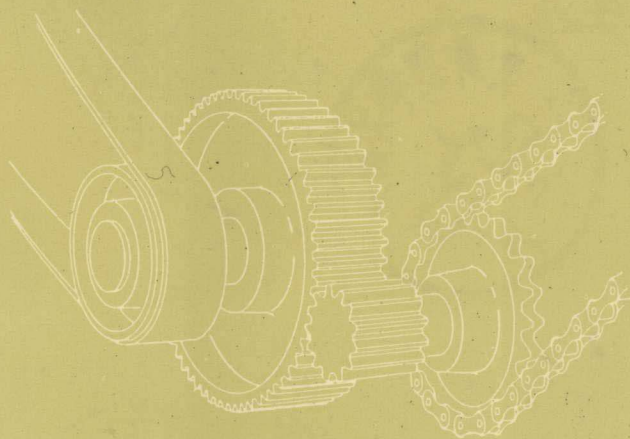


高等学校试用教材

# 机械 工 程 基 础

徐有忠 主编

程光蕴 主审



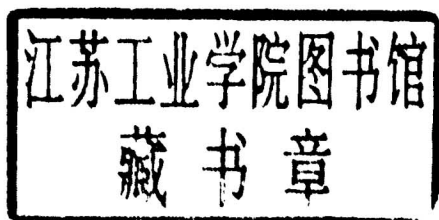
东南大学出版社

高等学校试用教材

# 机械 工 程 基 础

徐有忠 主编

程光蕴 主审



东南大学出版社

(苏)新登字第 012 号

责任编辑 施 恩

**机械工程基础**

徐有忠 主编

---

东南大学出版社出版发行

南京四牌楼 2 号

十四所印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 16.5 字数 410 千

1992 年 7 月第 1 版 1992 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1—3000 册

---

ISBN 7—81023—635—0

---

TH·32

定价: 7.00 元

## 前 言

教材是教育之本。高等工程专科教育的教材是体现高等工程专科教育特色的极其重要的一个方面。

最近,国家教委关于加强普通高等工程专科教育工作提出了重要意见,并对普通高等工程专科教育培养目标,毕业生的基本规格,制定教学计划的原则提出了具体要求,进一步明确了高等工程专科教育是在普通高中教育基础上进行的比本科修业年限短的专门高等教育,目标是培养面向生产第一线应用型高级工程技术人材,并强调高等工程专科教育的专业设置,教学内容必须具有较强的针对性和实用性。

与《机械制图》一样,《机械工程基础》是高等工程专科教育中非机类专业一门重要的技术基础课程。本教材的编写大纲是以国家教委组织制定的《高等工程专科教育基础课和技术基础课程的教学基本要求》为依据,内容的选择以必需、够用为度,教学上以讲清概念,强化应用,培养技能为重点,精简理论推导,加强实践环节。主要内容包括工程材料、工程力学、常用机构、机械传动、液压传动及机械加工等。

本书由南京机械专科学校徐有忠、王芙蓉、左健民,何文忠及淮阴工业专科学校章跃等同志编写。全书由徐有忠担任主编,章跃任副主编。参加本书审稿的有东南大学教授程光蕴,南京机械专科学校副教授陈金德、金禧德,南京绿州机器厂教育中心邹福涛。全书由程光蕴负责主审。

本书在编写过程中得到长沙有色金属专科学校陈世柱副教授的多方面指导和热情关心,并亲自示范性地编写了部分章节。江苏省社渚轴承总厂厂长丁锦春工程师,根据企业生产的实际情况,对本书提出了许多修改意见。本书在编写过程中,还得到南京机械专科学校副教授何元庚,张国生以及苏自中老师的热情指导,同时还参考和引用了同行学者的论著,在此谨向他们表示衷心的感谢。由于编者水平有限,且编写时间仓促,书中缺点错误在所难免,望广大读者批评指正。

编者

1990年11月

# 绪 论

## 一、机械是社会生产力的标志

机械是人类进行生产劳动的工具,也是社会生产力发展水平的标志。在长期的生产实践中,人们根据生产实际的需要,发明创造和改进各种机械设备。很古以前,人类就会利用杠杆,滚子等简单机械工具来减轻人们繁重的体力劳动,从而提高了劳动生产率。早在五千年以前,我国劳动人民就已使用了纺织机械。西汉时期,我国劳动人民利用轮系原理发明了指南车(如图 0—1 所示),利用简单的啮合原理发明了水车(如图 0—2 所示)。随着社会发展与人类的进步,出现了由原动机,传动装置和工作机构组成的近代机器。

国民经济要发展,机械工业要先行。机械工业担负着为国民经济各部门提供现代化装备的光荣任务。当前的时代虽然是以电子计算机、自动控制、激光、生物技术、海洋开发、新材料、新能源和信息工程为主要标志的时代,但其基础仍然是机械工业。现在,我国的机械工业基本实现了既能为工农业生产各部门提供成套技术设备,也能为国防科研各部门解决复杂的尖端技术;既能自行设计、自行制造水压机、汽轮机、数控机床和各类机床设备,又能制造微电子技术产品成套工艺装备的生产流水线。可以预料,未来的机械工业将是一门多学科技术集成的产业,并向着高精密,高速度,高效率,机、电、液三位一体的方向发展。机械工业的发展,将更加有力地促进国民经济稳步协调地发展。

