

机电工人技术丛书

简明锻工手册

上海市机电工业管理局《机电工人技术丛书》编委会主编

陈斌云 侯阿毅 编

上海科学技术出版社

TG31
21
2

机电工人技术丛书

简明锻工手册

上海市机电工业管理局《机电工人技术丛书》编委会 主编

陈斌云 侯阿毅 编

65100/18



上海科学技术出版社

B 531953

内 容 提 要

本手册第一章为锻造基础知识,第二章为锻造基本操作技能,第三章为常用金属材料锻造与典型锻件工艺分析,而重点在第三章。介绍碳素工具钢、弹簧钢、轴承钢、高速钢、不锈钢及铜合金、铝合金的锻造,分析轴杆类锻件、饼块类锻件、环套类锻件、曲轴锻件及弯杆锻件等的锻造工艺。最后为附录,列出锻工必需的资料。

本书适于二至四级锻工阅读,五、六级工及锻造工艺人员亦可参考。

简 明 锻 工 手 册

陈斌云 侯阿毅 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 江苏深水印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 9.5 字数 209,000

1988 年 7 月第 1 版 1988 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1—14,700

ISBN 7-5323-0390-X/TG·12

定价: 2.30 元

前 言

机电工业是基础工业。只有加强技术改造,掌握迅速发展的新材料、新设备、新工艺、新技术,才能生产出先进的机电设备,武装国民经济各部门,推动整个工业的现代化。为要胜任这一任务,必须重视智力开发,加强人才培养,逐步提高全体职工的技术素质。

我局根据中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》,近年来对系统内各工种的工人,特别是青壮年工人陆续开展了技术培训工作,同时编写了若干套相应的教材。

现在为了增长机电工人的技术基础知识,以及进一步提高解决生产实际问题的能力,我局组织从事技术培训的专业教师和既有理论知识、又有实际经验的工程技术人员,编写了《机电工人技术丛书》。这套丛书共计 14 种,以手册的形式编撰,即以图表为主,行文简明,取材实用。其中 13 种按工种分,即:车工、钳工、刨工、铣工、磨工、镗工、齿轮工、冷作工、铸工、锻工、焊工、热处理工及电工等。每一手册大致包含基本知识、工艺要点和典型实例三项内容,而以典型的加工实例为重点,旨在帮助工人在巩固“应知”知识的同时,解决生产中遇到的“应会”难题。另一种为《标准使用手册》,系上述工种通用的基础知识。丛书主要供在职的二至四级工人自学之用,五、六级工亦可参考。

《简明锻工手册》由陈斌云、侯阿毅编写,经唐连初、林海章审阅。

书中内容如有不妥或错误之处，我们恳切希望广大读者
提出批评和建议，以便重版时改正。

上海市机电工业管理局
《机电工人技术丛书》编委会
1985年10月

目 录

第一章 锻造基础知识	1
一、锻造用金属材料	1
1. 金属的性能	1
2. 锻造用钢	7
3. 锻造用有色金属	15
4. 常用下料方法	20
二、锻工算料	22
1. 算料基本公式	22
2. 计算尺算料	24
3. 金属质量计算盘算料	27
4. 查表法算料	31
三、锻造用燃料及加热设备	35
1. 常用燃料	35
2. 锻造加热炉	36
3. 加热炉的砌筑材料	43
4. 锻造加热炉使用规则和常见故障	43
四、自由锻设备	46
1. 自由锻锤	46
2. 自由锻造水压机	53
3. 锻造操作机	58
五、锻造工具	60
1. 手工锻和自由锻工具	60
2. 胎模锻工具	60
六、金属塑性变形基本知识	77
1. 塑性变形的基本定律	77
2. 锻造对机械性能的影响	77

