

高等院校试用教材



(修订版)

METALWORKING TECHNOLOGY

(非机械类专业)

金属工艺学

主编 骆志斌 主审 韩克筠

副主编 张启芳 周根然

东南大学出版社

高等学校试用教材

金属工艺学

(非机械类专业)

主 编 骆志斌
副主编 张启芳 周根然
主 审 韩克筠

东南大学出版社

(苏)新登字第 012 号

内 容 提 要

本书是根据国家教委《工程材料及机械制造基础》课程指导小组 1993 年 7 月审定的教学基本要求并注意适应高新技术的发展而编写的。内容主要有材料的基础知识,材料的强化与改性;毛坯成型的基本原理,基本知识及基本工艺方法;切削加工的基础知识及基本工艺方法;特种加工及机械制造自动化概念等。书中材料牌号、名词术语都采用最新标准。编写时突出了应用知识分析实际问题能力的培养,并十分注重学生逻辑思维、形象思维、启发思维的培养。

本书是高等工业院校非机类专业的基本教材,也可供近机械类、机械类、职业大学、职工大学、电视大学等相关专业选用。

责任编辑:施 恩

责任校对:施 恩

高等学校试用教材
金属工艺学
(非机械类专业)
骆志斌 主编

*

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

江苏省新华书店经销 南京电力高等专科学校印刷厂印刷

*

开本 787 × 1092 毫米 1/16 印张 11 3/4 字数 283 千

1994 年 11 月第 2 版 1995 年 8 月第 2 次印刷

印数:32051 - 35050 册

ISBN 7-81023-015-8/T · 15

定价:8.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

前 言

本书根据 1993 年 7 月在哈尔滨召开的课程指导小组对非机类专业金工教学基本要求的精神并考虑了以下几点编写的。

一、课程目的

高等工程教育的目标是培养高级工程技术人员。为适应人才培养的要求,本课程的开设致力于使学生获得机械制造的基础知识;具有拟订制造零件工艺路线的初步能力;会选用材料、热处理、毛坯工艺及零件结构工艺性。

二、内容安排

骨干内容 传统的基本知识、基本工艺如材料、毛坯、冷加工等是骨干内容,要重点阐述。

选修内容 非机类专业众多,要求的内容各异,涉及面较广;本书有一定数量的选修内容,供不同专业选用。

先进技术 机械制造技术的高速发展,要求本书对一些先进技术,如特种加工、机电一体化等,都有一定反映。

三、教学进程

在教学进行中,以上内容的安排有较大的灵活性,不同专业可按需要选择专题讲授,学时 6~18 均可。实习中各车间尽可能安排 1~2 个工艺实例题由实习指导人员主持并有教师参加的小组讨论。课程结束时最好安排一次由教师主持有实习指导人员参加的课堂讨论。

本书初版由韩克筠、许卫民编写。

本版初稿蒙全国各大区部分院校提出编写建议,经试用提出修改意见后定稿的。

参加本书编写的有:南京动力高等专科学校程伟炯,东南大学张建强、韩克筠、骆志斌,江苏理工大学戈晓岚,南京交通高等专科学校张启芳,南京机械高等专科学校李玉琴,南京航空航天大学孙晓莉、周根然,无锡轻工业学院黄如林,南京电力高等专科学校洪沛,扬州大学吴玉宏以及西安电子科技大学牛武申。主编骆志斌,副主编张启芳、周根然,主审韩克筠。吴绯、张介岷为本教材的出版做了大量的编审工作,特此致谢。

