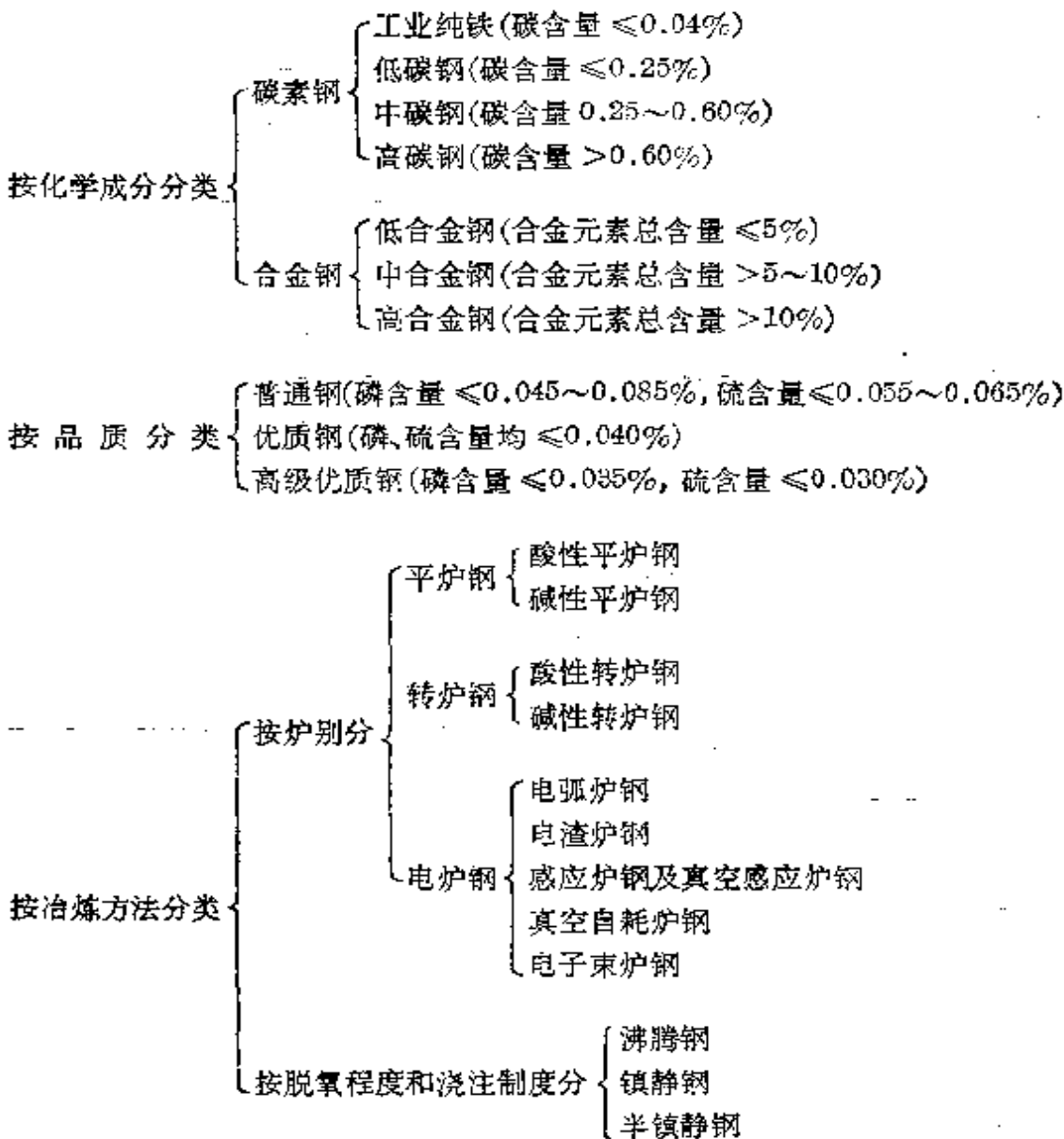


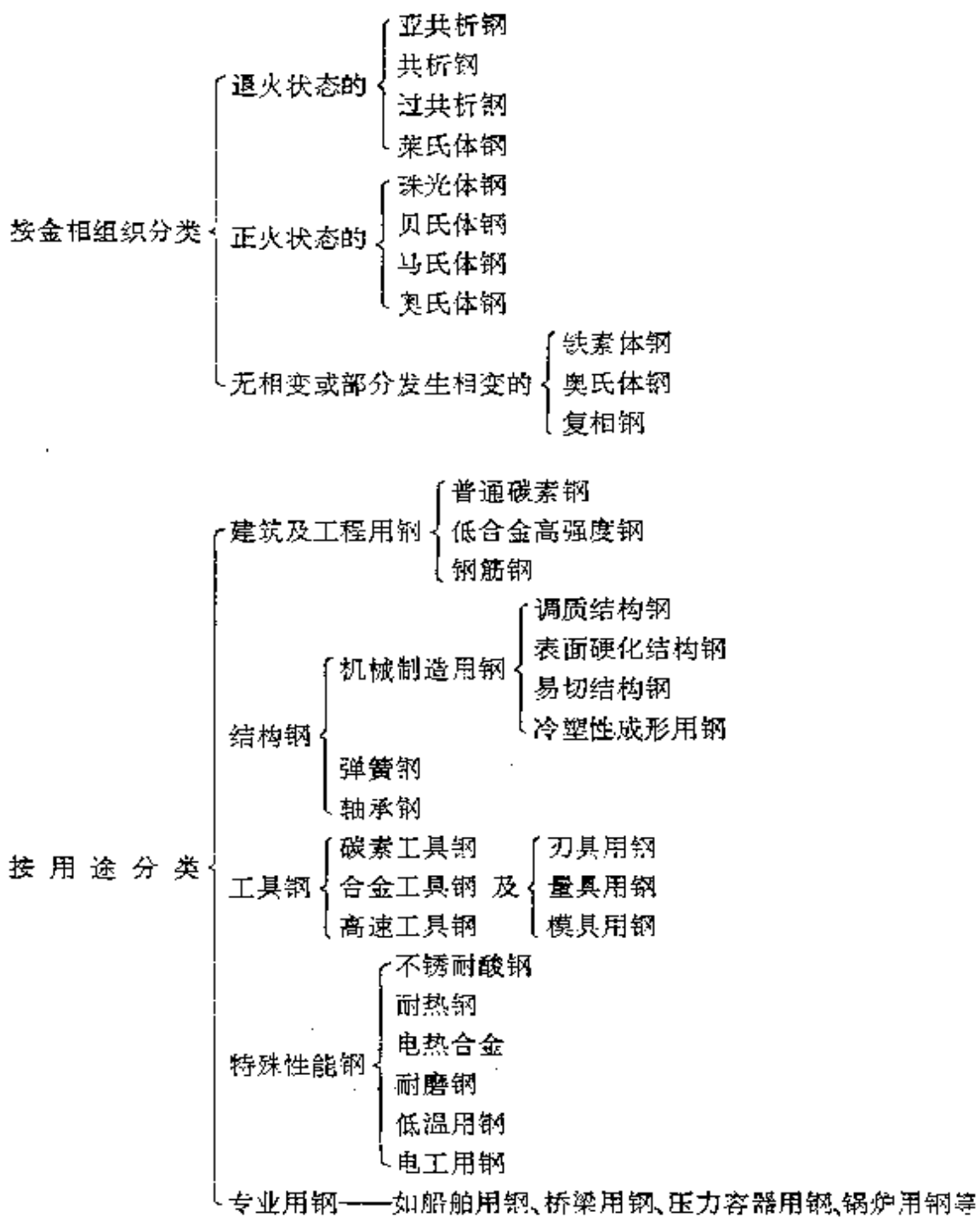
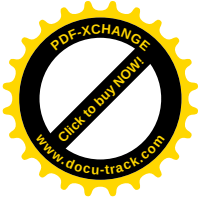
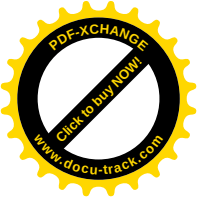
第 3 章

常用金属材料及热处理

一、常用钢材

1. 钢的分类





2. 钢号的表示方法

钢铁产品的牌号,按国标规定,采用汉字或汉语拼音字母表示,两者并用。前者由名称的汉字缩写和阿拉伯数字组成;后者由名称等的汉语拼音的一个(通常不超过二个)字母和阿拉伯数字或拼音字母、化学元素符号和数字组成。

钢号中的汉字或汉语拼音字母用来表示产品名称、用途、冶炼方法和浇注方法,化学元素的汉字或化学元素符号表示产品中的主要成分(表 3-1),阿拉伯数字表示产品的顺序或主要成分的元素含量。

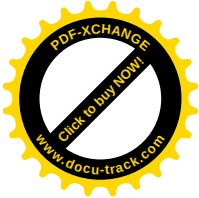
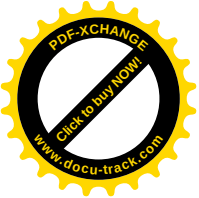
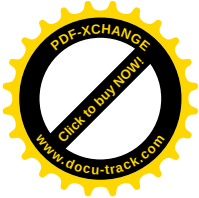
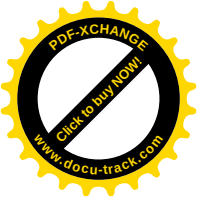


表 3-1 钢号的表示符号

项 目 名 称	钢号的表示符号		项 目 名 称	钢号的表示符号	
	汉 字	代 号		汉 字	代 号
平 炉 钢	平	P	高级优质钢	高	A
酸性侧吹转炉钢	酸	S	碳 素 铸 钢		ZG
碱性侧吹转炉钢	碱	J	船 用 钢	船	C
顶 吹 转 炉 钢	顶	D	桥 梁 钢	桥	q
沸 腾 钢	沸	F	锅 炉 钢	锅	g
半 镇 静 钢	半	b	电 器 硅 钢	电	D
易 切 削 钢	易	Y	特 级	特	E
磁 钢	磁	C	甲 类 钢	甲	A
碳 素 工 具 钢	碳	T	乙 类 钢	乙	B
滚 珠 轴 承 钢	滚	G	特 类 钢	特	C

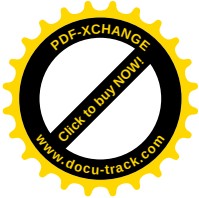
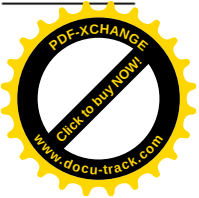
表 3-2 钢号表示方法示例

材料名称	牌 号 示 例		说 明
	汉 字 表 示	汉语拼音字母表示	
普通碳素钢: 甲类钢	甲 3, 甲碱 3, 甲 3 沸, 甲顶 3	A3, AJ3, A3F, AD3	由钢类、炉种、序号、浇注方法等代号组合表。
乙类钢	乙 1, 乙酸 3 沸, 乙碱 3 沸, 乙顶 3, 乙酸 3 半, 乙碱 3 半	B1, BS3F, BJ3F, BD3, BS3b, BJ3b	甲类钢按机械性能、乙类钢按化学成分、特类钢按机械性能和化学成分。0~7 序号表示钢的不同性能和成分。酸、碱代表酸性或碱性转炉炼成的, 平炉钢则不附标志。沸腾钢和半镇静钢在钢号末尾注以“沸”或“F”、“半”或“b”, 镇静钢则不加字尾注
特类钢	特 3, 特碱 3	C3, CJ3	
优质碳素钢	05 沸, 08 沸, 50 锰, 20 半	05F, 08F, 50Mn, 20b	1. 以平均含碳量的万分之几表示。 沸腾钢和半镇静钢应特别标明 2. 含锰量较高的优质碳素钢, 应将锰元素标出
碳素工具钢	碳 7, 碳 8, 碳 10 锰, 碳 10 高	T7, T8, T10Mn, T10A	表示方法和优质碳素钢基本相同, 但在字首用“碳”或“T”加标, 同时含碳量以千分之几表示。字尾“高”或“A”意为高级碳素工具钢
易切削钢	易 12, 易 30, 易 40 锰	Y12, Y30, Y40Mn	平均含碳量以万分之几表示, 并加“易”或“Y”, 以区别于优质碳素钢。字尾有“锰”或“Mn”者, 表示含锰量较高



(续)

材料名称	牌 号 示 例		说 明
	汉 字 表 示	汉语拼音字母表示	
合金钢:			1. 合金钢牌号中各种化学元素采用规定的符号 2. 化学成分中的含碳量一律用平均含碳量的万分之几表示,并写在牌号的前面。不锈钢、耐热钢、高电阻合金、高速钢、磁钢等高合金钢,含碳量不予标出,如有重复,含碳量用千分之几表示。合金工具钢平均含碳量 $\geq 1\%$ 时,含碳量不予标出; $< 1\%$ 时,以千分之几表示 3. 合金元素含量:除铬滚珠钢和低铬合金工具钢外,合金元素的平均含量一律按以下原则表示: (1) 含量 $< 1.5\%$ 时,钢号中仅标明元素,一般不标明含量 (2) 含量 $\geq 1.50\%$ 时,对小数点后数值,凡小于 0.5 者舍去不计,如 2.5%、3.5%,标量相应写成 3、4 (3) 为了避免铬滚珠钢与其它合金钢钢号重复,滚珠钢中的含碳量不予标出,铬含量用千分之几表示,并冠以用途名称。低铬合金工具钢的含铬量亦用千分之几表示,但在含量之前加一个 0 字
低合金高强度钢	16 锰铜	16MnCu	
	25 锰硅	25MnSi	
合金结构钢	20 铬	20Cr	
	40 铬	40Cr	
	30 铬锰硅	30CrMnSi	
	38 铬钼铝高	38CrMoAlA	
合金工具钢	5 铬镍钼	5CrNiMo	
	铬 12	Cr12	
	铬 05	Cr05	
	3 铬 2 钨 8 钒	3Cr2W8V	
弹簧钢	65 锰	65Mn	
	60 硅 2 锰	60Si2Mn	
不锈钢	1 铬 13	1Cr13	
酸钢	2 铬 13	2Cr13	
	1 铬 18 镍 9 钛	1Cr18Ni9Ti	
耐热钢	0 铬 17 铝 5	0Cr17Al5	
及高电阻合金	4 铬 14 镍	4Cr14Ni	
	14 钨 2 钼	14W2Mo	
	4 铬 9 硅 2	4Cr9Si2	
高速工具钢	钨 18 铬 4 钒	W18Cr4V	
	钨 9 铬 4 钒 2	W9Cr4V2	
滚珠轴承钢	滚铬 6	GCr6	
	滚铬 9	GCr9	
	滚铬 15 硅 锰	GCr15SiMn	
专门用途钢:			专门用途的碳素钢基本上采用碳素钢的表示方法,但在钢号末尾附加用途字母
造船用钢	甲 3 船	A3C	
锅炉用钢	甲 3 锅	A3g	
	20 锅	20g	
桥梁用钢	16 桥	16q	

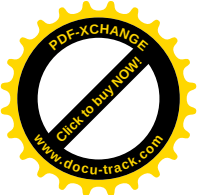


3. 钢材的涂色标记

各种钢材涂以不同的颜色标记,可为分类存放、管理和使用等各个环节带来很大方便。但是,涂色标须按统一规定,如果各行其是,势必造成识别困难。将“GB”和“YB”标准规定的涂色标记汇集如表 3-3。

表 3-3 钢材的涂色标记

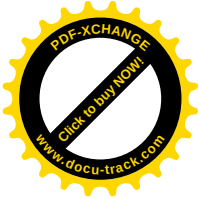
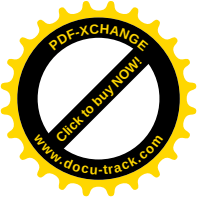
材 料 名 称	牌 号 或 组 别	标 记 颜 色
普通碳素钢	1 钢	白色+黑色
	2 钢	黄色
	3 钢	红色
	4 钢	黑色
	5 钢	绿色
	6 钢	蓝色
	7 钢	红色+棕色
	特类钢	除上述标记外,另加涂铝白色一条
优质碳素结构钢	05~15	白色
	20~25	棕色+绿色
	30~40	白色+蓝色
	45~85	白色+棕色
	15Mn~40Mn	白色二条
	45Mn~70Mn	绿色三条
合金结构钢	Mn	黄色+蓝色
	SiMn	红色+黑色
	MnV	蓝色+绿色
	Cr	绿色+黄色
	CrSi	蓝色+红色
	CrMn	蓝色+黑色
	CrMnSi	红色+紫色
	CrV	绿色+黑色
	CrMnTi	黄色+黑色
	CrWV	棕色+黑色
	Mo	紫色
	CrMo	绿色+紫色
	CrMnMo	紫色+白色
	CrMoV, CrSiMoV	紫色+棕色
	CrAl	铝白色
	CrMoAl	黄色+紫色
	CrWVAl	黄色+红色
	B(包括各种含硼的钢)	紫色+蓝色
	CrMoWV	紫色+黑色



(续)

材 料 名 称	牌 号 或 组 别	标 记 颜 色
铬滚珠轴承钢	GCr6 GCr9 GCr9SiMn GCr15 GCr15SiMn	绿色一条+白色一条 白色一条+黄色一条 绿色二条 蓝色一条 绿色一条+蓝色一条
不锈、耐酸钢	Cr CrTi CrMn CrMo CrNi CrMnNi CrNiTi, CrNiNb CrMoTi CrMoV CrNiMoTi, CrMoVCo CrNiCuTi CrNiMoCuTi, CrNiMoCuNb	铝宽色条+窄色条 铝色+黑色 铝色+黄色 铝色+绿色 铝色+白色 铝色+红色 铝色+棕色 铝色+蓝色 铝色+白色+黄色 铝色+红色+黄色 铝色+紫色 铝色+蓝色+白色 铝色+黄色+绿色
耐热钢	CrSi CrMo CrSiMo Cr CrMoV CrNiTi CrAlSi CrSiTi CrSiMoTi, CrSiMoV CrAl CrNiWMoTi, CrNiWMO CrNiWTi	宽色条+窄色条 红色+白色 红色+绿色 红色+蓝色 铝色+黑色 铝色+紫色 铝色+蓝色 红色+黑色 红色+黄色 红色+紫色 红色+铝色 红色+棕色 铝色+白色+红色
高速工具钢	W12Cr4V4Mo W18Cr4V W9Cr4V2 W9Cr4V	棕色一条+黄色一条 棕色一条+蓝色一条 棕色二条 棕色一条

