

21世纪应用型本科系列教材

# 机械制造基础

Jixie Zhizao Jichu

■ 京玉海 主编

重庆大学出版社

# 机械制造基础

京玉海 主编

重庆大学出版社

## 内容提要

本书是根据教育部基础课程教学指导委员会颁发的“机械制造基础教学基本要求”,经结构优化、整合而成的一本强调应用基础知识的机械类专业基础课程教材,同时注重实践能力和创业能力培养的特点,着重培养既能动脑又能动手的应用型技术人才。

全书共分5篇20章,主要内容包括工程材料、铸造、锻压、焊接和金属切削加工等,每章后面都附有复习思考题,便于学生巩固所学内容。本书是以“基础-方法-结构”为课程主线,系统而简明地阐述了热处理的原理和方法、工程材料的种类及其选择、毛坯成形方法和零件加工方法的基本理论和基本工艺。

本书适用于高等工科院校机械类、近机械类各专业的《机械制造基础》课程的通用教材,还可供有关工程技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/京玉海主编. —重庆:重庆大学出版社,2005.8

ISBN 7-5624-3453-0

I. 机... II. 京... III. 机械制造—高等学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第091559号

## 机械制造基础

京玉海 主编

责任编辑:周立 版式设计:周立

责任校对:任卓惠 责任印制:秦梅

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆华林天美彩色报刊印务有限公司印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:22.75 字数:568千

2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5624-3453-0

定价:29.50元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究。

# 前言

本书是根据教育部基础课程教学指导委员会颁发的“机械制造基础教学基本要求”，经结构优化、整合而成的一本强调应用基础知识的机械类专业基础课程教材，同时注重实践能力和创业能力的培养的特点，着重培养既能动脑又能动手的应用型技术人才。

全书共分5篇20章。第1篇为“工程材料”，主要阐述了工程材料的性能、金属的内部结构与结晶、热处理方法和常用工程材料的种类及其选择；第2、3、4篇分别为“铸造、锻压和焊接”，主要阐述毛坯成形方法的工艺基础、成形方法和结构设计；第5篇为“金属切削加工”，主要阐述零件加工方法的基础知识、常用加工方法综述和零件的结构设计。

本书的编写主要有以下特点：

◆本书以加工方法为主线，分别阐述了各自的基本理论和基本工艺，着重分析各种加工方法的原理、过程和结构工艺性。

◆坚持“少而精”的原则，做到内容够用，重点突出。

◆充实了新材料、新工艺和新方法的“三新”内容，试图培养学生“大材料、大机械、大制造”的观念。

◆全面贯彻国家最新标准，如材料的标准、名词术语、符号及单位等。

◆在各章的后面都附有复习思考题，以加强学生对基本概念的理解，培养学生分析问题和解决问题的能力。

◆鉴于各院校实习条件不同，本书在编写过程中，是以课堂教学为主，适当增加了部分实习内容，把讲课教材与实习教材融为一体。这样不仅有助于体系完整，又可以根据实习条件灵活组织教学。对实习过的内容，在课堂上便于分析对比，对缺乏实习条件的内容，也便于在课堂教学中加以弥补。

