



国家级职业教育规划教材
劳动保障部培训就业司推荐

高等职业技术学院机械设计制造类专业

机械制造基础

GN_H

Jixie Sheji Zhizao Lei Zhuanye

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

Gaodengzhiye Jishuyuanxiao



中国劳动社会保障出版社

国家级职业教育规划教材
劳动保障部培训就业司推荐
高等职业院校机械设计制造类专业

机械制造基础

主 编 华东升
副主编 方长福 张璐青

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/华东升主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2006

高等职业技术学院机械设计制造类专业教材

ISBN 7-5045-2601-0

I. 机… II. 华… III. 机械制造—高等学校: 技术学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 066707 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

北京外文印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18 印张 436 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定价: 28.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

前 言

为了贯彻落实全国职业教育工作会议精神，切实解决目前机械设计制造类专业（包括数控技术、模具设计与制造）教材不能满足高等职业技术学院教学改革和培养高等技术应用型人才需要的问题，劳动和社会保障部教材办公室组织一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师与行业、企业一线专家，在充分调研的基础上，共同研究、制订机械设计制造类专业培养计划和教学大纲，并编写了相关课程的教材，共有 40 余种。

在教材的编写过程中，我们贯彻了以下编写原则：

一是充分汲取高等职业技术学院在探索培养高等技术应用型人才方面取得的成功经验和教学成果，从职业（岗位）分析入手，构建培养计划，确定相关课程的教学目标；二是以国家职业标准为依据，使内容分别涵盖数控车工、数控铣工、加工中心操作工、车工、工具钳工、制图员等国家职业标准的相关要求；三是贯彻先进的教学理念，以技能训练为主线、相关知识为支撑，较好地处理了理论教学与技能训练的关系，切实落实“管用、够用、适用”的教学指导思想；四是突出教材的先进性，较多地编入新技术、新设备、新材料、新工艺的内容，以期缩短学校教育与企业需要的距离，更好地满足企业用人的需要；五是以实际案例为切入点，并尽量采用以图代文的编写形式，降低学习难度，提高学生的学习兴趣。

在上述教材的编写过程中，得到有关省市教育部门、劳动和社会保障部门以及一些高等职业技术学院的大力支持，教材的诸位主编、参编、主审等做了大量的工作，在此我们表示衷心的感谢！同时，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2005 年 6 月

内 容 简 介

本书为国家级职业教育规划教材。

本书根据高等职业技术学院教学实际，由劳动和社会保障部教材办公室组织编写。主要内容包括三个部分，即金属材料及热加工基础、公差配合与技术测量和机械加工基础。具体内容包括金属材料的性能，金属学的基本知识，钢的热处理，常用金属材料，金属毛坯的形成；尺寸公差与配合，形位公差及检测；金属切削加工的基础知识，车削、铣削、磨削、刨削、钻削、镗削加工，机械加工工艺及夹具的基本知识等。

本书为高等职业技术学院机械设计制造类专业教材，也可作为成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的机械设计制造类专业教材，或作为自学用书。

本书由华东升主编，方长福、张璐青副主编，吴剑红、刘少军、朱凌云参编，张秀玲、糜敏芳主审。

《国家级职业教育规划教材》CONTENTS

第一篇 金属材料及热加工基础

模块一 金属材料的性能	1
课题一 金属材料的力学性能	2
课题二 金属材料的工艺性能	11
模块二 金属学的基本知识	14
课题一 金属的晶体结构	14
课题二 纯金属的结晶	21
课题三 铁碳合金的基本组织	24
课题四 铁碳合金相图	26
模块三 钢的热处理	37
课题一 概述	37
课题二 钢的退火与正火	43
课题三 钢的淬火与回火	45
模块四 常用金属材料	53
课题一 结构钢的分类、牌号及选用	54
课题二 工具钢与硬质合金的分类、牌号及选用	61
课题三 铸铁的分类、牌号及选用	67
课题四 有色金属的分类、牌号及选用	71

模块五 金属毛坯的形成	76
课题一 铸造	76
课题二 锻造	84

第二篇 公差配合与技术测量

模块六 尺寸公差与配合	94
课题一 基本术语及定义	94
课题二 配合种类	99
课题三 尺寸公差与配合的选用	108
模块七 形位公差及检测	113
课题一 基本概念	113
课题二 形状公差与误差	117
课题三 位置公差与误差	122