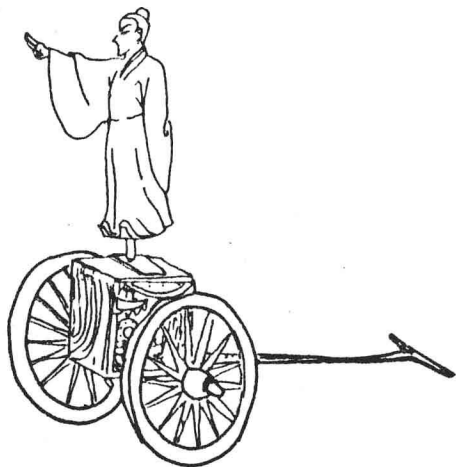


图 0—1 指南车

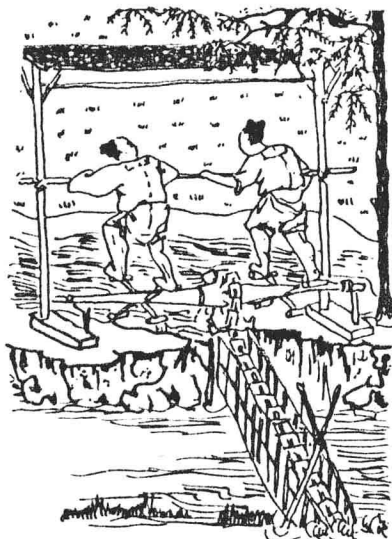


图 0—2 水车

## 二、《机械工程基础》概述

《机械工程基础》是以机器和机构为主要研究对象的入门学科,它是高等工程专科教育非机械类专业教学中一门重要的技术基础课。学生通过本课程的学习,可以了解并掌握组成一般机器的常用机构、通用零部件的材料、结构性能工作原理和正确使用调整维修的基本常识,具

有机构分析、强度计算和结构设计的基本能力,为学生进一步学习专业课,学习新技术和在工作中搞技术革新提供必要的基础知识和基本技能。

### 1. 机器与机构

在日常生活和工作中,接触的机器种类繁多,如汽车、拖拉机、机床、家用的自行车、洗衣机等,其结构、性能和作用各不相同。但是,从机器的组成、运动以及功能三方面进行分析研究,可以发现它们有以下三个方面的共同点:

- (1)它们都是由许多构件组合而成的;
- (2)各构件之间都有确定的相对运动;
- (3)它们都能代替人们的劳动,传递信息,完成有用的机械功或转换能量。

通常,我们把同时具备以上三个特征的组合体称为机器。对只具备前两个特征,而不具备第三个特征的称为机构,因此机构也可定义为:各构件之间具有确定的相对运动的组合体。如图 0—3 所示为一单缸内燃机,由曲轴、连杆、活塞和气缸体等构件组合而成。它们之间有确定的相对运动:活塞相对于气缸是往复移动;曲轴与连杆之间是相对转动。对于内燃机这个整体,它可以把燃料的化学能转变为机械能而做功。因此,它是一个机器。而对于内燃机中的活塞、曲柄、连杆这一组合体,仅仅是把活塞的往复移动转化为曲柄的连续转动。因此,它是一个机构,而不是机器。从上述分析可以看出,机器的主要功用是通过机械传递信息,利用机械能做功或转换能量。而机构的主要功用在于传递运动或转变运动形式。机器与机构之间有时也没有明显的界限,因此,人们往往把机器与机构统称为机械。

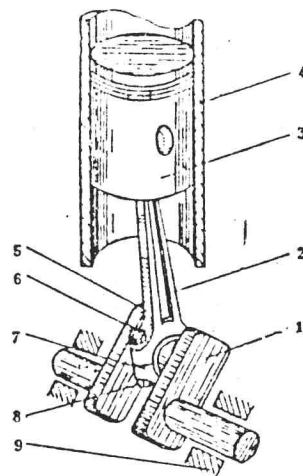


图 0—3 单缸内燃机  
1—曲轴 2—连杆 3—活塞 4—气缸  
5—连杆体 6—螺母 7—连杆盖  
8—螺栓 9—轴承

### 2. 零件与构件

零件是制造加工的基本单元体。零件可分两类,一类是通用零件,这类零件在不同的机器中都能适用,有时也称为标准零件。例如螺钉、轴承、弹簧等,这类零件由专门的工厂制造加工。另一类是专用零件,专用零件只适用某些专用机器设备中,这类零件是专门设计专门制造的,例如内燃机的活塞、汽轮机的叶片等。

构件是组成机器或机构的独立运动的单元体。它可以是单一的整体,也就是一个零件;也可以由若干个零件刚性联接而成。例如如图 0—3 中内燃机的连杆,就是由连杆体,连杆盖、螺栓、螺母等几个零件组成的独立运动单元体。

