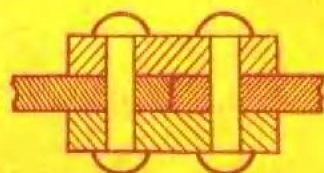
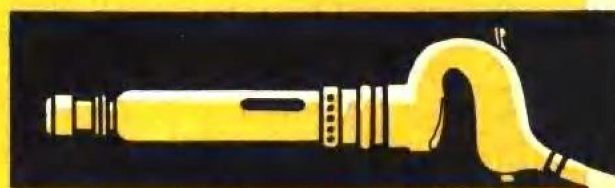
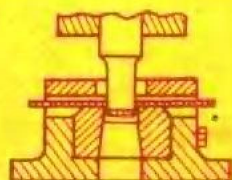
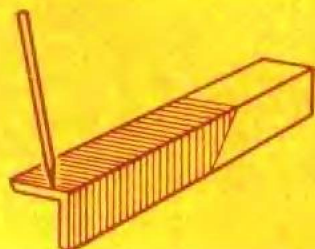


MAO GONG JI CHU

铆工基础

铁道部田心机车车辆工厂
技 工 学 校 编



人 民 铁 道 出 版 社

前 言

以英明领袖华主席为首的党中央，一举粉碎了祸国殃民的“四人帮”，全国形势一派大好，教育战线更是形势喜人。

为了适应工农业生产不断向前发展，普及技工培训和业务知识教育，我校铆焊教研组，在多年来的教学与生产实践中，由聂厚章同志执笔，编写了《铆工基础》这本书。

在编写过程中，我们多次召开了株洲车辆工厂、田心机车车辆工厂、各兄弟学校有关领导、老工人、青年工人、技术人员、教师等参加的座谈会，听取了各单位对教材内容的宝贵意见，吸收了一些单位实际工作中的典型经验，在此基础上，完成了本书的编写工作。对于上述各单位给予的大力支持，在此表示感谢。

由于我们政治思想水平不高，工作经验不足，加之编写时间比较仓卒，书中不免存在着一些缺点和错误，希望广大读者批评指正。

铁道部田心机车车辆工厂技工学校

一九七七年十一月

目 录

第一章 钢材的一般知识	1
第一节 金属材料的机械性能	1
第二节 碳素钢	3
第三节 合金钢	8
第四节 热处理简介	11
第二章 铆工基本操作	16
第一节 铆切的一般知识	16
第二节 钻孔与钻头	21
第三节 攻丝和套扣	25
第四节 锯割及锉削	28
第三章 放样和下料	33
第一节 放样	33
第二节 下料	47
第四章 弯曲零件展开料长的计算	50
第一节 钢板(扁钢、圆钢、钢管)弯曲时展开料长的计算	50
第二节 角钢、槽钢弯曲时展开料长的计算	57
第三节 钢板与型钢弯曲成圆筒和圆环(椭圆)展开料长的计算	63
第五章 展开图画法	66
第一节 平行线展开法	66
第二节 放射线展开法	72
第三节 三角形展开法	78
第四节 相贯体的展开	91
第五节 不可展曲面的近似展开	100
第六节 板厚处理	105
第六章 剪切与冲裁	110
第一节 剪切	110
第二节 冲裁	115
第七章 弯曲	125
第一节 压弯	125
第二节 滚弯	137
第三节 拉弯	140
第四节 折弯	143
第五节 手工弯曲	143
第八章 压延	149

第一节	压延成形过程	149
第二节	典型零件的压延工艺	151
第三节	压延模	161
第四节	压筋与滚筋	164
第五节	拔缘和拱曲	170
第九章	矫正	174
第一节	手工矫正	174
第二节	机械矫正	176
第三节	火焰矫正	178
第十章	焊接、铆接及螺栓连接	187
第一节	焊接	187
第二节	铆接	197
第三节	螺栓连接	209
附 录		212
表1.	轧制薄钢板的规格	212
表2.	热轧厚钢板的规格	213
表3.	热轧圆钢、方钢及六角钢的理论重量	214
表4.	常用热轧无缝钢管的规格	215
表5.	常用冷拔(冷轧)无缝钢管的规格	215
表6.	水、煤气输送管的规格	215
表7.	常用热轧等边角钢的规格	216
表8.	常用热轧不等边角钢的规格	217
表9.	热轧普通槽钢的规格	218
表10.	热轧普通工字钢的规格	219
表11.	普通低合金钢热轧轻型槽钢的规格	220
表12.	普通低合金钢热轧轻型工字钢的规格	220
表13.	普通碳素钢铆螺用钢的化学成分及机械性能	221
表14.	锅炉和火箱用热轧碳素钢板的化学成分及机械性能	221
表15.	锅炉用无缝钢管的规格	222
表16.	镀锌用原板和酸洗薄钢板的规格	222
表17.	各种几何图形的面积计算公式	223
表18.	各种几何体的表面积和体积的计算公式	224
表19.	钢板最小弯曲半径	224
表20.	圆钢最小弯曲半径	225
表21.	钢管最小弯曲半径	225
表22.	型钢最小弯曲半径	225

第一章 钢材的一般知识

在机车车辆的制造或修理中，铆工工作主要是制造或修理各种钢材的零部件，及进行钢结构的装配工作，因此，铆工必须了解和掌握钢材的一般知识，才能正确合理地进行选材和加工工作。

第一节 金属材料的机械性能

金属材料制成的构件或零件，在使用过程中，要承受各种外力，这些力有大有小，有时是平稳地慢慢地加上去的，称为静载荷；有时是突然地很快地加上去的，称为冲击载荷；有时是不变化的，称为不变载荷；有时是变化的，称为交变载荷。

金属材料在外力的作用下所表现出的各种特性，总称为金属材料的机械性能，如强度、弹性与塑性、硬度、冲击韧性等。

一、强 度

强度是材料在外力的作用下抵抗变形和断裂的能力。强度越大的材料，能承受较大的外力而不致断裂。材料发生断裂前，单位面积上所能承受最大外力的数值，称为强度极限，单位是公斤/毫米²。由于材料受到的外力有拉伸、压缩、弯曲、剪切等形式（如图1—1所示），所以材料的强度又分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪强度等。

