塑性、韧性;还可提高冷脆性、热脆性、时效敏感性,降低可焊性和冷弯性。故在普通碳素钢中应严格控制含氮量,如大于 0.015% 就会使钢变脆。氮与钒、铝、钛、铌共同使用,即可起到细化晶粒,改善性能等有利作用,故将氮作为合金元素使用。

稀土 Rc 稀土在钢中的作用很复杂,它在钢中具有优良的脱氧、脱硫以及变质处理等作用。稀土加入钢中可提高韧性(尤以提高韧性)改善各向异性,提高对热性等效果。但对提高强度不明显。

2-12-1-3 钢材分类

钢材一般分为板材、管材、线材、型板。

1. 板材分类

按板材的厚度可分为:

薄板:厚度 4mm 以下的;

中板:厚度 4.5—25mm 的;

厚板——厚度在 26—60mm 的;

特厚板——厚度在 61mm 以上的;

2. 型材分类(见表 2-12-1)

表 2-12-1

型材类别	等边角钢 (边宽)mm	不等边角钢 (边宽)mm	扁钢 (边宽)mm	工字钢、槽钢 (高度)mm	圆、方、六角、八角、 螺纹钢(直径边宽、对 边距离)mm
小型型材	20×20—45×45	32×20—56×36	< 56	—	9—36
中型型材	50×50—140×140	63×40—140×90	60—100	< 180	38—80
大型型材	> 160×160	> 160×100	> 105	> 180	> 85

2-12-1-4 钢材检验

钢材检验包括化学成分、机械性能以及外观检查。

1. 钢材化学成分检验

(1) 熔炼分析:即钢厂在浇注钢锭过程中从钢液中取样,进行化学成分分析。钢厂产品证书上列出的化学成分,即属熔炼分析结果。由于钢液冷凝中发生的偏析现象,则使钢锭各部的成分不一致,所以此法结果时常不能真正反映产品的化学成分。

(2) 成品分析:也叫验证分析。用于重要工程的钢材,有时要采用成品分析。成品分析的取样及其分析方法,均应按国家标准规定或要求进行。成品分析,也是对厂家出具的化学成分的验证。

2. 钢材机械性能检验

钢材机械性能检验是指强度、塑性、韧性和其他工艺性能的检验。建筑公司(或工地)试验室在钢材进场时,应抽样进行钢材屈服点、抗拉强度、伸长率三项性能检验;必要时,还应进行冷弯试验、常温和负温冲击韧性、疲劳强度、时效性能等项试验检验。钢材机械性能的取样和试验方法应遵照有关钢材质量标准和试验方法进行,随着科学技术进步和生产水平的提高,有关质量标准和试验方法是逐步发展的。

3. 钢材外观检查

钢材外观检查指检查钢材外形、截面尺寸、长度等方面符合钢材要求,或确定的钢材等级常用的普通建筑钢材,其等级的确定仅与外观质量有关,而与其化学成分和机械性能无关。

2-12-1-5 钢材性能常用名词与解释

钢材性能名词与解释

表 2-12-2

名 词	解 释
抗拉强度	在标准条件下,进行钢材拉力试验,试件拉断前所能承受的最大拉力荷载除以原试样断面积所得的应力,即为试件抗拉强度(也称极限强度),以符号 σ_b 表示,单位为 MPa
屈服点	在标准条件下试件拉伸试验过程中,当荷载不再增加,而试样仍继续发生塑性变形的现象,称为“屈服现象”。当开始发出屈服现象时的应力,即为“屈服点”。试件开始屈服时所达到最高应力称“上屈服点”,屈服后第一次降到的最低应力称“下屈服点”。因“下屈服点”比较稳定且容易测得,所以常以“下屈服点”定为应测屈服点。以符号 σ_s 表示,单位为 MPa
屈服强度	强度较高的钢材,无明显屈服点。对于此类钢材,以试样拉伸达规定值的永久变形时应力,定为屈服强度。一般定为试样标距的 0.2%,以符号 $\sigma_{0.2}$ 表示,单位为 MPa
伸长率	也叫延伸率。在标准拉伸试验中,试件拉断后,其标部分所增加的长度占原标距长度的百分比,即称试件伸长率(%)。对于短试件,标距等于 5 倍试件的直径,伸长率以 δ_5 表示。对于长试件,标距等于 10 倍试件的直径,伸长率以 δ_{10} 表示。由于试件在拉断处发生颈缩现象,故塑性变形在试件标距内的分布不均匀,颈缩处伸长值多,故标距值大的颈缩处伸长对计算伸长率影响即小些;反之,影响则大些。同一钢材 δ_5 较 δ_{10} 大。伸长率反映钢材塑性变形能力

名 词	解 释
断面收缩率	是指试件拉断后,拉断的横断面缩量占原断面的百分比,称为断面收缩率(%)。它较伸长率更好地反映了钢材塑性变形能力。以符号 ψ 表示
冷弯试验	冷弯试验检验钢材冷弯性能,反映了钢材承受变形的能力,也反映其韧性。冷弯试验一般用弯曲角度(α)和弯心直径(d)对试件直径(a)或厚度的比值来体现。试验中弯曲角度越大、弯心直径对试件直径(或厚度)比值越小,则反映钢材冷弯性能越高。冷弯试验试件不出现裂纹为合格。
冲击韧性	标准试件在冲击试验中,试件受冲击荷载折断,计算刻槽处单位横断面积上所消耗的功,即为试件冲击值。以符号 a_k 表示,单位为 J/cm^2
弹性模量	标准拉力试验中,试件处于弹性阶段,应力与应变的比值(常数),称钢材弹性模量。弹性模量大,表示钢材抵抗变形能力强。以符号 E 表示,单位为 MPa
硬 度	有布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HRA , HRB , HRC)、维氏硬度(HV)、肖氏硬度(HS)之区别。布氏硬度为常用,它表示加固定荷载 P ,施于 $D=10mm$ 直径钢球上,钢球被压入试件表面的压痕球面积 $F=\pi D(\sqrt{D^2-d^2})mm^2$ (注: d —钢球直径)则 $HB=\frac{P}{F}$ 即称布氏硬度,单位为 MPa
疲劳强度	钢材在多次反复交变荷载作用下,可在远低于屈服极限的应力作用下而破坏,称之钢材疲劳破坏。一般把反复交变荷载 10×10^6 次时不破坏的最大应力称为疲劳强度。测定疲劳强度时,应根据结构使用条件确定采用的应力循环类型,应力比值(又称应力特征值 ρ ,为最小与最大的应力比)和周期基数。周期基数一般为 2×10^6 或 4×10^6 以上
时效敏感性	钢材由于内部组织变化,强度逐渐提高,而塑性、韧性逐渐降低,逐渐变硬变脆,这种现象称之为时效。钢材发生时效的主要原因是氧、氮等元素作用的结果。一般钢材时效发展很缓慢,但受冷加工塑性变形后,时效发展加快,其加快程度称钢材时效敏感性。钢材时效敏感性越高,则冷加工塑性变形后性能变化越大
冷脆性	随着温度下降而钢材的冲击韧性值相应降低的性能,称钢材冷脆性。当温度下降时,开始的韧性下降是缓慢的,而达到某一温度时,韧性骤然下降,此温度称钢材临界脆性温度。在寒冷地区承受动荷载的钢结构,要十分注意钢材的冷脆性
焊接性能	在一定焊接工艺条件下,能形成与基本钢材性能相当的,当符合技术要求的焊接体的能力

2-12-2 钢材的机械(力学)性能

钢材的机械(力学)性能是反映钢材在各种作用(荷载)下的工作性能。钢结构对钢材工作性能的要求当然是多方面的,不能偏重于某一项或少数几项指标。对各种指标的高低、好坏和利害得失要进行全面衡量,慎重地选择合适的钢材。

1. 强度

钢材的强度有比例极限(与弹性极限接近) f_p 、屈服强度(流限) f_y 、抗拉强度(极限强度) f_u 。其中屈服强度很重要,是设计时认为钢材可以到达的最大应力,在屈服强度以前,钢材服从弹性工作的计算假定,其变形很小。应力与应变成线性关系,钢材达到屈服强度以后,应变急剧增长,结构变形达到不能正常使用的情况。所以钢结构的设计强度一般以钢材的屈服强度作为依据确定。屈服强度高的钢材可减轻结构重量、节约材料和降低造价。

钢材在单向均匀受拉时的工作性能(2-12-1(a))可表示为4个阶段:即弹性阶段、

弹性阶段、屈服阶段和强化颈缩阶段。

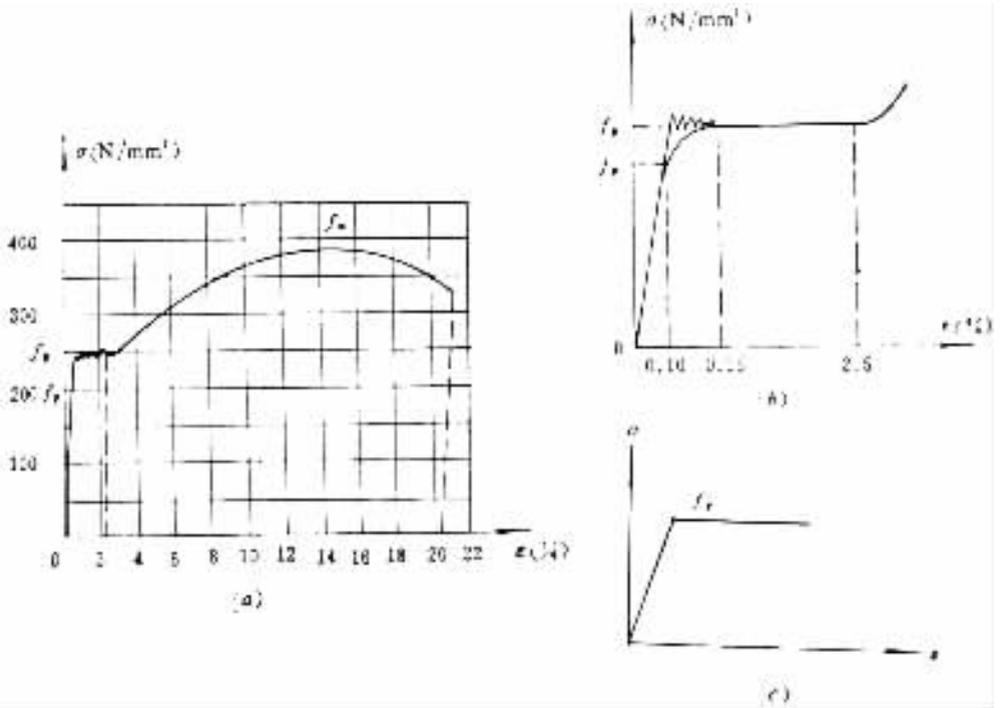


图 2-12-1 3号钢的实际工作图形

弹性阶段——钢材的应力与变形完全处于直线关系,材料为弹性,弹性模量 E 为常数,其应力最高点为比例极限 f_p ,此时相应的应变为 0.10%(3号钢)。

弹塑性阶段——当应力超过比例极限时,应力与应变不成正比,材料为弹塑性体,弹塑性模量为变数(E_t)。

屈服阶段——当应力达到屈服强度 f_s 时,弹塑性模量 $E_t = 0$,此时相应的应变为 0.15—2.5%(图 2-12-1(b))。

在弹性阶段,卸荷后变形消失,钢材恢复原状,称为弹性变形。在屈服阶段,卸荷后变形不能消失,这部分变形称为残余变形(塑性变形)。

弹塑性阶段的曲线上、下波动,以波动部分的最低值(下限)为屈服强度或流限。屈服阶段的变形范围很大,相应的应变幅度称为流幅。不同品种的钢材,其流幅也不相同,流幅越大说明钢材的塑性越好。因此,屈服强度和流幅是钢材的两个重要力学性能指标。

强化颈缩阶段——过了屈服阶段之后,钢材内部晶粒重新排列,使抵抗外荷载的能力有所提高,曲线上升而到达顶点,是为强化阶段,此时的顶点应力为抗拉强度 f_u ,当荷载使钢材出现抗拉强度的极限值时,截面面积局部收缩,塑性变形迅速增大,称为颈缩阶段。此时荷载不断降低,变形继续发展,直到断裂为止。

抗拉强度 f_u 除了反映钢材经过巨大变形后的抗拉能力外,还反映钢材内部组织的优劣,并与钢材的疲劳强度也有比较密切的关系,也是钢材破坏前能够承受的最大应力。虽然,在达到这个应力时,钢材已由于产生很大变形而失去使用性能,但抗拉强度高则可增

加结构的安全保障,故比值 f_u/f_y 可看作是衡量钢材强度储备的一个系数。

钢材的工作性能可看成理想弹性—塑性体(图 2-12-1(c)),即在屈服强度之前为弹性阶段,屈服强度之后为塑性阶段,屈服强度则为其承载能力的极限。

对常用的 3 号钢单向拉伸结果,可明显地表现出钢材各个阶段的应力和应变值为:

比例极限	$f_p \approx 200\text{N/mm}^2$	$\epsilon_p \approx 0.10\%$
屈服点	$f_y \approx 235\text{N/mm}^2$	$\epsilon_y \approx 0.15\%$
	流幅	0.15—2.5%
抗拉强度	$f_u = 370 \sim 460\text{N/mm}^2$	$\delta_{10} \approx 21\%$ (最大应变)
	弹性模量	$E \approx 2.06 \times 10^5\text{N/mm}^2$

上述试验结果只是单向均匀受力的情况,其指标也只是在承受单向静力荷载而且应力分布较均匀的结构构件中才有实际意义。强度指标虽然是结构设计的重要依据之一,但单凭这一指标不足以完全判定结构是否安全可靠,还要具有一定的塑性、韧性、可焊性、冲击韧性等一系列重要的机构(力学)性能指标。

2. 塑性

钢材的塑性一般是指当应力超过屈服点 f_y 后,能产生显著的残余变形(塑性变形)而不立即断裂的性质。衡量钢材塑性好坏的主要指标是伸长率 δ (最大应变 ϵ_{\max})和断面和收缩率 ψ 。

伸长率 δ 是应力—应变曲线中的最大残余应变值,等于试件(图 2-12-2)拉断后的原标距间的伸长量和原标距比值的百分率,当 $l_0/d_0 = 10$ 时以 δ_{10} 表示,当 $l_0/d_0 = 5$ 时以 δ_5 表示, δ 值可按下式计算:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 δ ——伸长率;

l_0 ——试件原标距长度;

l_1 ——试件拉断后标距的长度;

d_0 ——试件中间部分的直径。

断面收缩率 ψ 是试件拉断后,颈缩区的断面面积缩小值与原断面面积比值的百分率,按下式计算:

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

式中 A_0 ——试件原来的断面面积;

A_1 ——试件拉断后颈缩区的断面面积。

断面收缩率 ψ 表示钢材在颈缩区的应力状态条件下,所能产生的最大塑性变形量,也是衡量钢材塑性的一个指标。

由于伸长率 δ 是由钢材的均匀变形(非颈缩区)和集中变形(颈缩区)的总和所确定的。所以不能代表钢材的最大塑性变形能力。断面收缩率是衡量钢材塑性(颈缩区)的一个比较真实和稳定的指标,不过,在测量时容易产生较大的误差,目前,断面收缩率没有伸

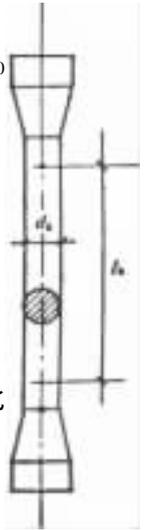


图 2-12-2
拉伸试件

长率使用得广泛。

在实际工程中,特别是在动力荷载作用下的构件,钢件的塑性好坏常是决定结构是否安全可靠的主要因素之一,所以钢材的塑性指标比强度指标更为重要。

3. 韧性

韧性是指钢材在破坏前吸收能量的能力,也是表示钢材抵抗冲击荷载的能力。它与塑性有关而又不完全相同,是强度与塑性的综合表现。钢材的强度和塑性指标是由静力拉伸试验获得的,这些指标对于承受动力荷载的构件,显然有很大的局限性。韧性指标应由冲击试验获得,是判断钢材在冲击荷载作用下是否出现脆性破坏危险的重要指标之一。

在冲击试验中,一般采用截面为 $10 \times 10\text{mm}^2$,长度为 55mm ,中间开有小槽(缺口)的试件,放在摆锤式冲击试验机上试验(图 2-12-3)。

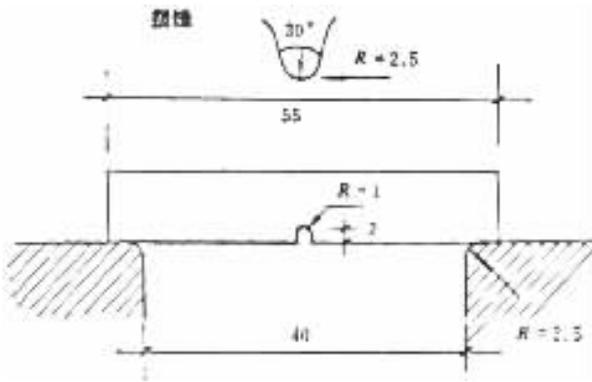


图 2-12-3 冲击试验

韧性指标用单位断面面积所能承受的冲击功表示:

$$a_k = \frac{A_k}{A_n} \text{N} \cdot \text{m} / \text{cm}^2$$

式中 a_k ——冲击韧性值;

A_k ——冲击试验机度盘上的直接读出冲击功 ($\text{N} \cdot \text{m}$);

A_n ——试件缺口处的净截面面积 (cm^2)。

4. 可焊性

钢材的可焊性是指在一定的焊接工艺和结构条件下,钢材经过焊接后能够获得良好的焊接接头的性能。可焊性可分为施工上的可焊性和使用上的可焊性。

施工上的可焊性是指焊缝金属产生裂纹的敏感性,以及由于焊接加热的影响,近缝区钢材硬化和产生裂纹的敏感性。可焊性好,是指在一定的焊接工艺条件下,焊缝金属和近缝区钢材均不产生裂纹。

使用性能上的可焊性是指焊接接头和焊缝的缺口韧性(冲击韧性)和热影响区的延伸性(塑性)。要求焊接构件在施焊后的机械性能(力学性能)不低于母材的机械性能。

目前,国内外所采用的可焊性试验方法很多。我国、日本和苏联既采用施工上的可焊性试验方法,也采用使用性能上的可焊性试验方法,而美国则对钢材焊后的冲击韧性进行

大量研究工作,英国的可焊性试验偏重于对裂纹的研究。

5. 冷弯试验

冷弯性能是指钢材在冷加工(常温下加工)产生塑性变形时,对产生裂缝的抵抗能力用冷弯试验来检验钢材承受规定弯曲程度的弯曲变形性能,并显示其缺陷的程度。

冷弯试验方法是在材料试验机上,通过冷弯冲头加压(图 2-12-4),当试件弯曲至某一规定角度 α 时(一般 $\alpha = 180^\circ$)检查试件弯曲部分的外面,里面、侧面,如无裂纹、断裂或分层,即认为试件的冷弯性能合格。

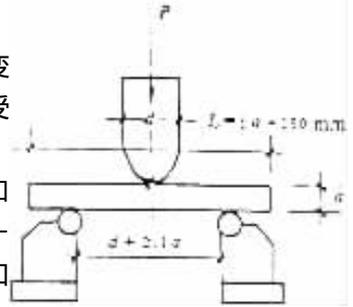


图 2-12-4 冷弯试验

冷弯试验一方面是检验钢材是否适应构件制作中的冷加工工艺过程,另一方面,通过试验还能暴露出钢材内部

缺陷(颗粒组织、结晶情况和非金属夹杂物分布等缺陷)鉴定钢材的塑性和可焊性。冷弯试验是鉴定钢材质量的一种良好方法,常作为静力拉伸试验和冲击试验等的补充试验。

2-12-3 钢材冶炼和加工

在工程结构中,结构钢是品种繁多的钢材中的一个部分,而在钢结构中,最常用的只是普通碳素钢和普通低合金钢。为了在不同情况下选用合适的钢材,常把钢材按炉种(冶炼方法)、脱氧方法和化学成分等分类编号。

1. 按炉种(冶炼方法)分类

常用的炼钢炉有三种形式,即转炉、平炉和电炉。根据各种炉子的炉衬材料(耐火材料)的不同,用酸性材料(如硅砂)或碱性材料(如镁砂)的上述炉种分别称为酸性转炉、碱性平炉、酸性电炉和碱性转炉、碱性平炉、碱性电炉。

(1) 转炉钢

利用高压空气或高压氧气使转炉内铁液中的碳、硅、锰、磷、硫等元素氧化,发生高温而使铁液变化为钢液。由于转炉送风口位置不同,又分为底吹、侧吹、顶吹 3 种。底吹转炉钢质量甚差,国内已不生产。侧吹转炉钢的各项性能不如顶吹转炉钢。顶吹转炉钢的有害元素和夹杂物少、纯洁度高,质量和加工性能都接近平炉钢。顶吹转炉钢能冶炼碳素钢和合金钢,生产效率高,成本低,投资省,建厂快,已成为当前各国钢铁工业的发展方向。

(2) 平炉钢

平炉钢是利用煤气或其他燃料供应热能,利用炉顶反射作用把用旧的废钢和含碳量较多的生铁冶炼成含碳量较适中的钢。平炉的原料广泛,容积大,产量较高,冶炼工艺较简单,冶炼的钢材质量优良、化学成分稳定(偏析度小),机械性能可靠,并能冶炼各种用途的钢,但平炉钢生产成本高,建厂规模大,工期长,投资大,现在逐渐被顶吹转炉钢所代替。

(3) 电炉钢

电炉钢是利用电热原理,以废钢、生铁和熟铁为原料,在电弧炉内冶炼而成。冶炼过程中,钢液不与空气、氧气、煤气、焦炭等燃烧火焰接触,易于清除杂质和严格控制化学成分,因此,电炉钢夹杂物最少,焊接性能最好。但是,电炉炼钢的耗电能量大,成本高,一般只用来冶炼特种用途的钢材。

2. 按脱氧方法分类

根据钢在炼钢炉中或在盛钢罐中进行的脱氧方法和程度不同,钢材又可分为沸腾钢,半镇静钢和镇静钢 3 类。

脱氧程度取决于脱氧剂的数量和种类。锰(Mn)的脱氧能力较弱,硅(Si)的脱氧能力则较强,而钛(Ti)和铝(Al)的脱氧能力最强,如以锰的脱氧能力为标准,则硅是锰的 5 倍,铝是锰的 90 倍。但由于铝的成本高,一般,常用硅来脱氧,只在钢的质量要求较高时,才先用硅脱氧后再用铝补充脱氧。

(1) 沸腾钢

仅用脱氧能力较弱的锰进行脱氧。由于未能充分脱氧,氧与氢和碳与氧化铁作用而形成的一氧化碳等气体从钢中逸出,形成钢液的沸腾现象,故称为沸腾钢。

(2) 镇静钢

向盛钢液的钢罐内投入锰和适量的硅作脱氧剂,则钢液内的氧可减少到不能再析出一氧化碳的程度,而且,其中的氮也大部分与硅等化合成稳定的氮化物。由于在脱氧过程中产生很多热量,钢的冷却较慢,气体容易逸出,没有沸腾现象,浇注时,钢锭模内液面平静,故称为镇静钢。

(3) 半镇静钢

半镇静钢介于沸腾钢和镇静钢之间,国外用来代替沸腾钢,国内一般不用。镇静钢含有较少的有害氧化物(FeO型),且氮多半是以稳定的氮化物形式存在,组织细密,气泡少,偏析度小。沸腾钢的情况刚好相反。这 3 种钢的化学成分变化不很大,主要机械性能指标如屈服强度、抗拉强度和伸长率等差别也不大,但焊接性能、冲击韧性、冷脆性、时效、疲劳和化学成分的偏析度等重要指标和性能有明显的差别,镇静钢的性能较好,指标较高,沸腾钢则较差或得不到保证。所以镇静钢用于重要结构,沸腾钢用于一般结构。

3. 碳素钢与合金钢

(1) 碳素钢的化学成分

碳素钢是指含碳量小于 2.06% 的铁碳合金,它除铁和碳两种主要元素组成外,还或多或少包含一些杂质,主要有硅(Si)、锰(Mn)、硫(S)、磷(P)等 4 种,其含量和性质如下:

碳(C)——碳素钢的强度随含碳量的增加而提高,但钢的塑性、冷弯、冲击韧性和疲劳强度却要降低,可焊性能也变差。视含碳量的多少又可分为:

低碳钢($C \leq 0.25\%$)

中碳钢($C = 0.25 - 0.60\%$)

高碳钢($C > 0.60\%$)

建筑用钢的含碳量一般不应超过 0.22% (即低碳钢)。

硅(Si)——硅能提高钢的强度而不降低其塑性,但含量过高反而不利,同时使钢的冷

脆性增加,可焊性变差,抗腐蚀能力降低,因此,硅的含量在 0.10—0.30% 范围内。

锰(Mn)——锰是有益的掺料,能提高钢的强度,消除部分硫的有害影响,含量过高也很不利,它将使钢变得脆而硬,可焊性降低,锰的含量在 0.30—0.60% 范围内。

硫(S)——硫使钢在高温时变脆,称为热脆,当温度为 800—1000℃ 时,硫使钢出现裂纹,不利于铆、焊和热加工。如果硫的含量过高,还将降低钢的冲击韧性和疲劳强度。一般钢中含硫量不超过 0.05%。

磷(P)——磷使钢在低温时变脆,称为冷脆,当温度低于 -20℃ 时就很明显。磷使钢的塑性降低,冷弯性能和可焊接性能变差,一般钢中含磷量不超过 0.045%。

(2) 普通碳素钢

我国生产的普通碳素钢分为甲、乙、特 3 类。

甲类钢——主要按机械性能(力学性能)供应。保证钢材的抗拉强度和伸长率符合国家规定的标准,硫、磷含量符合相同钢号乙类钢的规定。

乙类钢——按化学成分供应。保证钢材的碳、硅、锰、硫、磷等元素含量符合国家规定的标准。

特类钢——按机械性能与化学成分供应,保证钢材的抗拉强度、屈服强度、伸长率、冷弯试验等机械性能和碳、硅、锰、硫、磷等元素的含量都符合国家规定的标准。

钢结构所用的钢材,一般为甲类钢和特类钢。乙类钢没有机械性能方面的保证,不能用于承重结构。特类钢因其价格较高,应尽量少用。

普通碳素钢按含碳量多少分为 1、2、3、4、5、6、7 共 7 个钢号。钢号越大,钢中的含碳量越多,钢的强度与硬度也越高,塑性越低。由于普通碳素钢冶炼容易,成本低廉,并有良好的各种加工性能,所以应用广泛。其中 3 号钢在使用、加工和焊接方面的性能都比较好,是一般工业与民用房屋和构筑物中最常用的,也是我国目前大量生产的钢材。

普通碳素钢的标号按钢类(炉种)钢号、脱氧方法的次序用汉字或符号来表示(表 2-12-3):

普通碳素钢的表示方法

表 2-12-3

表示方法	钢 类			炉 种				脱 氧 方 法		
	甲类钢	乙类钢	特类钢	平 炉	顶吹氧 气转炉	酸性侧 吹转炉	碱性侧 吹转炉	沸腾钢	镇静钢	半镇静钢
汉 字	甲	乙	特	—	顶	酸	碱	沸	—	半
采用代号	A	B	C	—	Y	S	J	F	—	b

例如,甲类平炉 3 号镇静钢的标号为“甲 3”或“ A_3 ”。乙类氧气顶吹转炉 3 号沸腾钢的标号为“乙顶 3 沸”或用代号“BY3F”。

国际上通用的标号是按钢材屈服强度来编号的,例如 A_3 用 S235 表示,16Mn 用 S345 表示,15MnV 用 S410 表示,这种方法的优点是简捷,缺点是不知其炉种和钢种。

(3) 优质碳素钢

优质碳素钢与普通碳素钢的区别,主要在于钢中含杂质元素较少,硫、磷含量也少($\leq 0.040\%$)其他缺陷的限制也较严格,具有较好的综合性能。优质碳素钢的标号用钢中平均含碳量的万分数表示。例如 A_5 号钢表示平均含碳量为 0.45%。优质碳素钢在一般钢结构中使用较少,仅用作高强度螺栓等有特殊要求的零件。

(4) 普通低合金钢

合金钢内除碳以外,为了改善钢的质量,特加入一定数量的合金元素,如硅(Si)、锰(Mn)、铬(Cr)、铌(Nb)、钼(Mo)、铜(Cu)、钛(Ti)、钒(V)、硼(B)等。这类加入合金元素的钢称为合金钢,根据合金元素总量的多少可分为:

- 低合金钢(合金元素总量 < 5%)
- 中合金钢(合金元素总量为 5—10%)
- 高合金钢(合金元素总量 > 10%)

按照含有害元素硫、磷量的多少,又可分为:

- 普通合金钢($S \leq 0.050\%$; $P \leq 0.045\%$)
- 优质合金钢($S \leq 0.030-0.045\%$; $P \leq 0.035-0.040\%$)
- 高级优质合金钢($S \leq 0.020-0.030\%$; $P \leq 0.030-0.035\%$)

工程结构中常用的是普通低合金钢,它是在普通碳素钢中添加少量的一种或数种合金元素,用以提高其强度、耐腐蚀性、耐磨性和低温冲击韧性。普通低合金钢的含碳量一般较低(0.20%),以便于钢材的加工和焊接,其强度主要是靠加入的合金元素来提高。

普通低合金钢是以平均含碳量的万分数表示的,钢号后面标明合金元素,该元素的平均含量小于 1.5% 时,只标明元素而不标明含量,而当其平均含量大于 1.5%、2.5% 等时,则在元素后面标同 2、3 等数字。如在钢中加入钒、钛、铌等元素,其含量虽然很低,也须在钢号中标出。关于脱氧方法的表示,与普通碳素钢相同。

我国常用的普通低合金钢有 16 锰(16Mn)、16 锰铜(16MnCu)、16 锰铌(16MnNb)、16 锰稀土(16MnRe)、14 锰铌(14MnNb)、15 锰钒(15MnV)、15 锰钛(15MnTi)等。目前,在建筑结构中常用的普通低合金钢有 16 锰钢和 15 锰钒钢,这类钢材具有较高的屈服强度和抗拉强度,良好的塑性和冲击韧性(特别是低温冲击韧性),并具有耐腐蚀、耐低温等性能。而且,平炉和氧气顶吹转炉都可冶炼,成本也不高,加工制造和焊接性能均优,与 3 号碳素钢比较,由于强度较高,采用低合金钢通常节约钢材 15—25%。

4. 钢材的加工

钢材的加工分为热加工和冷加工两种。将钢锭加热至塑性状态,依靠外力改变其形状,成为各种不同截面的型钢,称为热压力加工(或热加工)。钢材在常温下进行的加工称为冷压力加工(或冷加工)。热、冷加工不仅改变其外形尺寸,而且能显著改变钢的内部组织和性能。

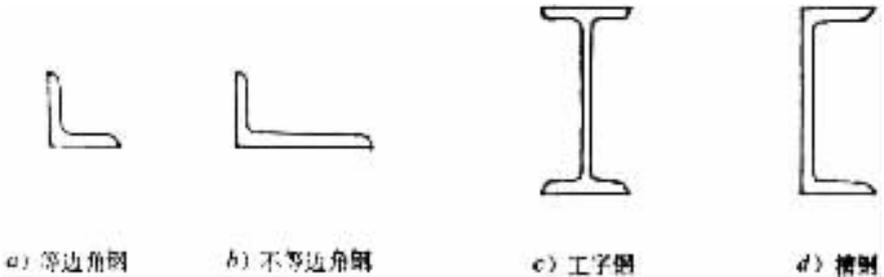


图 2-12-5 常用的型钢截面

(1) 钢材的热压力加工

钢材经热压力加工后,钢锭内部的小气泡、裂纹、疏松等缺陷在压力作用下,得到一定程度的压合,使钢材的组织更加密实。

将钢锭加热至 1150—1300℃,通过轧钢机上的旋转轧辊热轧成钢坯,再通过一系列轧辊,使钢坯的截面逐渐缩小,长度逐渐增加,最后轧成所需要的型钢(图 2-12-5)。

热加工除了辊轧成型外,还可进行锻压成型。将钢料加热至塑性状态,用锤击或静压的方法使它成为一定形状的零件,称为锻造。锻钢件的质量比铸钢铁的质量高,塑性、冲击韧性等都比铸钢件好,能承受较大的冲击作用。

(2) 钢材的冷加工

钢材在常温或再结晶温度下的加工,能显著提高强度和硬度,降低塑性和冲击韧性,称为冷作硬化。

钢材的冷加工包括剪、冲、辊、压、折、钻、刨、铲、撑、敲等等,这些工作,绝大多数利用各种机床设备和专用工具进行。所有冷加工过程,对钢材性质有两种变化:第一种是作用于钢材单位面积上的外力超过屈服强度,但小于极限强度,只使其产生永久变形,而不破坏钢材的连续性,如辊、压、折、轧、矫正等;第二种是作用于钢材单位面积上的外力超过极限强度,促使钢材产生断裂,如剪、冲、刨、钻等,使部分钢材脱离主体。

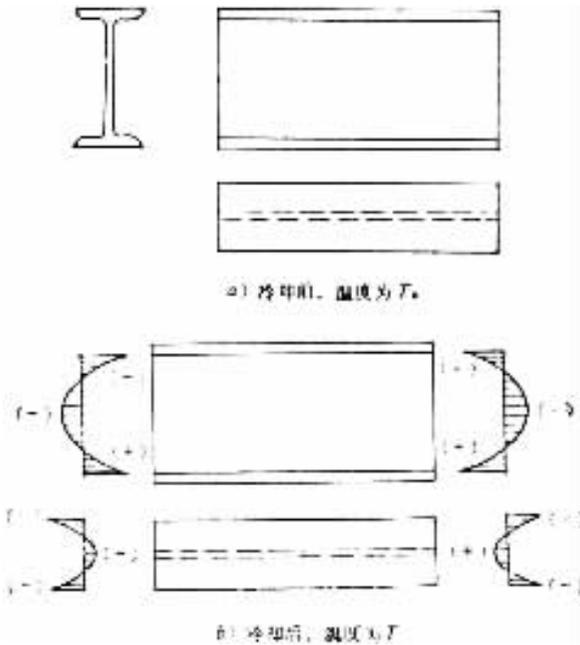


图 2-12-6 型钢冷却过程中的热残余应力

经过冷加工的钢材必然会引起局部严重硬化,对于特殊结构,如高压容器、锅炉的气包等,需用热处理方法使钢材的机械性能恢复正常状态。

(3) 型钢的热残余应力

在热轧型钢过程中,冷却时,截面上各部分温差使型钢产生了残余应力(内结应力)。以热轧工字钢的冷动过程为例(图 2-12-6),从最终轧制温度 T_1 (约 600℃)开始,截面上

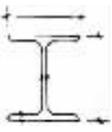
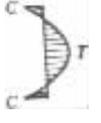
2 建筑材料的性能和应用

