



普通高等院校机械类“十三五”规划教材



工程材料与 金属热加工

主 编 王斌武 魏 真

副主编 韩兴国 陈进武 毕明华



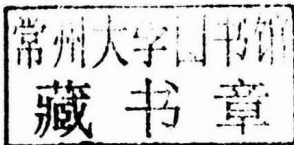
西安交通大学出版社

普通高等院校机械类“十三五”规划教材

工程材料与金属热加工

主 编 王斌武 魏 真

副主编 韩兴国 陈进武 毕明华



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

封面设计

图书在版编目 (C I P) 数据

工程材料与金属热加工 / 王斌武, 魏真主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2019.8
普通高等院校机械类“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5643-7117-3

I. ①工… II. ①王… ②魏… III. ①工程材料—高等学校—教材②热加工—高等学校—教材 IV. ①TB3③TG306

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 186440 号

主 编 王斌武 魏 真

副主编 李华宇 何东琳

普通高等院校机械类“十三五”规划教材
Gongcheng Cailiao yu Jinshu Rejiagong
工程材料与金属热加工

主 编 / 王斌武 魏 真

责任编辑 / 李华宇

封面设计 / 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)
发行部电话: 028-87600564 028-87600533
网址: <http://www.xnjdcbs.com>
印刷: 成都中永印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm
印张 20.75 字数 515 千
版次 2019 年 8 月第 1 版 印次 2019 年 8 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-7117-3
定价 53.50 元

课件咨询电话: 028-87600533
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

前 言

随着科学技术的发展,新材料和新技术不断涌现,加上经济社会的发展和“中国制造 2025”战略对人才所需具备的知识和能力的要求,这就对高等教育教学提出了新的更高的要求。

本书为机械类和近机类专业的一门专业基础课教材。本书是结合教育部首批新工科研究与实践项目、广西本科高校特色专业及实验实训教学基地(中心)建设项目、桂林航天工业学院教育教学改革研究等项目的部分成果,在广泛借鉴国内外教材编写方法和思路的基础上,又结合了近几年教学实践的情况编写而成的。本书采用项目与模块的方式编写,共分为 12 个项目,主要包括金属材料的性能、金属的结构与结晶、铁碳合金相图、钢的热处理、工业用钢、铸铁、非铁金属、其他常用工程材料、铸造、压力加工、焊接、工程材料的选用与毛坯的选择等内容。

本书内容精炼实用,图文并茂,操作性强。

(1) 为便于教师和学习者使用,在每个项目中设有学习目标与技能要求、教学提示、案例导入栏目内容,供教学参考。

(2) 在每个项目中的知识与技能模块、技能训练等内容中,兼顾本课程的性质,精炼知识和技能的要点,注重培养学生的创新思维及工程应用能力。

(3) 为激发学生的好奇心和求知欲,加强学生的阅读能力,培养学生良好的阅读习惯,在每个项目中开设了知识广场栏目,用以介绍相关的一些学科前沿知识。

(4) 学习小结栏目是对本项目知识要点的总结,为学生复习和自学提供方便。在综合能力训练栏目中附有一定量的不同题型的自测习题,便于巩固所学内容。

为使本书的适应性更广,在内容方面有较大的选择余地,与以往出版的常见的此类教材相比,增加了铸造、压力加工、焊接和工程材料的选用与毛坯的选择等内容,不同专业可根据需要及课时要求选择适当内容进行讲授。

本书由桂林航天工业学院王斌武、魏真担任主编,韩兴国、陈进武、毕明华担任副主编。全书由王斌武统稿,孙艳华老师协助整理。

具体编写分工为:韩兴国编写项目 1、4、6;陈进武编写项目 3、5;魏真编写项目 7、8、11;毕明华编写项目 2、9;王斌武编写项目 10、12。

本书在编写过程中,参考了《工程材料及热处理》《工程材料与热加工技术》等多本教材,在此向所涉及的作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者斧正。

