

第 3 篇 材 料

主要撰稿 王德夫 孙东辉 韩学铨
审 稿 成大先 李福君 钟云杰

第 1 章 黑色金属材料

1 黑色金属材料的表示方法

钢铁产品牌号中化学元素的符号 (GB/T 221—2000)

表 3-1-1

元素名称	铁	锰	铬	镍	钴	铜	钨	钼	钒	钛	铝	铌	钽	锂	铍	镁	钙	锆	锡	铅
化学元素符号	Fe	Mn	Cr	Ni	Co	Cu	W	Mo	V	Ti	Al	Nb	Ta	Li	Be	Mg	Ca	Zr	Sn	Pb
元素名称	铋	铯	钡	镧	铈	铈	钐	铈	镧	铈	硅	硒	碲	砷	硫	磷	氮	氧	氢	
化学元素符号	Bi	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Ac	B	C	Si	Se	Te	As	S	P	N	O	H	

注：混合稀土元素符号用“RE”表示。

钢铁产品牌号中表示名称、用途、特性和工艺方法的符号 (GB/T 221—2000)

表 3-1-2

名 称	采用的汉字及汉语拼音		采用符号	字 体	位 置
	汉 字	汉语拼音			
炼钢用生铁	炼	LIAN	L	大写	牌号头
铸造用生铁	铸	ZHU	Z	大写	牌号头
球墨铸铁用生铁	球	QIU	Q	大写	牌号头
脱碳低磷粒铁	脱炼	TUO LIAN	TL	大写	牌号头
含钒生铁	钒	FAN	F	大写	牌号头
耐磨生铁	耐磨	NAI MO	NM	大写	牌号头
碳素结构钢	屈	QU	Q	大写	牌号头
低合金高强度钢	屈	QU	Q	大写	牌号头
耐候钢	耐候	NAI HOU	NH	大写	牌号尾
保证淬透性钢			H	大写	牌号尾
易切削非调质钢	易非	YIFEI	YF	大写	牌号头
热锻用非调质钢	非	FEI	F	大写	牌号头
易切削钢	易	YI	Y	大写	牌号头
电工用热轧硅钢	电热	DIAN RE	DR	大写	牌号头
电工用冷轧无取向硅钢	无	WU	W	大写	牌号中
电工用冷轧取向硅钢	取	QU	Q	大写	牌号中
电工用冷轧取向高磁感硅钢	取高	QU GAO	QG	大写	牌号中
(电讯用)取向高磁感硅钢	电高	DIAN GAO	DG	大写	牌号头
电磁纯铁	电铁	DIAN TIE	DT	大写	牌号头
碳素工具钢	碳	TAN	T	大写	牌号头
塑料模具钢	塑模	SU MO	SM	大写	牌号头
(滚珠)轴承钢	滚	GUN	G	大写	牌号头
焊接用钢	焊	HAN	H	大写	牌号头
钢轨钢	轨	GUI	U	大写	牌号头
铆螺钢	铆螺	MAO LUO	ML	大写	牌号头
锚链钢	锚	MAO	M	大写	牌号头
地质钻探钢管用钢	地质	DI ZHI	DZ	大写	牌号头
船用钢			采用国际符号		
汽车大梁用钢	梁	LIANG	L	大写	牌号尾
矿用钢	矿	KUANG	K	大写	牌号尾

续表

名 称	采用的汉字及汉语拼音		采用符号	字 体	位 置
	汉 字	汉语拼音			
压力容器用钢	容	RONG	R	大写	牌号尾
桥梁用钢	桥	QIAO	q	小写	牌号尾
锅炉用钢	锅	GUO	g	小写	牌号尾
焊接气瓶用钢	焊瓶	HAN PING	HP	大写	牌号尾
车辆车轴用钢	辆轴	LIANG ZHOU	LZ	大写	牌号头
机车车轴用钢	机轴	Ji ZHOU	JZ	大写	牌号头
管线用钢			S	大写	牌号头
沸腾钢	沸	FEI	F	大写	牌号尾
半镇静钢	半	BAN	b	小写	牌号尾
镇静钢	镇	ZHEN	Z	大写	牌号尾
特殊镇静钢	特镇	TE ZHEN	TZ	大写	牌号尾
质量等级			A	大写	牌号尾
			B	大写	牌号尾
			C	大写	牌号尾
			D	大写	牌号尾
			E	大写	牌号尾

注：没有汉字及汉语拼音的，采用符号为英文字母。

钢铁产品牌号表示方法举例（GB/T 221—2000、GB/T 700—1988）

表 3-1-3

产品名称	牌号举例	牌 号 表 示 方 法 说 明
生 铁	L10	L 10 ——表示平均含硅量 10‰
	Z30	Z 30 ——表示平均含硅量 30‰ ——表示铸造用生铁
碳素结构和低合金结构钢	Q195、 Q215A、 Q215B、 Q235A、 Q235B、 Q235C、 Q235D、 Q255A、 Q255B、 Q275	碳素结构钢 Q 235 A F ——脱氧方法 { 不标此符号表示镇静钢(Z)或特殊镇静钢(TZ)的 Z、TZ 已省略,也可不省略 标注 b 表示半镇静钢 标注 F 表示沸腾钢 ——质量等级代号,共分 A、B、C、D 四等,其区别见表 3-1-5 和表 3-1-6 ——屈服点数值(单位为 MPa) ——代表“屈服点”
	Q295A Q345B Q390C Q420D Q460E	低合金结构钢 Q 345 C (低合金结构钢为镇静钢或特殊镇静钢,无脱氧方法符号) ——质量等级代号,共分 A、B、C、D、E 五等,见表 3-1-8 ——屈服点数值(单位为 MPa) ——代表“屈服点”

