

第 6 篇 工 程 材 料

编 写 人 林慧国 (冶金工业部钢铁研究总院)
 郑 鲁 (冶金工业部钢铁研究总院)
 王维仁 (上海市机械制造工艺研究所)
 黄玉祥 (中国有色金属工业总公司技术经济研究中心)
 王振常 (北京市粉末冶金研究所)
 李祖德 (北京市粉末冶金研究所)
 袁裕生 (机械电子工业部上海材料研究所)
 陈尔春 (机械电子工业部上海材料研究所)
 顾里之 (机械电子工业部上海材料研究所)

责任编辑 仲 晖

常用符号表

A_{c1}	——加热下临界点 (温度) $^{\circ}\text{C}$
A_{c2}	——亚共析钢加热上临界点 (温度) $^{\circ}\text{C}$
A_{cm}	——过共析钢加热上临界点 (温度) $^{\circ}\text{C}$
A_K	——冲击功 J
a_K	——冲击韧性 J/cm^2
A_{r1}	——冷却下临界点 (温度) $^{\circ}\text{C}$
A_{r3}	——亚共析钢冷却上临界点 (温度) $^{\circ}\text{C}$
B	——磁感应强度 T
c	——比热容 $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
C_v	——夏氏 V 形缺口试样冲击韧性 J/cm^2
E	——弹性模量 MPa
f	——挠度
G	——切变弹性模量 MPa
HB	——布氏硬度
HK	——奴氏 (Knoop) 硬度
HRA	——洛氏 A 标度硬度
HRB	——洛氏 B 标度硬度
HRC	——洛氏 C 标度硬度
HS	——肖氏硬度
HV	——维氏硬度
α	——线胀系数 $10^{-6}/\text{K}$
γ	——电导率 s/m
δ	——伸长率 %
λ	——热导率 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
ρ	——电阻率 $\Omega\cdot\text{mm}$
σ_b	——抗拉强度 MPa

4 常用符号表

σ_{bb} ——抗弯强度 MPa

σ_{bc} ——抗压强度 MPa

σ_s ——屈服点 MPa

$\sigma_{0.2}$ ——屈服强度 MPa

σ_{-1} ——光滑试样对称弯曲应力的疲劳极限 MPa

ψ ——断面收缩率（面缩率） %

1 钢

钢是指含碳量一般在 2 % 以下并含有某些其他元素的可变形铁碳合金。

1.1 钢的分类和我国钢号表示方法

1.1.1 钢的分类

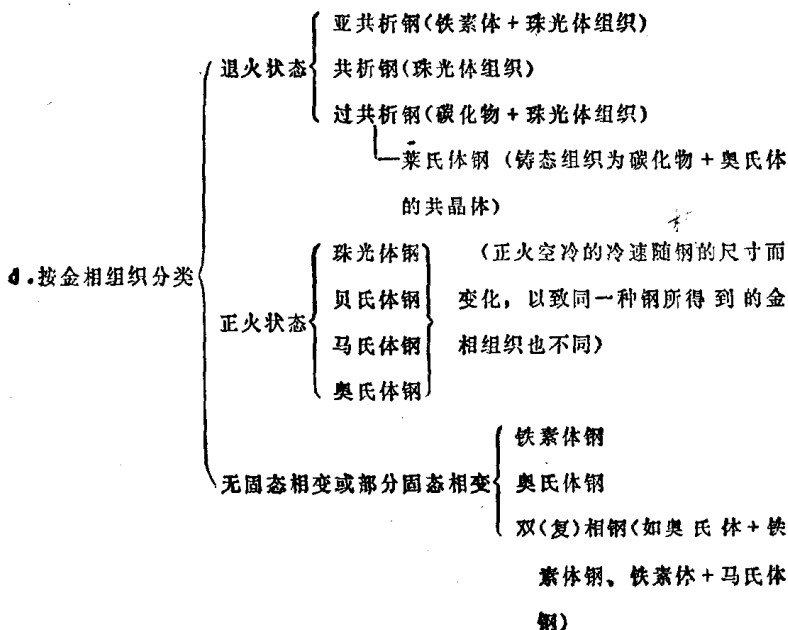
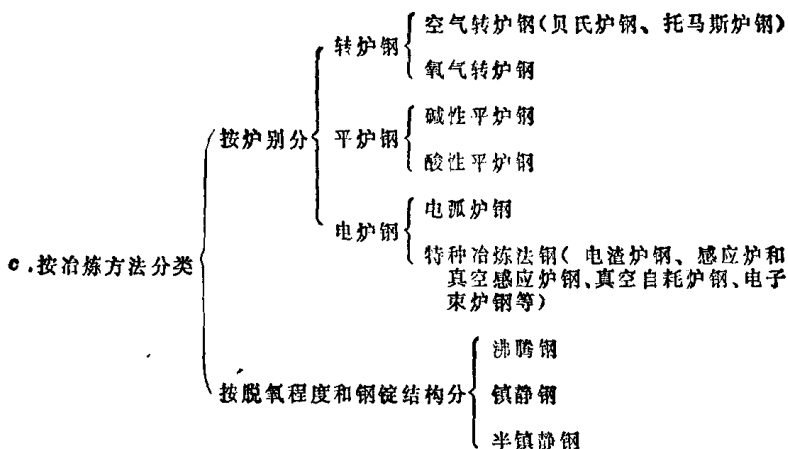
世界上许多国家均有自己特有的分类方法，我国常用的分类方法见表6-1。