编 者

2019 年 7 月

目 录

项目 1 金属材料的性能	1
1.1 金属的力学性能	2
1.2 金属的工艺性能	9
1.3 材料的物理和化学性能	10
综合能力训练	15
项目 2 金属的结构与结晶	18
2.1 纯金属的晶体结构	19
2.2 纯金属的结晶	30
2.3 二元合金相图	35
综合能力训练	49
项目 3 铁碳合金相图	52
3.1 铁碳合金的基本组织	52
3.2 Fe-Fe ₃ C 相图分析	54
3.3 Fe-Fe ₃ C 相图的应用	63
综合能力训练	65
项目 4 钢的热处理	69
4.1 钢在加热时的组织转变	70
4.2 钢在冷却时的组织转变	74
4.3 钢的退火与正火	85
4.4 钢的淬火与回火	88
4.5 钢的表面处理	96
综合能力训练	111
项目 5 工业用钢	116
5.1 非合金钢	117
5.2 合金钢	120
5.3 合金结构钢	125
5.4 合金工具钢	134

5.5	特殊性能钢	144
	综合能力训练	154
项目 6	铸 铁	156
6.1	铸铁基础知识	156
6.2	常用铸铁	160
	综合能力训练	168
项目 7	非铁金属	170
7.1	铝及铝合金	171
7.2	铜及铜合金	178
7.3	滑动轴承合金	182
7.4	粉末冶金材料	184
	综合能力训练	187
项目 8	其他常用工程材料	189
8.1	高分子材料	190
8.2	陶瓷材料	194
8.3	复合材料	196
	综合能力训练	202
项目 9	铸 造	203
9.1	铸件工艺的基本内容	204
9.2	砂型铸造	211
9.3	铸造合金	221
9.4	铸件结构工艺性	222
9.5	特种铸造简介	225
	综合能力训练	235
项目 10	压力加工	238
10.1	金属的塑性变形	239
10.2	自由锻造	245
10.3	模 锻	249
10.4	板料冲压	255
10.5	其他压力成型技术	265
	综合能力训练	269

项目 11 焊 接	271
11.1 焊接概述	272
11.2 焊条电弧焊	273
11.3 其他焊接方法	275
11.4 金属材料焊接工艺	283
11.5 焊件结构设计	286
11.6 焊接质量及其控制	289
综合能力训练	297
项目 12 工程材料的选用与毛坯的选择	298
12.1 工程材料的选用	299
12.2 典型零件的选材及热处理	304
12.3 零件毛坯的选择	309
12.4 典型零件毛坯的选择	313
综合能力训练	317
参考文献	320
附 表	322

项目1 金属材料的性能

【学习目标与技能要求】

- (1) 掌握金属材料的力学性能指标及其含义与测试方法。
- (2) 熟悉金属材料的工艺性能。
- (3) 了解金属材料的物理性能、化学性能。

【教学提示】

了解工程材料的分类、性能及测试方法。重点了解工程材料的力学性能指标和测试方法，以及各个指标的物理意义。设计零件和选择材料时要考虑零件的工作环境，根据零件或材料承受的载荷情况重点考虑某些力学性能指标。

【案例导入】

工程上所用的各种金属材料、非金属材料 and 复合材料统称为工程材料。迄今为止，人类发现和使用的材料种类繁多，但应用最多的还是金属材料。金属材料在工业生产中被广泛应用的最主要原因是它具有良好的性能。为了便于材料的生产、应用与管理，也为了便于材料的研究与开发，有必要对材料进行分类并研究其性能。力学性能不仅是机械零件设计、选材、验收、鉴定的主要依据，还是对产品加工过程实行质量控制的重要参数。因此，熟悉金属材料的力学性能具有重要意义。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指保证零件正常工作应具备的性能，即在使用过程中表现出的性能，如力学性能、物理性能、化学性能等。工艺性能是指材料在被加工过程中，适应各种冷热加工的性能，如热处理性能、铸造性能、锻压性能、焊接性能、切削加工性能等。

1.1 金属的力学性能

金属材料的力学性能是指材料在各种载荷作用下，抵抗变形和断裂的能力。金属材料的力学性能主要有强度、塑性、硬度、韧性、疲劳强度等。

1.1.1 弹性、刚度及强度

1. 拉伸曲线与应力应变曲线

材料的力学性能，要通过试验测定得出，材料的弹性、刚度、强度及塑性一般是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，两端缓慢施加拉伸载荷，试样的工作部分受轴向拉力作用产生变形，随着拉力的增大，变形也相应增加，直至把试样拉断。拉伸前后的试样如图 1-1 所示，根据国家标准 GB/T 228.1—2010《金属材料拉伸试验第 1 部分：室温试验方法》，拉伸试样通常有 $L_0 = 10d_0$ （长试样）和 $L_0 = 5d_0$ （短试样）两种。通常以应力 R （试样单位横截面上的拉力）与应变 e （试样单位长度的伸长量）为坐标绘出应力-应变曲线（ $R-e$ 曲线）。图 1-2 所示为低碳钢的应力-应变曲线，低碳钢试样在拉伸过程中，可分为弹性变形、塑性变形和断裂三个阶段。