注: 碳素工具钢的涂色标记由双方协议规定。合金工具钢及弹簧钢不采用涂色标记方法,而是凡 $\phi \geq 30$ 毫米的,则在钢材末端打以钢印标志; $\phi < 30$ 毫米的,则在每捆包装上悬挂标牌。



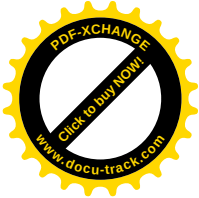
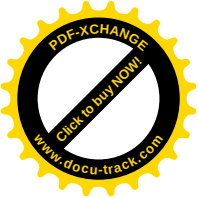
4. 结构钢性能及用途

(1) 普通碳素结构钢的性能及用途

表 9-4

钢 号			机 械 性 能			应 用 举 例		
碱性平炉钢	侧 吹 碱 性 平炉钢	特类钢	屈 服 点 σ_s (公斤力/毫米 ²)		抗拉强 度 σ_b (公斤力/ 毫米 ²)		延 伸 率 (%)	
			按 尺 寸 分 组				δ_5	δ
			甲类钢	特类钢	1			
甲类钢	特类钢	甲类钢	特类钢					
A1 A1F						33	28	金属结构中载荷小的零件: 垫圈、拉 杆
A2 A2F	C2 C2F	AJ2 AJ2F		20	19	31	26	金属结构件: 拉杆、螺栓、短轴、心 轴、载荷凸轮、垫圈、渗碳零件
A3	C3	AJ3	24	23	22	27 26 25	23 22 21	金属结构件, 心部强度要求不高或 氧化的零件: 拉杆、气缸、齿轮、螺栓、 螺母、连杆、轮轴
A3F	C3F	AJ3F	24	22	21	27 26 25	23 22 21	
A4 A4F	C4 C4F	AJ4 AJ4F	26	25	24	25 24 23	21 20 19	金属结构件: 转轴、心轴、拉杆、齿 杆、螺栓、键及其它强度要求一般的零 件
A5	C5	AJ5	28	27	26	21 20 19	17 16 15	转轴、心轴、销轴、链轮、刹车杆、螺 栓、螺母、垫圈、连杆、齿轮、键及其它 强度要求较高的零件
A6		AJ6	31	30	30	16 15 14	13 12 11	转轴、心轴、主销、啮合或摩擦离合 器、链环片、键及强度要求较高的零 件
A7		AJ7				11 10 ≥ 75	9 8	转轴、心轴、主销、啮合或摩擦离合 器、链环片、键及受强烈摩擦的零件

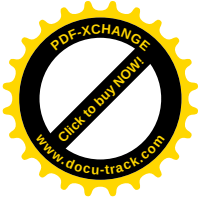
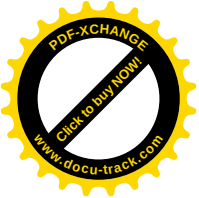
注: 半镇静钢的机械性能按相应钢号的镇静钢机械性能评定。



(2) 优质碳素结构钢性能及用途

表 3-5

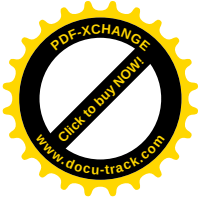
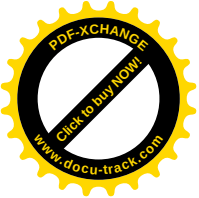
钢 号	机 械 性 能				应 用 举 例	
	抗拉强度 σ_b (公斤力/毫米 ²)	屈服极限 σ_s (公斤力/毫米 ²)	延伸率 δ_5 (%)	收 缩 率 ψ (%)		
	不 小 于					
普 通 含 锰 钢						
08F	30	18	35	60	131	轧制 4 毫米以下的薄板、调整垫片
10	34	21	31	55	137	同上, 还可用以制造管子、汽车车身零件、需 要渗碳的零件
15	38	23	27	55	143	制造一般强度要求不高的零件, 负荷不大而 要求耐磨的渗碳或氮化的零件
20	42	25	25	55	156	无缝钢管、各种管类零件、要求塑性好的零件 或作渗碳氮化的零件
25	46	28	23	50	170	轴、联轴器、螺钉、螺栓、螺母或渗碳、氮化的 零件等
30	50	30	21	50	179	制造需韧性较高的锻件、轴、飞轮
35	54	32	20	45	187	主轴、拉杆、压力机缸体、转子、紧固件、飞轮等
40	58	34	19	45	217	调质的零件(如曲轴、齿轮、连杆、活塞杆), 正 火的零件
45	61	36	16	40	241	应力较大和要求韧性中等的零件, 如轧制机 齿轮、传动轴、轧辊及主轴、联轴器



(续)

钢 号	机 械 性 能				应 用 举 例
	抗拉强度 σ_b (公斤力/毫米 ²)	屈服极限 σ_s (公斤力/毫米 ²)	延伸率 δ_5 (%)	收缩率 ψ (%)	
	不 小 于			硬 度 HB	
50	64	38	14	40	241
55	66	39	13	35	255
60	69	41	12	35	255
在重型机器制造中作齿轮、轴、轧辊、滚子					
轧辊偏心轮					
轧辊偏心轮轴、弹簧缓冲器					
钢					
锰					
15Mn	43	25	26	55	163
20Mn	46	28	24	50	197
25Mn	50	30	22	50	207
30Mn	55	32	20	45	217
35Mn	57	34	18	45	229
40Mn	60	36	17	45	229
45Mn	63	38	15	40	241
50Mn	66	40	13	40	255
60Mn	71	42	11	35	269
活塞销、凸轮、轴、转向驾驶装置拉杆或渗碳、氧化的零件等					
同上					
中型机器中的螺栓、螺母、传动杠杆、连接杆、拨叉、操纵机构、拉杆					
轴、万向联轴器、曲轴、连杆、制动杠杆、双头螺栓、高强度螺母					
承受摩擦的零件(如摩擦圆盘、齿轮轴、齿轮等)					
制动盘、摩擦盘					

注: 表中为各钢号截面尺寸为 25 毫米时的机械性能, 其 HB 为热轧钢的硬度。

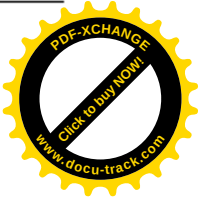
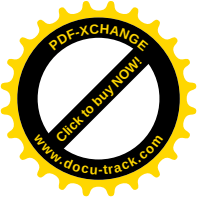


(3) 普通低合金结构钢性能及用途

表 3-6

钢 号	厚度或直径 规 格 (毫 米)	机 械 性 能				应 用 举 例
		屈 服 极 限 σ_s (公斤力/毫米 ²)	抗 拉 强 度 σ_b (公斤力/毫米 ²)	延 伸 率 δ_5 (%)	冷 弯 (180°)	
09MnV	≤16	30	44	22	$d=2a$	拖拉机械圈建筑结构等
	17~25	28		22	$d=3a$	
12MnV	≤16	35	50	21	$d=2a$	造船、桥梁
	17~25	34		19	$d=3a$	
16Mn	≤16	35	52	21	$d=2a$	造船、桥梁、汽车、高压容器
	17~25	33	50	19	$d=3a$	
	26~36	31	48			
	38~50	29	48			
	55~100 方圆钢	28	48			
15MnV	≤5	42	56	19	$d=2a$	高, 中压容器、桥梁、车辆
	5~16	40	54	19	$d=3a$	
	17~25	38	52	17		
	26~36	36	50			
	38~50	34				

注: 机械性能冷弯栏中: d —弯心直径; a —试样厚度。



(4) 合金结构钢性能及用途

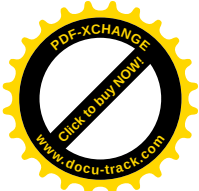
表 3-7

钢 号	试样 尺寸 (毫米)	热 处 理		机 械 性 能					应 用 举 例	
		淬 火	回 火	抗拉 强度 σ_b	屈服 极限 σ_s	延 伸 率 δ_5	收 缩 率 ψ	冲击韧性 α_k (公斤力· 米/厘米 ²)		硬 度 HB
		温 度 冷 却 剂	温 度 冷 却 剂	(公斤力/ 毫米 ²)		(%)				
20Mn2	15	850°C 水, 油	200°C 水, 空	80	60	10	40	6	187	相当于 20Cr, 可用于制造渗碳小齿轮、小轴、活塞销、气门推杆、钢套等
40Mn2	25	840°C 水	520°C 水	100	80	10	45	6	217	可代替 40Cr 制作直径在 50 毫米以下的 重要螺栓及零件
50Mn2	25	820°C 油	550°C 水, 油	95	80	9	40	5	229	用作在高应力承受强烈磨损条件下工作 的大型零件, 如万向接头轴、齿轮、曲轴、连 杆、各类小轴等
35SiMn	25	900°C 水	590°C 水, 油	90	75	15	45	6	229	用作中速、中负荷或高负荷而冲击不大 的零件, 如传动齿轮、心轴、连杆、蜗杆、电 车轴、发动机轴、飞轮等, 在一定条件下, 可 替代 40Cr 作调质钢, 或部分替代 40CrNi 钢
42SiMn	25	880°C 水	590°C 水	90	75	15	40	6	229	可代 40Cr、40CrNi 钢作轴类零件, 也可 用来制造截面较大及需火焰表面淬火或高 频淬火的零件
20MnV	15	880°C 水, 油	200°C 水, 空	80	60	10	40	7	187	相当于 20CrNi 钢, 可用于制造锅炉、高 压容器等



(续)

钢 号	试样 尺寸 (毫米)	热 处 理		机 械 性 能						应 用 举 例
				淬 火	回 火	抗拉 强度 σ_b	屈服 极限 σ_s	延伸 率 δ_5	收缩 率 ψ	
		温 度 冷却剂								
25Mn2V	25	900°C 水,油	650°C 水	75	60	15	50	10	217	用作中温、中压汽轮机动叶片及隔板
42Mn2V	25	860°C 油	600°C 水	100	85	11	45	6	217	用作截面 <60 毫米、高负荷的重要调质零件,性能与 40CrNi 钢相似
20Mn2B	15	880°C 油	200°C 水,空	100	90	10	45	7	187	用作心部强度要求较高和表面承受磨损、尺寸较大的、或形状较复杂而负荷不大的渗碳零件,如齿轮、齿轮轴、凸轮、活塞销、蜗杆、顶杆等
20MnVB	15	860°C 油	200°C 水,空	110	90	10	45	7	207	用于制造模数大、负荷较重的中小渗碳件,可替代 20CrMnTi, 性能与 20CrNi 相似
20SiMnVB	15	900°C 油	200°C 水,空	120	100	10	45	7	207	用作拖拉机的滑动齿轮、齿圈、齿轮轴等,可替代 20CrMnTi
45MnB	25	840°C 油	500°C 水,油	105	85	9	40	5	217	用来替代 40Cr、45Cr 制造较耐磨的中、小截面调质零件,如齿轮、主轴、拐轴等
40MnVB	25	850°C 油	500°C 水,油	100	80	10	45	6	207	用来代 40Cr 或部分地代 42CrMo、40CrNi 制造重要调质零件



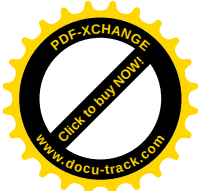
(续)

钢 号	试样 尺寸 (毫米)	热 处 理		机 械 性 能						应 用 举 例
		淬 火 温 度 冷 却 剂	回 火 温 度 冷 却 剂	抗拉 强度 σ_b	屈服 极限 σ_s	延伸 率 δ_5	收缩 率 ψ	冲击韧性 α_k (公斤力· 米/厘米 ²)	硬 度 HB	
				(公斤力/ 毫米 ²)		(%)				
30CrMnSi		880°C 油	230°C 水, 空	165		9	40	5	229	高强度钢, 可用以制作高压鼓风机、压缩机叶片和高速度负荷的砂轮轴等
50CrVA	25	860°C 油	500°C 水, 油	130	115	10	40		250	用作 <400°C、负荷大的重要零件
20CrMnTi	15	880°C 再 870°C 油	200°C 水, 空	110	85	10	45	7	217	重要齿轮材料, 有良好的工艺性能, 用于汽车拖拉机等重要齿轮, 要求强度、韧性均高的减速机油轮
20CrMo	15	880°C 水, 油	500°C 水, 油	90	70	12	50	10	197	用于制造在非腐蚀介质中的、<250°C的、含有氮氢混合物的介质中工作的高压管
35CrMo	25	850°C 油	550°C 水, 油	100	85	12	45	8	241	用作在高负荷下工作的重要结构件, 如车辆和发动机的传动件, 汽轮机发电机的转子、主轴, 重载的传动轴等, 可替代38CrMnNi 和 40CrNi 作大截面零件
20CrMnMo	15	850°C 油	200°C 水, 空	120	90	10	45	7	217	高级渗碳钢, 用作要求高表面硬度与耐磨的重要渗碳零件, 如曲柄、曲轴、齿轮、连杆、石油钻机的轮和钻头



(续)

钢 号	试样 尺寸 (毫米)	热 处 理		机 械 性 能					应 用 举 例		
		淬 火 温 度 冷 却 剂	回 火 温 度 冷 却 剂	抗拉 强度 σ_b	屈服 极限 σ_s	延 伸 率 δ_5		收 缩 率 ψ		冲击韧性 a_k (公斤力· 米/厘米 ²)	硬 度 HB $\leq$
						(%)					
12CrMoV	30	970°C 空	750°C 空	45	23	22	50	10	156	用作蒸汽参数达 540°C 的主导管、转向 导叶环、汽轮机隔板和外环、过热器管等， 抗氧化性与热强性比 12CrMoV 好	
38CrMoAl	30	940°C 水, 油	640°C 水, 油	100	85	14	50	9	229	高级氮化钢, 用于制造高耐磨性、高疲劳 强度和相当大的强度、处理后尺寸精度高的 氮化零件, 如齿轮、量规、样板、高压阀 门、阀杆等	
20Cr	15	880°C 再 800°C 水, 油	200°C 水, 空	85	55	10	40	6	179	用作柴油机活塞销、凸轮、轴、小拖拉机 传动齿轮及较重要的渗碳件。20MnVB、 20Mn2B 可替代它	
40Cr	25	850°C 油	500°C 水, 油	100	80	9	45	6	207	用于较重要的调质零件, 如在交变负荷 下工作的零件, 中速和中负荷的零件, 表面 淬火后可用作负荷及耐磨性较高的、而无 很大冲击的零件	
12CrNi3	15	860°C 再 780°C 水, 油	200°C 水, 空	95	70	11	50	9	217	用于制造高负荷的渗碳齿轮、小轴及销 等	
40CrNiMo	25	850°C 油	600°C 水, 油	100	85	12	55	10	278	承受冲击负荷下高强度零件, 如卧式锻 造机的传动偏心轴、银床机中的出轴等	

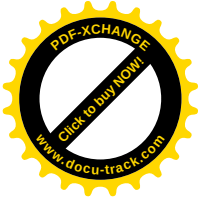
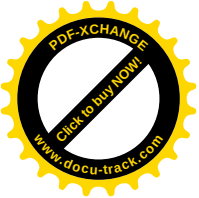


(5) 弹簧钢性能及用途

表 3-8

钢 号	热 处 理		机 械 性 能					应 用 举 例
	淬 火	回 火	抗拉强度 σ_b	屈服极限 σ_s	延伸率 δ	收缩率 ψ	硬 度 HB	
	温度冷却剂	温 度	(公斤力/毫米 ²)		(%)		≤	
65	840°C 油	500°C	100	80	9	35	285	用作火车车厢的螺旋弹簧, 一般机器上的圆、方螺旋弹簧或拉成钢丝作小型机械的弹簧
65Mn	830°C 油	540°C	100	80	8	30	302	用作较大尺寸的各种扁、圆弹簧, 如座垫板簧、弹簧发条、弹簧环、气门簧等
60Si2Mn	870°C 油	480°C	130	120	5	25	321	用作汽车、拖拉机、铁道车辆上的板簧、螺旋弹簧, 汽缸安全阀及止回阀簧及承受交变负荷及在高应力的大型卷弹簧等
60Si2CrVA	850°C 油	410°C	190	170	6	20	302	由于加入了铬或钒, 机械性能较好, 主要用于受高应力的弹簧
50CrVA	见 前 表 3-7					所 列		用作特别重要的承受大应力的各种尺寸的螺旋弹簧
30W4Cr2VA	1050~1100°C 油	600°C	150	135	7	40	321	用作高温(500°C以下)条件使用的弹簧

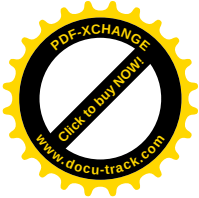
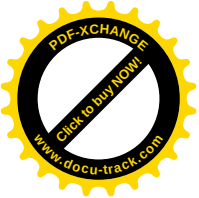
注: 硬度指交货硬度。



(6) 轴承钢性能及用途

表 3-9

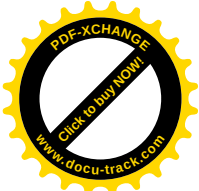
钢 号	机 械 性 能 (退 火 状 态)					应 用 举 例	
	抗拉强度 σ_b	屈服极限 σ_s	延 伸 率 δ	收 缩 率 ψ	冲 击 韧 性 a_k (公斤力·米/厘米 ²)		
	(公斤力/毫米 ²)		(%)				
GCr9						179~207	用来制造 H 级至 C 级一定直径的钢球、圆锥滚子、圆柱滚子、球面滚子及滚针等滚动体
GCr15	60~69	38~39	40~59	20~27		187~207	用来制造高速、高负荷机械上的滚动体及轴承套等
GSiMnV	73.5	45	25.5	50.4	7.4	217	用来制造一般工作条件下的轴承套和滚动体,与含铬轴承比,防锈性能稍差
GMnMoV	73.5	48.5	21	44.3	8.8	203	