在本书编写定稿过程中,许多院校的同志提出了大量宝贵的建议,一并致谢。

限于水平,本书难免有谬误和欠妥之处,敬请批评指正。

编 者

1994 年 10 月于南京

目 录

第一篇 工程材料

第一章	金属材料的种类、性能	1
§ 1 — 1	概述	1
§ 1 — 2	金属材料的性能	1
第二章	铁碳合金	4
§ 2 — 1	铁碳合金的基本组织	4
§ 2 — 2	铁碳合金状态图	5
§ 2 — 3	碳钢	7
§ 2 — 4	铸铁	11
第三章	钢的热处理	16
§ 3 — 1	钢的整体热处理方法	16
§ 3 — 2	钢的表面热处理方法	19
第四章	合金钢与有色金属	21
§ 4 — 1	合金钢	21
§ 4 — 2	铜及铜合金	24
§ 4 — 3	铝及铝合金	25
§ 4 — 4	滑动轴承合金	26
第五章	材料选用	27
§ 5 — 1	材料选用原则与方法	27
§ 5 — 2	典型零件选材实例	29
第六章	选修内容	33
§ 6 — 1	塑料、橡胶、复合材料	33
§ 6 — 2	功能材料	35
§ 6 — 3	粉末冶金、硬质合金、陶瓷	37
§ 6 — 4	表面复层处理	39
	习题	42

第二篇 毛坯成形

第七章	铸造	44
§ 7 — 1	概述	44
§ 7 — 2	砂型铸造与铸造工艺图	45
§ 7 — 3	铸件结构工艺性	56
§ 7 — 4	特种铸造	59
习题		64
第八章	锻压	65
§ 8 — 1	概述	65
§ 8 — 2	自由锻工艺	66
§ 8 — 3	模锻	71
§ 8 — 4	板料冲压	74
习题		77
第九章	焊接	78
§ 9 — 1	熔焊	78
§ 9 — 2	压焊	83
§ 9 — 3	钎焊	86
§ 9 — 4	焊接方法选择	87
§ 9 — 5	其他工艺方法	91
习题		92
第十章	毛坯选用	94
§ 10 — 1	毛坯类别	94
§ 10 — 2	机械零件的毛坯成形方法选用	95

第三篇 机械加工

第十一章	切削加工	97
------	------------	----

§ 11 — 1	概述	97
§ 11 — 2	切削加工基本知识	99
§ 11 — 3	车削加工	109
§ 11 — 4	铣、刨、插、拉、镗、磨加工	118
§ 11 — 5	常见表面的加工方法	128
§ 11 — 6	典型零件工艺过程	130
	习题	137
第十二章	钳工	139
§ 12 — 1	概述	139
§ 12 — 2	划线	140
§ 12 — 3	锉削、锯削、錾削、刮削、研磨	141
§ 12 — 4	攻丝、套丝、钻孔、扩孔和铰孔	145
§ 12 — 5	装配	147
	习题	148
第十三章	机械制造自动化概论	150
§ 13 — 1	机械制造自动化的发展	150
§ 13 — 2	机械化、自动化、刚性自动化	150
§ 13 — 3	柔性自动化概述	154
§ 13 — 4	计算机集成制造系统与无人化工厂	160
§ 13 — 5	机械手与工业机器人	162
	习题	164
第十四章	选修内容	165
§ 14 — 1	螺纹加工	165
§ 14 — 2	齿轮加工	167
§ 14 — 3	光整与精密加工	171
§ 14 — 4	特种加工	173
	习题	178
参考文献		180

第一篇 工程材料

第一章 金属材料的种类与性能

§ 1 — 1 概述

金属材料是工程材料中广泛应用的一大类。它可分为黑色金属和有色金属两类。常用金属材料分类如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 常用金属材料

金属材料	黑色金属	钢： 碳钢、合金钢、特殊性能钢等 铸铁： 灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、蠕墨铸铁等
	有色金属	铜及其合金： 纯铜、黄铜、青铜、白铜 铝及其合金： 纯铝、形变铝合金、铸造铝合金 其 它： 轴承合金、硬质合金等

§ 1 — 2 金属材料的性能

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能。使用性能是指机械零件在使用条件下所表现出来的性能，它包括物理性能、化学性能、力学性能等。金属材料使用性能的好坏，决定了它的使用范围与寿命。工艺性能是指金属材料在加工过程中所表现出的难易程度。它的好坏，决定了它在加工中的成形能力。