另外，按供货前的主要加工工艺可分为铸钢、锻钢、热轧钢、冷轧钢和冷拔钢。大部分钢材是用热轧生产出的，如热轧钢管、钢板、型钢以及线材。冷轧钢有冷轧薄板、钢带和钢管等。冷拔钢主要有钢丝，以及 $\phi 50\text{mm}$ 以下的圆钢、六角钢和 $\phi 76\text{mm}$ 以下的钢管。

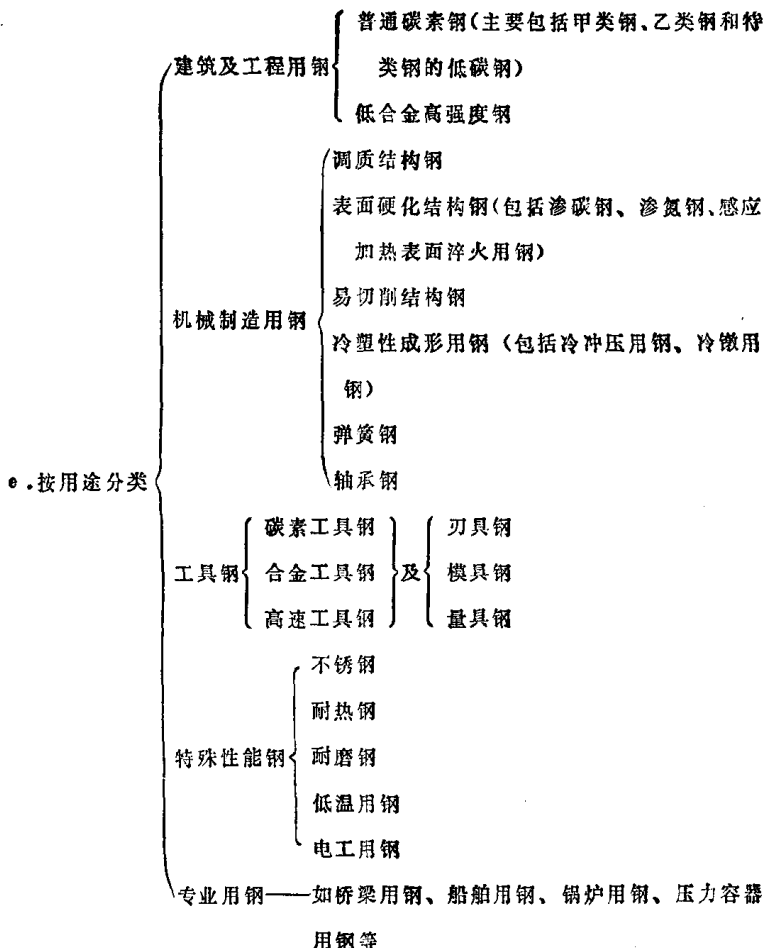
表6-1 钢的分类

a. 按化学成分分类	碳素钢	工业纯铁 ($C \leq 0.040\%$)
		低碳钢 ($C \leq 0.25\%$)
		中碳钢 ($C 0.25 \sim 0.60\%$)
		高碳钢 ($C > 0.60\%$)
	合金钢	低合金钢 (合金元素总含量 $\leq 5\%$)
		中合金钢 (合金元素总含量 $5 \sim 10\%$)
		高合金钢 (合金元素总含量 $> 10\%$)
b. 按品质分类	普通钢 ($P \leq 0.045\%$, $S \leq 0.055\%$)	
	优质钢 ($P, S \leq 0.035\%$)	
	高级优质钢 ($P, S \leq 0.030\%$)	

