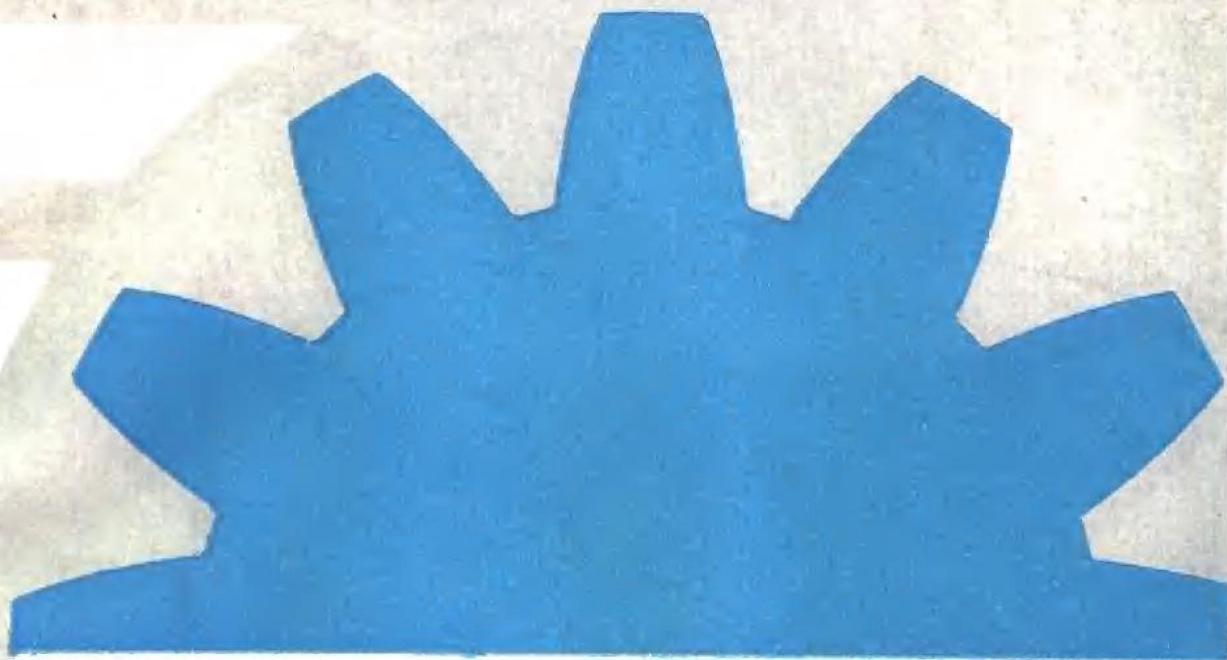




机械工业技术

杨国良 主编

科学技术文献出版社

机 械 工 业 技 术

杨国良 主编

责任编辑 陈芝瑾

科学技术文献出版社重庆分社 出 版 行

重庆市市中区胜利路132号

全 国 各 地 新 华 书 店 经 销

中共重庆市委机关印刷厂 印 刷

开本:787×1092毫米1/16 印张:16.875 字数:43万

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

科技新书目: 207—332 印数: 1—7 000

ISBN7-5023-1030-4/TH·18 定价: 5.40元

内 容 简 介

本书从经济管理角度出发,系统介绍机械工业生产的基本规律、内在联系及其合理组织,突出阐述工艺过程、工艺方案和方法的技术经济分析及其选择。同时对机械工业新技术的应用和发展亦作了讨论。

本书共十章,包括机械工业常用材料,铸造生产,锻压生产,焊接生产,金属切削基础知识,金属切削机床,金属切削加工工艺装备,金属切削加工工艺规程,热处理工艺及装配等。

本书可供财经和管理院校经济类各专业和非本科各专业教学使用,亦可供有关部门干部培训或自学参考。

前 言

本书为适应经济管理院校经济类各专业以及广大在职经济管理干部学习机械工业技术的需要而编写。经济与科技的高速发展,促使社会科学与自然科学有机地相互渗透。为了做好经济管理工作或工程技术工作,掌握生产技术与经济管理越来越显得重要和不可缺少。

根据经济类专业的要求,工业生产技术课程在课程设置、内容选择及教学方法等方面,与工科类专业都有明显的不同:在总体上要反映工业生产的一般规律,即由能源、材料到加工;具体则要通过有关行业部门来反映生产技术的基本规律,包括部门特点,生产过程,过程组织,工艺方法、原理及其选择等;在选材和教学方法方面,特别要从组织者、管理者的角度出发,突出组织和经济分析的研究和论述。

机械工业是加工工业的一部分,在管理和技术方面,有其典型性和复杂性,学习该部门的生产技术不仅对了解本部门 and 加工部门具有实践意义,同时对掌握其他行业部门的生产技术规律亦具有指导意义。

依据上述任务,本书结合机械工业生产的特点,主要研究由原材料到制成机械产品的过程和方法的规律。尽管机械工业所服务的对象涉及到各行各业,其产品品种极其繁多,但从产品的整体而言,都遵循着一个共同的生产规律,即材料—毛坯—加工—装配。而上述过程的每一阶段都还有其自身的生产规律,存在着相应的多种工艺方法。所以,从经济管理的角度学习机械工业技术,一方面要掌握生产的一般规律和组织,同时还应该进一步研究不同生产条件来合理选择不同的工艺方案和方法,从而使生产组织更为合理,以获取最大经济效果。

