

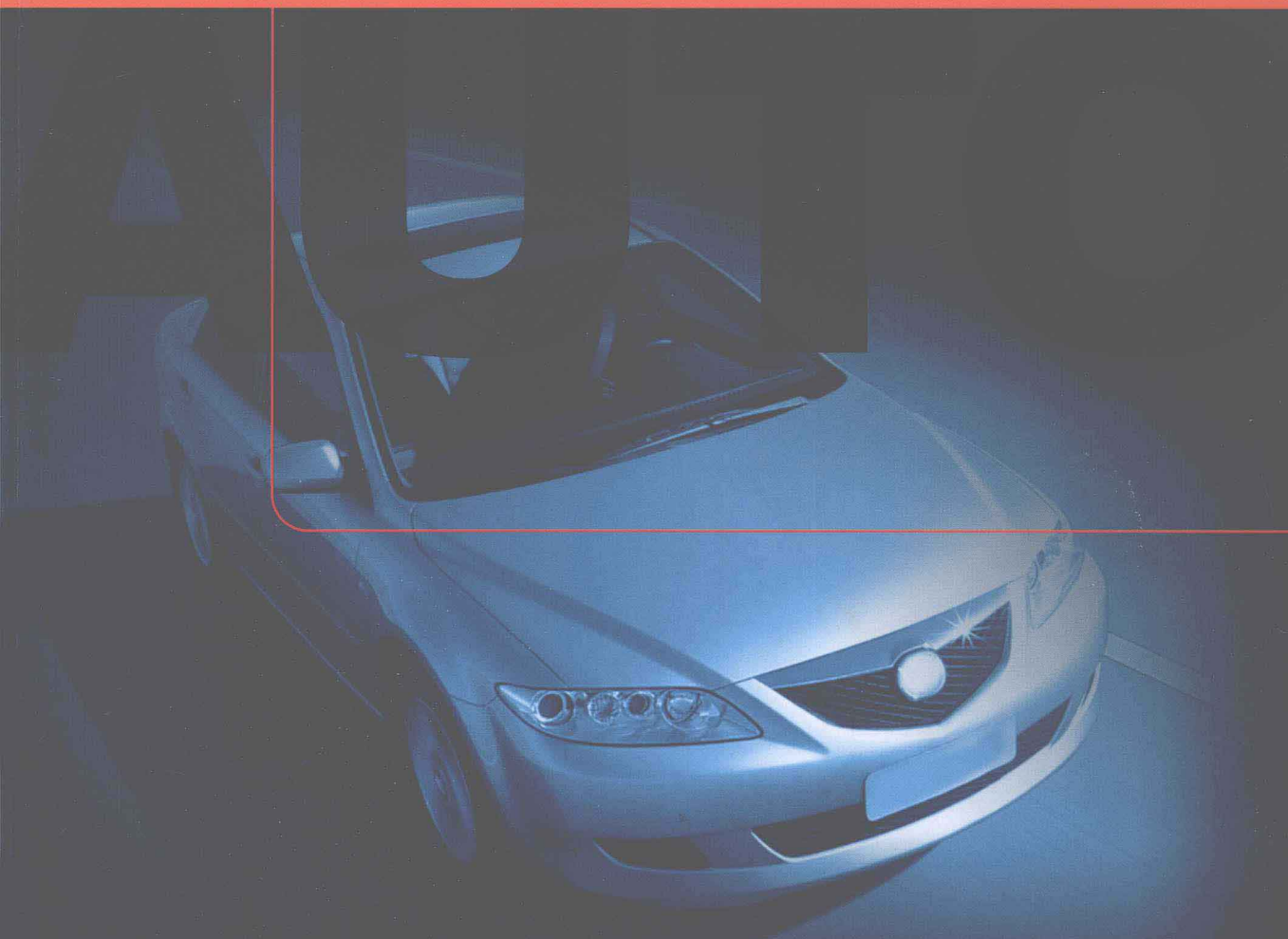
高等职业教育规划教材

汽车机械基础

(下册)

QICHE JIXIE JICHU

主 编 傅 强



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

高等职业教育规划教材

汽车机械基础(下册)

主 编 傅 强

副主编 姜铁均 朱思捷

主 审 周述积 徐惠德



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书分上、下两册,上册内容为汽车机械识图,安排 60 课时,另附配套的习题集,下册内容为汽车材料、力学基础和机械基础,计划 90 课时。

由于知识点较多,在编写过程中,本书力求简洁明了,并结合汽车产业的实际,以实用性为标准,注重理论联系实际,简化理论性较强的内容,突出各种知识在实际中的应用,并适度拓宽知识面,重点培养学生分析和解决问题的能力,充分体现了教育部确定的高职高专教育改革方向。同时,本书在编写时已经采用了最新的国家相关标准。

本书主要供高等职业技术学院、技师学院、中职学校的汽车类及其相近专业的学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础.下册 / 傅强主编. —上海:同济大学出版社, 2009. 2