3. 锻造比	79
七、自由锻造工艺规程	81
1. 绘制锻件图	82
2. 确定坯料质量和尺寸	85
3. 拟定变形工艺和工具	87
4. 选择设备	88
5. 确定加热及锻后冷却和热处理规范	88
6. 确定工时定额,填写工艺卡片	88
第二章 锻造基本操作技能	89
一、金属加热	89
1. 钢的构造和铁碳合金状态图	89
2. 加热对钢的影响	91
3. 加热缺陷	96
4. 锻造温度范围	97
5. 钢的加热规范	103
6. 加热操作	106
二、锻造	107
1. 分类	107
2. 自由锻造工序	108
3. 锻造缺陷及其防止	123
三、锻件冷却和热处理	125
1. 锻件的冷却	125
2. 锻件的热处理	130
四、锻造安全技术	133
1. 锻工的安全操作技术	133
2. 司锤工的安全操作技术	134
3. 煤气炉加热工的安全操作技术	134
4. 燃油炉加热工的安全操作技术	135
5. 电阻炉加热工的安全操作技术	135
第三章 常用金属材料锻造与典型锻件工艺分析	137
一、常用金属材料的锻造	137
1. 碳素工具钢的锻造	137
2. 弹簧钢的锻造	137

3. 轴承钢的锻造.....	138
4. 高速钢的锻造.....	139
5. 不锈钢的锻造.....	145
6. 铬 12 型工具钢的锻造	148
7. 铜合金的锻造.....	148
8. 铝合金的锻造.....	149
二、典型锻件的锻造工艺	150
1. 轴杆类锻件的工艺分析.....	152
2. 饼块类锻件的工艺分析.....	180
3. 环套类锻件的工艺分析.....	224
4. 曲轴锻件的工艺分析.....	245
5. 弯杆锻件的工艺分析.....	257
6. 锻造工具的工艺分析.....	267
附录	273
一、锤上自由锻造的锻件机械加工余量和公差	273
二、锤上自由锻件复杂程度分类	290
三、锤上自由锻件通用技术条件	292

第一章 锻造基础知识

一、锻造用金属材料

锻造用金属材料主要有黑色金属和有色金属两大类。黑色金属中用于锻造的是钢,有色金属中常用于锻造的是铜、铝及其合金。

1. 金属的性能

金属的性能包括物理性能、化学性能、机械性能和工艺性能。

(1) 金属的物理性能和化学性能 衡量金属材料物理性能的主要指标有密度、熔点、比热容、导热系数和线膨胀系数等,见表 1-1。

金属的化学性能是指金属材料的耐腐蚀性能和抗氧化性能,耐腐蚀性能是指材料在酸、碱等介质中,抵抗侵蚀的能力,如制造各种化工容器用的耐酸不锈钢。高温抗氧化性是指金属在高温气氛中抵抗腐蚀的能力。

(2) 金属的机械性能 是指金属抵抗外力(或能)的能力。金属在外力或能的作用下,会发生变形或破坏。因此对不同受力状态下工作的金属材料,提出不同的机械性能要求。金属的机械性能基本指标有强度、硬度、塑性和韧性等。

1) 强度 金属受外力作用而不变形或不破坏的能力,称为强度。工程上常用的强度指标有屈服强度 σ_s 和抗拉强度

表 1-1 常用材料的物理性能

材 料	密度 γ (克/厘米 ³)	熔 点 (°C)	比热容 c [千焦/(公 斤·开)]	导热系数 λ [瓦/(米·开)]	线膨胀系数 α (10 ⁻⁶ /°C)
铸 铁	6.6~7.4	1200	0.55	46.5~93.1	9~11
碳素钢	7.85	1400~1500	0.5~0.7	~46.5	11~13
合金钢	7.9	1400~1500	—	—	11~12
高速钢	8.3~8.7	~1400	0.941	~25.6	11
纯 铜	8.9	1083	0.38	393.1	17.2
铝黄铜	8.5~8.7	~950	0.39	93.1	17.8
铝青铜	7.6	~995	0.385	63.96	17.6
硅青铜	8.48	~995	0.385	63.96	17.6
铝	2.71	658	0.90	203.5	24.8
钨	19.3	3380	0.14	166.3	4.6
铬	7.19	1903	0.46	67.45	6.2
钼	10.2	2625	0.27	191.9	4.9

σ_b 。

在拉伸试验机上对拉伸试样(图 1-1a)进行拉伸试验,可绘得材料的拉伸曲线。图 1-1b 为低碳钢的典型拉伸曲线,由此确定材料的屈服强度 σ_s 和抗拉强度 σ_b 。