本书可供经济管理院校经济类专业如：工业企业管理、工业经济、国民经济计划、工业统计、工业会计、财政、金融、技术经济、物价、生产力布局、物资管理、政治经济等专业教学使用，亦可供在职管理干部培训或自学参考。

参加本书编写的有：中国人民大学杨国良、杨彬、田威，新疆财经学院徐光琦，西南财经大学江毅烈，天津财经学院王长年、刘玉芳、霍宏，云南民族学院尹志宽，江西财经学院湛东菱，湖南财经学院杨渝程，东北财经大学顾德瑞、张立纲、郝树人。

本书由中国人民大学杨国良主编，天津财经学院王长年、江西财经学院湛东菱为编委。

由于水平所限，书中可能有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

一九八八年八月

目 录

第一章 机械工业常用材料	(1)
第一节 金属材料的性能.....	(1)
第二节 常用材料.....	(6)
第二章 铸造生产	(19)
第一节 概述.....	(19)
第二节 造型材料.....	(21)
第三节 铸型制造.....	(27)
第四节 铸造合金和熔炼.....	(40)
第五节 铸件落砂、清理和检验.....	(53)
第六节 特种铸造.....	(54)
第三章 锻压生产	(62)
第一节 概述.....	(62)
第二节 金属的塑性变形.....	(62)
第三节 金属的加热及其设备.....	(65)
第四节 自由锻造.....	(68)
第五节 模型锻造.....	(74)
第六节 锻造工艺的经济分析.....	(80)
第七节 板料冲压.....	(83)
第八节 锻压新工艺简介.....	(87)
第四章 焊接生产	(90)
第一节 概述.....	(90)
第二节 手工电弧焊.....	(91)
第三节 气焊.....	(97)
第四节 其它焊接方法.....	(99)
第五章 金属切削基础知识	(103)
第一节 切削加工运动分析和切削用量.....	(103)
第二节 刀具切削部分的几何形状.....	(107)
第三节 金属切削过程.....	(108)
第四节 刀具材料.....	(112)
第五节 零件的加工质量.....	(114)
第六节 合理组织切削过程.....	(117)

第六章 金属切削机床	(120)
第一节 概述.....	(120)
第二节 车床.....	(130)
第三节 其他通用机床.....	(141)
第四节 特种加工机床.....	(161)
第五节 高效机床及自动线.....	(166)
第七章 金属切削加工工艺装备	(179)
第一节 概述.....	(179)
第二节 机床夹具.....	(180)
第三节 量具.....	(183)
第八章 金属切削加工工艺规程	(187)
第一节 概述.....	(187)
第二节 金属切削加工工艺过程的概念.....	(188)
第三节 切削加工工艺规程的编制.....	(195)
第四节 典型零件的工艺过程.....	(212)
第五节 成组技术 (GT).....	(215)
第九章 热处理工艺	(229)
第一节 概述.....	(229)
第二节 金属和合金的结构与结晶.....	(230)
第三节 铁碳合金.....	(237)
第四节 钢的热处理.....	(242)
第十章 装配	(258)
第一节 装配的基本概念.....	(258)
第二节 获得装配精度的方法.....	(260)
第三节 装配生产的组织形式.....	(262)

第一章 机械工业常用材料

现代工业所用的机器设备，绝大部分是用金属及合金制成的，如机床的床身用铸铁，齿轮用钢材，飞机上的许多部件用铝合金，等等。金属材料之所以应用这样广泛，是因为它们具有机械所需要的化学、物理和机械性能。

了解材料的性能、特点、应用及发展，对作好选材、用材、节材工作，具有重大意义。

掌握了金属的组织 and 性能之间的关系及其相互影响，就能合理选择各种零件及结构所需的金属材料，确定热处理、铸造、焊接、锻压等各种加工方法的正确工艺过程，合理组织生产，充分发挥金属材料的潜力，从而达到最优的经济效果。

第一节 金属材料的性能

在机械制造业中，不同零件或工具需要不同的金属材料。选用的准则要考虑零件要求、金属材料的性能和材料价格等因素。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能两方面。所谓使用性能是指机械零件在正常工作情况下材料应具备的性能，它包括机械性能、物理性能和化学性能等。而工艺性能是零件在各种加工制造过程中材料应具备的性能。

一、金属材料的机械性能

各种机械零件在制造和使用时总是要受到各种外力（如拉力、压力、弯曲、扭转以及冲击力等）的作用。为了保证零件长期正常工作，它必须具备抵抗外力而不致变形或破坏的能力。金属的机械性能是指金属材料在外力作用下表现出来的性能，如：强度、硬度、塑性、冲击韧性等。我们就是利用金属材料在不同受力条件下所表现出来的性能指标，来衡量金属的材料的机械性能的。

（一）强度

金属材料在外力作用下抵抗变形和破坏的能力，称为强度。据根受力状况，材料强度有

抗拉、抗压、抗弯、抗扭强度之分，但应用最为普遍是抗拉强度。

为了测定金属材料的抗拉强度，可将材料制成一定形状和尺寸的试样，把它安装在拉伸试验机上进行拉力试验。图 1-1 表示一种圆形拉力试样。试样最主要的两个尺寸是试样直径 d_0 和标距长度 L_0 。在一般情况下， L_0 为 d_0 的 10 倍或 5 倍。