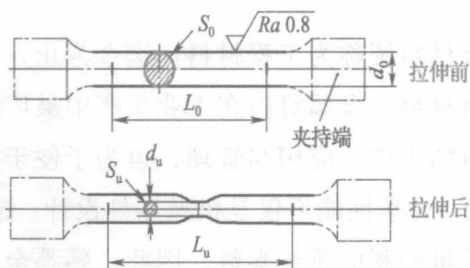


图 1-1 拉伸试样

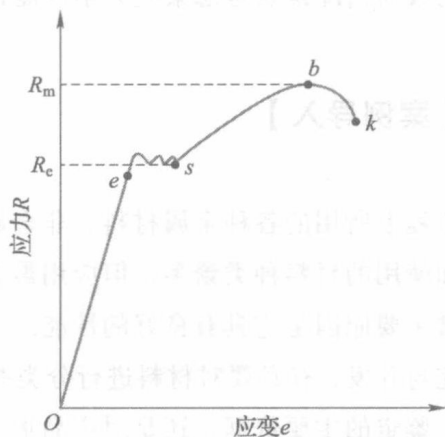


图 1-2 低碳钢的应力-应变曲线

2. 弹性

在低碳钢的应力-应变曲线上， Oe 段为弹性阶段，若在此阶段卸去载荷，则试样伸长量消失，试样恢复原状。材料的这种不产生永久残余变形的能力称为弹性。 e 点对应的应力值称为弹性极限，用符号 R_p 表示。

3. 刚 度

材料在弹性范围内应力与应变的比值称为弹性模量，也就是应力-应变曲线中 Oe 直线的斜率，用符号 E 表示，即

$$E = \frac{R}{e} \quad (\text{MPa})$$

弹性模量 E 反映了材料抵抗弹性变形的能力，又称为刚度。 E 值主要取决于材料内部原子间的作用力，如晶体材料的晶格类型、原子间距等，某些处理方法（如热处理、冷热加工、合金化等）对它影响很小。

4. 强 度

材料在力的作用下抵抗永久变形和断裂的能力称为强度。金属材料的强度按外力作用方式的不同，分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。在机械制造中常通过拉伸试验测定材料的屈服强度和抗拉强度，作为金属材料强度的主要判据。

1) 屈服强度

在低碳钢的应力-应变曲线上， $e \sim s$ 段试样所承受的载荷虽不再增加，但试样仍继续产生塑性变形，应力-应变曲线上产生了近似水平段，这种现象称为材料的屈服。 s 点对应的应力称为屈服强度，用符号 R_e 表示，即

$$R_e = \frac{F_e}{S_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 F_e ——试样发生屈服现象时所承受的最大外力，N；

S_0 ——试样的初始截面积， mm^2 。

机械零件在使用时，一般不允许发生塑性变形，所以屈服强度是大多数机械零件设计时选材的主要依据，也是评定金属材料承载能力的重要力学性能指标。

由于许多工程材料没有明显的屈服现象（如高碳钢、铸铁等），测定较困难，因此规定用试样标距长度产生 0.2% 塑性变形时的应力值作为该材料的屈服强度，用符号 $R_{p0.2}$ 表示，即

$$R_{p0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 $F_{0.2}$ ——试样标距长度产生 0.2% 塑性变形时所承受的外力，N；

S_0 ——试样的初始截面积， mm^2 。

2) 抗拉强度

在低碳钢的应力-应变曲线上， b 点的拉力是试样在拉断前所承受的最大载荷，其所对应的应力 R_m 称为抗拉强度，即

$$R_m = \frac{F_b}{S_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 F_b ——试样断裂前承受的最大拉力，N；

S_0 ——试样的初始截面积， mm^2 。

抗拉强度也是零件设计和评定材料时的重要强度指标，其值测量方便，如果单从保证零件不产生断裂的安全角度考虑，可作为设计依据，但所取的安全系数应该大一些。

屈服强度与抗拉强度的比值 R_e/R_m 称为屈强比。屈强比小，工程构件的可靠性高，即使外载或某些意外因素使金属变形，也不会导致其立即断裂。但屈强比过小，则材料强度的有效利用率便太低。