第三篇 机械加工基础

模块八 金属切削加工的基础知识	129
课题一 切削运动和切削要素	129
课题二 刀具切削部分的几何参数	132
课题三 提高切削加工质量及经济性的途径	136
模块九 车削加工	156
课题一 金属切削机床的分类与编号	156
课题二 车床	160
课题三 车削加工	166
模块十 铣削、磨削加工	174
课题一 铣床	174
课题二 铣床附件	179
课题三 铣削加工	184
课题四 磨床	193

课题五 磨削加工	197
模块十一 刨削、钻削、镗削加工	207
课题一 刨床及刨削加工	207
课题二 钻床及钻削加工	210
课题三 镗床及镗削加工	215
课题四 孔加工刀具	220
模块十二 机械加工工艺及夹具的基本知识	225
课题一 基本概念	225
课题二 零件的结构工艺性分析	233
课题三 毛坯的选择	235
课题四 工件的定位	238
课题五 工件定位基准的选择	246
课题六 工艺路线的拟定	248
课题七 加工余量的确定	256
课题八 工序尺寸及公差确定	260
课题九 典型零件的加工工艺	267

第一篇 金属材料及热加工基础

在工业生产和日常生活的各个领域中，需要使用大量的工程材料。工程材料按化学成分与组成的不同分为金属材料、非金属材料和复合材料。其中，金属材料以其优良的性能获得了广泛应用。

不同金属材料的性能存在很大差异，这是因为金属材料的性能取决于它的组织，而其组织又取决于金属材料的化学成分和处理条件。本篇就是通过研究金属材料的成分、处理条件与组织、性能之间的关系及其变化规律，从而使人们能够正确选用金属材料，合理地确定其加工方法，生产出质优价廉的产品。

模块一

金属材料的性能

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能两大类。

使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出来的性能。它是保证工件正常工作应具备的性能。主要包括物理性能（如密度、熔点、导电性、导热性、热膨胀性、磁性等），化学性能（如耐腐蚀性、抗氧化性等）和力学性能等。

工艺性能是指金属材料在加工过程中适应各种加工工艺方法的性能。主要包括铸造性能、锻造性能、焊接性能和切削加工性能等。

金属材料的力学性能是零件设计、选材和验收的主要依据，直接关系到零件能否正常使

用。而在选择和制定零件的加工工艺方法时,需要考虑材料的工艺性能,如铸铁的铸造性能较好,却不能锻造,则应通过铸造形成毛坯。

课题一 金属材料的力学性能

任务 测定柴油机连杆螺栓的力学性能

任务说明

◎对柴油机连杆螺栓进行强度、塑性等力学性能指标的测定。

技能点

◎具有测定金属材料力学性能指标的能力,为合理选材打好基础。

知识点

◎强度、塑性、硬度、冲击韧性的定义、测定原理与方法。

一、任务实施

(一) 任务引入

如图 1—1 所示为用合金钢制造的柴油机连杆螺栓实物图,因为对其力学性能要求较高,故提出下列技术要求:抗拉强度 $R_m \geq 931 \text{ MPa}$,下屈服强度 $R_{eL} \geq 784 \text{ MPa}$,断后伸长率 $A \geq 12\%$,断面收缩率 $Z \geq 50\%$, $\alpha_{KU} \geq 78.4 \text{ J/cm}^2$, $300 \sim 350 \text{ HBW}$ 。技术要求中包括强度

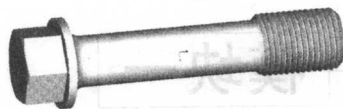


图 1—1 连杆螺栓实物图

(R_m , R_{eL}),塑性(A , Z),冲击韧度(α_{KU})和硬度(HBW)等力学性能指标。通过测定该零件试样的力学性能,得到这些性能指标值,从而判断零件是否达到技术要求。

这里仅完成强度指标(R_m , R_{eL})和塑性指标(A , Z)的测定。

(二) 分析及解决问题

1. 制作拉伸试样

工业上常通过拉伸试验来测定强度和塑性指标。首先需要制作拉伸试样。从该零件半成品中任选出若干个零件(选择的个数根据具体情况由工厂自定),然后将其加工成拉伸试样。

按照国家标准(GB/T 228—2002),常用拉伸试样如图 1—2 所示。图中 d 是试样的原始直径, L_0 为试样的原始标距长度。根据标距长度与直径之间的关系,试样可分为长试样($L_0 = 10d$)和短试样($L_0 = 5d$)两种。

