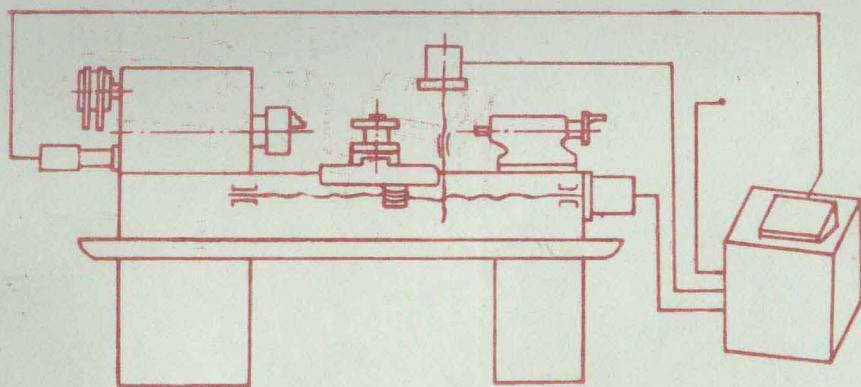


高等学校试用教材

金属工艺学

(非机械类专业)

韩克筠 张启芳 主编



江苏省金工研究会
金工信息交流站

高等学校试用教材

金属工艺学

(非机械类专业)

韩克筠 张启芳 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

江苏省金工研究会
金工信息交流站

内 容 提 要

本教材是江苏省金工研究会、金工信息交流站组织部分院校编写的。介绍金属材料及其加工知识,全书共分三篇:1. 工程材料 2. 毛坯成形 3. 机械加工。本书内容复盖面大,我们力求全面地系统地阐述,还要求反映先进生产经验,更重要的是要强调应用。考虑到本课程学时很少,首先要删繁就简,内容则以选材和工艺为重点,又编入一定量的选修内容,以满足众多非机类专业对金工课的要求。

本教材适于高等工业院校非机械类专业使用,也可供职工大学及培训技术人员、技工之用。

金 属 工 艺 学

韩克筠 张启芳 主编

江苏省金工研究会

金工信息交流站

南京理工大学印刷厂印刷

开本 787 × 1092 毫米 1/16 印张 11.5 字数 277 千

1993 年 12 月第一版 1993 年 12 月第一次印刷

印数:1—3000 册

内部发行

定价:6.00 元

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金工教学基本要求的报批稿精神并考虑了以下几点编写的。

一、课程目的

高等工程教育是培养工程技术人员,不是培养工人。本课程的目的是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,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

以上内容安排在教学进行中有较大的灵活性,不同专业可按需要选择专题讲授,学时从 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。

本书蒙全国各大区部分院校提出编写建议,深深感谢。

参加本书编写的有:南京化工动力高等专科学校程伟炯、东南大学张建强、韩克筠、江苏工学院戈晓岚,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。主编韩克筠、张启芳。主审骆志斌、周根然。责任编辑金工信息站吴绯、张介岷。

限于水平,本书难免有谬误和欠妥之处,敬请批评指正。

编 者

一九九三年十二月于南京

目 录

第一篇 工程材料

第一章	金属材料的种类、性能	1
§ 1-1	常用金属材料	1
§ 1-2	金属材料的性能	1
第二章	铁碳合金	3
§ 2-1	铁碳合金的基本组织	3
§ 2-2	铁碳合金状态图	4
§ 2-3	碳钢	5
§ 2-4	铸铁	9
第三章	钢的热处理	15
§ 3-1	钢的热处理基本原理	15
§ 3-2	热处理工艺	17
第四章	合金钢、有色金属	21
§ 4-1	合金钢种类、牌号和用途	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	30
第六章	选修内容	34
§ 6-1	塑料、橡胶、复合材料等	34
§ 6-2	功能材料	35
§ 6-3	粉末冶金、硬质合金、陶瓷	38
§ 6-4	表面复层处理	40
	习题	43

第二篇 毛坯成形

第七章	铸造	45
§ 7-1	概述	45
§ 7-2	砂型铸造与铸造工艺图	46
§ 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	65
§ 8-3	模型锻造	71
§ 8-4	板料冲压	74
	习题	77
第九章	焊接	79
§ 9-1	熔化焊	79
§ 9-2	压力焊	84
§ 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
§ 10-3	零件毛坯选用举例	96