续表

产品名称	牌号举例	牌 号 表 示 方 法 说 明
碳素结构钢和低合金结构钢	Q345R Q295HP Q390g Q420q Q340NH	专用结构钢 Q 345 R — 表示压力容器 屈服点数值(单位为 MPa) 代表“屈服点” Q 295 HP — 表示焊接气瓶 屈服点数值(单位为 MPa) 代表“屈服点”
优质碳素钢和优质碳素弹簧钢	普通含锰量优质碳素结构钢 08F 45 20A 45E 较高含锰量优质碳素结构钢 40Mn 70Mn 专用优质碳素结构钢 20g	表示平均含碳量为万分之几 表示脱氧方法或化学元素符号 08 F — 表示平均含碳量为 0.08% 的沸腾钢 45 — 表示平均含碳量为 0.45% 的镇静钢 20 A — 表示平均含碳量为 0.2% 的高级优质碳素结构钢 40 Mn — 表示平均含碳量为 0.4%、含锰量较高(0.70% ~ 1.00%) 的镇静钢 45 E — 表示平均含碳量为 0.45% 的特级优质碳素结构钢 20 g — 表示平均含碳量为 0.20% 的锅炉用钢 优质碳素弹簧钢的牌号表示方法与优质碳素结构钢相同
合金结构钢和合金弹簧钢	合金结构钢 30CrMnSi 20Cr2Ni4 20CrNi3 30CrMnSiA 30CrMnSiE 专用合金结构钢 ML30CrMnSi 合金弹簧钢 60Si2Mn 60Si2MnA	采用阿拉伯数字和规定的合金元素符号表示。合金元素含量表示方法为：平均含量小于 1.5% 时，牌号中仅标明元素，一般不标含量；平均含量为 1.5% ~ 2.49%、2.5% ~ 3.49%、3.5% ~ 4.49%、4.5% ~ 5.49%、… 时，在合金元素后相应写成 2、3、4、5、… 专用合金钢在牌号头部加代表产品用途的符号 表示平均含碳量的万分之几 30CrMnSi — 碳、铬、锰、硅的平均含量分别为 0.30%、0.95%、0.85%、1.05% 20Cr2Ni4 — 碳、铬、镍的平均含量分别为 0.20%、1.5%、3.5% 60Si2MnA — 碳、硅、锰的平均含量分别为 0.60%、1.75%、0.75% 的高级优质弹簧钢 ML30CrMnSi — 碳、铬、锰、硅的平均含量分别为 0.30%、0.95%、0.85%、1.05% 的柳螺合金钢

产品名称		牌号举例	牌 号 表 示 方 法 说 明
工 具 钢	碳素工具钢	T9 T12A T8Mn	——表示“碳素工具钢” ——表示平均含碳量为千分之几 T 9——表示平均含碳量为 0.9% 的普通含锰量碳素工具钢 T 12A——表示平均含碳量为 1.2% 的高级优质碳素工具钢 T 8Mn——表示平均含碳量为 0.8%、含锰量较高(0.40% ~ 0.60%) 的碳素工具钢
	合金工具钢和高速工具钢	Cr4W2MoV Cr12MoV 8MnSi	合金工具钢和高速工具钢表示方法与合金结构钢相同, 但平均含碳量 $\geq 1.00\%$ 的, 一般不标明含碳量数字。平均含碳量 $< 1.00\%$, 可采用一位数字表示含碳量的千分之几
	低铬合金工具钢(平均含铬量小于 1%)	Cr06	——平均含碳量的千分之几 Cr4W2MoV——平均含碳量为 1.19%、含铬量为 3.75%、含钨量为 2.25%、含钼量为 1.0%、含钒量为 0.95% 的模具钢 Cr12MoV——平均含碳量为 1.6%、含铬量为 11.75%、含钼量为 0.5%、含钒量为 0.22% 的合金工具钢 8MnSi——平均含碳量为 0.8%、含硅量为 0.45%、含锰量为 0.95% 的合金工具钢 ——含铬量以千分之几计, 在含铬量前加数字“0” Cr06——平均含铬量为 0.6% 的合金工具钢
	塑料模具钢	SM3Cr2Mo SM45	在牌号头部加符号“SM”, 牌号表示法与优质碳素钢和合金工具钢相同 ——表示“塑料模具钢” SM45——平均含碳量为 0.45% 的碳素塑料模具钢 SM3Cr2Mo——平均含碳量为 0.34%、含铬量为 1.7%、含钼量为 0.42% 的合金塑料模具钢
轴 承 钢	高碳铬轴承钢	GCr15	在牌号头部加符号“G”, 但不标明含碳量, 铬含量以千分之几计, 其他合金元素按合金结构钢的合金含量表示 GCr15——平均含铬量为 1.5% 的轴承钢
	渗碳轴承钢	G20CrNiMo	在牌号头部加符号“G”, 采用合金结构钢的表示方法 G20CrNiMo——平均含碳量为 0.20%、平均含铬量为 0.5%、含镍量为 0.55%、含钼量为 0.23% 的渗碳轴承钢
	高碳铬不锈钢轴承钢和高温轴承钢	9Cr18 10Cr14Mo4	采用不锈钢和耐热钢的牌号表示方法、牌号头部不加符号“G” 9Cr18——平均含碳量为 0.90%、含铬量为 18% 的高碳铬不锈钢 10Cr14Mo4——平均含碳量为 1.02%、含铬量为 14%、含钼量为 4% 的高温轴承钢
不 锈 钢 和 耐 热 钢	不锈钢和耐热钢	2Cr13 11Cr17 0Cr18Ni9	一般用阿拉伯数字表示平均含碳量的千分之几; 当含碳量上限 $< 0.1\%$, 以一个“0”表示含碳量; 当 $0.01\% < \text{含碳量上限} \leq 0.03\%$ (超低碳) 以“03”表示含碳量; 当含碳量上限 $\leq 0.01\%$ (极低碳), 以“01”表示含碳量
	超低碳不锈钢	03Cr19Ni10	易切削不锈钢和耐热钢在牌号头部加“Y” 2Cr13——平均含碳量为 0.20%、含铬量为 13% 的不锈钢
	极低碳不锈钢	01Cr19Ni11	11Cr17——平均含碳量为 1.10%、含铬量为 17% 的高碳铬不锈钢 0Cr18Ni9——含碳量上限为 0.08%、平均含铬量为 18%、含镍量为 9% 的镍铬不锈钢 03Cr19Ni10——含碳量上限为 0.03%、平均含铬量为 19%、含镍量为 10% 的超低碳不锈钢 01Cr19Ni11——含碳量上限为 0.01%、平均含铬量为 19%、含镍量为 11% 的极低碳不锈钢
	易切削不锈钢	Y1Cr17	Y1Cr17——含碳量上限为 0.12%、平均含碳量为 17% 的加硫量切削铬不锈钢