本书主要适用于高等工科院校机械类、近机械类各专业的《机械制造基础》课程的通用教材，也可供有关工程技术人员参考使用。

全书由南昌大学京玉海负责编写。由于编者水平有限,书中难免出现错误与不妥之处,敬请读者批评指正。

编者  
2005年6月

# 目 录

绪 论 .....	1
0.1 机械制造的概念 .....	1
0.2 机械制造业在国民经济中的作用 .....	2
0.3 课程的性质、目的及任务 .....	2
<b>第 1 篇 工 程 材 料</b>	
<b>第 1 章 金属材料的性能 .....</b>	<b>4</b>
1.1 金属材料的力学性能 .....	4
1.2 金属材料的物理、化学和工艺性能 .....	10
复习思考题 1 .....	11
<b>第 2 章 金属的晶体结构和结晶 .....</b>	<b>12</b>
2.1 金属的晶体构造 .....	12
2.2 金属的结晶过程 .....	15
2.3 金属的同素异晶转变 .....	17
2.4 实际晶体的构造 .....	17
2.5 合金的结构和相图 .....	19
复习思考题 2 .....	24
<b>第 3 章 铁碳合金相图 .....</b>	<b>26</b>
3.1 铁碳合金的基本相 .....	27
3.2 铁-碳合金相图分析 .....	28
3.3 钢的成分、组织与性能之间的关系 .....	34
3.4 铁碳合金相图应用简介 .....	36
复习思考题 3 .....	37
<b>第 4 章 钢的热处理 .....</b>	<b>38</b>
4.1 钢在加热时的组织转变 .....	39
4.2 钢在冷却时的组织转变 .....	41
4.3 钢的热处理工艺 .....	46
复习思考题 4 .....	58
<b>第 5 章 常用金属材料 .....</b>	<b>60</b>
5.1 钢 .....	60

5.2 有色金属 .....	74
复习思考题 5 .....	80
<b>第 6 章 非金属材料</b> .....	<b>82</b>
6.1 高分子材料 .....	82
6.2 陶瓷材料 .....	88
6.3 复合材料 .....	90
复习思考题 6 .....	92

## 第 2 篇 铸 造

<b>第 7 章 铸造工艺基础</b> .....	<b>94</b>
7.1 液态合金的充型能力 .....	94
7.2 合金的收缩 .....	96
7.3 铸件常见缺陷 .....	101
复习思考题 7 .....	103
<b>第 8 章 铸造方法</b> .....	<b>104</b>
8.1 砂型铸造 .....	104
8.2 特种铸造 .....	113
8.3 常用铸造方法比较 .....	125
复习思考题 8 .....	126
<b>第 9 章 常用合金铸件生产</b> .....	<b>128</b>
9.1 铸铁件生产 .....	128
9.2 铸钢件生产 .....	138
9.3 铜、铝合金铸件的生产特点 .....	140
复习思考题 9 .....	141
<b>第 10 章 铸件结构设计</b> .....	<b>142</b>
10.1 铸造工艺对铸件结构的要求 .....	142
10.2 合金铸造性能对铸件结构的要求 .....	147
复习思考题 10 .....	151

## 第 3 篇 金属压力加工

<b>第 11 章 金属压力加工工艺基础</b> .....	<b>154</b>
11.1 金属塑性变形的实质 .....	154
11.2 加工硬化与再结晶 .....	156
11.3 金属的可锻性 .....	159
复习思考题 11 .....	161
<b>第 12 章 金属压力加工方法</b> .....	<b>162</b>
12.1 锻造 .....	162
12.2 板料冲压 .....	172

12.3	零件的轧制、挤压和拉拔	181
12.4	压力加工新工艺简介	184
	复习思考题 12	189
<b>第 13 章</b>	<b>锻压件结构设计</b>	<b>191</b>
13.1	自由锻件结构工艺性	191
13.2	模锻件结构工艺性	192
13.3	板料冲压结构工艺性	193
	复习思考题 13	196

## 第 4 篇 焊 接

<b>第 14 章</b>	<b>焊接工艺基础</b>	<b>199</b>
14.1	焊接电弧	199
14.2	焊接设备	200
14.3	电弧焊的焊接过程及冶金特点	201
14.4	电焊条	202
14.5	焊接接头的组织与性能	205
14.6	焊接应力与变形	206
14.7	焊接缺陷与检验	209
	复习思考题 14	211
<b>第 15 章</b>	<b>其他焊接方法</b>	<b>212</b>
15.1	埋弧自动焊	212
15.2	气体保护焊	213
15.3	电渣焊	215
15.4	气焊与气割	216
15.5	电阻焊	218
15.6	摩擦焊	220
15.7	钎焊	220
15.8	特种焊接方法简介	221
	复习思考题 15	223
<b>第 16 章</b>	<b>常用金属材料焊接及焊接结构设计</b>	<b>224</b>
16.1	常用金属材料的焊接	224
16.2	焊接结构设计	227
	复习思考题 16	232