(续)



(续)



1.1.2 钢号表示方法

根据 GB221—79 的规定,我国钢号采用汉语拼音字母、化学元素符号及阿拉伯数字相结合的方法表示。

(1) 钢号中化学元素采用国际化学符号来表示,例如 Si, Mn, Cr, Ni…等,稀土元素(总称)以字母“RE”表示 $\ominus$ 。

$\ominus$ 以前曾用 Xi 表示稀土元素,为全书统一,我们采用 RE。

表6-2 钢号名称、用途、特性和工艺方法所采用的符号

名 称	采用汉字及拼音		采用符号	在钢号中位置
	汉 字	拼 音		
甲类钢	甲		A	头
乙类钢	乙		B	头
特类钢	特		C	头
氧气转炉(普碳钢用)	氧	YANG	Y	中
碱性空气转炉(普碳钢用)	碱	JIAN	J	中
易切削钢	易	YI	Y	头
电工用热轧硅钢	电热	DIAN RE	DR	头
电工用冷轧无取向硅钢	电无	DIAN WU	DW	头
电工用冷轧取向硅钢	电取	DIANQU	DQ	头
电工用纯铁	电铁	DIAN TIE	DT	头
碳素工具钢	碳	TAN	T	头
滚动轴承钢	滚	GUN	G	头
焊条用钢	焊	HAN	H	头
钢轨钢	轨	GUI	U	头
铆螺钢	铆螺	MAO LUO	ML	头
锚链钢	锚	MAO	M	头
地质钻探钢管用钢	地质	DI ZHI	DZ	头
船用钢	船	CHUAN	C	尾
汽车大梁用钢	梁	LIANG	L	尾
矿用钢	矿	KUANG	K	尾
压力容器用钢	容	RONG	R	尾
多层式高压容器用钢	高层	GAO CENG	gC	尾
桥梁钢	桥	QIAO	q	尾
锅炉钢	锅	GUO	g	尾
耐蚀合金	耐蚀	NAI SHI	NS	头
精密合金	精	JING	J	中
变形高温合金	高合	GAO HE	GH	头
铸造高温合金	一		K	头
铸钢	铸钢	ZHU GANG	ZG	头
沸腾钢	沸	FEI	F	尾
半镇静钢	半	BAN	b	尾
高级	高	GAO	A	尾
特级	特	TE	E	尾
超级	超	CHAO	C	尾

表6-3 钢号表示方法说明及举例

钢 类 及 品 种	钢 号 举 例	钢号表示方法说明
1. 普通碳素钢		●普通碳素钢分三类，分别用字母 A、B、C 和阿拉伯数字顺序号表示
甲类钢	A3 AY3	●甲类钢：平炉冶炼的钢省略字母“P”，以“A”和顺序号表示；氧气转炉冶炼的钢，用“AY”和顺序号表示；碱性空气转炉冶炼的钢，用“Aj”和顺序号表示
乙类钢	B3 BY3	
特类钢	BJ3 C3 CY3 CJ3	●乙类钢和特类钢：除分别冠以代表字母“B”或“C”外，钢号其余部分的表示方法同甲类钢
沸腾钢	A3F, B3F	●沸腾钢和半镇静钢：分别在钢号后附加“F”或“b”；镇静钢不加任何字母
半镇静钢	A3b, B3b	
桥梁用甲类钢	A3q	●专门用途的普碳钢，如桥梁钢，基本上采用普碳钢的表示方法，而在钢号后附加代表用途字母“q”
2. 优质碳素钢		●以平均含碳量的万分之几表示，例如平均含碳量为0.25%的钢，钢号表示为“25”
普通含锰量钢	15 45	
较高含锰量钢	15Mn 45Mn	●锰含量较高的优碳钢，应在钢号后标出“Mn”
沸腾钢	08F	●沸腾钢及专门用途的优碳钢，其表示方法同普碳钢，即在钢号后分别附加代表字母
锅炉用钢	20g	
3. 碳素工具钢		●钢号冠以“T”，代表碳素工具钢
	T8, T10 T8Mn T10A, T12A	●以平均含碳量的千分之几表示，例如平均含0.8% C 的钢，钢号为“T8” ●含锰量较高的钢，在钢号后标出“Mn” ●高级碳工钢，在钢号后附加“A”