ISBN 978-7-5608-3981-3

I. 汽… II. 傅… III. 汽车—机械学—教材 IV. U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 213395 号

汽车机械基础(下册)

主 编 傅 强

策 划 华 泽 责任编辑 郁 峰 责任校对 徐春莲 封面设计 华 泽

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021—65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 常熟华顺印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 17.75

印 数 1—4 100

字 数 443 000

版 次 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-3981-3

定 价 28.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

高等职业教育规划教材

《汽车系列教材》编审委员会

主 任 宋德朝

副主任 王世震 陈 明 林在梨

祁翠琴 卢 明 汤定国

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁在明 朱忠伦 李 鹏

杨柳青 郁 雯 姜铁均

夏令伟 屠卫星 傅 强

裘文才 潘国强

前 言

汽车机械基础是机械大类的专业基础课程,由于我国汽车工业的迅速发展,引发了全国对汽车专业人才的急需,而目前适应于国家高职高专办学方向的汽车类相关教材相对滞后,为了满足各高职院校的教学需求,我们组织了本书的编写。

本书是根据高等职业院校机械工程类专业为社会培养应用型人才的要求而编写的,内容主要包括汽车材料、力学基础、机械基础,计划 90 课时。由于知识点较多,因此,在编写过程中,本书力求简洁明了,并结合汽车产业的实际,以实用性为标准,注重理论联系实际,简化理论性较强的内容,突出各种知识在实际中的应用,并适度拓宽知识面,重点培养学生分析和解决问题的能力,充分体现了教育部确定的高职高专教育改革方向,同时,本书在编写时已经采用了最新的国家相关标准。

《汽车机械基础》分上、下两册,本书为下册,分三篇,共 11 章。其中,第六、七章由浙江汽车职业技术学院傅强、吴一挺编写,第八章由郑州交通职业学院张鹏编写,第九章由郑州卓立电子技术有限公司李鹏编写,第十章由郑州交通职业学院马海英编写,第十一章由上海大学巴士汽车学院姜铁均编写,第十二章由浙江汽车职业技术学院徐利川和李坚华编写,第十三章由安徽交通职业技术学院朱思捷编写,第十四章由浙江吉利技师学院王善讨编写,第十五章由浙江汽车职业技术学院洪玮、冯伟性编写,第十六章由浙江汽车职业技术学院钱爱萍编写。全书由傅强担任主编,姜铁均、朱思捷担任副主编,周述积、徐惠德负责主审。

本教材主要供高等职业技术学院、技师学院、中职学校的汽车类及其相近专业学生使用。

由于我们水平有限,编写时间仓促,书中难免存在缺点和不足,恳请使用本书的教师和广大读者批评指正,同时,对给予过帮助的各方领导表示由衷的谢意。

如需了解本书相关信息或提出意见建议,请登陆 www.huaze021.com.cn 或与上海华泽朱老师联系(021-65510115, huaze021@vip.163.com)。

编 者

2009 年 2 月

目 录

前 言

第六章 金属材料的性能	1
第一节 金属材料的物理、化学性能	1
第二节 金属材料的机械性能	4
第三节 金属材料的工艺性能	11
第七章 黑色金属材料	16
第一节 铁碳合金的基本组织与合金相图	16
第二节 钢的热处理	21
第三节 碳素钢	27
第四节 合金钢	33
第五节 铸 铁	37
第八章 有色金属材料	41
第一节 铝及铝合金	41
第二节 铜及铜合金	45
第三节 轴承合金	48
第九章 汽车常用非金属材料	52
第一节 汽车常用高分子材料	52
第二节 汽车常用复合材料简介	70
第十章 汽车运行材料	77
第一节 汽车燃料及代用能源	77
第二节 汽车发动机润滑油	89
第三节 汽车齿轮油、传动液、润滑脂	97
第四节 汽车工作液	107

第十一章 物体受力分析	113
第一节 物体受力分析	113
第二节 平面力系的平衡及应用	119
第三节 考虑摩擦时的平衡问题简介	128
第十二章 构件受力变形及强度计算	137
第一节 物体受力分析	137
第二节 轴向拉伸与压缩	138
第三节 剪切和挤压的实用计算	141
第四节 扭 转	142
第五节 梁的对称弯曲	147
第六节 组合变形时的强度计算	153
第十三章 汽车常用机构组成	160
第一节 汽车常用机构的组成	160
第二节 平面连杆机构	169
第三节 凸轮机构	177
第四节 其他机构	185
第十四章 带传动、链传动、齿轮传动	191
第一节 带传动	192
第二节 链传动	204
第三节 齿轮传动	211
第四节 轮 系	231
第十五章 轴系零部件	236
第一节 轴	236
第二节 轴 承	243
第三节 联轴器、离合器	254
第十六章 螺纹连接、键连接	263
第一节 螺纹连接	263
第二节 键、销连接	269
参考文献	275