根据连杆螺栓的尺寸大小,将其加工成短试样($d = 10 \text{ mm}$)。

2. 进行拉伸试验

如图 1—3 所示为拉伸试验机。将试样夹持在试验机上,然后施加拉伸力,缓慢增加拉伸力,直至将试样拉断。

通过试验机自动绘出的拉伸曲线或用测力仪表直接读数,若测出 F_{eL} (下屈服载荷:是

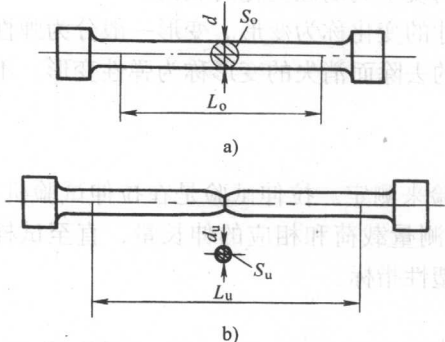


图 1—2 常用拉伸试样
a) 拉伸前 b) 拉伸后

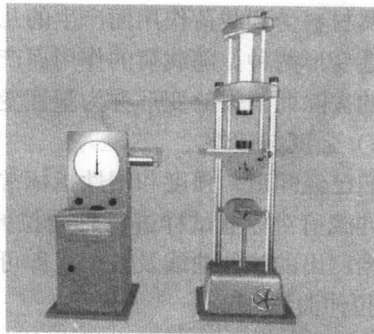


图 1—3 拉伸试验机

指载荷不增加而试样还继续伸长时的恒定载荷或不计初始瞬时效应时的最低载荷) 为 62 560 N, F_m (试样在拉断前所承受的最大载荷) 为 75 410 N。则可计算出下屈服强度 R_{eL} 和抗拉强度 R_m :

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0} = \frac{62\,560}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{62\,560}{3.14 \times \left(\frac{10}{2}\right)^2} \approx 796.9 \text{ MPa}$$

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} = \frac{75\,410}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{75\,410}{3.14 \times \left(\frac{10}{2}\right)^2} \approx 960.6 \text{ MPa}$$

然后将拉断后的试样对接起来, 测量它的标距长度 L_u 和断口处的最小直径 d_u , 如图 1—2b 所示。若测出 $d_u = 6.7 \text{ mm}$, $L_u = 57.1 \text{ mm}$ 。则可计算出断后伸长率 A 和断面收缩率 Z 。

由于该零件的拉伸试样为短试样, 故试样的原始标距长度 $L_0 = 5d = 50 \text{ mm}$ 。

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\% = \frac{57.1 - 50}{50} \times 100\% = 14.2\%$$

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\% = \frac{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 - \pi \left(\frac{d_u}{2}\right)^2}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} \times 100\% = \frac{3.14 \times \left(\frac{10}{2}\right)^2 - 3.14 \times \left(\frac{6.7}{2}\right)^2}{3.14 \times \left(\frac{10}{2}\right)^2} \approx 55.1\%$$

由于测算出的 R_{eL} , R_m , A 和 Z 值均大于技术要求, 故这批零件的强度、塑性指标合格。冲击韧度、硬度的测试在知识链接中讲述。

二、知识链接

金属材料的力学性能是指金属在外力作用下所表现出来的性能。它主要包括强度、硬度、塑性、冲击韧性及疲劳强度等。

根据载荷 (外力) 作用性质的不同, 可将其分为静载荷、冲击载荷及交变载荷 3 种:

静载荷是指大小不变或变化缓慢的载荷。

冲击载荷是指在短时间内以较高速度作用于工件上的载荷。

交变载荷是指大小、方向或大小和方向都随时间发生周期性变化的载荷。

金属材料受到载荷作用而产生的几何形状和尺寸的变化称为变形。变形一般分为弹性变形和塑性变形两种。随载荷的作用而产生、随载荷的去除而消失的变形称为弹性变形。不能随载荷的去除而消失的变形称为塑性变形。