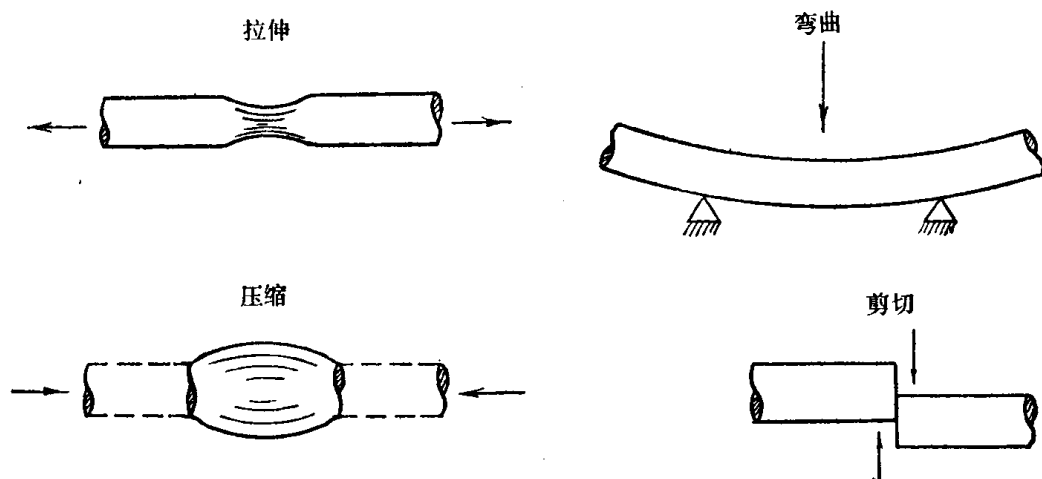


图 1—1 材料受力的形式

二、弹性与塑性

金属材料在外力作用下，总要发生变形，如果外力解除后变形全部消失，这种变形称为弹性变形；材料的这种性质叫弹性。因此，做弹簧的材料要求具有较高的弹性。

金属材料受外力作用后产生永久变形，但仍保持不破坏的能力叫做塑性。金属材料具有

塑性才能进行压力加工。例如机车车辆车体结构中的许多梁、柱等零件，都是利用材料的塑性压制成形的。

材料塑性的好坏以延伸率 δ （材料受拉力作用断裂时的伸长量与原有长度的百分比）和断面收缩率 ψ （材料受拉力作用断裂时其断面积的收缩量与原有横截面积的百分比）来衡量，比值越大，说明材料的塑性越好。

某些材料（如低碳钢），在外力不大时，它的变形随外力的增大而逐渐增大，但当外力增大到某一数值时，却会突然出现外力不变而变形仍在继续增长，这种现象称为材料的屈服，这时的应力（材料每单位面积上的内力），称为屈服极限（ σ_s ），单位是公斤/毫米²。材料的屈服极限、强度极限是通过试样的拉伸试验而获得的。

三、硬 度

硬度是指材料抵抗硬物压入表面的能力。生产上常用的硬度指标是布氏硬度和洛氏硬度两种。

布氏硬度用符号HB表示，其测定方法是用一定的载荷（一般为3000公斤），把淬火处理后的一定大小的钢球（直径一般为10毫米），压入材料的表面以形成凹痕，用凹痕的面积来除载荷所得的商即为硬度值。布氏硬度值HB的单位是公斤/毫米²，一般只写数值，如HB=200，即表示硬度值为200公斤/毫米²。硬度数值越大，材料越硬。

布氏硬度试验法不适宜用来测量薄的或很硬的金属，而适用于测量退火钢料、铸铁及有色金属的毛坯件，如铸件及锻件的硬度。

洛氏硬度分为A、B、C三级，常用的是C级，用符号HRC表示，其测定方法是用120°金刚石圆锥作压头，在150公斤的载荷下，压入试件表面，然后根据压痕的深度来计算硬度值。洛氏硬度没有单位，直接用数字表示，如HRC=42。数字越大，材料越硬。

洛氏硬度HRC被广泛用来测量经过淬火处理后的零件硬度。

在生产中，有的老师傅为了判断一个零件的硬度，也采用下述一种试验硬度的经验方法：即选用一把七、八成新的中齿平锉，用一定压力压在零件上，并慢慢地向前推动，若开始锉动时有明显的阻力，并有较多的铁屑锉下，说明材料硬度不高，约在HRC35~40左右；若感觉不到有明显的阻力，锉刀有些打滑，继续向前推动时，只有少量铁屑被锉下，说明材料硬度较高，约在HRC40~50左右；若锉刀在零件表面打滑，没有铁屑锉下，说明材料硬度很高，约在HRC50以上。虽然这种用锉刀测量硬度是凭手的感觉和经验来判断的，所得硬度值仅是大概数值，但只要多实践，也能判断得比较准确。

四、冲 击 韧 性

冲击韧性是指材料抵抗冲击力的能力，即材料受冲击力作用而破坏时，断口每单位面积上所耗用的功，叫做冲击值，其值的大小，表示材料韧性的高低，用符号 α_K 表示，单位是公斤·米/厘米²。冲击韧性的测定是在冲击试验机上进行的。

机车车辆在运用过程中，经常是在冲击载荷条件下工作的，冲击载荷的破坏能力要比静载荷大得多，因此要求制造车体结构的材料具有良好的冲击韧性。

第二节 碳 素 钢

碳素钢是含碳量小于2%的铁碳合金，其中含有少量硅、锰、硫、磷等杂质。由于碳素钢的价格较低，工艺性能好，因而在机车车辆制造和修理中得到了广泛的应用。

一、碳素钢的分类

碳素钢有以下几种主要的分类方法。

(一) 按钢中含碳量分类

1. **低碳钢** 含碳量在0.25%以下的钢，它的强度较低，塑性和可焊性好，多用于制造各种构件和冲压件，以及受力不大的零件和渗碳零件等。

2. **中碳钢** 含碳量在0.25~0.6%之间的钢，这类钢具有较高的强度，而塑性和可焊性稍差，但热处理后机械性能可显著提高，常用于制造各种机械零件，如：螺栓、齿轮、轴类等。

3. **高碳钢** 含碳量大于0.6%的钢，这类钢的强度、硬度高，但塑性和可焊性差，热处理后有很高的硬度和耐磨性，经常用来制造各种工具、刀具、模具，及一些要求耐磨损的零件等。