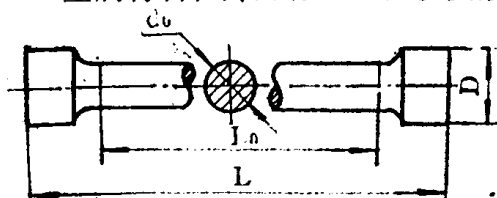


图 1-1 拉伸试样

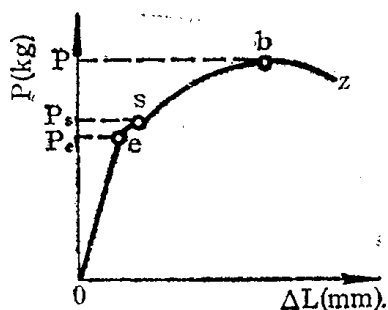


图1-2. 拉伸曲线

拉力试验的全部过程是：在试样上缓慢地逐渐施加拉力，观察并测定所加外力引起的长度变化，直到试样拉断为止。例如所测试样是低碳钢，则拉伸时外力与试样伸长量的对应关系如图1-2所示

简要分析由拉伸试验过程所测得的拉伸图可以看到，随载荷增加，试样尺寸经历以下三个特殊阶段的变化，并由此来确定金属材料的几种强度值。

1. 弹性极限

在开始增加载荷时，试样的变形（即伸长）与载荷成正比关系，但是，试样在弹性变形阶段并不能把外加载荷与变形的正比直线关系一直保持下去。一旦载荷增加到某一值 P_e 时，正比关系便被破坏。这时，在试样单位面积上所承受的载荷——应力，就是金属试样的比例极限（ σ_e ），其计算公式为：

$$\sigma_e = \frac{P_e}{F_0} \text{ (MPa)}$$

式中 P_e ——弹性极限外力，N； F_0 ——试样原始截面积， mm^2 。

弹簧必须采用 σ_e 高的材料来制造。金属材料的 σ_e 可通过热处理和加工硬化的方法来提高。

2. 屈服极限

当载荷大于 P_e ，变形与它就失去比例，即变形增加比载荷增加要快得多。直到S点，拉力没有明显增加，却开始发生相当大的伸长量，这种现象称为材料的屈服，S点的应力称为屈服极限（ σ_s ），其计算公式为：

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

屈服极限是代表材料抵抗微量塑性变形的抗力指标。有很多金属材料没有明显的屈服现象。为了便于测定各种材料的屈服极限，工程上规定产生残余塑性变形等于一定值（通常为0.2%）时的应力作为“条件屈服极限”，常用 $\sigma_{0.2}$ 表示。它是零件设计时的重要性能指标。钢材的化学成分和热处理状态对屈服极限都有很大影响。

3. 强度极限

当载荷超过屈服点并继续增加，试样随着伸长，这时试样的变形是以塑性为主的永久变形。当载荷达到一最大值 P_b 后，试样某一部位的截面开始急剧缩小（称为颈缩），因为截面变小，继续变形所需外力下降，变形伸长量迅速增加至Z点，试样在缩颈处断裂。 P_b 是从开始加载到断裂时所加的最大载荷。 b 点的应力称为强度极限（ σ_b ），其计算公式为：

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

σ_b 也是一个非常重要的基本机械性能指标，常用它衡量材料质量的好坏。

在工程上不仅希望金属材料具有高的 σ_b ，同时也希望具有一定的屈强比，即屈服极限与强度极限的比（ σ_s/σ_b ）。它虽不直接用于强度计算，但对材料的使用有很大意义，它说明材料储备抵抗塑性变形的能力。例如，桥梁结构零件，不要求太高的屈强比，因为屈强比较小，材料储备抵抗塑性变形的能力较大，结构零件的可靠性愈高，万一过载，材料也能因塑性变形产生加工硬化使其强度提高而不致立刻破坏。对于机器结构零件，一般希望屈强比高一些，这样可以节约材料，减轻自重。不同材料的屈强比是不同的，如碳素结构钢一般为

0.6左右,普通低合金钢一般为0.65~0.75,合金结构钢一般为0.85左右。热处理可以调整材料的屈服比。

(二) 塑性

金属的塑性是指金属材料在外力作用下发生塑性变形而不产生破坏的能力。利用静拉伸试验测定的塑性指标有: 伸长率和断面收缩率。

试样拉断后,其伸长量($L_1 - L_0$)与试样原始长度(L_0)之比称为“伸长率”,用 δ 表示:

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 L_1 ——试样伸长后的长度(mm)。

试样拉断后,截面收缩量($F_0 - F_R$)与原始截面积(F_0)之比称为“断面收缩率”,用 ψ 表示:

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

式中 F_R ——试样拉断后的截面积(mm^2)。

应当注意,由于对同一材料用不同长度的标准试样所测的伸长率 δ 的数值不同,因此,试验时必须注明。例如,对标准试样, $L_0 = 10d_0$ 时,用 δ_1 表示; $L_0 = 5d_0$ 时,用 δ_5 表示。

