

高等职业技术教育“十二五”规划教材——机械工程类
省级示范性高等职业院校“优质课程”建设成果

JIXIE ZHIZAO JICHU

机械

制造基础

主编◎张盛勇



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

高等职业技术教育“十二五”规划教材——机械工程类
省级示范性高等职业院校“优质课程”建设成果

机械制造基础

主编 张盛勇

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

机械制造基础 / 张盛勇主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2013.10
高等职业技术教育“十二五”规划教材. 机械工程类
ISBN 978-7-5643-2700-2

I. ①机… II. ①张… III. ①机械制造—高等职业教育—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 233905 号

高等职业技术教育“十二五”规划教材——机械工程类
省级示范性高等职业院校“优质课程”建设成果

机 械 制 造 基 础

主 编 张 盛 勇

责任编辑	孟苏成
助理编辑	罗在伟
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	15.5
字 数	365 千字
版 次	2013 年 10 月第 1 版
印 次	2013 年 10 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-2700-2
定 价	32.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

省级示范性高等职业院校
“优质课程”建设委员会

主 任 刘智慧

副主任 龙 旭 徐大胜

委 员	邓继辉	阳 淑	冯光荣	王志林	张忠明
	邹承俊	罗泽林	叶少平	刘 增	易志清
	敬光红	雷文全	史 伟	徐 君	万 群
	王占锋	晏志谦	王 竹	张 霞	

序

随着我国改革开放的不断深入和经济建设的高速发展,我国高等职业教育也取得了长足的发展,特别是近十年来在党和国家的高度重视下,高等职业教育改革成效显著,发展前景广阔。早在 2006 年,教育部连续出台了《教育部、财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划,加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高〔2006〕14 号)、《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高〔2006〕16 号)文件以及近年来陆续出台了《关于充分发挥职业教育行业指导作用的意见》(教职成〔2011〕6 号)、《关于推进高等职业教育改革创新引领职业教育科学发展的若干意见》(教职成〔2011〕12 号)、《关于全面提高高等教育质量的若干意见》(教高〔2012〕4 号)等文件,这标志着我国高等职业教育在质量得以全面提高的基础上,已经进入体制创新和努力助推各产业发展的新阶段。

近日,教育部、国家发展改革委、财政部《关于印发〈中西部高等教育振兴计划(2012—2020 年)〉的通知》(教高〔2013〕2 号)明确要求,专业设置、课程开发须以社会和经济需求为导向,从劳动力市场分析和职业岗位分析入手,科学合理地进行。按照现代职业教育体系建设目标,根据技术技能人才成长规律和系统培养要求,坚持德育为先、能力为重、全面发展,以就业为导向,加强学生职业技能、就业创业和继续学习能力的培养。大力推进工学结合、校企合作、顶岗实习,围绕区域支柱产业、特色产业,引入行业、企业新技术、新工艺,校企合办专业,共建实训基地,共同开发专业课程和教学资源。推动高职教育与产业、学校与企业、专业与职业、课程内容与职业标准、教学过程与生产服务有机融合。因此,树立校企合作共同育人、共同办学的理念,确立以能力为本位的教学指导思想显得尤为重要,要切实提高教学质量,以课程为核心的改革与建设是根本。

成都农业科技职业学院经过 11 年的改革发展和 3 年的省级示范性建设,在课程改革和教材建设上取得了可喜成绩,在省级示范院校建设过程中已经完成近 40 门优质课程的物化成果——教材,现已结稿付梓。

本系列教材基于强化学生职业能力培养这一主线,力求突出与中等职业教育的层次区别,借鉴国内外先进经验,引入能力本位观念,利用基于工作过程的课程开发手段,强化行动导向教学方法。在课程开发与教材编写过程中,大量企业精英全程参与,共同以工作过程为导向,以典型工作任务和生产项目为载体,立足行业岗位要求,参照相关的职业资格标准和行业企业技术标准,遵循高职学生成长规律、高职教育规律和行业生产规律进行

开发建设。按照项目导向、任务驱动教学模式的要求，构建学习任务单元，在内容选取上注重学生可持续发展能力和创新创业能力的培养，具有典型的工学结合特征。

本系列教材的正式出版，是成都农业科技职业学院不断深化教学改革的结果，更是省级示范院校建设的一项重要成果，其中凝聚了各位编审人员的大量心血与智慧，也凝聚了众多行业、企业专家的智慧。该系列教材在编写过程中得到了有关兄弟院校的大力支持，在此一并表示诚挚感谢！希望该系列教材的出版能有助于促进高职高专相关专业人才培养质量的提高，能为农业高职院校的教材建设起到积极的引领和示范作用。