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	98
§ 11-3	车削加工	108

	§ 11 — 4 铣、刨、磨加工	117
	§ 11 — 5 常见表面的加工方法	125
	§ 11 — 6 典型零件工艺过程	127
	习题	134
第十二章	钳工	136
	§ 12 — 1 概述	136
	§ 12 — 2 划线	137
	§ 12 — 3 锉削、锯削、錾削、刮削、研磨	138
	§ 12 — 4 攻丝、套丝、钻孔、扩孔和铰孔	142
	§ 12 — 5 装配	144
	习题	146
第十三章	机械制造自动化概论	147
	§ 13 — 1 机械制造自动化的发展	147
	§ 13 — 2 机械化、自动化、刚性自动化	147
	§ 13 — 3 柔性自动化概述	151
	§ 13 — 4 计算机集成制造系统与无人化工厂	156
	§ 13 — 5 机械手与工业机器人	157
	习题	160
第十四章	选修内容	161
	§ 14 — 1 螺纹加工	161
	§ 14 — 2 齿轮加工	163
	§ 14 — 3 光整与精密加工	167
	§ 14 — 4 特种加工	169
	习题	174
参考文献		176

第一篇 工程材料

第一章 金属材料的种类、性能

§ 1 — 1 常用金属材料

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、蠕墨铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁等
	有色金属	铜及其合金： 铜、黄铜、青铜、白铜
		铝及其合金： 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，金属材料表现出来的性能，它包括物理、化学、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，表现出的难易程度。它的好坏，决定了它在加工中成形的适应能力。

一、物理性能

包括密度、熔点、导电性、导热性、热膨胀性、磁性等。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声速飞机，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%；远程导弹每减轻 1 公斤，可增加 7.7 公里的射程；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电导性和磁性；大多数金属材料都是热胀冷缩，如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。钛金属将成为“二十一世纪金属”。

三、力学性能

指材料在机械载荷作用下表现出的特性。由于机械载荷形式不同,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。由于载荷的作用方式有拉伸、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_s 等。单位均为 MPa。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。

2. 硬度

是衡量材料软硬程度的指标。硬度试验在实际生产中作为产品质量检查、制定合理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。

3. 塑性

指在外力作用下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. 冲击韧性

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性的指标,用 a_k (J/cm^2) 表示。冲击韧性值主要取决于塑性、硬度,尤其是温度对冲击韧性值的影响具有更重要的意义。

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。交变载荷使金属材料在远低于其屈服极限时即发生断裂,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。

6. 蠕变强度

在高于一定温度下受到应力作用,即使应力小于屈服强度,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% 的变形量。航空发动机零件一般用 1000 小时后产生 1% 变形量。

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

钢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

一、铁素体(F)

纯铁在 912℃ 以下为具有体心立方晶格的 α -Fe。碳溶解于体心立方晶格 α -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 α -Fe 中的溶解度很小,在 727℃ 时,最大溶解度为 0.0218%,在 20℃ 时,最多溶解 0.0008%,其性能几乎与纯铁相似,即具有较好的塑性和韧性, $\delta = 30 \sim 50\%$, $\alpha_k = 160 \sim 200 \text{ J/cm}^2$,但强度和硬度较低 $\sigma_b = 180 \sim 280 \text{ MPa}$ 、HBS 为 50 ~ 80,是铁碳合金的基本相。铁素体在 770℃ 以下具有铁磁性,在 770℃ 以上则失去磁性。

二、奥氏体(A)

碳溶解于面心立方晶格的 γ -Fe 所形成的间隙固溶体称为奥氏体,以符号“A”表示。

碳在 γ -Fe 中的溶解度比在 α -Fe 中为大,在 1148℃ 时, γ -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,奥氏体中的溶碳量为 0.77%。

奥氏体性质软,硬度 HBS 为 170 ~ 220,塑性、韧性好, δ 为 40 ~ 50%。一般奥氏体是在高温下才能存在的组织,是没有磁性的。

三、渗碳体(Fe₃C)