出现了各部分温度差别,翼缘边缘和腹板中部等外露部分比翼缘与腹板接合处冷却得快,首先冷却并阻止高温纤维冷却所产生的收缩。因此到冷却过程全部完成后(常温下),最早冷却的区域受压应力,而最后冷却的区域受拉应力。

残余应力的大小取决于初始温度值(T_0)到最终温度值(T)之间的材料应力应变关系和冷却过程中截面上温度分布所决定的变形不均匀程度。这种变形不均匀程度与导热系数 K 的降低、比热 C 、热膨胀系数 α 和比重 γ 的增加成正比。这些参数组合成 $K/\gamma C$ 比值,对任何钢种都相同,并与钢材的强度和其他机械性能无关。所以,热轧型钢中热残余应力的分布主要取决于截面形状和各部分尺寸比例。表 2-12-4 为工字形截面热残余应力的分布情况,是美国和欧洲各国一些实测的综合结果。

工字型截面热残余应力的分布情况

表 2-12-4

h/b	断 面	残 余 应 力		tw/h	tw/b	t/h	t/b
		腹 板	翼 缘				
< 1.2	a 			0.032 至 0.040	0.032 至 0.040	0.045 至 0.061	0.045 至 0.080
	b 			0.075 至 0.100	0.078 至 0.112	0.091 至 0.162	0.093 至 0.182
> 1.2 < 1.7	c 			0.062 至 0.068	0.068 至 0.073	0.104 至 0.114	0.113 至 0.121
	d 			0.030 至 0.018 至 0.018	0.048 至 0.039 至 0.056	0.051 至 0.025 至 0.043	0.077 至 0.063 至 0.085
> 1.7	e 			0.018 至 0.028	0.039 至 0.056	0.025 至 0.043	0.063 至 0.085

在轧制型钢过程中,平行轧压方向的钢板较为密实,而垂直于轧压方向略差,因此,不同方向的机械性能亦不同,常温时两个方向的冲击韧性有时相差很大。

近年来,在计算钢结构构件承载能力时,都把这些缺陷考虑进去,包括构件轴线与理

论直线的误差。改进了过去常用的把构件假定为各向同性的、理想的直杆。理论与实践证明,钢构件在制造过程中不可避免的随机缺陷(包括机械性能与几何形状的缺陷),对轴心受压构件的承载能力影响是非常明显的。

2-12-4 钢材的应力集中现象

钢材在遇到孔洞、槽口、凹角、裂缝、厚度变化或形状变化时,应力沿截面不能保持均匀分布。在截面突变的附近可能产生局部高峰应力,而另一部分的应力则可能降低,形成应力集中现象。(图 2-12-7)。

在靠近高峰应力的区域,总是存在着同号的平面或立体应力场,因而有可能使钢材转变为脆性状态。在其他一些区域,则常存在异号的平面或立体应力场,有可能提早出现塑性变形。

应力集中现象的严重与否,取决于构件形状变化的情况,变化愈是急剧,高峰应力就愈大,钢材的塑性也就降低得愈利害(图 2-12-8),引起钢材脆性破坏的危险性就越大。裂缝和尖锐的凹角等都会出现严重的应力集中现象,因此在构造设计时要避免截面突变和尖锐角的情况。

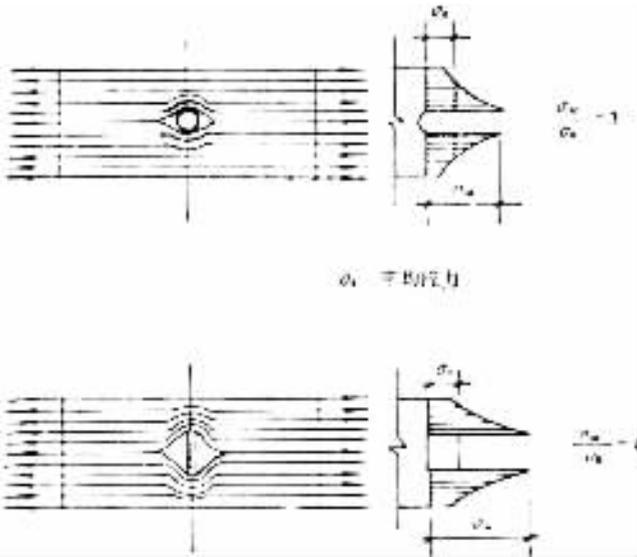


图 2-12-7 应力集中现象

钢材在冶炼、轧制、焊接、冷加工等过程中,由于不均匀的冷却过程和组织构造的变化,可能出现很大的内结应力,从而引起构件某些区域的应力分布不均匀。

内结应力(即残余应力或自应力)的特点是在钢材内部(在晶粒之内,或晶粒之间,或在整个构件内)自相平衡,而与外力作用无关。内结应力可以是一种单向应力状况,也可

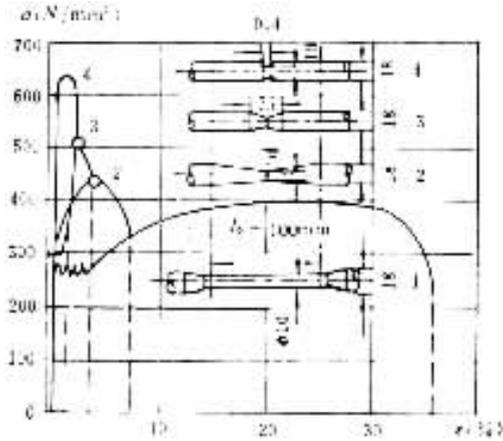


图 2-12-8 带槽试件的应力应变曲线

以是平面或立体应力状况。平面或立体的内结应力与外荷载引起的应力在不利的合成下,可能使钢材处于危险的脆性状态。有时甚至只有内结应力存在就会引起钢材开裂。

消除内结应力和避免应力集中是设计与施工的重要任务。在一般情况下,由于结构用钢材的塑性较好,当内力增大时,应力分布不均匀的现象会逐渐平缓。故受静力荷载作用的构件在常温下工作时,只要符合规范规定的有关要求,计算时可不考虑应力集中的影响。

2-12-5 钢材的复杂应力

钢材在单向应力作用下,当应力达到屈服强度 f_v 时,钢材屈服,进入塑性状态。但是,当钢材处于复杂应力作用下,当然不能按其中某一项应力是否达到屈服强度 f_v 来判断,应另外找到一个相应于 f_v 而又综合考虑平面或立体应力的共同工作的强度指标。

实验证明,对于结构用钢材这样比较理想的弹性-塑性体,采用能量强度理论较为合适。能量强度理论认为,材料由弹性状态转入塑性状态时的综合强度指标,要用变形时单位体积中由于边长比例变化的能量为衡量。

根据材料力学能量强度理论推导,在复杂应力(2-12-9)作用下,钢材由弹性状态转变(屈服)为塑性状态的条件,可以用折算应力 σ_{zs} 和钢材在单向应力时的屈服强度 f_v 相比较来判断:

$$\sigma_{zs} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - (\sigma_x\sigma_y + \sigma_y\sigma_z + \sigma_z\sigma_x) + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

当 $\sigma_{zs} < f_v$ 时,钢材处于弹性状态;

当 $\sigma_{zs} \geq f_v$ 时,钢材处于塑性状态。

一般情况下,构件的三向应力中,往往有一个方向的应力很小,而且可以忽略不计,构件呈平面应力状态,此时折算应力公式可写成:

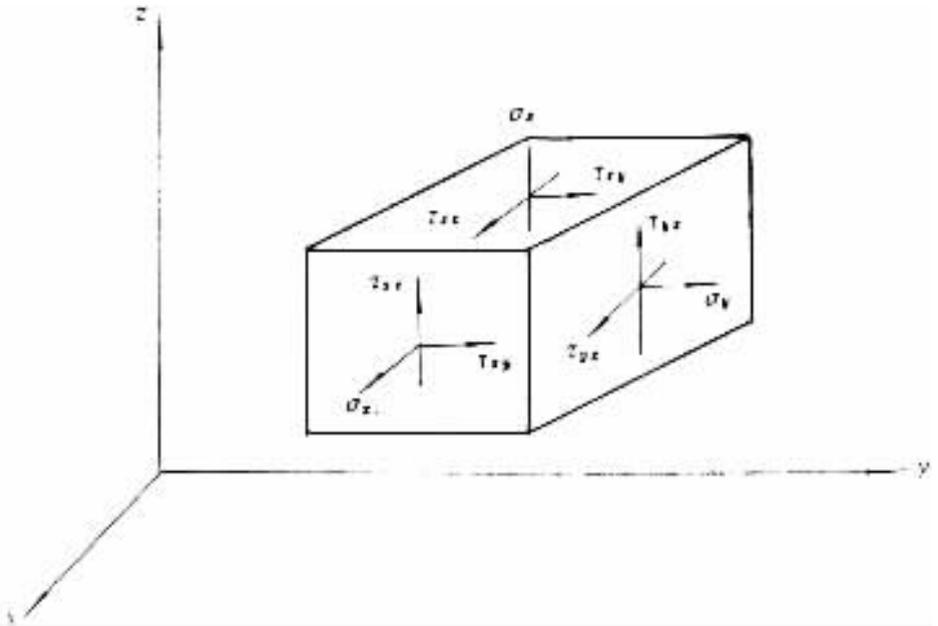


图 2-12-9 钢材的复杂应力状态

$$\sigma_{zs} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

在一般的梁中,只存在正应力 σ 和剪应力 τ , 则上式简化为:

$$\sigma_{zs} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

在纯剪时 $\sigma = 0$, 则得:

$$\sigma_{zs} = \sqrt{3\tau^2} = \sqrt{3}\tau$$

在上式另取 $\sigma_{zs} = f_v$, 即得

$$\tau = \sigma_{zs} / \sqrt{3} = f_v / \sqrt{3} \approx 0.58f_v$$

即剪应力达到屈服强度 f_v 的 0.58 倍时, 钢材将进入塑性状态。所以, 钢材的抗剪强度设计值 f_v 取 $0.58f$ (抗拉强度设计值)。例如厚度 $\leq 20\text{mm}$ (3 号钢) 厚度 $\leq 16\text{mm}$ (16 锰钢、15 锰钒钢):

3 号钢 抗拉强度设计值 $f = 215\text{N/mm}^2$, 抗剪 $f_v = 125\text{N/mm}^2$

16 号锰钢 抗拉强度设计值 $f = 315\text{N/mm}^2$, 抗剪 $f_v = 185\text{N/mm}^2$

15 锰钒钢 抗拉强度设计值 $f = 350\text{N/mm}^2$, 抗剪 $f_v = 205\text{N/mm}^2$

2-12-6 钢材的疲劳强度

钢材在连续反复荷载作用下, 虽然应力低于极限强度, 甚至还低于屈服强度, 还是可能发生破坏, 这种现象称为钢材的疲劳现象或疲劳破坏。钢材在疲劳破坏之前, 并不出现明显的变形和局部收缩。与脆性破坏一样, 是一种突然发生的断裂。

钢材的疲劳强度与连续反复荷载引起的应力种类(拉应力、压应力、剪应力和复杂应力等)应力循环形式、应力循环次数、应力集中程度和残余应力等有直接关系。

连续反复荷载引起的应力循环形式有同号应力循环和异号应力循环两种类型(2-12-10),以循环的下应力 σ_{\min} 与上应力 σ_{\max} 之比 $\rho = \sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ (拉应力取正号、压应力取负号)来表示。

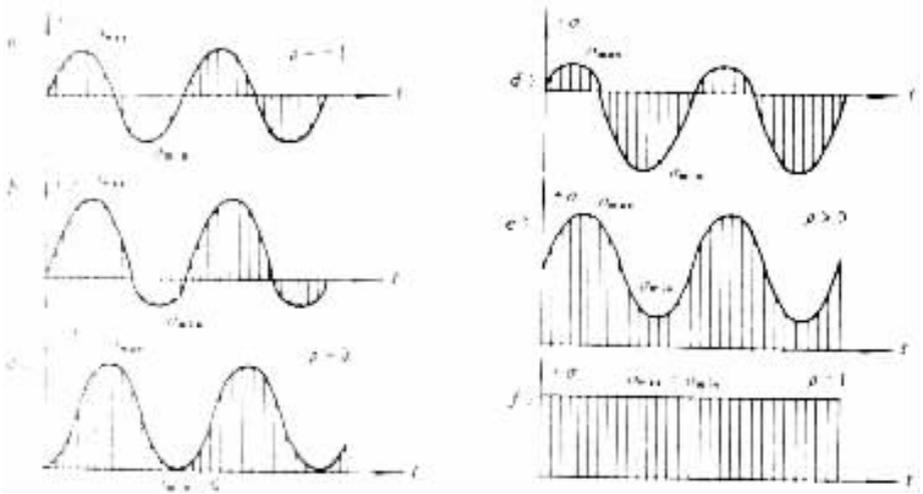


图 2-12-10 应力循环形式

- $\rho < 0$ 时,为异号应力循环;
- $\rho = -1$ 时,疲劳强度为最时;
- $\rho > 0$ 时,为同号应力循环,疲劳强度较大;
- $\rho = 1$ 时,为静荷载。

许多疲劳试验表明,焊接结构中存在着焊缝附近的残余拉应力峰值,其数值达到钢材的屈服强度 f_y 的数量级。应力比 $\rho = \sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ 不代表疲劳裂缝出现处的应力状态。实际上,应力循环是从受拉屈服强度 f_y 开始,变动一个应力幅 $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$,因而焊接连接或焊接构件的疲劳性能直接与应力幅 $\Delta\sigma$ 有关,而与应力比 ρ 的关系不是非常密切。

疲劳试验还证明,不同钢种在相同应力幅条件下,疲劳寿命相差不多,即钢材的静力强度对疲劳强度影响不大,决定疲劳寿命的主要因素是应力幅 $\Delta\sigma$ 值。

试验研究和理论分析证实,焊接结构的疲劳裂缝总是产生于连接部位的焊缝、熔合线的表面或焊缝内部缺陷处,然后沿垂直于外力作用方向扩展。在裂缝形成过程中,应力循环的实际状态是由接近屈服强度的最大应力按应力幅 $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$ 变化的。式中 σ_{\max} 和 σ_{\min} 只是名义上的最大应力和最小应力。而裂缝扩展阶段的裂缝扩展速率主要由应力幅控制,应力幅 $\Delta\sigma$ 是控制各种连接形式的疲劳寿命的最主要的应力变量。

焊接结构的疲劳计算公式为:

$$\Delta\sigma \leq [\Delta\sigma]$$

式中 $\Delta\sigma$ ——焊接部位的应力幅度 $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$;
非焊接部位的应力幅度 $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - 0.7\sigma_{\min}$;

σ_{\max} ——计算部位每次应力循环中的最大拉应力(取正值);

σ_{\min} ——计算部位每次应力循环中的最小拉应力或压应力(拉应力取正值,压应力取负值);

$[\Delta\sigma]$ ——常幅(所有应力循环内的应力幅保持常量)疲劳的容许应力幅(N/mm^2),按下式计算:

$$[\Delta\sigma] = \left(\frac{c}{n}\right)^{1/\beta}$$

c, β ——系数,根据 2-12-5 计算

n ——应力循环次数。

系数 c, β 值

2-12-5

构件和连接分类	1	2	3	4	5	6	7	8
c	1.94×10^{15}	8.61×10^{14}	3.26×10^{12}	2.18×10^{12}	1.47×10^{12}	9.64×10^{11}	6.46×10^{11}	4.06×10^{11}
β	4	4	3	3	3	3	3	3

由于现阶段对疲劳裂缝的形成、扩展以致断裂过程的极限状态定义和影响这一随机过程的有关因素的研究还很不够,到目前为止,钢材疲劳破坏的机理尚未完全弄清楚,因此,只能采用容许应力设计方法。

当应力循环内的应力幅度随机变化时(变幅疲劳),若能预测结构在使用寿命期间各种荷载的频率分布、应力幅水平和频次分布总和所构成的设计应力谱,则可根据累积损伤原理,将变幅疲劳折算为等效常幅疲劳,并按下式计算:

$$\Delta\sigma_e \leq [\Delta\sigma]$$

式中 $\Delta\sigma$ ——变幅疲劳的等效应力幅,按下式确定:

$$\Delta\sigma_e = \left[\frac{\sum n_i (\Delta\sigma_i)^\beta}{\sum n_i} \right]^{1/\beta}$$

$\sum n_i$ ——以应力循环次数表示的结构预期使用寿命;

n_i ——预期寿命的应力幅水平达 $\Delta\sigma_i$ 的应力循环次数;

β ——系数,按表 2-12-5 采用。

当没有设计应力谱时,可近似地按常幅疲劳计算。

重级工作制吊车梁和重级、中级工作制吊车桁架的疲劳可作为常幅疲劳按下式计算:

$$\alpha'_f \cdot \Delta\sigma \leq [\Delta\sigma]_{\times 10^6}$$

式中 α'_f ——欠载效应的等效系数,按表 2-12-6 采用;

$[\Delta\sigma]_{\times 10^6}$ ——循环次数 n 为 2×10^6 次的容许应力幅,按表 2-12-7 采用。

吊车梁中吊车桁架欠载效应的等效系数 α'_f

表 2-12-6

吊车类别	α'_f
重级工作制硬钩吊车(如均热炉车间夹钳吊车)	1.0
重级工作制软钩吊车	0.8
中级工作制吊车	0.5

循环次数 n 为 2×10^6 次的容许应力幅 (N/mm²)

表 2-12-7

构件和连接类别	1	2	3	4	5	6	7	8
$[\Delta\sigma] \times 10^6$	176	144	118	103	90	78	69	59

2-12-7 钢材的选用和规格

1. 选用钢材的原则

钢材选用的原则应该是:既能使结构满足安全可靠的要求,又要尽量大可能节约钢材和降低造价。不同的使用条件应当有不同的质量要求。在一般结构中,不宜轻易地选用优质钢材,而在重要的结构中,更不能盲目选用质量很差的钢材。选用钢材是否合适,不仅是一个经济问题,也关系到结构的安全和使用寿命。

选用钢材时,还应考虑结构的特性,诸如结构的类型和重要性,荷载的性质、连接方法、结构的工作温度和构件的受力性质。

2. 钢材的规格

钢结构所用的钢材主要为热轧成型的钢板和型钢,以及冷弯成型的薄壁型钢,有时也采用圆钢和无缝钢管。

2-12-8 钢材的化学成分

1. 一般概念

对于碳素钢钢筋,所考虑的化学成分主要是“碳”,而对于普通低合金钢钢筋,实质上它也是由碳素钢(低碳钢和中碳钢)制成的,只不过是在碳素钢的成分中加入少量合金元素,才能普通低合金钢的名称。

用普通低合金钢制成的钢筋一般可以提高强度,但是塑性和韧性(耐冲击的性能)则有所降低。多数情况下,合金元素对钢的塑性、韧性的影响大体上与它的强化相应,亦即强化效果愈大(强度提高愈多),则塑性、韧性降低得愈多。不过,在加入合金元素时,已考虑了使普通低合金钢钢筋在用于结构的情况下具有可靠的技术指标,只要满足所规定指标的要求,虽然塑性、韧性略有降低,对结构可靠性是有保证的。

合金元素对钢的焊接性能也有显著影响,但是影响机理十分复杂,一般地说,它使焊接性能有所降低。焊接性能还可以用控制含碳量的方法来调整,随着钢中含碳量的减少,焊接性能显著提高;不过,碳是决定钢的强度的主要因素之一,所以欲使强度增高,又必须

提高含碳量,这就造成强度与可焊性的矛盾。因此,根据结构可靠性的实际需要,合理地选择化学成分并恰当地确定它们在钢中的含量,实是非常必要的,例如,为了解决强度与可焊性之间的矛盾,也可以采用加入具有某种特性的合金元素的办法。

对于施工人员,因为无法鉴定钢筋中的各种化学成分的含量(也无必要),所以仅需从供料单位提供的钢筋出厂质量证明书或试验报告单上看到的化学成分含量,与技术标准的规定相对照,符合要求即可。在个别情况下,例如在操作过程中发生焊接接头质量不良,弯曲处出现裂纹等意外情况,则需要送样至试验室检验,从化学成分(主要是碳)含量高低方面寻找原因[一般情况下,如果钢筋的强度高出技术标准的规定很多,也有可能是含碳量过高所致,这样,拿到材质证明书核对见到,也要送样检验碳的含量,以免因使用这类钢筋(特别是市场上常见的“改制”钢材)发生脆断现象]。

除了碳之外,施工人员在操作过程中发现钢筋异常情况,还要根据具体条件,有必要时需检验硫、磷这两种有害成分的含量。

2. 对钢筋材性的影响

钢筋所用的钢中含有各种化学成分,有的是为改善性能所必须具有的,而有的则是有害的,因为在制钢过程难以完全去除,只好权予保留。

各种化学成分对钢筋材性的影响如下。

(1) 碳(C)

碳是决定钢材性能的主要元素,含碳量增加会导致钢材强度和硬度的提高,而它的塑性、韧性则相应降低。含碳量过多会使焊接性能恶化,使焊缝附近热影响区组织和性能产生不良变化,引起局部硬化脆裂。

(2) 硫(S)

硫使钢在高温时变脆,即出现“热脆现象”。热脆现象会导致钢的韧性、塑性降低,疲劳强度也相应地降低,因此,对于承受冲击荷载或重复荷载的钢筋是非常有害的。

(3) 磷(P)

磷是钢材中的有害化学成分,它会使钢的塑性和韧性降低,特别是在低温条件下的韧性降低得更剧烈,当温度低于 -20°C 时,容易导致钢筋发生脆断,即出现“冷脆现象”。冷脆现象对承受冲击荷载或在负温下使用的钢筋十分有害,而焊接时焊缝金属容易产生冷裂纹并继续扩展,因此,磷是恶化钢筋焊接性能的一种化学元素。磷的危害性随含碳量的增加而增大,对于含碳量较高的钢筋,如含磷量过高,由于冷脆性能影响的塑性降低尤为显著。

(4) 锰(Mn)

锰本是制钢过程中的一种主要脱氧剂,但它能够除去热脆性的硫化铁,而硫在钢中是以硫化铁的形式存在,所以能清除硫的有害作用,减轻热脆影响,有利于改善钢的焊接性能。锰含量在 1.0% 以下时,几乎不降低钢筋的塑性和韧性,甚至对韧性还会稍有提高;当锰含量超过 1.0% 时,强度提高而塑性和韧性降低,但有时为了提高钢筋强度,还是要适当增加含量,当钢中含碳量不高(0.2% 以下)时, 1.0% 以下的锰含量对钢筋的焊接性能影响不大,但如果锰含量再予以增加,则钢筋的可焊性变差。

(5) 硅(Si)

硅可显著地提高钢筋的抗拉强度,也能使屈服点略有提高,硅含量过多时,会使钢筋

的塑性和韧性降低,从而导致它的可焊性变差。

(6) 钒(V)

钒能有效地提高钢的强度,改善塑性和韧性;由于它对钢的强化作用较大,所以加少量钒(0.05%~0.15%)就可以适量地少加较多的锰、碳,从而进一步改善钢的性能。

(7) 钛(Ti)

钢中加少量的钛($\leq 0.08\%$)就可以使强度显著提高,同时塑性稍有降低;但韧性和焊接性能则有所改善。

(8) 铌(Nb)

钢中加入少量的铌以提高钢筋硬度,并使强度随着提高。

(9) 铬(Cr)

铬的硬度高,抗腐蚀能力强,钢中加适量用以提高强度。

2-12-9 常用建筑钢种

2-12-9-1 普通碳素结构钢

普通碳素钢类、炉种、脱氧程度表示

表 2-12-8

钢类	汉字	字母代号	炉种	汉字	字母代号	脱氧程度	汉字	字母代号
甲类钢	甲	A	碱性平炉钢	—	—	沸腾钢	沸	F
乙类钢	乙	B	侧吹碱性转炉钢	碱	J	半镇静钢	半	b
特种钢	特	C	顶吹转炉钢	顶	D	镇静钢	—	—
			氧气顶吹转炉钢	氧	Y			

普通碳素钢钢材的化学成分

表 2-12-9

炉号	顺序号	钢号				熔炼化学成分%				
		乙类钢		特种钢		碳	硅	锰	磷	硫
		牌号	代号	牌号	代号					
碱性平炉	1	乙1,乙氧1	B ₁ ,BY ₁			0.06—0.12	0.12—0.3	0.25—0.50	不大于	
		乙1沸	B ₁ F,				< 0.05			
		乙氧沸	BY ₁ F							
	2	乙2,乙氧2	B ₂ ,BY ₂	特2,特氧2	C ₂ ,CY ₂	0.09—0.15	0.12—0.3	0.25—0.55		
		乙2沸	B ₂ F,	特2沸	C ₂ F,		< 0.07			
		乙氧2沸	BY ₂ F	特氧2沸	CY ₂ F					

续表

炉号	顺序号	钢 号				熔炼化学成分%				
		乙类钢		特种钢		碳	硅	锰	磷	硫
		牌号	代号	牌号	代号				不大于	
氧气顶吹转炉钢	3	乙3 乙氧3	B ₃ ,BY ₃	特3 特氧3	C ₃ ,CY ₃	0.14—0.22	0.12—0.3	0.35—0.65	0.45	0.050
		乙3 沸	B ₃ F ,	特3 沸	C ₃ F ,					
		乙氧3 沸	BY ₃ F	特氧3 沸	CY ₃ F					
	4	乙4 乙氧4	B ₄ ,BY ₄	特4 特氧4	C ₄ ,CY ₄	0.18—0.28	0.12—0.3	0.4—0.7		
		乙4 沸	B ₄ F ,	特4 沸	C ₄ F ,					
		乙氧4 沸	BY ₄ F	特氧4 沸	CY ₄ F					
	5	乙5 乙氧5	B ₅ BY ₅	特5 特氧5	C ₅ ,CY ₅	0.28—0.38	0.15—0.35	0.50—0.80		
6	乙6 乙氧6	B ₆ BY ₆	—	—	0.38—0.50					
7	乙7 乙氧7	B ₇ BY ₇	—	—	0.50—0.62					
侧吹碱性特种钢	2	乙碱2	BJ ₂	特碱2	CJ ₂	0.06—0.12	0.10—0.30	0.25—0.55	0.045	0.055
		乙碱2 沸	BJ ₂ F	特碱2 沸	CJ ₂ F		< 0.07			
	3	乙碱3	BJ ₃	特碱3	CJ ₃	0.10—0.20	0.10—0.30	0.30—0.60		
		乙碱3 沸	BJ ₃ F	特碱3 沸	CJ ₃ F		< 0.07			
	4	乙碱4	BJ ₄	特碱4	CJ ₄	0.16—0.26	0.10—0.35	0.30—0.70		
		乙碱4 沸	BJ ₄ F	特碱4 沸	CJ ₄ F		< 0.07			
5	乙碱5	BJ ₅	特碱5	CJ ₅	0.24—0.37	0.12—0.35	0.50—0.80			
6	乙碱6	BJ ₆	—	—	0.37—0.50					
侧吹酸性转炉钢	3	乙酸3	BS ₃	—	—	< 0.14	0.12—0.35	0.25—0.55	0.085	0.065
		乙酸3 沸	BS ₃ F	—	—		< 0.07			
	4	乙酸4	BS ₄	—	—	0.12—0.22	0.12—0.35	0.35—0.55		
		乙酸4 沸	BS ₄ F	—	—		< 0.07			
	5	乙酸5	BS ₅	—	—	0.17—0.32	0.12—0.35	0.50—0.80		
	6	乙酸6	BS ₆	—	—	0.12—0.40	0.12—0.35	0.60—0.90		

普通碳素钢钢材的机械性能

表 2-12-10

钢号 顺序	钢 号						机械性能					180°冷弯 试验		
	碱性平炉钢		氧所顶吹 转炉钢		侧吹感性 转炉钢		屈服点 MPa (kgf/mm ²) 不小于			抗拉 强度 σ_b MPa (kgf/mm ²)	伸长率 %		d : 弯心直径 a : 度样百度	
	甲类 钢	特种 钢	甲类 钢	特种 钢	甲类 钢	特种 钢	按尺寸分组				不小于			
							第一 组	第二 组	第三 组	δ_5	δ_{10}			
												型钢	钢板	
1	A ₁		AY ₁	—	—	—	—	—	—	314—392 (32—40)	33	28	d = 0	d = 0.5a
	A _F		AY ₁ F	—	—	—	—	—	—	333—412				

2 建筑材料的性能和应用

续表

钢号顺序	钢 号						机械性能					180°冷弯 试验		
	碱性平炉钢		氧所顶吹 转炉钢		侧吹感性 转炉钢		屈服点 MPa (kgf/mm ²) 不小于			抗拉 强度 σ_b MPa (kgf/mm ²)	伸长率 % 不小于		d : 弯心直径 a : 度样百度	
	甲类 钢	特种 钢	甲类 钢	特种 钢	甲类 钢	特种 钢	按尺寸分组							
							第一 组	第二 组	第三 组					
										δ_5	δ_{10}	型钢	钢板	
2	A ₂	C ₂	AY ₂	CY ₂	AJ ₂	CJ ₂	216	196	186	333—412	31	26	d = 0a	d = a
	A ₂ F	C ₂ F	AY ₂ F	CY ₂ F	AJ ₂ F	CJ ₂ F	(22)	(20)	(19)	(34—42)				
3	A ₃	C ₃	AY ₃	CY ₃	AJ ₃	CJ ₃	235	226	216	273—461	26	22	d = 0.5a	d = 1.5a
	A ₃ F	C ₃ F	AY ₃ F	CY ₃ F	AJ ₃ F	CJ ₃ F	(24)	(23)	(22)	(38—47)				
4	A ₄	C ₄	AY ₄	CY ₄	AJ ₄	CJ ₄	255	245	235	490—608	24	20	d = 2a	
	A ₄ F	C ₄ F	AY ₄ F	CY ₄ F	AJ ₄ F	CJ ₄ F	(26)	(25)	(24)	(50—62)				
5	A ₅	C ₅	AY ₅	CY ₅	AJ ₅	CJ ₅	275	265	255	588—706	20	16	d = 3a	
						(28)	(27)	(26)	(60—72)					
6	A ₆		AY ₆	—	AJ ₆	—	304	294	294	> 679	15	12	—	—
							(31)	(30)	(30)	(70)				
7	A ₇		AY ₇	—	—	—	—	—	—	—	10	8	—	—

注 ①半镇静钢钢材机械性质,按相应钢号镇静钢机械性质评定

②屈服点按钢尺寸分组,第 1 2 3 组钢材按表划分

③冷弯试验合格时,抗拉强度上限可不限

表 2 - 12 - 11

组 别	钢 材 尺 寸 mm		
	条钢直径或厚度	异型钢厚度	钢板厚度
第一组	< 40	< 15	4—20
第二组	> 40—100	> 50—20	> 20—40
第三组	> 100—250	> 20	> 40—60

普通碳素钢各钢号各涂色标记：

1 号钢——白色 + 黑色

2 号钢——黄色

3 号钢——红色

4 号钢——黑色

5 号钢——绿色

6 号钢——兰色

7 号钢——红色 + 棕色

特类钢——加涂铝白色一条

2-12-9-2 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢钢材化学成分

表 2-12-12

钢 组	钢 号		化学成分(%)						
	牌号	代号	碳	硅	锰	磷	硫	铬	镍
						不大于			
第 一 组 普 通 合 锰 量 钢	05 沸	05F	< 0.06	< 0.03	< 0.04	0.035	0.040	0.10	0.25
	08 沸	08F	0.05—0.11	< 0.03	0.25—0.50	0.040	0.040	0.10	0.25
	08	08	0.05—0.12	0.17—0.37	0.35—0.65	0.035	0.040	0.10	0.25
	10 沸	10F	0.07—0.14	< 0.07	0.25—0.50	0.040	0.040	0.15	0.25
	10	10	0.17—0.14	0.17—0.37	0.35—0.65	0.035	0.040	0.15	0.25
	15 沸	15F	0.12—0.19	< 0.07	0.25—0.50	0.040	0.040	0.25	0.25
	15	15	0.12—0.19	0.17—0.37	0.35—0.65	0.040	0.040	0.25	0.25
	20 沸	20F	0.17—0.24	< 0.07	0.25—0.50	0.040	0.040	0.25	0.25
	20	20	0.17—0.24	0.17—0.37	0.35—0.65	0.040	0.040	0.25	0.25
	25	25	0.22—0.30	0.17—0.37	0.50—0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	30	30	0.27—0.35	0.17—0.37	0.50—0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	35	35	0.32—0.40	0.17—0.37	0.50—0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	40	40	0.37—0.45	0.17—0.37	0.50—0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	45	45	0.42—0.50	0.17—0.37	0.50—0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	50	50	0.47—0.55	0.17—0.37	0.50—0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	55	55	0.52—0.60	0.17—0.37	0.50—0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	60	60	0.57—0.65	0.17—0.37	0.50—0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	65	65	0.62—0.70	0.17—0.37	0.50—0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	70	70	0.67—0.75	0.17—0.37	0.50—0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	75	75	0.72—0.80	0.17—0.37	0.50—0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
80	80	0.77—0.85	0.17—0.37	0.50—0.80	0.040	0.040	0.25	0.25	
85	85	0.82—0.90	0.17—0.37	0.50—0.80	0.040	0.040	0.25	0.25	
第 二 组	15 锰	15Mn	0.12—0.19	0.17—0.37	0.70—1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	20 锰	20Mn	0.17—0.24	0.17—0.37	0.70—1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	25 锰	25Mn	0.22—0.30	0.17—0.37	0.70—1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	30 锰	30Mn	0.27—0.35	0.17—0.37	0.70—1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	35 锰	35Mn	0.32—0.40	0.17—0.37	0.70—1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	40 锰	40Mn	0.37—0.45	0.17—0.37	0.70—1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	45 锰	45Mn	0.42—0.50	0.17—0.37	0.70—1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	50 锰	50Mn	0.48—0.56	0.17—0.37	0.70—1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	60 锰	60Mn	0.57—0.65	0.17—0.37	0.70—1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	65 锰	65Mn	0.62—0.70	0.17—0.37	0.70—1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
70 锰	70Mn	0.67—0.75	0.17—0.37	0.70—1.00	0.040	0.040	0.25	0.25	

2 建筑材料的性能和应用

优质碳素结构钢材机械性能

表 2 - 12 - 13

钢号	屈服点 σ_b	抗拉强度 σ_s	伸长率 δ_5	收缩率 ψ	冲击值 a_k kg·m/cm ²	布氏硬度	
	MPa		%			热轧钢	退火钢
	不小于		不小于			不小于	
08F	180	300	35	60		131	
08	200	330	33	60		131	
10F	190	320	33	55		137	
10	210	340	31	55		137	
15F	210	360	29	55		143	
15	230	380	27	55		143	
20F	230	300	27	55		156	
20	250	420	25	55			
25	280	460	23	50	9	170	
30	300	500	21	50	8	179	
35	320	540	20	45	7	187	
40	340	580	19	45	6	217	187
45	360	610	16	40	5	241	197
50	380	640	14	40	4	241	207
55	39	69	13	35	—	255	217
60	41	69	12	35	—	255	229
65	42	71	10	30	—	255	229
70	43	73	9	30	—	269	229
75	90	110	7	30	—	285	241
80	95	110	6	30	—	285	241
85	100	115	6	30	—	302	255
15Mn	25	42	26	55	—	163	—
20Mn	28	46	24	50	—	197	—
25Mn	30	50	22	50	9	207	—
30Mn	32	55	20	45	8	217	187
35Mn	34	57	18	45	7	229	197
40Mn	36	60	17	45	6	229	207
45Mn	38	63	15	40	5	241	217
50Mn	40	66	13	40	4	255	217
60Mn	42	71	11	35	—	269	229
65Mn	44	75	9	33	—	286	229
70Mn	46	80	8	33	—	285	229