5. 耐蚀、耐热钢性能及用途

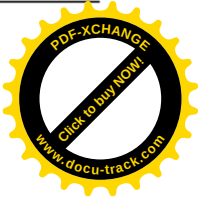
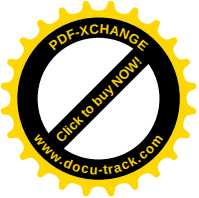
表 3-10

钢 号	热 处 理		机 械 性 能					应 用 举 例		
	淬 火 (或回火)	回 火	抗 拉 强 度 σ_b	屈 服 极 限 σ_s	延 伸 率		冲 击 韧 性 a_k (公斤力·米/厘米 ²)		硬 度 HRC	退 火 硬 度 HB
					δ_5	ψ				
2Cr13	1060~1050°C 油, 水	660~770°C 油, 水, 空	66	45	16	55	8		197	作较高韧性及受冲击、负荷的零件, 如汽轮机叶片、结构架、不锈钢设备、衬里、螺栓、螺帽等
4Cr13	1050~1100°C 油	200~300°C						50	229	作较高硬度及高耐磨性的热油泵轴、阀片、阀门、轴承、医疗器械、弹簧等零件
1Cr17Ni2	950~1050°C 油	275~350°C 空	110		10		5		286	具有较高程度的耐硝酸及有机酸腐蚀的零件、容器和设备
1Cr18Ni9Ti	1000~1100°C 水		55	20	40	55				焊芯、抗磁仪表、医疗器械、耐酸容器及设备衬里、输送管道等设备和零件, 有较好耐晶间腐蚀性
00Cr17Ni14Mo2	1050~1100°C 水		50	20	45	60				具有良好耐蚀及耐晶间腐蚀性 能的微碳不锈钢, 可用作化工、化肥及化纤工业用的耐蚀材料
1Cr18Ni12Mo2Ti	1000~1100°C 水		55	22	40	55				用于抵抗硫酸、磷酸、蚁酸、醋酸的设备, 有良好耐晶间腐蚀性



(续)

钢 号	热 处 理		机 械 性 能					应 用 举 例			
	淬 火 (或固溶)	回 火	抗 拉 强 度 σ_b	屈 服 极 限 σ_s	延 伸 率 δ_5		收 缩 率 ψ		冲 击 韧 性 α_k (公斤力·米/厘米 ²)	硬 度 HRC	退 火 硬 度 HB
					温 度, 冷 却 剂	(%)					
0Cr17Ni4Cu4Nb	1040°C 水, 空		105	77	13	54	5	32	≤263	用于有一定耐腐蚀要求的高强度 容器、零件及结构件	
1Cr13SiAl	退火: 700~800°C 空		50	28	16					最高使用温 度 (°C)	
									抗氧化	热强	
									900		
1Cr6Si2Mo	950°C 空		55	30	30	60			750	600	
1Cr12WMoV	1000~1050°C 油	680~700°C 空	75	60	15	45	6		750	580	
1Cr15Ni36W3Ti	1140~1160°C 水淬后 780~790、730~740°C 二次时效		75	40	15	35	6		800	680	

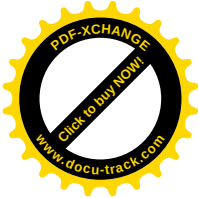
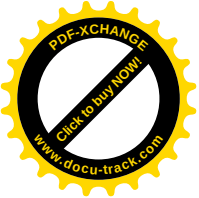


6. 常用高温合金性能及用途

表 3-11

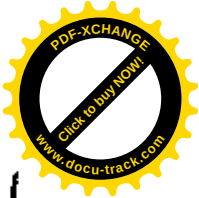
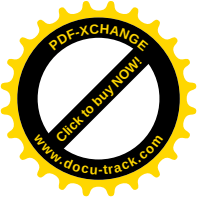
牌 号 (类 别)	使用条件		机 械 性 能			应 用 举 例
	状 态	温 度 (°C)	抗拉强度 σ_b (公斤力/毫米 ²)	延伸率 δ_5 (%)	冲击韧性 a_k (公斤力·米/厘米 ²)	硬 度 HB (毫米)
镍	淬火 时效	20	95~110	15~30	4~10	用于工作温度700°C以下的涡轮叶片及750°C以下的涡轮盘等 GH135铁基合金可代替此种材料
		600	88~95	20~30		
		800	50~60	12~20		
		850	37~45	12~25		
基	两次 淬火 时效	20	114	14	1.5~3	用于800~850°C工作的涡轮叶片及其它零件 GH130铁基合金可代替此种材料
		600	99	16		
		800	75	5.5~8	9.6	
		900	49	9~14	13.4	
合	淬火	20	83~86	45		用以制造工作温度为850~900°C的燃气轮机的工作叶片等零件
		600	66	42		
		800	29	40		
		1000	9~10	75		
金	两次 淬火 时效	20	100~120	6~12		
		600	90~100	8~12		
		900	60~70	11~12		

注: HB (毫米)指布氏硬度压痕直径。



(续)

牌 号 (类 别)	使用条件		机 械 性 能			应 用 举 例
	状 态	温 度 (°C)	抗拉强度 σ_b (公斤力/毫米 ²)	延伸率 δ_5 (%)	冲击韧性 α_K (公斤力·米/厘米 ²)	
铁	淬火 回火	20	92	13	4	用于 650°C 以下工作的涡轮盘、 隔热板、紧固零件等
		600	53	9.4	6	
		700	31	21		
基	淬火 两次 时效	20	94	16	3.5~5	用于 700°C 以下的涡轮盘、 承压环、紧固件、壳体等零件
		300	74	14		
		600	60	12	5~6	
		750	42	15		
合		20	113.7	20.4	10.2	用于作为燃烧室及工作温度 900°C 以下承受低载荷的板材零件 等
		550	90.6	19.1	7.7	
		700	64.3		9.8	
金	淬火	20	67	45		
		400	60	47		
		600	54	42~49		
		900	14	77~85		



7. 工具钢的硬度值及用途

(1) 碳素工具钢

表 9-12

钢 号	退 火 后 HB $\leq$	淬 火 温 度 及冷却剂	淬 火 后 HRC $\geq$	应 用 举 例
T7	187	800~820°C 水	62	用作承受冲击负荷的工具及需要适当硬度、较好韧性的工具, 如凿子、锤子、铆钉模、改锥、机床顶针、较钝的外科医疗用具等
T7A	187	同 上	62	
T8	187	780~800°C 水	62	用作承受冲击负荷不大且需较高硬度及耐磨性的工具, 如简单钻头、扩孔钻、软金属及木料锯片(条)、切钢刀具等
T8A	187	同 上	62	
T9	192	760~780°C 水	62	有一定韧性而具有较高硬度的各种工具, 如冲模、钻头、T9 还可作铸模的分流钉
T9A	192	同 上	62	
T10	197	同 上	62	用作不承受冲击负荷而具有锋利刃口与少许韧性的工具, 如车刀、刨刀、拉丝模、丝锥、扩孔刀具、搓丝板、铣刀、手锯条、螺丝刀、锉刀等
T10A	197	同 上	62	
T11	207	同 上	62	用作在工作温度较低的工具, 如丝锥、铣刀、扩孔钻、板牙、刮刀、量规、以及小断面冷切边模、冲孔模等
T11A	207	同 上	62	
T12	207	同 上	62	用作不受冲击负荷、切削速度和温度不高的工具, 如车刀、铣刀、钻头、刮刀、铰刀、丝锥、板牙、锉刀以及小断面冷切边模、冲孔模等
T12A	207	同 上	62	



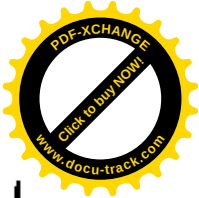
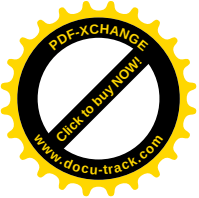
(2) 合金工具钢

3-22

表 3-13

钢 号	交 货 硬 度 HB	淬 火 温 度 及 冷 却 剂	淬 火 后 硬 度 HRC $\geq$	应 用 举 例
9SiCr	241~197	820~860°C 油	62	板牙、丝锥、钻头、铰刀、齿轮铣刀、冷冲模、冷压辊
CrMn	241~197	800~830°C 油	61	量规与块规
CrWMn	255~207	800~830°C 油	62	板牙、拉刀、量规、形状复杂高精度的冲模
Cr12	269~217	950~1000°C 油	60	冷冲模、冷冲头、冷切剪刀(硬薄的金属)、钻套、量规木工工具等
Cr12MoV	255~207	950~1000°C 油	58	冷切剪刀、圆锯、模具、标准工具与量规等
9Mn2V	≤ 229	780~810°C 油	62	小冲模、冷压模、雕刻模、小变形量规、样板、丝锥、板牙、铰刀等
5CrNiMo	241~197	830~860°C 油	47	料压模、大型锻模
3Cr2W8V	255~207	1075~1125°C 油	46	高应力压模、螺钉或铆钉热压模、热剪切刀

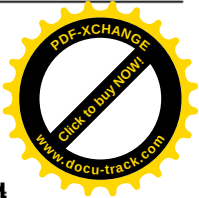
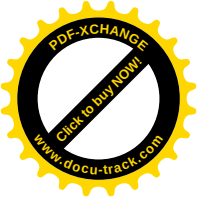
注: 关于高速钢及硬质合金等见第四章。



8. 碳素铸钢及合金铸钢性能及用途

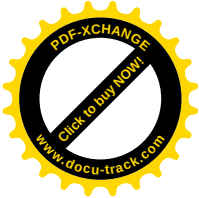
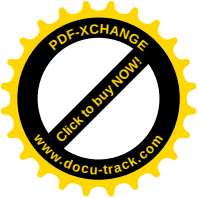
表 3-14

钢 号	正 火 温 度	回 火 温 度	抗 强 度 σ_b (公斤力/ 毫米 ²)	屈 服 限 σ_s (公斤力/ 毫米 ²)	延 伸 率 δ_5 (%)	收 缩 率 ψ (%)	冲击韧性 a_k (公斤力·米 /厘米)	硬 度 HB	应 用 举 例
ZG15	920~ 940°C		40	20	25	40	6		机座、变速箱壳、机件等
ZG25	890~ 910°C	620~ 680°C	45	24	20	32	4.5		机座、锤轮、箱体、450°C以下工作的管路附件等
ZG35	880~ 900°C	620~ 680°C	50	28	16	25	3.5		飞轮、机架、汽锤、轴齿轮等
ZG45	870~ 890°C	620~ 680°C	58	32	12	20	3		联轴器、轮、汽缸齿轮、齿轮圈及荷重架等
ZG55	840~ 860°C	620~ 680°C	65	35	10	18	2		起重运输机中齿轮、联轴器、重要机件等
ZG40Mn	850~ 870°C	550~ 620°C	65	30	12	30		≥163	在较高压力下承受摩擦和冲击的齿轮等
ZG40Mn2	850~ 870°C	550~ 600°C	60	40	20	55		≥197	高负荷受摩擦的零件，如齿轮等
ZG20SiMn	900~ 930°C	580~ 600°C	52	30	14	30	5	≥156	水轮机工作缸、转轮、叶片等



(续)

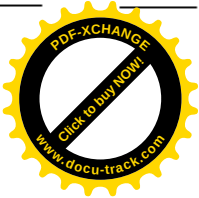
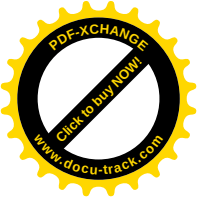
钢 号	正 火 温 度	回 火 温 度	抗 强 度 σ_b (公斤力/毫米 ²)	屈 极 限 σ_s (公斤力/毫米 ²)	延 伸 率 δ_5 (%)	收 缩 率 ψ (%)	冲击韧性 α_k (公斤力·米/厘米)	硬 度 HB	应 用 举 例
ZG40Cr	830~850°C	520~680°C	64	35	18	26		≤212	高强度齿轮、齿轮圈等
ZG35CrMo	860~880°C	550~600°C	60	40	12	20	3		有一定的中温(400~500°C)强度,作链轮、齿圈、齿轮等
ZG35CrMnSi	880~900°C	550~600°C	70	35	14	30	4	≤217	作承受冲击和磨损的零件、齿轮、滚轮等
ZG30CrMnMo	860~880°C	650~700°C	70	40	15	30			高强度结构零件、齿轮、扇形板等
ZG00Cr18Ni9	1100°C 水淬 处 理		45	20	25	32	10		在磷、硝酸、无机酸及海水、盐碱和石油制品中工作的零件
ZG1Cr18Ni9Ti	1100°C 水淬		45	20	25	32	10		
ZG1Cr18Ni12Mo2Ti	1150°C 水淬		50	22	30	30	10		600°C 下、耐酸环境的零件
ZG1Cr14Ni14Mo2WNTi	1180°C 固溶, 800°C 和 750°C 时效		40	20	18	35	4		在 600°C 以下长期工作的零件,如阀门、叶片等



9. 常用钢材的线胀系数和导热系数

表 3-15

牌 号	线 胀 系 数 α		导 热 系 数 λ	
	试验温度 (°C)	数 值 ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	试验温度 (°C)	数 值 (卡/厘米·秒·度)
QSF	20~100	11.58	0	0.156
	20~200	12.61	100	0.144
	20~300	13.01	200	0.131
	20~400	13.63	300	0.130
	20~500	14.18	400	0.108
	20~600	14.64	500	0.098
			600	0.087
10	20~100	11.6	100	0.136
	20~200	12.6	200	0.126
	20~400	13.0	400	0.107
	20~600	14.6	600	0.090
15	20~100	11.75	100	0.185
	20~200	12.41	200	0.159
	20~300	13.45	400	0.113
	20~400	13.60	600	0.098
	20~500	13.85		
	20~600	13.90		
20	20~100	11.16	100	0.121
	20~200	12.12	200	0.116
	20~300	12.78	300	0.101
	20~400	13.38	400	0.098
	20~500	13.93	500	0.090
	20~600	14.38	600	0.082
	20~700	14.81	700	0.075
	20~800	12.93	800	0.066
	20~900	12.48	900	0.058
25	20~100	12.18	100	0.122
	20~200	12.66	200	0.117
	20~300	13.08	300	0.110
	20~400	13.47	400	0.102
	20~500	13.92	500	0.094
	20~600	14.41	600	0.085
	20~700	14.88	700	0.076
	20~800	12.64	800	0.062
	20~900	12.41	900	0.063
35	20~120	11.1	100	0.180
	20~200	11.9	200	0.154
	20~400	13.4	400	0.105
	20~600	14.4	600	0.090



(续)

牌 号	线 胀 系 数 α		导 热 系 数 λ	
	试验温度 (°C)	数 值 ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	试验温度 (°C)	数 值 (卡/厘米·秒·度)
45	20~100	11.59	100	0.115
	20~200	12.32	200	0.111
	20~300	13.09	300	0.105
	20~400	13.71	400	0.099
	20~500	14.18	500	0.091
	20~600	14.67	600	0.084
	20~700	15.08	700	0.076
	20~800	12.50	800	0.062
	20~900	13.56	900	0.062
	20~1000	14.40	1000	0.064
60	20~100	11.1	100	0.10
	20~200	11.9	300	0.10
	20~400	13.5	600	0.08
	20~600	14.6	900	0.07
T7			20	0.0105
			100	0.0105
			300	0.01
T9	20~100	11.0	100	0.16
	20~200	11.6	200	0.125
	20~300	12.4	300	0.102
	20~400	13.2		
50CrVA	20~100	12.4		
	20~200	12.8		
	20~400	13.9		
	20~600	14.5		
38CrMoAlA	20~100	11.0	20	0.09
	20~300	13.0		
	20~600	14.5		
20Cr	20~100	11.3		
	20~200	11.6		
	20~300	12.5		
	20~400	13.2		
	20~500	13.7		
	20~600	14.2		
40Cr	25~100	11.0	100	0.078
	200	12.0	200	0.074
	300	12.2	300	0.070
	400	12.9	400	0.067
	500	13.5	500	0.064



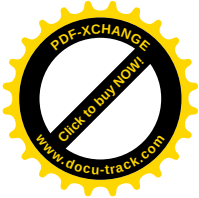
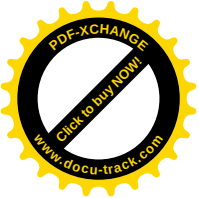
(续)

牌 号	线 胀 系 数 α		导 热 系 数 λ	
	试验温度 (°C)	数 值 ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	试验温度 (°C)	数 值 (卡/厘米·秒·度)
12CrNi3A	20~100 20~300 20~600	11.0 13.0 14.0	20	0.085
40CrNiMo	20~100 200~300	11.7 12.7	100 200 300 400 500 600 700 800 900	0.11 0.105 0.10 0.095 0.090 0.086 0.079 0.071 0.062
Cr12MoV	100 400 600	10.9 11.4 12.2		
16Mn	100 200 300 400 500 600	8.31 10.99 12.31 13.22 13.71 13.94		
65Mn	25~100 25~300 25~600	11.1 12.9 14.6		
20Mn	20~100 20~300 20~600	12.3 13.2 14.9	20	0.185
60Si2Mn	20~100 25~200 25~400 25~500 25~600	11.5~12.4 12.8 13.1~13.9 13.4 13.6~14.5		
GCr9	100 200 400 600	13.0 13.9 15.0 15.3	20	0.0964
GCr15	100 200 400 600	14.0 15.1 15.6 15.8	20	0.0958



(续)

牌 号	线 胀 系 数 α		导 热 系 数 λ	
	试验温度 (°C)	数 值 ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	试验温度 (°C)	数 值 (卡/厘米·秒·度)
6SiMnV	100~200 200~300	10.12 11.9		
2Cr13	20~100 20~200 20~300 20~400 20~500	10.5 11.0 11.5 12.0 12.0	100 200 300 400 500	0.060 0.066 0.067 0.066 0.065
1Cr17Ni2	100 200 300 400 500	10.0 11.0	20	0.070
1Cr18Ni9Ti	100 200 300 400 500 600 700	16.6 17.0 17.2 17.5 17.9 18.2 18.6	100 300 500 600	0.039 0.045 0.053 0.056
1Cr18Ni12Mo2Ti	100 200 300 400 500 600 700	15.7 16.1 16.7 17.2 17.6 17.9 18.2	20 100 200 300 400 500 600	0.038 0.047 0.049 0.051 0.055 0.058 0.060
00Cr17Ni14Mo2	100 200 300 400 500	16.0 17.0 17.5 17.8 18.0	20 100 300 500 700	0.039 0.039 0.048 0.054 0.060
0Cr17Ni14Cu4Nb	20~100 20~200 20~300	11.6 11.6 12.0		



