



国家开放大学
THE OPEN UNIVERSITY OF CHINA



国家开放大学新型产业
工人培养和发展助力计划

机械制造基础(第2版)

崔虹雯 主编



中央广播电视大学出版社



国家开放大学
THE OPEN UNIVERSITY OF CHINA



国家开放大学新型产业工人
培养和发展助力计划

机械制造基础

(第2版)

崔虹雯 主编

中央广播电视大学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造基础 / 崔虹雯主编. — 2 版. — 北京 :

中央广播电视大学出版社, 2016. 1 (2017. 11 重印)

ISBN 978 - 7 - 304 - 07680 - 1

I. ①机… II. ①崔… III. ①机械制造—开放大学—
教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 314933 号

版权所有, 翻印必究。

机械制造基础 (第 2 版)

JIXIE ZHIZAO JICHU

崔虹雯 主编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 营销中心 010 - 66490011

总编室 010 - 68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 闫海新

版式设计: 赵 洋

责任编辑: 闫海新

责任校对: 张 娜

责任印制: 赵连生

印刷: 北京云浩印刷有限责任公司

印数: 26001 ~ 32000

版本: 2016 年 1 月第 2 版

2017 年 11 月第 5 次印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 17.5 字数: 378 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 304 - 07680 - 1

定价: 37.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

编写目的

《机械制造基础》教材是2006年根据教育部《两年制高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养指导方案》中“机械制造基础”课程教学的基本要求编写的,并考虑远程开放教育的特点,配合文字教材制作了录像课程和网络课程。在编写过程中,吸取了许多兄弟院校的经验 and 成果,力求内容简练、重点突出,以达到“理论教学以必须、够用为度,重在应用”的要求。

本教材第1版从2006年秋季连续使用至今已有9年,历经了18个学期,为了保证教学质量,课程的一些内容有待更新,为此对第1版的相关内容进行了修订。

本次修订的主要内容包括:

1. 为了增加知识的连贯性,便于学生更系统地学习,将第1版中第1章“工程材料的基本知识”和第3章“常用材料及选用”合并为第2版的第1章“常用工程材料的基本知识”,第2版教材从第1版的12章缩减为11章。
2. 对第1版教材中已经废除的国家标准进行了更新。
3. 在第1版教材第9章“机械加工”的基础上增加了钳工加工部分,改为第2版的第8章“机械加工装备与工艺方法”。
4. 增加了一些近年来的新知识,如一些新型材料。
5. 对第1版教材中的一些错误进行了修改。

修订后的教材更加注重教学内容的完整性和实践性,并结合各种多媒体教学手段,使学习者能够更全面、深入地掌握所学习的内容。

教材特点

本课程是一门实践性较强的技术基础课,其包含两部分:一是以实践教学为主,在学生进行独立操作的同时讲授相关的机械制造

实践基础知识；二是在实践基础上辅以专题讲授的机械制造理论基础知识。通过本课程的学习，学生可以获得机械制造工艺的基本知识，建立机械制造生产过程的概念，对机械制造系统有一个初步而又完整的，且比较清晰、系统的认识。

为了达到这些要求，在教材的编写过程中特别强调了实践性环节，充分运用了依据本课程的教学内容特点而设计的与主教材相配合的录像教材、流媒体课件、网络课程、微课等教学资源，使之更直观地反映教学内容。

本教材不仅从工程材料的性能控制和材料成型两方面分别叙述传统的机械制造过程及方法，还尽可能全面地介绍机械制造中的一些新工艺、新技术、新方法及其发展趋势，以扩大学习者的视野，满足其在实际工作中的需要。

教材力争做到结构清晰、重点突出。每章都配有本章导读（包括学习内容、重点与难点）及思考练习题，以加强对知识点的理解和掌握，便于“自主学习”。

编者者

本书由沈阳广播电视大学崔虹雯主编并统稿，参加编写的有沈阳广播电视大学谭桢（第1章、第2章）、沈阳广播电视大学关学锋（第3章、第10章）、沈阳广播电视大学崔虹雯（第4章、第5章、第6章）、沈阳大学周兆元（第7章、第8章）和国家开放大学李志香（第9章、第11章）。本书由东北大学谢里阳教授主审，他对本书提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有缺点和错误，敬请广大读者批评指正。