一、物理性能

包括密度、熔点、导电性、导热性、热膨胀性、磁性等。根据机器零件用途不同，对其物理性能要求亦不同。例如一架现代化的超音速飞机，铝和铝合金的重量占总重量的 70% 左右；导弹用铝量占总重量的 10% ~ 15%；密度小的铝合金成为最先“上天”的金属。电器零件要求具有好的导电性和磁性；内燃机活塞要求材料具有小的热膨胀系数。物理性能对制造工艺也有影响，如导热性差的材料，切削加工时刀具耐用度就低，而在锻压或热处理时，加热速度应慢些，以免产生裂纹。又如钢和铝合金的熔点不同，其熔炼工艺就有较大区别。熔点低的金属材料，流动性好，对铸造工艺有利。

二、化学性能

指金属材料抵抗各种介质的侵蚀能力。在腐蚀性介质中工作的零件要选用耐蚀性好的材料如不锈钢等来制造。钛的抗腐蚀能力很强,可用来制造火力发电厂冷凝器的冷却水管、化工机械、蒸馏塔、热交换器等。

三、力学性能

指材料在外力作用下表现出的特性。由于外力形式不同,材料可表现出不同的力学性能,如强度、硬度、塑性、韧性、疲劳强度等。材料的力学性能是选材、零件设计的重要依据。

1. 强度

指在外力作用下材料抵抗变形和破坏的能力。由于外力的作用方式有拉伸、压缩、弯曲、剪切等形式,所以强度也分为抗拉强度 σ_b 、抗压强度 σ_{bc} 、抗弯强度 σ_{bb} 、抗剪强度 σ_t 等。单位均为 MPa。

一般机械零件不仅是在破断时才造成失效,而往往是在发生少量塑性变形后,零件精度降低或零件的相对配合受到影响而造成失效。表示材料开始产生明显塑性变形时的最低应力值用屈服点 σ_s 表示,对无明显屈服现象的金属材料用屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 表示,它们是零件设计时的主要依据,也是评定金属材料强度的重要指标之一。

在工程上,抗拉强度 σ_b 是表示材料抵抗断裂的能力。在使用中一般多以抗拉强度作为最基本的强度指标,它是零件设计时的重要依据,也是评定金属材料强度的重要指标之一。

2. 硬度

是衡量材料软硬程度的指标。硬度试验设备简单,操作迅速方便,又可直接在零件或工具上进行试验而不破坏工件,并且还可根据测得的硬度值估计出材料的近似抗拉强度和耐磨性。此外,硬度和材料的冷成形性、切削加工性、焊接性等工艺性能之间也存在着一定的联系,可作为选择加工工艺时的参考。所以硬度试验在实际生产中作为产品质量检查、制定合理加工工艺的最常用的重要试验方法。在产品图纸的技术条件中,硬度是一项重要技术指标。生产中应用较多的硬度测定方法有布氏硬度(HBS、HBW)、洛氏硬度(HR)和维氏硬度(HV)等。

布氏硬度 当试验压头为淬火钢球时,硬度符号为 HBS,适用于布氏硬度值低于 450 的金属材料;当试验压头为硬质合金球时,硬度符号为 HBW,适用于布氏硬度值为 450 ~ 650 的金属材料。

洛氏硬度 有 HRA、HRB、HRC 三种标尺。生产中常用的洛氏硬度为 HRC,用于测定调质钢、一般淬火钢等,并用以检验零件热处理后的质量。

3. 塑性

指在外力作用下材料产生永久变形而不被破坏的能力。常用塑性指标是伸长率 $\delta\%$ 和断面收缩率 $\psi\%$, δ 和 ψ 愈大,材料的塑性愈好。虽然塑性不直接用于工程设计,但很多零件都要求材料具有一定的塑性,在一定程度上保证了零件的工作安全。