(续)

钢 类 及 品 种	钢 号 举 例	钢号表示方法说明
4.易切削钢	Y12, Y30 Y40Mn	●钢号冠以“Y”，以区别于优质碳素钢 ●以平均含碳量的万分之几表示 ●含锰量较高的钢，亦在钢号后标出“Mn”
5.合金结构钢	20CrMo 20Mn2 20Cr2Ni4 35SiMn 40Cr 25Cr2MoVA 25Cr2Mo1VA 12CrNi2 12CrNi3 12Cr2Ni4 20MnV 20MnVB 20CrMnTi 18Cr2Ni4WA	●钢号头两位数字表示含碳量，以平均含碳量的万分之几表示 ●钢中主要合金元素除个别外，一般以百分之几表示 ●当合金元素平均含量$<1.5\%$时，钢号一般只标出元素符号，不必标明含量；但在特殊情况易致混淆时，可将含量较高者标以“1”字 ●当合金元素平均含量$\geq 1.5\%$、$\geq 2.5\%$、$\geq 3.5\%$…时，在元素符号后分别标明相应含量为2、3、4…等 ●钢中微量合金元素如V、Ti、Al、B等，虽然含量很低，仍应标出 ●高级优质钢，在钢号后附加“A”
6.低合金钢	16Mn 15MnTi 14MnVTiRE 16MnL 16MnR	●钢号表示方法基本上同合金结构钢 ●钢中含稀土和其他微量合金元素应标出，如稀土表示为“Xt” ●专门用途钢种，应在钢号后标出，如汽车大梁用钢和压力容器用钢分别附加“L”或“R”

(续)

钢 类 及 品 种	钢 号 举 例	钢号表示方法说明
7. 弹簧钢 碳素弹簧钢 合金弹簧钢	85, 65Mn 50CrMn 55SiMnVB 50CrVA	●钢号表示方法, 和碳素钢及合金结构钢相同
8. 滚动轴承钢 高碳铬轴承钢 渗碳轴承钢 不锈钢轴承钢	GCr15 GCr15SiMn 20CrNiMoA 20Cr2Ni4A 9Cr18 1Cr18Ni9Ti	●钢号冠以“G”, 表示高碳含铬的滚动轴承钢 ●钢号的碳含量不予标出, 铬含量以千分之几表示 ●渗碳轴承钢系从渗碳结构钢引入的钢种, 不锈钢轴承系从不锈钢引入的钢种, 其轴承钢均按原钢类的钢号表示
9. 合金工具钢	CrMn Cr12MoV 9Mn2V 3Cr2W8V Cr06	●当钢的平均含碳量 $\geq 1.0\%$ 时, 钢号中不标出碳含量; 当 $C < 1.0\%$ 时, 钢号以千分之几表示 ●钢中合金元素含量的表示方法, 基本与合金结构钢相同。但对含Cr低的钢, 其Cr含量以千分之几表示, 并在含量前加“0”字, 以示区别
10. 高速工具钢	W18Cr4V W6Mo5Cr4V2 9W18Cr4V	●钢号一般不标出含碳量, 只标出合金元素含量的百分之几 ●当钢中 $C < 1.0\%$ 时, 钢号开头以千分之几表示
11. 不锈钢、耐热钢 不锈钢耐酸钢 耐热钢	1Cr13 0Cr18Ni9 00Cr18Ni10 0Cr18Ni9Ti 4Cr9Si2 1Cr18Mn12Si2N	●钢号中含碳量以千分之几表示; 但平均含碳量 $\leq 0.03\%$ 及 $\leq 0.08\%$ 者, 钢号开头分别标以“00”或“0” ●钢中主要合金元素, 以及微量元素如Ti、Nb、Zr、N...等的表示方法, 与合金结构钢相同