1.1.2 塑性

材料在外力作用下，产生永久残余变形而不断裂的能力称为塑性。塑性指标也主要是通过拉伸试验测得的。工程上常用延伸率和断面收缩率作为材料的塑性指标。

1. 伸长率

在拉伸试验中，试样拉断后，标距的伸长与原始标距的百分比称为伸长率，用符号 A 表示。即

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

式中 L_0 ——试样原始标距长度，mm；

L_1 ——试样拉断后的标距长度，mm。

同一材料用不同长度的试样所测得的伸长率 A 的数值是不同的，用长度为直径 5 倍的试样测得的伸长率用 A_5 表示，用长度为直径 10 倍的试样测得的伸长率用 A_{10} 表示。 A_{10} 常写成 A ，但 A_5 不能将下角标的 5 省去，一般 $A_5 > A_{10}$ 。

2. 断面收缩率

试样被拉断后横截面积的相对收缩量称为断面收缩率，用符号 Z 表示，即

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

式中 S_0 ——试样原始的横截面积， mm^2 ；

S_1 ——试样拉断处的横截面积， mm^2 。

相同条件下，材料的塑性越好，其伸长率和断面收缩率的值越大。塑性对材料进行冷塑性变形来说非常重要。此外，在偶然过载条件下，工件可因塑性变形而防止突然断裂；工件的应力集中处，也可因塑性变形使应力松弛，从而使工件不至于过早断裂。这就是大多数机械零件除要求达到一定强度指标外，还要求达到一定塑性指标的原因。

1.1.3 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。用于机械加工的各种工具（刀具、量具、模具）都应具备足够的硬度，某些机械零件（如齿轮、轴等）也应有一定的硬度。生产中常用压入法测量硬度，其方法是用比工件更硬的一定几何形状的压头，缓慢压入被测工件表面，使材料局部塑性变形而形成压痕，根据压痕面积大小或压痕深度来确定硬度值。工程上常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等。

1. 布氏硬度（HB）

布氏硬度的原理如图 1-3 所示。用一定的载荷 F ，将直径为 D 的压头（硬质合金球）压入被测材料的表面，保持一定时间后卸去载荷，可在被测材料表面得到直径为 d 的压痕。用载荷 F 除以压痕的表面积 S ，所得数值即为布氏硬度值，用符号 HBW 表示。

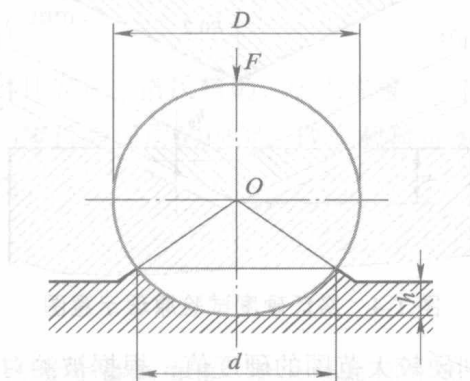


图 1-3 布氏硬度试验原理示意图

$$\text{HBW} = 0.102 \frac{F}{S} = 0.102 \frac{F}{\pi D h} = 0.102 \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中 F ——载荷，N；

S ——压痕表面积， mm^2 ；

D ——压头（硬质合金球）直径，mm；

d ——在两相互垂直方向测量的压痕平均直径，mm；

h ——压痕深度，mm。

实际测量时，可由测出的压痕平均直径 d 直接查表得到布氏硬度值（见 GB/T 231.4—2009）。采用布氏硬度测量时，由于残余压痕面积较大，能较真实地反映材料的平均硬度，测量数据稳定，可用于测量组织粗大或组织不均匀的材料（如铸铁）。当测量较高硬度的材料时，因压头球体变形会使测量结果不准确，所以用钢球测量时，材料的硬度必须小于 450 HBS。采用硬质合金压头时，材料的硬度值必须小于 650 HBW。布氏硬度与抗拉强度之间存在一定的关系，故可根据其值大小估计材料的强度值。由于布氏硬度测量压痕大，不宜用来测量成品或薄片金属的硬度，而主要用于原材料或半成品的硬度测量，如测量铸铁、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)等。