塑性指标在工程技术中具有重要的实际意义。首先,良好的塑性可顺利完成某些成型工艺,例如:冷轧、冷拔、冷冲等。其次,良好的塑性使零件在使用时,万一超载,也能由于塑性变形使材料强化而避免突然断裂。不同工艺对塑性有不同要求。但一般零件并不需要很大的塑性,其 δ 值达5%或 ψ 值达10%即能满足绝大多数零件的要求,过高的塑性也无必要。

(三) 硬度

硬度通常是指金属材料抵抗更硬物压入其表面的能力。硬度也是机械性能中的重要指标,它直接影响到材料的耐磨性及切削加工性。因为机械制造中在所用的刀具、量具、模具及工件上,某些耐磨表面都应具有足够高的硬度,才能保证其使用性能和寿命;但硬度过高的毛坯或坯料,又将给切削加工带来困难。

硬度的测定通常是在硬度计上进行的。由于硬度的测定简单易行,又不损坏工件;因此,广泛用于热处理工件及原材料质量的检验。

常用于测量金属硬度的是布氏硬度法和洛氏硬度法。

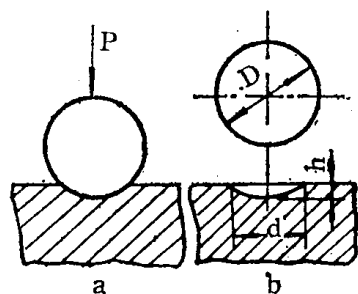


图1-3 布氏硬度试验原理示意图

1. 布氏硬度

布氏硬度的测定原理如图1-3所示。

它是以直径 D 的淬火钢球(或硬质合金球)为压头,以规定的载荷将压头垂直压入被测金属表面,停留一定时间后卸载,于是形成直径 d 的压痕;然后,在放大镜下测量压痕直径,并根据所测直径查表,即可求得硬度值。显然金属材料愈软,压痕直径愈大,布氏硬度值就愈低;反之布氏硬度值就愈高。

布氏硬度的单位习惯上不予标注。按GB231-84《金属布氏硬度试验方法》用钢球为压头所测的硬度值,以HBS表示;用硬质合金球为压头所测出的硬度值,以HBW表示。HBS适用于测量退火、正火、调质钢及铸铁、有色金属等硬度小于450的较软金属;HBW适用于测量硬度在450~650间的淬火钢材。鉴于试验条件(载荷大小,压

头直径, 停留时间等) 对测出的硬度值有一定影响, 因此, 必须标注出试验条件。例如, 150HBS10/1000/30 表示钢球直径10mm, 载荷1000kg, 停留时间30", 测出的硬度值为150。为简便起见, 测量黑色金属的停留时间可不予标注。

布氏硬度的优点是测量结果较准确, 缺点是测量费时, 且压痕较大, 不适于成品检验。目前布氏硬度计一般均以钢球为压头, 因此, 主要用于测量较软的金属材料。

2. 洛氏硬度

洛氏硬度也是以规定的载荷将坚硬的压头, 垂直压入被测金属表面来测定的, 但它是根据压痕的深度, 不是根据压痕的直径来计算硬度。实际上洛氏硬度值, 可以从硬度计刻度盘上指针直接反映出来, 无需另行测量压痕的深度。洛氏硬度以符号HR表示。

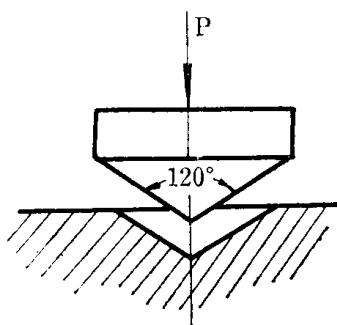


图1-4 洛氏硬度原理示意图

洛氏硬度常用顶角为120°的金刚石圆锥体作为压头, 如图1-4所示。它的载荷为150kg, 其硬度值用符号HRC表示。HRC的数值愈大, 硬度愈高, 它的许可应用范围是HRC20—67, 主要用于测量较硬材料, 如淬火钢材等。表1-1所示为一些钢件的洛氏值。

如测定更硬材料或测定薄层硬度(如硬质合金), 可将载荷减少到60kg, 测出的硬度以HRA表示, 它许可应用范围是HRA70—85。

洛氏硬度计还可以测定较软材料(如供应状态的钢材、黄铜、青铜、铝合金等)的硬度。此时, 压头改用直径为1.58mm($\phi 1/16$ in)的淬火钢球, 载荷为100kg, 测出的硬度用HRB表示, 它的许可应用范围是HRB25—100。

表1-1 一些钢件的硬度值

名 称	HRC	名 称
金属切削刀具, 如锉刀, 锯刀, 车刀	60~65	一般机床齿轮, 主轴的耐磨部分
剪刀刀口部分	50~65	冷冲模
板手、螺丝刀工作部分, 弹簧	43~48	

洛氏硬度法操作迅速, 简便, 可直接读出硬度值, 且压痕较小, 几乎不损伤工件表面, 故可用于成品检验。同时, 可测的硬度范围比布氏法宽。因此, 在热处理的质量检验中广为应用。

硬度反映金属材料在局部范围内对塑性变形的抗力。在通常情况下, 硬度愈高, 强度也愈高。实验得知, 碳钢与合金结构钢的硬度与

强度极限间有一定换算关系, 下列经验数据可供参考:

低碳钢 $\sigma_b \approx 3.6 \times \text{HBS}$

高碳钢 $\sigma_b \approx 3.4 \times \text{HBS}$

调质合金钢 $\sigma_b \approx 3.25 \times \text{HBS}$

(四) 冲击韧性

机械零件在工作过程中, 往往受到冲击载荷的作用, 如: 锻锤的锤杆, 冲床的冲头, 内燃机的活塞等。在冲击载荷作用下材料的机械性能将发生很大变化, 此时若仍按静载荷作用下的机械性能指标进行设计计算, 就不能保证机件工作时的安全可靠。因此, 必须考虑冲击韧性。

金属材料抵抗冲击载荷的能力, 称为冲击韧性, 简称韧性。

冲击韧性通常采用摆锤式冲击试验机来测定。试验时, 将带缺口的冲击试样2放在试验机的支座3上(图1-5), 然后用摆锤1将试样一次冲断。冲击韧性 a_K 可按下式求出:

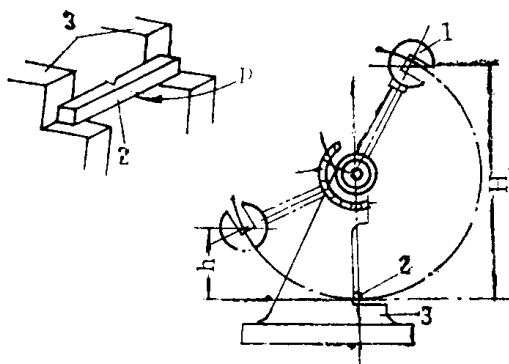


图1-5 冲击试验示意图

1—摆锤 2—冲击试样 3—支座

$$a_K = \frac{A_K}{F} \text{ (J/cm}^2\text{)}$$

式中 A_K ——冲击试样所消耗的冲击功； F ——试样断口处截面积 (cm^2)； $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 0.1 \text{ kg f} \cdot \text{m}$ 。

必须看到，上述冲击值 a_K 是大能量一次冲断试样所得出的数据。许多受冲击载荷的机械零件（如曲轴、连杆等），是经小能量多次重复冲击才破坏。在这种情况下，用 a_K 值来衡量材料的冲击抗力，不符合实际工作情况，所以，有人建议用“多次重复冲击试验”来测定其“多冲抗力”。试验证明，

在多次小能量冲击条件下，其冲击抗力主要取决于材料的强度，而不要求过高的 a_K 值。

（五）疲劳强度

大多数机器零件是在重复或交变应力作用下工作的，例如各种发动机曲轴、机床主轴、齿轮、各种滚动轴承等。在这种复杂交变的应力作用下，零件能够承受的最大压力，往往远低于材料的强度值 (σ_b 或 $\sigma_{0.2}$) 就破坏了，这种突然破坏的现象称为“疲劳断裂”。衡量这种性能的指标是“疲劳强度”或“疲劳极限”。

产生疲劳断裂的主要原因是材料内部有缺陷、表面划痕及截面突然改变等因素，使这些部位的实际应力比平均应力增大很多，这种现象称为“应力集中”。这些过大的应力使材料产生微裂纹，而在长期交变应力作用下，这些微裂纹又有可能逐步扩展，使工件实际负载的截面逐渐缩减。当截面缩减到某一极限时，由于实际应力超过材料的强度极限 σ_b ，于是发生突然破坏。

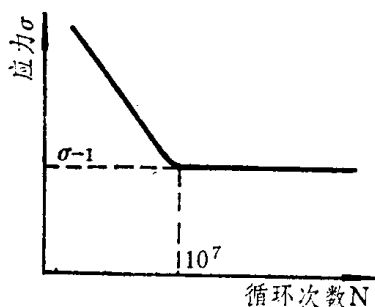


图1-6 钢的 σ - N 曲线

实践证明，材料所受重复交变应力 σ 与其断裂前的应力循环次数有如图1-6所示曲线关系。该曲线叫做“ σ - N 曲线”。从曲线可以看出，应力最大值越低，则断裂前循环次数越多，当应力下降到某一定值时，疲劳曲线与横坐标轴平行，即表示 σ 低于某一定值时，材料可能经受无限次交变应力循环而仍不发生疲劳断裂，此应力值叫做“疲劳极限”。对于钢铁材料来说，如 N 达 $10^6 \sim 10^7$ 次仍不断裂，则可认为不再发生疲劳破坏。

为了提高零件的疲劳极限，除改善其结构形状，避免应力集中外，还可通过提高零件表面光洁度和采用各种表面强化方法（如喷丸，表面冷轧，表面热处理等）来实现。

二、金属材料的物理性能、化学性能及工艺性能

（一）物理性能

金属材料的主要物理性质有比重、熔点、膨胀系数、导电性和导热性等。由于机械零件的用途不同，对其物理性能要求也有所不同，例如，飞机零件要选用比重小的铝合金来制造等。

材料的物理性能对加工也有一定影响。如高速钢的导热性较差，在锻造时就应采用较低的加热速度，否则会产生裂纹。

（二）化学性能

化学性能是材料在常温或高温时抵抗各种化学作用的能力。主要的化学性能有耐蚀性和

耐酸性。为了制造在具有腐蚀性介质中工作的机械零件，如化工设备等可采用不锈钢。

（三）工艺性能

在选用金属材料时，除了按零件工作要求考虑必要的机械性能外，还必须考虑其工艺性能。金属材料的工艺性能是指其经受各种加工方法的难易程度，实质上是物理、化学、机械性能的综合。按工艺方法的不同，可分为铸造性、可锻性、可焊性和切削加工性等。它们将分别在各章中介绍。