续表

产品名称		牌号举例	牌 号 表 示 方 法 说 明
易切削钢	加硫 易切削钢和加硫磷易切削钢	Y15 Y40Mn	在牌号头部加“Y”，用阿拉伯数字表示平均含碳量的万分之几 Y15——平均含碳量为0.15%的易切削钢，在后面不加易切削元素符号 Y40Mn——平均含碳量为0.40%、含锰量为1.20%~1.55%的较高含锰量易切削钢
	含钙、铅易切削钢	Y45Ca Y15Pb	Y45Ca——平均含碳量为0.45%、含钙量为0.002%~0.006%的易切削钢，后面加钙元素符号 Y15Pb——平均含碳量为0.15%、含铅量为0.15%~0.35%的易切削钢，后面加铅元素符号
非调质机械结构钢	易切削非调质机械结构钢	YF35V	在牌号头部加“F”，易切削非调质机械结构钢在牌号头部再加“Y” YF35V——平均含碳量为0.35%、含钒量为0.06%~0.13%的易切削非调质机械结构钢
	热锻用非调质机械结构钢	F45V	F45V——平均含碳量为0.45%、含钒量为0.06%~0.13%的热锻用非调质机械结构钢
焊接用钢		H08 H08Mn2 Si H1Cr19 Ni9 H08Mn2 SiA	在各类焊接用钢牌号头部加符号“H”，高级优质焊接用钢在牌号尾部加符号“A”
电工用硅钢片	电工用热轧硅钢	DR440-50 DR1750G-35	DR 440-50 ——公称厚度为0.50mm的100倍数字 ——最大允许铁损为4.4W/kg的100倍数字，其后无“G”表示在50Hz下检验 ——表示电工热轧 DR1750G-35——公称厚度为0.35mm，最大允许铁损值为17.50W/kg的电工用热轧硅钢 ——“G”表示在高频率(400Hz)下检验
	电工用冷轧无取向硅钢和取向硅钢	30Q130 35W300 27QG100	——公称厚度(mm)的100倍数字 30Q130 35W300 27QG100 ——表示铁损值的100倍数字 ——Q表示取向硅钢，W表示无取向硅钢，QG表示高磁感硅钢
	电讯用取向高磁感硅钢	DG5	——表示电讯用取向高磁感硅钢 DG5——数字表示电磁性能级别，从1至6表示电磁性能从低到高
电磁纯铁		DT3、 DT4 DT4A DT4C DT4E	DT3 DT4A ——表示电磁性能不同的质量等级符号 ——数字表示不同牌号的顺序号 ——DT表示电磁纯铁

产品名称	牌号举例	牌 号 表 示 方 法 说 明
高电阻电热合金	0Cr25Al5	采用规定的化学元素和阿拉伯数字表示。牌号表示与不锈钢和耐热钢的牌号表示方法相同（镍铬基合金不标出含碳量） 0Cr25Al5——平均含铬为25%、含铝量为5%、含碳量不大于0.06%的高电阻电热合金（其余为铁）

注：本表表示方法的依据是 GB/T 221—2000 和 GB/T 700—1988，对原标准 GB 221—1979 进行了部分修改，许多现在仍然有效的钢铁产品标准是按过去 GB 221—1979 表示方法制定的，所以有部分钢铁标准（如不锈钢、耐热钢 GB/T 1220—1992）的表示方法与本标准（GB/T 221—2000）表示方法并不一致，提醒读者注意。

金属材料力学性能代号及其含义^[1]