## 第 5 篇 金属切削加工

<b>第 17 章</b>	<b>金属切削加工基础知识</b>	<b>234</b>
17.1	切削运动及切削要素	234



17.2	刀具材料与刀具几何形状 .....	237
17.3	金属切削过程的一般规律 .....	246
17.4	切削加工技术经济简析 .....	253
	复习思考题 17 .....	259
<b>第 18 章</b>	<b>金属切削机床简介</b> .....	<b>261</b>
18.1	金属切削机床基本知识 .....	261
18.2	机床的传动 .....	267
18.3	普通车床传动系统分析 .....	275
18.4	数控机床简介 .....	279
	复习思考题 18 .....	283
<b>第 19 章</b>	<b>常用加工方法综述</b> .....	<b>285</b>
19.1	车削加工 .....	285
19.2	钻、镗加工 .....	299
19.3	刨、插、拉削加工 .....	308
19.4	铣削加工 .....	314
19.5	磨削加工 .....	327
19.6	零件表面加工方法选择 .....	342
	复习思考题 19 .....	345
<b>第 20 章</b>	<b>零件结构工艺性</b> .....	<b>346</b>
20.1	概述 .....	346
20.2	一般原则及实例分析 .....	347
	复习思考题 20 .....	353
	<b>参考文献</b> .....	<b>354</b>

# 绪 论

机械制造是在生产实践中发展起来的一门既古老又充满活力的学科。

## 0.1 机械制造的概念

用系统的观点分析,机械制造的概念是指将毛坯(或材料)和其他辅助材料作为原料,输入机械制造系统,经过存储、运输、加工、检验等环节,最后实现符合要求的零件或产品从系统输出。概括地讲,机械制造就是将原材料转变为成品的各种劳动总和。其过程如图 0.1 所示。

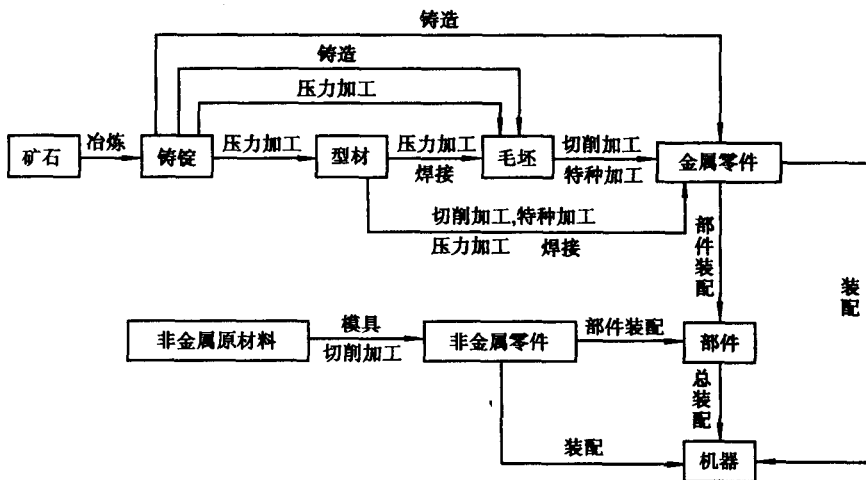


图 0.1 机械制造框图

从图 0.1 可以看出,多数零件是先由铸造、压力加工或焊接等方法制成毛坯,再用切削加工的方法加工而成。为了改善材料的加工性能,在各工序中间常穿插各种不同的热处理。这就组成了本书的 5 大篇:

第 1 篇为“工程材料”,主要阐述工程材料的性能、金属的内部结构与结晶、热处理方法和常用工程材料的种类及其选择。

第2、3、4篇分别为“铸造、锻压和焊接”，分别阐述了各自的工艺基础、常用成形方法和结构设计。

第5篇为“金属切削加工”，主要阐述零件加工方法的基础知识、常用加工方法综述和零件的结构设计。

### 0.2 机械制造业在国民经济中的作用

机械制造业是所有与机械制造有关的企业机构的总体。机械制造业是国民经济的基础产业。在国民经济的各条战线上，乃至人民生活中广泛使用的大量机器设备、仪器、工具都是由机械制造业提供的。因此，机械制造业不仅对提高人民生活水平起着重要保障作用，而且对科学技术发展，尤其对现代高新技术的发展起着更为积极的推动作用。如果没有机械制造业提供质量优良、技术先进的技术装备，将直接影响工业、农业、交通、科研和国防各部门的生产技术和整体水平，进而影响一个国家的综合生产实力。“经济的竞争归根到底是制造技术和制造能力的竞争”。可见，机械制造业的发展水平是衡量一个国家经济实力和科技水平的重要标志之一。21世纪是综合国力竞争的年代，我国要实现四个现代化全面进入“小康”社会，就必须大力发展机械制造业及机械制造技术。