第二节 常 用 材 料

金属材料是重要的工程材料，工业上把金属及合金分成黑色金属（铁和以铁为基体的合金）和有色金属两大部分，应用最广的是黑色金属，常用的以铁为基体的合金材料（铸铁、碳钢和合金钢）占整个工程材料的90%以上。

二十世纪以来，现代科学技术和生产的发展一日千里，新材料（新型工程塑料）、能源与信息作为现代技术的三大支柱发展极为迅速。在材料科学中，非金属材料的发展一直领先，其中人工合成高分子材料发展为最快。目前，塑料已成为一种重要的新型材料。近20多年来，金属与非金属相互渗透，相互结合，组成了一个完整的材料体系。

为了在生产上合理选择，正确使用各种金属和非金属材料，必须了解它们的成分、性能、规格和应用。

一、碳素钢

碳素钢简称碳钢，其含碳量一般为0.1~1.4%，并含有少量的Si、Mn、S、P等杂质元素。碳是钢中除铁外最主要的成分。其含量对钢的组织性能有极大影响。钢中含碳量越多，则珠光体、渗碳体就越多，因而强度增高而塑性降低。

Si、Mn、S、P对钢的组织性能也有一定的影响

Si、Mn对钢有一定的强化作用。

S、P是有害杂质。S量过多使钢产生热脆性，P则引起冷脆现象，所以将钢中S、P含量都控制在较低的水平。

碳钢按其质量不同分为普通碳素钢和优质碳素钢两类，其主要区别在于S、P含量，普通碳钢 $S \geq 0.055\%$ ， $P \geq 0.045\%$ ，优质碳钢 $S \geq 0.04\%$ ， $P \geq 0.035\%$ 。

由于碳的含量对钢的机械性能影响较大，故在机械制造中常按含碳量的不同，将钢划分为低碳钢，中碳钢，高碳钢三种。

低碳钢——含碳量小于0.25%，强度低，但塑性、可焊性以及塑性成型工艺较好。

中碳钢——含碳量在0.25—0.6%之间。具有较高的强度，但塑性及可焊性则较差。若经过热处理，则强度和硬度可显著提高。

高碳钢——含碳量大于0.6%，其塑性和可焊性都很差，但热处理后可获得很高的强度和硬度。

碳钢又可按用途分为碳素结构钢和碳素工具钢两大类：

碳素结构钢——主要用于制造各种工程构件和机械零件，含碳量一般为0.12~0.6%，属于低碳钢和中碳钢。

建筑工程、桥梁、压力容器、船舶等工程结构，除要求所用钢材具有一定的强度外，还必须有足够的塑性和韧性。由于这些构件制造时常采用焊接方法，故良好的焊接性能也十分重要。这类构件常用的是含碳量较低（ $<0.3\%$ ）的低碳结构钢。

用于制造机械零件的结构钢应具有足够的强度和一定的韧性。此外，这些零件一般都要经过各种加工及热处理，因此又要求有良好的可锻性、切削加工性和足够的淬透性。这类零件常用的是含碳量相当于低碳钢和中碳钢的优质碳素结构钢。

碳素工具钢——常用于制造要求有较高的硬度和一定的塑性、韧性的刀具，模具，量具或其他工具。所以工具钢都是含碳量高（ $0.7\sim 1.3\%$ ）的优质碳素钢。

1. 普通碳素结构钢

按供应条件分甲类钢、乙类钢、特类钢。

甲类钢是按照机械性能供应的。常用于制造钢板、角钢、槽钢、圆钢、铆钉等。它们在加工过程中不进行热处理，因此化学成分对用户意义不大，但机械性能却很重要。

乙类钢是按照化学成分供应的。在使用过程中往往要经过锻造和热处理，从而改变其机械性能。因此原有的机械性能对用户来说不是主要的，而用户在制定热处理加热规范时，化学成分却是必要的的数据。

特类钢按用户要求提供，目前已很少使用。

我国普通碳素结构钢的钢号以“甲”，“乙”或“A”，“B”分别表示平炉钢中的甲类钢和乙类钢。如上述符号的后面再加冶炼方法的符号（碱性法加“碱”或加“J”，酸性法加“酸”或加“S”，则分别表示碱性或酸性转炉冶炼的甲、乙类钢。若冶炼时采用不完全脱氧法的，称为沸腾钢，则后面加“沸”或“F”字。在钢类或冶炼方法符号后面再加以顺序号，例如“甲₃”或“A₃”表示平炉钢中甲类3号钢；“乙₃沸”或“B₃F”表示平炉钢中乙类3号沸腾钢。普通碳素结构钢钢号中顺序号愈大，则其强度愈高，延伸率就愈低。