(一) 强度与塑性

我们已经知道，强度和塑性指标常通过拉伸试验来测定。拉伸试验是在拉伸试验机上，用静拉伸载荷对标准试样进行轴向拉伸，同时连续测量载荷和相应的伸长量，直至试样断裂，根据测出的拉伸曲线及数据，即可得出强度和塑性指标。

1. 拉伸曲线

拉伸试验中得出的拉伸载荷与伸长量的关系曲线叫做拉伸曲线，也称为拉伸图。如图 1—4 所示为低碳钢的拉伸曲线，图中纵坐标表示拉伸载荷 F ，单位为 N ；横坐标表示伸长量 ΔL ，单位为 mm 。图中明显地表现出下面几个变形阶段：

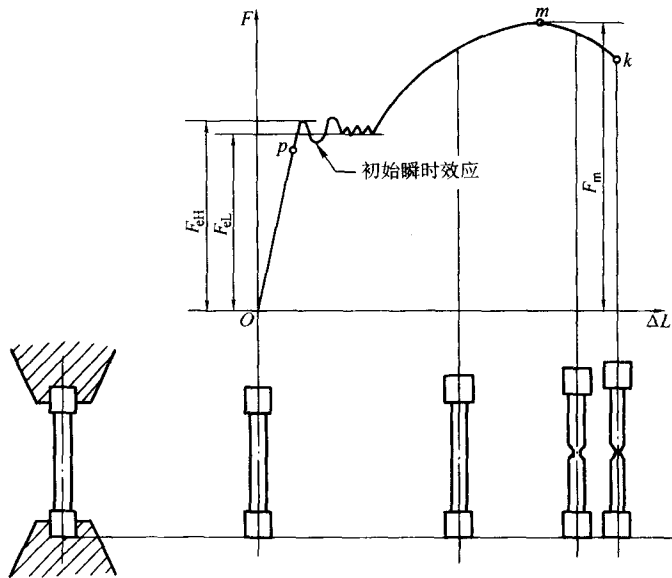


图 1—4 低碳钢的拉伸曲线

(1) O_p ——弹性变形阶段 试样的伸长量与拉伸载荷成正比。此时如果卸载，试样即恢复原状。

(2) p 点后的水平或锯齿状线段——屈服阶段 当载荷超过一定数值再卸载时，试样的伸长只能部分消失，而保留一部分残余变形（即塑性变形）。当载荷增加到 F_{eh} 以后，曲线上出现水平或锯齿状线段，这种在载荷不增加的情况下试样还继续伸长的现象称为屈服现象，这时材料开始出现明显的塑性变形。上屈服载荷 F_{eh} 为试样发生屈服而载荷首次下降前的最高载荷，而下屈服载荷 F_{el} 是指在屈服期间的恒定载荷或不计初始瞬时效应时的最低载荷。

(3) 屈服后至 m 点——强化阶段 在屈服阶段以后, 欲使试样继续伸长, 必须不断增加载荷。随着塑性变形增大, 试样变形抗力也逐渐增加, 这种现象称为形变强化 (或称加工硬化)。此阶段的塑性变形是均匀的。

(4) mk ——缩颈阶段 (局部塑性变形阶段) 当载荷达到最大值 F_m 后, 试样截面发生局部收缩, 称为“缩颈”。这时伸长主要集中于缩颈部位, 当拉至 k 点时, 试样被拉断。

工程上使用的金属材料多数没有明显的屈服现象。有些脆性材料, 不仅没有屈服现象, 而且也不产生“缩颈”, 如铸铁等。

2. 强度

金属材料在静载荷作用下抵抗塑性变形或断裂的能力称为强度。强度的大小通常用应力来表示。常见的强度指标包括以下几项:

(1) 屈服强度 在拉伸试验过程中, 载荷不增加 (或保持恒定), 试样仍能继续伸长时的应力称为屈服强度, 分为上屈服强度和下屈服强度。

1) 上屈服强度的计算公式:

$$R_{\text{eH}} = \frac{F_{\text{eH}}}{S_0}$$

式中 R_{eH} ——上屈服强度, 即试样发生屈服而载荷首次下降前的最高应力, MPa;

F_{eH} ——上屈服载荷, 即试样发生屈服而载荷首次下降前的最高载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