注：以上 30、35、40 和 45 号钢可用作高强螺栓；

45 号可用作预应力钢筋锚具；

65、70、75 和 80 号钢可用于预应力混凝土需用碳素钢丝、刻痕钢丝和钢绞线。

2-12-9-3 普通低合金结构钢

普通低合金结构钢简称普通低合金钢,它是在普能碳素钢基础上,适当添加少量的一种或几种合金元素,以便改善性能(提高强度、增强耐腐蚀性、耐磨性和冲击韧性)扩大应用。

普通低合金结构钢按含碳量、合金元素种类与含量来划分钢号。在钢号前面的两位数字表示含碳量万分之平均值;合金元素含量于1.5%,元素右下方不标明含量,如在元素右下角标“2”即表示元素含量在1.5—2.5%范围;在钢号后面标汉字“半”或字母“b”表示半镇静钢;在钢号前标“碱”字或字母“J”表示碱性空气转炉钢等。

1. 普通低合金结构钢化学成分(见表2-12-14)

化学成分

表2-12-14

序号	钢号		化学成分%			
	牌号	代号	C	Mn	Si	其他成分
1	09 锰钒	09MnV	≤0.12	0.80—1.20	0.20—0.60	V 0.04—0.12
2	09 锰铌	09MnNb	≤0.12	0.80—1.20	0.20—0.60	Nb 0.015—0.050
3	(09 锰2)	(09Mn2)	≤0.12	1.40—1.80	0.20—0.50	
4	12 锰	12Mn	≤0.16	1.10—1.50	0.20—0.60	
5	18 铌半	18Nb _{1/2}	0.14—0.22	0.40—0.65	≤0.17	Nb _{1/2} 0.015—0.050
6	08 锰磷稀土	08MnPRe	≤0.12	0.90—1.30	0.20—0.50	P 0.018—0.13 Re ≤0.20
7	09 锰铜磷钛	09MnCuPTi	≤0.12	1.00—1.50	0.20—0.50	Cu: 0.20—0.40, P: 0.05—0.12, Ti ≤0.03
8	09 锰2钒	09MnV	≤0.12	1.40—1.80	0.20—0.50	V 0.04—0.10
9	(02 锰2硅)	(02Mn2Si)	≤0.12	1.30—1.80	0.50—0.80	V 0.04—0.12
10	12 锰铌	12MnNb	≤0.15	1.00—1.40	0.20—0.60	P 0.07—0.12 Re ≤0.20
11	12 锰铌稀土	12MnNbRe	≤0.16	0.60—1.00	0.20—0.50	Nb 0.015—0.050 Re ≤0.20
12	14 锰铌半	14MnNb _{1/2}	0.12—0.18	0.80—1.20	≤0.17	Nb 0.015—0.050
13	14 锰铌	14MnNb	0.12—0.18	0.80—1.20	0.20—0.60	Nb 0.015—0.050
14	16 锰	16Mn	0.12—0.20	1.20—1.60	0.20—0.60	
15	16 锰稀土	16MnRe	0.12—0.20	1.20—1.60	0.20—0.60	Re ≤0.20
16	16 锰磷铌稀土	16MnP Nb Re	≤0.14	0.80—1.20	0.20—0.60	P: 0.06—0.12, Nb: 0.015—0.050 Re ≤0.02
17	15 锰钒	15MnV	0.12—0.18	1.20—1.60	0.20—0.60	V 0.04—0.12
18	15 锰钛	15MnTi	0.12—0.18	1.20—1.60	0.20—0.60	Ti 0.12—0.20
19	16 锰铌	16MnNb	0.12—0.20	1.00—1.40	0.20—0.60	Nb 0.15—0.50
20	14 锰钒钛稀土	14MnVTiRe	≤0.18	1.30—0.60	0.20—0.60	V 0.04—0.10 Re ≤0.20 T 0.09—0.16
21	15 锰钒氮	15MnVN 15MnVNT	0.12—0.20 0.12—0.20	1.20—1.60 1.30—1.70	0.20—0.50 0.20—0.50	V 0.05—0.12 N 0.012—0.20 V 0.16—0.25 N 0.014—0.22

注:上表成分允许偏差 C ±0.02% ;Mn ±0.10% ;Si ±0.05% ;V ±0.02% ;Ti ±0.02% ;Nb ±0.005% ;Cu ±0.05% ;P ±0.01% ;

2 建筑材料的性能和应用

2. 普通低合金结构钢机械性能

机械性能

表 2-12-15

序号	钢号		钢材厚度或 直径 mm	屈服点 MPa	抗拉强度 MPa	伸长率 $\delta\%$	冷弯试验 180°
	牌号	代号		不小于			
1	09 锰钒	09MnV	≤16	300	440	22	$d = 2a$
			17—25	280	440	22	$d = 3a$
2	09 锰铌	09MnNb	≤16	300	420	23	$d = 2a$
			17—25	280	400	21	$d = 3a$
			≤16	300	450	21	$d = 2a$
3	(09 锰 2)	(09Mn2)	17—25	280	430	21	$d = 2a$
			32—100 方圆钢	260	420	21	$d = 2a$
4	12 锰	12Mn	≤16	300	450	21	$d = 3a$
			17—25	280	440	19	$d = 2a$
5	18 铌半	18Nb	6—16	300	460	24	$d = 2a$
6	08 锰磷稀土	08MnPRe	≤5	360	480	20	$d = 2a$
			6—16	330	460	20	$d = 2a$
7	09 锰铜磷钛	09MnCuPTi	≤16	350	500	21	$d = 2a$
			17—25	340	500	19	$d = 3a$
8	09 锰 2 钒	09Mn2V	5—20	350	500	21	$d = 2a$
9	(09 锰 2 硅)	(09Mn2Si)	≤16	340	480	23	$d = 2a$
			17—30	330	470	23	$d = 2a$
10	12 锰钒	12MnV	≤16	350	500	21	$d = 2a$
			17—25	340	500	19	$d = 3a$
11	12 锰磷稀土	12MnPRe	6—20	350	520	21	$d = 2a$
12	14 锰铌半	14MnNb	6—20	350	500	21	$d = 2a$
13	14 锰铌	14MnNb	≤16	360	500	21	$d = 2a$
			17—25 条钢	340	480	19	$d = 3a$
			≤16	350	520	21	$d = 2a$
			17—25	330	500	19	$d = 3a$
14	16 锰	16Mn	26—36	310	480	19	$d = 2a$
			38—50	290	480	19	$d = 3a$
			55—100 方圆钢	280	480	19	$d = 3a$
15	16 锰稀土		≤16	350	520	21	$d = 2a$
			≤10	400	520	19	$d = 2a$
			≤5	420	560	19	$d = 2a$
16	10 锰铌磷稀土	10MnPbRe	6—16	400	540	18	$d = 3a$
			17—25	380	520	17	$d = 3a$

续表

序号	钢号		钢材厚度或 直径 mm	屈服点	抗拉强度	伸长率	冷弯试验 180°
	牌号	代号		MPa	MPa	$\delta\%$	
17	15 锰钒	15MnV	26—36	360	500	17	$d = 3a$
			38—50	340	500	17	$d = 3a$
18	15 锰钛	15MnTi	≤ 25	400	540	19	$d = 3a$
			26—40	380	520	19	$d = 3a$
19	16 锰铌	16MnNb	≤ 16	400	540	19	$d = 2a$
			17—20	280	520	18	$d = 3a$
20	14 锰钒钛稀土	14MnVTiRe	≤ 12	450	560	18	$d = 2a$
			13—20	420	540	18	$d = 3a$
			≤ 10	480	650	17	$d = 2a$
21	15 锰钒氮	15MnVN	≤ 17 型钢	450	600	19	$d = 3a$
			11—25	450	600	18	$d = 3a$
			26—38	420	560	17	$d = 3a$
			40—50	400	540	17	$d = 3a$
		15MnVN _T					

2-12-9-4 建筑常用碳素钢品种、性能和用途

表 2-12-16

钢种	钢号	性能和用途
普通 碳素 钢	$A_2, A_2F, C_2, C_2F, B_2, B_2F$	2号钢较3号钢含碳量低,故强度也较低,但塑性、韧性、焊接性能则较好,冷加工性能也较好,适用于制作钢板结构和各种容器。一般结构采用 A_2, A_2F ,重要结构采用 C_2, C_2F
	A_3, A_3F, C_3, C_3F	3号钢是目前我国钢结构所用型钢和钢板的主要钢号。因为3号钢能较全面地满足各种性能要求。一般承重结构采用 A_3, A_3F ,重要结构采用 C_3, C_3F 。仅承受静载且计算温度不低于 -25°C 的铆结构中允许采用转炉钢 A_3
	A_3Q	属于专用的桥梁钢。塑性好,低温冷脆敏感性小,负温冲击韧性好,其它性能与3号钢相似。除常见钢板外,还有角钢、工字钢、槽钢等品种
	16Q	属于专用的桥梁钢。由于其结构组织均匀细致,质地纯洁,故具有优良的塑性、抗疲劳性、耐久性和焊接性,低温冷脆和时效敏感性也小。适用于焊接桥梁、低温繁重工作制的吊车梁等受动载结构。主要供应钢板
	A_3, A_3J, AD_3	用3号钢制成钢种,在建筑上被广泛应用。 AD_3 是纯氧顶吹转炉钢,性能较好,接近平炉钢
	ML_2, ML_3	属于制作铆钉、精制螺栓的专用钢
优质 碳素 钢	35	用于钢结构的钢铸件
	30 40 45 50	这几种钢号用于制作高强度螺栓连接零件,以及预应力钢筋混凝土结构的锚固接头零件等
	60 65 70	这几种钢号用于制作钢和钢丝绳
	70 75	用于制作预应力钢筋混凝土结构用的高强度钢丝
	80 85	用于制作预应力钢筋混凝土结构用的高强度钢丝或钢绞线

2-12-9-5 常用普通低合金结构钢品种、性能和用途

普通低合金钢品种、性能和用途

2-12-9-5

级别	钢号	性能和用途
300 PMa 级	09MnV	在钢中加入少量钒,可以细化晶粒,起到沉淀强化作用,即锰含低也可具有较高强度,它还具有较好的冲击韧性、焊接性、耐腐蚀性等。可用于制作焊接管、容器和建筑结构等
	09MnNb	在钢中加入少量铌,可以细化晶粒,起到沉淀强化作用。它可以代替甲3桥梁钢
	18N _b	在这个新钢号是在普通碳素3号钢基础上加入少量铌元素制成。它具有良好的塑性和焊接性能。可制作建筑结构、压力容器、起重机械等
350 PMa	16Mn	是我国最早、产量最大的一种普通低合金钢。它具有良好的机械性能、焊接和工艺性能。质量稳定。广泛用于管道、大型厂房结构、桥梁、大型容器等。应用后比普通碳素钢节约钢材20—30%
	16MnCu	主要机械性能与16Mn近似,但其大气和海水腐蚀性则比16Mn提高约30%。16MnCu与16Mn两个钢号合并,按16Mn生产和供应
	16MnRe	主要机械性能与16Mn近似,但其冲击韧性、冷弯性能显著提高,钢材各向异性也较小
	14MnNb	这个钢种是在钢中以微量铌元素代替部分锰,但性能与16Mn近似,综合性能优良,焊接工艺简单
	14MnN _b	这个钢种有显著优良焊接性和塑性,综合性能好,可用于建筑结构、管道、化工容器。另外,它的抗疲劳性能也较好,可用于冶金工业厂房和较繁重的动荷载结构
	09MnCuPTi	充分利用我国某些资源中的共生元素铜、磷而研制的钢种。它有优良的综合性能和耐蚀性能,塑性、焊接性能也较好。适用于桥梁、容器和建筑结构
	10PCuRe	也属利用我国某些资源中的共生元素而研制的钢种。它有优良的综合性能、耐蚀性能、焊接性能和冷加工性能。它广泛用于高压输电铁塔、石油井架、输油管、储油罐、厂房结构等,在轻型薄壁结构方面有广泛发展前途
	12MnV	这种钢号与09MnV、15MnV在强度级别、化学成分配套衔接形成系列,具有优良的综合性能,很有发展前途。适用于桥梁和一般金属结构
400 MPa 级	12MnNbRe	我国稀土资源丰富,为了改善钢中磷的有害影响而生产的钢种。它有优良的综合性能、耐蚀性能等。适用于钢塔、井架、建筑结构、钢板桩等
	15MnV	在16Mn钢中加微量钒,可细化晶粒,促使沉淀起强化作用。它不需正火,轧制状态即可获优良的综合性能,故推广迅速。适用于桥梁、建筑机械等
	15MnVCu	它主要性能与15MnV相同,但其耐大气和海水腐蚀性更佳,今后与15MnV合并,按15Mn生产和供应
	15MnTi	它有优良的综合性能。但大于8mm钢板需经正火处理,此时焊接和加工工艺性能较16Mn还佳,可作受振动的大型焊接结构。小于8mm钢板不须正火,经高温回火呈退火即可获得需要的性能。小于8mm的卷板,不须任何处理在轧制状态即能达到性能要求
	15MnTiCu	主要性能与15MnTi相似,但其耐大气和海水腐蚀性能比15MnTi为佳
450 PMa 级	16MnNb	它有优良的综合性能,焊接工艺简单,强度高于16MnTi。适用于大型焊接结构,如容器、管道、大型厂房钢结构
	15MnVN	这种钢是在15MnV基础研制的。在钢中加入微量氮、氮化钒可以细化晶粒,起到沉淀强化作用,它有优良综合性能。适用于大型桥梁、高压容器等
	15MnVNCu	它的主要性能与15MnVN相似,但其耐蚀性能为佳。今后与15MnVN合并,一般按15MnVN生产供应

2 - 12 - 10 建筑钢材的锈蚀及防止

钢材的锈蚀指其表面与周围介质发生化学反应而遭到的破坏。锈蚀可发生于许多引起锈蚀的介质中,如湿润空气、土壤、工业废气等。温度提高,锈蚀加速。

钢材于存放中严重锈蚀,不仅截面积减少,材质降低甚至报废,而且除锈工作耗费很大。使用中则锈蚀不仅使受力面积减少,而且局部锈坑的产生,可造成应力集中,促使结构早期破坏。尤其在有反复荷载的情况下将产生锈蚀疲劳现象,使疲劳强度大为降低,出现脆性断裂。

根据钢材表面与周围介质的不同作用,锈蚀可分为下述两类:

1. 化学锈蚀

指钢材表面与周围介质直接发生化学反应而产生的锈蚀,如钢材在高温中氧化形成 Fe_3O_4 的现象。在常温下,钢材表面将形成一薄层钝化能力很弱的氧化保护膜 FeO 。

2. 电化学锈蚀

建筑钢材在存放和使用中发生的锈蚀主要属这一类。例如,存放于湿润空气中的钢材,表面为一层电解质水膜所覆盖。由于表面成分或者受力变形等的不均匀性,使邻近的局部产生电极电位的差别,因而建立许多微电池,在阳极区,铁被氧化成 Fe^{++} 离子进入水膜。因为水中溶有来自空气中的氧,故在阴极区氧将被还原为 OH^- 离子,两者结合成为不溶于水的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$,并进一步氧化成为疏松易剥落的红棕色铁锈 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。如水膜中溶有酸,则阴极被还原的将为 H^+ 离子。由于所形成的氢积存于阴极产生极化作用,将使锈蚀停止,但水中的溶氧与氢结合成水以除去积氢,故锈蚀能继续进行。因为水膜中离子浓度提高,阴极放电快,锈蚀进行较快,故在工业大气的条件下,钢材较容易锈蚀。

从以上分析了解,影响钢材最常见的锈蚀破坏的重要因素,是水和源源供给溶氧的空气。

埋于混凝土中的钢筋,因系处于碱性介质的条件(新浇混凝土的pH值约为12.5或更高),而氧化保护膜为碱性,故不致锈蚀。但应注意,锈蚀反应将强烈地为一些卤素离子,特别是氯离子所促进,它们能破坏保护膜,使锈蚀迅速发展。

钢结构防止锈蚀的方法通常是采用表面刷漆。常用底漆有红丹、环氧富锌漆、铁红环氧底漆等。面漆有灰铅油、醇酸磁漆、酚醛磁漆等。薄壁钢材可采用热浸镀锌或镀锌后加涂塑料涂层。这种方法效果最好,但价格较高。

混凝土配筋的防锈措施,主要是根据结构的性质和所处环境条件等,考虑混凝土的质量要求,即限制水灰比和水泥用量,并加强施工管理,以保证混凝土的密实性,以及保护足够的保护层厚度和限制氯盐外加剂的掺用量。

对于预应力钢筋,一般含碳量较高,又多系经过变形加工或冷拉,因而对锈蚀破坏较

敏感,特别是高强度热处理钢筋,容易产生应力锈蚀现象。故重要的预应力承重结构,除不能掺用氯盐外,应对原材料进行严格检验。

对配筋的防锈措施,还有掺用防锈剂(如重铬酸盐等)的方法。国外有采用钢筋镀锌、镀镉或镀镍等方法。

2-12-11 钢筋检验

1. 一般要求

(1)钢筋从钢厂发出时,应该具有出厂质量证明书或试验报告单,钢筋表面应有打印标志,或每捆(盘)应有标牌。

(2)钢筋进入施工单位的仓库或放置场时,应按炉罐(批)号及直径分批检验,检验内容包括查对标志或标牌,并作外观检查。此后,才可以按有关技术标准的规定抽取试样作力学性能试验,确认检验合格后方可使用。

(3)钢筋在运输和储存时,必须保留标牌并不得污损,严格防止混料,并按批分别堆放整齐,无论在检验前或检验后,都要避免锈蚀或污染。

(4)钢筋在加工过程中发生脆断、弯曲处裂缝、焊接性能不良,或有力学性能明显不正常(例如屈服点过高)等现象时,应进行化学成分检验或其它专项检验。

2. 检验方法

(1) 拉伸试验

通过拉伸试验,可以确定试样的三个指标:屈服点(或屈服强度)、抗拉强度和伸长率(这三个指标加上冷弯就是工地供料人员常说的钢筋材质“四项”控制)。

① 取样

所用试样的长度可取标距长度 l_0 约加上 200mm,但试样长度与试验机上、下夹具间的最小距离和夹头的长度有关,可灵活掌握;同时,也应考虑到标距以外的钢筋段,须使夹头与标距端点有适当距离。

如果受试验机性能限制,无法拉伸直径太大的钢筋,则直径为 22~40mm 的钢筋可进行机加工,制成直径为 10mm 的标准试件,如图 2-12-11 所示。图中 l_0 、 l (试件平行长

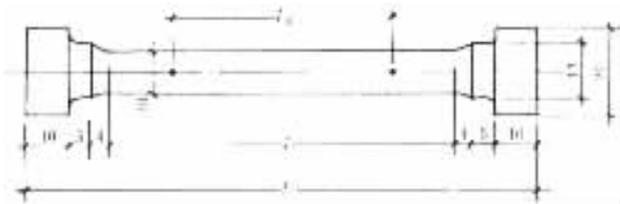


图 2-12-11

度)和 l (试件总长)各值按表 2-12-18 取用。

标准试件的长度(mm)

表 2-12-18

试件种类	l_0	l	L
短比例试件	50(5d)	60	98
长比例试件	100(10d)	110	148

② 屈服点

将试件夹在试验机的夹头内,施加受拉负荷(即拉力),在加荷过程中,当液压式试验机上测力度盘的指针停止转动时,负荷不变,即是屈服点负荷,如指针开始回转,则第一次回转的最小负荷值也算是屈服点负荷。当所用试验机是杠杆式的(检验低强度钢丝),就以杠杆平衡或开始明显下落时的负荷为准。

使用能够自动记录的试验机时,可以直接得到“负荷-伸长图(或称“力-伸长图”),从图上可立即读出屈服点负荷。

按下式计算屈服点:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_s}$$

式中 σ_s ——屈服点(N/mm²);
 F_s ——屈服点负荷(N);
 A_s ——试件的横截面面积(mm²)。

③ 屈服强度

$\sigma_{r0.2}$ 表示“规定残余伸长应力”,可用“引伸计法”测定,即应用引伸计量伸长值,反复对试件施力并保持力10~12s,再卸除力,实测残余伸长值至满足规定值(残余伸长为原始标距值的0.2%)得到对应力的 $F_{r0.2}$,然后按下式计算屈服强度:

$$\sigma_{r0.2} = \frac{F_{r0.2}}{A_s}$$

$\sigma_{p0.2}$ 表示“规定非比例伸长应力”,用“图解法”测定:利用试验机自动记录的“负荷-伸长图”,取伸长等于原始标距值的0.2%处,画斜虚线可得对应的力 $F_{p0.2}$,然后按下式计算屈服强度:

$$\sigma_{p0.2} = \frac{F_{p0.2}}{A_s}$$

④ 抗拉强度

对试件连续施加负荷直至拉断,由试验机上测力度盘或自动记录所得负荷-伸长图读出最大负荷 F_b ,然后按下式计算抗拉强度:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_s}$$

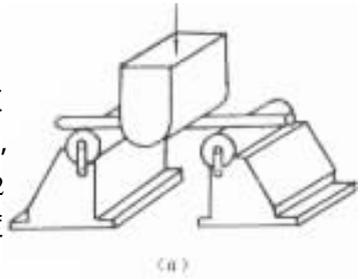
⑤ 伸长率

将试件拉断后的两段在拉断处紧密对接起来,尽量使其轴线位于一条直线上,量取 l_1 值,再计算。

(2) 弯曲试验

① 冷弯

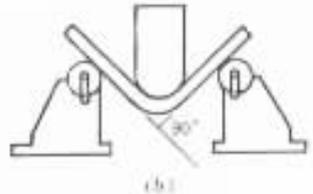
所取试样长度约为 $5d + 150$ (mm), 其中 d 为钢筋直径。将钢筋试件放在试验机的试验台上(图 2-12-12a), 用规定直径的弯心冲头加压至所要求的弯曲角度, 见图 2-12-12(b) 和图 2-12-12(c) 二图分别表示弯曲角度为 90° 和 180° 。



(a)

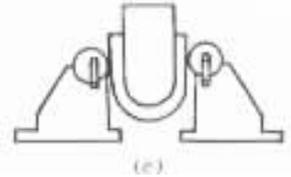
② 反复弯曲

试件长度为 $150 \sim 250$ mm; 试验装置见图 2-12-13, 使弯曲臂处于竖直位置, 将试件由拨杆孔插入并夹紧其下端, 使试件垂直于两弯曲圆柱轴线所在的平面; 可适当施加拉力, 以确保试件与弯曲圆柱在试验时能良好接触。



(b)

弯曲试验是将试件从起始位置向右(或向左)弯曲 90° 后返回至起始位置, 作为第一次弯曲(图 2-12-14a); 再由起始位置向左(右)弯曲 90° , 试件再返回起始位置作为第二次弯曲(图 2-12-14b); 依次连续反复弯曲。试件折断时的最后一次弯曲不计。



(c)

反复弯曲试验所选用的“弯曲半径”由图 2-12-13 的弯曲圆柱控制, 对各种钢丝都有各自的规定, 个别未明确规定的可按 2-12-19 选用。

图 2-12-12

弯曲半径选用(mm)

表 2-12-19

钢丝直径	3	3.4	4.5
弯曲半径	7.5	10	15

表 2-12-19 中对于钢丝直径为 3mm 的, 弯曲半径可取 7.5mm 或 10mm; 对于直径为 4mm 的, 弯曲半径可取 10mm 或 15mm。

反复弯曲都要求弯曲 180° 按图 2-12-14(a) 的第二步骤至图 2-12-14(b) 的第一步, 钢丝就被弯曲成 180° 。

③ 反向弯曲

试验在电动钢筋弯曲机或其它型式试验机上进行, 试样不得和冷弯试样在同一根钢筋上切取。

所试验的试件长度以满足试验要求为准, 一般情况下应了解试验机操作条件再确定。先行正向弯曲, 然后在做正向弯曲的同一台试验设备上、以同样弯曲速度(转盘转速控制在每分钟不大于 3.7 转)进行反向弯曲。

正向弯曲实际上与一般钢筋弯曲成型的操作相同。

反向弯曲, 试件在承受反向弯曲时, 其中心位置应在正向弯曲最大变形区部位上进行, 弯曲后试件不能出现“S”形。

正向和反向变曲的试验角度应符合有关标准的规定。

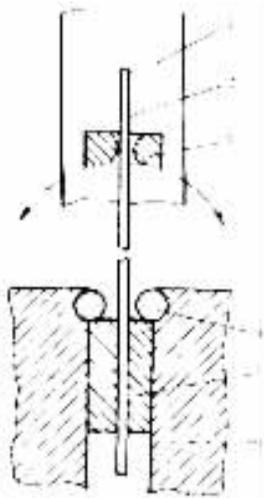


图 2-12-13

1—弯曲臂 ;2—试件 ;3—拨
杆 ;4—弯曲圆柱 ;5—夹块 ;
6—支座

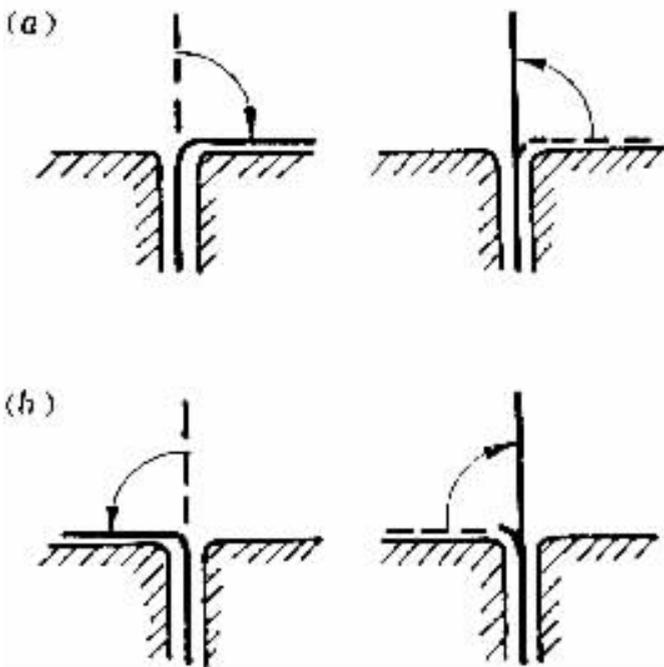


图 2-12-14

2-12-12 钢筋焊接

采用焊接代替绑扎,可节约钢材,改善结构受力性能,提高工效,降低成本。钢筋常用焊接方法有:对焊、电弧焊、电渣压力焊、埋弧压力焊、电阻点焊等。

钢筋的焊接效果与钢材的可焊性有关。在相同的焊接工艺条件下,能获得良好焊接质量的钢材,则称之为在这种工艺条件下的可焊性好,相反则称在这种工艺条件下的可焊性差。钢筋的可焊性与其含碳及含合金元素的量有关,含碳量增加,则可焊性降低,含锰量增加也影响焊接效果。含适量的钛,可改善焊接性能。Ⅳ级钢筋的碳、锰、硅含量较高,可焊性就较差,但其中硅钛系钢筋的可焊性尚好。

钢筋焊接时,接头温度急剧升高,随后又迅速冷却。焊缝及临近焊缝区的金属材料受到不同温度的热处理,其组织和性能都发生变化。图2-12-15所示为低碳钢分别采用闪光对焊和电弧焊时的温度和热影响区示意图。采用电弧焊时,焊缝温度可达 1500°C ,金属处于熔化状态,闪光对焊时,焊缝温度达 2000°C ,部分金属由于汽化而飞溅。热影响区包括半熔化区、过热区、正火区、部分相变区、再结晶区及蓝脆区。其中半熔化区及过热区金属在冷却后,晶粒变大,塑性及韧性降低,容易产生裂纹,对焊接质量不利。为获得良好的焊接质量,应采用合宜的焊接工艺,以消除焊接加热过程中的不利影响。采用闪光对焊时,由于焊缝金属不易氧化,其熔化金属因加压顶锻被挤出,且半熔化区及过热区亦较电弧焊时为小,焊接质量较好。

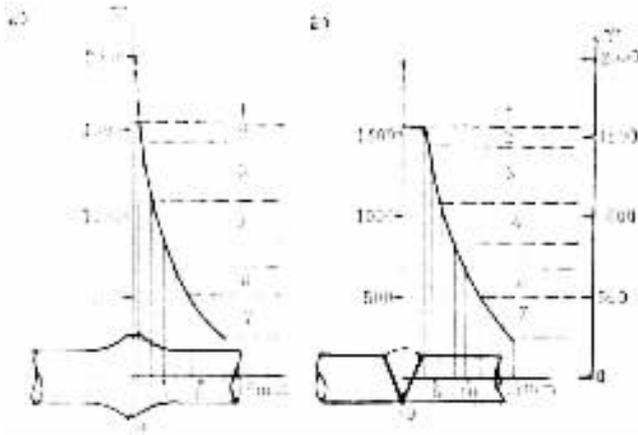


图2-12-15 焊接温度及热影响区示意图

a) 闪光对焊; b) 电弧焊

1—熔化区 2—半熔化区 3—过热区 4—正火区 5—部分相变区;

6—再结晶区 7—蓝脆区

1. 对焊

钢焊对焊原理是利用对焊机使两段钢筋接触,通以低电压的强电流,把电能转化为热

能(图 2-12-16)。当钢筋加热到一定程度后,即施加轴向压力挤压(称为顶锻),便形成对焊接头。对焊广泛应用于 I ~ IV 级钢筋的接长及预应力钢筋与螺丝端杆的焊接。

常用对焊机有手动 UN 1-50(LP-50^①),可焊小于 $\phi 22$ 的钢筋; UN 1-75(LP-75),可焊小于 $\phi 36$ 的钢筋; UN 1-100(LP-100)及自动的 UN 2-100(LM-100); UN 2-150(LM-150),可焊小于 $\phi 40$ 的钢筋)等型号。

(1) 钢筋对焊工艺

钢筋对焊应采用闪光对焊,其过程如下:先将钢筋夹入对焊机的两电极中(钢筋与电极接触处应清除锈污,电极内应通入循环冷却水),闭合电源,然后使钢筋两端面轻微接触,这时即有电流通过,由于接触轻微,钢筋端面不平,接触面很小,故电流密度和接触电阻很大,因此接触点很快熔化,形成“金属过梁”。过梁进一步加热,产生金属蒸气飞溅(火花般的熔化金属微粒自钢筋两端面的间隙中喷出,此称为烧化),形成闪光现象。小直径钢筋一般采用连续闪光焊,它是闪光一旦开始,即徐徐移动钢筋,形成连续闪光过程。待钢筋烧化到规定的长度后,以适当的压力迅速进行顶锻,使两根钢筋焊牢。连续闪光对焊工艺过程图解见图 2-12-17a。

连续闪光焊所能接的最大钢筋直径,应随着焊机容量的降低和钢筋级别的提高而减少,如表 2-12-20。大直径钢筋应采用下列工艺:

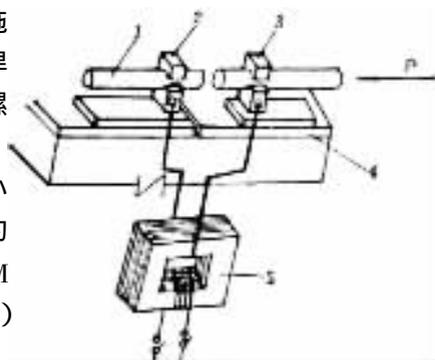


图 2-12-16 钢筋对焊原理图

1—钢筋 2—固定电极 3—可动电极;
4—机座 5—焊接变压器

连续闪光焊钢筋上限直径

表 2-12-20

焊机容量 (kW)	钢筋级别	钢筋直径 (mm)
150	I 级	25
	II 级	22
	III 级	20
100	I 级	20
	II 级	18
	III 级	16
75	I 级	16
	II 级	14
	III 级	12

① 预热闪光焊 预热闪光焊是在连接闪光焊前增加一次预热过程,以达到均匀加热的目的。采用这种焊接工艺时,先闭合电源,然后使两钢筋端面交替地接触和分开,这时钢筋端面的间隙中即发出断续的闪光,而形成预热过程。当钢筋烧化到规定的预热留量后,随即进行连续闪光和顶锻,使钢筋焊牢。预热闪光焊的工艺过程见图 2-12-17b。

① 括号内为旧型号,下同。

②闪光——预热——闪光焊 在预热闪光焊前加一次闪光过程,目的是使不平整的钢筋端面烧化平整,使预热均匀。这种焊接过程的过程是首先连续闪光,使钢筋端部闪平,然后断续闪光,进行预热,接着连续闪光,最后进地顶锻,以完成整个焊接过程。

闪光——预热——闪光焊的工艺流程见图 2-12-17c。

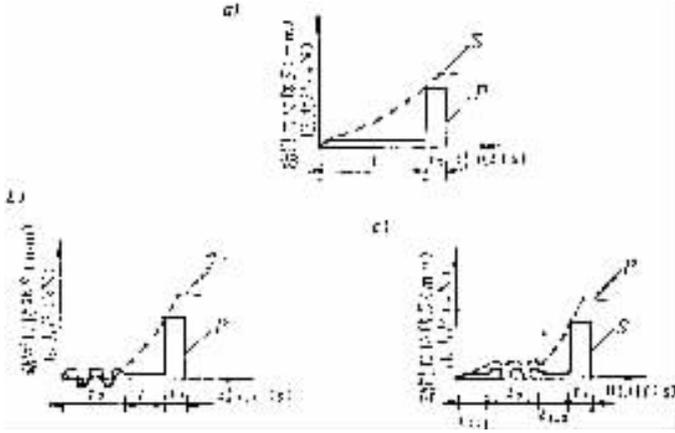


图 2-12-17 钢筋闪光对焊工艺流程

a) 连续闪光焊; b) 预热闪光焊; c) 闪光——预热——闪光焊

t_1 —烧化时间; $t_{1.1}$ —一次烧化时间; $t_{1.2}$ —二次烧化时间; t_2 —预热时间;
 t_3 —顶锻时间

(2) 闪光对焊参数

钢筋焊接质量与焊接参数有关。闪光对焊参数主要包括:调伸长度、烧化留量、预热留量、烧化速度、顶锻留量、顶锻速度及变压器级次等。调伸长度、预热留量、烧化留量及顶锻留量如图 2-12-18。