铁与碳的化合物 Fe₃C,称为渗碳体。渗碳体的含 C 量为 6.69%,熔点为 1227℃,硬度很高,HV 为 950 ~ 1050,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、网状或板状。其数量、形状、大小及其分布状况对钢的性能有很大影响。同时,Fe₃C 在一定条件下会发生分解,形成石墨状的自由碳。 $\text{Fe}_3\text{C} \rightarrow 3\text{Fe} + \text{C}(\text{石墨})$ 。

四、珠光体(P)

当含碳量为 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。

珠光体的性能介于铁素体与渗碳体之间, $\sigma_b = 600 \sim 800 \text{ MPa}$, $\delta = 20 \sim 25\%$ 、HBS = 170 ~ 230。是钢中主要相之一。

五、莱氏体(Le, Le')

铁碳合金含碳量为 4.3% 的液体冷却到 1148℃ 时,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(Le) 这种转变称为共晶转变。在室温时由珠光体和渗碳体组成的共晶体,称为低温莱氏体,用“Le'”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 Fe₃C 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的。

§ 2 — 2 铁碳合金状态图

状态图是研究铁碳合金成分、温度、组织三者之间关系的图形,是研究钢和铸铁的组织性能的基础。是选择钢铁材料的依据,并对制定铸、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

铁碳合金当含碳量为 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%。所以对铁碳合金相图只研究 Fe — Fe₃C 部分,简化的 Fe — Fe₃C 相图如图 2-2-1 所示。

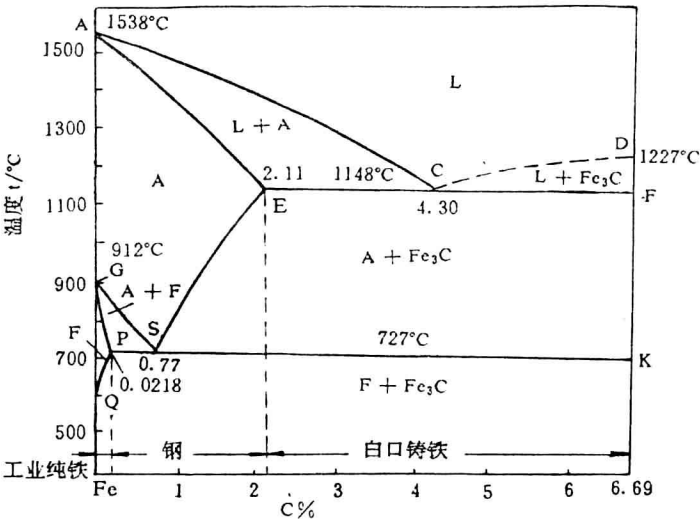


图 2-2-1 简化的 Fe — Fe₃C 相图

二、铁碳合金状态图中主要特

性点和特性线的含义列于表 2-2-1 和表 2-2-2 中。

表 2-2-1 Fe-Fe₃C 相图中的特性点

特性点	温度 /℃	W _c × 100	含义
A	1538	0	纯铁的熔点
C	1148	4.3	共晶点
D	~ 1227	6.69	渗碳体的熔点
E	1148	2.11	碳在奥氏体中的最大溶解度
F	1148	6.69	渗碳体的成分
G	912	0	α-Fe ₃ ↔ γ-Fe ₃ 同素异晶转变点
K	727	6.69	渗碳体的成分
P	727	0.0218	碳在铁素体中最大溶解度
S	727	0.77	共析点
Q	600	~ 0.0057	碳在铁素体中的溶解度

三、铁碳合金的分类

在铁碳合金状态图中,不同成分,具有不同的显微组织和性能,可分为工业纯铁、钢、白口铸铁三类。

1. 工业纯铁

成分为 P 点左面,含碳量小于 0.0218% 的铁碳合金。其室温组织为铁素体,机械工业中应用较少。

2. 钢

含碳量为 0.0218% ~ 2.11% 的铁碳合金,其特点是高温固态组织为塑性很好的奥氏

体,因而可进行热加工。根据室温下组织不同,以 S 点为界,钢可分为以下三类:

表 2-2-2 Fe-Fe₃C 相图中的特性线

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Lc→AE+Fe ₃ C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	As → Fp + Fe ₃ C 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。