普通碳素结构钢的牌号、成分、性能和应用可参阅表1-2和表1-3

表1-2

甲类钢牌号、性能及应用举例

牌号	抗拉强度 σ_b (MN/m ²)	延伸率 δ (%)	用 途 举 例
A ₀	≥ 320	—	用于建筑业作为钢筋
A ₁	320~400	28	由于塑性较高，用来制造地脚螺钉、铆钉等
A ₂	340~420	26	
A ₃	380~470	21~23	用于制造螺钉、螺母、拉杆、销轴
A ₄	420~520	19~21	用于制造承受中等外力零件：链轮、拉杆、销轴等
A ₅	500~620	15~17	
A ₆	600~720	11~13	塑性低，强度高，耐磨性好，用于农业机械零件，如：犁铧等
A ₇	720以上	7~9	

2. 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢用来制造比较重要的零件。在制造过程中，一般要经过热处理，以提高其机械性能。因此供应时不但要保证机械性能，还要保证其化学成分。

优质碳素结构钢的钢号用两位数字表示，这两位数即表示钢中平均含碳量的万分数。例

表1-3

乙类钢牌号、成分及用途举例

牌号	化 学 成 分 %			用 途
	碳	硅	锰	
B ₀	≤0.23	—	—	属于软钢类, 用来作铁丝、铁钉、铆钉、钢板、薄铁皮、铁管等
B ₁	0.06~0.12	0.12~0.3	0.35~0.5	
B ₂	0.09~0.15	0.12~0.3	0.25~0.5	
B ₃	0.14~0.22	0.12~0.3	0.40~0.60	
B ₄	0.18~0.27	0.12~0.3	0.40~0.7	属于软钢类范围, 用来作铸钢件、建筑材料、普通机件
B ₅	0.28~0.37	0.15~0.35	0.5~0.8	
B ₆	0.38~0.49	0.15~0.35	0.5~0.8	属半硬钢类, 含碳0.4—0.45%, 可作轮、钢轨; 含碳0.5—0.6%, 可作工具、弹簧、犁等
B ₇	0.50~0.62	0.15~0.35	0.5~0.8	

如15号钢表示平均含碳量0.15%, 实际含碳量在0.12~0.19%的范围内。

优质碳素结构钢根据含碳量不同, 适用于制造各种不同的零件。

08、10、15、20、25等号钢含碳量低, 强度低而塑性好, 可焊性好。这类钢多数制成薄钢板, 用来制造各种容器, 或冲压件和焊接结构; 如果轧制成型材, 可以用来制造螺钉、螺母、垫圈和需要渗碳的零件或其他结构。

30、35、40、45、50等号钢含碳量中等, 强度较高, 韧性和加工性也较好。应用时通常要经过淬火、回火等热处理。常用于制造齿轮丝杆、连杆、套筒等。其中以40、45号钢应用最广泛。

50、60、70等号钢含碳量较高, 经淬火和回火后具有较高的强度、硬度及弹性, 常用于制造弹簧、轧辊、钢丝绳等。

表1-4列出了优质碳素结构钢的化学成分及机械性能

表1-4

优质碳素结构钢的化学成分及机械性能

钢 号	σ_b (MN/m ²)	δ (%)	化 学 成 分 (%)				
			C	Mn	Si	S	P
08	330	33	0.05~0.12	<0.40	≤0.17	<0.040	<0.04
08F	320	34	0.05~0.12	<0.40	≤0.03	<0.040	<0.04
10	340	31	0.07~0.14	0.35~0.65	0.17~0.37	<0.040	<0.04
10F	330	33	0.07~0.14	0.35~0.65	0.17~0.37	<0.040	<0.04
15	370	27	0.12~0.15	0.35~0.65	0.17~0.37	<0.040	<0.04
20	410	25	0.17~0.24	0.35~0.65	0.17~0.37	<0.040	<0.04
25	440	23	0.22~0.29	0.50~0.80	0.17~0.37	<0.040	<0.04
30	450	21	0.27~0.35	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04
35	520	20	0.32~0.40	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04
40	570	19	0.37~0.45	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04
45	600	16	0.45~0.50	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04
50	630	14	0.47~0.55	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04
55	640	12	0.52~0.62	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04
60	650	10	0.57~0.65	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04
65	660	10	0.62~0.75	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04

3. 碳素工具钢

它是用来制造切削工具、测量工具和模具的材料。对于任何工具都要求有高的硬度和耐磨性。因此工具钢在使用时必须淬火，为了使工具钢获得较高硬度的效果，钢中的含碳量应高。因此碳素工具钢是含碳量在0.65~1.35%范围内的高碳钢。

碳素工具钢钢号用含碳量千分之几与“T”组成，如T8表示含碳量为0.8%的碳素工具钢；如果是高级优质钢，则在数字后面加“A”。所以，从碳素工具钢钢号即可了解其含碳量。钢号愈大，则含碳量越高，强度、硬度也愈高，耐磨性愈好，而塑性和韧性则愈低。不同钢号的碳素工具钢的应用特点不同。