2. 洛氏硬度(HR)

如图 1-4 所示,洛氏硬度是用顶角为 120°的金刚石圆锥或直径为 1.588 mm 的淬火钢球压头,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。洛氏硬度值用符号 HR 表示,即

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

式中 N ——当采用金刚石作压头时, N 为 100;当采用淬火钢球作压头时, N 为 130。

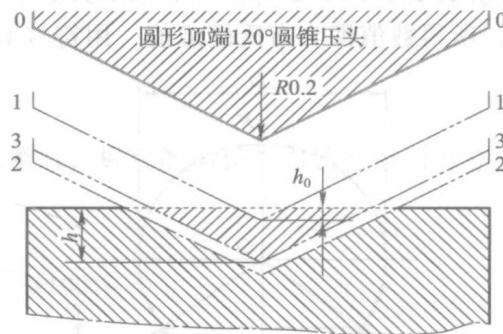


图 1-4 洛氏硬度试验原理示意图

洛氏硬度可以测量从软到硬较大范围的硬度值,根据被测对象不同,可用不同的压头和试验力,洛氏硬度根据压头的材料及压头所加的负荷不同又可分为 HRA, HRB, HRC 三种,其试验规范见表 1-1。洛氏硬度操作简便、迅速、压痕小,硬度值可直接从试验机表盘上读出,所以得到了广泛的应用,三种洛氏硬度中以 HRC 应用最多。但洛氏硬度由于压痕小,所以其硬度值的代表性较差。

表 1-1 洛氏硬度试验规范

标度	压头	预载荷/N	总载荷/N	适用范围	适用的材料
HRA	120°的金刚石圆锥	98.07	60×9.807	20~88 HRA	硬质合金、表面淬火钢等
HRB	φ 1.588 mm 的淬火钢球	98.07	100×9.807	20~100 HRB	软钢、退火钢、铜合金等
HRC	120°的金刚石圆锥	98.07	150×9.807	20~70 HRC	淬火钢等

洛氏硬度测量具有迅速、简便、压痕小、硬度测量范围大等优点,可用于成品或较薄工件的测量。但其数据准确性、稳定性、重复性不如布氏硬度,通常需在试样表面不同部位测试三个点,取其平均值作为该材料的洛氏硬度值。为确保硬度测量的准确性,洛氏硬度一般不宜测量组织不均匀的材料。

3. 维氏硬度 (HV)

如图 1-5 所示, 维氏硬度的试验原理与布氏硬度相似, 不同点是采用相对面夹角为 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 (所加负荷较小, 一般为 $5 \sim 120 \text{ kgf}$) ($1 \text{ kgf} = 9.8 \text{ N}$), 保持规定时间后卸除试验力, 然后根据压痕对角线长度的算术平均值来计算硬度, 用正四棱锥压痕单位面积上所受的平均压力表示硬度值。实际测量时, 只需测出压痕对角线长度的算术平均值, 然后查表获得维氏硬度值。维氏硬度用符号 HV 表示, 即

$$\text{HV} = \frac{F}{S} = 0.1891 \frac{F}{d^2}$$

式中 d ——压痕对角线长度, mm。

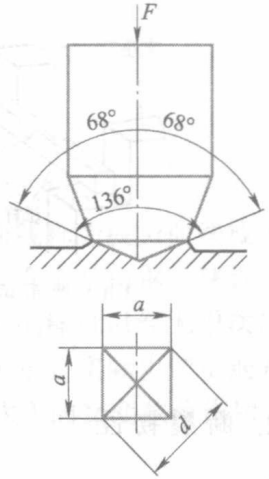


图 1-5 维氏硬度试验原理示意图

维氏硬度所测定的硬度值比布氏、洛氏精确, 压入深度浅, 适于测定经过表面处理的零件表面层的硬度, 改变载荷可测定从极软到极硬的各种材料的硬度, 但测定过程比较烦琐。

1.1.4 韧性

材料的韧性是其断裂时所需能量的度量, 描述材料韧性的指标通常有冲击韧性和断裂韧性。

1. 冲击韧性

冲击韧性是在冲击载荷作用下, 材料抵抗冲击力的作用而不被破坏的能力, 通常用符号 a_k 表示。图 1-6 所示为一次摆锤式冲击试验原理图。将标准冲击试样放在试验机的机架上, 试样缺口背对摆锤, 将摆锤抬高到一定高度, 然后使其下落, 冲断试样后又上升到一定高度。冲击韧性 a_k 是试件在一次冲击弯曲试验时, 单位横截面积上所消耗的冲击功, 用公式表示为

$$a_k = \frac{K}{S} = \frac{mg(H-h)}{S} \quad (\text{J/cm}^2)$$

式中 K ——冲击吸收功, J;