综上所述,机器一般由机构组成,机构由构件组成,构件由零件组成。从整体上看,组成机器的各部分可分为原动部分,工作部分,传动部分等三大部分。

原动部分是机器的动力来源,通常是电动机,内燃机等。

工作部分是按照人们的要求完成机器预定的任务,它是机器整个传动系统的终端。例如金

属切削机床的主轴旋转和拖板位置的移动,完成金属切削的目的;颚式破碎机的动颚、打夯机的冲头等都是工作部分。

传动部分是联接原动和工作两部分的中间环节,其作用是把原动机的功率、运动传递给工作部分。例如齿轮机构传动、连杆机构传动等。

在自动机械中还有控制部分。控制部分一般有机械控制,液压控制、计算机数字控制等形式。随着科学技术的发展,计算机数字控制(简称 CNC 即数控)越来越广泛地应用于机械加工、检测、装配等机床控制中。所谓数控就是由计算机控制系统发出控制信号(以数字量形式送出),驱动电机伺服系统,控制和操纵机械部件的运动,从而得到对机械控制的目的,完成人们所需要的工艺动作。

### 三、本课程在非机类专业教学中的地位

随着科学技术水平的发展和生产机械化程度的日益扩大,不仅在机械制造系统内要直接使用、控制和管理机械设备,在石油化工、冶金采矿、轻纺食品、电子通讯及国防现代化等各部门的工程技术人员也要广泛地接触并使用各种通用和专用的机械设备。为了适应生产实践的需要,即使是不直接从事机械行业的工作人员,也必须熟悉和掌握一定范围的机械基础知识。《机械工程基础》就是为了实现上述目的,而开设的一门极为重要的技术基础课程。在高等工程专科非机类专业教学中,将起着举足轻重的作用。

《机械工程基础》是一门实践性很强的课程,本教材贯彻理论联系实际的原则,从感性认识出发,联系日常生活和生产中的实例进行适当的理论分析,以突出应用为重点。通过本课程的学习,将进一步提高学生分析问题和解决问题的实际应用能力。

# 目 录

## 绪 论

### 第一章 常用材料及钢的热处理

- § 1—1 金属材料的机械性能 ..... (1)
- § 1—2 常用材料 ..... (6)
- § 1—3 材料的选择 ..... (12)
- § 1—4 常用钢的热处理方法 ..... (13)

习题 ..... (15)

### 第二章 物体的受力分析与平衡

- § 2—1 力的基本知识 ..... (16)
- § 2—2 物体受力分析 ..... (18)
- § 2—3 平面汇交力系 ..... (21)
- § 2—4 力矩和力偶 ..... (26)
- § 2—5 力的平移原理 ..... (30)
- § 2—6 平面任意力系的简化与平衡 ..... (31)
- § 2—7 摩擦 ..... (33)
- § 2—8 空间力系 ..... (38)
- § 2—9 转动惯量 ..... (41)
- § 2—10 功、功率及机械效率 ..... (42)

习题 ..... (46)

### 第三章 构件受力变形及应力分析

- § 3—1 变形的基本形式 ..... (49)
- § 3—2 轴向拉伸与压缩 ..... (51)
- § 3—3 剪切 ..... (55)
- § 3—4 扭转 ..... (58)
- § 3—5 弯曲 ..... (63)

习题 ..... (71)

### 第四章 常用机构

- § 4—1 机构的组成 ..... (73)
- § 4—2 平面连杆机构 ..... (78)
- § 4—3 凸轮机构 ..... (83)
- § 4—4 螺旋机构 ..... (90)
- § 4—5 间歇运动机构 ..... (94)

习题 ..... (98)

### 第五章 机械传动

- § 5—1 机械传动的的基本类型 ..... (101)
- § 5—2 摩擦传动 ..... (101)
- § 5—3 带传动 ..... (103)



§ 5—4 链传动 .....	(111)
§ 5—5 齿轮传动 .....	(114)
§ 5—6 蜗杆传动 .....	(137)
§ 5—7 轮系 .....	(142)
习题 .....	(148)
<b>第六章 典型零部件</b>	
§ 6—1 联接零件 .....	(151)
§ 6—2 轴 .....	(158)
§ 6—3 轴承 .....	(162)
§ 6—4 联轴器与离合器 .....	(178)
习题 .....	(182)
<b>第七章 液压传动</b>	
§ 7—1 概述 .....	(184)
§ 7—2 液压泵、液压马达和液压缸 .....	(188)
§ 7—3 液压控制阀 .....	(195)
§ 7—4 液压辅件 .....	(208)
§ 7—5 液压基本回路 .....	(209)
习题 .....	(217)
<b>第八章 金属切削机床及切削加工</b>	
§ 8—1 概述 .....	(219)
§ 8—2 金属切削加工的基本知识 .....	(222)
§ 8—3 车床及车削加工 .....	(226)
§ 8—4 铣床及铣削加工 .....	(230)
§ 8—5 钻床及钻削加工 .....	(233)
§ 8—6 刨床及刨削加工 .....	(235)
§ 8—7 磨床及磨削加工 .....	(238)
§ 8—8 组合机床及数控机床简介 .....	(242)
习题 .....	(250)
主要参考文献 .....	(251)

# 第一章 常用材料及钢的热处理

## 内容提要

本章主要介绍机械工程中常用金属材料的牌号、机械性能、特点和应用以及钢的热处理方法。在满足工作性能要求前提下,作好选材、用材、节材工作,从而获得最优的经济效益。

## § 1—1 金属材料的机械性能

在机械制造和维修中,不同用途的零件或工具,往往需要不同的金属材料。选用材料时,要考虑零件的性能要求、金属材料的成份和材料的价格等方面的因素。金属材料的品种繁多,其性能各不相同。金属材料的性能包括机械性能,物理性能(如导电性、导热性、热膨胀性等)、化学性能(如抗腐蚀性、抗氧化性等)和加工工艺性能(如铸造性,焊接性,切削加工性等)。一般机械零件常以机械性能(也称力学性能)作为设计和选用的依据。