编者

2015年10月

第1章 常用工程材料的基本知识 1

1.1 金属材料的力学性能 2

1.2 铁碳合金相图 8

1.3 常用材料及选用 11

思考练习题 28

第2章 钢的热处理 31

2.1 钢的普通热处理工艺 31

2.2 钢的表面热处理工艺 37

2.3 热处理零件的结构工艺性 40

思考练习题 42

第3章 金属毛坯的热成型 45

3.1 铸造 45

3.2 锻压 53

3.3 焊接 58

3.4 材料和毛坯的选择 64

思考练习题 68

第4章 尺寸的极限与配合及检测 69

4.1 基本术语和定义 69

4.2 极限与配合的国家标准 75

4.3 极限与配合的选用 86

4.4 测量技术基础 91

思考练习题 93

第5章 几何公差及检测 95

5.1 几何公差的术语、定义及标注 95

5.2 几何公差的应用及选择 99

5.3 几何误差的检测原则 118

思考练习题 119

第6章 表面粗糙度及检测	121
6.1 表面粗糙度的主要术语及评定参数	121
6.2 表面粗糙度的选择与标注	125
6.3 表面粗糙度的检测	130
思考练习题	131
第7章 金属切削加工概论	133
7.1 切削加工的基本概念	133
7.2 切削刀具	136
7.3 金属的切削过程	144
7.4 工件材料的切削加工性	158
思考练习题	160
第8章 机械加工装备与工艺方法	163
8.1 金属切削机床	163
8.2 机械加工工艺方法	166
8.3 先进制造技术	189
思考练习题	193
第9章 机床夹具设计原理	195
9.1 机床夹具概述	195
9.2 工件在夹具中的定位	197
9.3 工件的夹紧	207
9.4 夹具的设计步骤	213
思考练习题	215
第10章 机械加工质量	217
10.1 机械加工精度概述	217
10.2 影响加工精度的原因	219
10.3 机械加工表面质量	228
思考练习题	230

第 11 章 工艺规程的基本知识 233

11.1 机械加工工艺过程的基本概念 233

11.2 机械加工工艺流程 238

11.3 机械加工工艺流程制定中的几个主要问题 242

11.4 箱体零件加工 255

11.5 装配工艺 258

思考练习题 259

实验指导 261

实验一 铁碳合金平衡组织分析 261

实验二 钢的热处理 264

参考文献 269

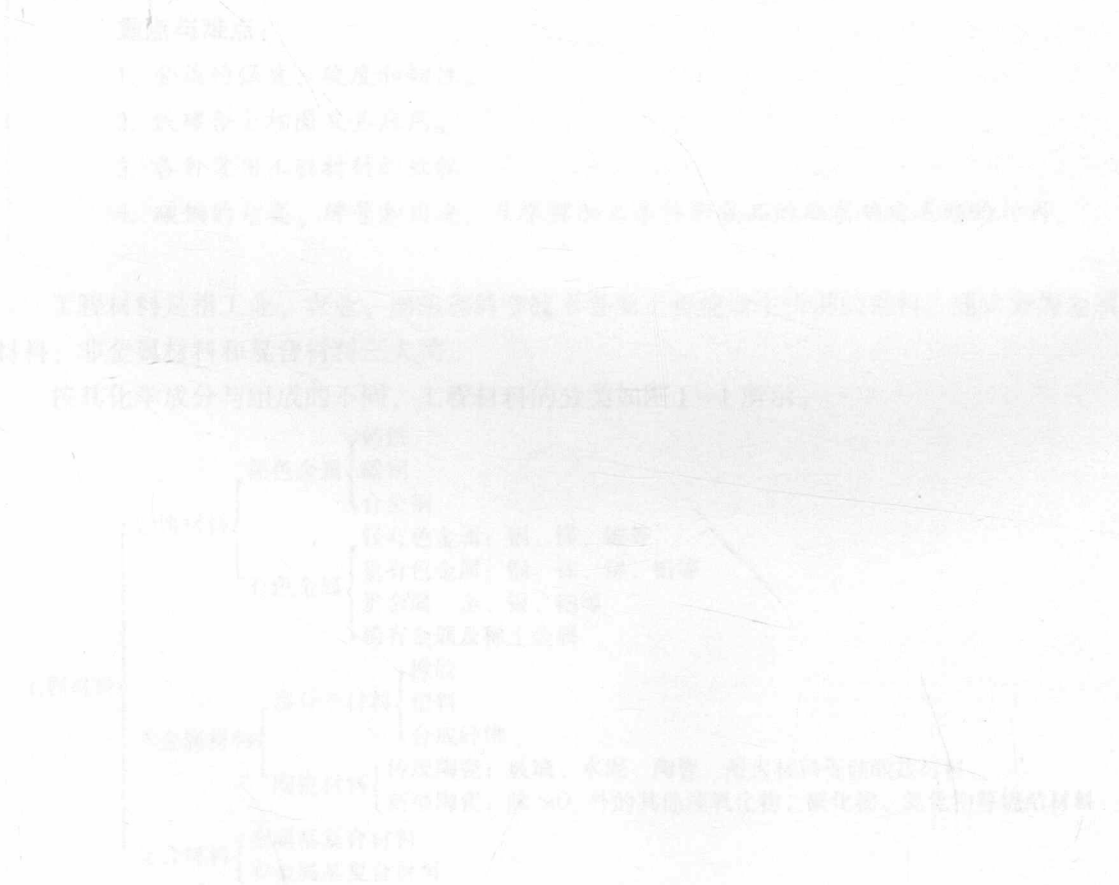


图 1-1 工程材料的分类

第 1 章

常用工程材料的基本知识

本章导读

学习内容:

本章将介绍一些常用的工程材料及其性能;铁碳合金相图及应用;碳钢的分类、牌号、性能和用途;合金元素在钢中的作用;低合金高强度结构钢和合金结构钢,以及合金弹簧钢、滚动轴承钢、合金工具钢的性能和用途。本章还将简要介绍常用铸铁、有色金属及合金、非金属材料的性能和用途。

重点与难点:

1. 金属的强度、硬度和韧性。
2. 铁碳合金相图及其应用。
3. 各种常用工程材料的性能。
4. 碳钢的分类、牌号和用途,及根据加工条件和成品的要求确定毛坯的材料。

工程材料是指工业、农业、国防和科学技术各类工程建设中所需的材料,通常分为金属材料、非金属材料和复合材料三大类。

按其化学成分与组成的不同,工程材料的分类如图 1-1 所示。

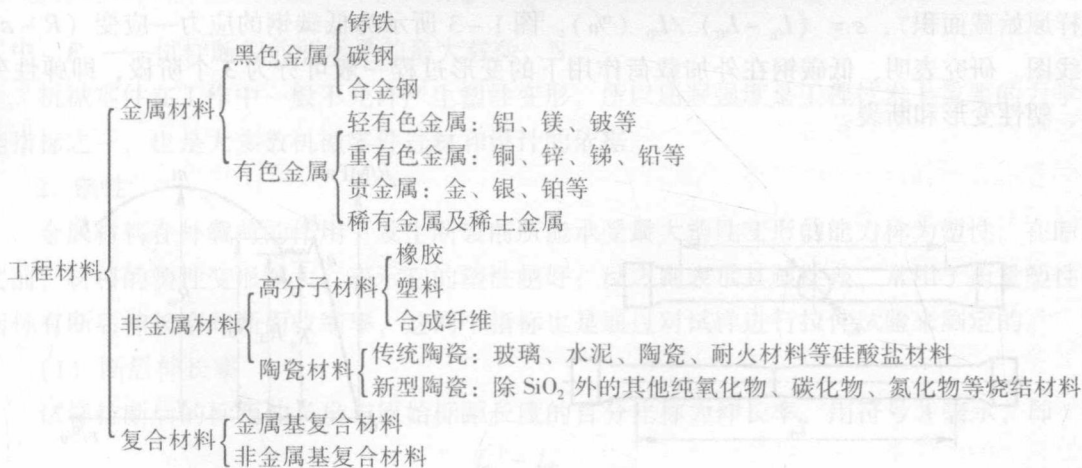


图 1-1 工程材料的分类

工程材料的主要性能包括使用性能和工艺性能两类。使用性能包括力学性能、物理性能和化学性能;工艺性能包括铸造性、锻造性、焊接性、切削加工性和热处理性等。工程材料的主要性能是进行结构设计、选材和制定工艺的重要依据。

1.1 金属材料的力学性能

力学性能是选用金属材料的主要依据。机械零件或构件在使用时都要受到载荷的作用,而金属材料的机械性能(力学性能)是指在外载荷作用下其抵抗变形或破坏的能力。材料在不同的载荷状态下会呈现不同的特性。常用的机械性能有强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳极限等。

1.1.1 强度和塑性

1. 强度

金属材料在外载荷的作用下抵抗塑性变形和断裂的能力称为强度,强度可分为屈服强度、抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪强度等。各种强度之间有一定的关系,工程上应用最普遍的是屈服强度和抗拉强度。材料的强度是依据国家标准《金属材料室温拉伸试验方法》(GB/T 228.1—2010)通过静拉伸试验测定的。它是把一定尺寸和形状的试样装夹在拉力试验机上,然后对试样逐渐施加拉伸载荷,直至把试样拉断为止。图1-2所示为拉伸前后的标准拉伸试样。标准试样的截面有圆形的和矩形的,圆形试样用的较多,其中 d_0 为试样的原始直径(mm), l_0 为试样的原始标距长度(mm)。圆形拉伸试样分为长试样($l=10d_0$)和短试样($l=5d_0$)两种。