诚然，由于该系列教材涉及专业面广，加之编者对现代职业教育理念的认知不一，书中难免存在不妥之处，恳请专家、同行不吝赐教，以便我们不断改进和提高。

龙 旭

2013年5月

前 言

高等职业教育的专业课程改革已经迫在眉睫，急需由原来的课堂教学法向项目教学法转变。教学中要突出技术能力的培养，此教学改革代表了当今社会需求的高等职业教育的改革方向。“机械制造基础”作为机械类及近机类专业的一门必修技术基础课程，改变教学方法以势在必行，结合我院创建省级示范性高等职业院校的要求，以“项目任务”为框架，以“理实一体化”为主旨编写了本书。

本书从培养高等职业技术型人才的目 的出发，介绍了机械制造的基本知识、常用制造设备以及先进制造技术。教材突出培养学生的操作技能和团队协作精神，力促学生养成良好的科学作风和工程素养。本书以“项目任务”为基本写作单元，全书共 6 个项目，主要内容包括机械工程材料及热处理、公差与检测技术、金属成型技术、金属切削原理、金属切削加工、先进制造技术等。

本书的参考学时数为 60 学时，故全书在内容安排上力求深浅适度、详略得当，注重广泛性、适用性，所选案例典型实用。另外，本书在叙述上力求简明扼要、通俗易懂，既方便老师讲授，又方便学生理解掌握。

本书在编写时，着重考虑了以下几个问题：

（1）在保证基础知识和基本内容的基础上，删除一些陈旧的、不常用的内容，增加了一些新的、先进的基础知识，以扩大信息量，开阔读者视野；

（2）在内容的叙述上，尽量多用图、表来表达叙述；

（3）删除了一些理论性较强的计算与公式推导，使教材内容深入浅出、重点突出、层次分明；

（4）在编写过程中注重理论联系实际，以培养学生的综合实践能力。

参加本书编写的有：黄琴、任强（项目一），包佳（项目二），陈建国（项目三），张盛勇、雷进（项目四），郭锦玉（项目五），张建（项目六）。全书由张盛勇任主编。

本书可作为高等职业技术学院的机械制造及自动化、机电一体化、数控、模具、汽车等专业的教材，也可作为工程技术人员的参考用书。

由于时间仓促、水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请广大同行及读者批评指正。

编 者

2013 年 7 月

目 录

绪 论	1
项目一 机械工程材料及热处理	4
任务一 金属材料的性能	4
任务二 金属的结晶与铁碳合金相图	10
任务三 钢的热处理	17
任务四 常用金属材料	29
任务五 其他材料简介	40
思考题	45
项目二 公差与检测技术	52
任务一 轴类零件的检测	52
实训任务	76
任务二 盘类零件的检测	76
实训任务	81
任务三 螺纹的检测	82
实训任务	85
思考题	86
项目三 金属成型技术	88
任务一 铸造工艺	88
实训任务	96
任务二 手工整模造型	97
实训任务	102
任务三 车刀刀柄的锻造	102
实训任务	111
任务四 焊接成型技术	111
实训任务	122
思考题	123
项目四 金属切削原理	125
任务一 基本定义	125

任务二 金属切削过程的物理现象	131
任务三 刀具磨损与刀具耐用度	137
任务四 工件材料的切削加工性	140
任务五 金属切削条件的合理选择	142
思考题	158
项目五 金属切削加工	159
任务一 机床的分类及型号	159
任务二 车削加工机床	161
任务三 铣削加工机床	170
任务四 磨削加工机床	183
任务五 齿轮加工	190
任务六 其他切削加工	197
思考题	206
项目六 先进制造技术	208
任务一 计算机集成制造系统技术	208
任务二 数控技术	213
任务三 特种加工技术	223
思考题	236
参考文献	237

绪 论

一、制造技术的重要性

机械制造业是国民经济的基础，是向其他各行业提供工具、仪器和各种机械设备的后勤部门。目前，许多国家都把制造技术作为当代科技发展最为活跃的领域和国际间科技竞争的主战争，并制订了一系列振兴计划，都想建立世界级制造技术中心，把先进制造技术列为国家关键技术和优先发展领域。