### 0.3 课程的性质、目的及任务

机械制造基础是研究常用机械零件制造方法的综合性课程，是工院校、高职高专机械类专业必修的课程。它主要传授各种工艺方法本身的规律性及其在机械制造中的应用和相互联系；金属零件的加工工艺过程和结构工艺性；常用工程材料的性能、改性、应用及对加工工艺的影响；工艺方法的综合分析等。

学习本课程的目的：

①提高三个能力，即选材能力、选毛坯和切削加工方法的能力以及工艺分析能力。

②两个了解，即了解各种主要加工方法所用设备与工具的组成、结构和工作原理；了解现代机械制造的新技术和发展方向。

本课程的任务是使学生获得常用工程材料及机械零件加工工艺的基础知识，培养工艺实践的初步能力，为学习其他有关课程，并为以后从事涉及机械设计和加工制造方面的工作奠定必要的基础。

由于本课程是一门实践性很强的工艺性课程，因此，在学习本课程之前，应到工程训练中心或机械制造工厂实习或参观，以具备必要的感性知识。

# 第 **I** 篇

## 工程材料

机械制造业中的各种产品都是由种类繁多、性能各异的工程材料通过各种加工方法制成的零件构成的。

工程材料是指固体材料领域中与工程(结构、零件、工具等)有关的材料,包括金属材料和非金属材料等。金属材料因具有良好的力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能,所以成为机器零件最常用的材料。

本篇主要介绍常用金属材料的性能以及为改善其性能所采用的热处理方法,使读者掌握金属材料的成分、组织和性能之间的关系,为合理选材和制订加工工艺打下基础。

# 第 1 章

## 金属材料的性能

在机械制造业中,大多数机械零件或构件都是用金属材料制成的,并在不同的载荷与环境条件下服役。如果金属材料对变形和断裂的抗力与服役条件不相适应,就会使机件失去预定的效能而损坏,即产生所谓的“失效”。从零件的服役条件和失效分析出发,找出各种失效抗力指标,就是该零件应具备的力学性能指标。显然,掌握材料的力学性能不仅是设计零件、选用材料时的重要依据,而且也是按验收技术标准来鉴定材料的依据,同时也是对产品的工艺进行质量控制的重要参数。

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中反映出来的特性,它决定金属材料的应用范围、安全可靠性和使用寿命。使用性能又分为力学性能、物理性能和化学性能。工艺性能是指金属材料在制造加工过程中反映出来的各种特性,它决定材料是否易于加工或如何进行加工的重要因素。

在选用金属和制造机械零件时,主要考虑力学性能和工艺性能。在某些特定条件下工作的零件,还要考虑其物理性能和化学性能。

### 1.1 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能又称机械性能,它是金属材料在外力作用下所反映出来的性能。力学性能是零件设计计算、选择材料、工艺评定以及材料检验的主要依据。

不同的金属材料表现出来的力学性能是不一样的。衡量金属材料力学性能的主要指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

#### 1.1.1 强度、弹性与塑性

金属材料的强度、弹性与塑性一般可通过金属拉伸试验来测定。

拉伸试验是在拉伸试验机上进行的。试验时,先将被测金属材料制成如图 1.1 所示的标准试样(参见 GB 6397—86《金属拉伸试样》),然后在试样的两端逐渐施加轴向载荷,直到试样被拉断为止。根据试样在拉伸过程中承受的载荷和产生的变形量之间的关系,即可测出该金属的拉伸曲线,并由此测定该金属的强度、弹性与塑性等性能指标。