4. 冲击韧度

指材料抵抗冲击力的能力。常把各种材料受到冲击破坏时,消耗能量的数值作为冲击韧度的指标,用 $\alpha_K(\text{J}/\text{cm}^2)$ 表示。冲击韧度值主要取决于塑性、硬度,尤其是温度对冲击韧度值的影响具有更重要的意义。

一般把冲击韧度值低的材料称为脆性材料,值高的材料称为韧性材料。脆性材料在断裂前无明显的塑性变形,断口较平整,有金属光泽;韧性材料在断裂前有明显的塑性变形,断口呈流线状,无光泽。

目前常用冲击试验来检验冶炼、热处理及各种热加工工艺和产品的质量。

5. 疲劳强度

指金属材料在多次交变载荷作用下而不致引起断裂的最大应力。交变载荷或重复应力使金属材料在远低于其屈服点时即发生断裂,因此具有很大的危险性,常造成严重事故。零件失效形式中,约有 80% ~ 90% 是由于疲劳断裂所造成的。

为了防止疲劳断裂的产生,必须设法提高零件的疲劳强度。疲劳强度除与选用材料的本性有关外,还可以通过:(1) 在零件结构设计方面尽量避免尖角、缺口和截面突变,以免应力集中及由此引起的疲劳裂纹;(2) 降低零件表面粗糙度,提高表面加工质量;(3) 采用各种表面强化处理等途径来提高其疲劳强度。

6. 蠕变强度

材料在一定温度以上受到应力作用,即使应力小于屈服点,也会随着时间增长而缓慢产生塑性变形称为“蠕变”。当蠕变量超过规定限度后,零件就会产生断裂。一般采用 10 万小时后产生 1% 变形量的应力值表示出蠕变强度。而航空发动机零件一般用 1000 小时后产生 1% 变形量的应力值表示。

四、工艺性能

金属材料在加工过程中表现出的难易程度称为工艺性能。它直接影响制造零件的工艺方法,也是选用材料时必须考虑的因素。材料工艺性能对于保证产品质量、降低成本、提高生产率有着重大作用。工艺性能主要指:铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削加工性能和热处理工艺性能等。

第二章 铁碳合金

碳钢和铸铁是现代工业中应用最广泛的金属材料,其基本组元是铁和碳两个元素,故统称为铁碳合金。

§ 2-1 铁碳合金的基本组织

钢铁材料的性能与其内部组织结构有关。

从宏观看,金属是由很多不同方位的微粒堆砌而成,构成这些金属的微粒,称为晶粒(晶体)。从微观看,铁和碳的原子,在固态下都按一定次序向各方向重复排列。为了便于分析晶体中原子的排列规律起见,常用通过各原子中心的一些假想联线把它们在空间的排列形式描绘出来,各联线的交点称为“结点”,在各结点上的小圆点表示各原子的位置,把这种表示晶体中原子排列形式的空间格子称为“晶格”,如图 2-1-1 所示。

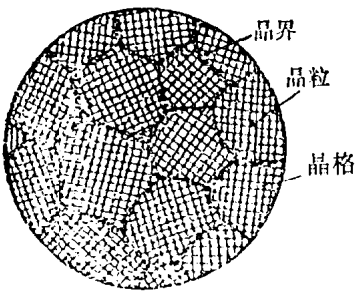


图 2-1-1 晶粒、晶格

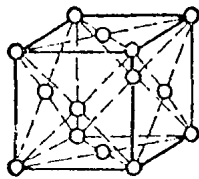


图 2-1-2 面心立方晶胞

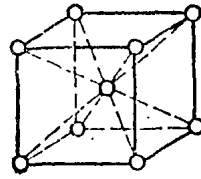
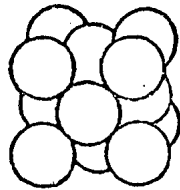