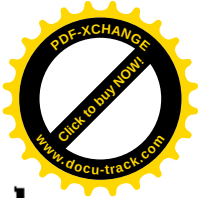
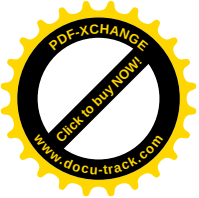
二、铸铁

1. 灰口铸铁性能及用途

表 3-16

牌 号 及 分 类	机 械 性 能						物 理 性 能		应 用 举 例
	抗拉 强度 σ_b	抗压 强度 σ_{bc}	疲劳 极限 σ_{-1}	抗剪 强度 τ_b	冲击韧性 a_k (公斤力·米 /厘米 ²)	硬 度 HB	线 胀 系 数 α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) 0~200 $^{\circ}\text{C}$ 0~500 $^{\circ}\text{C}$	导热系数 λ (卡/厘米· 秒·度)	
	(公斤力/毫米 ²)								
低 牌 号	HT10-26	10	26	50		143~ 229		0.13~ 0.14	形状简单和不甚重要的铸件
	HT15-33	15	33	60~ 80		163~ 229		0.125~ 0.135	端盖、泵体、轴承座、阀壳、管子及管路附件、手轮、一般机床底座、床身等
高 牌 号	HT20-40	20	40	60~ 80	9~ 11	170~ 241		0.12~ 0.13	汽缸、齿轮、底架、机体、飞轮、中压液泵、筒和阀壳等
	HT25-47	25	47	80~ 100	10~ 13	170~ 241	11.5~ 12.0	0.115~ 0.125	阀壳、油缸、汽缸、联轴器等、机体、齿轮箱外壳、飞轮、衬筒、凸轮、轴承座等
	HT30-54	30	54	100~ 120	13~ 17	187~ 225		0.11~ 0.12	齿轮、凸轮、车床卡盘、导板、重负荷机床床身、高压液泵筒和滑阀的壳体等
	HT35-61	35	61	120~ 135	15~ 20	197~ 269		0.105~ 0.115	
	HT40-68	40	68			207~ 269			

注: 表中除 HT10-26 外, 其余牌号均指主要壁厚在 15~30 毫米或试棒直径 30 毫米的性能。



2. 可锻铸铁性能及用途

3.30

表 3-17

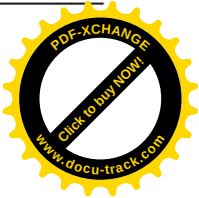
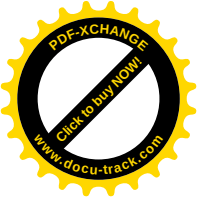
牌 号 及 分 类		抗 拉 强 度 σ_b		屈 服 极 限 σ_s	延 伸 率 δ (%)	硬 度 HB	应 用 举 例
		(公斤力/毫米 ²)					
铁 素 体 型	KT30-6	30			6	120~160	后桥、轮毂、转向机构壳体、弹 簧钢板支座等汽车和拖拉机附 件,机床铸件,管接头以及低压阀 门、农具等
	KT33-8	33			8	120~163	
	KT35-10	35			10	120~163	
	KT37-12	37			12	120~163	
珠 光 体 型	KTZ45-5	45		28	5	152~219	
	KTZ50-4	50		34	4	179~241	
	KTZ60-3	60		42	3	201~269	
	KTZ70-2	70		55	2	240~270	



3. 球墨铸铁性能及用途

表 3-18

牌 号 及 分 类		屈服极限		延 伸 率 δ_5 (%)	冲击韧性 a_k (公斤力·米 /厘米 ²)	硬 度 HB	应 用 举 例
		σ_b	$\sigma_{0.2}$				
		(公斤力/毫米 ²)					
铁 素 体 型	QT40-17	40	25	17	6	<197	轧辊、曲轴、凸轮轴、齿 轮、活塞环、中低压阀门、 摩擦片、汽车拖拉机后桥、 轴承座、千斤顶底座及各 种机床零件等
	QT42-10	42	27	10	3	<207	
铁素体+珠光体型	QT50-5	50	35	5		147~241	
珠 光 体 型	QT60-2	60	42	2	1	229~302	
	QT70-2	70	49	2		231~304	
	QT80-2	80	56	2		241~321	
下 贝 氏 体 型	QT120-1	120	84	1	3	HRC≥38	

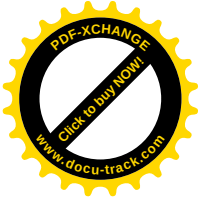
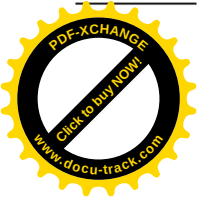


4. 耐热铸铁性能

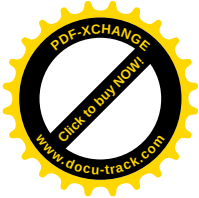
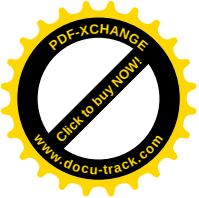
表

分 类	名 称	化 学 成 分 (%)						
		C	Si	Mn	P	S	其 它 元 素	
硅 系	中硅耐热铸铁 RTSi-5.5	2.2~ 3.0	5.0~ 6.0	<1.0	<0.2	<0.12	Cr 0.5~0.9	
	中硅球铁	2.3~ 3.4	3.5~ 4.5	<0.7	<0.1	<0.03	Mg 0.03~ 0.06	RE 0.015~ 0.04 Mg+RE >0.05
	中硅球铁	2.6~ 3.2	4.5~ 5.5	<0.7	<0.1	<0.03	Mg 0.035~ 0.065	RE 0.015~ 0.04 Mg+RE >0.06
	中硅球铁 RQTSi-5.5	2.4~ 3.0	5.0~ 6.0	<0.7	<0.1	<0.03	Mg 0.04~ 0.07	RE 0.015~ 0.035 Mg+RE >0.06
	中硅球铁	2.4~ 2.8	6.0~ 6.5	<0.7	<0.1	<0.03	Mg 0.05~ 0.08	RE 0.015~ 0.03 Mg+RE >0.06
铝 系	中铝铸铁	2.5~ 3.0	1.6~ 2.3	0.6~ 0.8	<0.2	<0.03	Al 5.5~7.0	
	高铝铸铁	1.2~ 2.0	1.3~ 2.0	0.6~ 0.8	<0.2	<0.03	Al 20~24	
	高铝球铁	1.7~ 2.2	1.0~ 2.0	0.4~ 0.8	<0.2	<0.01	Al 21~24	
铝 硅 系	铝硅球铁	2.4~ 2.9	4.4~ 5.4	<0.5	<0.1	<0.02	Al 4.0~5.0	Al+Si 8.5~ 10.0
铬 系	低铬耐热铁 RTCr-0.8	2.8~ 3.6	1.5~ 2.5	<1.0	<0.3	<0.12	Cr 0.5~1.1	
	低铬耐热铁 RTCr-1.5	2.3~ 3.6	1.7~ 2.7	<1.0	<0.3	<0.12	Cr 1.2~1.9	
	高铬铸铁	0.5~ 1.0	0.5~ 1.3	0.5~ 0.8	≤0.1	≤0.08	Cr 26~30	
	高铬铸铁	1.5~ 2.2	1.3~ 1.7	0.5~ 0.8	≤0.1	≤0.1	Cr 32~36	

注：耐热温度数值在含硅量上限时达到。RE、Xt都是稀土元素，以下同。



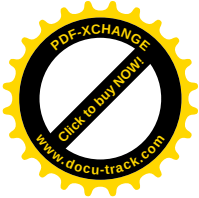
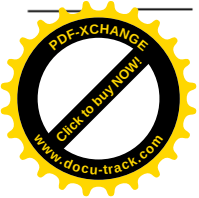
耐 温 (°C)	机 械 性 能 (室 温)						使 用 情 况
	抗拉 强度 σ_b	抗弯 强度 σ_{bb}	延伸 率 δ	冲击韧性 a_k (公斤力·米 /厘米 ²)	挠度 f_{300} (毫米)	硬度 HB	
	(公斤力/毫米 ²)		(%)				
850	>10	>24			2.0	140~ 255	强度低, 脆性大, 易碎裂
600~ 750	>45		>5			157~ 239	含 4.5% 硅以下时, 能 承受一定的动载荷和温度 急变, 加工性良好, 裂碎倾 向性小。硅量增加, 耐热 性提高, 但其它性能均下 降, 硅 >5.5% 时裂碎倾 向显著增加
750~ 900	>35					197~ 282	
900~ 950	>22					228~ 321	
950~ 1000	>20					271~ 301	
700							
900~ 950	11~ 17					170~ 200	耐热性优于硅系耐热铸 铁, 抗硫性能良好, 耐温度 急变性较差
1000~ 1100	25~ 42			2~6		260~ 300	
950~ 1050	22~ 27.5			0.2~0.3			同上, 有一定的耐温度 急变性
600	>18	>36			2.5	207~ 285	能承受一定的动载荷, 耐温度急变性较好, 加工 性良好
650	>15	>32			2.5	207~ 285	
1000~ 1100	38~ 41				6~8	220~ 270	耐热性优于硅系耐热铸 铁, 有优良的抗硫化性能, 不宜用于温度急变场合
1100~ 1200	30~ 43				5~6	250~ 320	



5. 耐蚀铸铁性能

表

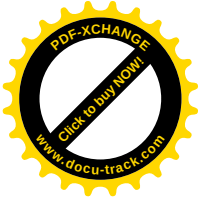
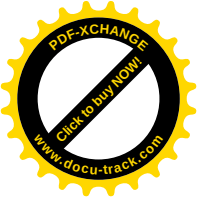
名 称	化 学 成 分 (%)					
	C	Si	Mn	P	S	其 它 元 素
高硅耐蚀铁 STSi-15	0.50~ 0.85	14.0~ 15.5	0.3~ 0.8	≤0.08	≤0.05	
高硅耐蚀铁 STSi-17	0.30~ 0.50	16.0~ 18.0	0.3~ 0.8	<0.1	<0.07	
稀土高硅耐蚀铁 STSi15RE	0.50~ 0.85	14.0~ 15.5	0.3~ 0.8	≤0.08	≤0.05	RE 0.01~0.03
稀土高硅耐蚀铁 STSi11CrCu2RE	1.0~ 1.2	10.0~ 12.0	0.3~ 0.6	≤0.045	≤0.03	RE 0.01~0.03 Cu 1.8~2.2 Cr 0.6~0.8
高硅钼耐蚀铁 (抗氯铸铁)	0.5~ 0.8	14.5~ 16.0	0.3~ 0.5	≤0.10	≤0.07	Mo 3.0~4.0
高硅铜耐蚀铁	0.5~ 0.8	13.5~ 15.0	0.5~ 0.8	≤0.07	≤0.05	Cu 6.5~8.5
铝耐蚀铁	2.7~ 3.0	1.5~ 1.8	0.6~ 0.8	≤0.10	≤0.10	Al 4.0~6.0
铝硅耐蚀铁	2.0~ 2.5	4.0~ 6.0	0.3~ 0.8	≤0.10	≤0.10	Al 4.0~6.0 Cr 0.7~1.0



3-20

机 械 性 能					使 用 情 况
抗 拉 强 度 σ_b	抗 弯 强 度 σ_{bb}	冲 击 韧 性 α_k	挠 度 f_{150}	硬 度 HRC	
(公斤力/毫米 ²)		(公斤力·米 /厘米 ²)	(毫米)		
6~8	≥8	0.10~ 0.15	0.9	35~48	在还原酸类以外的酸中工作的 零件
	14				同上, 介质腐蚀性更强时, 可作 电极
≥8	≥25	0.14~ 0.18	0.9	40~50	在还原酸类以外的酸介质中工 作的零件
≥15	≥28	0.19~ 0.23	1.2	30~42	同上, 介质腐蚀性较缓和时可 制成耐酸泵、磺化锅部件
6~8	14~17	0.47~ 0.55	2.0~ 8.0	43~47	各种酸类介质中的零件
	18~32			37~45	在还原酸以外酸碱溶液中工作 的零件
18~21	36~44		2.0~ 4.0	36~44	在碱类介质及耐热环境中工作 的零件
6~15	15~33			26~35	在含结晶碱液介质及耐热环境 中工作的零件

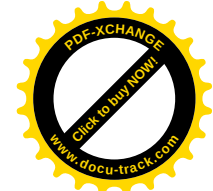
3-35



6. 耐磨铸铁性能

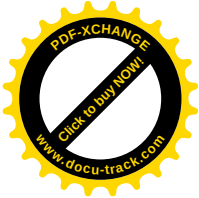
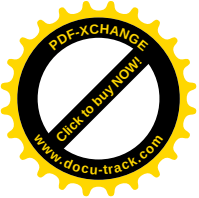
表 3-21

名 称	化 学 成 分 (%)					机 械 性 能			
	C	Si	Mn	P	S	其它元素	抗拉强度	抗弯强度	冲击韧性
							σ_b (公斤力/毫米 ²)	σ_{bb} (公斤力/毫米 ²)	a_k (公斤力·米/厘米 ²)
普通冷硬铸铁	3~3.6	0.5~0.75	>0.50	≤ 0.35	≤ 0.14				
	3.5~3.6	2.0~2.2	0.7~1.0		<0.2				HB450~550
	3.5~3.7	1.8~2.0	0.7~1.0	≤ 0.2	≤ 0.12		20~25	40~47	≥ 50
	3.8~4.0	0.7~1.0	0.9~1.1	≤ 0.2	≤ 0.12		20~25	40~47	≥ 50
	3.5~3.7	1.75~2.10	0.5~0.9	≤ 0.15	≤ 0.15	Bi 0.003~0.0077	>15	>33	43~50
镍 铬 铜 冷硬铸铁	3.2~3.4	1.9~2.1	0.65~0.85	≤ 0.12	≤ 0.10	Ni 0.4~0.5 Cr 0.9~1.1 Mo 0.4~0.55	20~25	40~47	铸态 53~56、 600°C 回火后 50~55
	3.5~3.8	1.7~2.0	0.6~0.9	≤ 0.2	≤ 0.09	Cr 0.5~0.8 Mo 0.5~0.7 稀土硅铁 0.5~0.7	25	47	≥ 53



硼冷硬铸铁	3.75	1.7	0.6	0.13	≤0.07	Fe 0.02~0.04	15	33			50~51
稀土冷硬铸铁	3.3~3.5	2.6~2.8	1.2~1.6	≤0.2	≤0.12	稀土硅铁 1.7~2.0	40~50	70~90			42
低铬白口铁	2.8~3.0	<1.2	0.4~0.6	≤0.04	<0.04	Cr 3.3~4.5 RE					64~68
铜白口铁	2.4~2.6	<1.0	2.2~2.5	<0.04	<0.04	Cu 1.2~1.5 RE 1.5					62~65
高铬白口铁	3.25	0.5	0.7	0.06	0.03	Cr 15.0 Mo 3.0					62~65
镍铬白口铁	3.0~3.6	0.4~0.7	0.4~0.7	<0.40	<0.15	Cr 1.4~3.5 Ni 4.0~4.7					砂型>53 金属型>56
锰钨白口铁	2.7~3.0	1.2~1.5	1.3~1.6	<0.1		W 1.6~1.8					38~45
	3.0~3.3	0.8~1.2	5.5~6.0	<0.1		W 2.5~3.5					55~60
锰钼白口铁	2.7~3.0	1.2~1.6	1.0~1.2	<0.1		Mo 0.7~1.2					45~50
	3.5~3.8	1.3~1.5	4.5~5.0	<0.1		Mo 1.5~2.0 Cu 0.6~0.8					55~62
中锰 MII 球铁 (以韧性为主)	3.3~3.8	4.0~5.0	8.0~9.5	<0.15	<0.02	Mg 0.025~0.06 RE 0.025~0.05	35~45	55~70	1.5~3.0	4.0~7.0	38~47
中锰 MII 球铁 (以硬度为主)	3.3~3.8	3.3~4.0	5.0~7.0	<0.15	<0.02	Mg 0.025~0.06 RE 0.025~0.05		55~80	0.8~1.5	3.0~4.0	48~56

注：冷硬铸铁的硬度指白口层，机械强度指灰口部分。



三、非铁金属材料

1. 常用非铁金属及其合金的代号

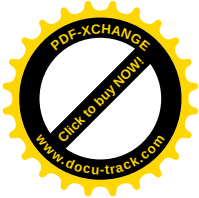
表 3-22

名 称	代 号	名 称	代 号
铜	T	超 硬 铝	LC
黄 铜	H	特 殊 铝	LT
青 铜	Q	铸 铝	ZL
白 铜	B	镁	M
无 氧 铜	TU	变形镁合金	MB
真 空 铜	TK	铸造镁合金	ZM
铝	L	镍	N
防 锈 铝	LF	钛	TA、TB、TC
锻 铝	LD	铸造合金	Z
硬 铝	LY	轴 承 合 金	Ch

2. 常用非铁材料的状态及特性代号

表 3-23

名 称	代 号	名 称	代 号
退 火	M	优质表面(退火)	MO
淬 火	C	优质表面(淬火)	CO
淬火(自然时效)	CZ	加厚包铝的	J
淬火(人工时效)	CS	不 包 铝 的	B
硬	Y	不包铝(热轧)	BR
3/4 硬, 1/2 硬	Y ₁ , Y ₂	不包铝(退火)	BM
1/3 硬, 1/4 硬	Y ₃ , Y ₄	不包铝(淬火、冷作硬化)	BCY
特 硬	T	不包铝(淬火、表面优质)	BCO
热轧, 热挤	R	淬火、自然时效、冷作硬化、表面优质	CZYO
优质表面	O		