表 3-1-4

代 号	名 称	单 位	含 义
σ_b σ_{bc} σ_{bb}	抗拉强度 抗压强度 抗弯强度	MPa 或 N/mm ²	材料试样受拉力时，在拉断前所承受的最大应力 材料试样受压力时，在压坏前所承受的最大应力 材料试样受弯曲时，在破坏前所承受的最大应力
τ τ_b	抗剪强度 抗扭强度		材料试样受剪力时，在剪断前所承受的最大剪应力 材料试样受扭转力时，在扭断前所承受的最大剪应力
σ_s $\sigma_{0.2}$	屈服点 屈服强度		材料试样在拉伸过程中，负荷不增加或开始有所降低而变形继续发生的现象称为屈服，屈服时的最小应力称为屈服点或屈服极限 对某些屈服现象不明显的金属材料，测定屈服点比较困难，为便于测量，通常按其产生永久变形量等于试样原长 0.2% 时的应力称为屈服强度或条件屈服强度
σ_e σ_p	弹性极限 比例极限		材料能保持弹性变形的最大应力。真实的弹性极限难以测定，实际规定按永久变形为原长的 0.005% 时的应力值表示 在弹性变形阶段，材料所承受的和应变能保持正比的最大应力，称比例极限， σ_p 与 σ_e 两数值很接近，一般常互相通用
E G	弹性模量 切变模量		在比例极限的范围内，应力与应变成正比时的比例常数，衡量材料刚度的指标 $E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad \epsilon \text{——试样纵向线应变}$ $G = \frac{\tau}{\gamma} \quad \gamma \text{——试样切应变}$
μ	泊松比	—	在弹性范围内，试样横向线应变与纵向线应变的比值 $\mu = \left \frac{\epsilon'}{\epsilon} \right \quad \epsilon' = -\mu\epsilon$ $\epsilon' \text{——试样横向线应变}$
σ_{-1}	疲劳极限	MPa 或 N/mm ²	材料试样在对称弯曲应力作用下，经受一定的应力循环数 N 而仍不发生断裂时所能承受的最大应力。对钢来说，如应力循环数 N 达 $10^6 \sim 10^7$ 次仍不发生疲劳断裂时，则可认为随循环次数的增加，将不再发生疲劳断裂。因此常采用 $N = (0.5 \sim 1) \times 10^7$ 为基数，确定钢的疲劳极限

续表

代 号	名 称	单 位	含 义
$\sigma_{1/10^4}$ $\sigma_{1/10^5}$ $\sigma_{0.2/200}$	蠕变极限	MPa 或 N/mm ²	在一定的温度（通常在高温下）和恒定载荷作用下，材料在规定的时 间（使用期间）内的蠕变变形量或蠕变速度不超过某一规定值的最大应 力。符号右下角的分数中，分子表示规定的变形量的百分数，分母表示 产生该变形量所经历的时间（h）。 $\sigma_{1/10^4}$ 表示在 10000h 产生 1% 变形量的 应力，有时在符号的右上角标明试验温度，如 $\sigma_{2/10^4}^{600}$ 表示在 600℃ 时在 10000h 内产生 2% 变形量的应力
DVM	蠕变极限		加载后观测 25 ~ 35h，可允许的伸长速度为 $10 \times 10^{-4}\%$ /h 的应力
$\sigma_b/10^4$ $\sigma_b/10^5$ $\sigma_b/200$	持久极限		在一定的温度（通常在高温）下，材料在恒定载荷作用时，在一定时 间（使用期间）内材料破坏时的应力 符号右下角的分数中分母表示时间（h）。有时在符号的右上角标明试 验温度， $\sigma_b^{700}/100$ 表示在试验温度为 700℃ 时，持久时间为 100h 的应力
δ δ_5 δ_{10}	伸长率（延伸率）	%	材料试样被拉断后，标距长度的增加量与原标距长度之百分比 试样的标距等于 5 倍直径时的伸长率 试样的标距等于 10 倍直径时的伸长率
ψ	断面收缩率		材料试样在拉断后，其断裂处横截面积的缩减量与原横截面积的百分 比。收缩率和伸长率均用来表示材料塑性的指标
α_{KU} 或 α_{KV}	冲击韧性值	J/cm ²	金属材料对冲击负荷的抵抗能力称为韧性，通常都是以大能量的一次 冲击值（ α_{KU} 或 α_{KV} ）作为标准的。它是采用一定尺寸和形状的标准试 样，在摆锤式一次冲击试验机上来进行试验，试验结果，以冲断试样上 所消耗的功（ A_{KU} 或 A_{KV} ）与断口处横截面积（ F ）之比值大小来衡量。
A_{KU} 或 A_{KV}	冲击功	J	冲击试样的基本类型有：梅氏、夏氏、艾氏、DVM 等数种，我国目前 一般采用 GB 229《夏比 U 形缺口冲击试样》为标准试样，也有采用 GB/T 229《夏比 V 形缺口试样》的，其形状、尺寸和试验方法参见 GB/ T 229 标准中的规定。由于 α_k 值的大小，不仅取决于材料本身，同时还 随试样尺寸、形状的改变及试验温度的不同而变化，因而 α_k 值只是一 个相对指标。目前国际上许多国家直接采用冲击功 A_k 作为冲击韧性的 指标，我国将逐步用 A_k 代替 α_k 工程上很多承受冲击载荷的机件，在使用中很少因受大能量一次冲击 而破坏的，大多数是经千百万次的小能量多次重复冲击，最后导致破 断。因此，用 α_k 值来衡量材料的冲击抗力，不符合实际情况，所以， 有人建议用“小能量多次重复冲击试验”来测定材料承受冲击抗力的能 力，目前在这方面的试验方法和指标表示方法尚未标准化
HB (HBS 或 HBW)	布氏硬度	kgf/mm ² (一般不标注)	硬度就是指金属抵抗硬的物体压入其表面的能力 用淬硬小钢球或硬质合金球压入金属表面，保持一定时间待变形稳定 后卸载，以其压痕面积除加在钢球上的载荷，所得之商，即为金属的布 氏硬度数值。硬度小于等于 450HBS 时使用钢球测定。硬度小于等于 650HBW（见 GB/T 231 时）使用硬质合金球测定 当试验力单位为 N 时，布氏硬度值为 $HB = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \text{ kgf/mm}^2$ 式中 F ——钢球上的载荷，N； D ——钢球直径，mm； d ——压痕直径，mm 如果试验力单位为 kgf，则式中系数 0.102 应为 1