第六章 金属材料的性能



学习目标

知识要求

1. 掌握金属材料性能的基本概念。
2. 掌握有关金属材料的主要使用和工艺性能指标。

技能要求

1. 学会金属材料主要性能的分析衡量方法。
2. 学会根据金属材料性能选择相应材料的基本能力。

应用于汽车的金属材料分为黑色金属材料和有色金属材料两大类,其性能包括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所表现出来的性能,主要有物理性能、化学性能、机械(力学)性能等;工艺性能是指金属材料在各种加工过程中表现出来的性能,主要有热处理性能、铸造性能、锻造性能、焊接性能和切削加工性能等。

第一节 金属材料的物理、化学性能

一、金属材料的物理性能

材料的物理性能指的是材料在物理方面的特征,即材料固有的属性。金属的物理性能包括密度、熔点、电性能、热性能、磁性能等。

1. 密度

密度是指在一定温度下单位体积物质的质量,密度表达式如下:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 ρ ——物质的密度(g/cm^3);

m ——物质的质量(g);

V ——物质的体积(cm^3)。

表 6-1 列出了常用金属材料的密度。

表 6-1

常用金属材料的密度(20°C)

材料	铅	铜	铁	钛	铝	锡	钨
密度/ (g/cm^3)	11.3	8.9	7.8	4.5	2.7	7.28	19.3





密度的大小很大程度上决定了工件的自重,对于要求质轻的工件,宜采用密度较小的材料(如铝、钛、塑料、复合材料等)。同时,根据密度的大小,金属可分为轻金属和重金属。密度小于 $5\text{g}/\text{cm}^3$ 的金属为轻金属,密度大于 $5\text{g}/\text{cm}^3$ 的金属为重金属。例如,铁的密度是 $7.8\text{g}/\text{cm}^3$,属重金属;铝的密度是 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$,属轻金属。

在汽车工业中,为了增加有效载荷质量,钢铁占整车质量的70%左右;而某些高速运动的零件(如活塞),要求尽量减少质量,以减少其惯性力,因而多用铝合金等轻金属。

2. 熔点

金属或合金在加热过程中从固态转变为液态的温度称为熔点,常以摄氏度($^{\circ}\text{C}$)来表示。金属等晶体材料一般具有固定的熔点,而高分子材料等非晶体材料一般没有固定的熔点。常用金属材料的熔点如表6-2所示。

表 6-2 常用金属材料的熔点

材料	钨	钼	钛	铁	铜	铝	铅	铋	锡	铸铁	碳钢	铝合金
熔点/ $^{\circ}\text{C}$	3 380	2 630	1 677	1 538	1 083	660.1	327	271.3	231.9	1 279~ 1 148	1 450~ 1 500	447~ 575

金属的熔点是热加工的重要工艺参数,对选材有影响,不同熔点的金属具有不同的应用场合:高的熔点金属(如钨、钼等)可用于制造耐高温的零件(如火箭、导弹、燃气轮机零件),低的熔点金属(如铅、铋、锡等)可用于制造熔丝、焊接钎料等。

3. 电阻率

金属能够传导电流的性能称为导电性。导电性由电阻率 ρ 表示,电阻率是单位长度、单位截面积的电阻值,其单位为 $\Omega\cdot\text{m}$ 。

电阻率是设计导电材料和绝缘材料的主要依据。材料的电阻率 ρ 越小,导电性能越好。金属中银的导电性最好,铜与铝次之。通常,金属的纯度越高,其导电性越好,合金的导电性比纯金属差,高分子材料和陶瓷一般都是绝缘体。导电器材常选用导电性良好的材料,以减少损耗;而加热元件、电阻丝则选用导电性差的材料制作,以提高功率。例如,在汽车零部件中,轿车仪表中的电阻元件一般采用镍、铬等具有很高电阻率的合金材料。

4. 热导率

金属传热的效率称为热导率,又称导热系数,用 λ 表示。其含义是在单位厚度金属温差为 1°C 时每秒钟从单位断面通过的热量。单位为 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 或 $\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。

表6-3列出了常用金属的导热率。

表 6-3 常用金属的热导率

材料	银	铜	铝	铁	灰铸铁	碳钢
热导率/ $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$	419	393	222	75	~63	67 (100 $^{\circ}\text{C}$)

金属具有良好的导热性,尤其是银、铜、铝的导热性很好;一般纯金属具有良好的导热性,合金的成分越复杂,其导热性越差。

热导率是传热设备和元件应考虑的主要性能,对热加工工艺性能也有影响。散热器等传热元件应采用导热性好的材料制造;保温器材应采用导热性差的材料制造。热加工工艺与导



热性有密切关系,在热处理、铸造、锻造、焊接过程中,若材料的导热性差,则会使工件内外产生大的温差而出现较大的内应力,导致工件变形或开裂。采用缓慢加热和冷却的方法可使零件内、外温度均匀,防止变形和开裂。

5. 热膨胀性(线膨胀系数)