3. 常用非铁金属及其合金的特性

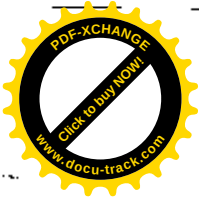
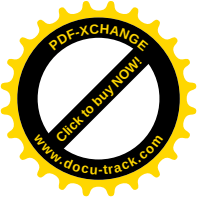
表 3-24

合 金	主 要 特 性
铝及其合金	比重小(~ 2.7), 比强度大, 耐蚀性好, 导电、导热、无铁磁性、反光能力强, 塑性大, 加工和铸造容易
铜及其合金	导电、导热性优良, 耐蚀性、强度、耐磨性较好, 塑性大, 加工和铸造容易
镁及其合金	比重小(~ 1.7), 比强度、比刚度大, 能承受大的冲击载荷, 切削加工和抛光性能良好, 对有机酸、碱类和液体燃料的耐蚀性较高
镍及其合金	机械性能高, 耐热、耐蚀以及特殊的电、磁、热膨胀性能好
钛及其合金	比重小(~ 4.5), 比强度大, 高、低温性能好, 耐蚀性能优良
锌及其合金	机械性能较高, 熔点低, 加工成材及压力铸造容易
锡、铅合金	熔点低, 导热性好, 耐磨。铅合金耐蚀, 比重大(~ 11), X射线和 γ 射线穿透能力小
钨、钼、钽、铌及其合金	熔点高 ($> 1700^{\circ}\text{C}$), 可在 10^3C 以上做结构材料使用, 强度和硬度高

4. 常用非铁合金与典型钢铁的机械性能比较

表 3-25

合金代号	比重 ρ (克/厘米 ³)	抗拉强度	屈服极限	疲劳极限	延伸率 δ (%)	$\frac{\sigma_b}{\rho}$	$\frac{\sigma_{0.2}}{\rho}$	$\frac{\sigma_{-1}}{\rho}$
		σ_b	$\sigma_{0.2}$	σ_{-1}				
		(公斤力/毫米 ²)						
20 钢	7.8	40	20	14	20	5.1	2.6	1.8
40CrNiMoA	7.8	100	85	41	12	13	11	5.3
铸铁	7.2	21	14	7		2.9	2	0.97
LY12	2.8	46	38	11.5	15	16.4	13.6	4.1
ZL104	2.7	25	20	9	4	9.3	7.2	3.3
ME7	1.8	30	20	13	8	16.7	11	7.2
ZM5	1.8	25	10	10	5	13.9	11	5.6
H62	8.4	20	15	12	40	3.6	1.8	1.4
QA19-4	7.5	55	30	21	12	7.3	4	2.8
QBe2	8.2	120	100	20	2.5	14.6	12.2	2.4
BZn15-20	8.7	38	14	13	35	4.4	1.6	1.5
NCu28-2.5-1.5	8.8	45	24	17	25	5.1	2.7	1.9
TC4	4.4	95	85	35	10	21.6	19.3	8



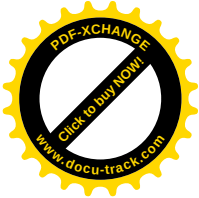
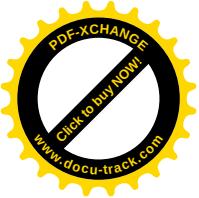
5. 铝及铝合金的性能

(1) 变形铝及其合金的性能(室温)

表 3-26

牌 号	种 类	状 态	抗拉强度		屈服极限	剪切强度	延伸率 δ	收缩率 ψ	硬 度 HB	线胀系数 $\alpha(10^{-6}/^{\circ}\text{C})$	导 热 系 数 $\lambda(\text{卡/厘米}\cdot\text{秒}\cdot\text{度})$	
			σ_b	$\sigma_{0.2}$	τ	25 $^{\circ}\text{C}$					300 $^{\circ}\text{C}$	
L4、L6		Y	15	10	—	—	6	60	32	20~300 $^{\circ}\text{C}$	0.52	—
		M	8	3	15.5	—	35	80	25	25.6	0.54	—
LF2	棒 材	YZ	25	21	15	—	6	—	60	25.8	0.37	0.39
		M	19	8	12.5	—	23	64	45	—	—	—
LF6	$\phi\leq 200$	M	32	16	—	—	15(δ_5)	—	—	25.5	0.28	0.31
	板 5~50	R	≤ 32	16	—	—	6~15	—	—	—	—	—
LF21	$\phi\leq 150$	M	≤ 17	—	—	—	20(δ_5)	—	—	25.1	0.43	0.44
	板 5~50	R	12	—	—	—	12~15	—	—	—	—	—
LY2	挤压带材	OS	52	34.5	(纵向)	17.5	17.5	20.5	—	26	0.32	0.38
			44.5	30	(横向)	17.0	20	—	—	—	—	—

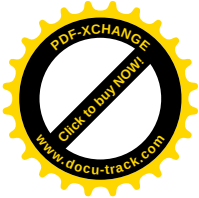
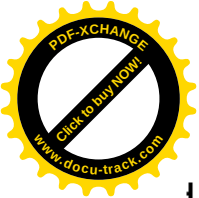
LY6	包铝板材	CZ	44	30	—	20	—	—	—	—	—	0.41
		CS	54	44		10						
LY11	锻 件	CZ	41	25	27	15	30	115	25.1	0.23	0.41	
		CZ	52	33	30	12	15	131		0.29		
LY12	大型型材	新淬火	43	23	—	13	15	—	24.7	—	—	
		M	22	10	—	13	30	—		0.46	—	
		CZ	52	39	26	9.5	15	131		0.29		
LD5	模 锻 件	CZ	42	30	—	13	—	105	—	0.42	0.44	
LD8	挤压带材		42	35	(纵向)	10.5(δ_5)	20.5	—	24.9	0.35	0.40	
			42.5	36	(横向)	6.5(δ_5)	9					
LD10	小型模锻件	CS	48	38	29	10	25	135	24.5	0.38	0.43	
LC4	薄 型 材	M	22	10	—	15	—	—	26.2	0.37	0.39	
	型 材		56	53	—	8	—	—				
	壁 厚		60	55	32.5	8	12	150				
	包铝板 $\delta < 2.5$		52	44	—	14	—	—				



(2) 铸造铝合金的性能(室温)

表 3-27

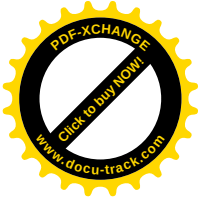
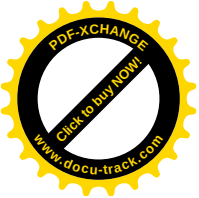
基 体	牌 号	试样种类	铸造方法	热处理状态	抗拉强度 σ_b	屈服极限 $\sigma_{0.2}$	剪切强度 τ	延伸率 δ (%)	冲击韧性 α_k (公斤力·米/厘米 ²)	硬 度 HB	线胀系数 α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)		导 热 系 数 λ (卡/厘米·秒·度)	
											20~300 $^{\circ}\text{C}$		25 $^{\circ}\text{C}$	
Al-Si 合 金	ZL-101	单铸试样 ($\phi 12$ 毫米)	S	T ₄	20	11	15	4	—	55	24.5	0.36	0.40	
			SB	T ₄	20	—	—	8	—	—				
			J	T ₄	22	—	—	8.5	—	50				
			S	T ₅	25	17	19	4	—	70				
			J	T ₅	23	19	—	5	—	90				
			S	T ₆	24	21	13	3	—	75				
	ZL-101	单铸平板 33	S	T ₇	19	14	11	4.5	—	60	23.5	0.35	0.38	
			SB	—	18	10	—	3	—	60				
			J	—	22	12	—	2	—	65				
			SB	T ₆	26	20	—	4	0.5	70				
			J	T ₆	27	22	—	3	0.45	70				
			Y	—	29	16	—	1.8	—	—				



ZL-105	单铸试样 ($\phi 12$ 毫米)	S	T ₁	13	16	15	1	—	65	23.9	0.38	0.42
		J	T ₁	20	17	17	2	—	75			
		S	T ₆	27	18	21	0.8	0.2	80			
		J	T ₆	30	19	21	2(δ_5)	—	95			
		S	T ₇	24	23	18	0.5	—	85			
		J	T ₇	29	21	21	2	—	90			
Al-Cu 合金	ZL-201 ZL-202	S	T ₄	34	16	—	12	2	90	—	0.25	0.34
		S	T ₆	37	22	—	5	0.8	100			
		S	T ₅	45	30	—	10	2	120	26.4	0.32	0.41
		S	T ₄	30	17	23	11	1	70			
Al-Mg 合金	ZL-301 ZL-302	J	T ₄	33	18	—	15	—	80	27.3	0.22	0.26
		S	T ₄	24	18	20	3	0.2	95			
Al-Zn 合金	ZL-401	S	T ₁	19.3	—	—	0.5(δ_5)	—	88.7	—	—	—
		J	T ₁	21.9	—	—	1.2(δ_5)	—	82.6			
	ZL-501	S	—	22	—	—	2	—	80	—	—	—
		J	—	26	—	—	2	—	90			

注: 1. 铸造方法代号: S—砂型; J—金属型; Y—压力铸造; B—变质处理。

2. 热处理状态代号 T₁ 见表 3-39。



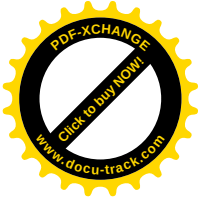
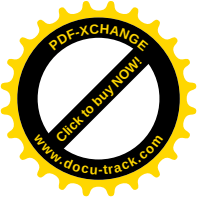
6. 铜及铜合金的性能

(1) 变形铜及其合金的性能 (室温)

表 3-28

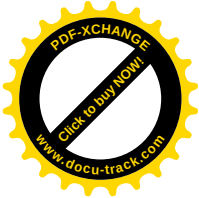
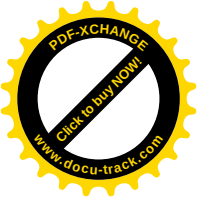
牌 号	种 类	状 态	抗拉	屈服	剪切	延伸	收缩	冲击韧性 α_k (公厘力·米 /厘米 ²)	硬 度 HB	导热系数 (20°C) λ (卡/厘米· 秒·度)	线 胀 系 数 α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	
			σ_b	$\sigma_{0.2}$	强度 τ	率 δ	率 ψ				20°C	20~300°C
T2、T3、T4	棒材	软	24	7	19	50	75	16~18	45	0.92	16.4	—
		硬	45	38	43	6	35	—	120		—	—
H96	管材	硬, 变形 50%	40	35	—	3	—	—	117~137	0.59	—	—
H68	带材	软	30	10	20	50	70	17	55	0.27	—	19
		硬	52	—	—	12	52	—	150		—	—
H62	管材	软	36	11	—	49	66	14	56	0.26	—	20.6
		硬	68	48	—	3	20	—	140		—	—
	棒材	纵 向	37	16	—	49	—	—	—		—	—
		横 向	—	—	—	—	—	—	—		—	—
HPb59-1	棒材	软	42	14	26	42	44	5	75	0.25	20.6	31
		半 硬	—	24	—	—	—	6	116		—	—
(53)	板材	硬	62	42	—	4~6	—	—	149		—	—
		纵 向	58	47	—	11	—	—	—		—	—
		横 向	—	46	—	5	—	—	—		—	—

HSn62-1	棒材	软	38	15	—	37	—	—	85	0.26	19.3	—
		硬	45	38	—	20	—	—	145	—	—	—
HAl60-1-1	棒材	硬, 冷作硬化 50%	76	—	—	9	—	—	170	—	21.6	—
HFe59-1-1	棒材	软	45	17	30	30	50	12	80	0.24	22	22.7
		硬	60	—	—	20	—	—	160	—	—	—
HMn58-2		软	44	—	32	36	52.5	—	85	0.168	21.2	—
		硬	60	—	—	10	—	—	120	—	—	—
QSn4-3		软	35	—	—	40	—	—	60	0.20	18	—
		硬	55	—	—	4	—	—	160	—	—	—
QSn6.5-0.1	带材	硬	60	35	—	12	—	—	—	0.13	17.7	—
QSn6.5-0.4	—	软	40	22	—	65	—	—	80	0.18	17	19
		硬	75	62	—	10	—	—	180	—	—	—
QSn7-0.2	棒材	硬	50	—	—	15	20	7	180	0.12	18	—
QAl9-2	棒材	挤压	40	30	—	25	—	—	160	0.17	—	—
		硬	60	50	—	—	—	—	—	—	—	—
QAl9-4	棒材	压制	55	30	38	12	—	—	140	0.14	16.2	19
QAl10-3-1.5	棒材	挤压	65	35	—	8	—	—	160	0.14	16	—
QAl10-4-4	棒材	软	60	—	—	35	45	4.2	140~160	—	—	—
		硬	77	—	—	—	11	—	225	0.12	17.1	—
		挤压, 经处理	70	—	—	6	—	—	200	—	—	—



(续)

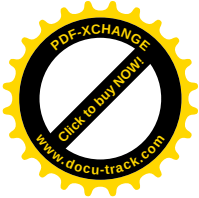
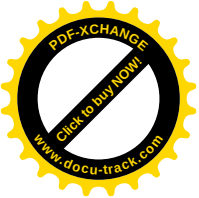
牌 号	种 类	状 态	抗拉 强度 σ_b	屈服 极限 $\sigma_{0.2}$	剪切 强度 τ	延伸 率 δ	收缩 率 ψ	冲击韧性 α_k (公斤力·米 /厘米 ²)	硬 度 HB	导热系数 (20°C) λ (卡/厘米· 秒·度)	线 胀 系 数 α (10 ⁻⁶ /°C)	
											20°C	20~300°C
QBc2		软(淬火)	45	30	—	40	65	—	HV90	0.2~0.25	—	17.6
		硬(淬火和变形 40%)	85	75	—	3	—	—	HV250			
		回火(淬火后)	125	100	—	2.5	—	—	HV375			
		回火(淬火和冷变形后)	135	—	—	2	—	—	HV400			
QSi3-1	棒材	冷 拉	55	—	—	12	—	15	—	0.11	15.8	—
QSi1-3	棒材	挤压, 经处理	55	52	—	15	28	4	130~180	0.25	—	—
B30	板材	软	38	—	—	23	—	—	—	0.089	15.3	—
		硬	55	—	—	3	—	—	—	0.06~ 0.085	—	—
		软	35	—	—	35	—	—	—			
		硬	55	—	—	2	—	—	—			
BA16.1.5	板材	特 硬	65	—	—	1	—	—	—	—	—	—
		硬	55	—	—	3	—	—	—			
		软	36	—	—	25	—	—	—			
		硬(冷硬 80%)	70~85	—	—	2~4	—	—	155	0.052	16.0	—
BMn40-1.5		软	40~50	—	—	30	71	—	75~90	0.05	14.4	—



(2) 铸造铜合金的性能

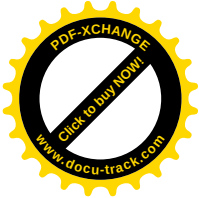
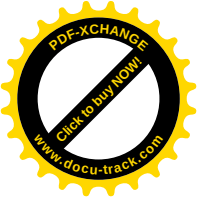
表 3-23

牌 号	铸造方法	抗拉强度	屈服极限	剪切强度	延伸率 δ (%)	收缩率 ψ (%)	冲击韧性 α_k (公斤力·米/ 厘米 ²)	硬 度 HB	导热系数 λ (卡/厘米· 秒·度)	线胀系数 α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
		σ_b	$\sigma_{0.2}$	τ						
ZH62		33	12	24	35	50			0.26	
ZHSi80-3	S	30			15			90	0.086	18.8~20.8
	J	35			20			100		
ZHPb48-3-3-1	S	40			10			100		
	J	45			10			120		
ZHPb59-1	S	20			10			80	0.26	20.1
	J	25			20			90		
ZHSn62 1		35			25		7.7	82		
ZHA166-6-3-2	S	60			7			160	0.119	19.8
	J	65			7			160		
ZHA167-2.5	S	30			12			80	0.27	
	J	40			15			90		
ZHFe59-1-1	S	30			25			85	0.241	22
	J	35			25			90		
ZHMn55-3-1	S	45			15			100	0.122	19.1
	J	50			10			110		
ZHMn58-2		36	15.6		24		12	100	0.163	22.2



(续)

牌 号	铸造方法	抗拉强度	屈服极限	剪切强度	延伸率	收缩率	冲击韧性 α_k (公斤力·米/ 厘米 ²)	硬 度 HB	导热系数 λ (卡/厘米· 秒·度)	线胀系数 α (10 ⁻⁶ /°C)
		σ_b	$\sigma_{0.2}$	τ	δ	ψ				
ZQSn3-12-5	S	18			8			60		17.1
	J	22			10			60		
ZQSn4-3		20~30	6.5	21	15		4	60~70	0.2	18
ZQSn5-5-5	S	18			8			60	0.224	19.1
	J	20			10			65		
ZQSn6.5-4		30	14	27	22		5.5		0.18	17~19
ZQSn10-2	S	20			10			70	0.132	18.3
	J	25			6			80		
ZQAl9-2		45	20		20		7	90~120	0.17	17~20.1
ZQAl9-4		50	20	35	15	30	6	125	0.14	18.1
ZQAl10-3-1.5		55	22	38	20	25	7	135	0.14	16
ZQPb12-8	S	15			6			60		17.1
	J	20			3			65		
ZQPb25-5	S	14			4			45	0.14	18.0
	J	15			6			55		
ZQSi3-1		35	10		25			90	0.10	15.8
ZBMn40-1.5						26	8.7	68	0.05	14.4



7. 镁及镁合金的性能

(1) 变形镁合金的性能(室温)