续表

代 号	名 称	单 位	含 义
HRC	洛氏硬度 C 级	—	用 1471N 载荷, 将顶角为 120° 的圆锥形金刚石的压头, 压入金属表面, 取其压痕的深度来计算硬度的大小, 即为金属的 HRC 硬度, HRC 用来测量 HB = 230 ~ 700 的金属材料, 主要用于测定淬火钢、调质钢等较硬的金属材料 (见 GB/T 230 下同)
HRA	洛氏硬度 A 级		指用 588.4N 载荷和顶角为 120° 的圆锥形金刚石的压头所测定出来的硬度, 一般用来测定硬度很高或硬而薄的金属材料, 如碳化物、硬质合金或表面淬火层, HRA 用来测量 HB > 700 的金属材料
HRB	洛氏硬度 B 级	—	指用 980.7N 载荷和直径为 1.59mm (即 1/16in) 的淬硬钢球所测得的硬度。主要用于测定 HB = 60 ~ 230 这一类较软的金属材料, 如软钢、退火钢、正火钢、铜、铝等有色金属
HRN HRT	表面洛氏硬度	—	试验原理同上面洛氏硬度, 不同的是试验载荷较轻, HRN 的压头是顶角为 120° 金刚石圆锥体, HRT 的压头是直径为 1.5875mm 的淬硬钢球。二者的载荷均为 15kgf、30kgf 和 45kgf。二者的标注分别为 HRN15、HRN30、HRN45 和 HRT15、HRT30、HRT45。表面洛氏硬度只适用于钢材表面渗碳、渗氮等处理的表面层硬度, 以及较薄、较小试件的硬度测定, 数值比较准确 (见 GB/T 1818)
HV	维氏硬度	kgf/mm ² (一般不标注)	用 49.03 ~ 980.7N (分 6 级) 以内的载荷, 将顶角为 136° 的金刚石四方角锥体压头压入金属的表面, 经一定的保荷时间后卸载, 以其压痕表面积除载荷所得之商, 即为维氏硬度值。HV 只适用测定很薄 (0.3 ~ 0.5mm) 的金属材料、金属薄镀层或化学热处理后的表面层硬度 (如镀铬、渗碳、氮化、碳氮共渗层等) (见 GB/T 4340.1)
HS	肖氏硬度		以一定重量的冲头, 从一定的高度落于被测试样的表面, 以其冲头的回跳高度表示硬度的度量。适用于测定表面光滑的一些精密量具或不易搬动的大型机件

$$HR = K - \frac{\overline{bd}}{0.002}$$
 式中 K —— 常数, HRC 及 HRA 的 K 值 = 100, HRB 的 K 值 = 130
 $\overline{bd}$ —— 压痕深度, mm;
 0.002 —— 试验机刻度盘上每一小格所代表的压痕深度, mm, 每一小格即表示洛氏硬度一度

$$\left. \begin{matrix} HRN \\ HRT \end{matrix} \right\} = 100 - 1000t$$
 式中 t —— 表示主载荷与初载荷两次加载的压痕深度的差值, mm

$$HV = 0.102 \frac{2P}{d^2} \sin \frac{136^\circ}{2}$$

$$= 0.1891 \frac{P}{d^2}$$
 式中 P —— 压头上的负荷, N;
 d —— 压痕对角线长度, mm

2 钢铁材料的分类及技术条件

2.1 一般用钢

碳素结构钢 (GB/T 700—1988)

表 3-1-5 碳素结构钢的化学成分

牌 号	等 级	化 学 成 分 / %					脱 氧 方 法	与旧标准 GB 700—79 牌号对照	用 途
		C	Mn	Si	S	P			
				≤					
Q195	—	0.06 ~ 0.12	0.25 ~ 0.50	0.30	0.050	0.045	F、b、Z	见注 3	载荷小的零件、铁丝、垫铁、垫圈开口销、拉杆、冲压件及焊接件
Q215	A	0.09 ~ 0.15	0.25 ~ 0.55	0.30	0.050	0.045	F、b、Z	A2	拉杆、套圈、垫圈、渗碳零件及焊接件
	B				0.045			C2	
Q235	A	0.14 ~ 0.22	0.30 ~ 0.65*	0.30	0.050	0.045	F、b、Z	A3	金属结构件，心部强度要求不高的渗碳或氰化零件，拉杆、连杆、吊钩、车钩、螺栓、螺母、套筒、轴及焊接件，C、D级用于重要的焊接结构
	B	0.12 ~ 0.20	0.30 ~ 0.70*		0.045			C3	
	C	≤0.18	0.35 ~ 0.80		0.040	0.040	Z	—	
	D	≤0.17			0.035	0.035	TZ	—	
Q255	A	0.18 ~ 0.28	0.40 ~ 0.70	0.30	0.050	0.045	F、b、Z	A4	转轴、心轴、吊钩、拉杆、摇杆楔等强度要求不高的零件，焊接性尚可
	B				0.045			C4	
Q275	—	0.28 ~ 0.38	0.50 ~ 0.80	0.35	0.050	0.045	b、Z	C5	轴类、链轮、齿轮、吊钩等强度要求较高的零件