2) 下屈服强度的计算公式:

$$R_{\text{eL}} = \frac{F_{\text{eL}}}{S_0}$$

式中 R_{eL} ——下屈服强度, 是指在屈服期间的恒定应力或不计初始瞬时效应时的最低应力, MPa (下屈服强度与旧标准中的屈服点 σ_s 含义相同);

F_{eL} ——下屈服载荷, 是指在屈服期间的恒定载荷或不计初始瞬时效应时的最低载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

对于无明显屈服现象的金属材料, 按照国家标准 GB/T 228—2002 规定, 可用规定残余延伸强度 $R_{r0.2}$ 表示。 $R_{r0.2}$ 表示卸除载荷后试样的规定残余延伸率达到 0.2% 时的应力, 其计算公式如下:

$$R_{r0.2} = \frac{F_{r0.2}}{S_0}$$

式中 $R_{r0.2}$ ——规定残余延伸强度, MPa;

$F_{r0.2}$ ——规定残余延伸率达到 0.2% 时的载荷, N。

机械零件在工作时一般不允许产生明显的塑性变形, 材料的屈服强度或规定残余延伸强度越高, 允许的工作应力也越高, 则零件的截面尺寸及自身质量就可以减小。因此, 通常以屈服强度或规定残余延伸强度作为机械零件设计和选材的主要依据。

(2) 抗拉强度 试样在拉断前所能承受的最大应力称为抗拉强度, 其计算公式如下:

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

式中 R_m ——抗拉强度, MPa (在旧标准中用 σ_b 表示);

F_m ——试样在拉断前所承受的最大载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

零件在工作中所承受的应力不允许超过其抗拉强度, 否则会产生断裂。 R_m 也是机械零件设计和选材的依据。

3. 塑性

断裂前金属材料产生塑性变形的能力称为塑性。塑性指标常用断后伸长率和断面收缩率来表示。

(1) 断后伸长率 试样拉断后, 标距的伸长量与原始标距长度的百分比称为断后伸长率, 其计算公式如下:

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 A ——断后伸长率, % (在旧标准中用 δ 表示);

L_u ——试样拉断后的标距长度, mm;

L_0 ——试样的原始标距长度, mm。

必须说明, 同一材料的试样长短不同, 测得的断后伸长率是不同的。长、短试样的断后伸长率分别用符号 $A_{11.3}$ 和 A 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的百分比, 其计算公式如下:

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%$$

式中 Z ——断面收缩率, % (在旧标准中用 ψ 表示);

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 ;

S_u ——试样断口处的最小横截面积, mm^2 。

断面收缩率不受试样尺寸的影响, 比较确切地反映了金属材料的塑性。断后伸长率 (A) 与断面收缩率 (Z) 数值越大, 表示金属材料的塑性越好。塑性好的金属易通过塑性变形加工成形状复杂的零件。例如, 钢的塑性较好, 能通过锻造成型。铸铁的几乎为零, 所以不能进行塑性变形加工。另外, 塑性好的材料在受力过大时首先产生塑性变形, 而不致突然断裂, 因此比较安全。

(二) 硬度

硬度是指材料表面抵抗局部变形特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。它是检验工具及零件性能的一项重要指标, 同时还可以间接反映出材料的强度、塑性等性能。与拉伸试验相比, 硬度试验操作简单, 可直接在原材料、零件或工具表面上测试。因此, 硬度是金属材料重要的力学性能之一, 应用十分广泛。

硬度的试验方法很多, 大体上可分为压入法、回跳法、刻划法等。生产上压入法应用最广泛, 主要有布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度等试验方法。如图 1—1 所示的连杆螺栓, 就

要求对其试样进行布氏硬度测试。

1. 布氏硬度

(1) 试验原理 使用一定直径的硬质合金球^①，以规定的试验力压入金属表面，经规定的保持时间后卸除试验力，然后测量表面压痕直径来计算硬度，如图 1—5 所示为布氏硬度试验原理图。

布氏硬度值是用球面压痕单位面积上所承受的平均压力来表示的，其计算公式如下：

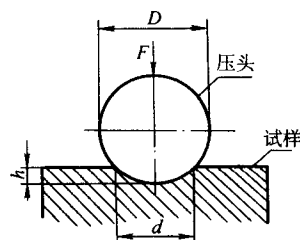


图 1—5 布氏硬度试验原理图

$$\text{布氏硬度值} = \frac{F}{S} = 0.102 \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中 F ——试验力，N；