如果没有机械制造业提供质量优良、技术先进的技术装备，那么信息技术、新材料技术、海洋工程技术、生物工程技术以及空间技术等高新技术群的发展将会受到严重的制约。可以说，机械制造业的发展水平是衡量一个国家经济实力和科学技术水平的重要标志之一。

二、机械制造学科的发展特点

随着现代科学技术的进步，特别是微电子技术和计算机技术的发展，使机械制造这个传统工业焕发出了新的活力，增加了新的内涵。如计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）、柔性制造系统（FMS）、工业机器人（ROBOT）、计算机集成制造系统（CIMS）等新技术已广泛被人们了解、熟悉和应用。这些新技术的使用，使机械制造业无论在加工自动化方面，还是在生产组织、制造精度、制造工艺方面都令人瞩目。其特点如下：

（1）随着机械制造自动化程度的提高，制造装备和测试手段的改善，机械制造精度得到了极大的提高，现已可达到 $0.005 \sim 0.01 \mu\text{m}$ 。

（2）随着刀具材料的发展和变革，在近一个世纪内，切削速度提高了 100 多倍。由于使用了陶瓷刀具、金刚石刀具、立方碳化硼刀具，其耐热温度都在 $1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上，切削速度高达 $1\,000\text{ m/min}$ 。

三、制造技术的发展方向

制造技术正由手工设计、依靠人工经验和常规机械加工技术向以计算机辅助设计（CAD）、数控切削加工、数控电加工为核心的计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）技术

转变。产品市场变化正向着多品种、少批量，更新换代速度快的方向发展。

四、本课程的性质与任务

机械制造基础是研究机械工程材料和机械制造工艺过程一般规律、机械制造基本方法和操作实训的综合性技术课程。本课程是高等院校机械类及近机类专业必修的一门技术基础课，主要通过“做、学、教”的一体化教学，使学生全面了解机械制造的基本生产过程，获得机械工程材料和机械制造的基础知识及操作技能，为后续课程的学习和从事技术工作奠定坚实的专业基础。

1. 知识目标

(1) 了解常用工程材料的种类、牌号、类型、性能特点及其应用，了解金属热处理的基本原理和碳钢热处理的过程。

(2) 了解铸造、锻造、焊接、金属切削加工的基本原理及生产过程，熟悉典型零件的结构工艺性、工艺特点、工艺设计的基本知识和应用范围。

(3) 了解材料、毛坯和加工方法选择的原则。

(4) 熟悉尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度的基础知识和设计选择的原则。

2. 技能目标

(1) 具有选择材料、毛坯、加工方法和制订加工工艺路线的能力，掌握常用热处理方法及其使用范围，具有分析零件结构工艺性的初步能力。具有对常用金属材料鉴别、性能测定的能力。掌握焊接与切割所用设备的使用方法。掌握焊条电弧焊、氧气焊接与切割的基本操作技能。

(2) 熟悉车、铣、磨所用设备、工具、附件的结构、性能、用途及其使用方法。掌握车、铣、磨等加工的基本技能。

(3) 掌握各相关工种的安全技术操作规程，做到安全生产、安全实训。

(4) 培养理论联系实际、严肃认真、耐心细致的科学作风和工程素养。

3. 本课程的特点与学习方法

本课程为“做、学、教”一体化课程，实践性很强。在教学过程中，要注意从感性认识加深理性认识，要加强实践技能的培养与训练。自觉地用机械制造的理论指导生产实践，用实训检验机械制造理论，丰富工程实践经验，为进一步学习理论、提高技能奠定基础。积极参加生产实践，并按照国家规定的各工种《工人技术等级标准》、《职业技能鉴定规范》严格要求，做到仔细观察，积极思考，勇于实践，勤学苦练，争做作风扎实、技术过硬的高技能应用型人才。在实训过程中，要贯彻“安全第一、预防为主”的指导思想，按照安全技术操作规程科学、文明生产。

五、课程特点和学习方法

1. 课程特点

- (1) 实践性强；
- (2) 涉及面广；
- (3) 灵活性大。

2. 学习方法

- (1) 勤于思考、多下工厂、多加分析；
- (2) 善于运用综合知识解决所遇到的困难；
- (3) 以实事求是的态度去工作，以饱满积极的热情去学习。

项目一 机械工程材料及热处理

任务一 金属材料的性能

【能力目标】

能根据加工要求，正确地选择机械工程材料。

【知识目标】

了解工程材料的应用情况，熟悉机械制造常用工程材料的性能。

机械工业使用的材料可分为金属与非金属材料（工程塑料、橡胶及陶瓷等），金属材料的使用量约占 90% 以上。使用时，材料表现出来的性能特点有机械性能、物理性能和化学性能，这些性能决定了材料的应用范围、安全可靠性及使用寿命。