拉伸试验时,将标准试样装夹在拉伸试验机上,缓缓加载(静载荷)。随着载荷的不断增加,试样的伸长量也逐渐增加,直至试样被拉断为止。根据拉伸试验过程中载荷的大小(F)和对应的伸长量(ΔL)的关系,可绘出金属材料的应力—应变关系图: $R=F/S$ (S 为试样原始截面积)、 $\varepsilon=(L_u-L_0)/L_0$ (%)。图1-3所示为低碳钢的应力—应变($R-\varepsilon$)曲线图。研究表明,低碳钢在外加载荷作用下的变形过程一般可分为3个阶段,即弹性变形、塑性变形和断裂。

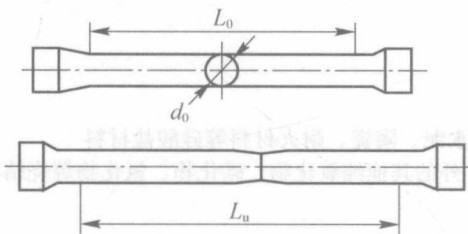


图1-2 拉伸前后的标准拉伸试样

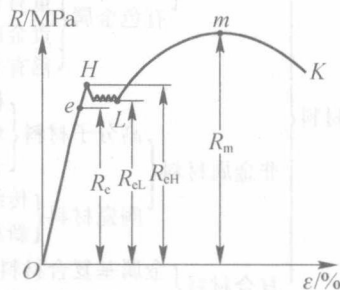


图1-3 低碳钢的应力—应变($R-\varepsilon$)曲线图

(1) 弹性极限

在图 1-3 中, Oe 段为弹性阶段, 此阶段去掉外力后变形立即恢复。这种变形称为弹性变形, 其应变值很小, e 点的应力 R_e 称为弹性极限。

在弹性变形范围内, 应力和应变的比值称为材料的弹性模量 E (MPa)。弹性模量 E 是衡量材料产生弹性变形难易程度的指标, 工程上常把它叫作材料的刚度。 E 值越大, 使其产生一定量弹性变形的应力也越大, 即材料的刚度越大, 说明材料抵抗产生弹性变形的能力强, 越不容易产生弹性变形。

(2) 上屈服强度 R_{eH}

试样发生屈服, 并且力首次下降前的最高应力, 称为上屈服强度, 其计算公式为

$$R_{eH} = \frac{F_{eH}}{S_0} \text{ (MPa)} \quad (1-1)$$

式中: F_{eH} ——试样发生屈服而力首次下降前的最高应力, N;

S_0 ——试样的原始横断面积, mm^2 。

(3) 下屈服强度 R_{eL}

在屈服期间, 不计初始瞬时效应时的最低应力, 称为下屈服强度, 其计算公式为

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0} \text{ (MPa)} \quad (1-2)$$

式中: F_{eL} ——在屈服期间, 不计初始瞬时效应时的最低应力, N。

上屈服强度对微小应力集中、试样偏心和其他因素很敏感, 试验结果相当分散, 因此, 常取下屈服强度作为设计计算的依据。对于大多数零件而言, 塑性变形就意味着零件丧失了对其尺寸和公差的控制。工程中常根据屈服强度确定材料的许用应力。

(4) 抗拉强度 R_m

材料在拉断前所能承受的最大拉应力值, 称为抗拉强度, 用符号 R_m 表示:

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} \text{ (MPa)} \quad (1-3)$$

式中: F_m ——试样断裂前所承受的最大载荷, N。

机械零件在工作中一般不允许产生塑性变形, 所以屈服强度是工程技术上重要的力学性能指标之一, 也是大多数机械零件选材和设计的依据。

2. 塑性

金属材料在外载荷的作用下发生断裂前所能承受最大塑性变形的能力称为塑性。在断裂之前, 材料的塑性变形越大, 表示它的塑性越好; 反之则表示其塑性差。常用于衡量塑性的指标有断后伸长率和断面收缩率, 这两个指标也是通过对试样进行拉伸试验来测定的。

(1) 断后伸长率

试样拉断后的标距伸长量与原始标距长度的百分比称为伸长率, 用符号 A 表示, 即

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中: L_u ——试样被拉断时的标距长度, mm;

L_0 ——试样原始的标距长度, mm。

必须指出, 伸长率的大小与试样的尺寸有关。使用长拉伸试样测定的延伸率用符号 $A_{11.3}$ 表示; 使用短拉伸试样测定的延伸率采用 A_5 表示, 通常写成 A 。对于比例试样, 若原始标距 $L_0 \neq 5.65\sqrt{S_0}$ (S_0 试样的原始横截面积, 单位 mm^2), 符号 A 应附下标说明比例系数, 如 $L_0 \neq 11.3\sqrt{S_0}$ 时, 延伸率为 $A_{11.3}$ 。同一种材料的延伸率 $A_{11.3}$ 和 A 在数值上是不相等的, 因而不能直接将 $A_{11.3}$ 和 A 进行比较。一般短拉伸试样的 A 值大于长拉伸试样的 $A_{11.3}$ 值。