图 2-1-3 体心立方晶胞

组成晶格的最基本单元,称为“晶胞”。固态的纯铁,当温度为 $1394 \sim 912^{\circ}\text{C}$ 时,原子排列成面心立方晶胞,如图 2-1-2 所示,具有这种晶格的铁称为 $\gamma\text{-Fe}$ 。当温度为 912°C 以下时,原子排列成体心立方晶胞,如图 2-1-3 所示,具有这种晶格的铁称为 $\alpha\text{-Fe}$ 。

铁碳合金中铁和碳的结合方式: ① 碳溶入铁中形成固溶体; ② 碳和铁化合形成化合物; ③ 固溶体和化合物混合形成机械混合物。

铁碳合金随着成分和温度的不同,可形成的基本组织有: 铁素体、奥氏体、渗碳体和珠光体。

一、铁素体(F)

碳溶解于体心立方晶格 $\alpha\text{-Fe}$ 中所形成的固溶体称为铁素体,又名纯铁体、 α 固溶体。通常用符号“F”表示。

碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的溶解度很小,在 727°C 时,最大溶解度为 0.0218% ,在 20°C 时,最多溶解 0.0008% 。铁素体性能几乎与纯铁相似,即具有较好的塑性和韧性, $\delta = 30\% \sim 50\%$, $\mu_k =$

160 ~ 200 J/cm², 但强度和硬度较低 $\sigma_b = 180 \sim 280\text{MPa}$ 、HBS 为 50 ~ 80, 它是铁碳合金的基本组织。铁素体在 770℃ 以下具有磁性, 在 770℃ 以上则失去磁性。

二、奥氏体(A)

碳溶解于面心立方晶格 $\gamma\text{-Fe}$ 中所形成的固溶体称为奥氏体, 以符号“A”表示。

碳在 $\gamma\text{-Fe}$ 中的溶解度比在 $\alpha\text{-Fe}$ 中为大, 在 1148℃ 时, $\gamma\text{-Fe}$ 中碳的溶解度最大, 可达 2.11%。随温度下降, 溶碳量逐渐减少, 在 727℃ 时, 溶碳量为 0.77%。

奥氏体质软, 塑性好, δ 为 40% ~ 50%, 硬度为 170 ~ 220 HBS, 有较低的变形抗力。一般奥氏体是在高温下才能存在的组织, 没有磁性。它是绝大多数钢种在高温下进行压力加工时所需组织。

三、渗碳体(Fe_3C)

铁与碳的化合物 Fe_3C , 称为渗碳体。渗碳体的含碳量为 6.69%, 熔点为 1227℃, 硬度很高, 为 950 ~ 1000 HV, 强度很低, $\sigma_b = 35\text{MPa}$, 塑性、韧性几乎为零, 脆性很大。

渗碳体是钢中的主要强化相, 可提高钢的强度和耐磨性。在钢和铸铁中与其他相共存时, 可呈片状、球状或网状等。其数量、形状、大小及分布状况对钢的性能有很大影响。同时, Fe_3C 在一定条件下会发生分解, 形成石墨状的自由碳, 即 $\text{Fe}_3\text{C} \rightarrow 3\text{Fe} + \text{C}$ (石墨)。

四、珠光体(P)

当含量为 0.77% 的奥氏体冷却到稍低于 727℃ 时, 在固态下就会同时析出铁素体和渗碳体组成的机械混合物, 称为珠光体, 用符号“P”表示。

珠光体的 $\sigma_b = 600 \sim 800\text{MPa}$, $\delta = 20\% \sim 25\%$, HBS = 170 ~ 230。它是钢中主要组织之一。

五、莱氏体(L_e, L_{e'})