表 3-30

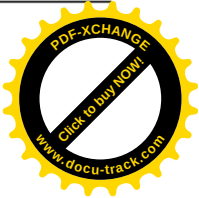
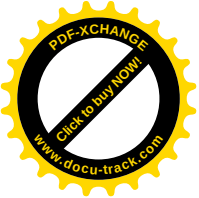
牌号	种类	状态	抗拉强度 σ_b		屈服极限 $\sigma_{0.2}$	延伸率 δ	收缩率 ψ	冲击韧性 α_k (公斤力·米/厘米 ²)	导热系数 λ (卡/厘米·秒·度)		线膨胀系数 α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)		硬度 HB
			σ_b	(公斤力/毫米 ²)					25 $^{\circ}\text{C}$	300 $^{\circ}\text{C}$	20~100 $^{\circ}\text{C}$	100~200 $^{\circ}\text{C}$	
MB1	板材	M(300 $^{\circ}\text{C}$, 30分钟)	21		12	8		0.5	0.30	0.32	26	27	45
			28		18	10	30	1.2	0.23	0.26	26		35
MB2	棒材	R	27		17	12		1.2					
			25		16	18	28	1.0	0.32		23.7	26.1	50
MB8	板材	M(300~350 $^{\circ}\text{C}$, 30分钟)	33.5		28	9	24	0.9					
			34.5		29	10							
MB15	棒材	S	32.5		27	10	25	0.7	0.28	0.30	20.9	22.6	60
			31		25	12							75



(2) 铸造镁合金的性能(室温)

表 3-31

牌 号	种 类	状 态	抗拉强度	屈服极限	剪 切 强 度	延 伸 率 δ_5	收 缩 率 ψ	冲击韧性 a_k (公斤力·米/ 厘米 ²)	硬 度 HB	导热系数 λ (卡/厘米·秒·度)		线 胀 系 数 α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	
			σ_b	$\sigma_{0.2}$	τ					50°C	200°C	20~100°C	20~300°C
ZM1	铸造 S		23	11		13		0.4	50				
		T ₁	28	17.5	20.5	8	9.5	0.4	60	0.27	0.29	25.8	27.5
		T ₆	27	17.0	15.0	10			60				
ZM2	S		18	10		5			50			25.8	27.2
		T ₁	23	15.5	20.0	6	6.5	0.25	60	0.28	0.30		
			12			1.5						23.6	25.9
ZM3	S	T ₂	13.5	10		2.5	3		50				
ZM5	S		18			3.5	4		50			26.8	28.7
		T ₄	25	9.5		8.5	15	0.5	60	0.185			
		T ₆	25.5	9.5		3.5	8.5	0.3	70				



8. 镍及镍合金的性能

(1) 纯镍及其合金的性能

表 3-32

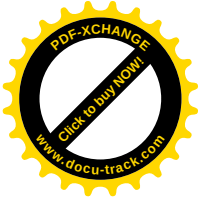
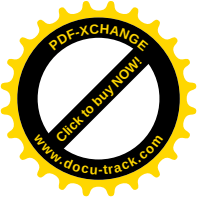
代 号	状 态	规 格	抗拉强度 σ_b (公斤力/ 毫米 ²)	延伸率 δ (%)	导热系数 $\lambda(20^\circ\text{C})$ (卡/厘米· 秒·度)	线胀系数 $\alpha(10^{-6}/^\circ\text{C})$ (0~100°C)
N ₂ , N ₄	冷轧 M	80.5~10	40	35	0.22	13.4
N ₆ , N ₇	板 Y	20.5~10	55	2	0.22	13.4
N ₂ , N ₄	拉制 M	0.3~18	40	35	0.22	13.4
N ₆	薄壁管 Y	0.3~18	55	1	0.22	13.4
N ₆	挤压管 R	75~120	35	20	0.22	13.4
N ₆	拉制管 Y	5~50	45	5	0.22	13.4
N ₆	挤制棒 R	40~80	35	20	0.22	13.4
NMn3			50	40	0.127	
NMn5			55~60	40~45	0.115	

注: 镍经适当的合金化, 还可得到高耐热性, 特殊的热膨胀性能。

(2) 蒙乃尔(NCu28-2.5-1.5)合金的性能

表 3-33

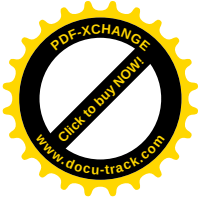
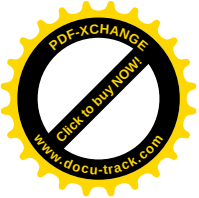
代 号	状 态	规 格	抗 拉 强 度 σ_b (公斤力/毫米 ²)	延 伸 率 δ (%)	导 热 系 数 $\lambda(20^\circ\text{C})$ (卡/厘米·秒·度)
合金板	热轧 R	5~14	45	20	0.06
	冷轧 M	0.5~10	45	25	
	冷轧 Y ₂	0.5~10	58	6.5	
	冷轧 Y	2~10	65	2.5	
合金管	拉制 Y	0.3~18	60	1	
	薄壁 Y ₂	0.3~18	55	6	
	M	0.3~18	40	20	
	挤制 R	75~120	40	25	
合金棒	拉制 M	16~40	45	20	
	Y	16~40	60		
	挤制 R	20~80	40	25	



9. 钛及钛合金的性能

表 3-34

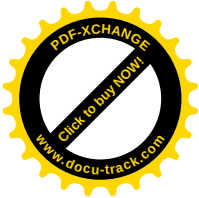
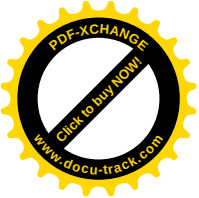
牌号及分类	种 类	状 态	抗 拉 强 度 σ_b		屈 服 限 $\sigma_{0.2}$	收 伸 率 δ_5		收 缩 率 ψ	冲 击 韧 性 α_k (公斤力· 米/厘米 ²)	硬 度 HB	导 热 系 数 λ (卡/厘米· 秒·度)		线 胀 系 数 α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)		
			(公斤力/毫米 ²)			(%)					25 $^{\circ}\text{C}$	300 $^{\circ}\text{C}$	20 $\sim$ 100 $^{\circ}\text{C}$	200 $\sim$ 300 $^{\circ}\text{C}$	
α 型	TA2 工业纯钛	M	50	37	31(δ)	—	—	—	—	—	0.039	0.040	8	9.1	
	60		47	15(δ)											
	TA4	锻 件	73	64	22(δ)	49	—	—	—	—	0.025	—	8.1 $\sim$ 8.2	—	
	TA5		70	65	15	40	—	—	—	—	—	—	—		
α 型	TA6 棒 ϕ 10 $\sim$ 12	M	90	83	8.5(δ)	36	—	—	—	—	0.018	0.028	8.3	9.5	
	板	M	80	69	15(δ)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		TA7 板、棒	M	75 $\sim$ 95	65 $\sim$ 85	8 $\sim$ 15(δ)	—	—	—	—	—	—	—	8.3	9.5
TA8	棒 ϕ 22	M	104 $\sim$ 110.5	98.5 $\sim$ 104	10 $\sim$ 13.5	19 $\sim$ 35.5	2.4 $\sim$ 3.2	—	—	—	0.018	0.026	8.9	9.5	
β 型	TB1	CS	130	125	5(δ)	—	—	—	1.5	—	—	—	—	9.0	9.8
		C	90 $\sim$ 105	85 $\sim$ 100	>25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	TB2	CS	140	—	7(δ)	—	—	—	1.5	—	—	—	0.031	8.53	9.52



	TC1	板 335	M	60~75	47~65	20~40	—	6~12	210~250	0.023	—	8.0	9.1
	TC2	板 31	M	70~90	55~65	15~40	25~55	3.5~6.5	—	0.020	—	8.0	9.1
α	TC3	棒	M	100~115	90~105	10~15	35~45	3.5~6	320~360	0.20	0.027	8.4	10.1
			CS	120~130	110~125	10~14	30~40	2.5~4.5	350~390	—	—	—	—
$\pm$	TC4	棒	[1]	106	95.3	14.5	48.7	5.6	—	0.020	0.027	8.4	10.1
			[2]	119	—	13	49.3	4.7	—	—	—	—	—
	TC5			95~115	85~105	10~16(δ)	25~40	3~6	260~320	0.017	0.025	8.4	—
β	TC6	棒、模锻	处理	110	100	12	35	4	—	0.019	0.027	8.6	—
	TC7			100~110	95~105	10~15(β)	25~35	3.5~6	320~400	0.017	—	—	—
型	TC8	棒	M	110	102	14	42	4.5	325	0.017	0.027	8.4	8.9
	TC9	棒	M	120	103	11	28.5	—	—	—	0.029	7.7	9.27
	TC10	棒	M	110~115	106	10~14	30~47	73.5	—	—	0.025	8.32	9.87

注: 1. TC4 的状态栏中[1]为 800°C 1 小时, 空冷; [2]为 910°C 水淬, 430°C 4 小时, 空冷。

2. 钛是化学活性高的金属, 在使用和加工过程中温度不宜高于 500°C, 按其退火组织成分: α 型, 代号 TA (不能热处理强化); β 型, 代号 TB (性能不稳定, 可热处理强化); $\alpha + \beta$ 型, 代号 TC (可热处理强化)。

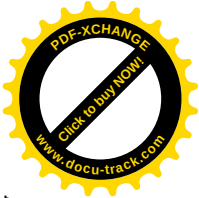
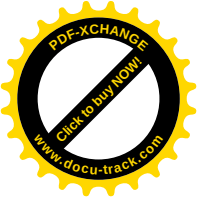


10. 其它非铁合金的性能

(1) 轴承(锡锑、铅锑)合金的性能

表 3-35

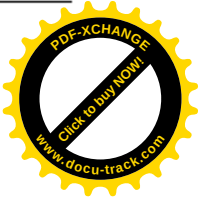
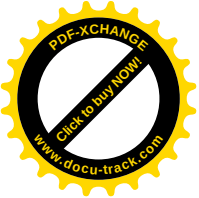
牌 号	抗拉强度 σ_b		抗压强度 σ_{bc}	屈服强度 $\sigma_{0.2}$	疲劳极限 σ_{-1}	延伸率 δ (%)	冲击韧性 α_k (公斤力·米/厘米 ²)	线胀系数 α (10 ⁻⁶ /°C)	相应温度下的硬度 HB				熔 点 (°C)
	(公斤力/毫米 ²)								17~20°C	50°C	100°C	150°C	
ZChSnSb 11-6 (ZChSn2)	9	11.5	6.7	2.5	6	1.07	23	30	22.8	14.5	8.2	240	
ZChSnSb 4-4 (ZChSn4)	8	9	—	—	7	—	—	22	16.4	9.2	6.4	238	
ZChPbSn 16-16-2 (ZChPb1)	7.8	12.3	—	2.3	0.2	0.14	24	34	29.5	15	8.1	240	
ZChPbSb 15-5-3 (ZChPb2)	6.8	13.6	—	—	0.2	0.15	28	32	24.9	14	—	232	
ZChPbSb 15-10 (ZChPb3)	6	12.8	5.8	—	1.8	0.44	—	26	24.8	—	—	240	



(2) 锌合金的性能

表 3-36

牌 号	ZnAl10-5		ZnAl9-1.5		ZnAl4-1		ZnAl4	ZnCu1	ZnAl15	ZnAl10-5	ZnAl10-1	ZnAl4-1	ZnAl0.2-4
	S	J	S	J	J	Y	Y						
抗拉强度 σ_b (公斤力/毫米 ²)	28	30	28	32	18	28	25	20~30	25~40	35~45	40~46	37~44	30~36
延伸率 δ (%)	0.5	1.0	0.7	1.5	0.5	2	5	20~30	10~40	12~18	8~12	8~12	20~30
收缩率 ψ (%)	—	—	—	—	—	—	—	70~80	40~50	—	45~60	25~60	60~70
冲击韧性 α_k (公斤力·米/厘米 ²)	—	—	—	—	—	—	—	1.5~2	1.3~1.6	0.5~1.0	1.8~2.1	1.8~2.2	0.5~0.7
硬度 HB	80	100	90	105	80	80	65	45~75	60~100	90~110	90~110	90~105	75~90
导热系数 λ (卡/厘米·秒·度) (70~140°C)	0.24	0.24	0.24	0.24	0.27	0.27	0.26	—	—	—	—	—	—
线胀系数 α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) (20~100°C)	27	27	27	27	27.4	27.4	27.4	34.8	27~28	27	27~28	27.4	—

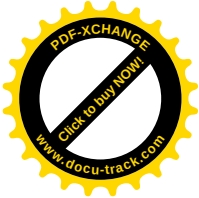
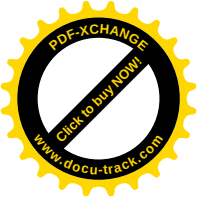


四、金属材料的热处理知识

1. 部分相组织的名称和特性

表 3-37

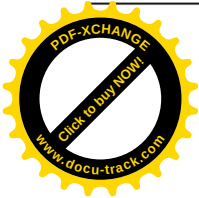
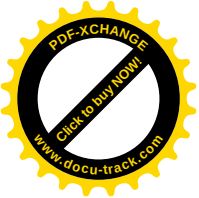
名 称	特 性
铁 素 体	是碳在 α 铁中的固溶体。它的含碳量不超过0.02%，质地很软(HB80~100)、很韧、抗拉强度很低($\sigma_b=25$ 公斤力/毫米 ²)，磁性较强。含铁素体较多的钢，淬火后硬度不高，适于冲、挤、压加工和制造电磁元件
奥 氏 体	是碳在 γ 铁中的固溶体。它的质地软韧，富于延展性，硬度为 HB170~220，无磁性。在一般钢中，它是高温转变时的产物，但在不锈钢、高铬钢、高锰钢中，常温时亦存在
渗 碳 体	是碳与铁的化合物(Fe_3C)。硬度极高(HB>700)，质地很脆
珠 光 体	是铁素体和渗碳体的共析混合物。据渗碳体形状之异，它分为片状与球状。硬度(片状 HB190~230，球状 HB160~190)和强度($\sigma_b=88$ 公斤力/毫米 ²)比铁素体高，韧性稍低，但不脆。为容易切削加工，要求在正火和退火时得到珠光体组织
莱 氏 体	是奥氏体分解产物和渗碳体的共晶混合物。组织较粗，硬度(HB>700)很高，它只在铸铁中出现
马 氏 体	是钢淬火后碳在 α 铁中的过饱和固溶体组织。它的硬度(HB600~700)和抗拉强度($\sigma_b=167\sim221$ 公斤力/毫米 ²)很高，但内应力很大，组织不稳定，韧性很低
索 氏 体	钢淬火成马氏体后，经450~600℃回火或加热到奥氏体后，以适当速度冷却得到的组织通称为索氏体。它有良好的综合机械性能，强度较高，硬度 HB250~350，延伸率和冲击韧性很好
屈 氏 体	钢淬火成马氏体后，经300~450℃回火或加热到奥氏体后，以一定速度冷却得到的组织通称为屈氏体。它的 HB330~400，强度比马氏体低，但韧性比马氏体好
贝 氏 体	是钢在等温淬火时产生的组织。具有较高的硬度、强度、耐磨性和冲击韧性



2. 钢的主要热处理方法

表 3-33

热 处 理		目 的
名 称	代 号	
退 火	Th	降低钢件的硬度; 消除钢中内应力; 使钢的成分均匀化; 细化钢的组织, 并为下一步工序作准备
正 火	Z	调整钢件的硬度、细化晶粒及消除网状碳化物, 并为淬火作好组织准备。也能改善切削性能(对于低碳钢) 与退火的区别是冷却速度大。正火后的组织是细珠光体和少量铁素体或单一细珠光体, 硬度也较高
淬 火	Q	使工件具备一定的显微组织, 以保证某一截面部位在回火后满足要求的机械性能。能提高硬度及强度; 增高耐磨性
脉冲淬火		是借助于脉冲的高聚能量在极短时间内(如1/1000秒)把工件加热, 又极快地冷却, 能获得极细的晶粒和高硬度(如 HV950~1250), 无变形, 无氧化膜, 耐磨, 耐蚀。淬后不需回火
等温淬火		是将工件加热到淬火温度后, 淬火稍高于某一组织转变的温度的溶盐液中保持一段时间, 得到贝氏体等组织, 使之具有较高的强度和韧性。淬火应力小, 能防止变形和开裂。适用于薄形和较大尺寸零件
回 火	Hh	获得稳定的金相组织; 降低或消除淬火应力; 降低强(硬)度, 提高塑性、韧性有利于切削加工
调 质	T	获得细致、均匀的组织, 从而有良好的综合机械性能, 以利切削加工, 并能有较好的光洁度
固溶处理		能细化晶粒, 消除加工硬化, 便于切削加工。与淬火的区别是加热温度更高, 且冷却过程中无相变
时 效	RS	消除铸件的内应力, 稳定其形状尺寸。对于特殊钢及特殊性能合金或有色合金可用以提高强度等。含碳量越高, 效果越显著 在室温下完成的是自然时效; 用加热来加速完成的是人工时效



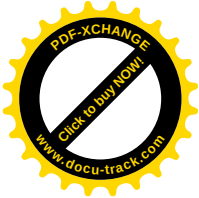
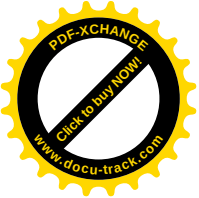
(续)

热 处 理		目 的
名 称	代 号	
冷 处 理		提高一般淬火钢的耐磨性及疲劳寿命, 稳定精密零件的尺寸、形状, 能缩短工艺周期, 降低工艺成本(减少残余奥氏体组织)
表面处理	G(高频)	保持工件的心部韧性和使表面具有较好的耐磨性; 可提高冲击韧性和疲劳强度等使用性能 它只改变工件表层组织, 不改变表面化学成分
	H(火焰)	
化学处理	S(渗碳)	S、D、Td 等是以表面强化为主, 提高表面硬度、耐磨性和疲劳强度, 心部能保持原有的强度和韧性 氮化同时也可以提高表面的热硬性和耐蚀性能 渗金属如铬、铝、硅等主要是改善表面的物理、化学性质, 如抗氧化、耐酸蚀等; 渗铬、硅还能增加耐磨性。它能改变表面的成分和组织, 基渗层性质与化分相同的钢类似
	D(渗氮)	
	Td(氰化)	
	(渗金属)	
形变热处理		低温形变热处理能显著提高钢的疲劳极限, 降低断裂倾向性, 如再加适当的温度回火, 能在塑(韧)性几乎不下降的条件下, 大幅度地提高钢的抗拉强度和屈服强度 高温形变热处理加适当温度的回火, 能在提高钢的抗拉强度和屈服极限的情况下, 改善钢的塑性和韧性, 提高钢件在复杂的强载荷下工作的可靠性。能显著地改善钢的塑性, 降低脆性转变温度及缺口敏感性