(2) 断面收缩率

试样拉断后, 其横截面面积的缩减量与原始横截面面积的百分比称为断面收缩率, 用符号 Z 表示, 即

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中: S_u ——试样断口处的横截面面积, mm^2 ;

S_0 ——试样的原始横截面面积, mm^2 。

断面收缩率不受试样尺寸的影响, 因此能更可靠、更灵敏地反映材料塑性的变化。

伸长率与断面收缩率都是材料的重要性能指标。它们的数值越大, 材料的塑性越好。金属材料塑性的好坏, 对零件的加工和使用都具有十分重要的意义。塑性好的材料可以进行各种压力加工, 如锻压、挤压、冷拔等。因此, 机械零件除满足强度要求外, 一般还要求具有一定的塑性。

1.1.2 硬度

硬度是指金属材料抵抗比它更硬的物体压入其表面的能力, 即抵抗局部塑性变形的能力。一般来说, 硬度越高, 耐磨性越好, 强度也比较高。

目前, 在生产中最常用的测定硬度的方法是压入硬度法。它是用一定几何形状的压头, 在一定载荷下压入被测试的金属表面, 根据被压入后的变形程度来测定其硬度值。用同样的压头, 在相同载荷的作用下, 压入金属材料表面时, 压入后变形程度越大, 材料的硬度值越低; 反之, 硬度值越高。这种试验方法是金属力学性能试验中最简单、最迅速的一种方法。它不需要做成专门的试样, 可以在工件上直接测定硬度值, 且又不损坏工件, 因此在生产中得到了广泛应用。

测定硬度的方法很多, 生产中应用广泛的有布氏硬度测试法和洛氏硬度测试法。

1. 布氏硬度测试法

布氏硬度的测定原理是用一定直径 D 的硬质合金球, 在规定载荷 F 的作用下, 压入被测金属表面, 如图 1-4 (a) 所示, 经规定的保持时间后, 卸除载荷, 测量被测试金属表面上所形成的压痕直径 d , 如图 1-4 (b) 所示, 用载荷与压痕球形表面积的比值作为布氏硬度值, 用符号 HBW 表示。

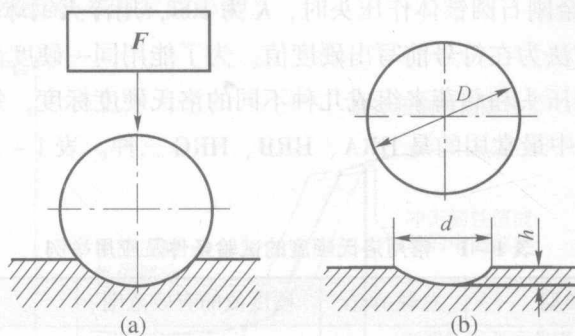


图 1-4 布氏硬度试验原理示意图

(a) 压入时; (b) 卸除载荷后

试验时用刻度放大镜测出压痕平均直径 d 后, 就可以通过计算或查布氏硬度表得出相应的硬度值。在实际应用中, 布氏硬度值不需要标注单位, 也不需要经过计算, 而直接采用查表法。

布氏硬度的完整表示方法为: 硬度数值 + HBW + 硬质合金球直径 (mm) + 试验力 + 试验力保持时间。

2. 洛氏硬度测试法

洛氏硬度试验是目前应用最广的试验方法, 和布氏硬度一样, 也是一种压入硬度试验, 但它不是测量压痕面积, 而是测量压痕的深度, 以深度大小表示材料的硬度值。

洛氏硬度的测定原理是用顶角为 120° 的金刚石圆锥体压头或直径为 1.588 mm 的淬火钢球压头, 在初载荷与主载荷先后作用下, 将压头压入被测金属表面, 如图 1-5 所示, 经规定的保持时间后卸除主载荷, 然后根据残余压痕深度来确定金属的洛氏硬度值。

在图 1-5 中, 0-0 为圆锥体压头的初始位置, 即压头没有与被测金属表面接触时的位置; 1-1 为在初载荷作用下, 压头压入深度为 b 处的位置;