含碳量为 4.3% 的液体铁碳合金冷却到 1148℃ 时, 将从液体中同时结晶出奥氏体和渗碳体的机械混合物, 称为莱氏体或叫高温莱氏体(L_e)。这种转变称为共晶转变。在 727℃ 以下, 由珠光体和渗碳体组成的共晶体, 称为低温莱氏体, 用“L_{e'}”表示。因莱氏体组织中含有大量硬而脆的渗碳体, 所以硬度很高, 而塑性极差。具有莱氏体而碳全部以 Fe_3C 形式存在的铁碳合金, 称为白口铸铁。白口铸铁很难进行切削加工, 也不能进行压力加工。

§ 2 — 2 铁碳合金状态图

铁碳合金状态图是研究铁碳合金的成分、温度、组织三者之间关系的图形, 它是研究钢和铸铁的组织 and 性能的基础, 是选择钢铁材料的依据, 对制定铸、锻、焊、热处理等热加工工艺有重要的指导意义。

一、简化的铁碳合金状态图

当铁碳合金的含碳量为 6.69% 时, 铁与碳全部形成硬而脆的渗碳体, 无实用价值, 故实际使用的铁碳合金的含碳量一般不超过 5%。所以对铁碳合金状态图只研究 Fe-Fe₃C 部分,

表 2-2-2 Fe-Fe₃C 状态图中的特性线

特 性 线	含 义①
AC	铁碳合金的液相线,液态合金开始结晶出奥氏体
CD	铁碳合金的液相线,液态合金开始结晶出渗碳体
AE	铁碳合金的固相线,即奥氏体的结晶终了线
ECF	铁碳合金的固相线,即 $L_c \rightarrow A_E + Fe_3C$ 共晶转变线
GS	奥氏体转变为铁素体的开始线
GP	奥氏体转变为铁素体的终了线
ES	碳在奥氏体中溶解度线
PQ	碳在铁素体中溶解度线
PSK	$A_s \rightarrow F_p + Fe_3C$ 共析转变线

① 表格中各特性线的含义,均是指合金在缓慢冷却过程中的相变,如果是加热过程,则相反。

3. 白口铸铁

含碳量为 2.11% ~ 6.69% 的铁碳合金。其特点是液态结晶时都有共晶转变,因而比钢有较好的铸造性能。在高温组织中硬、脆的渗碳体很多,故不能进行压力加工。以 C 点为界,白口铸铁可分为共晶白口铸铁(含碳量为 4.3%)、亚共晶白口铸铁(含碳量为 $> 2.11\%$ ~ $< 4.3\%$) 和过共晶白口铸铁(含碳量为 $> 4.3\%$ ~ 6.69%)。

§ 2 — 3 碳 钢

一、钢中常存杂质元素对钢性能的影响

钢中最常见的杂质元素有 Si、Mn、P、S 等,它们对钢的性能有一定影响。Mn、Si 对钢具有强化作用,Mn 还能与 S 形成 MnS(熔点 1620℃)以减轻 S 的有害作用,称之为有益元素。S 在 α -Fe 中溶解度极小,在钢中以 FeS 存在,FeS 塑性很差,使钢变脆,尤其 FeS 与 Fe 形成低熔点(985℃)共晶体,当钢在 1000 ~ 1200℃ 进行轧制时,共晶体熔化,钢材变脆,这种现象称为热脆性。P 在钢中全部溶于铁素体,导致钢在室温时的塑性、韧性急剧降低,这种脆化现象称为冷脆性。故 P、S 为钢中有害元素,直接影响钢的性能,应对其含量严格限制。

二、钢的分类

1. 按冶炼方法分

有平炉钢、转炉钢、电炉钢三类。按其脱氧方法分:有沸腾钢(F)、镇静钢(Z)、半镇静钢(b)、特殊镇静钢(TZ)。

2. 按质量分

普通质量钢 ($S \leq 0.050\%$ $P \leq 0.045\%$)

优质钢 ($S \leq 0.035\%$ $P \leq 0.035\%$)

高级优质钢 ($S \leq 0.020\%$)

$P \leq 0.030\%$)

特级优质钢 ($S \leq 0.015\%$)

$P \leq 0.025\%$)