①调伸长度,如图 2-12-18,调伸长度是指焊接前,两钢筋端部从电极钳口伸出的长度。调伸长度的选择与钢筋品种和直径有关,应使接头能均匀加热,并使顶锻时钢筋不

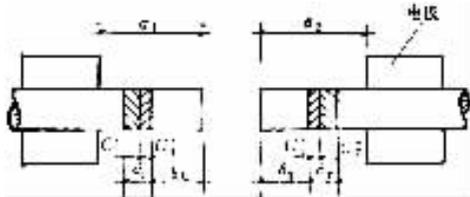


图 2-12-18 调伸长度及留量

a_1 、 a_2 —左右钢筋的调伸长度; b_1 、 b_2 —烧化留量; c_1 + c_2 —顶锻留量; c'_1 + c'_2 —有电顶锻留量; c''_1 + c''_2 —无电顶锻留量。

致产生傍弯。调伸长度可按表 2-12-21 采用。

钢筋闪光对焊调伸长度表

表 2-12-21

项 次	钢 筋 种 类		调 伸 长 度(d)	
	左 夹 具	右 夹 具	左 夹 具	右 夹 具
1	I 级	I 级	1.0	1.0
2	II 或 III 级	II 或 III 级	1.5	1.5
3	IV 级	IV 级	2.0	2.0
4	级别低	级别高	1.0	1.3~1.5
5	螺丝端杆	II~IV 级	1.0	1.5~2.0

注： d 为钢筋直径。

②烧化留量(又称闪光留量)及预热留量 烧化留量是指钢筋在烧化过程中,由于金属烧化所消耗的钢筋长度。预热留量是指采用预热闪光焊或闪光——预热——闪光焊时,预热过程所烧化的钢筋长度。烧化留量(指顶锻前的烧化留量)的选择,应使烧化结束时,钢筋端部能均匀加热,并达到足够的温度。连续闪光焊的烧化留量等于两根钢筋切断时严重压伤部分之和,另加 8mm;预热闪光焊时的预热留量为 4~7mm,烧化留量为 8~10mm。采用闪光——预热——闪光焊时,一次烧化留量等于两根钢筋切断时刀口严重压伤部分之和,预热留量为 2~7mm,二次烧化留量为 8~10mm。

③顶锻留量 顶锻留量是指在闪光结束,将钢筋顶锻压紧时,因接头处挤出金属而缩短的钢筋长度。顶锻包括有电顶锻和无电顶锻两个过程,顶锻留量的选择与控制,应使顶锻过程结束时,接头整个断面能获得紧密接触,并有适当变形。顶锻留量应随着钢筋直径的增大和钢筋级别的提高而有所增加,可在 4~6.5mm 内选择。其中有电顶锻留量约占 1/3,无电顶锻留量约占 2/3。

④烧化速度(又称闪光速度) 烧化速度是指闪光过程的快慢。烧化速度随钢筋直径增大而降低,在烧化过程中,烧化速度由慢到快,开始时近于零,而后约 1mm/s,终止时约 1.5~2mm/s,这样闪光比较强烈,以保护焊缝金属免受氧化。

⑤顶锻速度 顶锻速度是指在挤压钢筋接头时的速度,顶锻速度应该越快越好,特别是在顶锻开始的 0.1 秒内应将钢筋压缩 2~3mm,使焊口迅速闭合不致氧化,而后断电,并以 6mm/s 的速度继续顶锻至终止。

⑥变压器级次 变压器级次是用以调节焊接电流的大小。生产中,应根据钢筋的直径来选择。钢筋直径较大时,宜用较高的电压。

焊接时,应合理选择焊接参数,注意使烧化过程稳定,强烈,防止焊缝金属氧化,并使顶锻在足够大的压力下快速完成,以保证焊口闭合良好,且焊接头处有适当的墩粗变形。

(3) 焊后通电热处理

IV 级钢筋中可焊性差的钢筋对氧化、淬火及过热较敏感,易产生氧化缺陷和脆性组织。为改善焊接质量,可采用焊后通电热处理的方法对焊接接头进行一次退火或高温回火处理,以达到消除热影响区产生的脆性组织,改善塑性的目的。通电热处理应待接头稍冷却后进行,过早会使加热不均匀,近焊缝区容易遭受过热。热处理温度与焊接温度有关,焊接温度较低者宜采用较低的热处理温度,反之宜采用较高的热处理温度。热处理时采用脉冲通电,其频率主要与钢筋直径和电流大小有关,钢筋较细时采用高值,钢筋较粗

时采用低值。通电热处理可在对焊机上进行。其过程为:当焊接完毕后,待接头冷却至 300°C (钢筋呈暗黑色)以下时,松开夹具,将电极钳口调到最大距离,把焊好的接头放在两钳口间中心位置,重新夹紧钢筋,采用较低的变压器级数,对接头进行脉冲式通电加热(频率以 $0.5\sim 1\text{s}/\text{次}$ 为宜)。当加热到 $750\sim 850^{\circ}\text{C}$ (钢筋呈桔红色)时,通电结束,然后让接头在空气中自然冷却。

(4) 钢筋的低温对焊

钢筋在环境温度低于 -5°C 的条件下进行对焊则属低温对焊。在低温条件下焊接时,焊件冷却快,容易产生淬硬现象,内应力也将增大,使接头力学性能降低,给焊接带来不利因素。因此在低温条件下焊接时,应掌握好减少温度梯度和冷却速度。为使加热均匀,增大焊件受热区域,宜采用预热闪光焊或闪光——预热——闪光焊。其焊接参数与常温相比,调伸长度应增加 $10\%\sim 20\%$,变压器级数降低一级工二级,烧化过程中期的速度适当减慢,预热时的接触压力适当提高,预热间歇时间适当增长。

(5) 对焊不良情况的消除方法及焊接质量检查

① 焊接不良情况和缺陷可按表 2-12-22 所列方法消除。

② 检查焊接质量 应对焊接头进行外观检查,并按《钢筋焊接及验收规程》(JGJ18-84)规定作拉伸试验和冷弯试验。(预应力筋与螺丝端杆对焊接头只作拉伸试验,不作冷弯试验)。外观检查时,接头表面不得有横向裂纹;与电极接触处的钢筋表面不得有明显的烧伤(对于Ⅳ级钢筋不得有烧伤);接头处的弯折不得大于 4° ,钢筋轴线偏移不得大于 0.1 倍钢筋直径,同时不得大于 2mm 。拉伸试验时,抗拉强度不得低于该级钢筋的规定抗拉强度;试样应呈塑性断裂并断于焊缝之外。冷弯试验时,应将受压面的金属毛刺和墩粗变形部分去除,与母材的外表齐平。弯心直径应按《钢筋焊接及验收规程》规定选取,弯曲至 90° 时,接头外侧不得出现宽度大于 0.15mm 的横向裂纹。

2. 电弧焊

如图 2-12-19 电弧焊系利用弧焊机使焊条与焊件之间产生高温电弧(焊条与焊件间的空气介质中出现强烈持久的放电现象叫电弧),使焊条和电弧燃烧范围内的焊件金属很快熔化,熔化的金属凝固后,便形成焊缝或焊接接头。电弧焊应用较广,如钢筋的搭接接长、钢筋骨架的焊接、钢筋与钢板的焊接、装配式结构接头的焊接及其他各种钢结构的焊接等。

焊接不良和缺陷消除方法

表 2-12-22

项次	不良情况或缺陷	消除方法
1	烧化过分剧烈,并产生强烈的爆炸声	1. 降低变压器级次 2. 减慢烧化速度
2	闪光不稳定	1. 消除电极底部和表面的氧化物 2. 提高变压器级次 3. 加快烧化速度
3	接头中有氧化膜,未焊透或夹渣	1. 增长预热过程 2. 加快顶锻速度 3. 加快临近顶锻时的烧化速度 4. 确保带电顶锻过程 5. 增大顶锻压力

项次	不良情况或缺陷	消除方法
4	接头中有缩孔	<ol style="list-style-type: none"> 1. 降低变压器级次 2. 避免闪光过分强烈 3. 适当增大顶锻留量及顶锻压力
5	焊缝金属过热,或热影响区过热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减少预热程度 2. 加快烧化速度,缩短焊接时间 3. 避免过多带电顶锻
6	接头区域裂纹	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检验钢筋碳、硫、磷的含量,不含规定时,应更换钢筋 2. 采取低频预热方法,增加预热程度
7	夹钳处钢筋表面微熔及烧伤	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清除电极内表面杂质 2. 夹紧钢筋 3. 清除钢筋被夹紧部分的锈污 4. 改进电极槽口形状,以增大接触面积
8	接头偏斜,钢筋轴线不在一直线上	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正确调整电极位置 2. 修理电极钳口或更换已变形的电极 3. 切除或矫直钢筋的弯头

弧焊机分为交流弧焊机和直流弧焊机两种。交流弧焊机就是焊接变压器,直流弧焊机是用电动机或内燃机作动力的焊接发电机或硅整流直流焊接电源。工地多采用交流弧焊机,其常用型号有 BX₃-120-1、BX₃-300-2、BX₃-500-2、BX₂-1000 等。焊接时,先将焊件和焊条分别与电焊机的两极相连,然后引弧。引弧时,先将焊条端部轻轻地和焊件接触,造成瞬间短路,随即很快提起 2~4mm,使空气产生电离(呈导电状态)而引燃电弧,以熔化金属。

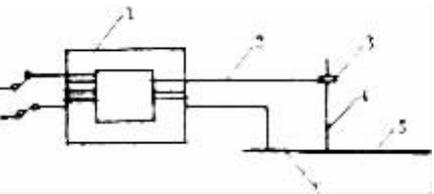


图 2-12-19 电弧焊示意图
1—交流弧焊机变压器 2—变压器次级导线;
3—焊钳 4—焊条 5、6—焊件

熔化的金属与空气接触时,将吸收氧、氮,影响这一部分金属的机械性能,降低其塑性和冲击韧性。为改善这种状况,焊条表面常涂一层药皮,在电弧高温的作用下,焊条的药皮一部分氧化,在电弧周围形成保护性气体;另一部分则起脱氧的作用,它的氧化物形成溶渣浮于焊缝金属表面。这样可以保护焊缝金属不受有害气体的影响,改善焊缝金属的内部组织和稳定电弧燃烧。

钢筋电弧焊可分搭接焊、帮条焊、坡口焊和熔槽帮条焊四种接头型式。

(1) 搭接焊接头

搭接焊接头如图 2-12-20,这种接头只适用于焊接直径 10~40mm 的 I~II 级钢筋。钢筋搭接焊宜采用双面焊。不能进行双面焊时,可采用单面焊。焊接前,钢筋宜预弯,以保证两钢筋的轴线在一直线上。

(2) 帮条焊接头

帮条焊接头如图 2-12-21。这种接头适用于焊接直径 10~40mm 的 I、III 级钢筋。钢筋帮条焊宜采用双面焊,不能进行双面焊时,也可采用单面焊。帮条宜采用与主筋同级

别、同直径的钢筋制作。如帮条级别与主筋相同时,帮条直径可比主筋直径小一个规格。如帮条直径与主筋相同时,帮条钢筋级别可比主筋低一个级别。

钢筋搭接接头或帮条接头的焊缝厚度 h 应不小于 0.3 倍钢筋直径,焊缝宽度 b 不小于 0.7 倍钢筋直径(图 2-12-22)



图 2-12-20 搭接接头
a) 双面焊缝; b) 单面焊缝

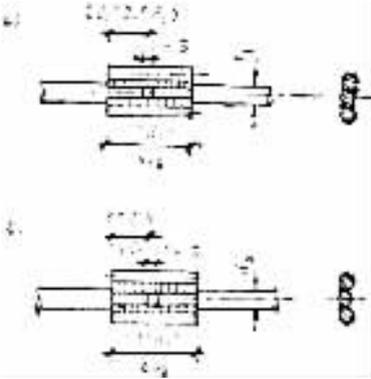


图 2-12-21 帮条接头

a) 双面焊缝; b) 单面焊缝

(图中括号内数值用于 II、III 级钢筋)

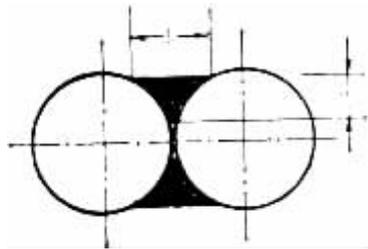


图 2-12-22 焊缝尺寸示意图

b —焊缝宽度; h —焊缝厚度

(3) 坡口焊接头

坡口焊接头如图 2-12-23。这种接头比上两种接头节约钢材,适用于在现场焊接装配现浇式构件接头中直径 18~40mm 的 I~III 级钢筋。

坡口焊按焊接位置不同可分平焊与立焊。焊接前,应先将钢筋端部剖成坡口,平焊时的 V 形坡口角度为 $55^\circ \sim 65^\circ$ (图 2-12-23a);立焊时,坡口角度为 $40^\circ \sim 55^\circ$,其中下钢筋为 $0^\circ \sim 10^\circ$,上钢筋为 $35^\circ \sim 45^\circ$ (图 2-12-23b)。坡口面应平顺,凹凸不平度不得超过 1.5mm,坡口边缘不得有裂纹和较大的钝边、缺棱。钢筋根部最大间隙不宜超过 10mm。

钢垫板长度为 40~60mm,厚度为 4~6mm。平焊时,钢垫板宽度等于钢筋直径加 10mm;立焊时,其宽度等于钢筋直径。

施焊时,焊缝根部、坡口端面以及钢筋与钢垫板之间均应熔合良好。

(4) 熔槽帮条焊接头

钢筋熔槽帮条焊接头如图 2-12-24。这种接头适用于直径等于和大于 25mm 钢筋的现场安装焊接。焊接时,应加边长为 40~60mm 的角钢作垫模。此角钢除作垫模用外,还起帮条作用。

采用电弧焊焊接钢筋时,焊接地线应与钢筋接触良好,防止因起弧而烧伤钢筋。带有垫板或帮条的接头,引弧应在钢板或帮条上进行,无钢板或帮条的接头,引弧应在形成焊

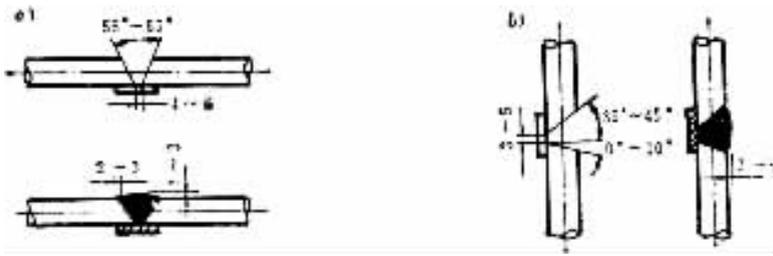


图 2-12-23 坡口焊接头

a) 平焊 ; b) 立焊

缝部位,防止烧伤主筋。焊条牌号、直径和焊接电流应根据钢筋级别、直径、接头型式和焊接位置适宜选择(参与表 2-12-23、2-12-24),以保证焊缝与钢筋熔合良好。焊接过程中,应及时清渣。多层施焊时应防止接头过热。

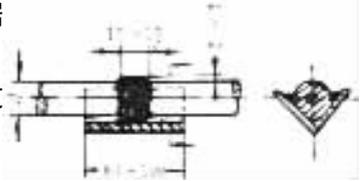


图 2-12-24 熔槽帮条焊接头

钢筋电弧焊焊条牌号选用表

表 2-12-23

项次	钢筋级别	搭接焊、帮条焊、熔槽帮条焊	坡口焊
1	I 级	结 42X	结 42X
2	II 级	结 50X	结 55X
3	III 级	结 50X	结 55X

注:1. 焊条牌号“结”表示结构钢焊条,第一、第二位数字表示熔敷金属的抗拉强度,第三位数字表示药皮类型。以上焊条均可交直流两用。

2. 重要结构中钢筋的焊接,应采用低氢型碱性焊条。

焊条直径和焊接电流选用表

表 2-12-24

搭 接 焊、帮 条 焊				坡 口 焊			
焊 接 位 置	钢筋直径 (mm)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊 接 位 置	钢筋直径 (mm)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)
平 焊	10~12	3.2	90~130	平 焊	18~20	3.2	140~170
	14~22	4	130~180		22~25	4	170~190
	25~32	5	180~230		28~32	5	190~220
	36~40	5	190~240		36~40	5	200~230
立 焊	10~12	3.2	80~110	立 焊	18~20	3.2	120~150
	14~22	4	110~150		22~25	4	150~180
	25~32	4	120~170		28~32	4	180~200
	36~40	5	170~220		30~40	5	100~210

钢筋电弧焊接头,应按《钢筋焊接及验收规程》的规定,作外观检查和拉伸试验。外观检查时,焊缝表面应平整,不得有较大的凹陷、焊瘤;接头处不得有裂纹;咬边深度、气孔、夹渣的数量和大小,以及接头尺寸偏差皆不得超过规程的规定。拉伸试验时,试样应呈塑

性断裂,其抗拉强度不得低于该级别钢筋的规定抗拉强度值。

3. 埋弧压力焊

钢筋与钢板作丁字形接头焊接时,宜采用自动或手动埋弧压力焊。2-12-25 的手动埋弧压力焊机由焊接变压器和工作机构组成。焊收变压器可采用普通的弧焊变压器。当焊小于 $\phi 20$ 的钢筋时,可用两台 50kW 弧焊机并联;钢筋更粗时,可用两台 75kW 弧焊机并联。施焊时,先将钢筋 1 和钢板 2 分别固定在可动电极 4 和固定电极 8 上(钢板可用卡具卡住,也可用磁盘吸住),并用普通 431 型(4 代表高锰,3 代表高硅低氟,1 为编号)自动焊焊剂埋满施焊接头处,然后通电,借助手轮 5 使钢筋稍稍提起 2.5~3.5mm 引弧,随后根据钢筋直径大小,适当延时,再使钢筋缓缓下降,保持燃烧熔化,待钢板形成熔池后,借手轮 5 迅速加压、断电,便形成丁字接头。埋弧压力焊引弧较困难,为便于引弧,宜增设高频引弧器,将高频引弧器的输出端并联到焊接变压器的次级绕组上,利用高频电压击穿钢筋与钢板间的微小空气层,使周围空气剧烈电离,产生电弧。



图 2-12-25 埋弧压力焊示意图
1—钢筋;2—钢板;3—焊剂;4—钢筋卡具(可动电极);5—手轮;6—齿条;7—平衡重;8—固定电极;9—变压器

埋弧压力焊有如下的特点:

- (1) 利用钢筋与钢板间的高温电弧熔化金属,不需焊条,成本降低;
- (2) 电弧埋在焊剂内,不致因弧光外露而灼伤眼睛、皮肤,改善了劳动条件;
- (3) 焊剂在高温电弧作用下,一部分熔化,一部分气化,这部分焊剂蒸气使电弧周围的熔化焊剂(溶渣)摊开,形成一个封闭空间,可保护电弧燃烧,避免有害气体对熔化金属的影响,且有加压顶锻的优点,故焊接质量好,接头抗拉强度高,钢板变形小;
- (4) 用这种方法将钢板和钢筋作丁字形焊接时,其工效比电弧焊高 5~10 倍。

埋弧压力焊焊接参数可参考表 2-12-25。

预埋件钢筋埋弧压力焊焊接参数

表 2-12-25

钢筋级别	钢筋直径 (mm)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接通电时间 (s)	熔化量加压入量 (mm)	引弧提升高度 (mm)
I 级	6	400~450	30~35	1	8	2.5
	8	500~600	30~35	1.5	9	2.5
II 级	10	550~650	30~35	2~2.5	9	2.5
	12	650~750	30~35	3.5~4	11	3
	14	750~850	30~35	4.5~5	11	3.5
	16	800~900	30~35	5~5.5	11	3.5
	18	900~1000	30~40	6.5~8	12	3.5
	20	1000~1100	30~400	9~10	12	3.5

预埋件钢筋埋弧压力焊接头作外观检查的质量要求为:其焊包应饱满均匀,钢筋咬边

深度不超过 0.5mm ;与钳口接触处的钢筋表面无明显烧伤 ,钢板无焊穿、凹陷现象 ,钢筋相对钢板的直角偏差不大于 4° ,钢筋间距偏差不大于 $\pm 10\text{mm}$ 。作强度试验时 ,Ⅰ级钢筋接头强度不得低于 360MPa ,Ⅱ级钢筋接头强度不得低于 500MPa。

4. 电阻点焊

钢筋骨架或钢筋网中交叉钢筋的焊接宜采用电阻点焊 ,所用的点焊机有单点点焊机(用以焊接较粗的钢筋)多头点焊机(一次焊数点 ,用以焊钢筋网)和悬挂式点焊机(可焊平面尺寸大的骨架或钢筋网) 。现场还可采用手提式点焊机。

点焊时 ,将已除锈污的钢筋交叉点放入点焊机(图 2-12-26)的两电极间 ,使钢筋通电发热至一定温度后 ,加压使焊点金属焊牢。

采用点焊代替绑扎 ,可提高工效 ,节约劳动力 ,成品刚性好 ,便于运输。采用焊接骨架或焊接网时 ,钢筋在混凝土中能更好的锚固 ,可提高构件的刚度及抗裂性 ,钢筋端部不需弯钩 ,可节约钢材。因此钢筋骨架成型应优先采用点焊。

钢筋点焊参数主要为 :通电时间 ,电流强度 ,电极压力及焊点压入深度等。应根据钢筋级别 ,直径及焊机性能合理选择。

表 2-12-26 为采用 DN-75 型点焊机焊接Ⅰ级钢筋和冷拔低碳钢丝时的通电时间。

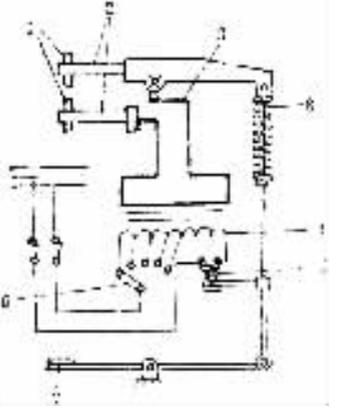


图 2-12-26 点焊机工作原理示意图

- 1—电极 2—电极臂 3—变压器的次级线圈 4—变压器的初级线圈 5—断路器 6—变压器调节级数开关 ;
- 7—踏板 8—压紧机构

采用 DN-75 点焊机焊接通电时间(s)

表 2-12-26

变 压 器 级 数	较 小 钢 筋 直 径 (mm)							
	3	4	5	6	8	10	12	14
1	0.08	0.1	0.12					
2	0.05	0.06	0.07					
3				0.22	0.7	1.5		
4				0.2	0.6	1.25	2.5	4
6					0.5	1	2	3.5
7					0.4	0.75	1.5	3
8						0.5	1.2	

注 :点焊Ⅱ级钢筋时 ,通电时间延长 20~25%。

电极压力与接头强度有很大关系 ,若电极压力过小 ,则接触电阻很大 ,钢筋会发生熔化和金属飞溅 ,甚至烧坏电极。若电极压力过大 ,则接触电阻很小 ,因而需延长通电时间。电极压力的大小 ,取决于钢筋的品种和直径。如表 2-12-27。

2 建筑材料的性能和应用

采用 DN-75 型点焊机电极压力(kN)

表 2-12-27

较小钢筋直径 (mm)	I 级钢筋冷拔低碳钢丝	II 级钢筋
3	1.0~1.5	
4	1.0~1.5	
5	1.5~2.0	
6	2.0~2.5	
8	2.5~3.0	3.0~3.5
10	3.0~4.0	3.5~4.0
12	3.5~4.5	4.0~5.0
14	4.0~5.0	5.0~6.0

为使点焊有足够的抗剪能力,焊点处钢筋互相压入的深度应有一定要求。当点焊热轧钢筋时,压入深度为较小钢筋直径的 30%~45%;当点焊冷拔低碳钢丝时,压入深度为较小钢筋直径的 30%~35%。

点焊时,部分电流会通过已焊好的各点而形成闭合电路,这样将使通过焊点的电流减小,这种现象叫电流的分流现象。分流会使焊点强度降低。分流大小随通路的增加而增加,随焊点距离的增加而减少。个别情况下分流可达焊点电流的 40% 以上。为消除这种有害影响,施焊时应合理考虑施焊顺序,使分流减小,或适当延长通电时间或增大电流。此外,在焊接钢筋交叉角小于 30° 的钢筋网或骨架时,也须增大电流或延长时间。

焊点应作外观检查和强度试验。合格的焊点无脱落、漏焊、气孔、裂纹、空洞及明显烧伤,焊点处应挤出饱满而均匀的熔化金属,压入深度符合要求。热轧钢筋焊点应作抗剪试验,冷拔低碳钢丝焊点除作抗剪试验外,还应对较小钢丝作抗拉试验。强度指标应符合《钢筋焊接及验收规程》的规定。

采用点焊的焊接骨架和焊接网片的焊点应符合设计要求。设计未作规定时,可按下列要求进行焊接。

(1) 当焊接骨架的受力钢筋为 II 级时,所有相交点均须焊接。

(2) 当焊接网片的受力钢筋为 I 级或冷拉 I 级钢筋并只有一个方向受力时,两端边缘的两根锚固横向钢筋的相交点必须焊接,若网片为两向受力,则四周边缘的两根钢筋相交点均应焊接,其余相交点可间隔焊接。

(3) 当焊接网片的受力筋为冷拔低碳钢丝,另一方向的钢丝间距小于 100mm 时,除两端边缘的两根锚固横向钢丝相交点,必须全部焊接外,中间部分焊点距离可增大至 250mm。

当焊接不同直径的钢筋,其较小钢筋的直径小于 10mm 时,大小钢筋直径之比,不宜大于 3;若较小钢筋的直径为 12 或 14mm 时,大小钢筋直径之比不宜大于 2。

焊接网的长度、宽度和骨架长度的允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。焊接骨架高度允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。网眼尺寸及箍筋间距允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

5. 电渣压力焊

现浇钢筋混凝土结构竖向钢筋焊接接长可采用手动或自动电渣压力焊。电渣压力焊

是利用电流通过渣池产生的电阻热将钢筋端部溶化,待达到一定程度后,施以压力,使钢筋焊接。电渣压力焊比电弧焊容易掌握,工效高,成本低,工作条件好。电渣压力焊适于焊接直径为 14~40mm 的 I、II 级钢筋。

手动电渣压力焊机主要由焊接变压器、夹具及控制箱等组成,自动压力焊机还设有控制系统及操作箱。焊接变压器宜用 BX2-1000 型,或采用较小容量的同型号焊接变压器并联使用。控制箱装有电压表、电流表和信号电铃,以便控制焊接参数。

施焊前,将钢筋 1、2 端部 120mm 范围内的锈渣刷净,用电极 3、4 上的夹具夹紧钢筋(当上部钢筋较长时,应搭设架子,使钢筋稳定),在两根钢筋接头处,放一铁丝小球(22 号铁丝绕成直径 10~15mm 的紧密小球)或放入导电剂(当钢筋直径较大时)。并在焊剂盒 5 内装满焊剂。焊剂可采用 431 焊剂。

施焊时,接通电路,使导电剂(或铁丝小球)钢筋端部及焊剂溶化,形成导电的渣池,维持数秒钟后,借助操纵杆 9 将钢筋缓缓下送(平均速度约为 1mm/s)使焊接电压稳定在 25~35V 范围内,防止钢筋下送过快或过慢而造成电流短路或断路,维持良好的电渣形成过程。待熔化量达一定数值时(熔化量可用标尺 10 控制),断电并用力迅速顶锻,挤出全部溶渣和溶化金属,使形成坚实接头。冷却 1~3 分钟后,即可打开焊药盒,收回焊剂、卸下夹具。

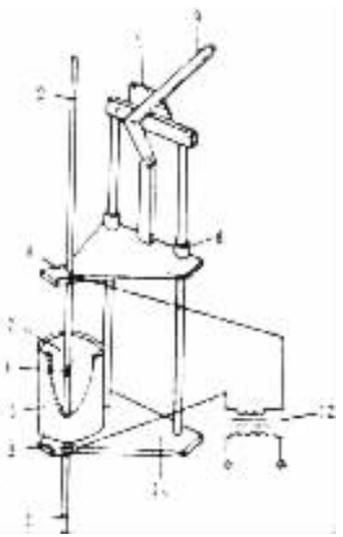


图 2-12-27 手动电渣压力焊示意图
1、2—钢筋;3—固定电极;4—活动电极;5—焊剂盒;6—导电剂;7—焊剂;
8—滑动架;9—操纵杆;10—标尺;
11—固定架;12—变压器

电渣压力焊焊接参数

表 2-12-28

钢筋直径 (mm)	渣池电压 (V)	焊接电流 (A)	焊接通电时间 (s)
14	25~35	200~250	12~15
16		200~300	15~18
20		300~400	18~23
25		400~450	20~25
32		450~600	30~35
36		600~700	35~40
38		700~800	40~45
40		800~900	45~50

钢筋电渣压力焊接头的外观质量应符合下列要求:接头焊包应均匀,不得有裂纹,钢

筋表面无明显烧伤,接头处的弯折及轴线偏移最大允许值与闪光对焊时要求相同。拉伸试验时,接头抗拉强度不得低于该级钢筋规定的抗拉强度值。

6. 双钢筋拼焊

在非预应力混凝土结构中,冷拔低碳钢丝由于其与混凝土的握裹力不够,钢丝的强度未能充分利用。若焊成如图 2-12-28 的双钢筋,则可增强锚固力,提高结构的抗裂性,改善结构性能,可充分利用钢材强度,节约钢材。

双钢筋可采用拼焊机焊接。如图 2-12-28 所示,拼焊机由自动控制箱、焊接变压器、电极、电动机、纵筋调直送料机构、横筋调直剪切推送机构及横筋夹持机构等构成。

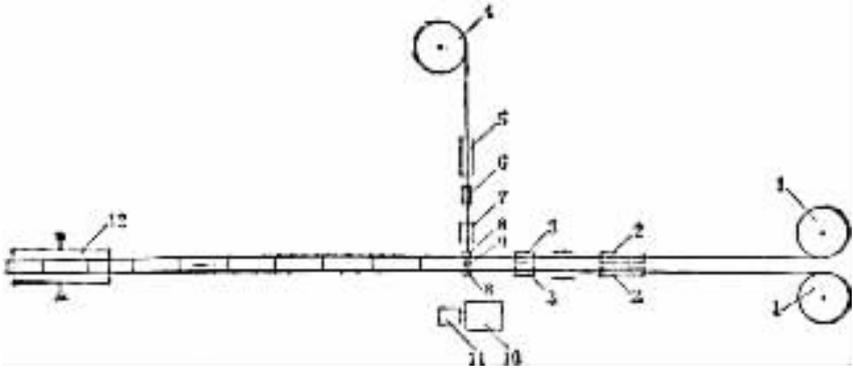


图 2-12-28 双钢筋拼焊示意图

- 1—纵筋盘 2—纵筋调直机构 3—纵筋送料轮 4—横筋盘 5—横筋调直机构 6—横筋送料轮 7—横筋剪切及推送机构 8—左、右电极 9—横筋夹持器 10—焊接变压器 11—自动控制箱 12—成品盘

焊接时,两根纵筋经调直、送料装置进入焊区,横筋经调直并剪切成短筋后,送至两纵筋的下方,再由夹持器 9 顶托至两纵筋之间,随之左右两电极 8 电拢,将横筋夹于两纵筋之间。此时光电管发出信号,自动控制箱接通主电路,焊接变压器中送出定时电流,靠纵、横筋接触处的接触电阻,使接触点热熔,随之电极加压顶锻,使纵、横钢筋焊接牢固。

钢筋焊接质量与焊接参数有关。当焊直径 4~5mm 的钢筋时,二次电压宜为 4~7V,电流为 4200~5000V,顶锻压力为 1.20~1.80kN。焊接通电时间对纵筋强度影响明显,通电时间增长,则热影响区增大,温度增高,降低冷强作用。通电时间为 0.04~0.12 秒为宜。热熔主要发生在横筋上,纵筋热影响区较小,温度也较低。焊接顶锻时,应使横筋变形大,纵筋变形小,以减少纵筋损伤。故横筋的含碳量应比纵筋的含碳量低,其截面积亦应比纵筋小 20~40%。焊接后,纵筋的抗拉强度不应低于母材强度,断口不应在焊点或纵筋热影响区。横筋在焊点的抗剪力应大于或等于 $0.25\sigma_s \cdot A_s$ (σ_s 为纵筋抗拉强度, A_s 为纵筋截面积)。

2-12-13 焊接材料

2-12-13-1 结构钢电焊条

结构钢电焊条性能表

表 2-12-29

统一 牌号	国际 型号	药皮 类型	焊接 电接	机械性能			焊条直径 mm	主要用途
				抗拉强度 MPa	伸长率 %	冲击值 kgm/cm ²		
结 421	T421	钛型	交直流	460—540	18—28	8—14	1.6 2.0 2.5 3.2 ; 4.0 5.0 5.8	用于一般低碳钢结构,尤其适于薄板小件及短焊缝间断焊,可进行全位置焊接
结 421 - 铜磷	T421	钛型	交直流	500—550	—	—	1.6 2.0 ;	用于铜磷钢薄板、薄壁管结构,可进行全位置焊接
结 422	T422	钛钙型	交直流	440—550	22—32	12—18	2.0 2.5 3.2 4.0 ; 5.0 5.8	用于较重要的低碳钢结构,低等级普通低合金钢结构,可进行全位置焊接
结 423	T423	钛铁 矿型	交直流	440—500	20—30	10—18	3.2 4.0 5.0 5.8	用于较重要的低碳钢结构,操作性能稍次于结 422
结 424	T424	氧化 铁型	交直流	440—500	20—30	10—18	2.5 3.2 4.0 5.0 5.8	用于较重要低碳钢结构,立焊、仰焊较困难
结 425	T425	锰型	交直流	440—520	20—30	12—18	4.0 5.0 5.8	用于一般低碳钢结构、铸钢件焊补,只适用于平焊
结 426	T426	低氢型	交直流	460—540	25—35	25—33	3.2 4.0 5.0 5.8	用于较重要的低碳钢、低合金钢、受动载的结构,可进行全位置焊接,交流焊的性能稳定性稍
结 427	T427	低氢型	直流	460—540	25—35	25—33	2.0 2.5 3.2 4.0 5.0 5.8	用于重要的低碳钢,普通低合金次于直流焊钢结构,焊条接正极,可进行全位置焊接
结 502	T502	钛钙型	交直流	520—580	20—30	10—18	2.0 2.5 3.2 4.0 5.0 5.8	用于 16 锰等普通低合金钢结构,可进行全位置焊接
结 502 铜	T502	钛钙型	交直流	520—580	20—30	10—18	3.2 4.0 5.0 5.8	用于抗大气腐蚀性的普通低合金钢结构,可进行全位置焊接
结 503	T503	钛铁 矿型	交直流	520—580	19—28	10—18	3.2 4.0 5.0 5.8	用于 16 锰等普通低合金钢结构,可进行全位置焊接
结 506	T506	低氢型	交直流	520—580	24—32	20—30	3.2 4.0 5.0 5.8	用于中碳钢、普通低合金钢结构,交流焊性能稳定稍次于直流焊