材料的机械性能也称力学性能，指金属材料在各种不同形式的载荷作用下，抵抗变形和破坏的能力，是设计机械零件时选材的重要依据。机械性能主要有强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

为了更好地选用金属材料，首先要了解它的性能。金属材料的性能包括力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能等。对于一般常用金属来说，以上性能中以力学性能最为重要。因此，本任务重点介绍力学性能。

一、金属材料的力学性能

零件或工具在使用过程中往往会受到不同性质的外力（或称载荷）的作用。如起重机上的钢丝绳，受到悬吊物件拉力的作用；千斤顶的顶杆，受到重物压力的作用；起重机大梁受到弯力的作用；连接两块钢板的铆钉，受到剪刀的作用；卷扬机中的传动轴，受到扭力的作用；这种拉力、压力、弯力、剪力、扭力等分别使金属材料产生拉伸、压缩、弯曲、剪切、扭转等变形，如图 1-1 所示。

这些外力作用的结果，对金属材料有一定的破坏性。因此要求金属材料必须具有抵抗外力作用而不致发生变形或破坏的能力，这就是机械性能或称力学性能。

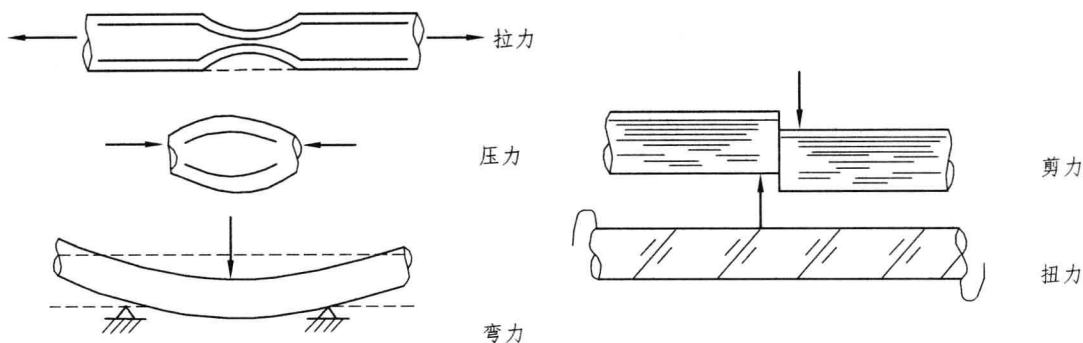


图 1-1 作用于金属材料的几种外力及变形

机械性能主要包括强度、塑性、冲击韧性、硬度等。

(一) 强度和塑性

起重机钢丝绳在悬吊物件时受到拉力作用。悬吊的物件越重，钢丝绳受到的拉力就越大。当悬吊物件超过一定重量时，钢丝绳就会逐渐变形——伸长，假使悬吊物太重，钢丝绳便承受不住这样大的拉力而断裂。金属材料的这种在外力作用下抵抗变形和断裂的能力叫作强度。

根据外力性质的不同，强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度、抗扭强度等。抗拉强度应用得比较广泛（因抗拉强度都和其他强度有一定关系）。

抗拉强度是通过拉伸试验测定的。它是一定形状与尺寸的试样（见图 1-2）装夹在拉力试验机上，然后逐渐施加拉力，随着拉力的增大，试样逐渐变形伸长直至拉断。在拉伸过程中试验机自动记录了每一瞬间的拉力与变形的关系曲线，即拉伸曲线，如图 1-3 所示。