机械零件在使用过程中,常受到各种不同形式的外力(即载荷)的作用。金属材料的机械性能,是指在外力作用下,材料本身表现出来的抵抗变形或破坏的能力。机械性能主要包括强度、硬度、塑性、韧性和抗疲劳性等。

### 一、强度

金属材料在外力作用下,抵抗过量塑性变形或断裂的能力,称为强度。抵抗能力愈大,强度则愈高。为了便于比较各种材料的强度,常用材料单位面积上的抗力来表示,即所谓应力。应力的符号用 $\sigma$ 表示,其计算公式为:

$$\sigma = \frac{P}{A}, (\text{MPa}) \quad (1-1)$$

式中: $P$ ——外力(MN);

$A$ ——横截面积( $\text{m}^2$ )。

由上式可见,对于同一横截面面积的材料来说,所受外力愈大,其应力也愈大。根据材料所受外力形式的不同,强度可分为抗拉,抗压,抗剪,抗扭和抗弯强度等。测量金属材料的抗拉强度,最简单的方法是拉伸试验。拉伸试验是在拉力试验机上进行的,最常用的试样如图 1—1 所示。图中 $d_0$ 为原始直径, $L_0$ 为计算长度。试样的形状和尺寸已列入国家标准(GB228—76),长试样 $L_0=10d_0$ ,短试样 $L_0=5d_0$ 。

拉伸试验是在对试样缓慢地逐渐施加拉力过程中,观察并测定所加外力所引起的长度变化,直至试样拉断为止。

若以纵坐标 $P$ 表示外力的大小,以横坐标 $\Delta l$ 表示试样的伸长量,绘成的图称为拉伸图。如图 1—2 所示。由图可见,拉伸试验过程中,随着载荷 $P$ 的增加,试样尺寸经过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。

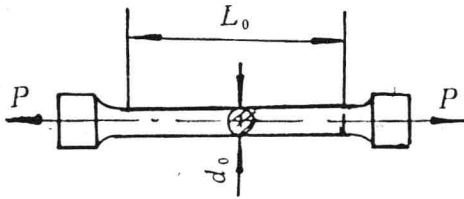


图1 拉伸试样

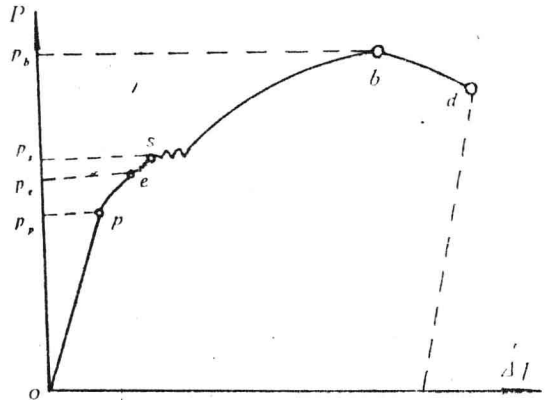


图2 低碳钢的拉伸图

### 1. 比例极限 $\sigma_p$

在开始的  $op$  阶段, 试样在外力作用下均匀伸长, 伸长量与所加载荷成正比例关系, 这时的外力  $P$ , 称为比例极限载荷。在  $P_e$  的作用下, 试样横截面上单位面积上所承受的载荷—应力, 就是金属材料的比例极限  $\sigma_p$ , 计算公式为:

$$\sigma_p = \frac{P_p}{A_0}, (\text{MPa}) \quad (1-2)$$

式中:  $P_p$ ——比例极限载荷(MN);

$A_0$ ——试样原横截面面积( $\text{m}^2$ )。

当外力  $P$  超过  $P_p$  到  $P_e$ , 从  $P$  点到  $e$  点的伸长量不再成正比例关系, 但是解除拉力后, 变形随之消失。这个阶段称为弹性变形阶段。  $P_e$  称为弹性极限载荷, 应力  $\sigma_e$  称为弹性极限, 金属材料的比例极限与弹性极限接近, 即  $\sigma_p \approx \sigma_e$ 。

### 2. 屈服极限 $\sigma_s$

当外力超过  $P_e$  时, 变形与外力就失去比例, 若去掉外力, 试样不能恢复原状。当外力继续增加到  $P_s$ , 此时虽然外力没有增加, 而变形仍在继续, 这种现象叫做屈服。外力  $P_s$  称为屈服载荷,  $S$  点的应力称为屈服极限  $\sigma_s$ , 其计算公式为

$$\sigma_s = \frac{P_s}{A_0}, (\text{MPa}) \quad (1-3)$$

屈服极限是指材料产生明显塑性变形时的最低应力值, 工程上规定, 对于没有明显屈服现象的材料, 以产生 0.2% 的塑性应变时所对应的应力作为屈服极限, 并用符号  $\sigma_{0.2}$  来表示。