材料随温度的改变而出现体积变化的现象称为热膨胀性,用线膨胀系数 α 来表示。其含义是温度每变化 1°C 时材料长度变化的百分率,单位为 $1/^{\circ}\text{C}$ 或 $1/\text{K}$ 。陶瓷的热膨胀性小,金属次之,高分子材料最大,常用金属线膨胀系数如表 6-4 所示。

表 6-4 常用金属的线膨胀系数/ $(10^{-6}1/^{\circ}\text{C})$

材料	铝	铅	锡	铜	铁	钛	碳钢	黄铜	青铜	铸铁
线膨胀系数 $/(10^{-6}1/^{\circ}\text{C})$	23.6	29.3	23.0	17.0	11.7	68.2	10.6~ 13	17.8~ 20.9	17.6~ 18.2	8.7~ 11.6

材料的热膨胀性影响工件的精度,精密量具、零件、仪表、机器等,应选用热膨胀性小的材料,以避免在不同的温度下使用时影响其精度;机械加工和装配中也应考虑材料的热膨胀性,以保证构件尺寸的准确性。另外,利用两种线膨胀系数不同的双金属片,还可以制成温控元件。

6. 磁性

非铁磁性物质:不能被磁铁所吸引,即不能被磁化的物质,如铝、铜等。可用于制作要求避免电磁场干扰的零件和结构件。

铁磁性物质:可以被磁铁吸引,即能被磁化的物质,如铁、镍、钴等。可用于制造变压器的铁芯、发电机的转子等。

(1) 表示磁性的物理量:

① 磁导率 $\mu(\mu=B/H)$:表示铁磁材料磁化曲线上某一点的磁化强度 B 与外磁场强度 H 的比值;

② 磁饱和强度 B_s :表示材料能达到的最大磁化强度;

③ 剩磁 B_r :表示外磁场退为零时材料的剩余磁感应强度;

④ 矫顽力 H_c :表示要使磁感应强度降为零时必须加反方向的磁场 H_c 。

(2) 软磁材料:指易于磁化并可反复磁化的材料,即当外磁场去除后,磁性随之消失。

(3) 硬磁材料:硬磁材料经磁化后,当外磁场去除后仍保留磁性,并具有高的剩磁和矫顽力。

二、金属材料的化学性能

化学性能是指金属材料在外部介质化学作用下表现的性能,主要包括耐腐蚀性、高温抗氧化性。

1. 耐腐蚀性

金属材料在常温下抵抗氧、水及其他化学物质腐蚀破坏的能力称为耐腐蚀性。金属的腐蚀既造成表面金属光泽的缺失和材料的损失,也造成一些隐蔽性和突发性的事故。金属材料中铬镍不锈钢可以耐含氧酸的腐蚀;而耐候钢、铜及铜合金、铝及铝合金能耐大气的腐蚀;合成高分子材料和陶瓷材料一般都具有良好的耐腐蚀性。



对金属材料而言,其腐蚀形式主要有两种:一种是化学腐蚀,另一种是电化学腐蚀。化学腐蚀是金属直接与周围介质发生纯化学作用,例如,钢的氧化反应。电化学腐蚀是金属在酸、碱、盐等电介质溶液中由于原电池的作用而引起的腐蚀。提高材料的耐腐蚀性的方法很多,如均匀化处理、表面处理等都可以提高材料的耐腐蚀性。

2. 高温抗氧化性

在高温下,金属材料易与氧结合,形成氧化皮,造成金属的损耗和浪费。因此,高温下使用的工件,要求材料具有高温抗氧化的能力。如各种加热炉、锅炉等,要选用抗氧化性良好的材料。材料中的耐热钢、高温合金、钛合金、陶瓷材料等都具有好的高温抗氧化性。

提高高温抗氧化性的措施是:使材料在迅速氧化后能在表面形成一层连续而致密并与母体结合牢靠的膜,从而阻止进一步氧化。

第二节 金属材料的机械性能

在制造业中,一般机械零件都是在常温、常压和非强烈腐蚀性介质中使用的,且在使用过程中,各机械零件都将承受不同载荷的作用。金属材料在载荷作用下抵抗破坏的性能,称为机械性能(或称为力学性能)。

金属材料的机械性能是零件的设计和选材时的主要依据。外加载荷性质不同(如拉伸、压缩、扭转、冲击、循环载荷等),对金属材料要求的机械性能也将不同。常用的机械性能包括强度、塑性、硬度、冲击韧性、多次冲击抗力和疲劳极限等。