注：1. 本标准适用于一般结构钢和工程用热轧钢板、钢带、型钢、棒钢。该产品可供焊接、铆接、栓接构件用，一般在供应状态下使用。钢材一般以热轧状态交货，根据需方要求，也可正火处理交货（但 A 级钢材除外）。

2. * 表示 Q235A、B 级沸腾钢锰含量上限为 0.60%。
3. Q195 不分等级，化学成分和力学性能（ σ_b 、 δ_5 、冷弯）均须保证，但轧制薄板、盘条的力学性能，在有关标准中另有规定。Q195 的化学成分与旧标准的 B1 同，力学性能与 A1 同。
4. 镇静钢脱氧完全，性能较半镇静钢和沸腾钢优良。沸腾钢脱氧不完全，化学成分不均匀，内部杂质较多，抗腐蚀性和机械强度较差，冲击韧性较低，冷脆倾向及时效敏感较大，不适于高冲击负荷和低温下工作。但成材率高，成本低，没有集中缩孔，表面质量及深冲性能好，一般结构可大量采用。半镇静钢脱氧程度介于镇静钢与沸腾钢之间。

表 3-1-6 碳素结构钢的力学性能

牌 号		拉 伸 试 验										冲击试验		冷弯试验 $B = 2a, 180^{\circ}$					
		σ_s /MPa					σ_b /MPa												
		钢材厚度(直径)/mm					δ_5 %					A_{kv} (纵向)/J	牌 号	试 样 方 向	钢材厚度(直径)/mm				
		≤ 16	$> 16 \sim 40$	$> 40 \sim 60$	$> 60 \sim 100$	$> 100 \sim 150$	≤ 16	$> 16 \sim 40$	$> 40 \sim 60$	$> 60 \sim 100$	$> 100 \sim 150$				温度 / $^{\circ}\text{C}$	$\geq$	60	$> 60 \sim 100$	$> 100 \sim 200$
弯 心 直 径 d																			
Q195	—	(195)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	纵	0	—	—	—
														横	0.5a	—	—	—	
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335 ~ 450	31	30	29	28	27	26	—	纵	0.5a	1.5a	2a
	B								20	27	—	—	—	横	a	2a	2.5a	—	
Q235	A														纵		2a	2.5a	
	B	235	225	215	205	195	185	375 ~ 500	26	25	24	23	22	21	20	Q235			
	C								0	27	—	—	—	横	1.5a	2.5a	3a		
	D								-20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Q255	A	255	245	235	225	215	205	410 ~ 550	24	23	22	21	20	19	—	—	2a	3a	3.5a
	B								20	27	—	—	—	横	2a	3a	3.5a	—	
Q275	—	275	265	255	245	235	225	490 ~ 630	20	19	18	17	16	15	—	—	3a	4a	4.5a

注: 1. 冷弯试验中 B 为试样宽度, a 为钢材厚度(直径)。

2. Q195 的屈服点仅供参考, 不作为交货条件。

3. 进行拉伸和弯曲试验时, 钢板和钢带应取纵向试样, 伸长率允许比表中降低 1% (绝对值), 型钢应取纵向试样。

4. 各牌号 A 级钢的冷弯试验, 当需方有要求时才进行, 当冷弯试验合格时, 抗拉强度上限可以不作交货条件。

5. 用沸腾钢轧制各牌号的 B 级钢材, 其厚度(直径)一般不大于 25mm。

优质碳素结构钢 (GB/T 699—1999、JB/T 6397—1992)

表 3-1-7

优质碳素结构钢的化学成分和力学性能

钢号	化学成分/%			标准号	推荐热处理 /℃			试样 毛坯尺寸 /mm	力 学 性 能					交货状态硬度 HBS10/3000		特 性 和 用 途
	C	Si	Mn		正火	淬 火	回 火		σ_b /MPa	σ_s ($\sigma_{0.2}$)	δ_5	ψ	A_{kv}	未热 处理	退火钢	
$\approx$														$\leq$		
08F	0.05~0.11	≤ 0.03	0.25~0.50	930			295	175	35	60	—	131		这种钢强度不大,而塑性和韧性甚高,有良好的冲压、拉伸和弯曲性能,焊接性好。可作塑性须好的零件,如管子、垫片;心部强度要求不高的渗碳和氧化零件,如套筒、短轴、离合器盘 屈服点和抗拉强度比值较低,塑性和韧性均高,在冷状态下容易模压成形。一般用作拉杆、卡头、垫片、铆钉。无回火脆性倾向,焊接性甚好,冷拉或正火状态的切削加工性能比退火状态好		
08	0.05~0.11	0.17~0.37	0.35~0.65	930			325	195	33	60	—	131				
10F	0.07~0.13	≤ 0.07	0.25~0.50	930			315	185	33	55	—	137				
10	0.07~0.13	0.17~0.37	0.35~0.65	930			335	205	31	55	—	137				
15F	0.12~0.18	≤ 0.07	0.25~0.50	920			355	205	29	55	—	143			作塑性好的零件:管子、垫片。心部强度要求不高的渗碳和氧化零件;套筒、短轴、靠模、离合器盘。还可作摇杆、吊钩、螺栓等。焊接性好	
15	0.12~0.18	0.17~0.37	0.35~0.65	920			375	225	27	55	—	143		塑性、韧性、焊接性能和冷冲性能均极好,但强度较低。用于受力不大韧性要求较高的零件。渗碳零件、紧固件、冲模锻件及不要热处理的低负荷零件,如螺栓、螺钉、拉条、法兰盘及化工容器、蒸汽锅炉、冷拉或正火状态的切削性能比退火状态好		
	0.17~0.23	0.17~0.37	0.35~0.65	910			410	245	25	55	—	156		冷变形塑性高,一般供弯曲、压延用,为了获得好的深冲拉伸性能,板材应正火或高温回火		
20	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	正火或正火+回火			340~470	215	24	53	54	105~156			用于不经受很大应力而要求很大韧性的机械零件,如拉杆、轴套、螺栓、起重钩等。还可用于表面硬度高而心部强度要求不大的渗碳与氧化零件。冷拉或正火状态的切削加工性较退火状态好	
							320~470	205	23	50	49					
							320~470	195	22	45	49					