(二) 按钢的质量分类

根据钢中有害杂质硫、磷含量的多少区分为：

1. **普通碳素钢** 钢中硫、磷含量分别不大于0.055%和0.045%。

2. **优质碳素钢** 钢中硫、磷含量均不大于0.040%。

3. **高级优质碳素钢** 钢中硫、磷含量分别不大于0.030%和0.035%。

(三) 按钢的用途分类

1. **碳素结构钢** 用于制造各种工程构件（如机车、车辆、桥梁、船舶、建筑等）和机器零件（如齿轮、曲轴、轴辊、凸轮轴、连杆等）。

2. **碳素工具钢** 主要用于制造各种工具、刀具、量具、模具等。

(四) 按炼钢方法分类

1. **转炉钢** 用转炉炼出来的钢。它按炉衬材料又分为酸性转炉钢和碱性转炉钢；按送风方法又分为底吹转炉钢、侧吹转炉钢和纯氧顶吹转炉钢。

2. **平炉钢** 用平炉炼出来的钢。按炉衬材料又分为酸性平炉钢和碱性平炉钢。

3. **电炉钢** 用电炉炼出来的钢。按炉衬材料又分为酸性电炉钢和碱性电炉钢。

(五) 按脱氧程度分类

1. **镇静钢** 脱氧完全的钢。钢锭的组织紧密、坚实，但上部有较深的缩孔，轧制钢材时损耗较大。除部分碳素钢和优质碳素钢外，其余种类钢一般都是制成镇静钢。

2. **沸腾钢** 脱氧不完全的钢。钢锭上部没有缩孔，只是内部有许多分散的小气泡，但是钢锭外层仍是坚实的，而这些分散小气泡，在轧制钢材过程中，完全可以被压合消除掉。它的优点是消耗较小，成本较低，同时仍能保证钢材的强度和坚固性，并具有较高的冷加工变形能力；缺点是成分和性能有严重的不均匀性，强度和冲击韧性较低，不适宜在低温和冲击载荷条件下使用。

3. **半镇静钢** 钢的脱氧程度和性能介于镇静钢和沸腾钢之间。

二、碳素钢的编号和用途

碳素钢的种类很多，为了便于选择和使用，国家规定了统一的表示方法。我国钢的编号是根据1963年12月批准的国家标准“GB221—63”《钢铁产品牌号表示方法》来表示的。

(一) 普通碳素结构钢

按照所保证的条件，可以分为下述三类：

1. **甲类钢**（又称A类钢）是按照机械性能供应的钢。它分为0~7级，钢号以“甲”字或“A”字加上顺序数字表示。例如甲0、甲1、甲2、……甲7或A0、A1、A2……A7。甲或A字后面的数字没有特定的意义，只说明钢的牌号，但牌号数字越大，钢的含碳量越高，因而强度、硬度越高，而塑性及冲击韧性则下降。

甲类钢多轧制成棒材、板材、条材和型材，直接供机车、车辆、桥梁、船舶、建筑、农机等各方面使用，其中A3号是一般钢结构所采用的标准钢材。这类钢的机械性能及用途见表1—1。

甲类、特类普通碳素钢的机械性能 (GB700—65)

表1—1

钢 号		机 械 性 能						180°冷弯试验		应 用 举 例
甲 类 钢	特 类 钢	屈服强度 $\sigma_s \geq$ (公斤/毫米 ²)			抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	延伸率 (%)		d = 弯心直径		
		按尺寸分组				$\geq$				
		1 组	2 组	3 组	δ_5	δ_{10}	a = 试样厚度			
A1、A1F	C1、C1F				32~40	33	28	$d = 0$	金属结构载荷小的冲压件、焊接件及要求韧性好的零件，如垫块、铆钉、垫圈、地脚螺栓、开口销、拉杆等。	
A2、A2F	C2、C2F	22	20	19	34~42	31	26		金属结构构件，拉杆、套圈、铆钉、螺栓、短轴、心轴、凸轮（载荷不大的）、吊钩、垫圈、渗碳零件及焊接件。	
A3	C3	24	23	22	38~40 41~43 44~47	27 26 25	23 22 21	$d = 0.5a$	金属结构构件用的标准钢种，通常轧制成板料及型材直接供应，或用于心部强度要求不高的渗碳或氰化零件，如吊钩、拉杆、车钩、套圈、气缸、齿轮、螺栓、螺母、连杆、轮轴、楔、盖等。	
A3F	C3F	24	22	21	38~40 41~43 44~47	27 26 25	23 22 21			
A4 A4F	C4 C4F	26	25	24	42~44 45~48 49~52	25 24 23	21 20 19	$d = 2a$	转轴、心轴、拉杆、吊钩、箍、摇杆、螺栓、楔、键以及其他强度要求不高的零件。焊接性尚可。	
A5	C5	28	27	26	50~53 54~57 58~62	21 20 19	17 16 15	$d = 3a$	转轴、心轴、销轴、链轮、刹车杆、螺栓、螺母、垫圈、连杆、吊钩、楔、齿轮、键以及其他强度较高的零件。焊接性尚可。	
A6	—	31	30	30	60~63 64~67 68~72	16 15 14	13 12 11	—	转轴、心轴、主轴、啮合和摩擦离合器、链环片、刹车钢带、键以及强度要求高的零件。焊接性不够好。	
A7	—	—	—	—	70~74 ≥ 75	11 10	9 8	—	转轴、心轴、主轴、啮合和摩擦离合器、链环片、刹车钢带、键以及受强烈磨损的零件。焊接性差。	

注：1. 屈服强度 σ_s 按钢材尺寸分组见下表：

σ_s 组 别	棒料直径或厚度 (毫米)	型钢和异形钢 厚度 (毫米)	钢 板 厚 度 (毫米)
1 组	≤ 40	≤ 15	4~20
2 组	$> 40 \sim 100$	$> 15 \sim 20$	$> 20 \sim 40$
3 组	$> 100 \sim 250$	> 20	$> 40 \sim 60$