S ——球面压痕表面积， mm^2 ；

D ——球体直径，mm；

d ——压痕平均直径，mm。

从上式中可以看出，当试验力 F 和压头球体直径 D 一定时，布氏硬度值仅与压痕直径 d 的大小有关。 d 越小，布氏硬度值越大，也就是硬度越高；反之，硬度越低。

布氏硬度符号为 HBW，其测量范围在 650HBW 以下。

通常布氏硬度值不标单位。实际试验时，布氏硬度一般不用计算，而是根据用刻度放大镜测出的压痕直径 d ，再从专门的硬度表中查出相应的布氏硬度值。

(2) 布氏硬度的表示方法 硬度值写在符号 HBW 之前，在硬度符号后面按以下顺序用数字表示试验条件：

1) 球体直径。

2) 试验力。

3) 试验力保持的时间（10~15 s 不标注）。

例如，600HBW1/30/20 表示用直径为 1 mm 的硬质合金球，在 30 kgf (294.2N) 试验力作用下，保持 20 s 时测得的布氏硬度值为 600。350HBW5/750 表示用直径为 5 mm 的硬质合金球，在 750kgf (7 355 N) 试验力的作用下，保持 10~15 s 时测得的布氏硬度值为 350。

常用的压头球体直径 D 有 10, 5, 2.5 和 1 mm 四种，试验力 F （单位为 kgf）与球体直径平方的比值 (F/D^2) 有 30, 15, 10, 5, 2.5 和 1 共 6 种，应根据金属材料的种类和布氏硬度范围进行选择。试验力保持时间，一般钢铁材料为 10~15 s；有色金属为 30 s；布氏硬度值小于 35 时为 60 s。

(3) 应用范围及优缺点 测量布氏硬度常用的压头直径（10 mm）大，因此，压痕面积较大，能反映出较大范围内金属材料的平均硬度，故测定的硬度值较准确、稳定，数据重复性强。

① 在旧标准中测量布氏硬度还可用钢球压头，符号为 HBS。

但是,测量布氏硬度较费时,而且由于压痕面积大,对金属表面的损伤也较大,不宜于测量成品及薄件。

布氏硬度试验主要用于测定原材料或半成品的硬度,适用于测量铸铁、有色金属以及退火、正火、调质处理的钢等。

2. 洛氏硬度

(1) 试验原理 洛氏硬度试验采用金刚石圆锥体或淬火钢球压头,先加初试验力,再加主试验力,压入金属表面,经规定的保持时间后卸除主试验力,但仍保持初试验力,此时,由压头受主试验力作用压入的残余压痕深度 h 来确定洛氏硬度值,用符号 HR 表示,其计算公式如下:

$$\text{洛氏硬度值} = K - \frac{h}{0.002}$$

式中 K ——常数。用金刚石圆锥体压头时 K 为 100,黑色表盘刻度所示;用淬火钢球压头时 K 为 130,红色表盘刻度所示;

h ——卸除主试验力后,压头受主试验力作用压入的残余压痕深度, mm。

洛氏硬度没有单位。实际试验时,硬度值直接从硬度计的表盘上读出。如图 1—6 所示为 HR—150A 型洛氏硬度计。

(2) 常用洛氏硬度标尺及其适用范围 为了用一台硬度计测定从软到硬不同金属材料的硬度,可采用不同的压头和总试验力组成几种不同的洛氏硬度标尺,每一种标尺用一个字母在洛氏硬度符号后加以注明。常用的洛氏硬度标尺是 A, B, C 三种,其中 C 标尺应用最为广泛。

常用洛氏硬度标尺的试验条件和适用范围见表 1—1。

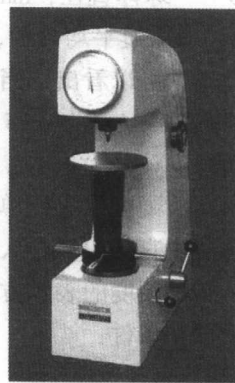


图 1—6 HR—150A 型洛氏硬度计

表 1—1

常用洛氏硬度标尺的试验条件和适用范围

硬度标尺	压头类型	初试验力 (N)	总试验力 (N)	硬度值有效范围	应用举例
HRC	120°金刚石圆锥体	98.07	1 471	20 ~ 70HRC	一般淬火钢件
HRB	φ1.587 5 mm 钢球	98.07	980.7	20 ~ 100HRB	有色金属、退火钢、正火钢等
HRA	120°金刚石圆锥体	98.07	588.4	20 ~ 88HRA	硬质合金、表面淬火层、渗碳层等