续表

钢号		化学成分/%			标准号	推荐热处理 /℃			试样 毛坯尺寸 /mm	力 学 性 能					交货状态硬度 HBS10/3000		特 性 和 用 途			
										σ_b	σ_s ($\sigma_{0.2}$)	δ_5	ψ	A_{KU}	未热 处理	退火钢				
																		/MPa	/%	/J
		C	Si	Mn	正 火	淬 火	回 火	25	450	275	23	50	71	170						
25	0.22~0.29	0.17~0.37	0.50~0.80	GB/T 699	900	870	600	25	450	275	23	50	71	170	性能与 20 钢相似, 钢的焊接性及冷应变更塑性均高, 无回火脆性倾向, 用于制造焊接设备, 以及经锻造、热冲压和机械加工的承受高应力的零件如轴、辊子、连接器、垫圈、螺栓、螺钉、螺母					
	0.22~0.30	0.17~0.37	0.50~0.80	JB/T 6397	正火或正火 + 回火			≤ 100	410~540	235	20	50	49	120~155						
					$> 100 \sim 250$	390~520	225	19	48	39										
30	0.27~0.34	0.17~0.37	0.50~0.80	GB/T 699	880	860	600	25	490	295	21	50	63	179	截面尺寸不大时, 淬火并回火后呈索氏体组织, 从而获得良好的强度和韧性的综合性能。用于制造螺钉、拉杆、轴、套筒、机座					
	0.27~0.35	0.17~0.37	0.50~0.80	JB/T 6397	正火或正火 + 回火			≤ 100	490~630	255	18	43	34	140~172						
					$> 100 \sim 250$	450~590	240	17	40	29										
35	0.32~0.39	0.17~0.37	0.50~0.80	GB/T 699	870	850	600	25	530	315	20	45	55	197	有良好的塑性和适当的强度, 多在正火和调质状态下使用。焊接性能尚可, 但焊前要预热, 焊后回火处理, 一般不作焊接。用于制造曲轴、转轴、杠杆、连杆、圆盘、套筒、钩环、飞轮、机身、法兰、螺栓、螺母					
	0.32~0.40	0.17~0.37	0.50~0.80	JB/T 6397	调 质			≤ 16	630~780	430	17	35	40	—						
					$> 16 \sim 40$	600~750	370	19	40	40										
40	0.37~0.44	0.17~0.37	0.50~0.80	GB/T 699	860	840	600	25	570	335	19	45	47	217	187	有较高的强度, 加工性良好, 冷变形时塑性中等, 焊接性差, 焊前须预热, 焊后应热处理, 多在正火和调质状态下使用, 用于制造辊子、轴、曲柄销、活塞杆等				
	0.37~0.45	0.17~0.37	0.50~0.80	JB/T 6397	正火或正火 + 回火 调质			$> 100 \sim 250$	490~640	295	22	40	40	189~229	163~219					
					$> 250 \sim 500$	490~640	275	21	—	38										
同本标准 35 钢																				

续表

钢号	化学成分/%			标准号	推荐热处理/℃			试样 毛坯尺寸 /mm	力 学 性 能					交货状态硬度 HBS10/3000		特性和用途
	C	Si	Mn		正 火	淬 火	回 火		σ_b /MPa	σ_s ($\sigma_{0.2}$) /MPa	δ_5 /%	ψ /%	A_{kv} /J	未热 处理	退火钢	
≥																

45	0.42 ~ 0.50	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	GB/T 699	850	840	600	25	600	355	16	40	39	229	197	强度较高，塑性和韧性尚好 用于制作承受载荷较大的小型正 面调质件和应力较小的大型正 火零件，以及对心部强度要求 不高的表面淬火件，如曲轴、销 传动轴、齿轮、蜗杆、键、销 等。水淬时有形成裂纹的倾向， 形状复杂的零件应在热水或油 中淬火。焊接性差																								
	0.42 ~ 0.50	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	JB/T 6397	正火或正火 + 回火			≤100	570 ~ 710	295	14	38	29	170 ~ 207																										
								> 100 ~ 250	550 ~ 690	280	13	35	24																											
								> 250 ~ 500	550 ~ 690	260	12	32	24																											
								≤16	700 ~ 850	500	14	30	31				—																							
								> 16 ~ 40	650 ~ 800	430	16	35	31																											
50	0.47 ~ 0.55	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	GB/T 699	830	830	600	25	630	375	14	40	31	241	207	强度高，塑性、韧性较差、 切削性中等，焊接性差，水淬 有形成裂纹倾向。一般正火、 调质状态下使用，用作要求较 高强度、耐磨性或弹性、动载 荷及冲击负荷不大的零件，如 齿轮、轧辊、机床主轴、连杆、 次要弹簧等																								
																	JB/T 6397	正火或正火 + 回火 调质	820	820	600	25	645	380	13	35	—	255	217											
																														GB/T 699	正火或正火 + 回火	820	820	600	25	670 ~ 830	325	9	—	200 ~ 241
GB/T 699	0.52 ~ 0.60	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	JB/T 6397	调质	750 ~ 900	500	14	30	—																														
											55	0.52 ~ 0.60	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	JB/T 6397	调质	700 ~ 850	430	15	35	217 ~ 321																			
55	0.52 ~ 0.60	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	JB/T 6397	调质	630 ~ 780	365	17	—	207 ~ 302																														
											55	0.52 ~ 0.60	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	JB/T 6397	调质	630 ~ 780	335	16	—	197 ~ 269																			