### 3. 强度极限 $\sigma_b$

过了屈服阶段, 欲使试样再进一步变形, 必须继续增加外力, 当外力增至  $P_b$  时, 变形显著地集中在材料最弱的部分, 局部形成“缩颈”, 使截面变小, 当外力下降至  $d$  点处时, 试样断裂, 最大外力  $P_b$  称为强度极限载荷,  $b$  点的应力称为强度极限  $\sigma_b$ , 工程上又称为抗拉强度, 其计算公式为:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{A_0}, (\text{MPa}) \quad (1-4)$$

式中： $P_b$ ——强度极限载荷(MN)；  
 $A_0$ ——试样原横截面面积(m<sup>2</sup>)；  
 $\sigma_b$ ——强度极限(MPa)。

在试样开始断裂之前，弹性变形阶段结束之后的一段时间，是材料的塑性变形阶段。作为机械零件，要求不产生过量的塑性变形或断裂，这就要求作用在零件上的外力，不能大于屈服载荷。

## 二、塑性

塑性是指金属材料在载荷作用下产生塑性变形而不破坏的能力。金属材料受力时，产生的塑性变形愈大，则塑性就愈好。对于需要经过压力加工而改变形状的金属零件，就要求它具有良好的塑性。

金属材料常用的塑性指标有延伸率  $\delta$  和断面收缩率  $\psi$ 。

延伸率是指试样断裂时的伸长量同原来长度之比值的百分率，即

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% ; \quad (1-5)$$

式中： $L_1$ ——试样断裂时的长度(mm)；  
 $L_0$ ——试样原来的长度(mm)。

断面收缩率是指试样在断口处截面积的缩减量同原横截面面积之比值的百分率，即

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中： $A_1$ ——试样断裂后的横截面面积(mm<sup>2</sup>)；  
 $A_0$ ——试样原来的横截面面积(mm<sup>2</sup>)。

可见， $\delta$  与  $\psi$  的数值愈大，材料塑性就愈好。通常规定  $\delta > 5\%$  为塑性材料， $\delta \leq 5\%$  为脆性材料。

## 三、硬度

材料表面抵抗硬物压入的能力称为硬度。硬度反映了材料对局部塑性变形的抗力。压痕愈浅，则硬度愈高。

硬度试验是金属材料机械性能试验中比较简单的一种试验，它无需专门试样，试验过程简单、迅速。根据测量硬度方法的不同，常用的试验方法有布氏硬度试验和洛氏硬度试验两种。

### 1. 布氏硬度试验

图 1—3 是用规定的直径(一般有  $\varnothing 10$ 、 $\varnothing 5$ 、 $\varnothing 2.5$  等)的淬硬小钢球或硬质合金球，在规定的载荷  $P$  作用下，压入被测表面，并保持一定的时间(10—60s)，然后卸除载荷，用专门的刻度放大镜，测出压痕直径  $d$ ，再查对照表，即可得布氏硬度值。

用单位压痕球面积上所承受的载荷大小作为被测金属材料的硬度值，称为布氏硬度，用符号 HB 表示，即

$$HB = \frac{P}{S} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1-7)$$

式中： $P$ —钢球上所加的载荷(kgf)①

$S$ ——被测金属表面压痕球面积( $\text{mm}^2$ )；

$D$ ——钢球直径(mm)，

$d$ ——压痕直径(mm)。

显然，金属材料愈软，压痕直径愈大，布氏硬度值愈低；反之布氏硬度愈高。布氏硬度的单位是  $\text{kgf}/\text{mm}^2$ ，习惯上一般不予标注。

布氏硬度试验的优点是测量结果较准确，缺点是试验过程费时，且压痕较大，不适用于成品检验。

由实验得知，布氏硬度 HB 与强度极限  $\sigma_b$  之间有一定的换算关系，下列数据可供参考。

低碳钢  $\sigma_b \approx 0.36\text{HB}$ ，灰铸铁  $\sigma_b \approx 0.1\text{HB}$

高碳钢  $\sigma_b \approx 0.34\text{HB}$ ，调质合金钢  $\sigma_b \approx 0.325\text{HB}$

退火青铜  $\sigma_b \approx 0.55\text{HB}$  铝铁件  $\sigma_b \approx 0.25\text{HB}$

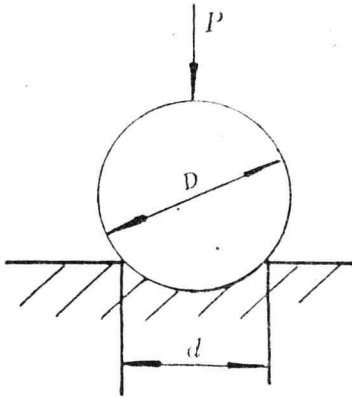


图 1—3 布氏硬度试验示意图

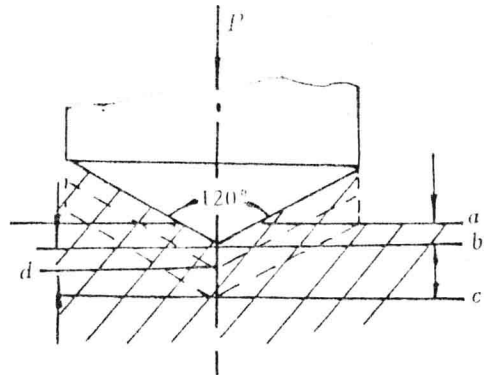


图 1—4 洛氏硬度试验示意图

GB231—84《金属布氏硬度试验方法》中规定用钢球为压头所测定的硬度值，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、调质钢以及铸铁、有色金属合金等硬度小于 450 的金属，HBW 适用于测量硬度在 450—650L 淬火钢材料。