2. 各钢号的涂色规定

0号钢——红色+绿色 4号钢——黑色
1号钢——白色+黑色 5号钢——绿色
2号钢——黄色 6号钢——蓝色
3号钢——红色 7号钢——红色+棕色

各种类型钢材的规格见附录表 1、2、3……16。

2. **乙类钢** (又称 B 类钢) 是按照化学成分供应的钢。这类钢也分为 0~7 级, 其钢号以“乙”字或“B”字加上顺序数字表示。例如乙0、乙1、乙2……乙7, 或 B0、B1、B2……B7。

乙类钢主要用来制造不很重要的机器零件, 应用时往往要进行锻造和热处理。

乙类钢的化学成分见表 1—2。

乙类、特类普通碳素钢的化学成分 (GB700—65)

表 1—2

钢 号		化 学 成 分				
乙 类 钢	特 类 钢	碳 (C)	硅 (Si)	锰 (Mn)	磷 (P)	硫 (S)
					不 大 于	
B0 B0F	C0 C0F	≤ 0.23	—	—	0.07	0.06
B1 B1F	C1 C1F	0.06~0.12	0.12~0.30 ≤ 0.05	0.25~0.50	0.45	0.55
B2 B2F	C2 C2F	0.09~0.15	0.12~0.30 ≤ 0.07	0.25~0.50	0.45	0.55
B3 B3F	C3 C3F	0.14~0.22	0.12~0.30 ≤ 0.07	0.40~0.65 0.30~0.60	0.45	0.55
B4 B4F	C4 C4F	0.18~0.27	0.12~0.30 ≤ 0.07	0.40~0.70	0.45	0.55
B5	C5	0.28~0.37	0.15~0.35	0.50~0.80	0.45	0.55
B6		0.38~0.49	0.15~0.35	0.50~0.80	0.45	0.55
B7		0.50~0.62	0.15~0.35	0.50~0.80	0.45	0.55

3. **特类钢** (又称 C 类钢) 是按照机械性能及化学成分供应的钢。这类钢分为 0~5 级, 其钢号以“特”字或“C”加上顺序数字表示。例如特0、特1、特2……特5, 或 C0、C1、C2……C5。

特类钢可以满足某些特定的要求, 以供专门的应用, 其机械性能与化学成分和对应牌号的甲类、乙类钢相同 (表 1—1、1—2)。

必须指出: 在普通碳素钢编号时, 对平炉冶炼的钢则用上述方法表示, 不附任何特殊标志, 但如果是转炉冶炼的钢, 还应表示出炼钢的方法及脱氧的情况。如碱性转炉钢标“碱”或“J”; 酸性转炉钢标“酸”或“S”; 顶吹转炉钢标“顶”或“D”; 不脱氧的沸腾钢标“沸”或“F”; 部分脱氧的半镇静钢标“半”或“b”; 镇静钢则不加任何标志。现举例说明如: “甲 3” (或“A 3”) 表示甲类平炉 3 号镇静钢。

“特碱 2” (或“CJ 2”) 表示特类碱性转炉 2 号镇静钢。

“乙碱 4 沸” (或“BJ4F”) 表示乙类碱性转炉 4 号沸腾钢。

(二) 优质碳素结构钢

这类钢是按化学成分和机械性能供应的钢, 钢中硫、磷及非金属夹杂物的含量较少, 表面质量、组织结构和机械性能的均匀性较好, 常用于机械上经热处理的重要零件, 或应用于金属结构中的冲压零件。

表 1--3

优质碳素结构钢的化学成分、机械性能及用途 (GB699—65)

钢 号	化 学 成 分				机 械 性 能				应 用 举 例	
	C	Si	Mn	（%）						
				P	S	Cr	Ni			
≦										
05F	≦0.06	≦0.03	≦0.40	0.035	0.10					用于载荷小的薄板冲压件以及管子、垫圈、垫片等。
08F	0.05~0.11	≦0.03	0.25~0.50	0.040	0.10				131	
08	0.05~0.12	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.10				131	
10F	0.07~0.14	≦0.07	0.25~0.50	0.040	0.15				137	
10	0.07~0.14	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.15				137	
15F	0.12~0.19	≦0.07	0.25~0.50						143	
15	0.12~0.19	0.17~0.37	0.35~0.65						143	
20F	0.17~0.24	≦0.07	0.25~0.50						156	
20	0.17~0.24		0.35~0.65						156	
25	0.22~0.30							9	170	
30	0.27~0.35							8	179	广泛地应用制造各种机械零件，如铆工常用机械（剪刀机、冲压机床）上的零件，曲轴、转轴、丝杆、杠杆、连杆、活塞杆、轧辊、曲柄销、轴摩擦盘、活塞销、飞轮、滑块等，其中以45号钢用途最广。
35	0.32~0.40							7		
40	0.37~0.45							6	217	187
45	0.42~0.50							5	241	197
50	0.47~0.55	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.25	0.040	0.25	4	241	207
55	0.52~0.60								255	217
60	0.57~0.65								255	229
65	0.62~0.70								255	229
70	0.67~0.75								269	229
75	0.72~0.80								285	241
80	0.77~0.85								285	241
85	0.82~0.90								302	255

用于载荷小的薄板冲压件以及管子、垫圈、垫片等。

用于金属结构中塑性要求好的冲压件、焊接件，以及心部强度要求不高的渗碳和氧化零件，如套筒、短轴、齿轴、离合器盘等。

广泛地应用制造各种机械零件，如钢工常用机械（剪刀机、冲压机床）上的零件，曲轴、连杆、丝杆、缸杆、活塞杆、轧辊、曲柄销、轴摩擦盘、活塞销、飞轮、滑块等，其中以45号钢用途最广。

用于耐磨性要求高、动载荷及冲击作用不大的零件，如齿轮、连杆、轮缘、轧辊、轴摩擦盘、次要弹簧等。

用于轧辊、轴、弹簧圈、弹簧、各种垫圈、离合器、凸轮、钢丝绳等。

制造轴、轧辊、凸轮耐磨损零件。

仅适用于制造截面不大的弹簧，如扁、圆弹簧以及钢丝、钢带、钢圈。

用于制造各种弹簧，如板簧、螺旋弹簧、扁形弹簧及受磨损零件。

优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示。数字表示该钢的平均含碳量的万分数（即以0.01%为单位）。

例如08号钢，表示钢中平均含碳量为0.08%的优质碳素结构钢；45号钢，表示钢中平均含碳量为0.45%的优质碳素结构钢。对含锰量较高的优质碳素结构钢，在牌号后面加注“锰”或“Mn”。例如钢号20锰或20Mn。