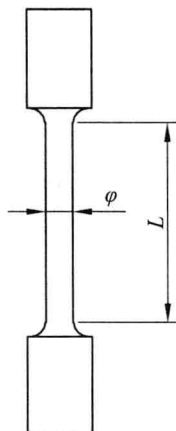


图 1-2 拉伸试样

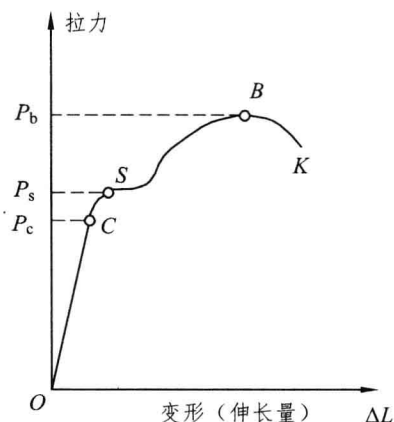


图 1-3 拉伸曲线

当载荷不超过 P_c 时，拉伸曲线中 OC 是直线，即变形与外力成正比，此时只产生弹性变形，就是说，外力去除变形便立即消失，试样恢复原长。所以 P_c 称为弹性极限载荷。当载荷增加超过 P_c 时，拉伸曲线出现明显弯曲，此时发生塑性变形，就是说，外力去除后试

样也不会恢复原来长度（即产生永久变形）。当载荷增加到 P_s 时，虽然外力维持不变，但试样的变形（伸长）仍不断增加（拉伸曲线趋于水平），这种现象叫作屈服，引起试样发生屈服的载荷 P_s 叫作屈服载荷， S 点叫作屈服点。当载荷继续增加时，变形急剧增大（拉伸曲线又再上升），在达到某一最大值 P_b 时，试样的局部截面产生缩颈，这时拉力减小，变形很快增大，直到试样被拉断为止。

当金属材料受外力作用时，在其内部也产生抵抗力。在试样横截面上，单位面积上的抵抗力称为应力，即：

$$\sigma = P / F \quad (1-1)$$

式中 σ ——应力（MPa）；

P ——外力（N）；

F ——横截面面积（mm²）。

对应于弹性极限载荷 P_e 时的应力 σ_e ($\sigma_e = P_e / F_0$)，称为弹性极限（ F_0 ——试样原来的横截面面积）。

对应于屈服载荷 P_s 时的应力 σ_s ($\sigma_s = P_s / F_0$)，称为屈服点。

为了确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%）时的应力称为“条件屈服强度”，以 $\sigma_{0.2}$ 表示。

对应于最大载荷 P_b 时的应力 σ_b ($\sigma_b = P_b / F_0$)，称为抗拉强度。

上述的 σ_s 和 σ_b 是衡量金属材料力学性能的两个很重要的指标，是机械零件的设计和检查的基本依据。材料的强度越高，则机械零件的尺寸就可以减小，重量减轻，二者具有实际意义。

另外， σ_s / σ_b 为屈强比，是极具实际意义的指标。屈强比越小，零件的可靠性越高。但比值太小，材料强度的有效利用率就过低。

以上说明了通过拉伸试验可以确定金属材料的强度。下面介绍通过该试验还可以确定塑性。

在生产实践中，经常遇到这种现象：低碳的铁丝使用时可以任意弯折而不易折断；而高碳且经热处理的锯条一折弯就要断。可见这两种材料在变形方面的性能是不同的。金属材料的这种在外力作用下破坏前产生变形的能力称为塑性。

因为金属材料在拉伸时长度和横断面面积都要变化，塑性指标是以断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 来表示的，即：

$$\delta = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

$$\psi = \frac{F_0 - F}{F_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 L_0 和 L ——试样原长和拉断时的长度；

F_0 和 F ——试样原断面面积和拉断时的断面面积。

断后伸长率和断面收缩率数值越大，材料的塑性越好。塑性好的材料易于进行压力加工（轧制、冲压、锻造等）、焊接，并且工艺简单，质量易保证；零件使用过程中，不会突然断裂。

塑性也是金属材料很重要的性能。由于某些金属材料具有塑性，可以用较大的变形量轧制、锻造或冲压使其成型；另外，金属材料的塑性低，也就是脆性大，因此在受拉力的情况下，几乎没有任何征兆（如显著的伸长，或出现缩颈）就突然断裂了。所以不能用脆性材料的铸铁来制作承受冲击的零件（如弹簧等）。

因此，在静载荷作用下的机械零件，使用塑性好的材料比较安全。

（二）硬 度

“硬”和“软”是相对来讲的，例如，用锯锯割工件时，材料软，容易锯断，硬则不容易锯断。金属材料的这种抵抗坚硬物体压入而引起塑性变形的能力称为硬度。

常用的硬度指标有以下三种：

1. 布氏硬度 HBS（HBW）

用一定压力 P （如 30 kN）把一定大小（通常直径 D 为 10 mm）的淬硬钢球或硬质合金球压在金属材料表面上如图 1-4 所示，然后根据压成的球面压痕直径 d 的大小就可确定布氏硬度值（一般可在硬度表上查得）。显然，金属材料越硬，压痕的直径越小，布氏硬度越大。