### (1) 拉伸曲线

图 1.2 为低碳钢的拉伸曲线。它反映了金属材料在拉伸过程中经历了弹性变形、塑性变形和断裂三个阶段。

从拉伸曲线上可以看出,当载荷不超过  $F_e$  时,拉伸曲线  $Oe$  段为一直线,表明试样的伸长量与载荷成正比,完全符合虎克定律,试样处于弹性变形阶段。当载荷超过  $F_e$  后试样除产生弹性变形外还将产生塑性变形。当载荷达到  $F_s$  时,试样开始产生明显的塑性变形,在拉伸曲线上出现了水平的或锯齿形的线段,这种现象称为“屈服”。当载荷继续增加到某一最大值  $F_b$  时,试样的局部截面缩小,产生“缩颈”。由于试样局部截面的逐渐减小,故载荷也逐渐降低,当达到拉伸曲线上的  $k$  点时,试样在缩颈处断裂。

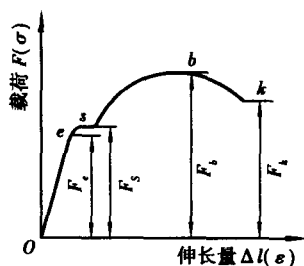


图 1.2 低碳钢的拉伸曲线

为使曲线能够直接反映出材料的力学性能,可用应力(试样单位横截面上的拉力,  $\frac{4F}{\pi d_0^2}$ )代替载荷  $F$ ,以应变  $\epsilon$ (试样单位长度上的伸长量,  $\frac{\Delta l}{l}$ )取代伸长量  $\Delta l$ 。由此绘成的曲线,称做应力-应变曲线。 $\sigma$ - $\epsilon$  曲线和  $F$ - $\Delta l$  曲线形状相同,仅是坐标的含义不同。

### (2) 弹性极限

弹性极限是指金属材料在外力作用下不产生塑性变形时所能承受的最大应力值。即

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A_0} \quad (\text{MPa})$$

式中:  $F_e$ ——试样在不产生塑性变形时的最大载荷, N;

$A_0$ ——试样的原始横截面积,  $\text{mm}^2$ 。

### (3) 强度

强度是指金属材料在静载荷作用下,抵抗塑性变形和断裂的能力。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、抗弯强度、抗剪强度等。工程上以屈服点和抗拉强度最为常用。

①屈服点 它是拉伸试样产生屈服现象时所对应的应力。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \quad (\text{MPa})$$

式中:  $F_s$ ——试样产生屈服时所承受的最大载荷, N;

$A_0$ ——试样的原始横截面积,  $\text{mm}^2$ 。

对于许多没有明显屈服现象的金属材料,如铸铁等工程上规定以试样产生 0.2% 塑性变形时的应力,作为该材料的屈服点,称为条件屈服点,用  $\sigma_{0.2}$  表示,如图 1.3 所示。

②抗拉强度 它是金属材料在拉断前所能承受的最大应力。

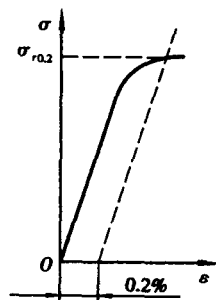


图 1.3 条件屈服点示意图

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \quad (\text{MPa})$$

式中： $F_b$ ——试样在拉断前所承受的最大载荷，N；

$A_0$ ——试样的原始横截面积， $\text{mm}^2$ 。

当零件在工作时所受应力  $\sigma < \sigma_e$  时，材料只产生弹性变形；当  $\sigma_e < \sigma < \sigma_s$  时，材料除产生弹性变形外，还产生微量塑性变形；当  $\sigma_s < \sigma < \sigma_b$  时，材料除产生弹性变形外，还产生明显塑性变形；当  $\sigma > \sigma_b$  时，零件产生裂纹，甚至断裂。因此，在选择、评定金属材料及设计机械零件时，应根据零件所受的载荷不同选择不同强度极限为依据。工作中不允许有微量塑性变形零件（如精密的弹性元件、炮筒等）的设计与选材的重要依据。而机器零件或构件工作时，通常不允许发生塑性变形，因此多以  $\sigma_s$  作为强度设计的依据。对于脆性材料，因断裂前基本不发生塑性变形，故无屈服点可言，在强度计算时，则以  $\sigma_b$  为依据。