各种不同标尺的洛氏硬度值不能直接进行比较,但可用实验测定的换算表相互比较。

洛氏硬度表示方法如下:在符号 HRC, HRB, HRA 前面的数字表示各种标尺的洛氏硬度值。例如, 45HRC 表示用 C 标尺测定的洛氏硬度值为 45。

(3) 应用范围及优缺点 洛氏硬度试验的优点是:操作简单迅速,能直接从表盘上读出

硬度值；压痕较小，可以测定成品及较薄的工件；测量的硬度值范围大，可测从很软到很硬的金属材料。其缺点是：因压痕较小，测定的硬度值不够准确，数据波动较大，重复性差，通常需要在不同部位测试数次，以取其平均值。

洛氏硬度试验不适用于测量各微小部分性能不均匀的材料（如铸铁）。

3. 维氏硬度

维氏硬度试验原理基本上和布氏硬度相同：将相对面夹角为 136° 的正四棱锥体金刚石压头，以选定的试验力压入金属表面，经规定的保持时间后卸除试验力，则在金属表面压出一个正四棱锥形的压痕，通过测量压痕对角线的长度来计算硬度值。实际试验时，维氏硬度值与布氏硬度值一样，不用计算，而是根据压痕对角线长度从表中直接查出。

维氏硬度试验所用的试验力可根据工件的大小、厚薄等条件进行选择。常用试验力在 $49.04 \sim 980.7 \text{ N}$ 范围内变动。

维氏硬度因试验时所加的试验力较小，压入深度较浅，故可测量较薄的材料，也可测量渗碳、渗氮等表面硬化层的硬度；同时维氏硬度值具有连续性（ $10 \sim 1000\text{HV}$ ），故可测量从很软到很硬的各种金属材料；压痕轮廓清晰，数据准确性高。其缺点是测量压痕对角线的长度较麻烦；对工件表面质量要求较高。

（三）冲击韧性

前述的拉伸试验和硬度试验都属于静载荷试验。而实际使用的机械零件往往要受到冲击载荷的作用，如连杆螺栓、活塞销、锤杆和锻模等。这就必须考虑材料抵抗冲击载荷的能力。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。目前，常用一次摆锤冲击弯曲试验来测定金属材料的冲击韧性。

1. 冲击试样

冲击试样可根据国家标准有关规定来选择。常用的试样有 $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 55 \text{ mm}$ 的 U 形缺口和 V 形缺口试样，其尺寸如图 1—7 所示。

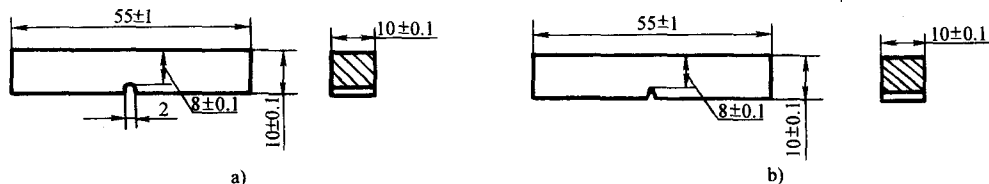


图 1—7 冲击试样的尺寸

a) U 形缺口 b) V 形缺口

2. 冲击试验的原理及方法

将待测的金属材料加工成标准试样，然后放在试验机的支座上，放置时试样缺口应背向摆锤的冲击方向，如图 1—8 所示为冲击试验示意图。再将具有一定质量 G 的摆锤升至一定的高度 H_1 （见图 1—8），使其获得一定的势能（ GH_1 ），然后使摆锤自由落下，将试样冲断。摆锤的剩余势能为 GH_2 。试样被冲断时所吸收的能量即是摆锤冲击试样所做的功，称为冲击吸收功，用符号 A_k 表示，单位为 J，其计算公式如下：

$$A_k = GH_1 - GH_2 = G(H_1 - H_2)$$