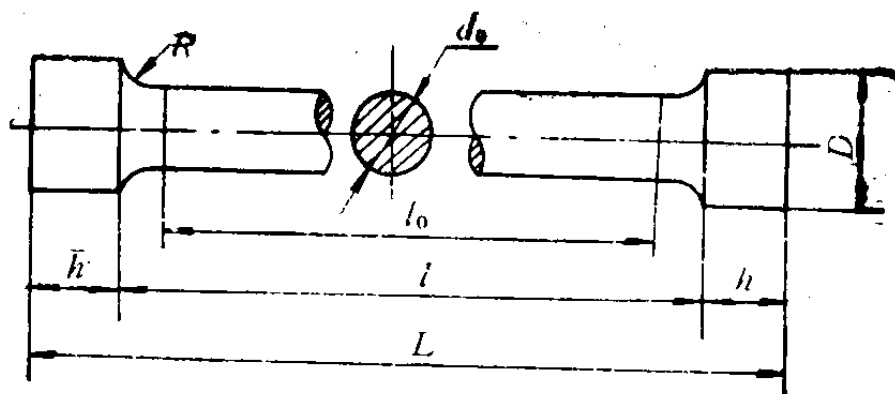
屈服强度 σ_s 是表示材料抵抗塑性变形的能力。拉伸曲线上的 S 点称为屈服点,表示在负荷不变的情况下试样继续伸长,即材料丧失了抵抗塑性变形的能力

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \quad (\text{兆帕})$$

式中 P_s ——使试样开始出现塑性的力(牛);

F_0 ——拉伸试样的横截面积(毫米²)。

许多金属和合金材料,并没有明显的屈服点,为表明这些材料的屈服强度,规定以试样产生伸长量为试样长度的 0.2% 塑性变形时的应力作为材料的条件屈服强度,用 $\sigma_{0.2}$



$d_0=10$ 毫米; $l_0=5d_0$ (或 $10d_0$); $D-h=1.8d_0$
a)

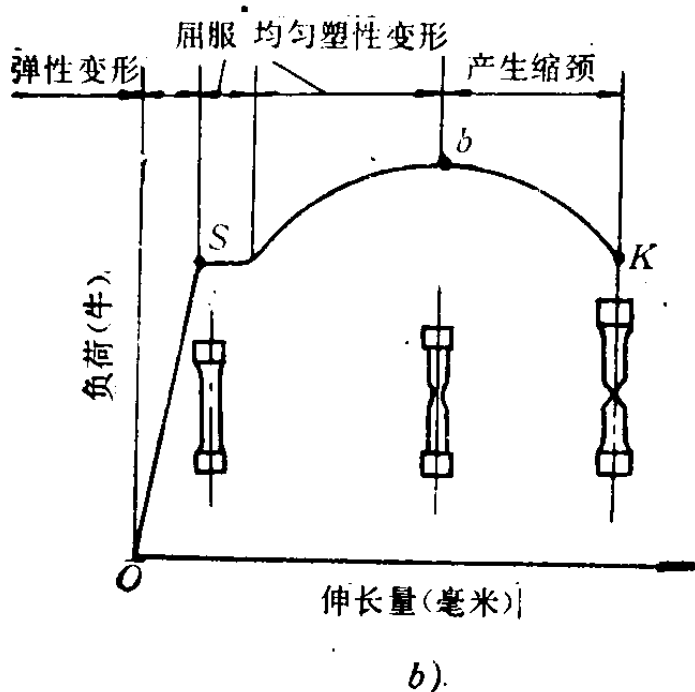


图 1-1 拉伸试样和拉伸曲线
a) 拉伸试样; b) 低碳钢拉伸曲线

表示。

抗拉强度 σ_b 是表示材料在外力作用下所能承受的最大拉力, σ_b 值可在拉伸曲线上的 b 点来确定

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \quad (\text{兆帕})$$

式中 P_b ——试样承受的最大负荷(牛);

F_0 ——拉伸试样的横截面积(毫米²)。

2) 塑性 金属材料在外力作用下,产生永久变形而不破坏的能力称为塑性。材料塑性可以用延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 来衡量。 δ 和 ψ 值愈大表示材料的塑性愈好。