含碳量在0.25%以下的低碳钢（如08、10、15、20、25），其塑性、韧性好，焊接性能优良，适宜冷冲压，但强度较低，主要用于受力不大，不须淬火处理的零件。若制造受冲击和耐磨损的零件（如齿轮、活塞销等），为了使零件表面有高的硬度和耐磨性，而心部保持高的韧性，可进行渗碳和氰化处理，所以这类钢也称为渗碳钢。

含碳量在0.3%~0.5%的优质碳素结构钢（如30、35、40、45、50），其硬度、强度、塑性、韧性都较好，具有优良的综合机械性能，经过热处理后的机械性能更能提高，一般经调质处理（淬火后高温回火）后使用，所以又称为调质钢。这类钢被广泛地应用到各种机器零件上，如轴、齿轮、齿条、键以及重要的销子、螺母、螺栓等。当零件要求表面耐磨时（如齿轮），则可进行表面淬火。

由于中碳钢的淬透性较差，故不宜制造大截面的重要零件。

含碳量大于0.55%的优质碳素结构钢，有高的强度、硬度和弹性，在应用时，多进行淬火后中温回火，常用来制造各种弹簧，如螺旋弹簧、板弹簧、弹簧垫圈、弹簧钢丝等，故又称为弹簧钢。

优质碳素结构钢的牌号、成分和用途见表1—3。

（三）碳素工具钢

碳素工具钢的含碳量在0.65~1.35%之间。

按冶金部标准（YB5—59规定），其编号原则是在“碳”或“T”字后面附以数字来表示钢中平均含碳量的千分之几（以0.1%为单位）。例如钢号碳8（或T8），表示平均含碳量为0.8%的碳素工具钢。高级优质碳素工具钢，须在钢号最后加注“高”或“A”，如碳10高（T10A）表示平均含碳量为1.0%的高级优质碳素工具钢。

碳素工具钢用以制造各种工具、刀具、量具及模具。这类钢经热处理（淬火，回火）后，可获得高硬度和高耐磨性。其牌号、成分及用途见表1—4。

碳素工具钢的牌号、成分及用途

表1—4

钢 号	元 素 含 量 (%)					应 用 举 例
	碳 (C)	锰 (Mn)	硅 (Si)	硫 (S)	磷 (P)	
				≤		
T7	0.65~0.74	0.20~0.40	0.15~0.35	0.030	0.035	用来制造能承受震动和撞击而韧性较高的工具，如铆工常用的大锤、手锤、扳子、剪铁皮剪刀、铆钉模、手钳及木工工具等。
T7A		0.15~0.30	0.15~0.30	0.020	0.030	
T8	0.75~0.84	0.20~0.40	0.15~0.35	0.030	0.035	用来制造能够受震动和需要足够的韧性、较高硬度的各种工具，如铆工常用机械上的冲头、冲模及剪切刀片等。
T8A		0.15~0.30	0.15~0.30	0.020	0.030	
T9	0.85~0.94	0.15~0.35	0.15~0.35	0.030	0.035	用来制造有韧性而又有一定硬度的各种工具，如中心冲、冲头、冲模等。
T9A		0.15~0.30	0.15~0.30	0.020	0.030	

表 1 — 4

钢 号	元 素 含 量 (%)					应 用 举 例
	碳 (C)	锰 (Mn)	硅 (Si)	硫 (S)	磷 (P)	
				≤		
T10	0.95~1.04	0.15~0.35	0.15~0.35	0.030	0.035	用来制造不受剧烈震动而刀刃有相当韧性的工具, 如小钻头、丝锥、板牙、铰刀、车刀、刨刀及冲裁模等。
T10A		0.15~0.30	0.15~0.30	0.020	0.030	
T11	1.05~1.14	0.15~0.35	0.15~0.35	0.030	0.035	用途同T10, 是碳素工具钢中作切削工具的基本钢种。
T11A		0.15~0.30	0.15~0.30	0.020	0.030	
T12	1.15~1.24	0.15~0.35	0.15~0.35	0.030	0.035	用来制造硬度很高的不受震动的各种工具, 如丝锥、板牙、扩孔刀具、刮刀、锉刀、锯条等。
T12A		0.15~0.30	0.15~0.30	0.020	0.030	
T13	1.25~1.35	0.15~0.35	0.15~0.35	0.030	0.035	用来制造不受震动而需要特别高硬度的各种工具, 如剃刀、刮刀、锉刀、拉丝模等。
T13A		0.15~0.30	0.15~0.30	0.020	0.030	

第三节 合 金 钢

随着现代工业和科学技术的发展, 对钢材各种性能的要求也愈来愈高。碳素钢虽然价格较便宜, 但各种碳素钢都存在着一定的缺点, 如淬透性差等。为了改善钢的性能, 满足使用上的要求, 常在冶炼时有目的地加入一定量的合金元素(如锰、硅、钒、铬、镍、钨等), 这类钢称为合金钢。

合金钢的种类繁多, 一般按用途可分为合金结构钢、合金工具钢和特殊合金钢。

合金结构钢的编号原则是采用“数字+元素符号+数字”的方法。前面的数字表示钢的平均含碳量万分之几, 元素符号表示所含合金元素, 后面数字表示合金元素平均含量的百分之几。合金元素的含量少于1.5%时, 编号中只标明元素, 一般不标明含量。如果平均含量等于或大于1.5%、2.5%、3.5%……, 则相应以2、3、4……表示。例如60Si2Mn(或60硅2锰), 表示含有0.57~0.65%碳、1.5~2.0%硅、0.6~0.9%锰的硅锰钢。

若为含硫、磷较低的高级优质钢, 则在钢号的最后加以符号“A”(或“高”字), 如20Cr2Ni4A(20铬2镍4高)。

合金工具钢的编号与合金结构钢的编号区别在于: 平均含碳量 $\geq 1\%$ 时不标出, $< 1\%$ 时以千分之几表示。如Cr12钢的含碳量为2.0~2.3%, 含铬量为11.5~13%, 而9SiCr钢的含碳量为0.85~0.95%, 含硅1.2~1.6%, 含铬0.95~1.25%。