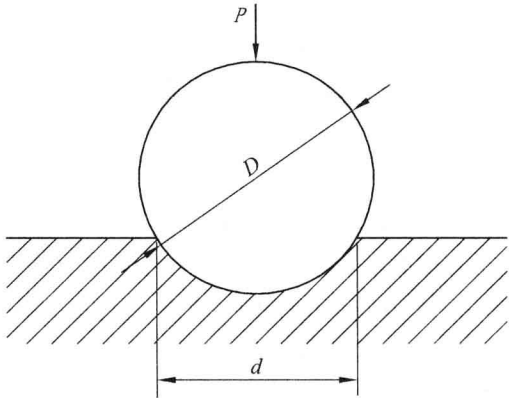


图 1-4 布氏硬度试验

使用淬硬钢球压头时布氏硬度值用符号“HBS”表示；使用硬质合金球压头时，布氏硬度值用符号“HBW”表示。

布氏硬度的单位为 MPa，不标单位，只写明硬度值。

布氏硬度测量主要用来测量硬度不超过 HB450 的较软金属材料（退火、正火、调质钢、有色金属）以及组织不均匀的铸铁的硬度，因钢球本身存在着变形的问題，故它不适于测量 HB>450 的金属材料的硬度。因压痕较大，不适合检查成品。

2. 洛氏硬度 HRC

HRC 是洛氏硬度的一种，它的测量方法与布氏硬度相似，它所采用的压头不是淬硬钢球而是顶角为 120° 的圆锥形金刚石，如图 1-5 所示，加的压力 P 也较小。根据压痕深度确定洛氏硬度值。该值在硬度试验机上直接读出。显然，金属越硬，压痕的深度越小，洛氏硬度就越大。

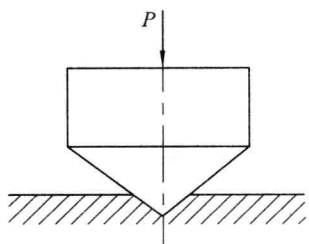


图 1-5 洛氏硬度试验

HRC 用于测量 $HB = 230 \sim 700$ 的金属（如淬火钢）的硬度。HRC 和 HBS 可以查表换算，一般 $HB \approx 10 \text{ HRC}$ 。

洛氏硬度测量主要优点是：快速，而且压痕小，对零件破坏性小，克服了 HB 的缺点；缺点是：各国洛氏硬度标准有差别，不便于比较和使用各国数据。

3. 维氏硬度 HV

HV 是采用高硬度的金刚石四角锥压头和小载荷来测量金属的硬度。

HV 的意义基本上和 HBS 相同，它也是表示压痕单位面积上所能抵抗的压力，因此，HV 和 HBS 可以互相转换，凡金属硬度在 HB300 以下时， $HV \approx HBS$ ；在 HB300 以上时，由于布氏硬度测量时钢球变形，所以 HBS 稍低于 HV。

在以上介绍的几种硬度中，以 HBS 尤其是 HRC 最常用。

（三）冲击韧度

上面介绍的测定强度和硬度的方法是属于静力试验。这里将介绍测定金属材料另一种重要性能——冲击韧度的动力试验。

不少机器零件在工作时都或多或少地受到一些冲击力的作用。例如，行驶着的汽车的板弹簧，内燃机工作时的连杆。金属材料这种抵抗冲击力破坏的能力叫作冲击韧度。

冲击试验一般在冲击试验机上进行。如果冲断金属材料试样（见图 1-6）需要的能量越大，则该金属的冲击韧度就越好，因此可以用冲击试样时单位面积所需要的能量来表示它的冲击韧度，通常以符号 α_k 来表示。

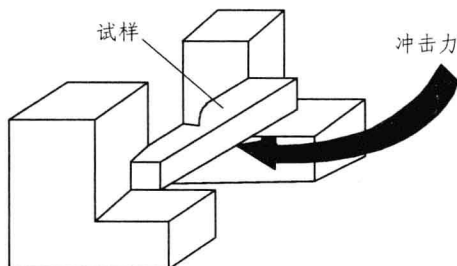


图 1-6 冲击试验

$$\alpha_k = \frac{A_k}{F} \times 10^5 \quad (1-4)$$

式中 A_k ——冲断试样时需要的能量（J）；