材料的塑性指标可以根据拉伸试样断裂后的状况来确定。试样断裂时,单位长度的伸长量叫做延伸率 δ 。试样断裂时,单位横截面积的缩小量叫做断面收缩率 ψ

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

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中 l_0 、 F_0 ——试样原来的标距(毫米)和横截面积(毫米²);

l_1 、 F_1 ——试样断裂后的标距(毫米)和断裂处的横截面积(毫米²)。

3) 硬度 金属材料抵抗其它物体压入的能力叫硬度。常用的硬度有布氏硬度和洛氏硬度。

布氏硬度 HB 把一个淬火钢球,以 $P=30$ 千牛的负荷压入金属材料表面,去掉负荷后,根据压痕的直径 d 查表 1-2 可得材料的布氏硬度值,见图 1-2a。

布氏硬度常用于测量硬度不高($HB < 450$)的毛坯件。金属材料的布氏硬度与抗拉强度之间有一定的近似关系。如低碳钢 $\sigma_b \approx 3.6 HB$; 高碳钢 $\sigma_b \approx 3.4 HB$; 调质合金钢 $\sigma_b \approx 3.25 HB$; 铸铝 $\sigma_b \approx 6 HB$; 退火黄铜 $\sigma_b \approx 5.5 HB$ 。

洛氏硬度 根据所加负荷与压头的不同,洛氏硬度可分为 A、B、C 三级,常用的是 C 级,其硬度值用 HRC 表示。HRC 值的测试方式是在顶角为 120° 的金刚石圆锥体压头上施加压力 1500 牛,使锥顶压入被测金属的表面(图 1-2b),

表 1-2 压痕直径与布氏硬度对照表

压痕直径 d (毫米)	布氏硬度 HB	压痕直径 d (毫米)	布氏硬度 HB	压痕直径 d (毫米)	布氏硬度 HB
2.70	514	3.58	288	4.28	198
2.75	495	3.60	285	4.30	197
2.80	477	3.62	282	4.32	195
2.85	461	3.64	278	4.34	193
2.90	444	3.66	275	4.36	191
2.95	429	3.68	272	4.38	189
3.00	415	3.70	269	4.40	187
3.02	409	3.72	266	4.42	185
3.04	404	3.74	263	4.44	184
3.06	398	3.76	260	4.46	182
3.08	393	3.78	257	4.48	180
3.10	388	3.80	255	4.50	179
3.12	383	3.82	252	4.52	177
3.14	378	3.84	249	4.54	175
3.16	373	3.86	246	4.56	174
3.18	368	3.88	244	4.58	172
3.20	363	3.90	241	4.60	170
3.22	359	3.92	239	4.62	169
3.24	354	3.94	236	4.64	167
3.26	350	3.96	234	4.66	166
3.28	345	3.98	231	4.68	164
3.30	341	4.00	229	4.70	163
3.32	337	4.02	226	4.72	161
3.34	333	4.04	224	4.74	160
3.36	329	4.06	222	4.76	158
3.38	325	4.08	219	4.78	157
3.40	321	4.10	217	4.80	156
3.42	317	4.12	215	4.82	154
3.44	313	4.14	213	4.84	153
3.46	309	4.16	211	4.86	152
3.48	306	4.18	209	4.88	150
3.50	302	4.20	207	4.90	149
3.52	298	4.22	204	4.92	148
3.54	295	4.24	202	4.94	146
3.56	292	4.26	200	4.96	145
				4.98	144
				5.00	143