3. 非铁金属的热处理代号及目的

表 3-39

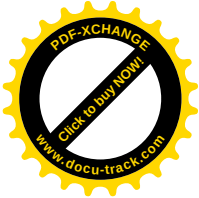
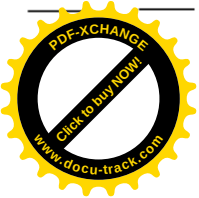
名 称	代 号	目 的
人工时效	T ₁	改善零件的切削加工性, 提高表面光洁度
退 火	T ₂	消除铸造残余应力及机械加工引起的硬化, 提高合金的塑性
淬 火 (淬火+自然时效)	T ₄	提高零件的强度及在 100°C 以下工作零件的抗蚀性
淬火+部分人工时效	T ₅	为得到足够高的强度和保持高的塑性
淬火+完全人工时效	T ₆	为了得到最大的强度和硬度
淬火+稳定化回火	T ₇	为了得到足够的强度和较高的稳定性
淬火+软化回火	T ₈	为降低合金硬度、提高塑性



4. 常用钢的热处理工艺

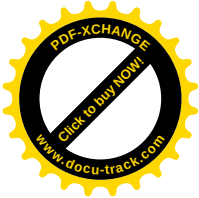
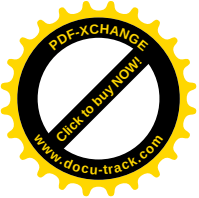
表 3-40 常用钢的热处理工艺及其效果、目的

钢 号	热 处 理		硬 度		热 处 理 目 的
	代 号	工 艺 规 范	HB	HRC	
A3		不热处理(热轧钢)			
A5		不热处理(热轧钢)			
16Mn		不热处理(热轧钢)			
08	Th	960~100°C 炉冷至 400°C 空冷			提高导磁率
	Z	910~940°C 空冷	≤131		组织均匀化, 消除应力
15	Z	910~940°C 空冷	≤143		组织均匀化, 消除应力
15	S-C59	910~930°C 渗碳 780~800°C 水冷 160~200°C 回火	心部 146~163	表面 ≥59	表面耐磨, 心部 韧性好, 去碳处可 装配钻孔
	S-G59	910~930°C 渗碳 820~860°C 高频, 水 冷 160~200°C 回火	心部 ≤143	表面 ≥59	表面耐磨, 心部 韧性好, 变形小, 去 碳处和不淬硬处可 装配钻孔
35	Z	860~880°C 空冷	≤187		组织均匀化, 消除应力
	C35	830~850°C 水冷 380~420°C 回火		30~40	提高强度和硬度
45	Z	840~860°C 空冷	≤229		组织均匀化, 消除应力
	T215	820~840°C 水冷	200~230		提高性能, 改善 组织
	T235	550~630°C 回火	220~250		
	T265	820~840°C 水冷 530~570°C 回火	250~280		提高性能, 改善 组织



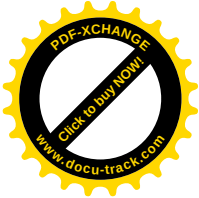
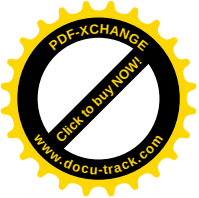
(续)

钢 号	热 处 理		硬 度		热 处 理 目 的
	代 号	工 艺 规 范	HB	HRC	
45	C42	820~840°C 水冷 350~400°C 回火		40~45	提高硬度和耐磨性
	C48	820~840°C 水冷 240~280°C 回火		46~51	提高硬度和耐磨性
	G42	860~900°C 高频, 水冷 340~370°C 回火		40~45	表面耐磨, 心部韧性好, 变形小
	G48	860~900°C 高频, 水冷 220~250°C 回火		46~51	表面耐磨, 心部韧性好, 变形小
	G54	860~900°C 高频, 水冷 160~200°C 回火		52~57	表面耐磨, 心部韧性好, 变形小
	H48	860~900°C 火焰, 水冷 250~300°C 回火		46~51	表面耐磨, 心部韧性好
50	T235	820~840°C 水冷 560~620°C 回火	220~250		改善组织
	C35	820~840°C 油冷 180~300°C 回火		30~40	变形小, 硬度略为提高
	C48	820~840°C 水冷 260~300°C 回火		46~51	提高硬度和耐磨性
	G57	860~880°C 高频, 水冷 160~180°C 回火		55~60	表面耐磨, 心部韧性好, 变形小
20Cr	S-C59	910~940°C 渗碳 790~820°C 油冷 160~200°C 回火	心部 180~250	表面 ≥59	表面硬度高, 耐磨, 心部韧性好, 去碳处可装配钻孔
	S-G59	910~940°C 渗碳 830~880°C 高频, 乳冷 160~200°C 回火		≥59	局部表面硬度高, 耐磨, 心部韧性好, 不淬硬处可装配钻孔



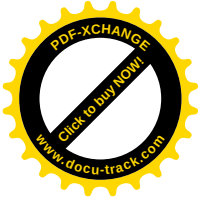
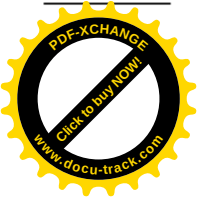
(续)

钢 号	热 处 理		硬 度		热 处 理 目 的
	代 号	工 艺 规 范	HB	HRC	
20Mn2B	S-C59	910~940°C 渗碳 810~840°C 油冷 160~200°C 回火	心部 180~250	表面 ≥59	表面硬度高, 耐 磨, 心部韧性好, 去 碳处可装配钻孔
	S-G59	910~940°C 渗碳 830~880°C 高频, 乳 冷 160~200°C 回火		≥59	局部表面硬度高, 耐磨, 心部韧性好, 不淬硬处可装配钻 孔
20CrMnTi	S-C59	910~940°C 渗碳 820~840°C 油冷 160~200°C 回火	心部 240~360	表面 ≥59	表面硬度高, 耐 磨, 心部韧性好, 但 装配钻孔较困难
	S-G59	910~940°C 渗碳 820~860°C 高频, 乳 冷 160~200°C 回火	心部 220~300	≥59	局部表面硬度高, 耐磨, 心部韧性好, 可勉强装配钻孔
20MnVB	S-C59	910~940°C 渗碳 810~830°C 油冷 160~200°C 回火	心部 220~300	表面 ≥59	表面硬度高, 耐 磨, 心部韧性好, 但 装配钻孔困难
	S-G59	910~940°C 渗碳 820~860°C 高频, 乳 冷 160~200°C 回火		≥59	局部表面硬度高, 耐磨, 心部塑性好, 可勉强装配钻孔
12CrNi3	S-C59	910~940°C 渗碳 780~800°C 油冷 160~200°C 回火	心部 220~300	表面 ≥59	表面硬度高, 耐 磨, 心部韧性好, 但 装配钻孔困难
40Cr	T215	840~860°C 油冷 600~650°C 回火	200~230		改善组织和性能
	T235		220~250		
	T265	840~860°C 油冷 540~600°C 回火	250~280		改善组织, 提高 性能
	C42	830~850°C 油冷 360~400°C 回火		40~45	有一定的强度和 适当的韧性
	C48	830~850°C 油冷 280~320°C 回火		46~51	提高强度和耐磨 性, 但韧性稍低
	C52	840~860°C 油冷 160~200°C 回火		50~55	提高强度和耐磨 性, 但韧性降低
	G48	860~880°C 高频, 乳 冷 240~280°C 回火		46~51	表面耐磨, 心部 韧性好, 变形小, 不 淬硬处可装配钻孔



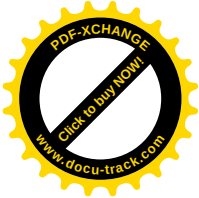
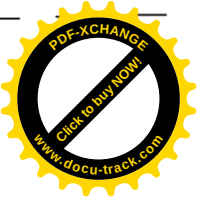
(续)

钢 号	热 处 理		硬 度		热 处 理 目 的
	代 号	工 艺 规 范	HB	HRC	
40Cr	G52	860~880°C 高频, 乳冷 160~200°C 回火		50~55	表面硬度高, 心部韧性好, 变形小, 不淬硬处可装配钻孔
	D500	500~560°C 氮化处理		HV ≥500	表面耐磨, 变形极小
45MnB	T215	820~850°C 油冷 550~650°C 回火	200~230		改善组织, 提高性能
	T235		220~250		
	T265		250~280		
	C42	830~850°C 油冷 350~370°C 回火		40~45	有一定的硬度和适当的韧性
	C48	830~850°C 油冷 280~300°C 回火		46~51	强度、耐磨性好, 但韧性较差
	C52	840~860°C 油冷 160~200°C 回火		50~55	提高硬度和耐磨性, 韧性差
40MnVB	T215	830~850°C 油冷 550~650°C 回火	200~230		改善组织, 提高性能
	T235		220~250		
	T265		250~280		
	C42	830~850°C 油冷 350~370°C 回火		40~45	提高硬度, 并保持适当韧性
	C48	830~850°C 油冷 280~320°C 回火		46~51	提高强度和耐磨性
	C52	830~850°C 油冷 160~200°C 回火		50~55	强度、耐磨性好, 但韧性较低
	G48	860~880°C 高频, 乳冷 260~280°C 回火		46~51	表面耐磨, 心部韧性好, 变形小
	G52	860~880°C 高频, 乳冷 160~200°C 回火		50~55	表面硬度高, 心部韧性好, 变形小
50Mn2	Z	820~840°C 空冷	≤241		组织均匀化
	T265	810~840°C 油冷 550~600°C 回火	250~280		获得较好的综合机械性能
35CrMo	T265	850~870°C 油冷 600~660°C 回火	250~280		获得较好的综合机械性能
	C48	850~870°C 油冷 200~220°C 回火		46~51	提高强度和硬度



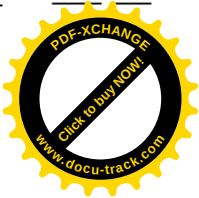
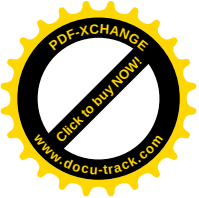
(续)

钢 号	热 处 理		硬 度		热 处 理 目 的
	代 号	工 艺 规 范	HB	HRC	
35CrMnSiA	C48	880~900°C 油冷 180~200°C 回火		46~51	提高强度和硬度
38CrMoAlA	Th	930~950°C 保温炉冷	≤229		细化组织, 降低硬度
	T350	930~950°C 保温, 油或热水淬 600~680°C 回火	350		改善组织性能
	D900	调质后 510~560°C 氮化处理, 炉冷至 100~150°C 空冷	心部 ≤260	HV ≥850	表面获得极高的硬度及耐磨性, 提高耐疲劳、耐腐蚀能力
18CrMnTi	Z	900~950°C 加热, 空冷	160~207	—	细化组织, 消除应力
	S-C59	900~950°C 渗碳 820~840°C 油淬 180~200°C 回火	240~300 (心部)	56~62	提高表面硬度, 耐磨性, 心部韧性好
	S-G59	900~950°C 渗碳, 高频加热至 820~860°C 乳化液淬 180~200°C 回火	—	56~62	局部表面硬度高, 心部韧性好
65Mn	Th	810~830°C 保温后炉冷	196~229	—	细化组织
	C52	790~820°C 油冷 260~300°C 回火		50~55	提高强度和弹性
	C58 (G58)	790~820°C 油冷 200~220°C 回火		56~61	提高硬度和耐磨性
60Si2MnA	C42	860~880°C 油冷 450~470°C 回火		40~45	提高强度和弹性
	C45	860~880°C 油冷 400~425°C 回火		43~48	
50CrVA	C42	850~870°C 油冷 460~480°C 回火		40~45	提高强度和弹性
	Th	830~850°C 保温后炉冷	≤225	—	细化组织
GCr15	C59 (G59)	840~860°C 油冷 160~200°C 回火		≥59	提高硬度及耐磨性



(续)

钢 号	热 处 理		硬 度		热 处 理 目 的
	代 号	工 艺 规 范	HB	HRC	
GCr15	Th	790~810°C 保温 710~720°C 等温一 段时间, 空冷	207~229		细化组织, 降低 硬度
	Z	900~950°C 加热空 冷	270~390		均匀组织, 消除 网状碳化物, 有利 球化
GCr15SiMn	C63	830~840°C 油冷 150~180°C 回火		≥63	提高硬度及耐磨 性
T8 (T8A)	C58	760~780°C 水冷 160~240°C 回火		56~61	提高硬度及耐磨 性
T10 (T10A)	T215	800~820°C 水或油 冷 600~640°C 长时间 回火	200~230		消除应力, 均匀 组织, 改善切削性 能, 提高耐磨性
	C61	770~790°C 水冷 160~220°C 回火		≥61	提高硬度和耐磨 性
T12 (T12)	Th	760~770°C 等温 630~650°C 球化	≤207		消除应力, 均匀 组织, 改善切削性 能
	T215	810~830°C 水或油 冷却 630~680°C 长时间 回火	200~230		消除应力, 均匀 组织, 改善切削性 能, 提高耐磨性
	C61	780~800°C 水冷 160~200°C 回火		≥61	提高硬度和耐磨 性
9Mn2V	C56	790~820°C 油冷 230~280°C 回火		54~59	提高硬度和耐磨 性
	C62	790~820°C 油冷 160~200°C 回火		≥62	提高硬度和耐磨 性
	G60	820~840°C 高频, 乳 冷 160~200°C 回火		≥60	表面耐磨, 心部 韧性好
9SiCr	C60	850~870°C 油中冷 却 160~200°C 回火		≥60	提高硬度、强度 和耐磨性
	Th	790~810°C 加热 700~720°C 等温空 冷	197~241		均匀组织, 降低 硬度



(续)

钢 号	热 处 理		硬 度		热 处 理 目 的
	代 号	工 艺 规 范	HB	HRC	
	冷处理	在淬火后不迟于1小时内冷到 -80°C			提高硬度(HRC 1.5~2), 均匀组织, 稳定尺寸
CrMn	C56	840~860 $^{\circ}\text{C}$ 油冷 240~300 $^{\circ}\text{C}$ 回火		54~59	提高硬度和耐磨性
	C62	840~860 $^{\circ}\text{C}$ 油冷 160~200 $^{\circ}\text{C}$ 回火		≥ 62	提高硬度和耐磨性
CrWMn	Th	770~790 $^{\circ}\text{C}$ 保温 680~700 $^{\circ}\text{C}$ 等温炉冷	207~255		细化组织, 降低硬度
	冷处理	在淬火后不迟于1小时内冷却到 -70°C			提高硬度(HRC ~1) 稳定尺寸
	C56	840~860 $^{\circ}\text{C}$ 油冷 260~320 $^{\circ}\text{C}$ 回火		54~59	提高硬度和耐磨性
	C62	840~860 $^{\circ}\text{C}$ 油冷 160~200 $^{\circ}\text{C}$ 回火		≥ 62	提高硬度和耐磨性
6SiMnV	C50	850~880 $^{\circ}\text{C}$ 空冷 350~400 $^{\circ}\text{C}$ 回火		48~53	提高硬度、弹性, 减少变形
	C52	830~850 $^{\circ}\text{C}$ 碱浴冷却 320~380 $^{\circ}\text{C}$ 回火		50~55	提高硬度和耐磨性
Cr12MoV	Th	850~870 $^{\circ}\text{C}$ 保温 720~750 $^{\circ}\text{C}$ 等温炉冷		207~255	降低硬度, 细化组织
	C48	1030~1050 $^{\circ}\text{C}$ 油冷 570~590 $^{\circ}\text{C}$ 回火		46~51	
2Cr13	Th	860~880 $^{\circ}\text{C}$ 炉冷	126~197		消除应力, 降低硬度
	T235	1000~1050 $^{\circ}\text{C}$ 油冷 600~700 $^{\circ}\text{C}$ 回火	230~250		改善性能, 提高抗腐蚀能力
1Cr18Ni9Ti	固溶处理	1100~1150 $^{\circ}\text{C}$ 水冷	140~200		提高耐腐蚀性

注: 1. 渗碳淬火后的机械性能数据是指心部而言。

2. 高频淬火、氮化的心部机械性能取决于预先热处理。

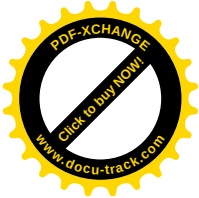
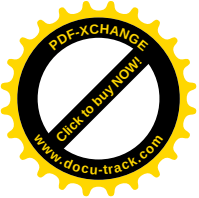


表 3-41 冷处理对淬火钢硬度的影响

钢 号	马 氏 体 点 ($^{\circ}\text{C}$)		淬火钢的奥氏体(%)		处理后增加 HRC
	M_s	M_f	处 理 前	处 理 后	
T7	300~250	-50	3~5	1	0.5
T8	250~225	-55	4~8	1~6	1.0
T9	225~210	-55	5~12	3~10	1.0~1.5
T10	210~175	-60	6~18	4~12	1.5~3.0
T12	175~160	-70	10~20	5~14	3.0~4.0
9SiCr	210~185	-60	6~17	4~17	1.5~2.5
GCr15	180~145	-90	9~28	4~14	3.0~6.0
CrWMn	155~120	-110	13~45	2~17	5~10

注: 1. 此表的淬火加热温度较高, 只用以反映冷处理对奥氏体分解的作用。
2. M_s 、 M_f 是马氏体转变的开始和终了温度。

表 3-42 热处理变形的一般趋向

	轴 类	扁平体	正方体	圆筒体	环状体
原始状态					
热应力作用	d^+, l^- 	d^+, l^+ 	趋向球状 	d^-, D^+, l^- 	D^+, l^-
组织应力作用	d^-, l^+ 	d^+, l^- 	平面内凹 棱角突出 	d^-, D^-, l^+ 	D^-, d^+
组织转变作用	d^+, l^+ 或 d^-, l^- 	d^+, l^+ 或 d^-, l^- 	a^+, c^+ 或 a^-, c^- 	d^+, D^-, l^- 或 d^-, D^+, l^+ 	D^-, d^+, l^- 或 D^+, d^-, l^+