(续)

钢 类 及 品 种	钢 号 举 例	钢号表示方法说明
12. 焊接用钢 焊接用碳素钢 焊接用合金钢 焊接用不锈钢	H08 H10Mn2 H1Cr13	②钢号冠以代表字母“H”，其余表示方法分别和各钢类相同
13. 铸钢 碳素铸钢 合金铸钢 不锈钢	ZG45 ZG50SiMn ZG2Cr13	③钢号一般冠以代表字母“ZG”，其余表示方法分别和各钢类相同 ④专门用途的铸钢，如轧辊用铸钢，钢号冠以代表字母“ZU”

(2) 产品名称、用途、特性和工艺方法等，一般采用汉语拼音的缩写字母来表示，原则上只选取一个字母，一般不超过两个字母，见表6-2。

钢号表示方法举例见表6-3。

1.2 碳素结构钢

碳素结构钢是用量最大的钢类，产量约占工业用钢的80%；用碳素钢结合新的技术工艺来代替某些合金钢，已在机械制造业获得成效。

碳素钢的性能主要取决于钢的含碳量和显微组织。在退火或热轧状态下，钢中含碳量与机械性能的关系见图6-1。含碳量高的钢，其焊接性和冷弯性能差，所以对碳素结构钢常限制含碳量。

碳素钢中的残余元素和杂质元素，如Mn、Si、Ni、P、S、O、N、H等，对钢的性能也有影响，它们的影响有时互相加强，有时互相抵销，见表6-4。

碳素钢的热加工性能良好，低碳钢的焊接性和冷冲压性能均好。但选用碳素结构钢时应注意，沸腾钢由于时效作用，一般不宜用于重要的焊接结构和冷冲压零部件。另外，碳素钢的淬透性较低，热稳定性也差，不宜用于截面较大而又要求强度高的零部件，也不宜在较高的工作温度下使用。

碳素结构钢分为普通碳素结构钢和优质碳素结构钢。两者的主要

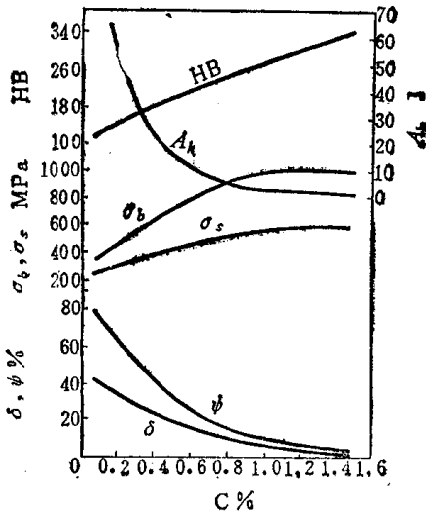


图6-1 热轧状态普通碳素钢
($\phi 25\text{mm}$ 棒材) 含碳量与机械性能的关系

σ_b —抗拉强度 σ_s —屈服强度
 ψ —面 缩 率 δ —伸 长 率
HB—布氏硬度 A_K —冲击功

异同可参见表6-5。

1.2.1 普通碳素结构钢

也称普通碳素钢或普碳钢。在我国，按供应的保证条件普碳钢分为：甲类钢、乙类钢和特类钢，见表6-6。其保证的化学成分和机械性能分别见表6-7和表6-8。

表6-4 碳素钢中残余元素和杂质元素的影响

负 影 响	正 影 响
残余元素大都降低冲击韧性，增加冷脆性	适量Mn和Ni则起有益影响
S、O降低强度	其他杂质元素均在不同程度上提高强度
几乎所有杂质元素都降低塑性和焊接性	
S、O、N能增加热脆性	适量Mn可减少或部分抵消其热脆性
H在钢中能造成很多严重缺陷，如产生白点、点状偏析、氢脆、表面鼓泡和焊缝热影响区内的裂纹等	