#### (4) 塑性

塑性是金属材料产生塑性变形而不被破坏的能力。通常用伸长率  $\delta$  和断面收缩率  $\psi$  表示材料塑性的好坏。

①伸长率 伸长率是指试样拉断后标距增长量与原始标距之比，即

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中： $l_k$ ——试样断裂后的标距；

$l_0$ ——试样原始标距。

必须指出，伸长率的数值与试样尺寸有关，因此，用长试样（ $l_0/d_0 = 10$  的试样）和短试样（ $l_0/d_0 = 5$  的试样）求得的伸长率分别以  $\delta_{10}$ （或  $\delta$ ）和  $\delta_5$  表示。

②断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断处横截面积的缩减量与原始横截面积之比，即

$$\psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \times 100\%$$

式中： $A_k$ ——试样断裂处的最小横截面积；

$A_0$ ——试样的原始横截面积。

$\psi$  值的大小与试样尺寸无关，能更可靠地反映金属材料的塑性。 $\delta$  和  $\psi$  值愈大，材料的塑性愈好。

考虑机器零件工作时的可靠性，材料应具有一定的塑性，在偶然过载时，由于产生塑性变形，能够避免突然断裂。同时，良好的塑性也是金属材料进行塑性变形的必要条件。

### 1.1.2 硬度

硬度是指金属材料抵抗更硬的物体压入其内的能力，亦即金属材料在局部体积范围内抵抗塑性变形的一个综合物理量。它是衡量材料软硬的一个指标。

硬度是材料性能的一个综合物理量，它表示金属材料在一个小的体积范围内抵抗弹性变形、塑性变形或断裂的能力。一般来说，硬度越高，耐磨性越好，强度也较高。由于硬度试验设备简单，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，故可根据测得的硬度值近似估计材料的抗拉强度和耐磨性。

金属材料的硬度是在硬度计上测定的。常用的有布氏硬度法和洛氏硬度法,有时还用维氏硬度法。

### ①布氏硬度

布氏硬度的测试原理如图 1.4 所示。用一定直径的淬火钢球或硬质合金球,在一定压力下压入试样表面,并保持压力至规定时间后卸载,然后测得压痕直径  $d$ ,计算出压痕表面积,进而得到所承受的平均应力值,即为布氏硬度值 HB。

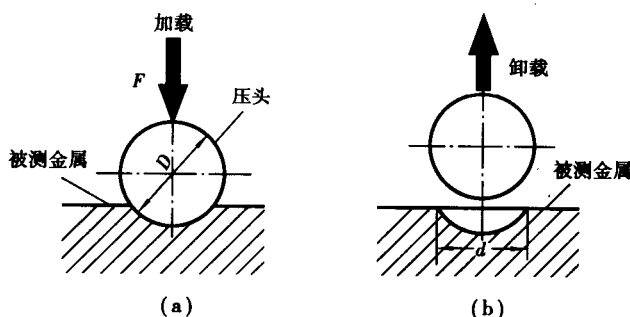


图 1.4 布氏硬度试验原理

具体试验时,HB 值一般不需计算,而用带有刻度的放大镜测出  $d$ ,按已知的  $F$ 、 $D$  值查表求得 HB。当压头为淬火钢球时用 HBS 表示;当压头为硬质合金球时用 HBW 表示。

布氏硬度法的特点是:

- ◆ 因压痕面积大,故测试数据重复性好,且与强度之间有良好的对应关系。
- ◆ 不适宜于测定成品及薄而小的零件。
- ◆ 不能测太硬的零件,因为测试过硬的材料可能会导致压头变形。当选用压头为淬火钢球时适宜于布氏硬度低于 450 HBS 以下的零件;当选用压头为硬质合金球时适宜于布氏硬度在 450 ~ 650 HBS 的零件。

此外,还因测试过程相对较费事,故也不适合于大批量生产的零件检验。

### ②洛氏硬度

洛氏硬度的测试原理如图 1.5 所示。用一个锥顶角为  $120^\circ$  的金刚石圆锥体或一定直径的钢球为压头,在规定载荷作用下压入被测金属表面,卸载后根据压痕深度来确定其硬度值,用符号 HR 表示。在实际测试时,可在硬度机上直接读出其硬度值大小。

试验时,根据被测材料可能硬度值的大小,可采用不同的压头和载荷,因而组成了 HRA、HRB、HRC 三种不同的标尺,其中以 HRC 应用最广。表 1.1 为这三种标尺的试验条件和应用范围。