特殊合金钢(如不锈钢、耐热钢、耐磨钢等)的编号与合金结构钢相同。例如, 1Cr13(或1铬13)表示含有 $\leq 0.18\%$ 碳、12~14%铬的铬不锈钢。

合金元素加入钢中, 可与铁、碳起作用, 而改变其组织转变过程, 来改善热处理效果, 提高钢的性能。

一、合金结构钢

合金结构钢是在碳素结构钢的基础上加入一种或数种合金元素, 例如铬、锰、硅、镍、钼、钨、钒、钛等。加入这些合金元素, 可以提高淬透性, 使零件淬火回火后获得优良的机

械性能。

合金结构钢在机车车辆制造工业中,使用的范围也比较广泛,例如我国自行设计制造的韶山型电力机车、东方红《3》型液力传动内燃机车、YZ₂₂型硬座车、C₆₅型全钢货车等,其中一些重要机械零件和金属结构件,一般是采用这类钢制成的。

合金结构钢,根据用途可分为普通低合金结构钢、合金渗碳钢、合金调质钢、合金弹簧钢、滚珠轴承钢等。

(一) 普通低合金结构钢

普通低合金结构钢,是在低碳钢的基础上加入少量锰、硅、铜元素(合金元素总量不超过3%)所组成的钢种。

过去铆工在工作中所接触的钢结构材料,绝大部分都是普通碳素钢。近几年来,由于铁路运输事业不断向前发展,这类钢的性能已经越来越不能满足生产中的需要,目前钢结构产品正在以普通低合金结构钢取代普通碳素钢。

普通低合金结构钢,比相同含碳量的普通碳素钢具有较高的强度和耐磨性,良好的焊接及加工工艺性能,增加耐大气、海水和抗土壤腐蚀的能力,故又称为低合金高强度钢。

普通低合金结构钢多热轧成型材、板材和棒材(参见附录表1、2、7、8、11、12、),主要应用于机车、车辆、桥梁、船舶、高压容器、起重设备,及用于代替A3号钢制作其他焊接结构。

例如采用16Mn钢代替A3号钢制成的同类型车体结构,它可以减少钢材用量的20%,降低自重系数,提高结构的强度,延长使用寿命等,故普通低合金结构钢在生产中的应用已日益广泛。

表1—5为我国生产的几种常用普通低合金结构钢的化学成分和机械性能。

常用普通低合金结构钢的化学成分和机械性能(YB13—69)

表1—5

钢 号	化 学 成 分				机 械 性 能					
	碳 (C)	硅 (Si)	锰 (Mn)	其 他	σ_s	σ_b	δ_5	a_k 公斤·米/厘米 ²		
					公斤/毫米 ²			(%)	室 温	-40℃
16Mn	0.12~0.20	0.20~0.60	1.20~1.60	—	52	35	21	6	3	—
16MnCu	0.12~0.20	0.30~0.50	1.25~1.50	0.15~0.35 铜(Cu)	52	36	21	6	3	—
15MnV	0.12~0.18	0.20~0.60	1.20~1.60	0.04~0.12 钒(V)	54	40	18	6	—	3

(二) 合金渗碳钢

合金渗碳钢,是针对碳素渗碳钢的缺点,在碳素渗碳钢的基础上加入一种或数种合金元素的渗碳钢。常用的合金渗碳钢有20Cr、20CrMnTi、20Mn2、20CrMn等。

合金渗碳钢一般经表面渗碳、淬火及低温回火后使用,表面硬而心部韧。

例如内燃机车柴油机上的活塞销、凸轮、套环、螺栓等零件,一般采用这类钢制成。

(三) 合金调质钢

合金调质钢,是在碳素调质钢的基础上加入一种或数种合金元素的钢材。常加入的合金元素有锰、硅、钨、钼、钒、钛和硼等。加入这些元素主要是提高淬透性和回火稳定性,使调质后的钢材具有很好的强度、硬度及韧性等。

常用的合金调质钢有40Cr、45Mn2、50Mn2、35CrMo、30CrMnTi等。如内燃、电力机车上电动机转子、车轴上的牵引传动齿轮等零件,均系这类钢制造。

(四) 合金弹簧钢

合金弹簧钢是针对碳素弹簧钢的缺点, 在含碳量为0.46~0.70%的优质或高级优质碳素钢中加入锰、硅、铬、钒等元素组成的钢种。其中以锰、硅用的最广, 这些元素可以提高钢的弹性极限和淬透性。合金弹簧钢使用时, 一般经淬火及中温回火处理。常用的合金弹簧钢有55Si2Mn、60Si2Mn、50CrVA等。

(五) 滚珠轴承钢

滚珠轴承钢的含碳量较高, 一般在0.95~1.1%, 并且还含有一定的合金元素, 如铬、锰、硅等。滚珠轴承钢经热处理具有高的抗压强度、疲劳强度、硬度和耐磨性, 足够的冲击韧性和淬透性, 同时还有一定的耐蚀能力。

常用的滚珠轴承钢有: GCr9、GCr15, 其中以GCr15应用最多。这类钢也用来制造内燃机车柴油机油泵上的精密偶件——柱塞副偶件, 出油阀偶件和喷油针阀偶件等。

二、合金工具钢

合金工具钢与碳素工具钢相比, 有淬透性好、耐磨性好、红硬性高、热处理变形小等优点。

合金工具钢根据用途不同, 可以分为刀具钢、量具钢和模具钢等。

(一) 刀具钢

刀具钢用来制造切削金属的刀具。为了满足切削金属的要求, 刀具钢应有高的硬度、耐磨性、红硬性、足够的强度和韧性。

根据合金元素含量多少的不同, 刀具钢可分为低合金工具钢和高速钢。

低合金工具钢所加入的合金元素有铬、钨、钒等, 总量不超过3~5%。其淬透性、回火稳定性却大大提高。

低合金工具钢可以用来制造形状比较复杂、尺寸较大的低速切削工具, 如丝锥、板牙、铰刀等。

常用的低合金工具钢有: 9Mn2V、9SiCr、CrMn、CrWMn、CrW5, 其中以9SiCr应用最广泛。

高速钢是一种高合金工具钢, 热处理后具有高的红硬性和足够的强度, 高的硬度和耐磨性。可在较高的切削速度下进行切削加工, 温度高达600°C时, 硬度仍不下降, 大量用来制作钻头、车刀、铣刀、刨刀等切削工具。常用的高速钢有: W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2。