3. 按用途分

- 结构钢
 - 工程结构钢(如桥梁、船舶、建筑件等)
 - 机器零件用钢(如齿轮、轴、螺母、弹簧、滚动轴承等)
- 工具钢: 主要用于制造工具, 如刀具、模具、量具等)

特殊性能钢 (主要有不锈钢、耐热钢、耐磨钢、磁钢等)

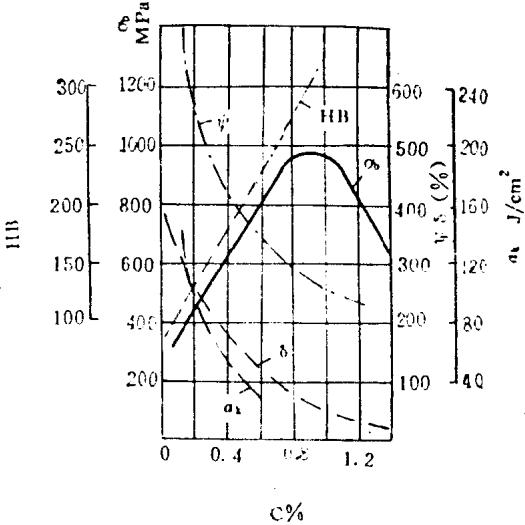


图 2-3-1 钢的含碳量对力学性能的影响

4. 按化学成分分

- 低碳钢 (含碳量 $\leq 0.25\%$)
- 中碳钢 (含碳量 $> 0.25\% \sim 0.6\%$)
- 高碳钢 (含碳量 $> 0.6\%$)

钢的含碳量对钢的力学性能有显著影响, 如图 2-3-1 所示。

- 低合金钢 (含合金元素总量 $\leq 5\%$)
- 中合金钢 (含合金元素总量 $5\% \sim 10\%$)
- 高合金钢 (含合金元素总量 $\geq 10\%$)

三、碳钢的编号方法 见表 2-3-1

表 2-3-1 碳钢的编号方法

分 类	编 号 方 法	
	举 例	说 明
碳素结构钢	Q235-A·F	“Q”为“屈”字的汉语拼音字首,后面的数字为屈服点(MPa); A、B、C、D 表示质量等级,从左至右,质量依次提高;F、b、Z、TZ 依次表示沸腾钢、半镇静钢、镇静钢、特殊镇静钢。Q235-A·F 表示屈服点为235MPa、质量为 A 级的沸腾钢
优质碳素结构钢	45 40Mn	两位数字表示钢的平均含碳量,以 0.01% 为单位。如 45 钢,表示平均含碳量为 0.45% 的优质碳素结构钢

— 五 —

分 类	编 号 方 法	
	举 例	说 明
碳素工具钢	T8 T8A	“T”为碳字的汉语拼音字首,后面的数字表示钢的平均含碳量,以0.10%为单位。如T8表示平均含碳量为0.8%的碳素工具钢 “A”表示高级优质
一般工程用铸造碳钢	ZG200-400	“ZG”代表铸钢。其后面第一组数字为屈服强度(MPa);第二组数字为抗拉强度(MPa)。如 ZG200-400表示屈服强度为200MPa、抗拉强度为400MPa的碳素铸钢

四、碳素结构钢的牌号、成分和性能见表 2-3-2

表 2-3-2 碳素结构钢的牌号、成分和性能(GB700-88)