- 1) 共析钢 含碳量为 0.77% 的合金,组织全部为珠光体。
- 2) 亚共析钢 含碳量为 0.0218% ~ < 0.77% 的合金,组织为珠光体 + 铁素体。
- 3) 过共析钢 含碳量为 > 0.77% ~ 2.11% 的合金,组织为珠光体 + 二次渗碳体。
- 3. 白口铸铁

含碳量 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。但高温组织中硬、脆的渗碳体很多,故不能进行压力加工。以 C 点为界,白口铸铁可分为以下三类:

- 1) 共晶白口铸铁 含碳量为 4.3%,组织全部为莱氏体。
- 2) 亚共晶白口铸铁 含碳量为 > 2.11 ~ < 4.3%,组织为莱氏体 + 珠光体 + 二次渗碳体。
- 3) 过共晶白口铸铁 含碳量为 > 4.3 ~ 6.69%,组织为莱氏体 + 渗碳体。

§ 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℃ 进行轧钢时,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,会使钢的脆性转变温度升高,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)、特种镇静钢(TZ)。

2. 按质量分

普通质量钢 ($S \leq 0.05\%$ $P \leq 0.045\%$)

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

高级优质钢 ($S \leq 0.02\%$ $P \leq 0.025\%$)

特级优质钢 ($S \leq 0.015\%$ $P \leq 0.025\%$)

3. 按用途分

结构钢分 { 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)

4. 按化学成分分：

碳素钢：按含碳量多少可分为低碳钢(含碳 $\leq 0.25\%$)、中碳钢(含 C $> 0.25\% \sim 0.6\%$)、高碳钢(含 C $> 0.6\%$)

合金钢：按含合金元素含量又分为低合金钢(含合金元素 $< 5\%$)、中合金钢(含合金元素 $5 \sim 10\%$)、高合金钢(含合金元素 $> 10\%$)。

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，后面的数字为屈服强度(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 表示屈服强度为 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。如钢号 45，表示平均含碳量为 0.45% 的结构钢。 化学元素符号 Mn 表示钢的含锰量较高
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% 的工具钢。 “A”表示高级优质

分 类	编 号 方 法	
	举 例	说 明
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(按 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 26 ~ 31
Q215	A	0.09	0.25	0.30	0.050	0.045	F、b、Z	335 ~ 410	
	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

①,②Q235A、B级沸腾钢锰含量上限为 0.60%。

钢的牌号由代表屈服点的字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法符号等四个部分按顺序组成。

例如:Q235-A · F

Q— 钢材屈服点,“屈”字汉语拼音首位字母;

A、B、C、D— 分别为质量等级;

F— 沸腾钢“沸”字汉语拼音首位字母;

b— 半镇静钢,“半”字汉语拼音首位字母;

Z— 镇静钢,“镇”字汉语拼音首位字母;

TZ— 特殊镇静钢,“特镇”两字汉语拼音首位字母。

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

表 2-3-3 优质碳素结构钢的牌号、成分和性能按(GB699-88)

牌号	化学成分(%)			力学性能					钢材交货状态硬度 HB	
	C	Si	Mn	σ_b (MPa)	σ_s (MPa)	δ_5 (%)	ψ (%)	$A_k(a_k)$ (J)	不大于	
				不小于					未热处理	退火钢
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。

六、碳素工具钢的牌号、成分和用途：见表 2-3-4。碳素工具钢分优质碳素工具钢和高级优质碳素工具钢。高级优质碳素工具钢在牌号后加“A”。

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
	碳	锰	硅	退火后 HB 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、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	

牌号	化学成分(%)			硬 度		用 途
	碳	锰	硅	退火后 HB 不高于	淬火后 HRC 不小于	
T10	0.95 ~ 1.04	0.15 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	197	62	用作冷冲模、丝锥、板牙、铰刀及形状简单的量具,也适宜做凿石工具
T11	1.05 ~ 1.40	0.15 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	207	62	
T12	1.15 ~ 1.24	0.15 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	207	62	用作不受冲击工具如刮刀、剃刀、锉刀、量规等
T13	1.25 ~ 1.35	0.15 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	217	62	