2 建筑材料的性能和应用

续表

统一牌号	国际型号	药皮类型	焊接电源	机械性能			焊条直径 mm	主要用途
				抗拉强度 MPa	伸长率 %	冲击值 kgm/cm ²		
结 506 - 铁	T506	铁粉低 氢型	交直流	520—580	24—32	20—30	3.2 4.0 5.0	用于普通低合金钢结构, 焊接效率高, 减少焊接层次, 可进行全位置焊接
结 506 - 铜	T506	低氢型	交直流	520—580	24—32	20—30	3.2 4.0 5.0 5.8	用于抗大气腐蚀的普通低合金钢, 可进行全位置焊接
结 506 - 铜磷	T506	低氢型	交直流	520—580	20—30	20—30	3.2 4.0 5.0 5.8	用于铜磷系抗大气腐蚀的普通低合金钢, 可进行全位置焊接
结 507	T507	低氢型	交直流	520—580	24—32	20—30	2.0 2.5 3.2 4.0 5.0 5.8	用于 16 锰铜抗大气腐蚀的普通低合金钢, 焊条接正极, 可进行全位置焊接
结 507 - 铜	T507	低氢型	直流	520—580	24—32	20—30	2.0 2.5 3.2 4.0 5.0 5.8	用于 16 锰铜抗大气腐蚀的普通低合金钢, 可进行全位置焊接
结 552	T552	钛钙型	交直流	560—620	18—28	10—16	2.0 2.5 3.2 4.0 5.0 5.8	用于焊接 15 锰钒、15 锰钛相应强度低合金钢, 可进行全位置焊接
结 553	T553	钛铁 矿型	交直流	560—620	18—28	10—16	2.0 2.5 3.2 4.0 5.0 5.8	基于同结 552。但焊接工艺稍次于结 552
结 606	T606	低氢型	交直流	620—680	22—30	10—18	3.2 4.0 5.0	用于焊接相应强度的低合金高强度钢, 如 15 锰钒氮, 但交流焊接性能稳定性稍次于直流焊, 可进行全位置焊接
结 707	T707	低氢型	直流	720—800	20—28	16—26	3.2 4.0 5.0	用于焊接 15 锰钼钒等低合金钢, 焊后可在焊态或回火条件下 (550—650℃) 工作, 焊条接正极
结 707 - 铌	T707	低氢型	直流	720—800	20—28	16—26	3.2 4.0 5.0	基本上同结 707
结 857	T857	低氢型	直流	> 850	> 12	> 5	3.2 4.0 5.0	用于焊接强度大于 850MPa 高强度低合金钢, 焊条接正极, 可进行全位置焊接

2-12-13-2 低碳钢、普通低合金钢自动焊 和电渣焊焊剂(见表 2-12-30)

表 2-12-30

统一牌号	焊剂类型	焊接电源	主要用途
焊 130	无锰 高硅 低氟	交直流	自动焊。配合 H10Mn ₂ 高锰焊丝或其它低合金钢焊丝用于焊接低碳钢或普通低合金钢
焊剂 140	无锰 高硅 中氟	直流	电渣焊。焊接低碳钢和普通低合金钢,使用时必须经 300—400℃烘 2 小时
焊剂 230	低锰 高硅 低氟	交直流	自动焊。配合 H08MnA, H10Mn ₂ 焊丝或其它低合金钢焊丝,焊接低碳钢及普通低合金钢
焊剂 250	低锰 中硅 中氟	直流	自动焊。焊接高强度低合金钢,如含镍低合金钢
焊剂 252	低锰 中硅 中氟	交直流	电渣焊。主要用于焊接低碳钢、低合金钢,也可用于高合金钢的堆焊和电渣溶炼等
焊剂 253	低锰 中硅 中氟	直流	电渣焊。焊接高强度低合金钢薄板结构
焊剂 330	中锰 高硅 低氟	交直流	自动焊。配合 H08MnA、H10Mn ₂ 焊丝,焊接重要的低碳钢和普通低合金钢,如压力容器
焊接 350	中锰 中硅 中氟	交直流	自动焊。配合适当电丝,可焊接锰-钼、锰-硅及含镍的低合金强度钢,如高压容器
焊剂 360	中锰 高硅 中氟	交直流	电渣焊。焊接大型低碳钢和某些低合金钢,如轧钢机架
焊剂 430	高锰 高硅 低氟	交直流	自动焊。配合 H08MnA 焊丝,焊接重要的低碳钢和某些低合金钢,如压力容器、管道
焊剂 431	高锰 高硅 低氟	交直流	自动焊。配合 H08A、H08MnA 焊丝,焊接重要的低碳钢和普通低合金钢,如压力容器
焊剂 432	高锰 高硅 低氟	交直流	自动焊。配合 H08A 焊丝,焊接重要的低碳钢和普通低合金薄板结构
焊剂 433	高锰 高硅 低氟	交直流	自动焊。配合 H08A 焊丝,焊接低碳钢,适宜于管道和压力容器的快速环缝、纵缝的焊接,如常用于石油、气体管道焊接
焊剂 450	高锰 中硅 中氟	交直流	电渣焊。配合低合金焊丝,焊接高强度低合金钢,如常用于高压容器、化工设备焊接

2-12-13-3 铸铁电焊条

根据不同铸铁材料,不同切削加工要求以及修补件重要情况,选用适当铸铁焊条。

1. 根据铸铁材质考虑

对灰口铸铁——可选用铸 100,铸 116,铸 117,铸 208,铸 248,铸 308,铸 408,铸 508,铸 607,铸 616;

对高度铸铁——可选用铸 116,铸 117,铸 408;

对耐热铸铁——可选用铸 218;

对可锻铸铁——可选用铸 228;

对球磨铸铁——可选用铸 238,铸 408。

2. 根据切削加工性能要求考虑

对焊后不能切削加工的——可选用铸 100,铸 607;

对预热焊后,可能切削加工的——可选用铸 208,铸 218,铸 228;

对预热焊后可进行切削加工的——可选用铸 248;

对预热焊并经热处理后可进行切削加工的——可选用铸 238;

对冷焊后可进行切削加工的——可选用铸 116,铸 117,铸 308,铸 408,铸 508,铸 616。

铸铁电焊条性能、用途

表 2-12-31

序号	统一牌号	相当国际牌号	药皮类型	焊接电源	焊芯主要成分	焊后能否切削加工	焊条规格毫米	主要用途
1	铸 110	TZG-1	氧化型	交直流	碳钢	不能	3.2 4.0 5.0	修补灰口铸铁件缺陷
2	铸 116	TZZ-3	低氢型	交直流	碳钢(高钒药皮)	可以	2.0 2.5 3.2 4.0	修补汽缸体、机架、齿轮箱铸铁缺陷,也可修补高强铸铁和球磨铸铁
3	铸 117	TZG-3	低氢型	直流				
4	铸 208	TZG-2	石墨型	交直流	碳钢	有可能	3.2 4.0 5.0	修补灰口铸件缺陷
5	铸 218	TZG-2	石墨型	交直流	碳钢	有可能	3.2 4.0 5.0	同上。还可修补反复受热灰口铸铁缺陷
6	铸 228	TZG-2	石墨型	交直流	碳钢	有可能	3.2 4.0 5.0	修补球墨铸铁
7	铸 238	TZG-4	石墨型	交直流	碳钢(药皮中加球化)	可以	3.2 4.0 5.0	修补球墨铸铁
8	铸 248	TZG-2	石墨型	交直流	灰铸铁	可以	4—8	适于颜色、硬度、加工要求与焊件要求相同的灰口铸铁件的修补

2-12-14 钢筋技术标准

1. 热轧钢筋强度等级

热轧钢筋按它的强度高(以屈服点表示)分为四个强度等级,即Ⅰ级钢筋、Ⅱ级钢筋、Ⅲ级钢筋和Ⅳ级钢筋,热轧钢筋的强度等级代号为“R”(热轧的热字汉语拼音字头),如果外形是带肋的,在R后面加L而成“RL”(L为肋字汉语拼音字头)(外形是光圆的就不加L),在R或RL后面添上屈服点值(以 N/mm^2 计)以区别级别,例如强度等级为RL335的钢筋表示热轧带肋钢筋,它的屈服点不小于 $335N/mm^2$ 。

热轧钢筋的强度等级划分示于表2-12-32。

热轧钢筋的强度等级

表2-12-32

外形	强度等级	屈服点(N/mm^2)	强度等级代号
光圆	Ⅰ级	235	R235
	Ⅱ级	335	RL335
带肋	Ⅲ级	400	RL400
	Ⅳ级	540	RL540

表中Ⅳ级钢筋是用于预应力钢筋混凝土构件,如果按锚具要求,不需带肋,那么由施工单位出以光圆外形交货,强度等级代号就为R540。

2. 热轧光圆钢筋

热轧光圆钢筋的技术标准应符合《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》(GB13013-91)的要求。

(1) 级别

热轧直条光圆钢筋的强度等级为Ⅰ级,代号为R235,即符合表2-12-32第一栏条件。

(2) 直径

公称直径(规定的标准直径)有8、10、12、16、20(以毫米计)五种(个别出厂有出品14mm和18mm的)。

(3) 力学性能

热轧光圆钢筋的牌号为Q235,它的力学性能应符合表2-12-33的要求。

光圆钢筋的力学性能

表2-12-33

屈服点 σ_s N/mm^2	抗拉强度 σ_b (N/mm^2) 不 小 于	伸长率 δ_5 (%)	冷弯: D—弯心直径 d—钢筋公称直径
235	370	25	180° D = d

2 建筑材料的性能和应用

(4) 化学成分

熔炼分析的化学成分应符合表 2-12-34 的规定。

光圆钢筋的化学成分(%)

表 2-12-34

碳 (C)	硅 (Si)	锰 (Mn)	硫(S) 磷(P)	
			不 大 于	
0.14~0.22	0.12~0.30	0.30~0.65	0.050	0.045

(5) 外形

① 直径允许偏差和不圆度应符合表 2-12-35 的规定。

直径允许偏差和不圆度

表 2-12-35

公称直径(mm)	直径允许偏差(mm)	不圆度(mm)
≤20	±0.40	≤0.40

注:不圆度指同一横截面上最大直径与最小直径的差值。

② 弯曲度:钢筋每米弯曲度应不大于 4mm,总弯曲度不大于钢筋总长度的 0.4%。

③ 通常长度:钢筋按直条交货时,其通常长度为 3.5~12m,其中长度为 3.5m 至小于 6m 之间的钢筋不得超过每批重量的 3%。

(6) 表面质量

钢筋表面不得有裂纹、结疤和折叠,钢筋表面凸块和其它缺陷的深度和高度不得大于所在部位尺寸的允许偏差。

3. 热轧圆盘条

热轧圆盘条的技术标准应符合《低碳钢热轧圆盘条》(GB/T701-1997)的要求。

(1) 级别

按强度等级为 I 级取用,即符合表 2-12-32 第一栏条件。

(2) 直径

用作钢筋的可取公称直径为 5.5、6、6.5、7、8、9、10、11、12、13、14(以毫米计)十一种。

(3) 力学性能

热轧圆盘条的牌号为 Q215 和 Q235,它们的力学性能应符合表 2-12-36 的要求。

热轧圆盘条的力学性能

表 2-12-36

牌号	屈服点 σ_s	抗拉强度 σ_b	伸长率 δ_{10}	冷弯: D—弯心直径 d—盘条直径
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(%)	
	不 小 于			
Q215	215	375	27	180° D=0
Q235	235	410	23	180° D=0.5d

(4) 化学成分

熔炼分析的化学成分应符合表 2-12-37 的规定。

热轧圆盘条的化学成分(%)

表 2-12-37

牌号	碳 (C)	锰 (Mn)	硫(S)	磷(P)	硅(Si)
			不 大 于		
Q215A	0.09 ~ 0.15	0.25 ~ 0.55	0.050	0.045	0.30
Q215B			0.045		
Q215C	0.10 ~ 0.15	0.30 ~ 0.60	0.040	0.040	
Q235A	0.14 ~ 0.22	0.30 ~ 0.65	0.050	0.045	
Q235B	0.12 ~ 0.20	0.30 ~ 0.70	0.045		
Q235C	0.13 ~ 0.18	0.30 ~ 0.60	0.040	0.040	

注 碳素结构钢牌号 Q215 和 Q235 后面的 A、B、C 为质量等级符号(质量等级分 A、B、C、D 四级, A 级不做冲击试验, B 级做常温冲击试验, C 级和 D 级用于重要焊接结构)。用作受力钢筋的热轧圆盘条牌号一般采用 Q235A。

(5) 外形

直径允许偏差 $\pm 0.4\text{mm}$ (直径 $\leq 10\text{mm}$) 和 $\pm 0.45\text{mm}$ (直径 $> 10\text{mm}$); 不圆度 $\leq 0.5\text{mm}$ (直径 $\leq 10\text{mm}$) 和 $\leq 0.6\text{mm}$ (直径 $> 10\text{mm}$)。

(6) 表面质量

- ① 盘条应将头尾有害缺陷部分切除。
- ② 盘条的截面不得有分层及夹杂。
- ③ 盘条表面应光滑, 不得有裂纹、折叠、耳子、结疤。盘条不得有夹杂及其它有害缺陷。

(7) 标记

《低碳钢热轧圆盘条》(GB/T701-1997) 适用范围除了“建筑”之外, 还供拉丝、包装等其它用途, 用“L”(供拉丝用) 和“J”(供建筑和其它一般用途) 为代号。

施工单位进料时必须认明标记“J”, 检查每盘所附标记。例如 Q235A-J6 表明这是牌号为 Q235 的盘条(质量等级为 A 级), 直径为 6mm, 供建筑用。

(供拉丝用的盘条采用牌号为 Q195、Q215、Q235 的钢, 它们的力学性能由供需双方协议, 不按表 2-12-36 执行)

4. 热轧带肋钢筋

热轧带肋钢筋的技术标准应符合《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB1499-91) 的要求。

(1) 级别

热轧带肋钢筋的强度等级分为 II 级、III 级、IV 级, 代号为 RL335、RL400、RL540。

(2) 外形

热轧带肋钢筋的横截面是圆形的, 表面带有两条纵肋和沿长度方向均匀分布的横肋。横肋的纵截面呈月牙形, 且与纵肋不相交的钢筋称为月牙肋钢筋, 见图 2-12-29, 月牙肋钢筋用于 II 级和 III 级钢筋, 它的表面及截面形状由几个有关尺寸控制, 有钢筋内径 d 、横肋斜角 α 、横肋高度 h 、横肋与轴线交角 β 、纵肋斜角 θ 、纵肋高度 h_1 、纵肋顶宽 a 、横肋间距 l 、横肋顶宽 b 等各项, 施工时如需外径大小, 则根据 d 和 h 、 h_1 就可算出(h 与 h_1 是一样的, 只是允许偏差值不同)。

月牙肋钢筋的外形尺寸及允许偏差见表 2-12-38。

横肋的纵截面高度相等,且与纵肋相交的钢筋称为等高肋钢筋,见图 2-12-30;等高肋钢筋用于Ⅳ级钢筋,有螺旋纹和人字纹两种,它的表面及截面形状由几个有关尺寸控制,有钢筋内径 d 、横肋高度 h 、纵肋高度 h_1 、横肋顶宽 b 、纵肋宽度 a 、横肋间距 l 、横肋根部圆弧半径 r 等各项,施工时如需外径大小,则根据 d 和 h 、 h_1 就可算出(h 、 h_1 的公称尺寸和允许偏差全都一样,即 $d_1 = d + 2h$ 或 $d + 2h_1$)。

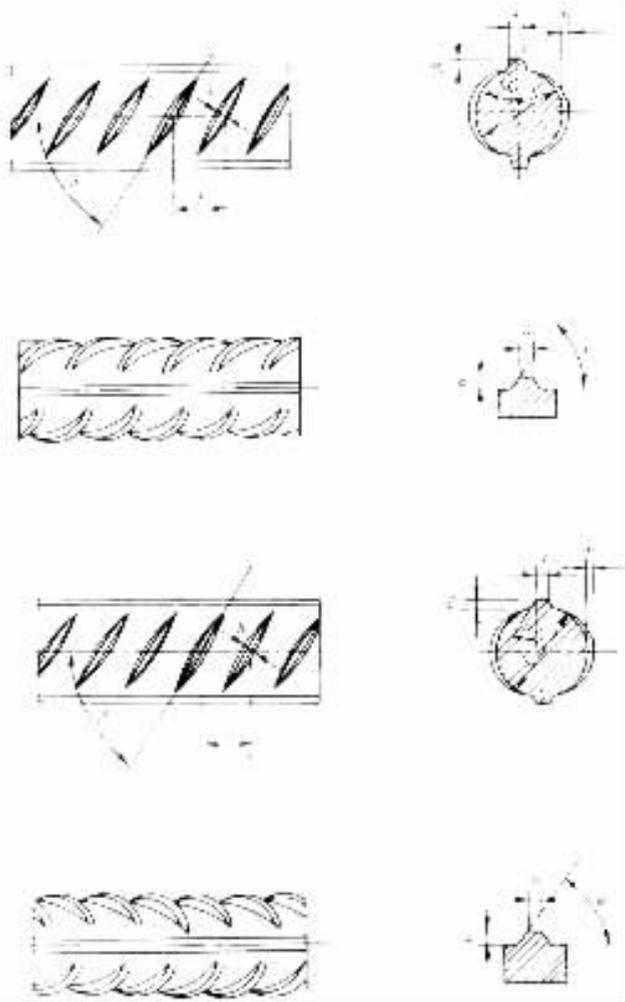


图 2-12-29

由于Ⅳ级钢筋用于预应力钢筋混凝土结构,用后张法生产构件时,不考虑预应力钢筋的自锚作用,钢筋便可采用光圆表面,且有利于锚固,因此,根据设计施工图要求,也可以向供货单位提出以光圆表面进料。

等高肋钢筋的外形尺寸及允许偏差见表 2-12-39。

月牙肋钢筋的外形尺寸及允许偏差(mm)

表 2-12-38

公称直径	内径 d		横肋高 h		纵肋高 h_1	
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差
8	7.7	±0.4	0.8	+0.4, -0.2	0.8	±0.5
10	9.6		1.0	+0.4, -0.3	1.0	
12	11.5		1.2	±0.4	1.2	
14	13.4		1.4		1.4	
16	15.4		1.5		1.5	
18	17.3		1.6	+0.5, -0.4	1.6	±0.8
20	19.3	1.7	±0.5	1.7		
22	21.3	±0.5	1.9	±0.6	1.9	±0.9
25	24.2		2.1		2.1	
28	27.2	2.2	2.2			
32	31.0	±0.6	2.4	+0.8, -0.7	2.4	±1.1
36	35.0		2.6	+1.0, -0.8	2.6	
40	38.7		2.9	±1.1	2.9	

(3) 直径

带肋钢筋的公称直径即“与钢筋的公称横截面面积相等的圆直径”。公称直径有 8、10、12、16、20、25、32、40(以毫米计)八种(个别工厂有出品 14mm、18mm、22mm、28mm 和 36mm 的),直径为 8mm 的Ⅳ级钢筋极少应用,故表 2-12-40 和表 2-12-42 没有列出。

等高肋钢筋的外形尺寸及允许偏差(mm)

表 2-12-39

公称直径	内径 d		横肋高 h 纵肋高 h_1		外径 d_1
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	
8	7.5	±0.4	0.75	+0.5, -0.3	9.0
10	9.3		1.00	+1.0, -0.5	11.3
12	11.3		1.00		13.3
14	13.0		1.25		15.5
16	15.0		1.25		17.5
18	17.0		1.50		20.0
20	19.0	±0.5	1.50		+1.5, -0.8
22	21.0		1.50	24.0	
25	24.0		1.50	27.0	
28	26.5	±0.6	2.00	+1.5, -0.8	30.5
32	30.5		2.00		34.5

(4) 力学性能

热轧带肋钢筋的力学性能应符合表 2-12-40 的要求。

(5) 化学成分

熔炼分析的化学成分应符合表 2-12-41 的规定。

(6) 弯曲度

钢筋每米弯曲度不应大于 4mm,总弯曲度不大于钢筋总长度的 0.4%。

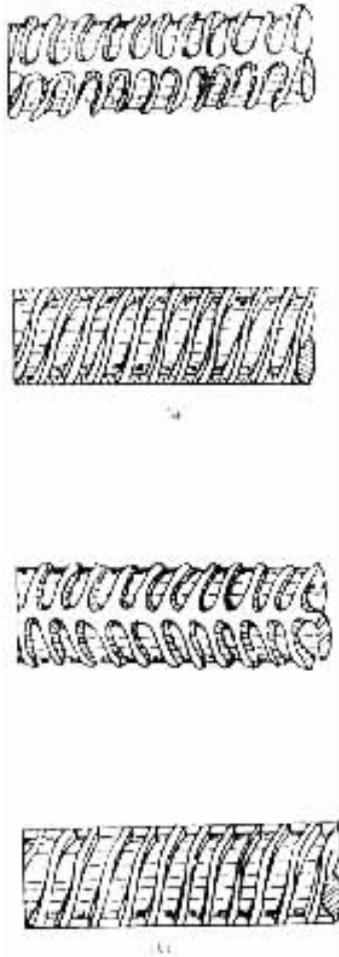


图 2-12-30

a)螺旋纹;b)人字纹

(7) 供料长度

钢筋按直条交货时,其通常长度为 3.5~12m,其中长度为 3.5m 至小于 6m 之间的钢筋不得超过每批重量的 3%。如果是以盘卷交货,则每盘应是一整条钢筋,其盘重及盘径应由供需双方协商确定。

(8) 表面质量

钢筋表面不得有裂纹、结疤和折叠,钢筋表面允许有凸块,但不得超过横肋的高度,钢筋表面上其它缺陷的深度和高度不得大于所在部位尺寸的允许偏差。

(9) 较高质量钢筋

热轧带肋钢筋另有一种更加优质的品种,称为“较高质量热轧带肋钢筋”,对有抗震要求的框架结构应优先采用这种钢筋。它的主要特点是:在提高强度的前提下并不增加钢中的含碳量。这样,就加强了钢筋的可焊性和冲击韧性;规定了钢筋屈服点的上限值和最小强屈比,保证钢筋留有足够的强度储备和变形能力;为保证钢筋具有良好的反复变形性

能,对它规定了反向弯曲的试验指标。

热轧带肋钢筋的力学性能

表 2-12-40

强度等级	公称直径 (mm)	屈服点 σ_s (N/mm ²)	抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	伸长率 δ_5 (%)	冷弯: D—弯心直径 d—钢筋公称直径
		不 小 于			
II	$\frac{8 \sim 25}{28 \sim 40}$	335	$\frac{510}{490}$	16	$\frac{180^\circ}{180^\circ} \begin{matrix} D = 3d \\ D = 4d \end{matrix}$
III级	$\frac{8 \sim 25}{28 \sim 40}$	400	570	14	$\frac{90^\circ}{90^\circ} \begin{matrix} D = 3d \\ D = 4d \end{matrix}$
IV级	$\frac{10 \sim 25}{28 \sim 32}$	540	835	10	$\frac{90^\circ}{90^\circ} \begin{matrix} D = 5d \\ D = 6d \end{matrix}$

对于较高质量热轧带肋钢筋,力学性能应符合表 2-12-42 的要求;熔炼分析的化学成分应符合表 2-12-43 的规定。

热轧带肋钢筋的化学成分(%)

表 2-12-41

强度等级	牌 号	碳 (C)	硅 (Si)	锰 (Mn)	钒 (V)	钛 (Ti)	铌 (Nb)	硫 (S)	磷 (P)
							不大于		
II 级	20 锰硅 (20MnSi)	0.17 ~ 0.25	0.40 ~ 0.80	1.20 ~ 1.60	—	—	—	0.045	0.045
	20 锰铌半 (20MnNb)	0.17 ~ 0.25	≤0.17	1.00 ~ 1.50	—	—	0.05		
III级	20 锰硅钒 (20MnSiV)	0.17 ~ 0.25	0.20 ~ 0.80	1.20 ~ 1.60	0.04 ~ 0.12	—	—		
	20 锰钛 (20MnTi)	0.17 ~ 0.25	0.17 ~ 0.37	1.20 ~ 1.60	—	0.02 ~ 0.05			
	25 锰硅 (25MnSi)	0.20 ~ 0.30	0.60 ~ 1.00	1.20 ~ 1.60	—	—			
IV级	40 硅 2 锰钒 (40Si2MnV)	0.36 ~ 0.46	1.40 ~ 1.80	0.70 ~ 1.00	0.08 ~ 0.15	—			
	45 硅锰钒 (45SiMnV)	0.40 ~ 0.50	1.10 ~ 1.50	1.00 ~ 1.40	0.05 ~ 0.12	—			
	45 硅 2 锰钛 (45Si2MnTi)	0.40 ~ 0.48	1.40 ~ 1.80	0.80 ~ 1.20	—	0.02 ~ 0.08			

2 建筑材料的性能和应用

较高质量热轧带肋钢筋的力学性能

表 2-12-42

表面形状	强度等级	强度等级代号	公称直径 (mm)	屈服点 σ_s (N/mm ²)	抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	强屈比 $\frac{\sigma_b}{\sigma_s}$	伸长率 σ_5 (%)	冷弯		反向弯曲:
										正弯 45°
										反弯 23°
不 小 于								D—弯心直径 d—钢筋公称直径		
月牙肋	Ⅱ级	RL335	8~25	335~460	510	1.25	18	180°	D=3d	D=4d
			28~40					180°	D=4d	D=5d
	Ⅲ级	RL400	8~25	400~540	590	1.25	14	90°	D=3d	D=5d
			28~40					90°	D=4d	D=6d
等高肋	Ⅳ级	RL590	10~25	≥590	885	—	10	90°	D=5d	—
			28~32					90°	D=6d	—

较高质量热轧带肋钢筋的化学成分(%)

表 2-12-43

强度等级	牌 号	碳 (C)	硅 (Si)	锰 (Mn)	钒 (V)	钛 (Ti)	硫 (S)	磷 (P)
							不大于	
Ⅱ级	20 锰硅 (20MnSi)	0.17~0.23	0.40~0.70	1.30~1.60	—	—	0.045	0.045
Ⅲ级	20 锰硅钒 (20MnSiV)	0.17~0.25	0.20~0.80	1.20~1.60	0.04~0.12	—		
	20 锰钛 (20MnTi)	0.17~0.25	0.17~0.37	1.20~1.60	—	0.02~0.05		
Ⅳ级	40 硅 2 锰钒 (40Si2MnV)	0.36~0.46	1.40~1.80	0.70~1.00	0.08~0.15	—		
	45 硅锰钒 (45SiMnV)	0.40~0.50	1.10~1.50	1.00~1.40	0.05~0.12	—		

在Ⅱ级、Ⅲ级钢筋表面上,应依次轧出强度级别、生产厂家名称(或商标)标志,亦可轧出直径大小(以毫米计)。

5. 余热处理钢筋

余热处理钢筋的技术标准应符合《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB13014-91)的要求。

余热处理钢筋的生产工艺与热轧钢筋虽然不同,但它的技术性能要求,却与Ⅲ级热轧带肋钢筋基本相同。对施工人同来说,通常可一样对待。

(1) 级别

余热处理钢筋的强度等级为Ⅲ级,代号为KL400(K是“控制”的控字汉语拼音字头,L是肋字汉语拼音字头,400为钢筋以N/mm²计的屈服点值)。

(2) 外形

余热处理钢筋是带肋钢筋,具有月牙肋表面形状。

(3) 直径

余热处理钢筋的公称直径有 8、10、12、16、20、25、32、40(以毫米计)八种(个别工厂有出品 14mm、18mm、22mm、28mm 和 36mm 的)。

(4) 力学性能

余热处理钢筋的牌号为“20 锰硅 (20MnSi)”,它的力学性能应符合表 2-12-44 的要求。

余热处理钢筋的力学性能

表 2-12-44

公称直径 (mm)	屈服点 σ_s (N/mm ²)	抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	伸长率 δ_{10} (%)	冷弯:	
	不 小 于			D—弯心直径	d—钢筋公称直径
8~25	400	600	14	90° D = 3d	
28~40				90° D = 4d	

(5) 化学成分

熔炼分析的化学成分应符合表 2-12-45 的规定。

余热处理钢筋的化学成分(%)

表 2-12-45

牌 号	碳 (C)	硅 (Si)	锰 (Mn)	硫 (S)	磷 (P)
				不大于	
20 锰硅 (20MnSi)	0.17~0.25	0.40~0.80	1.20~1.60	0.045	0.045

(6) 弯曲度

钢筋每米弯曲度不应大于 4mm,总弯曲度不大于钢筋总长度的 0.4%。

(7) 供料长度

钢筋按直条交货时,其通常长度为 3.5~12m,其中长度为 3.5m 至小于 6m 之间的钢筋不应超过每批重量的 3%。如果是以盘卷交货,则每盘应是一整条钢筋,其盘重及盘径应由供需双方协商确定。

(8) 表面质量

钢筋表面不得有裂纹、结疤和折叠,钢筋表面允许有凸块,但不得超过横肋的高度,钢筋表面上其它缺陷的深度和高度不得大于所在部位尺寸的允许偏差。

6. 高强度钢丝

高强度钢丝的技术标准应符合《预应力混凝土用钢丝》(GB/T5223—1995)的要求。

(1) 分类和代号

高强度钢丝用于预应力钢筋混凝土结构,故俗称“预应力钢丝”。按交货状态分为“冷拉钢丝”及“消除应力钢丝”两种。

高强度钢丝的代号见表 2-12-46。

(2) 外形

2 建筑材料的性能和应用

外形分为光面钢丝及刻痕钢丝两种。

高强度钢丝代号

表 2-12-46

代 号	RCD	S	SI
意义	冷拉钢丝	消除应力钢丝	消除应力刻痕

①光面钢丝

直径及允许偏差见表 2-12-47。

光面钢丝的直径及允许偏差(mm)

表 2-12-47

公称直径	3.00 4.00	5.00 6.00	7.00 8.00 9.00
允许偏差	± 0.04	± 0.05	± 0.06

钢丝的不圆度不得超出公差之半。

②刻痕钢丝

分两面刻痕和三面刻痕两种。

两面刻痕钢丝的外形如图 2-12-31 ,尺寸和允许偏差见表 2-12-48。

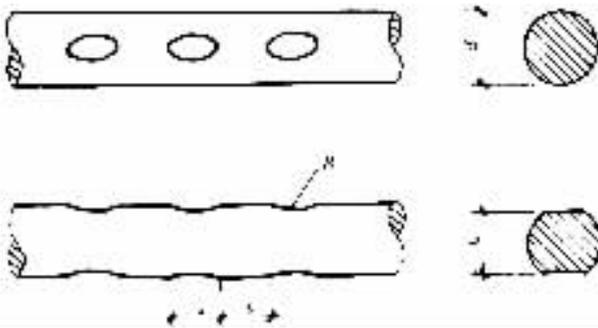


图 2-12-31

三面刻痕钢丝的外形如图 2-12-32 ,尺寸和允许偏差见表 2-12-49。

两面刻痕允许任意错位 ,错位后一面压痕公称深度为 0.2mm。

两面刻痕钢丝的外形尺寸和允许偏差(mm)

表 2-12-48

公称直径	<i>d</i>		<i>h</i>		<i>a</i>		<i>b</i>		<i>R</i>	
	公称尺寸	允许偏差								
5.00	5.00	± 0.05	4.60	± 0.10	3.50	± 0.50	3.50	± 0.50	4.50	± 0.50
7.00	7.00		6.60							

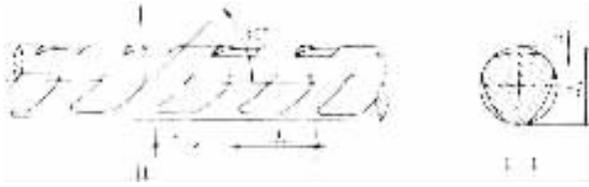


图 2-12-32

三面刻痕钢丝的外形尺寸和允许偏差(mm)

表 2-12-49

公称直径 d_g	公 称 刻 痕 尺 寸		
	深 度 a	长 度 b	节 距 L
		不 小 于	
≤ 5.00	0.12 ± 0.05	3.5	5.5
> 5.00	0.15 ± 0.05	5.0	8.0

(3)力学性能

①消除应力钢丝

力学性能应符合表 2-12-50 的要求。其中屈服强度 $\sigma_{p0.2}$ 值不小于公称抗拉强度的 85%。

消除应力钢丝的力学性能

表 2-12-50

公称直径 (mm)	抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	屈服强度 $\sigma_{p0.2}$ (N/mm ²)	伸长率 δ_{100} (%)	反复弯曲		松 弛						
				次数 (不少于)	弯曲半径 (mm)	初始应力相当于公称抗拉强度的百分数 (%)	1000h 应力损失 (%) (不大于)					
							I 级 松弛	II 级 松弛				
4.00	1470	1250	4	3	10	60	4.5	1.0				
	1570	1330										
5.00	1670	1420		4	4				15	70	8	2.5
	1770	1500										
6.00	1570	1330		4	4	20	80	12	4.5			
	1670	1420										
7.00	1470	1250		4	4	25	80	12	4.5			
	1570	1330										
8.00	1470	1250	4	4	25	80	12	4.5				
9.00	1570	1330										

②冷拉钢丝

力学性能应符合表 2-12-51 的要求。其中屈服强度 $\sigma_{p0.2}$ 值不小于公称抗拉强度的 75% ;不保证松弛性能指标。

2 建筑材料的性能和应用

③刻痕钢丝

力学性能应符合表 2-12-52 的要求。其中屈服强度 $\sigma_{p0.2}$ 值不小于公称抗拉强度的 85%。

(4) 化学成分

因为制造钢丝用钢是由供货单位根据钢丝直径和力学性能确定的, 所选择牌号不拘, 所以化学成分不作为交货条件。

冷拉钢丝的力学性能

表 2-12-51

公称直径 (mm)	抗拉强度	屈服强度	伸长率	反复弯曲	
	σ_b (N/mm ²)	$\sigma_{p0.2}$ (N/mm ²)	δ_{100} (%)	次数 (不少于)	弯曲半径 (mm)
	不小于				
3.10	1470	1100	2	4	7.5
	1570	1180			
4.10	1670	1250	3		10
5.10	1470	1100		5	15
	1570	1180			
	1670	1250			

刻痕钢丝的力学性能

表 2-12-52

公称直径 (mm)	抗拉强度	屈服强度	伸长率	反复弯曲		松 弛		
	σ_b (N/mm ²)	$\sigma_{p0.2}$ (N/mm ²)	δ_{100} (%)	次数 (不少于)	弯曲半径 (mm)	初始应力 相当于公称抗拉强度 的百分数(%)	1000h 应力损失 (%) (不大于)	
	不小于						I 级 松弛	II 级 松弛
≤5.00	1470	1250	4	3	15	70	8	2.5
	1570	1340						
>5.00	1470	1250	4		20			
	1570	1340						

(5) 盘重和盘径

每盘钢丝由 1 根组成, 其盘重一般不小于 80kg, 最低重量不小于 20kg, 每个交货批中最低重量的盘数不得多于 10%。

消除应力钢丝直径不大于 5.00mm 的盘径不小于 1700mm, 直径大于 5.00mm 的盘径不小于 200mm; 冷拉钢丝的盘径不小于 600mm, 如经供需双方协议, 也可供应盘径不小于 550mm 的钢丝。