牌号	等级	化 学 成 分 (%)					脱氧方法	抗拉强度 σ _b (MPa)	伸长率 δ ₅ (%)
		C	Mn	Si	S	P			
				不 大 于					
Q195	—	0.06 ~ 0.12	0.25 ~ 0.50	0.30	0.050	0.045	F、b、Z	315 ~ 390	32 ~ 33
Q215	A	0.09	0.25	0.30	0.050	0.045	F、b、Z	335 ~ 410	26 ~ 31
	B	~ 0.15	~ 0.55		0.045				
Q235	A	0.14 ~ 0.22	0.30 ~ 0.65 ^①	0.30	0.050	0.045	F、b、Z	375 ~ 400	21 ~ 26
	B	0.12 ~ ~ 0.20	0.30 ~ 0.70 ^②		0.045				
	C	≤ 0.18	0.35 ~ 0.80		0.040	0.040	Z		
	D	0.17			0.035	0.035	TZ		
Q255	A B	0.18 ~ 0.28	0.40 ~ 0.70	0.30	0.050 0.045	0.045	Z	410 ~ 510	19 ~ 24
Q275	—	0.28 ~ 0.38	0.50 ~ 0.80	0.35	0.050	0.045	Z	490 ~ 610	15 ~ 20

①、② Q235A、B 级沸腾钢锰含量上限为 0.60%。
在牌号组成表示方法中,“Z”与“TZ”代号予以省略。

五、优质碳素结构钢的牌号、成分和性能 见表 2-3-3

六、碳素工具钢的牌号、成分和用途 见表 2-3-4

表 2-3-3 优质碳素结构钢的牌号、成分和性能(摘自 GB699-88)

牌号	化学 成分 (%)			力 学 性 能					钢材交货状态硬度 HBS	
	C	Si	Mn	σ_b	σ_s	δ_5	ψ	A_k	不大于	
				(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	(J)	未热处理	退火钢
				不小于						
08F	0.05 ~ 0.11	≤ 0.03	0.25 ~ 0.50	295	175	35	60		131	
10F	0.07 ~ 0.14	≤ 0.07	0.25 ~ 0.50	315	185	33	55		137	
15F	0.12 ~ 0.19	≤ 0.07	0.25 ~ 0.50	355	205	29	55		143	
08	0.05 ~ 0.12	0.17 ~ 0.37	0.36 ~ 0.65	325	195	33	60		131	
10	0.07 ~ 0.14	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	335	205	31	55		137	
15	0.12 ~ 0.19	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	375	225	27	55		143	
20	0.17 ~ 0.24	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	410	245	25	55		156	
25	0.22 ~ 0.30	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	450	275	23	50	71	170	
30	0.27 ~ 0.35	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	490	295	21	50	63	179	
35	0.32 ~ 0.40	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	530	315	20	45	55	197	
40	0.37 ~ 0.45	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	570	335	19	45	47	217	187
45	0.42 ~ 0.50	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	600	335	16	40	39	229	197
50	0.47 ~ 0.55	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	630	375	14	40	31	241	207
55	0.52 ~ 0.60	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	645	380	13	35		255	217
60	0.57 ~ 0.65	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	675	400	12	35		255	229
65	0.62 ~ 0.70	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	695	410	10	30		255	229
70	0.67 ~ 0.75	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	715	420	9	30		269	229
75	0.72 ~ 0.80	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	1030	830	7	30		285	241
80	0.77 ~ 0.85	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	1030	930	6	30		285	241
85	0.82 ~ 0.90	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	1130	980	6	30		302	255

注: S、P 不大于 0.035%。

力学性能仅适用于截面尺寸不大于 80mm 的钢材。

表 2-3-4 碳素工具钢的牌号、成分、硬度和用途(参照 GB1298-86)

牌 号	化 学 成 分 (%)			硬 度		用 途
	C	Mn	Si	退火后 HBS 不高于	淬火后 HRC 不小于	
T7	0.65 ~ 0.74	0.20 ~ 0.40	0.15 ~ 0.35	187	62	用作受冲击工 具如凿子、锤、螺丝 刀、镰刀等
T8	0.75 ~ 0.84	0.20 ~ 0.40	0.15 ~ 0.35	187	62	用作低速刀具 如锉刀、锯条、剪 刀、木工刀具等。
T8Mn	0.80 ~ 0.90	0.40 ~ 0.60	0.15 ~ 0.35	187	62	
T9	0.85 ~ 0.94	0.15 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	192	62	