(1) 载荷:零件和工具在使用过程中所受的力,按作用方式不同,可分为拉伸、压缩、弯曲、剪切、扭转等,又可分为静载荷和动载荷。

静载荷——力的大小不变或变化缓慢的载荷。如静拉力、静压力等。

动载荷——力的大小和方向随时间而发生改变。如冲击载荷、交变载荷、循环载荷等。

(2) 应力:材料在任一时刻所受的力除以横截面积之商,用“ σ ”表示。

(3) 变形:金属在外力的作用下尺寸和形状的变化,有“弹性变形”和“塑性变形”之分。

弹性变形——去除外力后,物体能完全恢复原状的变形。

塑性变形——当外力取消后,物体的变形不能完全恢复而产生的永久变形。

(4) 强度:材料在力的作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。

(5) 塑性:塑性是金属在外力作用下能稳定地改变自己的形状和尺寸而各质点间的联系不被破坏的性能。

(6) 硬度:材料抵抗局部变形特别是塑性变形、压痕或划痕的能力称为硬度。

(7) 韧性:韧性是指金属在冲断前吸收变形能量的能力,即抵抗冲击破坏的能力。

一、抗拉强度与塑性测量

拉伸试验:GB/T228—1987(新标准,GB/T228—2002),采用万能材料试验机,给拉伸试件缓慢施以拉力,测出拉力与变量的关系。如图 6-1 所示,拉伸试验可用于测量材料在拉力作用下的强度和塑性。

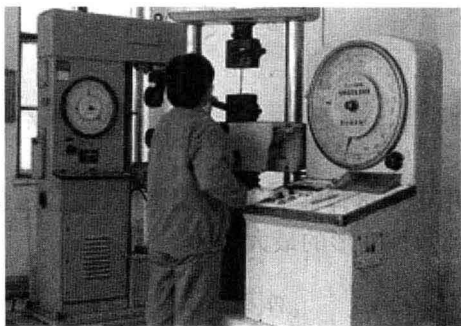


图 6-1 拉伸实验

拉伸试样:按国家标准制作,试样的截面可以为圆形、矩形、多边形、环形等。其中,圆形拉伸试样如图 6-2 所示。

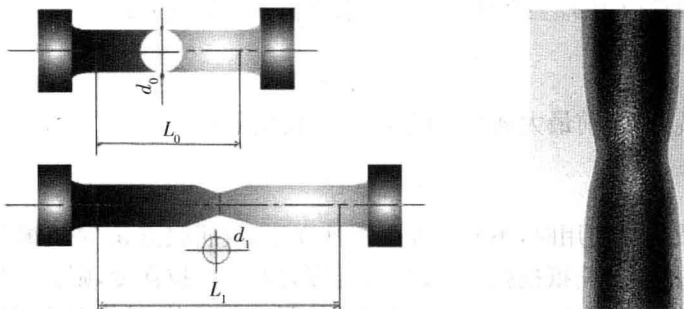


图 6-2 拉伸试样及其颈缩现象

L_0 为原始标距长度; d_0 为原始直径。一般应符合一定的比例关系:国际上常用的是 $L_0/d_0=5$ (短试样),原始标距长度不小于 15mm;当试样横截面太小时,可采用 $L_0/d_0=10$ (长试样),或采用非比例试样。

L_1 为拉断后试样标距长度; d_1 为拉断后试样断口直径。

拉伸曲线:拉伸试验中记录的拉伸力 F 与伸长量 ΔL (某一拉伸力时试样的长度与原始长度的差 $\Delta L=L_u-L_0$)的 $F-\Delta L$ 关系曲线称为拉伸曲线图。图 6-3 所示为低碳钢的拉伸曲线

线图。其中,“ Oe ”为纯弹性变形阶段,卸去载荷时,试样能恢复原状;“ e ”点开始塑性变形;“ s ”点出现“屈服”现象,出现明显塑性变形;“ sb ”为强化阶段,试样产生均匀的塑性变形,并出现了强化;“ b ”点为最大载荷,试样出现“缩颈”现象;“ k ”点试样被拉断。

1. 强度

强度一般用拉伸曲线上所对应某点的应力来表示,单位采用 N/mm^2 或 MPa(兆帕)。

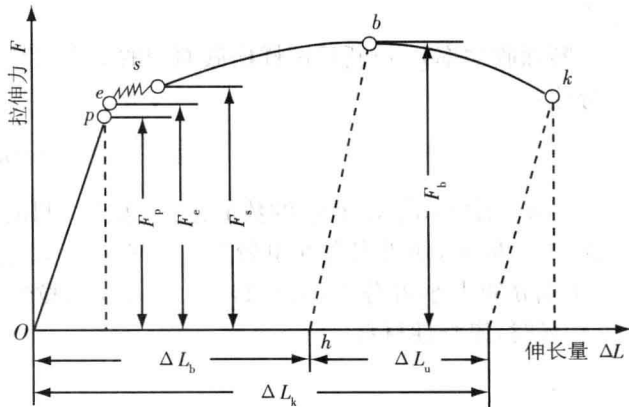


图 6-3 低碳钢的拉伸曲线





$$\sigma = \frac{F}{S}$$

式中 σ ——应力(MPa);

F ——拉力(N);

S ——截面积(mm²)。

强度判据:拉伸试验可用于测量弹性极限、屈服强度、规定残余伸长强度、抗拉强度等。

(1) 弹性极限 σ_e :保持纯弹性变形的最大应力:

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S}$$

(2) 屈服强度 σ_s :产生屈服时的应力(屈服点),亦表示材料发生明显塑性变形时的最低应力值:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S}$$

(3) 规定残余伸长应力 $\sigma_{r0.2}$:产生 0.2%残余伸长率时的应力:

$$\sigma_{r0.2} = \frac{F_{r0.2}}{S}$$

(4) 抗拉强度 σ_b :断裂前最大载荷时的应力(强度极限):

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S}$$

一般机械零件或工具使用时,不允许发生塑性变形,故屈服点 σ_s 是机械设计强度计算的主要依据;抗拉强度代表材料抵抗拉断的能力,若应力大于抗拉强度,则会发生断裂而造成事故。工程上还通过计算屈强比(σ_s/σ_b ,屈服点与抗拉强度的比值)来判别材料强度的利用率,屈强比高,材料性能使用效率高,一般材料的屈强比以 0.75 为宜。

2. 塑性

塑性判据:可用拉伸试验测定的断后伸长率和断面收缩率判断塑性的好坏。

断后伸长率 δ :用断后标距的残余伸长量($L_1 - L_0$)与原始标距长度(L_0)之比的百分数:

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

采用长、短试样测出的断后伸长率分别用 δ_5 和 δ_{10} 表示(一般, $\delta_5 > \delta_{10}$;一般大 20% 左右)。

断面收缩率 ψ :拉断后试样横截面积的最大缩减量($S_0 - S_1$)与试样原始横截面积(S_0)的百分比:

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

当 $\delta < 2\% \sim 5\%$, δ 和 ψ 的数值越大,表明材料的塑性越好。塑性良好的金属可进行各种塑性加工,同时,使用安全性也较好。表 6-5 所示为金属强度与塑性新、旧标准对照表。另外,根据 δ 的大小可分为: $\delta < 2\% \sim 5\%$ 时,属脆性材料; $\delta \approx 5\% \sim 10\%$ 时,属韧性材料; $\delta > 10\%$ 时,属塑性材料。



表 6-5 金属强度与塑性新、旧标准对照表

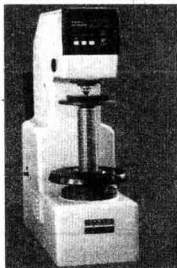
新标准 GB/T228—2002		旧标准 GB/T228—1987	
性能	符号	性能	符号
断面收缩率	Z	断面收缩率	ψ
断后伸长率	A	断后伸长率	δ_5
	$A_{11.3}$		δ_{10}
屈服强度	—	屈服点	σ_s
上屈服强度	R_{eH}	上屈服点	σ_{sU}
下屈服强度	R_{eL}	下屈服点	σ_{sL}
规定残余伸长强度	R_r	规定残余伸长应力	σ_r
	例如： $R_{r0.2}$		例如： $\sigma_{r0.2}$
抗拉强度	R_m	抗拉强度	σ_b

注：因工程中仍大量使用旧标准，故本书中仍以旧标准为主。

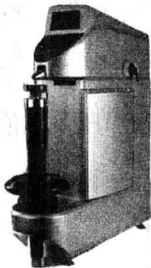
二、硬度测量

硬度测量的应用：硬度测量具有简便、快捷、不破坏试样（非破坏性试验）的特点。硬度能综合反映材料的强度等其他力学性能；硬度与耐磨性具有直接关系，硬度越高，耐磨性越好。所以，硬度测量应用极为广泛，常把硬度标注于图纸上，作为零件检验、验收的主要依据。

测量方法上可采用压入法、加弹法、划痕法等。生产中常用压入法（有布氏硬度法、洛氏硬度法、维氏硬度法等）。图 6-4 所示分别为布氏硬度计、洛氏硬度计、维氏硬度计。



a) 布氏硬度计



b) 洛氏硬度计



c) 维氏硬度计

图 6-4 硬度测量计

1. 布氏硬度 HB (HBS、HBW)

(1) 布氏硬度测量原理：采用直径为 D 的球形压头，以相应的试验力 F 压入材料的表面，经规定保持时间后卸除试验力，用读数显微镜测量残余压痕平均直径 d ，用球形冠压痕单位面积上所受的压力表示硬度值。实际测量方法如图 6-5 所示，测出 d 值后查表获得硬度值。