2-2 为加入主载荷后, 压头压入深度为 c 处的位置; 3-3 为卸除主载荷后, 被测金属弹性变形恢复, 使得压痕向上回升到压入深度为 d 处的位置。于是, 压头受主载荷作用实际压入被测金属表面产生塑性变形的压痕深度为 bd , 用 bd 值的大小来衡量被测金属的硬度。 bd 值越大, 被测金属的硬度越低, 反之, 则越高。为适应习惯上数值越大、硬度越高的概念, 常用一常数 K 减去 $bd/0.002$ 作为硬度值。洛氏硬度用符号 HR 表示, 可以直接由硬度计表盘上读出, 无单位, 其计算公式为

$$HR = K - \frac{bd}{0.002} \quad (1-6)$$

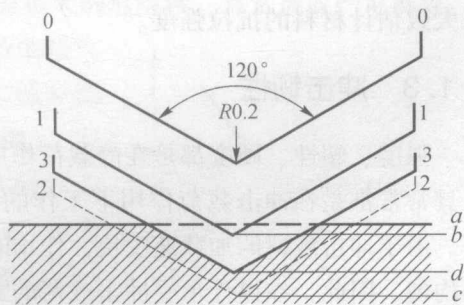


图 1-5 洛氏硬度试验原理示意图

式中： K ——常数，用金刚石圆锥体作压头时， K 为100，用淬火钢球作压头时， K 为130。

洛氏硬度的表示方法为在符号前写出硬度值。为了能用同一硬度计来测定不同硬度范围的金属，可采用不同的压头和载荷来组成几种不同的洛氏硬度标度，每一种标度用一个字母在HR后加以注明，其中最常用的是HRA、HRB、HRC三种。表1-1所示为三种标度的试验条件和应用举例。

表 1-1 常用洛氏硬度的试验条件及应用举例

硬度符号	压头类型	总载荷/N	硬度值的有效范围	应用举例
HRA	120°金刚石圆锥体	588.4	20~88	硬质合金、表面淬火、渗碳等
HRB	φ1.588 mm 的钢球	980.7	20~100	有色金属、退火、正火等
HRC	120°金刚石圆锥体	1 471.1	20~70	淬火钢、调质钢等

洛氏硬度试验测试过程简单、迅速，压痕较小，适用的硬度范围广，可以用来测量成品件或较薄工件的硬度。但是，洛氏硬度的测量结果不如布氏硬度精确。这是因为洛氏硬度试验的压痕小，容易受到金属表面不平或材料内部组织不均匀的影响，故一般需在被测金属的不同部位测量数点，然后取其平均值。

3. 硬度与抗拉强度的关系

由于硬度反映了金属材料在局部范围内对塑性变形的抗力，因此，材料硬度与强度之间有一定的内在联系，强度越高，塑性变形抗力越大，硬度值也越高，即根据材料的硬度值可以大致估计材料的抗拉强度。

1.1.3 冲击韧性

强度、塑性、硬度都是在静载荷作用下测得的力学性能指标。实际上，许多机械零件和工具常常都是在冲击载荷作用下工作的，如列车车辆间的挂钩、锻锤的锤杆和冲床的冲头等。由于冲击载荷的加载速度快，作用时间短，使得金属在承受冲击时，应力分布与变形很不均匀。因此，在设计承受冲击载荷的零件时，除了需要满足静载荷作用下的强度、塑性和硬度要求外，还必须使之具有足够的抵抗冲击载荷的能力。

金属抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力称为冲击韧性。金属材料的冲击韧性是通过冲击试验测定的。

冲击韧性值越大，材料的韧性越好；反之，则韧性越差，脆性越大。在试验中发现，冲击韧性值的大小与试验的温度有关。有些材料在室温20℃左右试验时并不显示脆性，而在低温下则可能发生脆断。为了测定金属材料开始发生这种冷脆现象的温度，可在不同的温度下进行一系列冲击试验，测出材料的冲击韧性值与温度的关系，然后将试验结果绘成冲击韧性值—温度曲线，如图1-6所示。由图1-6可知，冲击韧性值随温度的降低而减小。在某一温度范围内，冲击韧性值显著降低，使试样呈现脆性，这个温度范围称为韧脆转变温度范围。韧脆转变温度越低，材料的低温冲击性越好。另外，冲击韧性值的大小还受试样的形