## 2. 洛氏硬度

如图 1—4 所示，用顶角为  $120^\circ$  的圆锥形金钢石或直径为  $1.59\text{mm}$ （即  $1\frac{1}{16}$  英寸）的淬硬的钢球为压头，在一定载荷下压入被测材料表面，去除载荷后，根据材料表面压痕深度来确定洛氏硬度的数值。

为了避免材料表面不平，影响测量的准确性，开始时，先加初载荷 100N，使压头紧密接触试件表面  $a$ ，并压入到  $b$  处，以  $b$  处作为衡量压入深度的起点，再加上主载荷，使压头压入到  $c$  处，然后去掉主载荷。由于被测金属弹性变形的恢复，压头向上回升到  $d$  处。于是，深度从  $b$  到  $d$  就是压头在主载荷作用下，压入金属表面的塑性变形深度。此深度愈大，金属硬度愈低。被测金属的洛氏硬度值，在去掉主载荷以后，直接由硬度表盘上的指针读出。

测定洛氏硬度时，根据压头和加载的不同，可将洛氏硬度分为三种标记：中等硬度材料可

① 注：kgf 为工程单位制，现已废除。  $1\text{kg} \cdot \text{f} \approx 10\text{N}$ 。

用 HRC 表示。软材料用 HRB 表示；最硬的材料用 HRA 表示。见表 1—1。其中以 HRC 应用较多，一般经淬火处理的钢制零件或工具都用 HRC。

表 1—1 洛氏硬度试验规范

洛氏 硬 度	所 用 压 头		总 载 荷	适 用 范 围
	形 状	大 小		
HRC	金钢石圆锥	圆锥顶角 120°	1500N	HRC20~67 的硬金属, 如淬火钢
HRB	钢球	$D=1.59\text{mm}$	1000N	HRB25~100 的软金属, 如中低碳钢
HRA	金钢石圆锥	圆锥顶角 120°	600N	HRA70 以上很硬很薄的材料, 如碳化物、硬质合金等

洛氏硬度没有单位, 它和布氏硬度在数值上的关系大致如下。

$$\text{HRC} \approx \frac{1}{10}\text{HB}$$

#### 四、冲击韧性

有些机械零件和工具, 在工作时往往要受到冲击载荷的作用, 如冲头, 锻模等。零件瞬时受冲击载荷作用所引起的变形和应力, 比静载荷所引起的变形破坏的和应力要大得多。例如用铸铁制成的零件和高碳钢工具, 虽然在静载荷作用下具有一定的抵抗能力, 但受冲击作用时, 却异常脆弱, 很容易断裂; 但有不少金属材料例如软钢或纯铜等, 它们的强度并不高, 但在冲击载荷作用下, 反而表现出很高的坚韧性。可见, 金属在冲击载荷作用下所表现出来的坚韧性, 是金属机械性能的又一重要特性。

金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力, 称为冲击韧性, 简称韧性。冲击韧性通常用摆锤式冲击试验机来测定。

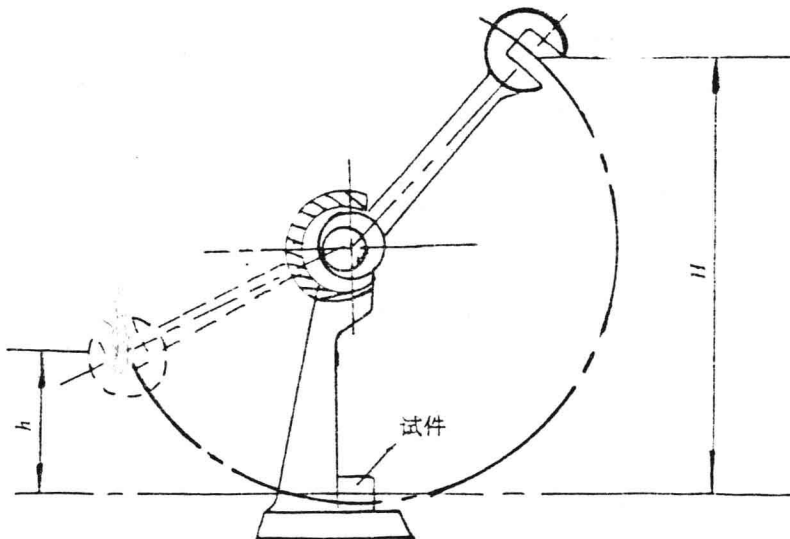


图 1—5 摆锤式冲击试验示意图

如图 1—5 所示, 试验时把摆锤升高  $H$ , 把试样放在机架上, 摆锤下落时, 打断试样, 并又升高了  $h$ , 与摆锤连在一起的指针就在刻度盘上记录了摆锤所转过的角度。欲测量单位面积上的

冲击力是困难的,但测量单位面积上所消耗的功(冲击值)则比较方便。韧性的·大小,可用冲击值  $a_k$  来表示,其计算公式为:

$$a_k = \frac{A_k}{A_0} = \frac{P(H-h)}{A_0}, \quad (\text{J}/\text{cm}^2) \quad (1-8)$$