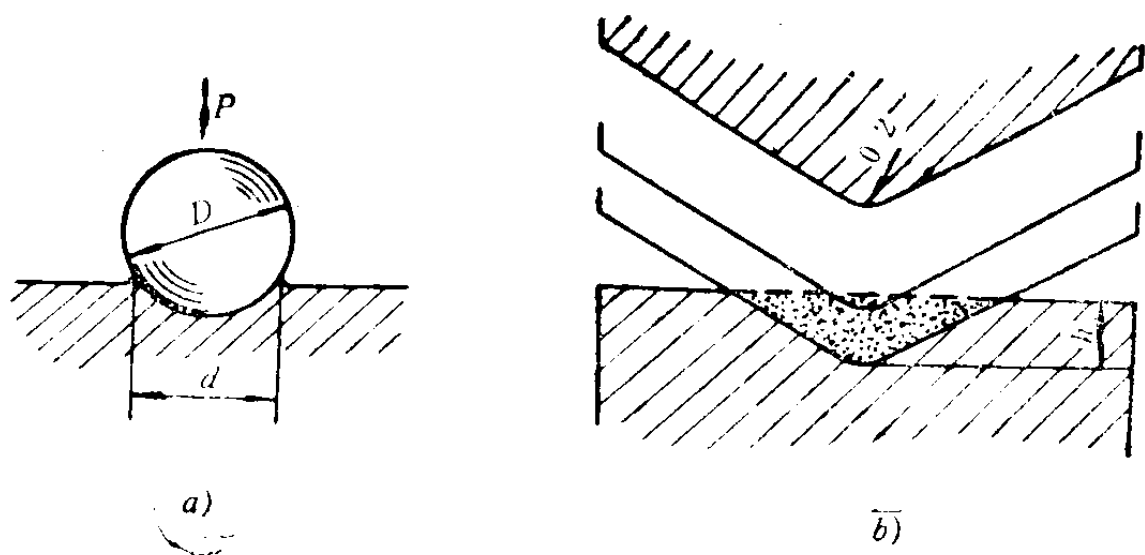


图 1-2 硬度试验

a) 布氏硬度试验; b) 洛氏硬度试验

表 1-3 碳素钢的布氏硬度、洛氏硬度和抗拉强度对照表

布氏 硬度 HB	洛氏 硬度 HRC	抗拉强度 σ_b (兆 帕)	布氏 硬度 HB	洛氏 硬度 HRC	抗拉强度 σ_b (兆 帕)	布氏 硬度 HB	洛氏 硬度 HRC	抗拉强度 σ_b (兆 帕)
767	66.4	—	—	51.6	1820	262	26.6	910
757	65.9	—	—	51.1	1790	255	25.4	890
745	65.3	—	495	51.0	1780	248	24.2	860
733	64.7	—	—	50.3	1740	241	22.8	830
722	64.0	—	477	49.6	1710	235	21.7	810
710	63.3	—	—	48.8	1670	229	20.5	780
698	62.5	—	461	48.5	1650	223	—	760
684	61.8	—	—	47.2	1590	217	—	740
682	61.7	—	444	47.1	1580	212	—	720
670	61.0	—	429	45.7	1530	207	—	700
656	60.1	—	415	44.5	1480	201	—	690
653	60.0	—	401	43.1	1420	197	—	670
647	59.7	—	388	41.8	1370	192	—	650
638	59.2	2310	375	40.4	1320	187	—	630
630	58.8	2280	363	39.1	1280	183	—	620
627	58.7	2270	352	37.9	1240	179	—	610
620	58.3	2240	341	36.6	1200	174	—	600
601	57.3	2170	331	35.5	1170	170	—	580
578	56.0	2090	321	34.3	1120	167	—	570
—	55.6	2060	311	33.1	1090	163	—	560
555	54.7	2000	302	32.1	1050	159	—	530
—	54.0	1960	293	30.9	1020	149	—	510
534	53.5	1930	285	29.9	990	143	—	500
—	52.5	1870	277	28.8	960	137	—	470
514	52.1	1850	269	27.6	940	131	—	460

压痕愈深, 硬度越低, 硬度值可直接从洛氏硬度计的刻度盘上读出。洛氏硬度常用于测量硬度较高的成品件。

硬度试验操作简便, 不损坏零件, 而且各硬度值之间, 硬度与强度值之间可以相互换算, 见表 1-3。

4) 韧性 金属材料抵抗冲击破坏的能力叫韧性。冲击韧性 α_k 用材料在冲击破坏时吸收能量的大小来衡量

$$\alpha_k = \frac{A}{F} = \frac{P(H-h)}{F} \quad (\text{焦/厘米}^2)$$

式中 A ——摆锤冲断试样所消耗的冲击功(焦);

F ——试样断口处的截面积(厘米²);

P ——摆锤的重力(牛);

H 、 h ——摆锤在冲击前、冲击后所上升的高度(米)。

2. 锻造用钢

锻造用钢可分为碳素钢和合金钢两大类。

碳素钢主要成分是含碳量低于 2.11% 的铁碳合金, 并含有由原料带入钢中的少量硅、锰、硫、磷等。含碳量小于 0.04% 的钢称工业纯铁。碳钢中加入一定量的硅(Si)、锰(Mn)、铬(Cr)、镍(Ni)、钨(W)、钼(Mo)等合金元素后, 就是合金钢。合金元素的加入, 可以改善钢的机械性能、物理性能和化学性能。钢的分类见表 1-4。