状、表面粗糙度和内部组织等因素的影响。

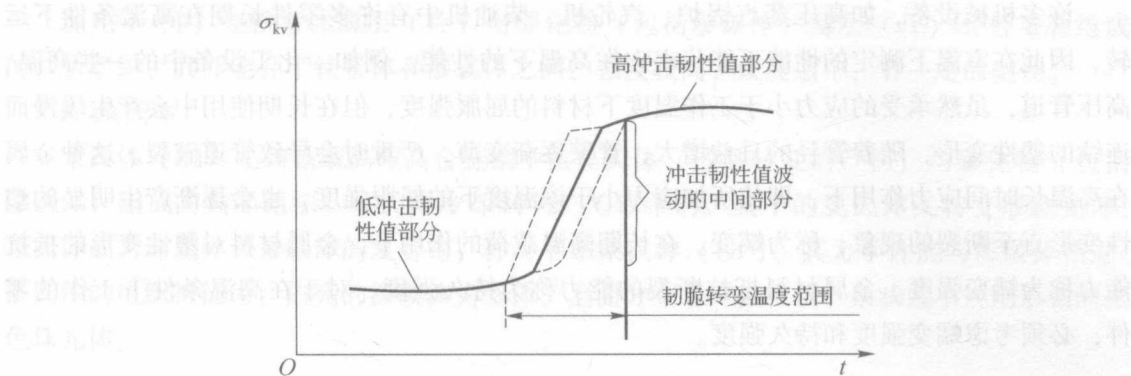


图 1-6 温度对冲击韧性值的影响

1.1.4 疲劳强度和蠕变强度

1. 疲劳强度

许多机械零件，如发动机曲轴、连杆、齿轮、弹簧等，经常会受到大小和方向作周期性变化的载荷作用，这种载荷称为交变载荷。在交变载荷的作用下，零件所承受的最大应力值虽远小于其屈服强度，但经过多次循环后，零件在无显著的外观变形情况下却会发生断裂，这种断裂称为疲劳断裂。无论是脆性材料还是塑性材料，在疲劳断裂时，事先都不发生明显的塑性变形，断裂往往是突然发生的，因此具有很大的危险性，常常造成严重事故。

金属材料经受无数次交变载荷作用而不引起断裂的最大应力值称为材料的疲劳强度，疲劳强度的测定方法请参阅《金属材料疲劳试验旋转弯曲方法》(GB/T 4337—2008)。在试验过程中，测出材料承受不同的交变应力与断裂前应力循环次数 N 之间的关系，绘成如图 1-7 所示的曲线。由图 1-7 可知，随着应力的逐渐降低，应力的循环次数逐渐增加。当应力降低到某一定值后，曲线与横坐标近于平行，这表明当应力不超过此值时，材料可经受无数次应力循环而不断裂，这一应力值就是该材料的疲劳强度。对称循环应力的疲劳强度用 σ_{-1} 表示。实际试验时不可能进行无数次的应力循环。对于钢材，取应力循环次数达到 10^7 次时，零件仍不断裂的最大应力作为它的疲劳强度；对于有色金属和某些超高强度钢，取应力循环次数为 10^8 次时的最大应力作为它的疲劳强度。

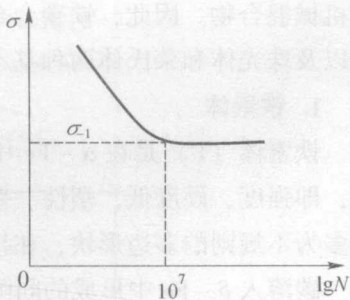


图 1-7 金属材料的疲劳曲线

为了提高零件的疲劳强度，除改善内部组织外，还应在零件结构设计中尽量避免尖角、缺口和截面突变，另外，还可以通过降低表面粗糙度以及采用各种表面强化处理（如表面淬火、喷丸和滚压等）的方法来提高零件的疲劳强度。

2. 蠕变强度和持久强度

许多机械设备,如高压蒸汽锅炉、汽轮机、柴油机中有许多零件长期在高温条件下运转,因此在室温下测定的性能不能代表它在高温下的性能。例如,化工设备中的一些高温、高压管道,虽然承受的应力小于工作温度下材料的屈服强度,但在长期使用中会产生缓慢而连续的塑性变形,随着管径的日益增大,管壁逐渐变薄,严重时会导致管道破裂。这种金属在高温长时间应力作用下,即使所加应力小于该温度下的屈服强度,也会逐渐产生明显的塑性变形直至断裂的现象,称为蠕变。在长期高温载荷的作用下,金属材料对塑性变形的抵抗能力称为蠕变强度。金属材料抵抗断裂的能力称为持久强度。对于在高温条件下工作的零件,必须考虑蠕变强度和持久强度。

1.2 铁碳合金相图

在现代工业中,碳钢和铸铁(黑色金属)是应用最广泛的金属材料。熟悉和合理地选用钢铁材料需从铁碳相图开始,需要研究各种温度下铁碳合金的成分、组织与性能之间的关系。

1.2.1 铁碳合金的基本组织

铁碳合金在液态时,铁和碳可以无限互溶,在固态下,碳可溶于铁中形成固溶体。当含碳量超过固态溶解度时,可形成化合物,如 Fe_3C 。此外,还可形成由固溶体和化合物组成的机械混合物。因此,铁碳合金在固态下存在 δ 铁素体、铁素体、奥氏体和渗碳体4种基本相以及珠光体和莱氏体两种基本组织。