式中:  $P$ ——摆锤的重量(N);

$H$ ——冲击前摆锤的高度(m);

$h$ ——冲击后摆锤上升的高度(m);

$A_0$ ——试样断口处的截面面积( $\text{cm}^2$ );

$A_k$ ——摆冲断试样所消耗的功(J)。

冲击值  $a_k$  愈大,则材料的韧性愈好。

## 五、疲劳强度

许多机械零件如轴、齿轮、弹簧等,常受到大小及方向周期性变化的交变载荷。金属材料在周期性交变载荷作用下,经过一段时间,产生破坏的现象,称为疲劳。

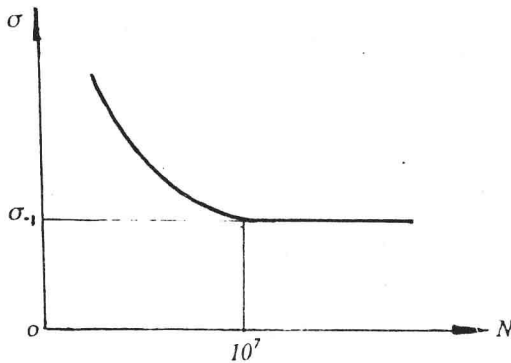


图 1-6 钢的  $\sigma-N$  曲线

金属材料在无数次重复的交变载荷作用下抵抗疲劳破坏而不致断裂的最大应力,称为疲劳强度,或称为疲劳极限。实验证明,钢材所受交变应力的最大值与其断裂前的应力循环次数有如图 1-6 所示的曲线关系。应力最大值愈低,则断裂前循环的次数越多。当应力下降到某一定值时,疲劳曲线与横坐标轴平行。实际上,不可能作无数次交变载荷试验。一般规定,钢材采用  $10^7$  次,有色金属采用  $10^8$  次交变载荷作用时不断裂的最大应

力,称为疲劳强度,其符号为  $\sigma_{-1}$ 。

金属疲劳强度与其抗拉强度之间也有一定的近似关系:

碳素钢  $\sigma_{-1} \approx (0.4 \sim 0.5)\sigma_s$ ;

灰口铸铁  $\sigma_{-1} \approx 0.4\sigma_s$ ;

有色金属  $\sigma_{-1} \approx (0.3 \sim 0.4)\sigma_s$ 。

## § 1-2 常用材料

机械零件的常用材料可分为金属材料和非金属材料两大类。其中金属材料应用最广,随着生产科学技术的发展,机械产品的不断更新,非金属材料以其独特的性能也日益显示出广阔的应用前景。

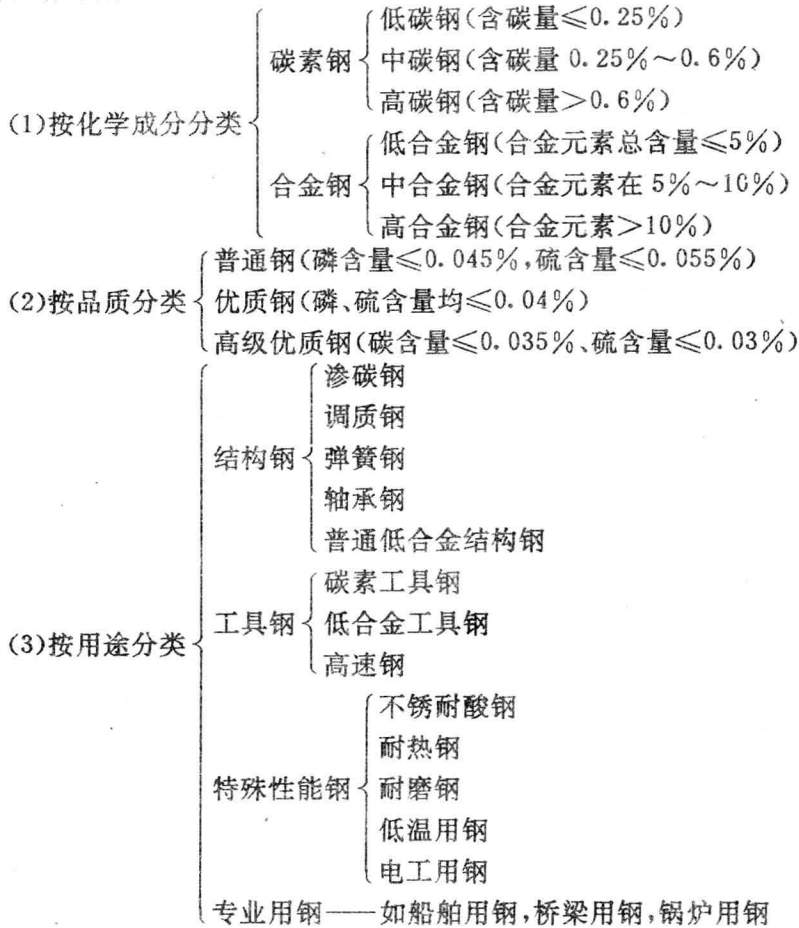
金属材料包括黑色金属材料和有色金属材料,尤以前者应用较广。

黑色金属材料包括碳钢和铸铁两大类。它们都是铁碳合金,二者的主要区别在于含碳量不同。含碳量小于 2% 的铁碳合金称为碳钢,含碳量大于 2% 的称为铸铁:

## 一、钢

与铸铁相比,碳钢具有高的强度、塑性和韧性,并可用热处理方法改善机械性能和加工性能。钢制零件的毛坯可用锻造、冲压、焊接或铸造等方法获得,因此其应用极为广泛。

当钢在冶炼时有目的地加入一定量的合金元素后,就会改善钢的某些性能,这类钢称为合金钢。钢的种类很多,其分类情况如下:



### 1. 碳素钢

1)普通碳素结构钢(普通碳钢) 这类钢主要能保证机械性能,故其牌号体现其机械性能,用Q加上数字表示,其中Q为“屈”字的汉语拼音的字首,数字表示屈服极限数值。例如Q275,表示屈服极限为275MPa。若牌号后面标注字母A、B、C、D,则表示钢材质量等级不同,即S、P含量不同。S、P含量以A级钢为最多,D级钢最低。若在牌号后面标注字母F,则为沸腾钢,标注“b”者为半镇静钢,不标F、b者为镇静钢。例如Q235A·F,表示屈服极限为235MPa的A级沸腾钢,Q235C表示屈服极限为235MPa的C级镇静钢。

国家标准GB700—88共列出五个牌号的普通碳素结构钢:Q195、Q215、Q235、Q255、Q275。其中Q195不分级,Q215分Q215A和Q215B两级;Q235分为Q235A、Q235B、Q235C、Q235D四级;Q255分为Q255A、Q255B两级;Q275也不分级。普通碳素结构钢一般不经热处理,以供应状态直接使用。Q195、Q215、Q235的含碳量低,焊接性能好,有一定强度,常轧制成薄板、钢筋、



焊接钢管等,用于桥梁、建筑等钢结构,也可制造普通的铆钉、螺钉、螺母、垫圈、地脚螺栓、轴套等。

Q255 和 Q275 强度较高,塑性韧性较好,可进行焊接。通常轧制成型钢、条钢和钢板作结构件,以及制造连杆、键、销及简单机械上的齿轮、联轴等等。

普通碳素结构钢的含碳量以 Q195 为最低(0.01%~0.12%),Q275 为最多(0.28%~0.38%)。

2) 优质碳素结构钢 这类钢含 S、P 等杂质较少,其性能优于普通碳素结构钢,而且能同时保证钢的机械性能和化学成份,一般要进行热处理。因此,优质碳素结构钢一般用于受力较大,且受变载荷或冲击载荷作用的零件。

优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示,这两位数字是代表钢中平均含碳量的万分之几。如 45 号钢,其平均含碳量为 0.45%。如果牌号后面有“A”字的,则表示高级优质钢(含有害杂质较少)。对于含锰量高(含锰量在 0.7%~1.2%)的优质碳素结构钢,其牌号还要在含碳量的数字之后加注符号“Mn”如 20Mn、40Mn、60Mn 等,它们的强度和硬度较高,韧性较好,并且容易热处理,常用作受冲击的零件。

优质碳素结构钢根据含碳量不同,用于制造各种不同的零件。08、08F、10、15、20、25 等低碳钢,强度低而塑性好,可焊性好。常用来制造容器、冲压件、螺钉、螺母、垫圈等。

30、35、40、45、50 等中碳钢,强度较高,韧性和加工性也较好。通常要经过正火、调质、淬火及回火等热处理,常用来制造齿轮、轴、连杆、丝杆等。其中 40、45 号钢应用甚广。

60、65、65Mn、70 等高碳钢,经淬火和回火后具有较高的强度、硬度及弹性。常用来制造弹簧、钢丝绳等。

3) 碳素工具钢 这属于高碳钢,含碳量在 0.7%以上,经淬火、低温回火后,可获得较高的硬度和耐磨性,它常用作制造工具、刀具、量具和模具。碳素工具钢的牌号冠以 T 表示,后面数字表示含碳量的千分之几,如 T8 表示平均含碳量 0.8%的优质碳素工具钢。如果是高级优质钢,则在数字后面加“A”,如 T12A 表示含碳量为 1.2%的高级优质碳素工具钢。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。

## 2. 合金钢

随着现代工业和科学技术的不断发展,对钢材的性能要求也越来越高,碳素钢已不能满足要求。在钢中加入一种或多种合金元素,从而提高钢的机械性能,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)等。

不同的合金元素,使钢获得不同的性能。如铬(Cr)能提高硬度、高温强度和耐腐蚀性;镍(Ni)能提高强度而不降低韧性;锰(Mn)能提高强度、韧性和耐磨性;钼(Mo)的作用类似于锰,其影响更大些;钒(V)能提高韧性及强度;硅(Si)可提高弹性极限和耐磨性,而降低韧性。合金元素对钢的影响是很复杂的,特别是为了改善钢的性能需要同时加入几种合金元素时。应当注意,合金钢的性能不仅取决于化学成分,而是在很大程度上取决于适当的热处理。由于合金钢价格较贵,通常只用于制造重要的和具有特殊性能要求的机械零件。

合金钢的种类很多,通常按用途分为合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢三大类。

合金结构钢编号采用“数字+化学元素符号+数字”的方法。前面的数字表示含碳量的万分之几,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,其含量小于 1.5%