注: 当圆筒的内径 d 很小时, 则其变形规律如圆棒或正方体类; 当圆环的内径 d 很小时, 则其变形规律如圆饼。

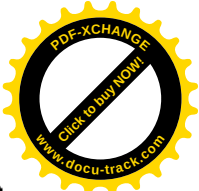
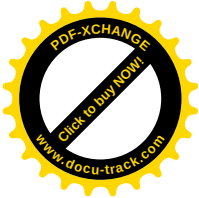
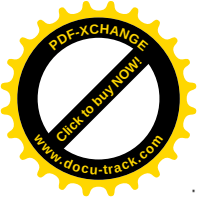


表 3-43 高温形变热处理钢的强度与塑性

钢 种	高温形变热处理条件			抗拉强度 σ_b (公斤力/毫米 ²)		屈服极限 σ_s (公斤力/毫米 ²)		延 伸 率 δ_5 (%)	
	形变量 (%)	形变温度 (°C)	回火温度 (°C)	高温形变 热处理	普通热 处理	高温形变 热处理	普通热 处理	高温形变 热处理	普通热 处理
50CrNi4A	90	900	100	270	240	190	175	9	6
50Si2W	50	900	250	261	223	236	198	6	4
55Si2MoV	50	900	250	258	230	233	208	6	5
60Si2(含 2.65%Ni)	50	950	200	280	225	223	193	7	5
Mn13	45	1050	—	115.5	104	43	44.7	53.3	53.3
20	20	—	200	140	100	115	85	6	4.5
20Si2	40	—	200	135	110	100	80	11	5
40	40	—	200	210	192	180	154	5	5
40Si2	40	—	200	228	197	175	140	8	3
60	20	—	200	233	206	220	150	3.5	2.5
A3	30	940	—	69	—	63.5	35	—	—
45CrNi	50	950	250	197	174	—	—	8.2	4.5
40CrNiMo	40	845	95	225	223	169	147	10	9
55CrMnB	25	900	200	240	180	210	—	4.5	1
40Cr2Ni4SiMo	60	—	—	250	200	190	135	13	8
47Cr8	75	—	200	242	165	220	152	8	3.5
55Si2	15~20	—	300	222	132	201	175	—	—
50CrMn	15~20	—	300	204	175	176	154	—	—
50Si2Mn	50	—	200	270	225	235	192	7	6



5. 不同含碳量钢的最佳切削性能的基体组织

表 3-44

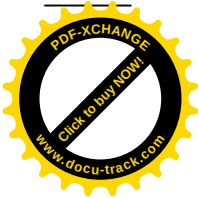
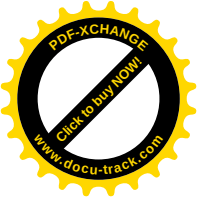
碳 含 量 (%)	基 体 组 织 情 况
0.06~0.20	高温正火状态: 粗大铁素体+珠光体 冷拔塑性变形: 铁素体+珠光体
0.20~0.30	正火状态: 铁素体+珠光体
0.30~0.40	退火状态: 铁素体+粗珠光体
0.40~0.60	退火状态: 粗珠光体+粗球化组织
0.60~1.00	退火状态: 球化组织

6. 铸铁的热处理工艺

(1) 灰铸铁的热处理工艺

表 3-45

热处理方法	工 艺				目 的
	加热温度 (°C)	加热速度 (°C/小时)	保温时间 (小时)	冷却速度	
退 火	500~550	50~100	3~5	以20~50°C /小时炉冷至 200°C后空冷	消除应力
正 火	850~950		1~2	随炉冷却至 600°C后空冷	降低硬度
淬 火	加热至淬火 温度(临界温 度以上 30~ 70°C)		保温油淬	直接淬入油 中或油淬至 200~300°C后 空冷(及时回 火)	提高硬度
表面处理 (预先正火或 调质)	850~950	不宜过快			提高表面 硬度、耐磨性 及疲劳强度
人工时效	500~550	低于 100	4~6	以20~30°C /小时的速度 炉冷至 200°C 后空冷	消除铸造 应力



(2) 球墨铸铁的热处理工艺

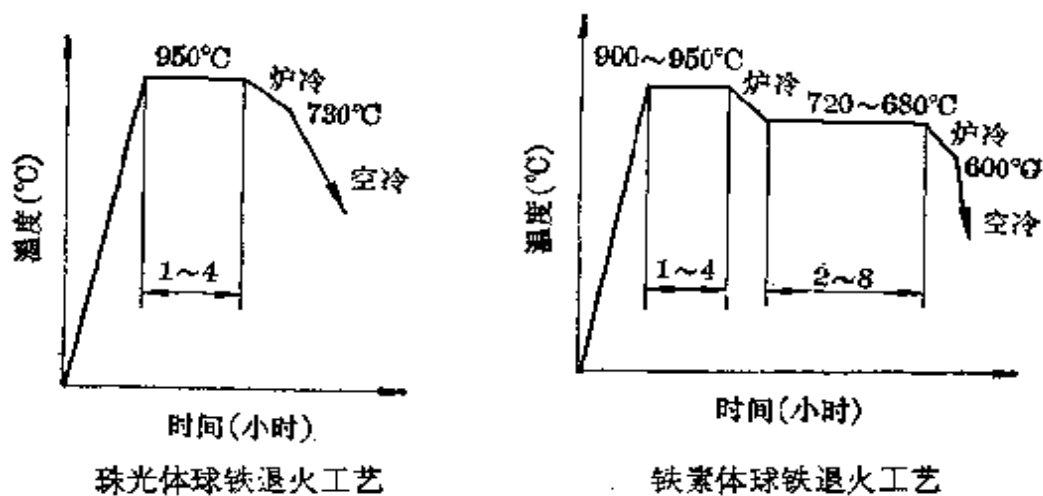


图 3-1 消除白口的高温退火工艺

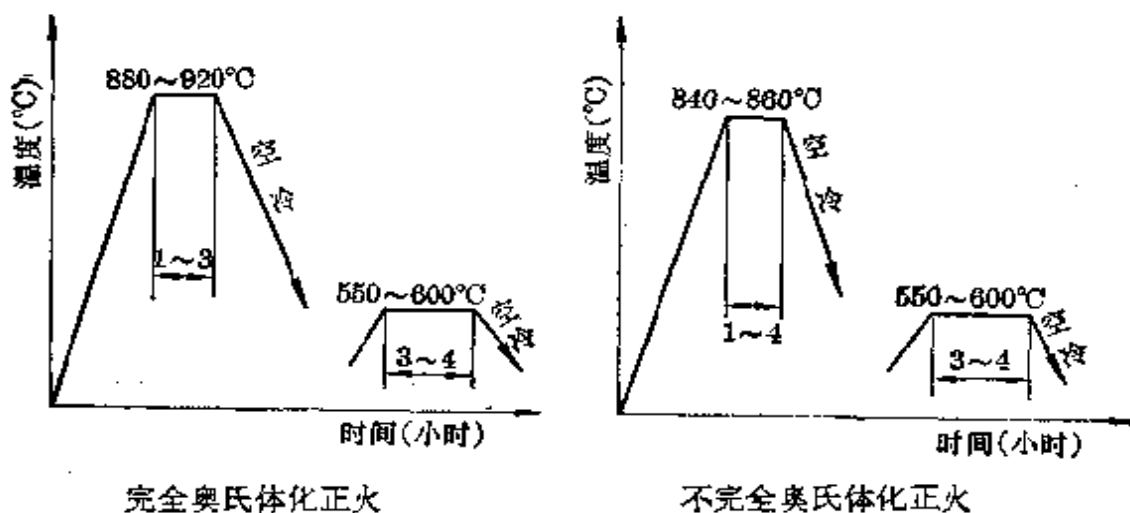


图 3-2 稀土镁球铁的正火工艺

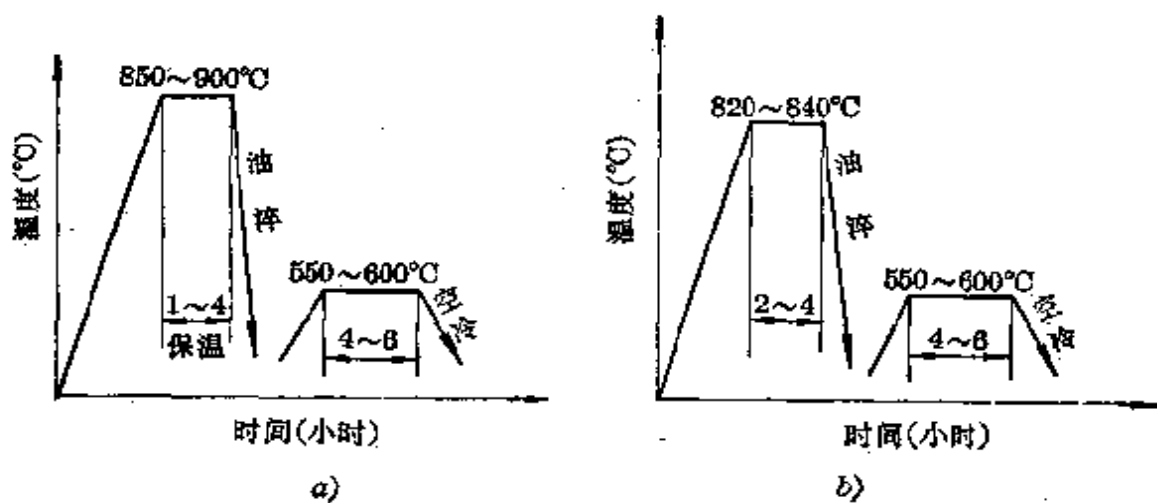


图 3-3 球墨铸铁的调质工艺

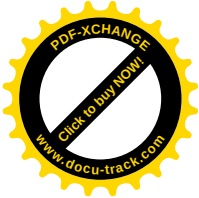
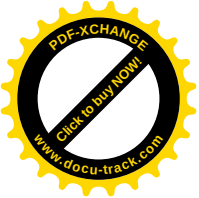


表 3-46 球墨铸铁在热处理状态下的性能

球 铁 类 型	热 处 理 状 态	硬 度 HB
铁素体	铸态	137~193
铁素体	退火	121~179
珠光体+铁素体	铸态或退火	147~241
珠光体	铸态	217~269
珠光体	正火	229~302
珠光体+碎块铁素体	部分奥氏体化正火	207~285
贝氏体+碎块铁素体	部分奥氏体化等温淬火	HRC 32~40
下贝氏体	等温淬火	HRC 38~50
回火索氏体	淬火, 550~600°C 回火	HRC 32~43
回火马氏体+回火索氏体	淬火, 360~420°C 回火	HRC 45~50
回火马氏体	淬火, 200~250°C 回火	HRC 55~61

7. 非铁金属的热处理

(1) 铜合金的常用热处理

表 3-47 部分铜合金的退火温度

代 号	软化退火 (°C)	除应力退火 (°C)	代 号	软化退火 (°C)	除应力退火 (°C)
H96	540~600		QSn6.5-0.4	600~650	
H63	520~650	260	QSn7-0.2	600~650	
H62	600~700	280	QA19-2	650~750	
			QA19-4	700~750	
HPb59-1	600~650	285	QA110-2-1.5	650~750	
HSn62-1	550~650	260	QA111-6-6	700~750	
HA159-3-2	600~650	280	QSi3-1	700~750	290
HMn58-2	600~650	250			
HFe59-1/1	600~650		B30	700~800	
			BZn15-20	600~750	250
QSn4-3	590~610		BMn3-12	720~860	300
QSn6.5-0.1	600~650		BMn40-1.5	800~850	



表 3-48 部分铜合金的淬火及时效温度

代 号	淬 火		时效温度 (°C)	代 号	淬 火		时效温度 (°C)
	温度(°C)	介质			温度(°C)	介质	
QBe2	760~780	水	310~320	QA110-4-4	910~920	介质	640~660
QA19-2	790~810	水	390~410	QSi1-3	790~810	介质	410~475
QA19-4	840~860	水	340~360	QCr0.5	1000~1050	介质	440~460
QA110-3-1.5	820~860	水	300~350				

(2) 铝合金的常用热处理

表 3-49 变形铝合金的热处理工艺

代号	退 火		淬 火 温 度 (°C)	过 烧 危 险 温 度 (°C)	时 效	
	温 度 (°C)	时 间 (小 时)			温 度 (°C)	时 间 (小 时)
L1~L6	350~500	壁厚>6毫米				
LF2	350~420	保温半小时				
LF6	310~335					
LF21	350~500					
LY2			495~505	512	165~175	16
LY6	380~420	2~3	500~510	515	室温或 125~135	120 或 12~14
LY11	390~450		500~510	520~525	室 温	96
LY12	390~450		495~505	505	室温或 185~195	96 或 6~12
LC4	390~420	2~3	465~480	520~530	120~140	12~24
LD5	350~400	2~3	505~520	545	室温或 150~165	96 或 6~15
LD8	350~480		525~535	545	165~180 或 240 稳定处理	8~14 或 1~3
LD10	390~410		495~505	515~517	室温或 150~165	96 或 5~15

注: 1. 不能热处理强化的合金,可直接在空气或水中冷却进行退火。

2. 铝合金发生过烧将严重降低抗疲劳性能。

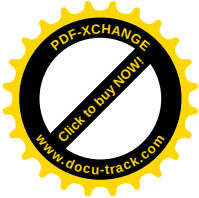
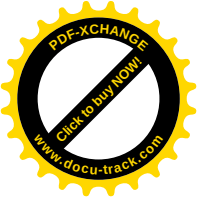
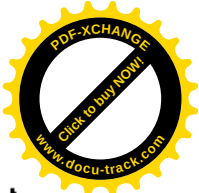


表 3-50 铸造铝合金的热处理工艺

代 号	热处 理 代号	淬 火			时 效			用 途
		加 热 温 度 (°C)	保温 时间 (小时)	冷 却 (水中)	加 热 温 度 (°C)	保 温 时 间 (小时)	冷 却	
ZL101	T ₁				220±5	7~9	空冷	改善切削性能 提高塑性 提高强、硬度 能有高强、硬度
	T ₄	535±5	2~6	60~100°C			空冷	
	T ₅	535±5	2~6	60~100°C	155±5	2~7	空冷	
	T ₆	535±5	2~6	60~100°C	225±5	7~9	空冷	
	T ₇	535±5	2~6	60~100°C	250±5	2~4	空冷	
ZL104	T ₁				175±5	5~15	空冷	
	T ₆	535±5	2~6	60~100°C	175±5	10~15	空冷	
ZL105	T ₁				180±5	5~10	空冷	提高热强度
	T ₅	525±5	3~5	100°C	160±5	3~5	空冷	
	T ₆	525±5	3~5	60~100°C	180±5	5~10	空冷	
	T ₇	525±5	3~5	60~100°C	240±10	3~5	空冷	
ZL201	T ₄	分级加热 535±5	7~9	60~100°C				有高塑性
		545±5	7~9					
	T ₅	分级加热 535±5	7~9	60~100°C	175±5	3~5	空冷	提高强度
		545±5	7~9					
ZL202	T ₂				290±10	3	空冷	除应力、稳定尺寸 提高强、硬度
	T ₆	510±5	12	80~100°C	155±5(S) 175±5(J)	10~14 7~14	空冷	
	T ₇	510±5	3~5	80~100°C	200~250	3	空冷	提高热强度
ZL301	T ₄	435±5	8~20	80~100°C 或 60°C 油				能耐蚀和冲击
ZL302	T ₁				170±5	4~6	空冷	
ZL401	T ₂				290±5	3	空冷	除应力、稳定尺寸
ZL402	T ₁				180±5 或室温	10 21 天	空冷	

注：铸铝的淬火温度要比变形铝高、保温时间要长些。基本上采用人工时效。



(3) 镁合金的常用热处理

表 3-51 变形镁合金的热处理工艺

代 号	退 火			淬 火		时 效		
	温 度 (°C)	时 间 (小时)	冷 却	温 度 (°C)	时 间 (小时)	温 度 (°C)	时 间 (小时)	冷 却
MB1	320~350	0.5	空气					
MB2	280~350	3~5	空气					
MB8	250~350	1	空气					
MB15				505~515	24	170~180 160~170	10~24 24	空 气 空 气

表 3-52 铸造镁合金的热处理工艺

代 号	热处理 代号	淬 火			退火、时效(或回火)			用 途
		加 热 温 度 (°C)	保温时间(小时)	冷 却	加热温度 (°C)	保温时间(小时)	冷 却	
ZM1	T ₁ 或 T ₂	500±5	2~3	空气	300~350 150±5	4~6 24	空气 空气	除应力、稳定尺寸
ZM3	T ₂ T ₆	570±5	18	空气	300~350 200±5	3~5 16	空气 空气	提高塑性 改善机械性能
ZM5	T ₃				340~360	2~3	空气	降低硬度
	T ₄	分级加热 (1) 360±5 420±5 或 (2) 415±5	3 13~21 8~16	空气 空气				增加强度、改善塑性
	T ₆	分级加热 (1) 360±5 420±5 或 (2) 415±5	3 13~21 8~16	空气 空气	(1) 175±5 (2) 200±5 (1) 175±5 (2) 200±5	16 8 16 8	空气 空气 空气 空气	改善机械性能



(4) 钛合金的热处理

表 3-53

代 号	退 火		淬 火		时 效			回 火	
	温度(°C)	时 间 (小时)	冷却剂	温度 (°C)	时 间 (小时)	温度 (°C)	时 间 (小时)	温 度 (°C)	时 间 (小时)
TA4, TA5 TA6, TA7	800±10	1	空气						
TB1				800		560	2~5	空气	
TB2				300	0.5~1	500	8~8.5	空气	
TC1	750±10	1~2	空气						
TC2	750±10	1~2	空气						
TC3	750~800	1~2	空气	800~850		420~500	4~6	空气	
TC4	750~800	1~2	空气	910	1~1.5	480	4~6	450~500	2~8
TC5	750±10	1~2	空气						
TC6	800	1~1.5	空气	880	1~1.5	540	2~4	空气	
TC8	800~850	1~1.5	空气	850~900	1~1.5	550~600	2~4	空气	
TC10	800±10	1	空气	850~890	1~1.5			540~580	12~16