续表

钢 号		化学成分/%			标准号	推荐热处理 /℃			试样 毛坯尺寸 /mm	力 学 性 能					交货状态硬度 HBS10/3000		特 性 和 用 途					
										≧								≦				
C	Si	Mn	正火	淬 火	回 火	σ _b /MPa	σ _s (σ _{0.2})	δ ₅	ψ	A _{KU}	未热 处理	退火钢	强度、硬度和弹性均相当高， 切削性焊接性差，水淬有裂纹 倾向，小件才能进行淬火，大 件多采用正火。用作轧辊、轴、 轮箍、弹簧、离合器、钢丝绳 等受力较大，要求耐磨性和一 定弹性的零件									
60	0.57 ~ 0.65	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	GB/T 699	810			25	675	400	12	35		—	255	229						
JB/T 6397					正火或正火 + 回火 调 质					同本标准 55 钢												
65	0.62 ~ 0.70	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	GB/T 699	810			25	695	410	10	30		—	255	229	经适当热处理后，可得到较 高的强度与弹性，在淬火、中 温回火状态下，用作截面较小， 形状简单的弹簧及弹簧式零件， 如气门弹簧、弹簧垫圈等。在 正火状态下，制造耐磨性高的 零件，如轧辊、轴、凸轮、钢 丝绳等。淬透性差，水淬有裂 纹倾向，截面<15mm时一般油 淬，截面较大时水淬					
70	0.67 ~ 0.75	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80		790			25	715	420	9	30	—	269	229							
75	0.72 ~ 0.80	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80			820	480	试样	1080	880	7	30	—	285	241	强度较 70 钢稍高，而弹性略 低，其他性能相近，淬透性仍 较差。用作制造截面不大（一 般≤20mm）承受强度不太高的 板弹簧、螺旋弹簧以及要求耐 磨的零件						
80	0.77 ~ 0.85	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80			820	480	试样	1080	930	6	30	—	285	241							
85	0.82 ~ 0.90	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80			820	480	试样	1130	980	6	30	—	302	255							

续表

钢号	化学成分/%			标准号	推荐热处理/℃			试样 毛坯尺寸 /mm	力 学 性 能					交货状态硬度 HBS10/3000		特 性 和 用 途
	C	Si	Mn		正 火	淬 火	回 火		σ_b /MPa	σ_s ($\sigma_{0.2}$) /MPa	δ_5 /%	ψ /%	A_{ku} /J	未热 处理	退火钢	
≧																
≦																
15Mn	0.12~0.18	0.17~0.37	0.70~1.00	GB/T 699	920			25	410	245	26	55	—	163		是高锰低碳渗碳钢，性能与15钢相似，但淬透性、强度和塑性比15钢高。用以制造心部力学性能要求高的渗碳零件，如凸轮轴、齿轮、联轴器，焊接性尚可
20Mn	0.17~0.23	0.17~0.37	0.70~1.00		910				450	275	24	50	—	197		
25Mn	0.22~0.29	0.17~0.37	0.70~1.00		900	870	600		490	295	22	50	71	207		
30Mn	0.27~0.34	0.17~0.37	0.70~1.00		880	860	600		540	315	20	45	63	217	187	
35Mn	0.32~0.39	0.17~0.37	0.70~1.00		870	850	600		560	335	18	45	55	229	197	
40Mn	0.37~0.44	0.17~0.37	0.70~1.00	JB/T 6397	860	840	600	< 250	590	355	17	45	47	229	207	可在正火状态下应用，也可在淬火与回火状态下应用。切削加工性好。冷变形时的塑性中等。焊接性不良。用以制造承受疲劳负荷的零件，如轴辊子及高应力下工作的螺钉、螺母等
	0.37~0.45	0.17~0.37	0.70~1.3		正火或正火 + 回火				590	350	17	45	47	207		
45Mn	0.42~0.50	0.17~0.37	0.70~1.00	GB/T 699	850	840	600	25	620	375	15	40	39	241	217	用作受磨损的零件，转轴、心轴、齿轮、啮合杆、螺栓、螺母、还可做离合器盘、花键轴、万向节、凸轮轴、曲轴、汽车后轴、地脚螺栓等。焊接性较差
50Mn	0.48~0.56	0.17~0.37	0.70~1.00		830	830	600		645	390	13	40	31	255	217	
				JB/T 6397	正火或正火 + 回火			< 250	645	390	13	40	31	217		弹性、强度、硬度均高，多在淬火与回火后应用；在某些情况下也可在正火后应用。焊接性差。用于制造耐磨性要求很高、在高负荷作用下的热处理零件，如齿轮、齿轴、摩擦盘和截面在80mm以下的心轴等