S ——缺口原始截面积, cm^2 。

实际工作中承受冲击载荷的机械零件, 很少因一次大能量冲击而遭破坏, 绝大多数受损是因小能量多次冲击使损伤积累, 导致裂纹产生和扩展的结果。所以需采用小能量多冲击作为衡量这些零件承受冲击抗力的指标。试验证明, 在小能量多次冲击下, 冲击韧性主要取决于材料的强度和塑性。

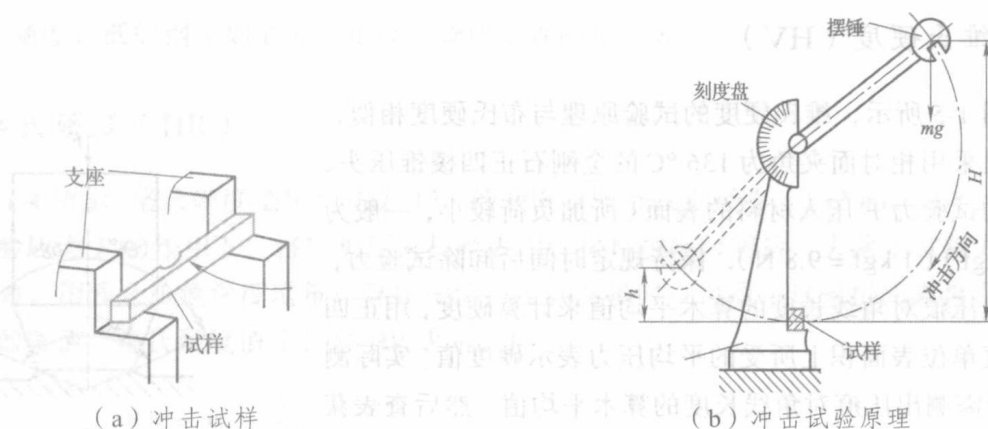


图 1-6 一次摆锤式冲击试验原理图

2. 断裂韧性

在实际生产中，有的大型传动零件、高压容器、船舶、桥梁等，常在其工作应力远低于 R_c 的情况下，突然发生低应力脆断。大量研究证明，这种破坏与零件本身存在裂纹和裂纹扩展有关。实际使用的零部件，不可避免地存在一定的冶金或加工等方面的缺陷，如气孔、夹杂物、机械缺陷等，它们破坏了材料的连续性，实际上成为零件内部的微裂纹。在服役过程中，裂纹的扩展，便是造成零件在较低应力状态下（即低于材料的屈服强度，而材料本身的塑性和冲击韧性又不低于传统的经验值的情况下）发生低应力脆断的原因。

材料中存在的微裂纹，在外加应力的作用下，裂纹尖端处存在有较大的应力场。断裂力学分析指出，这一应力场的强弱程度可用应力强度因子 K_I 来描述。 K_I 值的大小与裂纹尺寸和外加应力的关系为

$$K_I = YR\sqrt{a} \quad (\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2})$$

式中 Y ——与裂纹形状、加载方式及试样几何尺寸有关的系数，一般 $Y=1\sim 2$ ；

R ——外加应力，MPa；

a ——裂纹的半长，m。

由上式可知，随着应力的增大， K_I 也随之增大，当 K_I 增大到一定值时，就可使裂纹前端某一区域内的内应力大到足以使裂纹失去稳定而迅速扩展，以致发生脆断。这个 K_I 的临界值称为临界应力强度因子或断裂韧性，用符号 K_{IC} 表示。它反映了材料抵抗裂纹扩展和抗脆断的能力。

材料的断裂韧性 K_{IC} 与裂纹的形状、大小无关，也和外加应力无关，只决定于材料本身的特性（如成分、热处理条件、加工工艺等），是一个反映材料性能的常数，可通过试验来测定。