(6) 表面质量

钢丝有面不得有裂纹、小刺、机械损伤、氧化铁皮和油污; 除非供需双方另有协议, 否则钢丝表面只要没有目视可见的麻坑, 表面浮锈不应作为拒收的理由。不得存在有电接

头。

消除应力钢丝表面产生回火颜色是正常颜色 ;消除应力钢丝的伸直性 :取弦长为 1m 的钢丝 ,其弦与弧的最大自然矢高对光面钢丝不大于 200mm ,对刻痕钢丝不大于 30mm。

7. 钢绞线

钢绞线的技术标准应符合《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224-1995)的要求。

钢绞线是由圆形截面钢丝捻成 ,除了用作预应力钢筋混凝土结构之外 ,还可用于岩土锚固等用途。

(1) 分类

①按捻制结构分类见表 2-12-53。

钢绞线按捻制结构分类

表 2-12-53

分 类	结 构	截面形状
用两根钢丝捻制的钢绞线	1×2	见图 2-12-33(a)
用 3 根钢丝捻制的钢绞线	1×3	见图 2-12-33(b)
用 7 根钢丝捻制的钢绞线	1×7	见图 2-12-33(c)

②按其应力松弛性能分为两极 :

I 级松弛 ,代号 I

II 级松弛 ,代号 II

(2) 尺寸及允许偏差、截面积、重量

三种结构的尺寸及允许偏差、截面积、重量等有关数据分别见表 2-12-54、表 2-12-55、表 2-12-56。

1×2 结构钢绞线的有关数据

表 2-12-54

公称直径(mm)		钢绞线直径 允许偏差 (mm)	钢绞线公称 截面积 (mm ²)	每 1000m 的钢 绞线理论重量 (kg)
钢绞线	钢丝			
10.00	5.00	+0.30	39.5	310
12.00	6.00	-0.15	56.9	447

1×3 结构钢绞线的有关数据

表 2-12-55

公称直径(mm)		钢绞线测 量尺寸 (mm)	钢绞线测量尺寸 允许偏差 (mm)	钢绞线公称 截面积 (mm ²)	每 1000m 的钢 绞线理论重量 (kg)
钢绞线	钢丝				
10.80	5.00	9.33	+0.30	59.3	465
12.90	6.00	11.20	-0.15	85.4	671

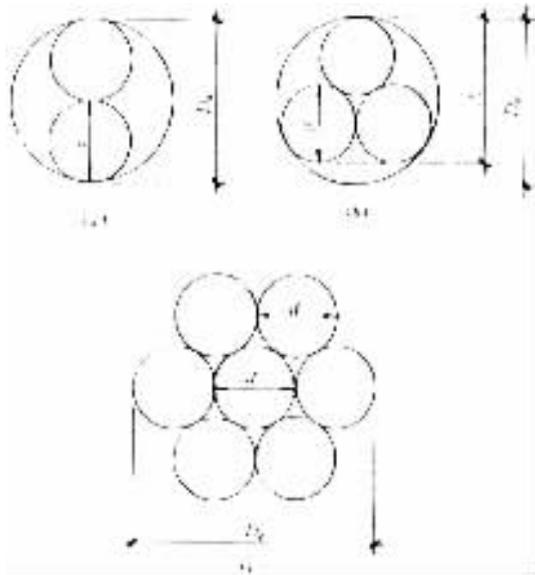


图 2-12-33

D_g —钢绞线直径 ; d_0 —中心钢丝直径 ;
 d —外层钢丝直径 ; A — 1×3 结构钢绞线测量尺寸

1 × 7 结构钢绞线的有关数据

表 2-12-56

钢绞线结构	公称直径 (mm)	直径允许偏差 (mm)	钢绞线公称截面积 (mm ²)	每 1000m 的理论重量 (kg)	中心钢丝直径加大范围 (%) (不小于)
1 × 7 标准型	9.5	+ 0.30	54.8	432	2.0
	11.10	- 0.15	74.2	580	
	12.70	+ 0.4	98.7	774	
	15.20		139	1101	
1 × 7 模拔型	12.70	- 0.2	112	890	
	15.20		165	1295	

(3) 力学性能

钢绞线的力学性能见表 2-12-57。表中“屈服负荷”不小于整根钢绞线公称最大负荷的 85%；“最大负荷”是指钢绞线在破断时所受的负荷(即拉力值)，而“屈服负荷”则是钢绞线在规定非比例伸长为 0.2% 时所受的负荷。

测定钢绞线伸长率时，1 × 7 结构钢绞线的标距不小于 500mm；1 × 2 和 1 × 3 的结构钢绞线的标距不小于 400mm。

表 2-12-57 中强度级别是“整根钢绞线的最大负荷”除以“钢绞线公称截面积”(见表 2-12-54、2-12-55、2-12-56) 所得。

(4) 盘长和盘径

钢绞线的力学性能

表 2-12-57

钢绞线结构	钢绞线公称直径 (mm)	强度级别 (N/mm ²)	整根钢绞线的最大负荷 (kN)	屈服负荷 (kN)	伸长率 (%)	1000h 松弛率(%) (不大于)				
						I 级松弛		II 级松弛		
						初始负荷相当于公称最大负荷的百分数				
不小于					70%	80%	70%	80%		
1×2	10.00	1720	67.9	57.7	3.5	8.0	12	2.5	4.5	
	12.00		97.9	83.2						
1×3	10.80		102	86.7						
	12.90		147	125						
1×7	标准型		9.50	102						86.7
			11.10	138						117
		12.70	184	156						
	模拔型	15.20	1720	239						203
		12.70	1860	259						220
		15.20	1820	300						255

每盘钢绞线应由 1 整根组成。如无特殊要求,每盘钢绞线的长度不小于 200m ;对于成盘交货的钢绞线,盘的内径应不小于 1000mm。

(5) 钢丝材质

捻制预应力钢绞线的钢丝应符合高强度钢丝的要求。

(6) 有关质量

成品钢绞线的表面不得带有润滑剂、油渍等能降低钢绞线与混凝土粘结力的物质。钢绞线表面允许有轻微的浮锈,但不得锈蚀成目视可见的麻坑。

II 级松弛钢绞线的伸直性:取弦长为 1m 的 II 级松弛钢绞线,其弦与弧的最大自然矢高不大于 25mm。

钢绞线内不应有折断、横裂和相互交叉的钢线。

成品钢绞线切断后应是不松散的,或可以不困难地捻正到原来的位置。

8. 热处理钢筋

热处理钢筋的技术标准应符合《预应力混凝土用热处理钢筋》(GB4463-84)的要求。

(1) 代号

热处理钢筋的代号为 RB150(其中 150 是抗拉强度,以 kgf/mm² 计的值)。

(2) 外形

热处理钢筋是带肋的,分有纵肋和无纵肋两种。

① 有纵肋的热处理钢筋的外形见图 2-12-34,尺寸及允许偏差应符合表 2-12-58 的规定。

② 无纵肋的热处理钢筋的外形见图 2-12-35,尺寸及允许偏差应符合表 2-12-59 的规定。

2 建筑材料的性能和应用

有纵肋钢筋的外形尺寸及允许偏差(mm)

表 2-12-58

公称直径 d	垂直内径 d_1	水平内径 d_2	肋距 l
8.2	8.0 ± 0.4	$8.3 \begin{matrix} \pm 0.6 \\ -0.2 \end{matrix}$	7.5 ± 0.5
10	9.6 ± 0.4	9.6 ± 0.4	7.0 ± 0.5
横肋高 h_1	横肋宽 b_1	纵肋高 h_2	纵肋宽 b_2
$0.7 \begin{matrix} +0.5 \\ -0.2 \end{matrix}$	$0.7 \begin{matrix} +0.5 \\ -0.2 \end{matrix}$	$0.7 \begin{matrix} +0.5 \\ -0.2 \end{matrix}$	1.2 ± 0.5
1.0 ± 0.4	$1.0 \begin{matrix} +0.7 \\ -0.3 \end{matrix}$	$1.0 \begin{matrix} +0.5 \\ -0.8 \end{matrix}$	1.5 ± 0.5

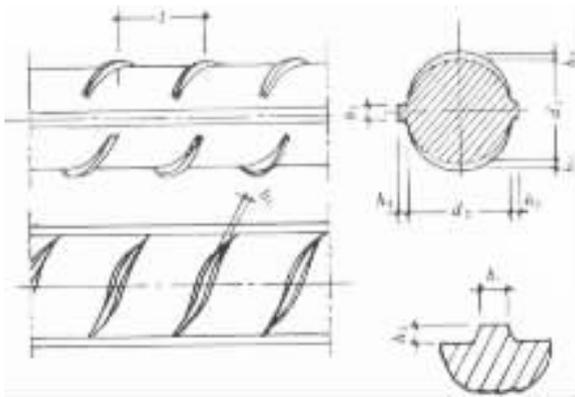


图 2-12-34

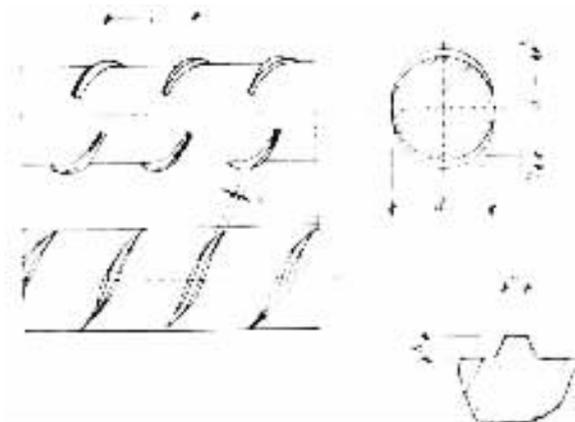


图 2-12-35

③钢筋热处理后应卷成盘。公称直径为 6mm 和 8.2mm 的热处理钢筋的盘的内径不小于 1.7mm ;公称直径为 10mm 的热处理钢筋的盘的内径不小于 2.0mm。

(3) 面积和重量

无纵肋钢筋的外形尺寸及允许偏差(mm)

表 2-12-59

公称直径 d	垂直直径 d_1	水平直径 d_2	肋 距 l	横肋高 h	横肋宽 b
6	5.8 ± 0.4	$6.3 \begin{matrix} +0.6 \\ -0.2 \end{matrix}$	7.5 ± 0.5	$0.4 \begin{matrix} +0.3 \\ -0.2 \end{matrix}$	$0.7 \begin{matrix} +0.5 \\ -0.2 \end{matrix}$
8.2	7.9 ± 0.4	$8.5 \begin{matrix} +0.6 \\ -0.2 \end{matrix}$	7.5 ± 0.5	$0.7 \begin{matrix} +0.5 \\ -0.2 \end{matrix}$	$0.7 \begin{matrix} +0.5 \\ -0.2 \end{matrix}$

见表 2-12-60。

热处理钢筋的面积和重量

表 2-12-60

公称直径(mm)	有纵肋		无纵肋	
	8.2	10	6	8.2
截面计算面积(mm^2)	52.81	78.54	28.27	52.73
理论重量(kg/m)	0.432	0.617	0.230	0.423

(4)牌号和化学成分

牌号和熔炼分析的化学成分见表 2-12-61。

热处理钢筋的牌号和化学成分

表 2-12-37

牌号	化 学 成 分 (%)					
	碳(C)	硅(Si)	锰(Mn)	铬(Cr)	磷(P)	硫(S)
					不大于	
40 硅 2 锰 (40Si2Mn)	$0.36 \sim 0.45$	$1.40 \sim 1.90$	$0.80 \sim 1.20$	—	0.045	0.045
48 硅 2 锰 (48Si2Mn)						
45 硅 2 铬 (45Si2Cr)	$0.41 \sim 0.51$	$1.55 \sim 1.95$	$0.40 \sim 0.70$	$0.30 \sim 0.60$		
允许偏差	± 0.02	± 0.05	± 0.10	± 0.05	$+0.005$	$+0.005$

对于各种钢筋的化学成分,要求它们的含量都是指熔炼分析值,而对于热处理钢筋,成品钢筋的化学成分允许有一定的偏差值。表 2-12-61 中“允许偏差”栏中数值是指成品钢筋的化学成分允许偏差。

(5)力学性能

见表 2-12-62。

(6)表面质量

钢筋表面不得有肉眼可见的裂纹、结疤、折叠,钢筋表面允许有凸块,但不得超过横肋的高度,钢筋表面允许有不影响使用的缺陷,钢筋表面不得沾有油污。钢筋在制造过程中,除端部外,应使钢筋不受到切割火花或其它方式造成的局部加热影响。

热处理钢筋的力学性能

表 2-12-62

屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (N/mm ²)	抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	伸长率 δ_{10} (%)	应力松弛性能	
			级别	1000h 松弛值(%)
不 小 于				不大于
1325	1470	6	Ⅱ级	3.5

9. 冷轧带肋钢筋

冷轧带肋钢筋的技术标准应符合《冷轧带肋钢筋》(GB13788-92)的要求。

(1) 代号和级别

冷轧带肋钢筋的代号为 LL550、LL650、LL800,其中 LL 为“冷”和“肋”字汉语拼音字头,550、650、800 分别表示抗拉强度不小于 550N/mm²、650N/mm²、800N/mm² 的钢筋,即强度等级分为三级。

(2) 外形

冷轧带肋钢筋表面有三面肋和二面肋两种,其中二面肋的占很少部分。图 2-12-36 示三面肋表面形状。

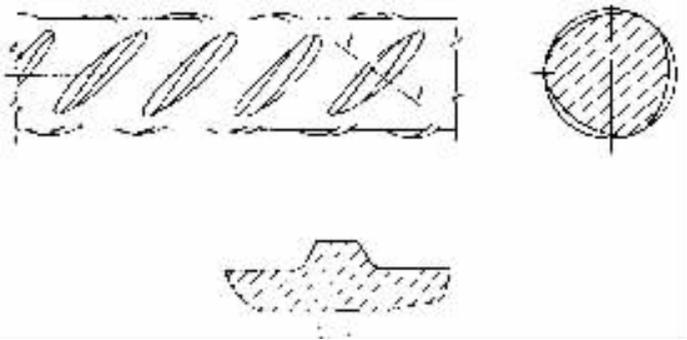


图 2-12-36

(3) 直径

公称直径有 5、6、7、8、9、10(以毫米计)五种(个别工厂有出品 4mm、5.5mm 和 12mm 的)。

LL550 级钢筋的直径为 4~12mm,用在钢筋混凝土现浇板中多为 6~10mm;LL650 级钢筋的直径为 4mm、5mm、6mm,用在预应力空心板中多为 4mm、5mm(少量采用 6mm,也有用 5.5mm 的);LL800 级钢筋是采用抗拉强度为 550N/mm² 的普通低合金钢热轧圆盘条轧制的,这条圆盘条暂仅有一种直径为 6.5mm 的,因此轧制所得钢筋直径按 5mm 确定。

(4) 牌号和化学成分

熔炼分析的化学成分应符合表 2-12-63 的规定,牌号的规定也见表 2-12-63。

冷轧带肋钢筋的牌号和化学成分

表 2-12-63

强度等级代号	牌 号	化学成分(%)					
		碳(C)	硅(Si)	锰(Mn)	钛(Ti)	磷(P)	硫(S)
						不大于	
LL550	屈 215 (Q215)	0.09~0.15	≤0.30	0.25~0.55	—	0.050	0.045
LL650	屈 235 (Q235)	0.14~0.22	≤0.30	0.30~0.65	—	0.050	0.045
LL800	24 锰钛 (24MnTi)	0.19~0.27	0.17~0.37	1.20~1.60	0.01~0.05	0.045	0.045

(5) 力学性能

冷轧带肋钢筋的力学性能应符合表 2-12-64 的要求。

冷轧带肋钢筋的力学性能

表 2-12-64

强度等级代号	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (N/mm ²)	抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	伸长率(%)		冷弯 180°: D—弯心直径 d——钢筋公称直径
			σ_{10}	σ_{100}	
	不 小 于				
LL550	510	550	8	—	D = 3d
LL650	520	650	—	4	D = 4d
LL800	640	800	—	4	D = 5d

对于冷轧带肋钢筋,还规定最小强屈比:强屈比 $\frac{\sigma_b}{\sigma_{0.2}}$ 应不小于 1.05。

(6) 表面质量

钢筋表面不得有裂纹、折叠、结疤、结污及其它影响使用的缺陷;钢筋表面可有浮锈,但不得有锈皮及肉眼可见的麻坑等腐蚀现象。

(7) 交货状态

钢筋一般为圆盘条的,如果用户要求用直条供应也可以。钢筋每盘应是一整根的;LL650 和 LL800 级钢筋不得有焊接接头。

10. 冷拔低碳钢丝

冷拔低碳钢丝的技术标准应符合《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204-92)的要求。

冷拔低碳钢丝按强度等级分甲级和乙级两种,甲级钢丝适用于小型预应力钢筋混凝土构件,作为预应力钢筋;乙级钢丝则用于普通钢筋混凝土构件,或用于预应力钢筋混凝土构件中作为非预应力钢筋,主要用作焊接网、焊接骨架的配筋,以及箍筋和构造钢筋等。

甲级冷拔低碳钢丝分 I 组 II 组两组,由使用单位与供货单位双方在订货合同中注明,未注明的按 II 组供应。

(1) 外形

冷拔低碳钢丝外表是光圆的。

2 建筑材料的性能和应用

(2) 力学性能

甲级冷拔低碳钢丝应采用符合 I 级热轧钢筋标准的圆盘条拔制。
冷拔低碳钢丝的力学性能应符合 2-12-65 的要求。

(3) 表面质量

钢丝表面不得有裂纹和影响力学性能的锈蚀及机械损伤。

冷拔低碳钢丝的力学性能

表 2-12-65

钢丝 级别	直径 (mm)	抗拉强度(N/mm ²)		伸长率 δ_{100} (%)	反复弯曲 (180°) 次数不少于
		I 组	II 组		
		不 小 于			
甲级	4	700	650	2.5	4
	5	650	600	3	
乙级	3~5	550		2	

11. 低合金钢丝

低合金钢丝的技术标准应符合《预应力混凝土用低合金钢丝》(YB/T038-93)的要求。

(1) 代号和级别

低合金钢丝的代号为 YD800、YD1000、YD1200,其中 YD 为“预”和“低”字汉语拼音字头,800、1000、1200 分别表示抗拉强度不小于 800N/mm²、1000N/mm²、1200N/mm² 的钢丝,即强度等级分为三级。

此外,还有一种代号为 YZD1000 的低合金钢丝,其中 Z 为轧痕的“轧”字汉语拼音字头。

(2) 外形

代号为 YD 的低合金钢丝是光面的,代号为 YZD 的是轧痕的。

① 光面钢丝

直径及允许偏差见表 2-12-36。

② 轧痕钢丝

采用两面轧痕,外形见图 2-12-31,尺寸和允许偏差见表 2-12-67。

光面钢丝的直径及允许偏差(mm)

表 2-12-66

公称直径	5.0		7.0	
允许偏差	+0.08, -0.04		±0.10	

轧痕钢丝的外形尺寸和允许偏差(mm)

表 2-12-67

公称 直径	直径 d		轧痕深度 $(d-h)/2$		轧痕圆柱半径 R		轧痕间距 $a+b$	
	公称 尺寸	允许 偏差	公称 尺寸	允许 偏差	公称 尺寸	允许 偏差	公称 尺寸	允许 偏差
7.0	7.0	±0.10	0.30	±0.05	8	±0.5	7.0	+0.5, -1.0

光面钢丝和轧痕钢丝的不圆度应不超过直径公差之半。

(3) 力学性能

钢丝的力学性能应符合表 2-12-68 的要求。

低合金钢丝的力学性能

表 2-12-68

公称直径 (mm)	级别	抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	伸长率 δ_{100} (%)	反复弯曲		应力松弛	
				弯曲半径 (mm)	次数 (不少于)	张拉应力与公称抗拉强度比	应力松弛率最大值
5.0	YD800	800	4	15	4	0.7	8% 1000h 或 5% 10h
7.0	YD1000	1000	3.5	20			
	YD1200	1200					

(4) 化学成分

制造钢丝所用拔丝盘条采用“21 锰硅”、“24 锰钛”(YD800)和“41 锰硅钒”(YD1000)以及“70 钛”(YD1200)各牌号的钢,它们所含碳、锰、硅、钒、钛以及硫、磷等化学成分的量均有一定的要求,在拔丝工艺过程中由制造钢丝的工厂掌握保证,所以施工单位不要求供货单位提供,只有在施工过程发现异常而质疑时,才作化学分析处理。

(5) 盘重和盘径

每盘钢丝由 1 根组成(电焊接头应当切除),其盘重一般不小于 50kg,最低重量不小于 30kg,每个交货批中盘重小于 50kg 的盘数不得多于 10。

光面钢丝的盘径不小于 550mm,轧痕钢丝的盘径不小于 1700mm。

(6) 表面质量

钢丝表面不得有裂纹、折叠、结疤、油污及其它影响力学性能的机械损伤缺陷,钢丝表面可有浮锈,但不得有锈皮及肉眼可见的麻坑等腐蚀现象。

12. 冷轧扭钢筋

冷轧扭钢筋的技术标准应符合《冷轧扭钢筋》(JG3046-1998)的要求。

(1) 外形

冷轧扭钢筋是用低碳钢热轧圆盘条经专用钢筋冷轧扭机调直、冷轧并冷扭一次成型而成,呈连续螺旋状,具有规定截面形状和节距,见图 2-12-37。冷轧扭钢筋按其截面形状不同分为两种类型:

I 型——矩形截面

II 型——菱形截面

图 2-12-37 中的 t 、 l_1 分别表示轧扁厚度、节距,应符合表 2-12-69 的规定。

(2) 直径

冷轧扭钢筋的直径以“标志直径”表示,指原材料(母材)轧制前的公称直径。标志直径为 6.5、8、10、12、14(以毫米计)五种。

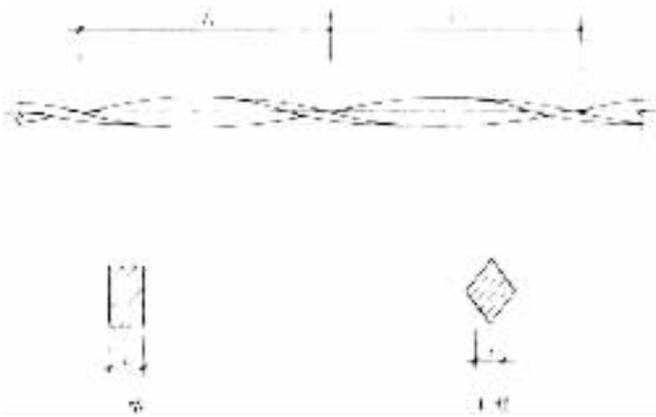


图 2-12-37

轧扁厚度、节距 (mm)

表 2-12-69

类 型	标志直径 d	轧扁厚度 t (不小于)	节距 l_1 (不大于)
I 型	6.5	3.7	75
	8	4.2	95
	10	5.3	110
	12	6.2	150
	14	8.0	170
II	12	8.0	145

(3) 截面面积和重量

冷轧扭钢筋的公称截面面积和公称重量(1m长钢筋的重量)根据表 2-12-70 取用。

公称截面面积和公称重量 (mm)

表 2-12-70

类 型	标志直径 d (mm)	公称横截面积 A_s (mm^2)	公称重量 G (kg/m)
I 型	6.5	29.5	0.232
	8	45.3	0.356
	10	68.3	0.536
	12	93.3	0.733
	14	132.7	1.042
II	12	97.8	0.768

冷轧扭钢筋实际重量与公称重量的负偏差不应大于 5%。重量偏差按下式计算：

$$\text{重量偏差} = \frac{G' - LG}{LG} \times 100\%$$

式中 G ——公称重量(kg/m)；

G' ——实测重量(kg)；

L ——试样长度(m)，不应小于 0.5 m_0 。

(4) 型号和力学性能

冷轧扭钢筋的名称代号为 LZN(“冷”、“轧”、“扭”字汉语拼音字头),用 ϕ^l 作为钢筋符号,接着写上标志直径和截面类型,即为它的型号。例如“LZN ϕ^l 10(I)”标记为冷扎扭钢筋,标志直径为 10mm,矩形截面(即 I 型)。

冷轧扭钢筋的力学性能应符合表 2-12-71 的规定。

冷轧扭钢筋的力学性能

表 2-12-71

抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	伸长率 δ_{10} (%)	冷弯 180° (弯心直径 $D=3d$)
≥ 580	≥ 4.5	受弯曲部位表面不得产生裂纹

(5) 外观质量

冷轧扭钢筋表面不应有影响钢筋力学性能的裂纹、折叠、结疤、压痕、机械损伤或其它影响使用的缺陷。

13. 冷拉钢筋

冷拉钢筋是在工地将钢筋冷拉而成。

冷拉钢筋的技术标准应符合《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204-92)的要求。

冷拉钢筋的力学性能应符合表 2-12-72 的要求。

冷拉钢筋的力学性能

表 2-12-72

钢筋级别	公称直径 (mm)	屈服点 σ_s (N/mm ²)	抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	伸长率 δ_{10} (%)	冷弯 180°: D —弯心直径 d —钢筋公称直径
		不 小 于			
I	≤ 12	280	370	11	180° $D=3d$
II	$\frac{8 \sim 25}{28 \sim 40}$	$\frac{450}{430}$	$\frac{510}{490}$	10	$\frac{90^\circ}{90^\circ} \frac{D=3d}{D=4d}$
III 级	$\frac{8 \sim 25}{28 \sim 40}$	500	570	8	$\frac{90^\circ}{90^\circ} \frac{D=5d}{D=6d}$
IV 级	$\frac{10 \sim 25}{28 \sim 32}$	700	835	6	$\frac{90^\circ}{90^\circ} \frac{D=5d}{D=6d}$

由于直径大于 12mm 的 I 级钢筋不能应用冷拉后提高的强度,所以表中仅列有直径小于和等于 12mm 的有关数据。

对于表中作为屈服点的数值,如果某些冷拉钢筋没有明显的屈服段,屈服点 σ_s 栏就用屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 代替。

14. 进口钢筋

进口钢筋的技术标准应符合《进口热轧变形钢筋应用若干规定》(1980 年国家基本建

设委员会文件)的要求。

(1)应用原则

①需要从国外进口热轧变形钢筋(即热轧带肋钢筋)的单位,应向物资供应部门和外贸部门提出对所用钢筋的具体要求(主要质量指标包括力学性能、可焊性等)。

②采用进口钢筋时,应严格遵守先试验、后使用的原则,试验结果需与出厂质量保证书和相应的技术资料对照。

③如果不是本单位通过有关部门从国外进口钢筋,而由供应钢筋的部门将库存分拨给施工单位,当进口钢筋的国别及强度等级不明时,应首先按不同外形和标志分类,然后分批进行力学性能和工艺性能试验,再根据试验结果确定钢筋的应用范围(取样试验的数量应根据实际情况确定)。这种钢筋不宜在主要承重结构的重要部位上使用。

(2)力学性能

在国家建委发布《进口热轧变形钢筋应用若干规定》的1980年,当时只有少量品种钢筋进口,具有代表性并经过一系列试验的有日本SD35和荷兰、西班牙、原西德BSI42/50RU(35/50RU)四种,基本上与我国的II级钢筋相应。近年来建筑市场见到的进口钢筋从许多国家(如乌克兰、土耳其等)引来,名目繁多,都应严格试验以确定应用范围。

①日本SD35

屈服点 σ_s	345N/mm ²
抗拉强度 σ_b	490N/mm ²
伸长率 δ_5	> 18%(对于直径小于25mm的钢筋)和 > 20%(对于直径等于或大于25mm的钢筋)
冷弯	弯心直径为钢筋直径的4倍,要求弯曲180°合格

②荷兰、西班牙、原西德BSI42/50RU(35/50RU)

以上三个国家的钢筋都按原西德BSI42/50RU级供货,屈服点为42kgf/mm²、抗拉强度为50kgf/mm²(折合410N/mm²、490N/mm²)。我国对外订货时,还将部分钢筋的屈服点降低为35kgf/mm²(折合345N/mm²)称它为35/50RU级。要求力学性能如下:

屈服点 σ_s	410(345)N/mm ²
抗拉强度 σ_b	490N/mm ²
伸长率 δ_{10}	> 10%
冷弯	荷兰和西班牙取弯心直径为钢筋直径的5倍,要求弯曲180°合格;原西德未规定弯心直径大小,要求弯曲90°合格
反向弯曲	取弯心直径为钢筋直径 d 的5倍(当 $d \leq 12\text{mm}$)、6 d (当 $d = 13\text{mm} \sim 18\text{mm}$)和8 d (当 $d = 20\text{mm} \sim 28\text{mm}$)

(3)化学成分

对进口钢筋,应将化学成分含量突出为质量标准检验的重点,主要是为了保证钢筋的可焊性。化学成分应符合表2-12-73的规定。

(4)钢筋焊接

①进口钢筋进行焊接前,应分批作化学分析。当钢筋化学成分符合下列规定时,可采用电弧焊或闪光对焊:

- A. 含碳量 $\leq 0.3\%$;
- B. 碳当量 $C_{ep} \leq 0.55\%$;

[碳当量可近似地按下式计算 :

$$C_{ep} = C + \frac{Mn}{6}$$

式中 C、Mn 分别为碳、锰含量(%)]

- C. 含磷量 $\leq 0.05\%$;
- D. 含硫量 $\leq 0.05\%$ 。

进口钢筋的化学成分

表 2 - 12 - 73

钢筋种类		化学成分(%)						
		碳 (C)	硅 (Si)	锰 (Mn)	铝 (Al)	铌 (Nb)	碳当量 (C_{eq})	磷、硫 (P、S)
日本 SD35		< 0.27	-	< 1.60		-	< 0.50	< 0.05
荷兰	35/50RU	0.15 ~ 0.30	0.02 ~	0.45 ~ 1.60		< 0.04		≤ 0.05
	42/50RU	0.15 ~ 0.28	0.07					
西班牙 35/50RU		0.15 ~ 0.27	0.2 ~ 0.4	0.8 ~ 1.6				
原西德	35/50RU	0.32 ~ 0.43	0.2 ~ 0.4	0.9 ~ 1.2		-		
	42/50RU	0.41 ~ 0.45	0.15 ~ 0.35	1.0 ~ 1.2	0.025 ~ 0.07			≤ 0.04

②符合以上化学成分规定的进口钢筋如需与国产钢筋或型钢焊接时 ,应预先进行焊接试验和质量检验 ,如果焊接接头质量不合格 ,就不得采取焊接连接 ,如需采用电阻点焊或电渣压力焊 ,必须先进行焊接试验 ,并根据试验结果确定是不是可以用该种焊接方法。

③对进口钢筋 ,严禁采用电弧点焊和在非焊接部位上打火。在焊接时还应采取其它防止烧伤主筋的措施。

④进口钢筋进行电弧焊接时 ,对一般结构应采用 E50 系列焊条 ,对重要结构宜选 E50 系列中的低氢型焊条。

⑤进口钢筋焊接接头的质量应按国产 II 级钢筋焊接接头的质量要求处置。

2-12-15 钢筋配料

钢筋配料是根据构件配筋图,先绘出各种形状和规格的单根钢筋简图并加以编号,然后分别计算钢筋下料长度和根数,填写配料单,申请加工。

1. 钢筋下料长度计算

钢筋因弯曲或弯钩会使其长度变化,在配料中不能直接根据图纸中尺寸下料,必须了解对混凝土保护层、钢筋弯曲、弯钩等规定,再根据图中尺寸计算其下料长度。各种钢筋下料长度计算如下:

直钢筋下料长度 = 构件长度 - 保护层厚度 + 弯钩增加长度

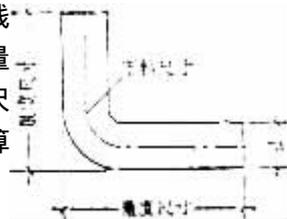
弯起钢筋下料长度 = 直段长度 + 斜段长度 - 弯曲调整值 + 弯钩增加长度

箍筋下料长度 = 箍筋周长 + 箍筋调整值

上述钢筋需要搭接的话,还应增加钢筋搭接长度。

(1) 弯曲调整值

钢筋弯曲后的特点:一是在弯曲处内皮收缩、外皮延伸、轴线长度不变;二是在弯曲处形成圆弧。钢筋的量度方法是沿直线量外包尺寸(图 2-12-38),因此,弯起钢筋的量度尺寸大于下料尺寸,两者之间的差值称为弯曲调整值。弯曲调整值根据理论推算并结合实践经验,列于表 2-12-74。



(2) 弯钩增加长度

钢筋的弯钩形式有三种:半圆弯钩、直弯钩及斜弯钩。半圆弯钩最常用的一种弯钩。直弯钩只用在柱钢筋的下部、箍筋和附加钢筋中。斜弯钩只用在直径较小的钢筋中。

钢筋弯钩增加长度按图 2-12-39 所示的计算简图(弯心直径为 $2.5d$ 、平直部分为 $3d$),其计算值为:对半圆弯钩为 $6.25d$,对直弯钩为 $3.5d$,对斜弯钩为 $4.9d$ 。

钢筋弯曲调整值

表 2-12-74

钢筋弯曲角度	30°	45°	60°	90°	135°
钢筋弯曲调整值	$0.35d$	$0.5d$	$0.85d$	$2d$	$2.5d$

注: d 为钢筋直径。

在生产实践中,由于实际弯心直径与理论弯心直径有时不一致,钢筋粗细和机具条件不同等而影响平直部分的长短(手工弯钩时平直部分可适当加长,机械弯钩时可适当缩短),因此在实际配料计算时,对弯钩增加长度常根据具体条件,采用经验数据,见表 2-12-75。

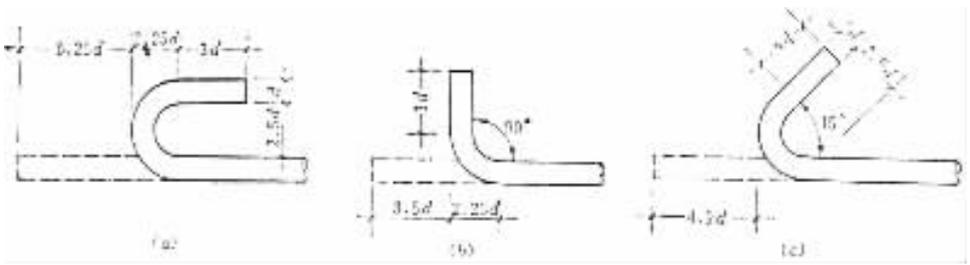


图 2-12-39 钢筋弯钩计算简图

(a) 半圆弯钩；(b) 直弯钩；(c) 斜弯钩；

半圆弯钩增加长度参考表(用机械弯)