(二) 量具钢

量具是用来度量和检验成品尺寸的工具。因此, 对它的要求是精度高, 在热处理和工作过程中尺寸稳定。工作部分要有高的硬度和耐磨性。

量具钢主要用来制作高精度量具, 如量规等。一般采用的热处理变形小的钢号如: CrMn、SiMn等。

(三) 模具钢

根据模具工作条件的不同, 可分为: 热作模具和冷作模具。这两类模具由于工作条件不同, 对钢材性能要求也不一样, 因此模具钢相应地也分为热作模具钢和冷作模具钢。

1. **冷作模具钢** 是用来制作冷冲模、下料模、剪切模、拉丝模等冷态工作的模具。工作时, 对这类钢的要求是具有高的硬度(HRC50~62)、耐磨性和一定的韧性, 同时要求在热处理时变形小, 通常可以采用9Mn2V、9SiCr。对于形状复杂、要求高精度、高耐磨性的

模具，则选用Cr12、Cr12MoV等来制造。

2. 热作模具钢 由于热作模具（如热锻模、热压模）在工作过程中常常交替地受到加热和冷却的作用，因此要求模具的材料除了具有足够的室温强度和韧性外，还要求具有高的高温强度和热疲劳性。目前，常用的热作模具钢有5CrMnMo、5CrNiMo。后者有较好的淬透性、强度和韧性。

三、特殊合金钢

特殊合金钢是具有特殊性能的钢材，如抗蚀性、耐热性、抗磨性等。特殊合金钢的特点是合金元素含量较高。

（一）不锈钢

不锈钢具有抵抗空气、水、酸、碱等腐蚀作用的能力。不锈钢成分的特点是含有较高的铬和镍，含碳量低。

常用的有铬不锈钢和铬镍不锈钢两种。

铬不锈钢主要钢号有1Cr13、2Cr13、3Cr13、4Cr13等。它们可用来制造医疗工具、量具、阀门、滚珠轴承等。

铬镍不锈钢主要钢号有0Cr18Ni9、1Cr18Ni9、2Cr18Ni9等。这类钢不仅具有优良的抗蚀能力，而且还能耐酸，可以用来制造盛装酸类的容器与管道等。

（二）耐热钢

耐热钢能适应高温条件下工作，即在高温条件下仍具有高的强度和不被氧化的性能。耐热钢也含有较高的铬、镍，另外还含有钨、钼、钒等。

常用的耐热钢有4Cr9Si2、15CrMo、4Cr10Si2Mo、1Cr18Ni9Ti等。例如内燃机车柴油机上的排气阀门、涡流式燃烧室的镶块等，大多用4Cr9Si2制造。

（三）抗磨钢（高锰钢）

抗磨钢可以在严重摩擦及强烈撞击条件下工作。目前使用的抗磨钢主要是Mn13。这种钢含锰量在13%左右，它具有高强度、高韧性、高抗磨能力，主要用作铁道道岔、破碎机的齿板、球磨机的衬板、挖掘机的铲齿和拖拉机的链轨板等。

第四节 热处理简介

在机车车辆制造和修理中，为了使构件或零件获得良好的使用性能，或改善材料的加工工艺性能，常采用热处理的方法。所谓热处理，就是将钢件或材料在固态下加热、保温和冷却，以改变钢的组织 and 性能的一种工艺。

例如，我们将一块钢材切成两半，一半加热到红热状态，然后让它慢慢地冷却，这叫做退火；另一半钢锻成锥形，加热到红热状态时，把它放在水中使它迅速地冷却，这叫做淬火，然后再稍微回热一下，叫做回火。经过这样处理以后，迅速冷却的一半钢就能压入缓慢冷却的一半钢，如图1—2所示。

又如，一块含碳量1%的钢，经过淬火和低温回火后所做的刀片，可以切割一块含碳量相同，但未经过淬火的钢。

以上说明，加热的钢经过迅速冷却后，就会变硬和变脆，加热后

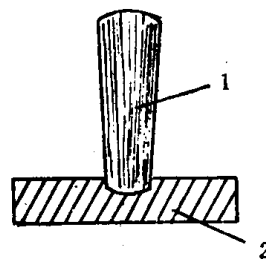


图1—2 经过不同热处理后的钢

1——迅速冷却的钢，
2——缓慢冷却的钢。

慢慢冷却的钢会变软和变韧。

为什么施以不同的加热温度、保温时间、冷却速度就能改变钢的性能呢？这主要是由于钢在固体状态下，随着加热温度和冷却速度的变化，钢的组织结构发生变化所致，如图 1—3 所示。

例如，含碳量 0.8% 的钢的组织，当在 723°C (A_1 线) 以上时为奥氏体。如果将它缓慢地冷却到 A_1 线以下时，它便转变为珠光体。但如果用很快的速度把它冷却下来，则奥氏体转变为马氏体。而马氏体与珠光体的性能截然不同，马氏体的硬度比珠光体高得多。所以，利用不同的加热温度和冷却速度来控制，即可改变钢的组织结构和机械性能。