1. 铁素体

铁素体(F)是在 $\alpha\text{-Fe}$ 中溶入一种或多种溶质元素构成的固溶体。其性能与纯铁相似,即强度、硬度低,塑性、韧性好。正常腐蚀后铁素体在显微镜下呈白亮色,在钢中的形态多为不规则的多边形块,在接近共析成分的钢中,往往呈网状或断续网状。

碳溶入 $\delta\text{-Fe}$ 中形成的间隙固溶体,称为 δ 铁素体,它因存在的温度较高(在 $1394\text{ }^\circ\text{C}$ 以上存在),所以也称为高温铁素体。

2. 奥氏体

奥氏体(A)是在 $\gamma\text{-Fe}$ 中溶入碳和(或)其他元素构成的固溶体。其强度和硬度比铁素体高,塑性、韧性也好,因此钢材多数加热到奥氏体状态进行锻造。通常在高温显微镜下($727\text{ }^\circ\text{C}$ 以上)才能观察到奥氏体组织,其晶粒呈多边形,且晶界比铁素体平直。

3. 渗碳体

渗碳体(Fe_3C)是复杂的斜方晶格,化学式为 Fe_3C 的金属化合物,是钢和铸铁中常见的固相。其硬度高,塑性、韧性差,脆性大。渗碳体在钢和铸铁中可呈片状、球状和网状分布,主要起强化作用,它的形态、大小、数量和分布对钢和铸铁的性能有很大影响。

4. 珠光体

珠光体 (P) 是铁素体薄层 (片) 与碳化物 (包括渗碳体) 薄层 (片) 交替重叠组成的共析组织, 其性能介于铁素体和渗碳体之间, 强度较高, 硬度适中, 有一定的塑性。

5. 莱氏体

莱氏体 (L_d) 是铸铁或高碳高合金钢中由奥氏体 (或其转变的产物) 与碳化物 (包括渗碳体) 组成的共晶组织。莱氏体冷却到 $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下时, 其中的奥氏体又转变成珠光体, 莱氏体成为珠光体和渗碳体的复合物, 称为变态莱氏体 (L'_d), 其力学性能与渗碳体相近。莱氏体的组织特征为: 白亮的渗碳体为基体, 上面分布着许多粒状、条状或不规则形状的黑色珠光体。

1.2.2 铁碳合金相图简介

铁碳合金相图是由实验方法获得的。铁碳合金相图中的左上角包晶部分实用意义不大, 所以予以省略。简化的铁碳合金相图如图 1-8 所示。图 1-8 中的横坐标表示含碳量 (小于 6.69% 的部分), 因为含碳量大于 6.69% 的铁碳合金在工业上没有实用意义。当含碳量为 6.69% 时, 铁和碳形成较稳定的渗碳体, 可作为合金的一个组元。铁合金相图以纯铁 Fe 为一组元, 以 Fe_3C 为另一组元组成, 故又称为 Fe- Fe_3C 相图。

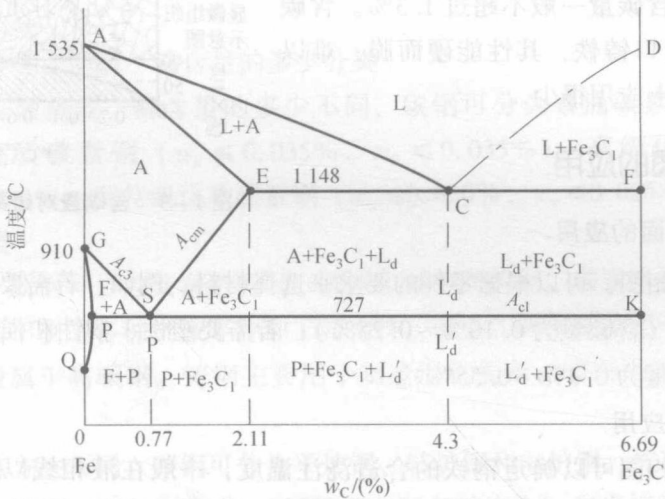


图 1-8 简化的铁碳合金相图

L—液相; A—奥氏体相; F—铁素体相; Fe_3C (Fe_3C_1 、 Fe_3C_2) —渗碳体相;
P—珠光体相 (是 F 相和 Fe_3C 相的机械混合物); L_d —莱氏体相

1.2.3 含碳量对铁碳合金组织与性能的影响

1. 含碳量对铁碳合金组织的影响

由铁碳合金相图可知, 随着含碳量的增加, 不仅铁碳合金组织中渗碳体的数量相应增