表 2-12-75

钢筋直径(mm)	≤6	8~10	12~18	20~28	32~36
一个弯钩长度(mm)	40	6d	5.5d	5d	4.5d

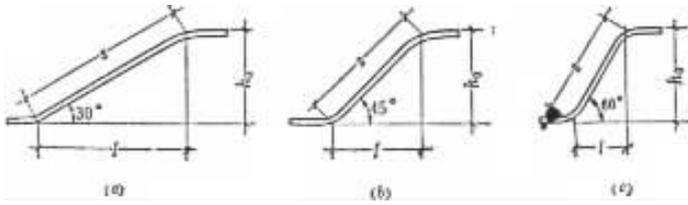


图 2-12-40 弯起钢筋斜长计算简图

(a) 弯起角度 30°；(b) 弯起角度 45°；(c) 弯起角度 60°

(3) 弯起钢筋斜长

弯起钢筋斜长系数表

表 2-12-76

弯起角度	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$
斜边长度 s	$2h_0$	$1.41h_0$	$1.15h_0$
底边长度 l	$1.732h_0$	h_0	$0.575h_0$
增加长度 $s - l$	$0.268h_0$	$0.41h_0$	$0.575h_0$

注： h_0 为弯起高度。

(4) 箍筋调整值

箍筋调整值,即为弯钩增加长度和弯曲调整值两项之差或和,根据箍筋量外包尺寸或内皮尺寸而定(图 2-12-41)。

箍筋调整值

表 2-12-77

箍筋量度方法	箍筋直径(mm)			
	4~5	6	8	10~12
量外包尺寸	40	50	60	70
量内皮尺寸	80	100	120	150~170

4. 钢筋长度计算中的特殊问题

(1) 变截面构件箍筋

根据比例原理, 每根箍筋的长短差数 Δ , 可按下列式计算:

$$\Delta = \frac{l_0 - l_d}{n - 1}$$

式中 l_0 ——箍筋的最大高度;

l_d ——箍筋的最小高度;

n ——箍筋个数, 等于 $s/a + 1$;

s ——最长箍筋和最短箍筋之间的总距离;

a ——箍筋间距。

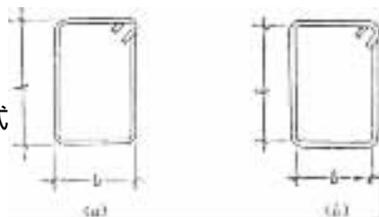


图 2-12-41 箍筋量度方法
(a)量外包尺寸; (b)量内皮尺寸

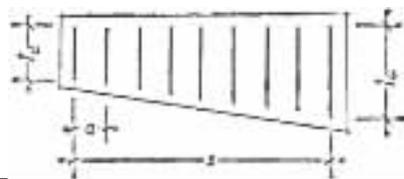


图 2-12-42 变截面构件箍筋计算

(2) 圆形构件钢筋

在平面为圆形的构件中, 配筋形式有二: 按弦长布置, 按圆形布置。

①按弦长布置 先根据下式算出钢筋所在处弦长, 再减去两端保护层厚度, 就得钢筋长度。

当配筋为单数间距时(图 2-12-43a)

$$l_i = a \sqrt{(n + 1)^2 - (2i - 1)^2}$$

当配筋为双数间距时(图 2-12-43b)

$$l_i = a \sqrt{(n + 1)^2 - (2i)^2}$$

式中 l_i ——第 i 根(从圆心向两边计数)钢筋所在的弦长;

a ——钢筋间距;

n ——钢筋根数, 等于 $D/a - 1$ (D —圆直径);

i ——从圆心向两边计数的序号数。

②按圆形布置 一般可用比例方法先求出每根钢筋的圆直径, 再乘圆周率算得钢筋长度(图 2-12-44)。

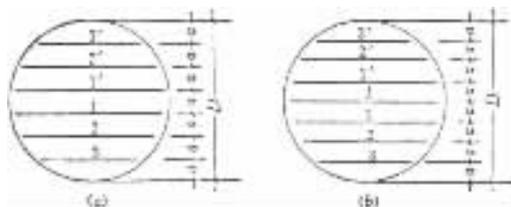


图 2-12-43 圆形构件钢筋计算(按弦长布置)
(a)单数间距 (b)双数间距

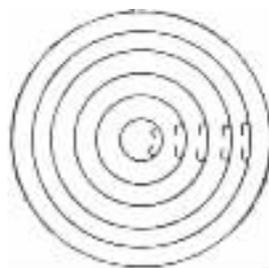


图 2-12-44 圆形构件
钢筋(按圆形布置)

(3) 曲线构件钢筋

①曲线钢筋长度 根据曲线形状不同,可分别采用下列方法计算。

圆曲线钢筋的长度,可用圆心角 θ 与圆半径 R 直接算出或通过弦长 l 与矢高 h 查表得出。

抛物线钢筋的长度 L ,可按下式计算(图2-12-45)

$$L = \left(1 + \frac{8h^2}{3l^2} \right) l$$

式中 l ——抛物线的水平投影长度;

h ——抛物线的矢高。

其他曲线状钢筋的长度,可用渐近法计算,就是分段按直线计,然后总加。

图2-12-46所示的曲线构件,设曲线方程式 $y = f(x)$,沿水平方向分段,每段长度 l (一般取为0.5m),求已知 x 值时的相应 y 值,然后计算每段长度,例如,第三段长度为 $\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + l^2}$ 。

②曲线构件箍筋高度,可根据已知曲线方程式求解。其法是先根据箍筋的间距确定 x 值,代入曲线方程式求 y 值,然后计算该处的梁高 $h = H - y$,再扣除上下保护层厚度,即得箍筋高度。

对一些外形比较复杂的构件,用数学方法计算钢筋长度有困难时,也可用放足尺(1:1)或放小样(1:5)办法求钢筋长度。



图2-12-45 抛物线长度计算

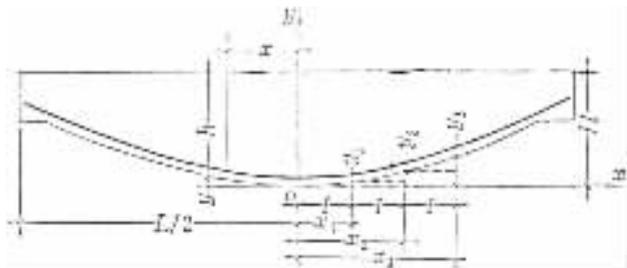


图2-12-46 曲线构件钢筋计算

3. 配料计算的注意事项

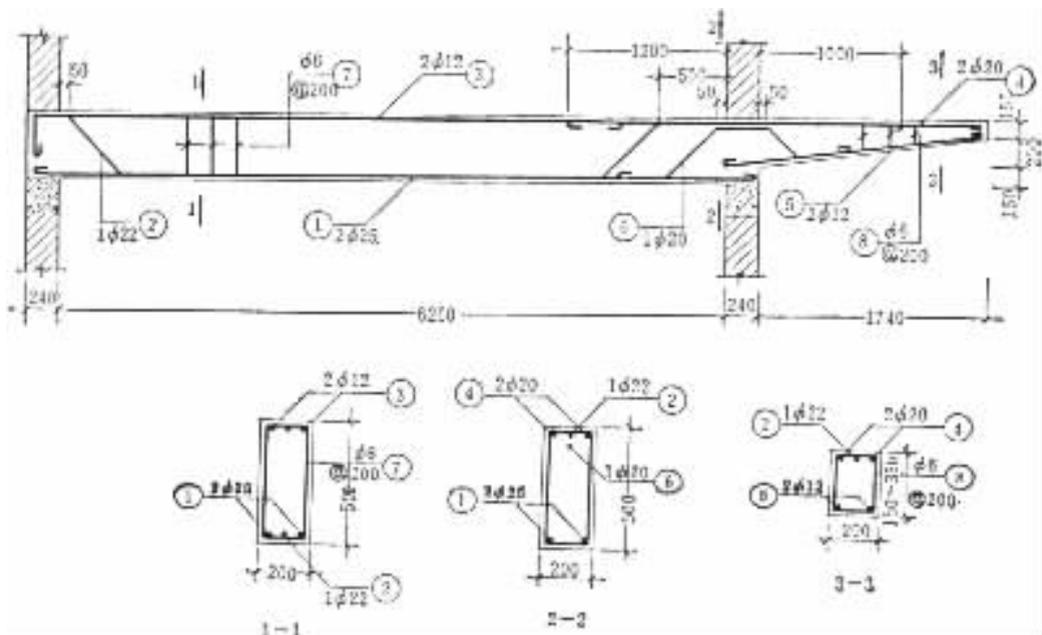
(1)在设计图纸中,钢筋配置的细节问题没有注明时,一般可按构造要求处理。

(2)配料计算时,要考虑钢筋的形状和尺寸在满足设计要求的前提下要有利于加工安装。

(3)配料时,还要考虑施工需要的附加钢筋。例如,后张预应力构件预留孔道定位用的钢筋井字架,基础双层钢筋网中保证上层钢筋网位置用的钢筋撑脚,墙板双层钢筋网中固定钢筋间距用的钢筋撑铁,柱钢筋骨架增加四面斜筋撑等。

4. 配料计算实例

已知某教学楼钢筋混凝土简支伸臂梁 L_1 的配筋如图2-12-47,求各种钢筋下料长度。

图 2-12-47 钢筋混凝土简支伸臂梁 L_1 的配筋详图

【解】1 绘出各种钢筋简图(见表 2-12-78)

由于配筋图上,钢筋的锚固与搭接未注明,因此按一般构造要求处理:

①号受力钢筋伸入支座的锚固长度 l_a (光圆钢筋) = $15d = 15 \times 25 = 375\text{mm}$,因此需要向上弯。为满足操作需要,至少向上弯 150mm。

②号弯起钢筋左端弯终点外的锚固长度 l_a (受拉区) = $20d = 20 \times 22 = 440\text{mm}$,因此需要向下弯 $440 - 265 = 175\text{mm}$ 。

③号架立钢筋左端锚固长度 l_a (作构造负筋) = $25d = 25 \times 12 = 300 > 215$,因此需要向下弯 150mm。其右端与④号受力钢筋搭接长度取 150mm。⑥号鸭筋左端弯终点外的锚固长度 l_a (按受拉区) = $20d = 20 \times 20 = 400\text{mm}$,右端 l_a (受压区) = $10d = 10 \times 20 = 200\text{mm}$ 。

(2) 计算钢筋下料长度

①号受力钢筋($\phi 25$)下料长度为:

$$(6740 - 2 \times 25) + 2 \times 150 + 2 \times 5 \times 25 - 2 \times 2 \times 25 = 7140\text{mm}。$$

②号弯起钢筋($\phi 22$)下料长度为:

$$(265 + 4810 + 1840) + 2 \times 1.414 \times 450 + 175 + 2 \times 5 \times 22 - 4 \times 0.5 \times 22 - 2 \times 22 = 8492\text{mm}。$$

③号架立钢筋($\phi 12$)下料长度为:

$$(6500 - 1200 + 150 - 25) + 150 + 2 \times 5.5 \times 12 - 2 \times 12 = 5683\text{mm}$$

④号受力钢筋、⑤号架立钢筋及⑥号鸭筋下料长度计算结果列于表 2-12-78。

⑦号箍筋($\phi 6$)下料长度为:

$$\times (462 + 162) + 50 = 1298\text{mm}$$

⑧号箍筋下料长度,由于梁高变化,因此要先按公式 $\Delta = \frac{l_0 - l_d}{n - 1}$ 算出箍筋高差 Δ 。

箍筋根数 $n = \frac{1740 - 2 \times 50}{200} + 1 = 9$, 箍筋高差 $\Delta = \frac{312 - 112}{9 - 1} = 25\text{mm}$

每个箍筋下料长度计算结果列于表 2-12-78。

钢筋配料单

表 2-12-78

构件名称	钢筋编号	简图	钢号	直径	下料长度 (mm)	单位根数	合计根数	重量 (kg)
某教学楼 L ₁ 梁 (共 5 根)	①		φ	25	7140	2	10	275.0
	②		φ	22	8492	1	5	127.0
	③		φ	12	5683	2	10	51.5
	④		φ	20	3355	2	10	83.5
	⑤		φ	12	2092	2	10	18.6
	⑥		φ	20	2014	1	5	24.8
	⑦		φ	6	1298	33	165	φ6 总长度 = 250.5m 重量 = 55.5kg
	⑧		φ	6	998	1	5	
	⑧ ₂	287 × 162	φ	6	948	1	5	
	⑧ ₃	262 × 162	φ	6	898	1	5	
	⑧ ₄	237 × 162	φ	6	848	1	5	
	⑧ ₅	212 × 162	φ	6	798	1	5	
	⑧ ₆	187 × 162	φ	6	748	1	5	
	⑧ ₇	162 × 162	φ	6	698	1	5	
⑧ ₈	137 × 162	φ	6	648	1	5		
⑧ ₉	117 × 162	φ	6	598	1	5		

5. 配料单与料牌

钢筋配料计算完毕,填写配料单,详见表 2-12-78

列入加工计划的配料单,将每一编号的钢筋制作一块料牌(图 2-12-48),作为钢筋加工的依据,并在安装中作为区别各工程项目、构件和各种编号钢筋的标志。

钢筋配料单和料牌,应严格校核,必须准确无误,以免返工浪费。



图 2-12-48 钢筋料牌

2-12-16 型钢

1. 热轧圆钢和方钢

热轧圆钢、方钢直径、面积、重量

表 2-12-79

直径 d (或边长 a) mm	截面面积 cm^2		理论重量 kg/m	
	圆 钢	方 钢	圆 钢	方 钢
5.0	0.1963	0.25	0.154	0.196
5.5	0.2375	0.30	0.193	0.236
6.0	0.2827	0.36	0.222	0.283
6.5	0.3318	0.42	0.260	0.332
7.0	0.3848	0.49	0.302	0.385
8.0	0.5027	0.64	0.395	0.502
9.0	0.6362	0.81	0.499	0.636
10.0	0.7854	1.00	0.617	0.785
11.0	0.9503	1.21	0.746	0.950
12.0	1.1310	1.44	0.888	1.130
13.0	1.327	1.69	1.04	1.33
14	1.539	1.96	1.21	1.54
15	1.767	2.25	1.39	1.77
16	2.011	2.56	1.58	2.01
17	2.270	2.89	1.78	2.27
18	2.545	3.24	2.00	2.54
19	2.835	3.61	2.23	2.82
20	3.142	4.00	2.47	3.14
21	3.464	4.41	2.72	3.46
22	3.801	4.84	2.98	3.80
23	4.155	5.29	3.26	4.15
24	4.524	5.76	3.55	4.52
25	4.909	6.25	3.85	4.91
26	5.309	6.76	4.17	5.30
27	5.726	7.29	4.49	5.72
28	6.158	7.84	4.83	6.15

续表

最新施工项目经理工作手册

直径 d (或边长 a) mm	截面面积 cm^2		理论重量 kg/m	
	圆 钢	方 钢	圆 钢	方 钢
29	6.605	8.41	5.18	6.60
30	7.069	9.00	5.55	7.06
31	7.548	9.61	5.93	7.54
32	8.042	10.24	6.31	8.04
33	8.553	10.89	6.71	8.55
34	9.079	11.56	7.13	9.07
35	9.621	12.25	7.55	9.62
36	10.180	12.96	7.99	10.17
38	11.340	14.44	8.90	11.24
40	12.570	16.00	9.87	12.56
42	13.850	17.64	10.87	13.85
45	15.900	20.25	12.48	15.90
48	18.100	23.04	14.21	18.09
50	19.640	25.00	15.42	19.63
52	21.240	27.04	16.67	21.23
55	23.760	30.25	18.65	23.75
56	24.63	31.36	19.33	24.61
58	26.42	33.64	20.74	26.41
60	28.27	36.00	22.19	28.26
63	31.37	39.69	24.47	31.16
65	33.18	42.25	26.05	33.17
68	36.32	46.24	28.51	36.30
70	38.48	49.00	30.21	38.47
75	44.18	56.25	34.68	44.16
80	50.27	64.00	39.46	50.24
85	56.75	72.25	44.55	56.72
90	63.62	81.00	49.94	63.59
95	70.88	90.25	55.64	70.85
100	78.54	100.00	61.65	78.50

2. 普通低碳钢热轧圆盘条

热轧圆盘条直径、面积、重量

表 2 - 12 - 80

直径 mm	截面面积 mm^2	理论重量 kg/m	每盘重量
5.0	19.63	0.154	△ 连续轧制 , > 200kg
5.5	23.76	0.187	△ 半连续轧制 , > 60kg
6.0	28.27	0.222	△ 横列式轧制 , > 40kg
6.5	33.18	0.261	
7.0	38.48	0.302	
7.5	44.18	0.347	
8.0	50.27	0.395	
9.0	63.63	0.499	

2 建筑材料的性能和应用

3. 热轧扁钢

热轧扁钢宽度、厚度、重量

表 2-12-81

宽度 mm	厚 度 mm															
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
理论重量 kg/m																
10	0.24	0.31	0.39	0.47	0.53	0.63										
12	0.28	0.38	0.47	0.57	0.66	0.75										
14	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.88										
16	0.38	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.15	1.26								
18	0.42	0.57	0.71	0.85	0.99	1.13	1.27	1.41								
20	0.47	0.63	0.79	0.94	1.10	1.26	1.41	1.57	1.73	1.88						
22	0.52	0.69	0.86	1.04	1.21	1.38	1.55	1.73	1.90	2.07						
25	0.59	0.79	0.98	1.18	1.37	1.57	1.77	1.96	2.16	2.36	2.75	3.14				
28	0.66	0.88	1.10	1.32	1.54	1.76	1.98	2.20	2.42	2.64	3.08	3.53				
32	0.75	1.01	1.25	1.50	1.76	2.01	2.26	2.54	2.76	3.01	3.51	4.02				
36	0.85	1.13	1.41	1.69	1.97	2.26	2.51	2.82	3.11	3.39	3.95	4.52	5.09	5.65		
40	0.94	1.26	1.57	1.88	2.20	2.51	2.83	3.14	3.45	3.77	4.40	5.02	5.65	6.28	6.91	7.85
45	1.06	1.41	1.75	2.12	2.47	2.83	3.18	3.53	3.89	4.24	4.95	5.65	6.36	7.04	7.77	8.83
50	1.18	1.57	1.96	2.36	2.75	3.14	3.53	3.93	4.32	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85	8.64	9.81
56	1.32	1.76	2.20	2.64	3.08	3.52	3.95	4.39	4.83	5.27	6.15	7.03	7.91	8.79	9.67	10.99
60	1.41	1.88	2.36	2.83	3.30	3.77	4.24	4.71	5.18	5.65	6.59	7.54	8.48	9.42	10.36	11.78
63	1.48	1.98	2.47	2.97	3.46	3.95	4.45	4.94	5.44	5.93	6.92	7.91	8.90	9.69	10.88	12.36
70	1.65	2.20	2.75	3.30	3.85	4.40	4.95	5.50	6.04	6.59	7.69	8.79	9.89	10.99	12.09	13.74
75	1.77	2.36	2.94	3.53	4.12	4.71	5.30	5.89	6.48	7.07	8.24	9.42	10.60	11.78	12.95	14.72
80	1.88	2.51	3.14	3.77	4.40	5.02	5.65	6.28	6.91	7.54	8.79	10.05	11.30	12.56	13.82	15.70
90	2.12	2.83	3.53	4.24	4.95	5.65	6.36	7.07	7.77	8.48	9.89	11.30	12.72	14.13	15.54	17.66
100	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85	8.64	9.42	10.99	12.56	14.13	15.70	17.27	
125	2.94	3.93	4.91	5.89	6.67	7.85	8.83	9.81	10.79	11.78	13.74	15.70	17.66			
150	3.53	4.71	5.89	7.07	8.24	9.42	10.60	11.78	12.95	14.13	16.49	18.84				
180	4.24	5.65	7.07	8.48	9.89	11.30	12.72	14.13	15.54	16.69						
200	4.71	6.28	7.85	9.42	10.99	12.56	14.13	15.70	17.27	18.84						

4. 热轧等边角钢

热轧等边角钢截面积、重量

表 2-12-82

角钢号数	尺寸 mm		截面积 cm ²	理论重量 kg/m
	边 <i>b</i>	厚 <i>d</i>		
2.0	20	3	1.132	0.889
		4	1.459	1.145
2.5	25	3	1.432	1.124
		4	1.859	1.459
3.0	30	3	1.749	1.373
		4	2.276	1.786
3.6	36	3	2.109	1.656
		4	2.756	2.163
		5	3.382	2.654
5.0	50	5	4.803	3.770
		6	5.688	4.465
5.6	56	3	3.343	2.624
		4	4.390	3.446
		5	5.413	4.251
		6	8.367	6.568
6.3	63	4	4.978	3.907
		5	6.143	4.822
		6	7.288	5.721
		8	9.515	9.151
		10	11.657	
7.0	70	4	5.570	4.372
		5	6.875	5.397
		6	8.160	6.406
		7	9.424	7.398
		8	10.667	8.373
7.5	75	5	7.367	5.818
		6	8.797	6.905
		7	10.160	7.976
		8	11.503	9.030
		10	14.126	11.089
8.0	80	5	7.912	6.211
		6	9.397	7.376
		7	10.860	8.525
		8	12.303	9.658
		10	15.126	11.874
9.0	90	6	10.637	8.350
		7	12.301	9.656
		8	13.944	10.946
		10	17.167	13.476
		12	20.306	15.940

2 建筑材料的性能和应用

续表

角钢号数	尺寸 mm		截面积 cm ²	理论重量 kg/m
	边 <i>b</i>	厚 <i>d</i>		
10	100	6	11.932	9.366
		7	13.796	10.830
		8	15.638	12.276
		10	19.261	15.120
		12	22.800	17.898
		14	26.256	20.611
		16	29.627	23.257
11.0	110	7	15.196	11.928
		8	17.238	13.532
		10	21.261	16.690
		12	25.200	19.782
		14	29.056	22.809
12.5	125	8	19.750	15.504
		10	24.373	19.133
		12	28.912	22.696
		14	33.367	26.193
14.0	140	10	27.373	21.488
		12	32.512	25.522
		14	37.567	29.490
		16	42.539	33.393
16.0	160	10	31.502	24.729
		12	37.441	29.391
		14	43.296	33.987
		16	49.067	38.518
18.0	180	12	42.241	33.159
		14	48.896	38.383
		16	55.467	43.542
		18	61.955	48.634
20.00	200	14	54.642	42.894
		16	62.013	48.680
		18	69.301	54.401
		20	76.505	60.056
		24	90.661	71.168

注 ①等边角钢长度 2—4 号 3—9m 4、5—8 号 4—12m 9—14 号 4—19m。

②一般采用 A₂、A₃、A₅、A₃F。

5. 热轧不等边角钢

热轧不等边角钢截面积重量

表 2-12-83

角钢号数	尺寸 mm			截面积 cm ²	理论重量 kg/m
	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>d</i>		
2.5/1.6	25	16	3	1.162	0.912
			4	1.499	1.176

角钢号数	尺寸 mm			截面积 cm ²	理论重量 kg/m
	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>d</i>		
3.2/2.0	32	20	3	1.492	1.171
			4	1.939	1.522
4.0/2.5	40	25	3	1.890	1.484
			4	2.467	1.936
4.5/2.8	45	28	3	2.149	1.687
			4	2.806	2.203
5.0/3.2	50	32	3	2.431	1.908
			4	3.177	2.494
5.6/3.6	56	36	3	2.743	2.153
			4	3.590	2.818
			5	4.415	3.466
6.3/4.0	63	40	4	4.058	3.185
			5	4.993	3.920
			6	5.908	4.638
			7	6.802	5.339
7.0/4.5	70	45	4	4.547	3.570
			5	5.607	4.403
			6	6.647	5.218
			7	7.657	6.011
(7.5/5)	75	50	5	6.125	4.808
			6	7.260	5.699
			8	9.467	7.431
			10	11.590	9.098
8.0/5.0	80	50	5	6.375	5.005
			6	7.560	5.935
			7	8.724	6.848
			8	9.867	7.745
9.0/5.6	90	56	5	7.212	5.661
			6	8.557	6.717
			7	9.880	7.756
			8	11.183	8.779
10/6.3	100	63	6	9.617	7.550
			7	11.111	8.722
			8	12.584	9.878
			10	15.467	12.142
10/8	100	80	6	10.673	8.350
			7	12.301	9.656
			8	13.944	10.946
			10	17.167	13.476
11/7.0	110	70	6	10.673	8.350
			7	12.301	9.656
			8	13.944	10.946
			10	17.167	13.476

2 建筑材料的性能和应用

续表

角钢 号数	尺寸 mm			截面积 cm ²	理论重量 kg/m
	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>d</i>		
12.5/8	125	80	7	14.096	11.066
			8	15.989	12.551
			10	19.712	15.474
			12	23.351	18.330
14.0/9	140	90	8	18.038	14.160
			10	22.261	17.475
			12	26.400	20.724
			14	30.456	23.908
16.0/9	160	90	10	25.315	19.872
			12	30.054	23.592
			14	34.709	27.247
			16	39.281	30.835
18/11	180	110	10	28.373	22.273
			12	33.712	26.464
			14	38.967	30.589
			16	44.139	34.649
20/12.5	200	125	12	37.912	29.761
			14	43.867	34.436
			16	49.739	39.045
			18	55.526	43.588

注 不等边角钢长度 2.5/1.6—5.6/3.6号 β —9m δ .3/4.0—9/5.6号 β —12m ;10/6.3—16/10号 β —19m ;18/11—20/12.5号 β —19m。

6. 热轧槽钢

普通槽钢截面积、重量

表 2-12-84

型 号	尺寸 mm			截面积 cm ²	理论重量 kg/m
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>		
5	50	37	4.5	6.93	5.44
6.3	63	40	4.8	8.444	6.63
8	80	43	5.0	10.24	8.04
10	100	48	5.3	10.74	10.00
12.6	126	53	5.5	15.69	12.37
14a	140	58	6.0	18.51	14.53
14b	140	60	8.0	21.31	16.73
16a	160	63	6.5	21.95	17.23
16	160	65	8.5	25.15	19.74
18a	180	68	7.0	25.69	20.17
18	180	70	9.0	29.29	22.99
20a	200	73	7.0	28.83	22.63
20	200	75	9.0	32.83	25.77
22a	220	77	7.0	31.84	24.99
22	220	79	9.0	36.24	28.45

续表

型 号	尺寸 mm			截面积 cm ²	理论重量 kg/m
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>		
25a	250	78	7.0	34.91	27.47
25b	250	80	9.0	39.91	35.32
25c	250	82	11.0	44.91	30.83
28a	280	82	7.5	40.02	31.42
28b	280	84	9.5	45.62	35.81
28c	280	86	11.5	51.22	40.21

注：普通槽钢长度 5—8 号 5—12m ;10—18 号 5—19m 20—28 号 6—19m。

轻型槽钢截面积、重量

表 2 - 12 - 85

型 号	尺寸 mm			截面积 cm ²	理论重量 kg/m
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>		
5.0	50	32	4.4	6.16	4.84
6.5	65	36	4.4	7.51	5.90
8	80	40	4.5	8.98	7.05
10	100	46	4.5	10.9	8.59
12	120	52	4.8	13.3	10.4
14	140	58	4.9	15.6	12.3
14a	140	62	4.9	17.0	13.3
16	160	64	5.0	18.1	14.2
16a	160	68	5.0	19.5	15.3
18	180	70	5.1	20.7	16.3
18a	180	74	5.1	22.2	17.4
20	200	76	5.2	23.4	18.4
20a	200	80	5.2	25.2	19.8
22	220	82	5.4	26.7	21.0
22a	220	87	5.4	28.8	22.6
24	240	90	5.6	30.6	24.0
24a	240	95	5.6	32.9	25.8
27	270	95	6.0	35.2	27.7
30	300	100	6.5	40.5	33.8
33	330	105	7.0	46.5	36.5
36	360	110	7.5	53.4	41.9
40	400	115	8.0	61.5	48.3

注：长度 5—8 号 5—12m ;10—18 号 5—19m 20—40 号 6—19m。

2 - 13 建筑塑料

塑料是以石油或煤为原始材料制得的一类高分子材料。建筑塑料始于 50 年代,经四十余年的发展,它在建筑上已得到了广泛的应用(2-13-1)。据统计,世界上建筑塑料已占全部建筑材料用量的 11%,占全部塑料产量的 20%~25%。

建筑塑料与传统建筑材料相比,具有以下优异性能:

1. 密度低、自重轻

塑料密度通常在 $0.90 \sim 2.2\text{g}/\text{cm}^3$ 之间,比铝轻约 $1/2$,仅为钢的 $1/7 \sim 1/5$ 。轻质,不仅减轻施工时的劳动强度,而且大大减轻了建筑物的自重。

2. 优良的加工性能

塑料可以用各种方法加工成型,且加工性能优良。目前,塑料的成型加工与金属加工相比,不仅能耗低,而且加工方便、效率高。

3. 具有多功能性

塑料种类多,可加工成具有各种特殊性能的材料,如有刚度较大的建筑板材,也有柔软富有弹性的密封材料。各种建筑塑料又具有多种特殊的功能,如防水性、隔热性、隔声性、耐化学腐蚀性等。有些性能则是传统材料难以具备的。

4. 出色的装饰性能

现代先进的塑料加工技术可以把塑料加工成装饰性优异的各种材料。塑料装饰材料的品种之多是其它材料无法与其相提并论的。

但是,塑料也存在一些缺点,主要是耐热性差,易燃烧,塑料在日光、大气、热等作用下会老化;与钢铁等金属材料比较,强度和弹性模量较小,即刚度差的缺点也给某些塑料的使用带来了一定的局限性,需在制作中通过改变配方或改性使其性能得到改变,有的需在应用中采取必要的措施加以防止。随着塑料资源的不断开发,塑料现正处在一个高速发展时期,建筑塑料的发展前景也是非常广阔的。

2 - 13 - 1 塑料的组成

塑料的主要成分是合成树脂。合成树脂是用人工合成的高分子聚合物,简称树脂。因此,塑料的名称按其所含的合成树脂名称来命名。此外,还含有各种助剂(又称添加剂)。助剂是一种能在一定程度上改进合成树脂的成型加工性能和使用性能,而不明显地

影响合成树脂分子结构的物质。常用的助剂主要有增塑剂、填充剂、稳定剂、润滑剂、固化剂、阻燃剂、着色剂、发泡剂、抗静电剂等。

塑料按其成型物料,可分为简单组成与复杂组成两类,简单组成的塑料,其组分全部是或多数是合成树脂外,不加或仅加入少量的助剂,如聚四氟乙烯;复杂组成的塑料,其组分除合成树脂,还加入多种助剂,是合成树脂与各种助剂按一定比例配合均匀的混合物。如聚氯乙烯是塑料中使用助剂最多的一种。

1. 合成树脂

合成树脂主要是由碳、氢和少量的氧、氮、硫等原子以某种化学键结合而成的高分子化合物。它们的分子量很大,一般都在数千以上,甚至高达上百万。例如由乙烯($\text{CH}_2 = \text{CH}_2$, 分子量为 28)经聚合而成的高分子聚乙烯分子量在 1000 ~ 35000,而超高分子聚乙烯的分子量可高达 500000。

合成树脂按分子中的碳原子之间结合形式的不同,其分子结构有线型、交链型和体型(网状)结构三种。

(1) 线型分子结构

以无规线团的形式存在,主链上可以带有支键。根据分子量的不同,它们可以是高粘度的液体或具有不同软化温度的固体。具有这类分子结构的合成树脂在受热后熔化,具有可塑性,在压力作用能加工成具有一定形状的制品。也有的在加工时发生化学反应,形成交联结构或网状结构。

(2) 交联型结构

分子在线型分子之间形成一些交联键。由于这些交联键的存在,分子链之间就不能相对移动,因此它们在受热时不会熔化,失去了可塑性,除非发生分解,交联键断开。但由于交联的密度并不很高,分子中的某一部分(链段)在高于一定温度时仍可活动,因此,仍可发生变形,而且这种变形是可以回复的。

(3) 体型分子结构(网状结构)

这种分子结构中整个分子成为一个三向的网,交联密度很高,因此不仅分子链之间不能相对移动,就是链段也完全被冻结。具有这类分子结构的聚合物受热不熔化,只能发生很小的变形。

合成树脂按合成的方法不同,可大致分为加聚树脂和缩聚树脂两类。

(1) 加聚树脂

一般是使含有不饱和双键的化合物(简称单体)通过自由基或离子引发,使双键打开,联结成高分子。这种高分子就称加聚树脂。如聚乙烯、聚苯乙烯、有机玻璃、聚四氟乙烯等。

(2) 缩聚树脂

通常是由一种或两种叁种带有官能团的化合物,通过缩聚反应而形成的高分子化合物。由于在缩聚过程中分子间脱掉小分子,故其结构单元的化学式与单体的分子式不相同,如酚醛树脂、氨基树脂、聚酯树脂、聚酰胺树脂等。

合成树脂按受热时所发生的变化不同,又可分为热塑性树脂与热固性树脂。

热塑性树脂是指具有线型或支链型结构的有机高分子化合物。它们具有可反复受热软化(或熔化)和冷却硬化的性质。在软化状态下能进行模塑加工,在冷却至软化点以下能保持模具形状。以这种树脂为基材,添加增强材料或助剂所得的塑料称为热塑性塑料,热塑性塑料突出的优点是成型工艺简便,有较高的物理力学性能。缺点是耐热性和刚性较低。通过增强或填充的办法制得的增强或填充热塑性塑料,不仅可显著提高热塑性塑料的力学性能,而且可使上述缺点得到不同程度的改善。

热固性树脂是指在受热或在固化剂的作用下,能发生交联而变成不熔不溶状态的树脂。这种树脂在制造或加工过程的前阶段受热可以软化,后阶段则发生交联固化反应。而一旦固化,加热也不能使其再软化。在热固性树脂中添加增强材料、填料及各种助剂所制得的塑料称为热固性塑料。

合成树脂在塑料中起胶结作用,把其他组成成分牢固地胶结起来,使其具有加工成型性能。塑料的主要性质决定于所采用的合成树脂。复杂组成塑料中合成树脂的含量约为30%~60%。

2. 增塑剂

能使高分子材料增加塑性的化合物称为增塑剂。增塑剂的耗量是一切助剂之首。特别是在聚氯乙烯树脂中,更离不开增塑剂。

增塑剂通常是沸点高、难挥发的液体,或是低熔点的固体。它可提高塑料在高温加工条件下的可塑性,和塑料制品在使用条件下的弹性和韧性,并具有改善塑料低温脆性的作用。常用的增塑剂有:邻苯二甲酸脂、脂肪族二元酸酯、磷酸二苯辛酯和磷酸三苯酯等。

3. 填充剂

填充剂又称填料,主要是一些粉状或纤维状的无机化合物。它不但能降低塑料的成本,而且还能提高强度,提高耐热性和化学稳定性。如玻璃纤维可以提高塑料的机械强度,云母可改善塑料的电绝缘性,石墨、二硫化钼等填料可增加塑料的耐磨性能。几乎所有的填料都能改善塑料的耐热性能。但加入过多的填料会降低塑料的力学性能,并使其加工困难。所以必须通过必要的试配,以确定最合适的加入量。

4. 稳定剂

在高聚物的加工及其制品的使用过程中,因受热、或氧、或光的作用,会发生降解或交联等现象,造成颜色变深、性能降低。加入稳定剂,可提高塑料制品的质量,防止以上现象的发生,延长使用的寿命。