HBS——表示用淬火钢球压头测量的布氏硬度值，适用于衡量布氏硬度小于 450 的材料；

HBW——表示用硬质合金压头测量的布氏硬度值，适用于衡量布氏硬度为 450~650 的材料。



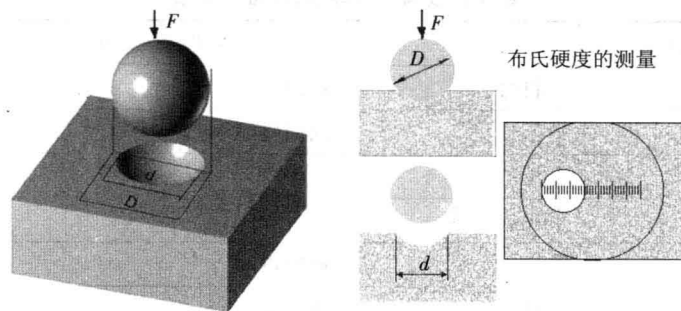


图 6-5 布氏硬度测量示意

(2) 布氏硬度表示方法:符号 HBS 或 HBW 之前的数字表示硬度值,符号后面的数字按顺序分别表示球体直径、载荷及载荷保持时间。如: 120HBS10/1 000/30 表示直径为 10mm 的钢球在 1 000kgf (9. 807kN) 载荷作用下保持 30s 测得的布氏硬度值为 120。

(3) 布氏硬度特点:

优点——测量数值稳定,准确,能较真实地反映材料的平均硬度;

缺点——压痕较大,操作慢,不适用批量生产的成品件和薄形件。

(4) 布氏硬度测量范围:用于原材料与半成品硬度测量,可用于测量铸铁、非铁金属(有色金属)、硬度较低的钢(如退火、正火、调质处理的钢)。

2. 洛氏硬度 HR

(1) 洛氏硬度测量原理:用金刚石圆锥或淬火钢球压头,在试验压力 F 的作用下,将压头压入材料表面,保持规定时间后,去除主试验力,保持初始试验力,用残余压痕深度增量计算硬度值,实际测量时,可通过试验机的表盘直接读出洛氏硬度的数值(图 6-6)。

$$HR = K - \frac{h}{0.002}$$

式中 K ——常数,金刚石压头取值 100,球形压头取值 130。

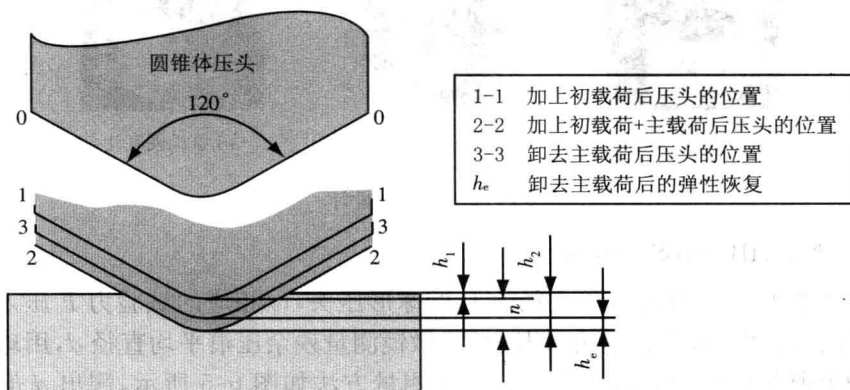


图 6-6 洛氏硬度测量原理

(2) 洛氏硬度测量条件:洛氏硬度可以测量从软到硬较大范围的硬度值,根据被测对象硬度值大小不同,可用不同的压头和试验力,如表 6-6 所示。



表 6-6 常用洛氏硬度的试验条件和应用范围

硬度符号	压头类型	总试验力 F/N (kgf)	硬度范围	应用举例
HRA	120°金刚石圆锥	588.4 (60)	20~88	硬质合金、碳化物、浅层表面硬化钢等
HRB	$\phi 1.588\text{mm}$ 淬火钢球	980.7 (100)	20~100	退火钢、正火钢、铝合金、铜合金、铸铁
HRC	120°金刚石圆锥	1 471 (150)	20~70	淬火钢、调质钢、深层表面硬化钢

(3) 洛氏硬度特点:

优点——测量迅速、简便、压痕小、硬度测量范围大;

缺点——数据准确性、稳定性、重复性不如布氏硬度。

(4) 洛氏硬度测量范围:可用于成品和薄件,但不宜测量组织粗大不均匀的材料。

3. 维氏硬度 HV

(1) 维氏硬度测量原理:与布氏硬度相似。采用相对面夹角为 136° 的金刚石正四棱锥压头,以规定的试验力 F 压入材料的表面,保持规定时间后卸除试验力,用正四棱锥压痕单位表面积上所受的平均压力表示硬度值(图 6-7)。

(2) 维氏硬度特点:测量范围大,可测量硬度为 $10\sim 1\,000$ HV 范围的材料;压痕小。

(3) 维氏硬度应用:可测量较薄的材料和渗碳、渗氮等表面硬化层。

总之,上述各种硬度测量法,相互间没有理论换算关系,故试验结果不能直接进行比较,应查阅硬度换算表进行比较。各种硬度的换算经验公式通常是:硬度在 $200\sim 600\text{HBS}$ 时, 1HRC 相当于 10HBS ;硬度小于 450HBS 时, 1HBS 相当于 1HV ;利用布氏硬度压痕直径也可以通过经验法直接换算出工件的洛氏硬度,即经验公式: $\text{HRC} = (479 - 100d)/4$,其中 d 为 $\phi 10\text{mm}$ 钢球压头在 30kN 压力下压在工件上的压痕直径测量值,该公式计算出的值与换算值的误差在 $0.5\sim -1$ 范围内,现场使用十分方便。