锻造用钢的牌号及表示方法如下:

(1) 普通碳素钢 有甲类钢、乙类钢、特类钢三种, 用字母 A、B、C 后面加上顺序数字 0~7 表示。

甲类钢: 牌号有 A0、A1、A2、A3、A4、A5、A6、A7 八种, 按机械性能供应。

乙类钢: 牌号有 B0、B1、B2、B3、B4、B5、B6、B7 八种, 按化学成分供应。

表 1-4 钢的分类

按化学成分	碳素钢: 低碳钢——含碳量 0.05~0.25%, 用于制造焊接件、建筑构件、冲压件和渗碳零件; 中碳钢——含碳量 0.30~0.55%, 用于制造机器零件; 高碳钢——含碳量 0.60~2.11%, 用于制造工具、模具和量具 合金钢: 低合金钢——合金元素总含量<5%; 中合金钢——合金元素总含量 5~10%; 高合金钢——合金元素总含量>10%
按质量分	高级优质钢——含硫量<0.03%, 含磷量<0.035%; 优 质 钢——含硫量<0.045%, 含磷量<0.040%; 普 通 钢——含硫量<0.055%, 含磷量<0.045% { 甲类钢——按机械性能供应; 乙类钢——按化学成分供应; 特类钢——按机械性能和化学成分供应 }
按用途分	结构钢——用于制造机械零件和工程结构的钢, 含碳量一般<0.7%; 工具钢——用于制造各种刀具、模具及量具的钢, 含碳量一般>0.7%; 特殊钢——具有特殊物理、化学性能的钢
综 合 分 类	碳素钢 { 高 碳 钢 中 碳 钢 低 碳 钢 } 或 { 碳素结构钢 碳素工具钢 } { 普通碳素结构钢 优质碳素结构钢 } { 甲类钢 乙类钢 特类钢 } 合金钢 { 低合金钢 中合金钢 高合金钢 } 或 { 合金结构钢 合金工具钢 特殊性能钢——不锈钢、耐热钢等 } { 合金结构钢 弹 簧 钢 滚动轴承轴 合金工具钢 合 金 工 具 钢 高 速 钢 }

特类钢：牌号有 O2、O3、O4、O5 四种，按机械性能和化学成分供应。

牌号中数字越大，表示含碳量越高，硬度越高而塑性越低。普通碳素钢还要在钢中表示出炼钢的方法及脱氧的程度。用字母 J 表示碱性转炉钢，用 S 表示酸性转炉钢，用 F 表示沸腾钢等，例如 AJ3F，表示用碱性转炉冶炼的甲类沸腾钢。

(2) 优质碳素钢 优质碳素钢用平均含碳量万分之几的数字来表示。牌号有 05、08、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60、…、85 等。如 40 表示平均含碳量为 0.4% 的优质碳素钢。此外，含锰量为 0.8~1.5% 的优质碳素结构钢在数字后面将锰元素标出。如 50 Mn，表示平均含碳量为 0.5%，含锰量为 0.8~1.5% 的优质高锰碳素结构钢。

(3) 碳素工具钢 碳素工具钢的牌号有 T7、T8、T9、T10、T11、T12、T13 等。汉语拼音字母 T 表示碳素工具钢，数字表示其平均含碳量为千分之几。如 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在牌号后面加字母 A，如 T11A 表示平均含碳量为 1.1% 的高级优质碳素工具钢。

(4) 合金结构钢 合金结构钢的牌号如 40Cr、20CrMnTi、35CrMo、45Mn2、38CrMoAlA、12Cr3MoA 等。牌号中的头两个数字表示其平均含碳量是万分之几。合金元素的平均含量用元素符号加数字标出，如合金元素平均含量为 2%、3%、4%…时，则在该元素的符号后面相应标明 2、3、4…。当合金元素含量 < 1.5% 时，只标出该元素符号，数字不标。如 40Cr 表示平均含碳量为 0.4%，平均含铬量为 1% 的合金结构钢。高级优质钢是在牌号后面加字母 A，如