常用稳定剂有:

(1) 抗氧化剂

抗氧化剂能防止塑料在加工和使用过程中的氧化老化现象。

(2) 光稳定剂

光稳定剂能阻止紫外光对聚合物的老化作用。

(3) 热稳定剂

热稳定剂主要用于聚氯乙烯和其他含氯聚合物。使塑料在加工和使用过程中提高其热稳定性。

5. 其他助剂

(1) 润滑剂

润滑剂能改善塑料在加工成型时的流动性和脱模性。

(2) 固化剂

固化剂又称硬化剂。主要用于热固性树脂中,使线型分子交联成体型网状结构,从而制得坚硬的塑料制品。如酚醛树脂中常用的六亚甲基四胺,环氧树脂中常用的乙二胺、己二胺等。

(3) 阻燃剂

阻燃剂能提高塑料的耐燃性和自熄性。含有阻燃剂的塑料大多是自熄的,也可以是不燃的。常用的有十溴联苯醚。双反丁烯二酸酯,无机阻燃剂有氢氧化铝、三氧化铋等。此外,根据建筑塑料使用及成型加工中的需要,还有着色剂、发泡剂、抗静电剂等等。

2-13-2 常用建筑塑料

建筑中所应用的塑料品种繁多。目前,已用于建筑工程的热塑性塑料有:聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)、聚偏二氯乙烯(PVDC)、聚醋酸乙烯(PVAC)、聚苯乙烯(PS)、丙烯腈—丁二烯—苯乙烯共聚物(ABS)、聚甲基丙烯酸甲酯(即有机玻璃)(PMMA)、聚碳酸酯(PC)等;已用于建筑工程的热固性塑料有:酚醛树脂(PF)、脲醛树脂(UF)、环氧树脂(EP)、不饱和聚酯(UP)、聚酯(PBT)、聚氨酯(PUR)、有机硅树脂(SI)、聚酰胺(即尼龙)(PA)、三聚氰胺甲醛树脂(密胺树脂)(MF)等。

现将常用建筑塑料的特性与用途列于表 2-13-1,常用建筑塑料的物理力学性能列于表 2-13-2,常用的建筑塑料制品列于表 2-13-3。

常用建筑塑料的特性与用途

表 2-13-1

名称	特性	用途
聚乙烯	柔韧性好,介电性能和耐化学腐蚀性能优良,成型工艺性好,但刚性差	主要用于防水材料、给排水管和绝缘材料等
聚丙烯	耐腐蚀性能优良,力学性能和刚性超过聚乙烯,耐疲劳和耐应力开裂性好,但收缩率较大,低温脆性大	管材、卫生洁具、模板等
聚氯乙烯	耐化学腐蚀性和电绝缘性优良,力学性能较好,具有难燃性,但耐热性差,升高温度时易发生降解	有软质、硬质、轻质发泡制品。广泛应用于建筑各部位,是应用最多的一种塑料
聚苯乙烯	树脂透明、有一定的机械强度,电绝缘性能好,耐辐射,成型工艺性好,但脆性大,耐冲击性和耐热性差	主要以泡沫塑料形式作为隔热材料,也用来制造灯具平顶板等
ABS 塑料	具有韧、硬、刚相均衡的优良力学特性,电绝缘性与耐化学腐蚀性好,尺寸稳定性好,表面光泽性好,易涂装和着色,但耐热性不太好,耐候性较差	用于生产建筑五金和各种管材、模板、异型板等

2 建筑材料的性能和应用

续表

名 称	特 性	用 途
酚醛树脂	电绝缘性能和力学性能良好,耐水性、耐酸性和耐烧蚀性能优良。酚醛塑料坚固耐用、尺寸稳定、不易变形	生产各种层压板、玻璃钢制品、涂料和胶粘剂等
环氧树脂	粘接性和力学性能优良,耐化学药品性(尤其是耐碱性)良好,电绝缘性能好,固化收缩率低,可在室温、接触压力下固化成型	主要用于生产玻璃钢、胶粘剂和涂料等产品
不饱和聚酯树脂	可在低压下固化成型,用玻璃纤维增强后具有优良的力学性能,良好的耐化学腐蚀性和电绝缘性能,但固化收缩率较大	主要用于玻璃钢、涂料和聚酯装饰板等
聚氨酯	强度高,耐化学腐蚀性优良,耐热、耐油、耐溶剂性好,粘接性和弹性优良	主要以泡沫塑料形式作为隔热材料及优质涂料、胶粘剂、防水涂料和弹性嵌缝材料等

常用建筑塑料的物理力学性能

表 2-13-2

性 能	塑料名称		聚丙烯	聚氯乙烯		聚苯 乙烯	聚碳 酸酯	聚酯 (填充 玻纤)	ABS塑 料(通 用型)	酚醛 树脂	环氧 树脂	不饱和 聚酯 树脂
	低密度	高密度		软	硬							
密 度 (g/cm ³)	0.910 ~ 0.940	0.941 ~ 0.965	0.90 ~ 0.91	1.16 ~ 1.35	1.35 ~ 1.45	1.05 ~ 1.07	1.18 ~ 1.20			1.3	1.9	1.2
抗拉强度 (MPa)	10.0 ~ 16.0	20.0 ~ 30.0	30.0 ~ 39.0	10.0 ~ 25.0	35.0 ~ 56.0	≥30.0	66.0	49.2	35~48	45.0 ~ 52.0	30.0 ~ 40.0	30.0 ~ 60.0
抗弯强度 (MPa)		20.0 ~ 30.0	42.0 ~ 56.0		70.0 ~ 120.0	≥50.0	105	91.4	59 ~ 75	70.3	98.4	80 ~ 100
冲击强度(缺口) (J/cm ²)		10 ~ 30	2.2 ~ 2.5		0.218 ~ 1.09	1.2 ~ 1.6	25 左右	6.4 ~ 7.5	60 ~ 310	19.6 ~ 58.8	>3	1 ~ 1.5
热弯形温度(℃) 0.46MPa	49 ~ 65	60 ~ 82	99 ~ 116		57 ~ 82	65 ~ 96	115 ~ 135	204	62 ~ 70	177	149	
热膨胀系数 (×10 ⁻⁵ /℃)	16 ~ 18	11 ~ 13	10.8 ~ 11.2	7 ~ 25	5 ~ 8.5					1.1 ~ 3		
介电性	优	优	优	良	良	优	良	优	良	良	良	良
抗溶剂性	良	良	良			较差		良		良	良	良
抗酸性	良	良	良	良	优	良	良	良	良	良	良	良
燃烧难易	少烟	少烟	滴落 少烟	缓慢 自熄	自熄	大量 黑烟	自熄	易		难	缓慢	

建筑中应用的塑料制品

表 2-13-3

分 类	主要 塑 料 制 品	
装饰材料	塑料地面材料	塑料地砖和卷材
		塑料涂布地板
		塑料地毯
	塑料内墙面材料	塑料墙纸
		三聚氰胺装饰层压板
		塑料墙面砖
	建筑涂料	内外墙有机高分子溶液和乳液涂料
		内外墙无机高分子水性涂料
		有机无机复合涂料
	塑料门窗	塑料门(框板门,镶板门)
		塑料窗
		百页窗
		装修线材:踢脚线、画镜线、扶手、踏步
	塑料建筑小五金、灯具	
	塑料平顶(吊平顶,发光平顶)	
	塑料隔断板	
水暖工程材料	给排水管材、管件、水落管	
	煤气管	
	卫生洁具:浴缸、水箱、洗脚池	
防水工程材料	防水卷材、防水涂料、密封、嵌缝材料、止水带	
隔热材料	现场发泡泡沫塑料、泡沫塑料	
混凝土工程材料	塑料模板	
墙面及屋面材料	护墙板	异型板材、扣板、折板
		复合护墙板
		屋面板(屋面天窗、透明压花塑料天花板)
	屋面有机复合材料(瓦、聚四氟乙烯涂覆玻璃布)	
塑料建筑	充气建筑、塑料建筑物、盒子卫生间、厨房	

2-13-3 胶 粘 剂

胶粘剂是一种能在两个物体的表面间形成薄膜并能把它们紧密地胶接起来的材料。胶粘剂称为粘合剂或粘接剂。随着现代建筑工程的发展,许多装饰材料和特种功能材料在安装施工时均会涉及到它们与基本材料的粘结问题,此外,混凝土裂缝和破损等也常采用胶粘剂进行修补,因此粘接技术和粘接材料已愈来愈受到人们的重视,随着新的胶粘剂不断出现,它已成为当前建筑材料中一个重要的组成部分。

1. 胶粘剂的组成和作用

胶粘剂一般都是由多组分物质所组成。

(1) 粘料

粘料即粘合物质,是胶粘剂的基本组分,它是决定胶粘剂粘接性能的主要材料。常见的粘料类型有热固性树脂、热塑性树脂、合成橡胶及混合型粘料。

(2) 硬化剂(和催化剂)

硬化剂的加入是为使某些线型高分子化合物与它交联成体型结构。有些情况下,胶粘剂中加入催化剂(有时为促进剂、硫化剂)可以加速高分子化合物的硬化过程。

(3) 填料

可降低胶粘剂的成本并改善胶粘剂的性能:使其粘度增大,减少收缩性,并可提高强度以及耐热性。

(4) 其他附加剂

按胶粘剂特殊要求,可掺加增塑剂、防霉剂、防腐剂、稳定剂等。

2. 胶粘机理

为什么胶粘剂能与被粘物牢固地粘结在一起?人们从不同的角度对这个问题进行了研究,得出了各种理论,主要有以下几种:

(1) 机械联结理论

认为被粘物表面是粗糙的、有些是多孔的,胶粘剂能够渗透到被粘物表面的孔隙中去,硬化后就形成了许多微小的机械联结。胶粘剂主要依靠这些机械联结与被粘物牢固地粘结在一起。

(2) 物理吸附理论

认为任何物质的分子(或原子)之间都有着两种相互作用着的力:一种是强的主价键力或称化学键力。一种是弱的次价键力,或称范德华力。物理吸附是由次价键力所引起的。虽然次价键力远较化学键力为弱,但由于原子和分子的数目相当多,故这种物理吸附作用还是相当大的。这种理论把粘结力归诸于胶粘剂分子和被粘物表面之间的物理吸附作用。

(3) 化学键理论

认为某些胶粘剂与被粘物表面之间还能形成化学键,这种化学键对于粘结力、特别是对于粘结界面抵抗老化的能力是有贡献的,并在某些场合已为实验所证明。

(4) 扩散理论

认为胶粘剂分子与被粘物表面之间仅互相紧密接触还是不够的,必须互相扩散才能形成牢固的粘结,因为相互扩散的结果能使更多的胶粘分子(或原子)与被粘物分子之间更加接近,而增强它们的物理吸附作用。

必须指出,以上各种理论仅仅反映了粘结现象的本质的一个方面。事实上胶粘剂与被粘物之间的牢固粘结是以上理论涉及的一些因素的综合结果。当然,由于所采用的胶粘剂不同,被粘物的不同,粘结物的表面处理或粘结接头的制作工艺不同,上述诸因素对于粘结力的贡献大小也不一样。

值得注意的是胶粘剂对被粘物表面的浸润(关于浸润原理已在基本性质一章中讲述)无论粘结界面上发生何种物理的、化学的或机械的作用,胶粘剂对被粘物表面的完全浸润是获得高的粘结强度的先决条件。如果表面浸润不完全,界面未曾接触到的地方就会形成许多空缺,在这些空缺之处显然无法实现吸附、扩散或渗透作用,甚至在这些空缺的周围会产生应力集中,从而大大地降低粘结强度。

胶粘剂在实际应用中,有许多因素影响着重结强度,其中主要是胶粘剂的品种(粘料的性质)、被粘物的性质(材料种类)和粘结工艺。应按规定选用胶粘剂品种。在工艺上,除了应注意胶粘剂的有效使用期限、被粘物的表面处理、硬化方法之外,对胶层厚度的影响也决不可忽视。一般,厚度增加时粘结强度就减小,这个规律在热固性胶粘剂中比热塑性胶粘剂更为显著,在自然干燥的胶层中也比经热处理的更为显著。

3. 建筑中常用的胶粘剂

(1) 热塑性合成树脂胶粘剂

① 聚乙烯醇缩甲醛胶粘剂(商品名 107 胶)

聚乙烯醇缩甲醛胶粘剂是以聚乙烯醇与甲醛在酸性介质中进行缩合反应而制得的一种透明的水溶性胶体。它无毒、无味,具有较高的粘接强度和较好的耐水、耐油、耐磨及耐老化性能。它既可作壁纸、墙布的胶粘剂,也可作水泥制品的胶粘剂,可显著提高水泥材料的耐磨性、抗冻性和抗裂性,并增加其防霉菌性,还可用作彩色瓷砖、马赛克、室内地面涂层、内墙涂料等的胶料,是建筑中广泛使用的一种胶粘剂。由于聚乙烯醇缩甲醛树脂的原料来源丰富,价格低廉,因而在建筑装饰施工中用途最广,被誉为建筑用“万能胶”。

② 聚醋酸乙烯乳胶(俗称白胶水)

聚醋酸乙烯乳胶是由醋酸与乙烯合成醋酸乙烯,再经乳液聚合而成的一种乳白色、具有酯类芳香的乳状液体。它可在常温下固化,配制使用方便,具有良好的粘结强度,粘接层有较好的韧性和耐久性,而且无毒、无味、快干,耐老化、耐油,施工安全、简易等特性。但聚醋酸乙烯乳胶价格较贵,有耐水与耐热性不佳、易蠕变等缺点。

这种胶粘剂广泛用于粘贴各种墙纸、木质或塑料地板以及粘贴陶瓷饰面材料,还可用作水泥增强剂等。

(2) 热固性合成树脂胶粘剂

① 环氧树脂胶粘剂

环氧树脂胶粘剂是以环氧树脂为主要原料,掺加适量硬化剂、增塑剂、填料和稀释剂等配制而成。

环氧树脂是含有环氧基的线型高分子化合物,它与不同的硬化剂作用后,能形成体型结构,并对各种材料具有优良的粘附力和粘接强度。

一般的环氧树脂是由二酚基丙烷与环氧氯丙烷缩聚而成。根据反应时所用原料的不同,制得树脂分子量由 400 ~ 4500 不等,外观由粘稠的液体到固体的树脂。国产环氧树脂牌号有许多种,其中主要几种牌号见表 2-13-4。

环氧树脂用各种脂肪族胺类作硬化剂时,能在室温条件下硬化。使用较为广泛的硬化剂有已二胺、乙二胺、二乙烯三胺、三乙烯四胺等,它们的用量及使用寿命见表 2-13-5。

2 建筑材料的性能和应用

国产环氧树脂主要几种牌号

表 2-13-4

牌 号	特 点	软化点(℃)或粘度)
618	粘度低,使用方便,常用作胶粘剂	< 2500 厘泊
6101	粘度比 618 略高	14 ~ 22
634	粘度比 6101 略高	20 ~ 28
637	粘度比 634 略高	20 ~ 35
644	酚醛型多环氧树脂,耐热性好	不小于 40
6201	甲基环己烷型环氧树脂,耐热性好,粘度低,宜作胶粘剂	小于 2000 厘泊
2000	聚丁二烯环氧树脂,分低粘度与高粘度两种。	800 ~ 2000 厘泊

胺类硬化剂用量及使用寿命

表 2-13-5

硬化剂名称	化 学 式	用 量 (%)	使 用 寿 命 (min)	硬化条件		室温充分 硬化的 时 间
				温 度 ℃	时 间	
己二胺	$H_2N-(CH_2)_6-NH_2$	12	短	80	1h	> 4d
乙二胺	$H_2N-CH_2-CH_2-NH_2$	6 ~ 8	短	120	1h	> 4d
二乙烯三胺	$H_2N-CH_2-CH_2-\underset{\substack{ \\ H}}{N}-CH_2-CH_2-NH_2$	8 ~ 10	53	115	0.5h	> 4d
三乙烯四胺	$H_2N-CH_2-CH_2-\underset{\substack{ \\ H}}{N}-CH_2-CH_2-\underset{\substack{ \\ H}}{N}-$	10 ~ 12	短	80	3h	> 2d

未经改性的上述环氧树脂胶韧性和耐热性差。为此,往往加入其他高分子化合物进行改性,如酚醛树脂、聚硫化物、聚酰胺(尼龙)过氯乙烯等,以提高胶粘剂的耐热及粘接性能。环氧树脂常用牌号为 E-4A(6101[#]) E-4X(634[#]) E-20 等。环氧树脂胶泥施工参考配合比见表 2-13-6。

环氧树脂胶泥施工参考配合比

表 2-13-6

名 称		胶泥的配比(重量比)	
		配 方 一	配 方 二
环氧树脂 E-4A(6101 [#]) 环氧树脂 E-4X(634 [#])		100	100
稀 释 剂	丙 酮	0 ~ 20(适量)	0 ~ 20(适量)
固 化 剂	乙二胺	6 ~ 8	6 ~ 7
	乙二胺:丙酮 = 1:1	(12 ~ 16)	(12 ~ 14)
	间苯二胺	(15)	(15)
	二乙烯三胺	(10 ~ 12)	(10 ~ 12)
	苯二甲胺	(19 ~ 20)	(19 ~ 20)
	聚酰胺	(20)	(20)
增塑剂	邻苯二甲酸二丁酯	10	10

续表

名 称		胶泥的配比(重量比)	
		配 方 一	配 方 二
填 充 粉 料	石英粉(或瓷粉)	150 ~ 250	150 ~ 250
	辉绿岩粉	(180 ~ 250)	(180 ~ 250)
	硫酸钡	(180 ~ 250)	(180 ~ 250)
	石墨粉(低炭)	(100 ~ 160)	(100 ~ 160)
	普通水泥	(150 ~ 250)	(150 ~ 250)

注 1. 乙二胺用量以乙二胺为 100% , 若纯度不足时 , 应换算增加。

2. 固化剂和填充粉料可任选一种使用。

3. 环氧树脂胶泥在常温时(20 ~ 30℃) , 固化时间为 7 ~ 10 昼夜。

环氧树脂胶粘剂具有粘结强度高、韧性好、耐酸碱、耐水及化学稳定性好等特点 , 它对金属、木材、玻璃、硬塑料、陶瓷、皮革、纤维材料和混凝土都有很高的粘结力。

②聚氨酯胶粘剂

它是多异氰酸酯或聚氨基甲酸酯(简称聚酯)为基料的胶粘剂。聚氨酯是一种能在室温上固化的胶粘剂 , 具粘结力强 , 胶膜柔软 , 耐溶剂 , 耐油 , 耐水 , 耐酸 , 耐震等特点。

它主要对纸张、木材、玻璃、金属(钢、铝等)塑料等材料具有良好的粘结力。在建筑工程中 , 主要用以粘接塑料、木材、皮革等 , 特别适用于防水、耐酸、耐碱的工程中。

2 - 14 建筑陶瓷

建筑陶瓷是指用于室内外建筑装饰、厨房、厕所、浴室、盥洗室等处较高级的烧土制品,它属于精陶或粗瓷类。主要品种有内外墙面砖、地砖、锦砖以及卫生陶瓷等等。

2 - 14 - 1 外墙面砖

外墙面砖也称无光面砖。它具有质地密实,强度高,吸水率低(小于4%)等特点。有奶白色、浅黄色、浅绿色、浅兰色、浅灰色、浅红色等。形状有正方形、长方形。

表 2 - 14 - 1

名称	规格 :长 × 宽 × 厚	名称	规格 :长 × 宽 × 厚
正方外墙面砖	150 × 150 × 10.15mm	长方外墙面砖	240 × 140 × 10.15mm
正方外墙面砖	100 × 100 × 10.15mm	长方外墙面砖	200 × 140 × 10.15mm
长方外墙面砖	150 × 75 × 10.15mm	长方外墙面砖	180 × 140 × 10.15mm
长方外墙面砖	100 × 50 × 10.15mm		

2 - 14 - 2 釉面瓷砖

釉面瓷砖具有表面光滑,容易清洗污物,强度较高,吸水率小于18%,美观,耐用,热稳定性经140℃至常温间剧变后,其不脆裂、不哑声的次数不小于3次。瓷砖除白色外,还有奶色、米黄、粉红、柠檬黄、草绿、苹果绿、天兰、天青以及各种彩色图案等等。上釉色瓷砖,可以按照房间功能、尺寸等要求,请工艺美术师设计作画,使得房间和墙面有高级装饰效果。价格以白瓷砖较便宜。形状正方形、长方形。按产品质量分出口型、一级、二级、三级等。我国景德镇、宜兴、唐山、邯郸、淄博、沈阳、广东、福建、浙江等地均生产。

规格有152 × 152 × 5毫米,152 × 152 × 6毫米,108 × 108 × 5毫米,50 × 50 × 4毫米,152 × 76 × 5毫米,152 × 76 × 6毫米等等。

釉面瓷砖为硬纸箱包装

表 2-14-2

规格 mm	装箱块数	每箱重量 kg
152 × 152 × 5	100	24
152 × 152 × 6	84	24
152 × 76 × 5	200	24
152 × 76 × 6	200	28
108 × 108 × 5	100	13
50 × 50 × 4	1000	20

注 选用釉面瓷砖,一般应按一定比例选不同配件。瓷砖配件有压顶砖(38 × 5 × 152 或 108)、压顶阳角和压顶阴角(38 × 22R × 5)、阳角条砖和阴角条砖(5 × 22R × 152 或 108)、一头圆阴角条砖和一头圆阳角条砖(5 × 22R × 152 或 108)、阳角座砖和阴角座砖(22R × 5)、阳三转角砖和阴三转角砖(22R × 5)、腰线砖(152 × 25 × 5)等等。

2-14-3 陶瓷锦砖

陶瓷锦砖也称马赛克,它是用优质瓷土烧成的。这种产品由于尺寸很小,所以出厂前先按照各种图纸反贴在牛皮纸上,每张尺寸为 30 × 30 厘米,每张面积 0.093 米²,第 40 张(联)为一箱,每箱约 3.7 米²。施工时将每张的纸面向上,贴在水泥砂浆面上,用长木板压面,使之粘巾平实,待水泥砂浆硬化后,用水刷洗纸面后,即呈现出美观图案。

陶瓷锦砖具有质地坚硬,强度高,耐酸碱,耐火,耐磨,不渗水,吸水率小,经久耐用,易于清洗,美观大方等特点,是一种高级装饰材料。一般多用室内地面和墙面,也可用于外墙饰面见图 2-14-1。

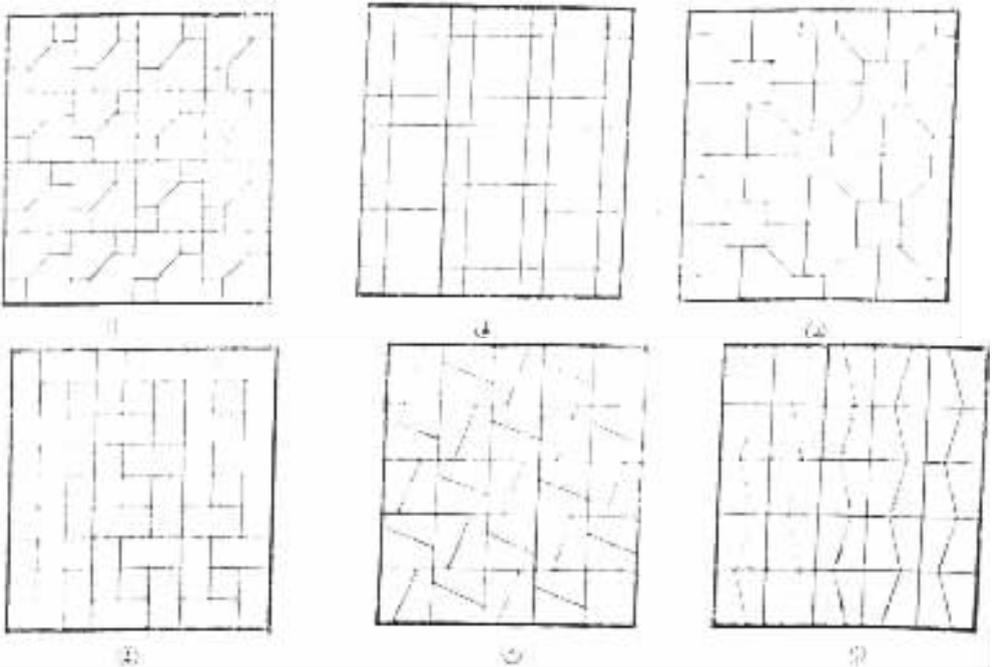


图 2-14-1 陶瓷锦砖几种几何形状拼接

2-14-4 耐酸瓷砖(见表 2-14-3)

表 2-14-3

名 称	规 格	景德镇建筑瓷厂产品编号		沈阳陶瓷厂产品编号
		无釉	有釉	
正方形耐酸瓷砖	150×150×10	2011—1	2012—1	—
	150×150×15	2011—2	2012—2	2—1
	150×150×18	2011—3	2012—3	—
	150×150×20	2011—4	2012—4	2—2
	150×150×25	—	—	2—3
	150×150×30	—	—	2—4
矩形耐酸瓷砖	150×75×10	2021—1	2022—1	—
	150×75×15	2021—2	2022—2	3—1
	150×75×18	2021—3	2022—3	—
	150×75×20	2021—4	2022—4	3—2
	150×75×25	—	—	3—3
	150×75×30	—	—	3—4
正方形耐酸瓷砖	100×100×10	2031—1	2032—1	2—5
	100×100×15	2031—2	2032—2	2—6
	100×100×18	2031—3	2032—3	—
	100×100×20	2031—4	2032—4	2—7
	100×100×25	—	—	2—8
	100×100×30	—	—	2—9
矩形耐酸瓷砖	100×50×10	2141—1	2142—1	3—5
	100×50×15	2141—2	2142—2	3—6
	100×50×18	2141—3	2142—3	—
	100×50×20	2141—4	2142—4	3—7
	100×50×25	—	—	3—8
	100×50×30	—	—	3—9
标准耐酸瓷砖	230×113×65	2361	—	1—1
	230×113×55	—	—	1—2

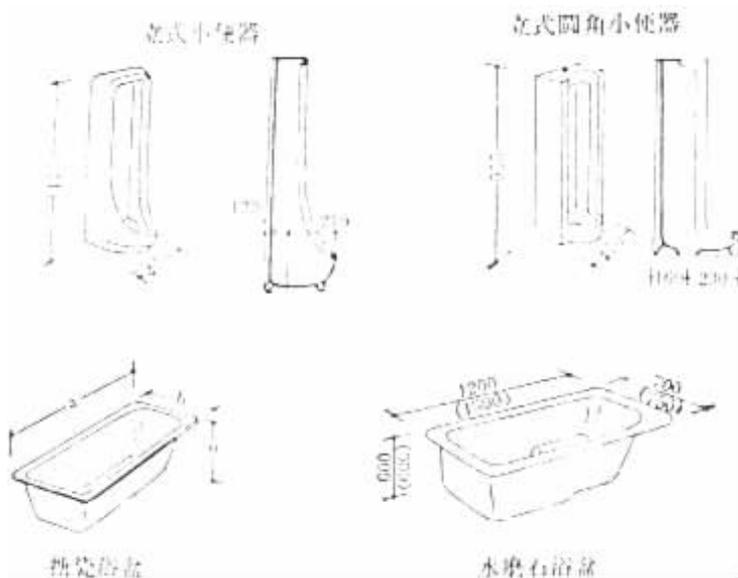
注 除以上规格外,还有 240×140×10、15、18、20 ;180×140×10、15、18、20 等等。

2-14-5 陶土管

表 2-14-4

名 称	规 格 厘 米				
	内径	承插口径	壁厚	承插口长	管长
10×50 水管	10	14.5	1.37	5.0	50
15×50 水管	15	20	1.37	5.5	50
20×50 水管	20	25.2	1.54	6.4	50
25×50 水管	25	30.6	1.54	6.4	50
30×50 水管	30	35.6	1.64	6.9	50
35×50 水管	35	41	1.64	6.9	50
40×50 水管	40	46.8	1.82	7.3	50
50×50 水管	50	57.0	2.00	7.3	50
炉 管	37	43.2	2.00	2.7	33
9 寸管	22.5	28.0	1.54	2.4	33
7 寸管	18.0	23.0	1.45	2.1	33
6 寸管	14.0	18.0	1.30	2.0	33
4 寸管	10	14.4	1.30	1.5	33
20×33 水管	20	—	—	—	33
25×33 水管	25	—	—	—	33
30×33 水管	30	—	—	—	33
40×33 水管	40	—	—	—	33

注 陶土管一般用于下水管、雨水管



名称	新 型 号 (单位型)	新 型 号 (单位型)	新 型 号 (单位型)
洗 面 盆			
坐 便 器			

名 称	新 型 号 (单位型)	新 型 号 (单位型)	新 型 号 (单位型)
净 身 盆			



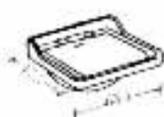
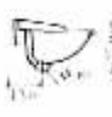
天津式



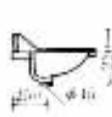
双圈普通式(双圈普通式)



简易式



新双圈式



简易三角式

图 2-14-2 卫生间陶瓷

2-15 耐火材料

耐火砖主要性能

表 2-15-1

项 目	硅 砖	半硅砖	粘土砖	高铝砖	镁砖
化学成分： 不小于(%)	SiO ₂ 93—94.5	SiO ₂ 65	Al ₂ O ₃ 30—40	Al ₂ O ₃ 48—75	MgO 87
耐火度： 不低于(℃)	1690—1710	1670	1610—1730	1750—1790	—
0.2MPa 荷载 软化开始温 度：不低 于 (℃)	1620—1640	1250	1250—1300	1420—1500	1500
显气孔度： 不大于(%)	23—25	22	26—28	23	20
常温抗压强度 不小于 MPa	175—200	125	125—150	400	400
重烧线收缩： 温度(℃) (%)	— —	1400 0.5	1350 0.5	1450 0.7	— —
容重(kg/m ³)	1900	2000	2100—2200	2300—2750	2600
导热系数:W/ m·k	$1.047 + 0.93 \frac{t}{1000}$	$0.7 + 0.64 + \frac{t}{1000}$	$0.7 + 0.64 + \frac{t}{1000}$	$2.09 + 1.86 \frac{t}{1000}$	$4.3 - 0.48 \frac{t}{1000}$
200—2000℃ 平均线膨胀 系数	$(11.5 - 13) \times 10^{-6}$	$(7-9) \times 10^{-6}$	$(4.5-6) \times 10^{-6}$	—	$(14-15) \times 10^{-6}$

一般工业炉耐火砖规格

表 2-15-2

砖号	名称	规格尺寸(mm)				体积(cm ³)	每块重量(kg)			
		a	b	c	d		粘土砖	半硅砖	硅砖	高铝砖
T-1	直形砖	230	113	100	—	2600	5.3	5.2	5.0	6.0
T-2	直形砖	230	113	75	—	1950	4.0	3.9	3.7	4.5
T-3	直形砖	230	113	65	—	1690	3.5	3.4	3.2	3.9
T-4	直形砖	230	113	40	—	1040	2.1	2.1	2.0	2.4
T-5	直形砖	250	123	75	—	2300	4.7	4.6	4.4	5.3
T-6	直形砖	250	123	65	—	2000	4.1	4.0	3.8	4.6
T-7	直形砖	300	150	65	—	2930	6.0	5.8	5.6	6.7

2 建筑材料的性能和应用

续表

砖号	名称	规格尺寸(mm)				体积(cm ³)	每块重量(kg)			
		a	b	c	d		粘土砖	半硅砖	硅砖	高铝砖
T-17	厚楔形砖	230	113	75	65	1820	3.7	3.6	3.5	4.2
T-18	厚楔形砖	230	113	75	55	1690	3.5	3.4	3.2	3.9
T-19	厚楔形砖	230	113	65	55	1560	3.2	3.1	3.0	3.6
T-20	厚楔形砖	230	113	65	45	1430	3.0	2.9	2.7	3.3
T-21	厚楔形砖	250	123	75	65	2150	4.4	4.3	4.1	5.0
T-22	厚楔形砖	250	123	65	55	1845	3.8	3.7	3.5	4.3
T-23	厚楔形砖	250	123	65	45	1685	3.5	3.4	3.2	3.9
T-24	厚楔形砖	171	113	65	55	1160	2.4	2.3	2.2	2.7
T-25	厚楔形砖	171	113	65	45	1060	2.2	2.1	2.0	2.7
T-26	厚楔形砖	300	123	65	55	2700	5.5	5.4	5.1	6.2
T-79	平板砖	460	230	75	—	7820	16.3	15.9	15.1	—
T-80	平板砖	570	170	80	—	7940	16.0	15.7	14.9	—
T-81	平板砖	690	170	100	—	11700	24.0	23.4	22.2	—
T-82	条形砖	460	135	113	—	7000	14.3	14.0	13.3	—
T-38	侧厚楔形砖	230	113	65	55	1560	3.2	3.1	3.0	3.6
T-43	辐射形砖	230	113	(b)96	(c)65	1550	3.2	3.1	2.9	3.6
T-44	辐射形砖	230	113	(b)76	(c)65	1415	2.9	2.8	2.7	3.3
T-45	辐射形砖	230	113	(b)56	(c)65	1280	2.6	2.5	2.4	3.0

耐火泥技术性质与应用

表 2-15-3

项 目		化学成分 (含量%)	熟料含量 (%)	结合粘土 含量(%)	含水量 (%)	烧失量不 大于(%)	耐火度不 低于(℃)	应用	
硅质耐火泥	(GF)-93	+ SiO ₂ > 93	—	—	—	—	1690	用于各种 硅质砌体 的砌筑	
	(GF)-90	SiO ₂ 90—93	—	—	—	—	1650—1690		
	(GF)-85	SiO ₂ 85—90	—	—	—	—	1580—1650		
粘土质耐火泥	按理化性质分	(NF)-40	Al ₂ O ₃ > 40	—	—	6	—	1730	用于各种 粘土质耐 火砖的砌 筑
		(NF)-38	Al ₂ O ₃ > 38	—	—	6	—	1690	
		(NF)-34	Al ₂ O ₃ > 34	—	—	6	—	1650	
		(NF)-28	Al ₂ O ₃ > 32	—	—	6	—	1580	
	按颗粒组成分	细粒耐火泥	—	80—85	15—20	—	—	—	
	中粒耐火泥	—	75—80	20—25	—	—	—		
	粗粒耐火泥	—	65—75	25—35	—	—	—		
高铝质耐火泥	(LF)-70	Al ₂ O ₃ > 70	—	—	—	—	5	1770	用于高铝 耐火砖的 砌筑
	(LF)-60	Al ₂ O ₃ > 60	—	—	—	—	5	1770	
	(LF)-50	Al ₂ O ₃ > 50	—	—	—	—	5	1750	
镁质耐火泥	(MF)-82	MgO > 82	SiO ₂ 含量		—	2	—	用于镁质 耐火砖的 砌筑	
	(MF)-78	MgO > 78	< 6%		—	2	—		