常用碳素工具钢的成分、性能和用途见表1-5

表1-5 碳素工具钢成分、性能及用途

牌 号	化 学 成 分 %			硬 度		应 用 举 例
	C	Si	Mn	供应状态 HB (不大于)	淬火后 HRC (不小于)	
T7 T7A	0.65~0.74	≤0.35	≤0.40	187	62	用作能承受冲击、硬度适中、并有较好韧性的工具，如锤、手钳、钻头、铆钉模及木工工具等
T8 T8A	0.75~0.87	≤0.35	≤0.40	187	62	用作能承受冲击和需要有足够韧性、较高硬度的各种工具，如冲头、锯条、模子及木工工具等
T9 T9A	0.85~0.94	≤0.35	≤0.40	192	62	用作硬度高、韧性中等的工具，如冲头、冲模、农业收割机上的切割工具等
T10 T10A	0.95~1.04	≤0.35	≤0.40	197	62	用作不受剧烈冲击、硬度高而耐磨的工具。如车刀、刨刀、钻头、丝攻等
T12 T12A	1.15~1.24	≤0.35	≤0.40	207	62	用作制造不受冲击，高硬度的各种工具，如锉刀、精车刀、铰刀、量具等

二、合金钢

随现代工业和科学技术的不断发展，对钢材的各种性能要求也越来越高，碳素钢已不能满足要求。在碳钢的基础上加入一种或多种一定量的合金元素能提高钢的机械性能，改善钢的耐蚀、耐高温等性能，这就是合金钢。常用的合金元素有硅(Si)、锰(Mn)、铬(Cr)、镍(Ni)、钼(Mo)、钒(V)、钨(W)、钛(Ti)、铌(Nb)和稀土元素铈(Ce)等。

合金元素在钢中的作用很复杂，加入不同的合金元素，对钢的性能可产生不同的影响。

由于Mn、Si等合金元素能溶入铁素体，使铁素体的晶格发生畸变，从而使强度、硬度增加，塑性、韧性降低，而Cr、Ni在一定的限度内(Cr≤2% Ni≤5%)可使韧性提高，

Mn、Cr、Mo、W、V、Ti等元素与碳形成碳化物，或溶于渗碳体而形成合金渗碳体，如 $(\text{FeMn})_3\text{C}$ ，从而使钢得到强化；除Mn外的绝大部分合金元素都不同程度地阻碍奥氏体的长大，从而细化了钢的晶粒，提高了钢的强度，韧性和耐磨性。

大多数合金元素溶于奥氏体后，均使C曲线右移而降低临界冷却速度，提高钢的淬透性。W、Mo、V等强碳化物形成元素，能阻碍碳原子扩散，因而降低了马氏体的分解速度，即提高了钢的回火稳定性，使钢在较高的回火温度下回火仍能保持较高的硬度。

合金钢的种类很多，通常按用途将其分为合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢三大类。

我国合金结构钢编号是根据国家标准规定，采用“数字+化学元素符号+数字”的方法。前面的数字表示其平均含碳量的万分数，元素符号表示所含的合金元素，后面的数字表示合金元素的百分数，但其含量小于1.5%时，编号中只标明元素，一般不标明含量。如果含量大于1.5%、2.5%、3.5%……，则相应以2%、3%、4%……表示。例如40Cr表示平均含碳量为0.4%（实际为0.37~0.45%），含Cr量小于1.5%（实际含量为0.8~1.1%）。

合金工具钢的编号与合金结构钢相似，但含碳量大于1%时，其含碳量不予标出。平均含碳量小于1%时，以其含量的千分数标明。例如9SiCr表示平均含碳量为0.9%，Si，Cr，平均含量小于1.5%。

某些特殊性能的钢，其编号方法基本上与合金工具钢相同，但也有一些高合金特殊钢不标出其含碳量的。

以下介绍几种常用的合金钢：

（一）合金结构钢

合金结构钢根据其用途可分为普通低合金结构钢，渗碳钢，调质钢，弹簧钢等。

1. 普通低合金结构钢

它是一种低碳结构用钢，含少量合金元素，如Mn、Si等，它主要起到对铁素体的固溶强化及细化晶粒的作用，因而比同含碳量的普通碳素钢强度高得多，并有良好的焊接性和耐磨性。

这类钢主要用于桥梁、船舶和车辆的结构以及制造锅炉、高压容器、汽车等。常用的牌号有16Mn，15MnV，15MnTi，其中应用较广的是16Mn。

2. 渗碳钢

结构零件在承受较强烈的冲击作用和磨损条件下工作时，要求具有高的表面耐磨性，而心部则要求具有较高的强度和适当的韧性。汽车、拖拉机的变速齿轮、凸轮、活塞销就属于这一类零件。

上述性能要求，可以通过渗碳淬火及低温回火达到，此时零件心部是低碳钢淬火组织，保证了高韧性和足够的强度，而表面则具有高碳量（0.85~1.05%），经淬火后硬度很高（HRC>60），耐磨性良好。

显然，渗碳钢必须是低碳钢，加入的合金元素主要是能显著提高淬透性的元素Cr、Ni等，以提高心部强度。此外还加入V、Ti等细化晶粒元素，防止渗碳时晶粒长大，提高韧性并简化渗碳后的热处理工艺，合金渗碳钢一般属于低合金钢

常用的合金渗碳钢有20Cr、20CrMnTi、20CrMnMo、12CrNi3A等等

3. 调质钢

合金调质钢一般用于承受较大负荷的零件，如负荷较重的各种轴和齿轮等。为了能承受