洛氏硬度的特点是:

- ◆ 测试简单、迅速,能直接从刻度盘上读出硬度值。
- ◆ 因压痕小,可用于成品及薄件的硬度检验。
- ◆ 测试的硬度值范围大,可测从极软到极硬的金属材料。

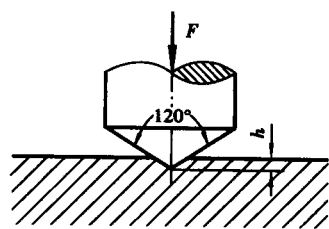


图 1.5 洛氏硬度试验原理



◆测得的硬度值重复性较差,这对存有偏析或组织不均匀的被测金属尤为明显,为此,必须不同部位测量数次取其平均值。

表 1.1 常用洛氏硬度标尺的试验条件和应用范围

洛氏硬度	压头类型	总载荷/N	测量范围	应用范围
HRA	120°金刚石圆锥体	588.4	70 ~ 85 HRA	高硬度表面、硬质合金
HRB	φ1.588 mm 淬火钢球	980.7	20 ~ 100 HRB	软钢、灰铸铁、有色金属
HRC	120°金刚石圆锥体	1 471	20 ~ 67 HRC	一般淬火钢件

③维氏硬度

洛氏硬度法可采用不同的标尺来测定由极软到极硬金属材料的硬度值,但不同标尺的硬度值间没有简单的换算关系,使用上很不方便。为了能在同一种硬度标尺上,测定由极软到极硬金属材料的硬度值,特制定了维氏硬度试验法。

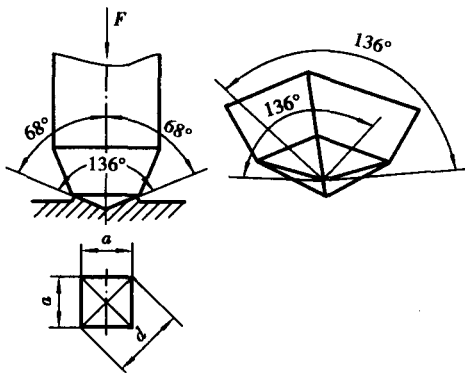


图 1.6 维氏硬度试验原理

维氏硬度的试验原理基本上和布氏硬度试验相同,如图 1.6 所示。它是用一个相对面夹角为 136°的金刚石正四棱锥体压头,在规定载荷  $F$  作用下压入被测试金属表面,保持一定时间后卸除载荷。然后再测量压痕投影的两对角线的平均长度  $d$ ,进而计算出压痕的表面积  $S$ ,最后求出压痕表面积上平均压力,以此作为被测试金属的硬度值,用符号 HV 表示。

维氏硬度的特点是:

◆试验时所加载荷小,压入深度浅,故适用于测试零件表面淬硬层及化学热处理的表面层(如渗碳层、渗氮层等)。

◆维氏硬度是一个连续一致的标尺,试验时可任意选择,而不影响其硬度值的大小,因此可测定从极软到极硬的各种金属材料的硬度。

◆其硬度值的测定较麻烦,工作效率不如洛氏硬度法高。

由于各种硬度的试验条件不同,故相互间无理论换算关系。但通过实践发现,在一定条件下存在着某种粗略的经验换算关系。如在 200 ~ 600 HBS (HBW) 内,1 HRC  $\approx$  1/10 HBS (HBW);在小于 450 HBS 时,HBS  $\approx$  HV。

同时,硬度和强度间有一定换算关系,由于硬度试验设备简单,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,故可根据测得的硬度值近似估计材料的抗拉强度和耐磨性。如:

- |          |   |
|----------|---|
| 轧制钢材或锻钢件 | $\sigma_b \approx (0.34 \sim 0.36) \text{ HBS}$ |
| 铸钢件      | $\sigma_b \approx (0.3 \sim 0.4) \text{ HBS}$   |
| 灰口铸铁件    | $\sigma_b \approx 0.1 \text{ HBS}$              |
| 铸铝件      | $\sigma_b \approx 0.26 \text{ HBS}$             |