1.1.5 疲 劳

许多零件和制品，经常受到大小及方向变化的交变载荷，在这种载荷的反复作用下，材料常在远低于其屈服强度的应力下突然发生断裂，这种现象称为疲劳（疲劳断裂）。

疲劳强度是用来表示材料抵抗交变应力的能力，常用 S_r 表示，其下角标 r 称为应力循环对称因素，即

$$r = \frac{S_{\min}}{S_{\max}}$$

式中 S_{\min} ——交变循环应力中的最小应力值，MPa；

S_{\max} ——交变循环应力中的最大应力值，MPa。

对于对称循环交变应力， $r = -1$ ，这种情况下材料的疲劳代号为 S_{-1} 。

材料所受交变应力 S 与其断裂前所经受的循环次数 N 之间的曲线称为疲劳曲线或 $S-N$ 曲线，如图 1-7 所示。对于一般具有应变时效的金属材料，如碳钢、合金结构钢、球铁等，当循环应力水平降低到某一临界值时，低应力段变成水平线段，表示试样可以经无限次应力循环也不发生疲劳断裂，将对应的应力称为疲劳极限，用符号 S_{-1} 表示。实际生产中通常将材料在规定次数（一般钢铁材料取 10^7 次，有色金属及其合金取 10^8 次）的交变载荷作用下，不致引起断裂的最大应力称为疲劳极限。

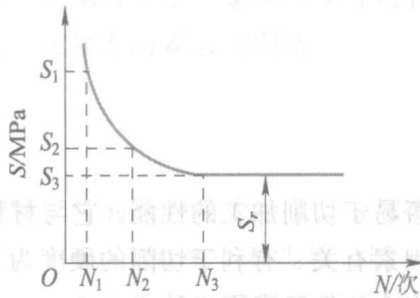


图 1-7 疲劳曲线 ($S-N$ 曲线)

疲劳断裂的原因一般认为是由于材料表面与内部含有缺陷（如夹杂、划痕、尖角等），造成局部应力集中，形成微裂纹。这种微裂纹随应力循环次数的增加而逐渐扩展，使零件的有效承载面积逐渐减小，以至于最后承受不起所加载荷而突然断裂。通过合理选材，改善材料的结构形状，避免应力集中，减少材料和零件的缺陷，降低零件表面粗糙度，对表面进行强化（如表面淬火、喷丸处理、表面滚压等），可以提高材料的疲劳抗力。

1.2 金属的工艺性能

工艺性能是指材料在加工过程中所反映出来的性能，即可加工性，如铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能等。材料工艺性能的好坏，直接影响到制造零件的工艺方法、质量和制造成本。因此，选材时必须充分考虑其工艺性能。

1.2.1 铸造性能

铸造性能是指浇铸铸件时，材料能充满比较复杂的铸型并获得优质铸件的能力。对金属

材料而言，铸造性能主要包括流动性、收缩率、偏析倾向等指标。流动性好、收缩率小、偏析倾向小的材料其铸造性能也好。

1.2.2 压力加工性能

压力加工性能（可锻性）是指材料是否易于进行压力加工的性能。压力加工性能的好坏主要以材料的塑性和变形抗力来衡量。一般来讲，钢的压力加工性能较好，而铸铁不能进行任何压力加工。

1.2.3 焊接性能

焊接性能是指材料是否易于焊接在一起并能保证焊缝质量的性能。焊接性能一般用焊接处出现各种缺陷的倾向来衡量。低碳钢具有优良的焊接性能，而铸铁和铝合金的焊接性能就很差。

1.2.4 机械加工性能

机械加工性能是指材料是否易于切削加工的性能。它与材料的种类、成分、硬度、韧性、导热性及内部组织状态等许多因素有关。有利于切削的硬度为 160 ~ 230 HB。切削加工性能好的材料，切削容易，刀具磨损小，加工表面光洁。

1.2.5 热处理性能

热处理性能是指金属经热处理后其组织和性能改变的能力。在热处理过程中，材料的成分、组织、结构发生变化，从而引起材料的机械性能发生变化。热处理性能包括淬透性、变形开裂倾向、过热敏感性、回火脆性、氧化脱碳和冷脆性等。

1.3 材料的物理和化学性能

1.3.1 材料的物理性能

材料受到自然界中光、重力、温度场、电场和磁场等作用所反映的性能称为物理性能。物理性能是材料承受非外力的物理环境作用的重要性能，随着高性能材料的发展，材料的物理性能越来越受到重视。