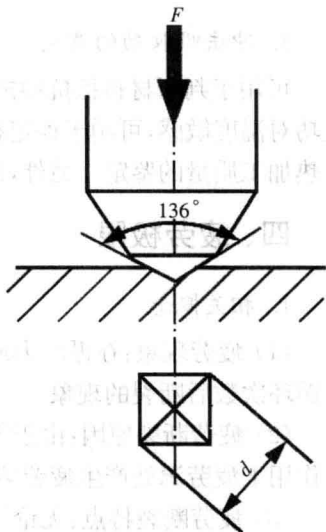


图 6-7 维氏硬度测量原理

三、冲击韧性测量

1. 金属夏比缺口冲击试验

按 GB/T229—1994 进行,采用横截面尺寸为 $10\text{mm}\times 10\text{mm}$ 、长度为 55mm 、试样的中部开有 V 形或 U 形缺口的冲击试样。试验时,冲击试样的开口背向摆锤的冲击方向置于试验机的支架上,将试样一次冲断。冲击试验机及其原理如图 6-8 所示。

2. 冲击吸收功的测量

冲击吸收功 A_K :试样在一次冲击试验力作用下断裂时所吸收的功称为冲击吸收功,用 A_{KV} (或 A_{KU})表示,单位为 J(焦耳)。

$$A_K = mgh_1 - mgh_2 = mg(h_1 - h_2)$$

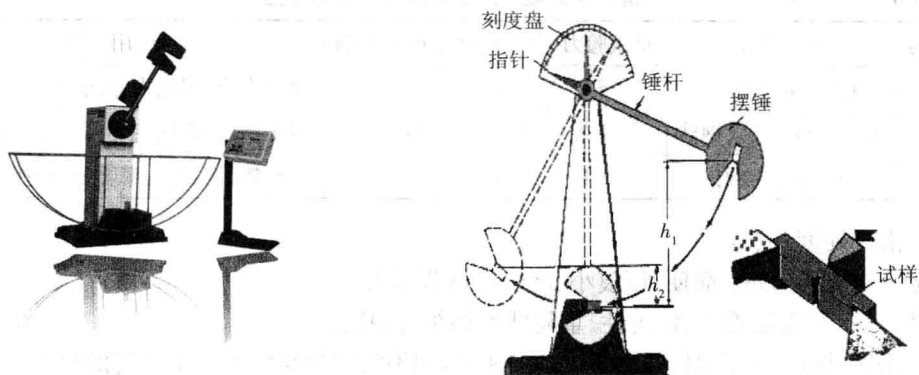


图 6-8 冲击试验机及其原理

3. 冲击吸收功的意义

可用于判断材料抵抗冲击载荷的能力,冲击吸收功小的材料,其脆性大,易被冲断;冲击吸收功对温度敏感,可用于评定材料的冷脆倾向;冲击吸收功对组织敏感,可用于进行冶金夹杂物和热加工质量的鉴定。另外,冲击吸收功对汽车制造业中的车辆安全性能影响巨大。

四、疲劳极限

1. 相关概念

(1) 疲劳现象:在循环力或交变力作用下工作,尽管这种应力远小于材料的屈服点,但经一定循环次数后断裂的现象。

(2) 疲劳断裂原因:由于零件中存在疲劳源(如裂纹、夹杂、刀痕等缺陷),在循环力或交变力作用下疲劳源处产生疲劳裂纹,并不断扩展,从而导致零件发生突然断裂。

(3) 疲劳断裂特点:无论是韧性材料还是脆性材料,在疲劳断裂时,事先无明显塑性变形的预兆,因此,疲劳断裂具有很大的危险性。

(4) 疲劳极限的测量:疲劳试验测定疲劳极限,给试样施加不同大小的循环力 F ,测量在不同交变应力 σ 作用下试样断裂时循环力作用的次数 N ,并画出疲劳曲线($\sigma-N$ 曲线)。

疲劳极限 σ_{-1} 表示材料经无数次交变载荷作用而不致引起断裂的最大应力值。

2. 疲劳极限的实际确定方法

疲劳极限是指钢铁材料 N 取 10^7 次时所对应的交变应力;有色金属 N 取 10^8 次时所对应的交变应力。图 6-9 所示为疲劳试验原理及疲劳曲线示意图。

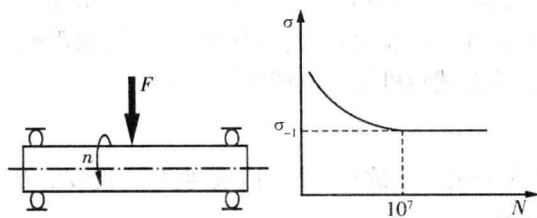


图 6-9 疲劳试验原理及疲劳曲线示意图