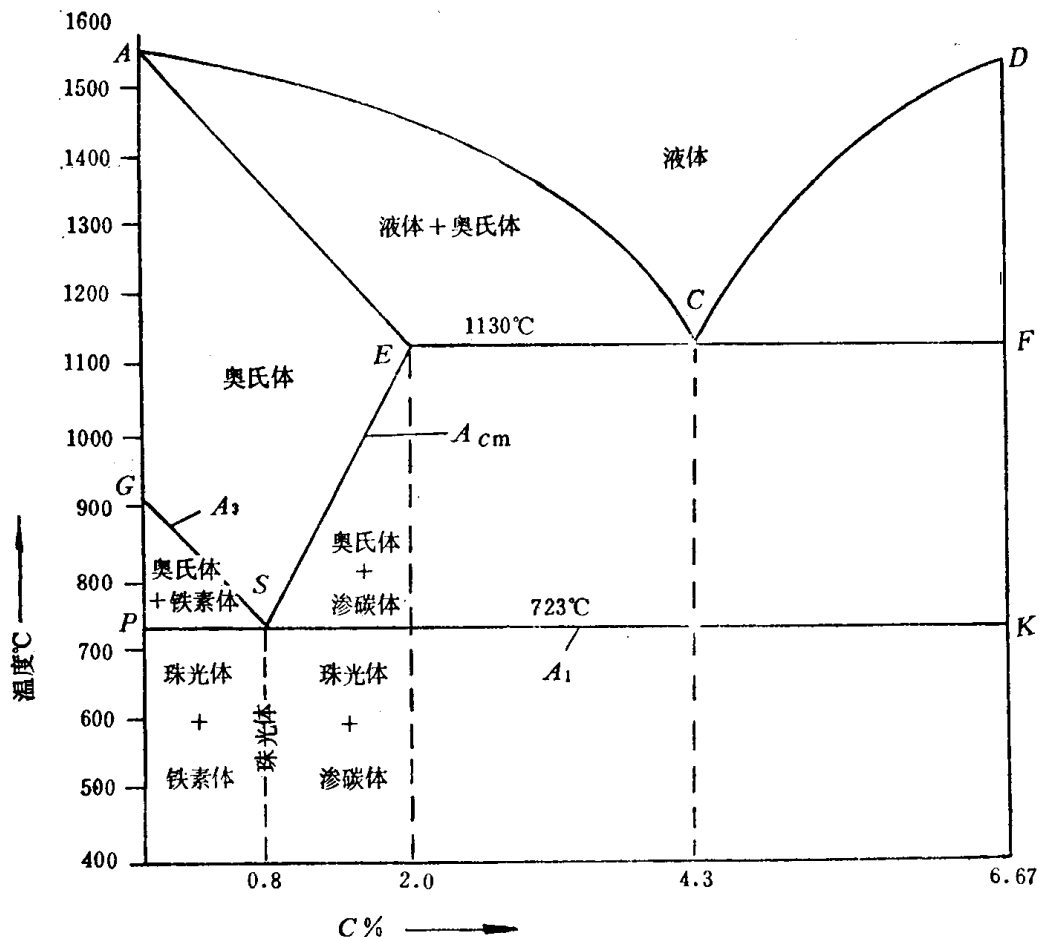


图 1—3 铁碳合金状态简图

一、钢 的 组 织

从图 1—3 中可以看出，铁碳合金中几种主要组织和它的变化情况。现将其机械性能分述如下：

(一) **铁素体**——碳在 α 铁中的固溶体称为铁素体，其溶碳能力极低，最大为 0.04%。铁素体的强度、硬度较低，而塑性、韧性很高。

(二) **渗碳体**——铁碳合金中铁与碳的化合物称为渗碳体。它是由 93.3% 的铁和 6.67% 的碳化合而成。其分子式是 Fe_3C 。它的性质与铁素体相反，硬度极高（约为 HB 800），但强度很低（约为 3.5 公斤/毫米²），脆性也很大，延伸率和冲击韧性都等于零，即渗碳体本身失去任何变形的能力。随着钢中含碳量的增加，钢中渗碳体的量也增多，钢的硬度、强度

也增加；塑性及韧性下降。

(三) 珠光体——是铁素体和渗碳体混合在一起的结构，即铁素体和渗碳体组成的机械混合物。它只在低于 723°C 时才存在。这一混合结构的平均含碳量是 0.8% 。在珠光体中的铁素体与渗碳体都是呈片状，并且是一层一层交替地排列着。珠光体的性能介于铁素体和渗碳体之间，也就是说其硬度和强度比铁素体高，塑性和韧性比铁素体低，这是由于渗碳体梗塞在铁素体晶粒上，阻碍着铁素体的变形所致。但是珠光体的脆性并不大，因为珠光体中的渗碳体要比铁素体少得多，大约只有铁素体的八分之一。

(四) 奥氏体——碳在 γ 铁中的固溶体称为奥氏体。碳钢中的奥氏体只出现在高温区域内；在 723°C 以下，奥氏体就随着钢中含碳量的不同，分别转变为铁素体、珠光体和渗碳体，其最高溶碳量为 2% 。在一般情况下，奥氏体的硬度 (HB200) 和强度低，但塑性和韧性极为良好。

(五) 马氏体——是当奥氏体组织在迅速冷却时，来不及分解为珠光体和铁素体而形成的一种硬度很高 (HB600~650)、脆性大、强度也很高，但塑性、韧性差的组织 (含碳量小于 0.25% 的普通低碳钢，由于含碳量低，在迅速冷却时不易成马氏体)。

从以上说明，含碳量为 0.8% 以下的钢，它的组织是铁素体 + 珠光体。其中含碳量越低，铁素体越多，所以塑性、韧性越好，而强度、硬度越差。含碳量为 0.8% 的钢，它的组织全部是珠光体，因此系中等硬度、强度、塑性和韧性。含碳量在 0.8% 以上的钢，它的组织是渗碳体 + 珠光体，故硬度、强度高，塑性、韧性差。钢在室温时的基本组织是铁素体、渗碳体和珠光体，其机械性能列于表 1—6。

铁素体、珠光体和渗碳体的机械性能

表 1—6

性 能	铁 素 体	珠 光 体	渗 碳 体
硬 度 HB	80	220	800
抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	30	80	—
延伸率 δ (%)	50	14	0
断面收缩率 ψ (%)	75	20	—
冲击韧性 α_k (公斤·米/厘米 ²)	20	15	—

二、热处理基本方法

热处理是依靠加热和冷却来实现的，根据加热温度、加热时间及冷却速度的不同，热处理可分为淬火、回火、退火、正火等。

(一) 淬火 淬火是将钢加热到 723°C (称为临界温度) 以上，保温一段时间，然后快速冷却的一种热处理方法。

淬火的效果与钢的化学成分、淬火前加热的温度、保温时间及冷却的速度有关。一般含碳量高的钢，接受淬火的性能也高。对于含碳量低于 0.25% 的钢，一般需要经过“渗碳”以后才能淬火。但是有些低碳钢零件可以采用低碳马氏体强化淬火工艺，代替渗碳处理，取得更好的效果。

淬火时，冷却的速度是由冷却介质的性质来决定的。冷却的速度是影响钢的各种物理、力学性质的主要因素，故对各种性质的材料应采用不同的冷却介质。如水是碳素钢淬火时最