表6-5 普通碳素结构钢和优质碳素结构钢的异同

类 别	普 通 碳 素 结 构 钢	优 质 碳 素 结 构 钢
共同点	两者钢中均不含有意加入的合金元素； 均用于制造各种钢结构和机械零部件	
差别	对含碳量、性能范围以及磷、硫和其他残余元素含量的限制较宽	钢中所含杂质，如常存元素P、S以及其他残余元素Ni、Cr、Cu等均较少，夹杂物也较少，钢的纯洁度和均匀度较好，因而其综合机械性能比普通碳素钢优良

表6-6 我国普通碳素钢的分类及特点

类 别	主 要 特 点	说 明
甲类钢 (A类钢)	按机械性能供应，保证抗拉强度和伸长率。根据需方要求，可补充保证屈服点、室温冲击韧性和冷弯性能。化学成分除S、P外，不作交货条件	甲类钢通常以热轧状态供应后直接使用，故主要规定其性能；并通过保证S、P含量，间接保证焊接性能。但如果要求保证的项目多，而使材料检验费增加，钢材合格率降低，则价格也会增加
乙类钢 (B类钢)	按化学成分供应，可补充保证 $S \leq 0.050\%$ ， $Cr, Ni \leq 0.30\%$ ，还可经协议保证 $Cu \leq 0.20\%$ ，转炉钢的 $N \leq 0.008\%$	乙类钢一般供热加工或其他处理后使用。钢经加工处理后其性能会产生变化，故对供应状态的性能不作规定。但为了正确制订加工处理的工艺规范，用户有必要了解钢的化学成分并要求加以规定。由于钢的性能主要取决于成分，因此乙类钢的性能一般来说与同号甲类钢相近，而价格比较便宜
特类钢 (C类钢)	同时按机械性能和化学成分供应，保证化学成分、抗拉强度、屈服点、伸长率和冷弯性能等	特类钢主要用于工程上重要的焊接结构。为了对重要的焊接结构进行精确设计和计算，以保证使用过程中安全可靠，需要知道钢的机械性能。为了便于施焊、控制焊缝及热影响区的性能，又要求对化学成分予以保证 有时也用于稍重要的机械零件，以代替部分优质碳素钢

表6-7 我国普通碳素钢的化学成分

%

炉 种	钢 号		C	Si	Mn	P $\leq$	S $\leq$
	乙 类 钢	特 类 钢					
平 炉	B1, BY1 B1F, BY1F	—	0.06~0.12	0.12~0.30 ≤ 0.05	0.25~0.50	0.045	0.050
	B2, BY2 B2F, BY2F	C2, CY2 C2F, CY2F	0.09~0.15	0.12~0.30 ≤ 0.07	0.25~0.55	0.045	0.050
	B3, BY3 B3F, BY3F	C3, CY3 C3F, CY3F	0.14~0.22	0.12~0.30 ≤ 0.07	0.35~J.65 0.30~0.60	0.045	0.050
	B4, BY4 B4F, BY4F	C4, CY4 C4F, CY4F	0.18~0.28	0.12~0.30 ≤ 0.07	0.40~0.70	0.045	0.050
氧 气 转 炉	B5, BY5	C5, CY5	0.28~0.38	0.15~0.35	0.50~0.80	0.045	0.055
	B6, BY6	—	0.38~0.50	0.15~0.35	0.50~0.80	0.045	0.055
	B7, BY7	—	0.50~0.62	0.15~0.35	0.50~0.80	0.045	0.055

(续)

炉 种	钢 号		C	Si	Mn	P ∇	S ∇
	乙类钢	特类钢					
空气转炉	BJ2	CJ2	0.06~0.12	0.10~0.30 ≤ 0.07	0.25~0.55	0.045	0.055
	BJ2F	CJ2F					
	BJ3	CJ3	0.10~0.20	0.10~0.30 ≤ 0.07	0.30~0.60	0.045	0.055
	BJ3 F	CJ3F					
	BJ4	CJ4	0.16~0.26	0.10~0.35 ≤ 0.07	0.30~0.70	0.045	0.055
	BJ4F	CJ4F					
	BJ5	CJ5	0.24~0.37	0.12~0.35	0.50~0.80	0.045	0.055
	BJ6	—	0.37~0.50	0.12~0.35	0.50~0.80	0.045	0.055

注：1.本表摘自GB700—79。

2.半镇静钢Si $\leq 0.17\%$ 。3.残余元素含量：Cu $\leq 0.30\%$ ，As $\leq 0.08\%$ 。