注:优质碳素工具钢含硫不大于 0.03%,含磷不大于 0.035%,高级优质碳素工具钢含硫量与优质碳素工具钢相同,含锰、硅量相同或略低,含硫量不大于 0.02%,含磷量不大于 0.03%

§ 2 — 4 铸铁

铸铁是含碳量大于 2.11%,含杂质质量比钢多的铁碳合金。铸铁常用化学成分范围为:碳 2.5 ~ 4.0%、Si1.0 ~ 3.5%、Mn0.5 ~ 1.5%、P < 0.2%、S < 0.15%,其余为 Fe。

铸铁具有许多优良的性能,且生产方法简便,成本低廉。因此,目前铸铁仍是最重要的工程结构材料之一,用于制作机床床身、主轴箱、尾架、减速机箱盖、箱座、内燃机气缸体、缸套、活塞环、凸轮轴、曲轴等零件。在各类机械中,铸铁件约占机器总重量的 45 ~ 90%。

根据铸铁中石墨形态不同,铸铁分为灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁和特殊铸铁等。

一、灰铸铁的牌号、性能、用途

灰铸铁中碳主要以片状石墨形式存在(如图 2-4-1),石墨的力学性能极差,使铸铁的抗拉强度比钢低得多,延伸率接近于零。铸铁中石墨含量愈多,愈粗大,力学性能愈差。但因有石墨存在,又使铸铁具有一些优点:如消震性比钢好;石墨能起润滑作用、提高了耐磨性和切削加工性;有良好的铸造性能,收缩小,不易产生铸造缺陷等。另外,它熔化过程简单、成本低,所以是用得最广的铸造合金。

铸铁的牌号以汉语拼音字母和力学性能数值表示。它的牌号、性能和用途见表 2-4-1。

表 2-4-1 灰铸铁的牌号、性能和用途(按 GB9439-88)

牌 号	抗拉强度	抗弯强度	抗压强度	硬度 HB	用 途
	σ_b	σ_{bb}	σ_{bc}		
	MPa				
HT100	100	260	500	143 ~ 229	低应力零件,如轴承盖、手轮、支架等

牌 号	抗拉强度	抗弯强度	抗压强度	硬度 HB	用 途
	σ_b	σ_{bb}	σ_{bc}		
	MPa				
HT 150	150	330	650	163 ~ 229	汽轮机冷凝器端盖、汽轮泵体、锅炉省煤器、发电机轴承座、进出水支座等
HT 200	200	400	750	170 ~ 240	阀壳、低压汽缸、机座联轴器、齿轮箱等受较大应力的零件, 低速轴瓦等
HT 250	250	470	1000	170 ~ 241	
HT 300	300	540	1100	187 ~ 255	汽缸、隔板、飞轮、齿轮等重要零件
HT 350	350	610	1200	197 ~ 259	

注:“HT”为“灰”“铁”二字第一个拼音字母,其后数字代表最低抗拉强度。



图 2-4-1 铸铁金相组织

二、球墨铸铁

灰铸铁中的石墨是片状的,如果在铁水浇注之前加入球化剂,进行球化处理,使石墨呈球状,这就是球墨铸铁。

球墨铸铁中因石墨呈球状,基体强度利用率高达 70 ~ 90%,其抗拉强度、塑性、韧性高,可与钢相媲美。与钢一样,通过热处理可进一步提高力学性能。适用于代替钢在静载荷或冲击不大的条件下工作的零件,如曲轴、凸轮等。故球墨铸铁又称之为高强度铸铁。

球墨铸铁的牌号、性能和用途如表 2-4-2 牌号用“QT”表示球铁汉语拼音字母。

表 2-4-2 球墨铸铁的牌号、性能和用途(按 GB1348 — 88)

牌 号	σ_b (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	δ (%)	HB	用 途
QT400-18	400	250	18	130 ~ 180	泵、阀体、受压容器、受冲击零件
QT400-15	400	250	15	130 ~ 180	
QT450-10	450	310	10	160 ~ 210	壳、箱体零件,要求韧性零件
QT500-7	500	320	7	170 ~ 230	机器底座、齿轮、支架等