



21世纪高职系列教材

SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

# 工程机械基础(下)

主编/瞿芳 主审/谢荣

哈尔滨工程大学出版社



21世纪高职系列教材

SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

# 工程机械基础(下)

主编/瞿芳 主审/谢荣

哈尔滨工程大学出版社

## 内 容 简 介

本书是以高职高专机械类专业培养目标为基础,突出船舶工程、港口机械专业特点,由多年从事职业教育工作、具有丰富职业教育经验的教师编写的。

全书分为上、下两册,共四编。上册包括第一编力学基础和第二编机械原理与机械零件,主要内容有静力学基本概念,平面力系,空间力系,构件的轴向拉伸与压缩,剪切,圆轴的扭转,直梁的弯曲,平面机构的运动简图和自由度,平面连杆机构,凸轮机构,间歇运动机构,齿轮传动,带传动和链传动,连接,轴承等部件。

下册包括第三编材料工艺学和第四编热工基础,主要内容有金属材料的性能指标,金属的晶体结构与结晶,合金的构造与合金相图,钢的热处理,工业用钢,铸铁,非铁金属及其合金,非金属材料,典型零件的材料及热处理,热力学基本概念,理想气体,热力学第一定律,热力学第二定律,气体的流动,气体的压缩,气体动力循环,水蒸气的性质和热力过程,蒸气压缩制冷循环,湿空气,传热过程,强化传热与削弱传热。

本书可作为高职高专院校工程机械类各专业的综合技术基础课程,也可作为学时较少的《工程力学》、《机械原理与机械零件》、《材料工艺学》和《热工基础》各课程的参考教材,同时也适用于自学或作为相关工程技术人员参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

工程机械基础(下)/瞿芳主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2007.8

ISBN 978-7-81073-687-9

I.工… II.瞿… III.工程机械—高等学校:技术学校—教材 IV.TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 128593 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号  
邮政编码 150001  
发行电话 0451-82519328  
传 真 0451-82519699  
经 销 新华书店  
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 16  
插 页 2  
字 数 380 千字  
版 次 2007 年 8 月第 1 版  
印 次 2007 年 8 月第 1 次印刷  
定 价 27.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: [heupress@hrbeu.edu.cn](mailto:heupress@hrbeu.edu.cn)

## 21 世纪高职系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

|      |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|
| 主任委员 | 王景代 | 丛培亭 | 刘 义 | 刘 勇 |
|      | 李长禄 | 张亦丁 | 张学库 | 杨永明 |
| 委 员  | 季永青 | 罗东明 | 施祝斌 | 唐汝元 |
|      | 曹志平 | 蒋耀伟 | 熊仕涛 |     |
|      | 王景代 | 丛培亭 | 刘 义 | 刘 勇 |
|      | 刘义菊 | 刘国范 | 闫世杰 | 李长禄 |
|      | 杨永明 | 张亦丁 | 张学库 | 陈良政 |
|      | 肖锦清 | 林文华 | 季永青 | 罗东明 |
|      | 胡启祥 | 施祝斌 | 钟继雷 | 唐永刚 |
|      | 唐汝元 | 郭江平 | 晏初宏 | 曹志平 |
|      | 蒋耀伟 | 熊仕涛 | 潘汝良 |     |
|      |     |     |     |     |

# 前言

近年来,随着高等职业技术教育教学改革的不断深入,社会与行业对技术应用型人才培养周期越来越短。为使高等职业技术教育紧跟社会与科学技术发展的步伐,及时服务于社会和行业经济建设,有必要对课程进行整合和改革。“工程机械基础”就是在这样的前提下,将“工程力学”、“机械原理与机械零件”、“机械材料工艺学”、“热工基础”等课程的内容进行优化和整合而成的一门综合性的技术基础课程。它的任务在于使学生获得工程机械方面的基础知识、基本理论和基本技能,为进一步学习各专业课程打下基础。

本书按照高职高专教育的培养目标要求安排课程内容,以实际应用为目的,以实用、够用、必需为原则,注重知识的综合性和实效性,简化了繁琐的理论推导。对涉及到的概念、术语、定义,力求描述准确、清楚、易懂,详略得当,按最新标准给出,并突出相互间的区别与联系。例题和习题大都选用生产中的实例,或与生产实际紧密结合。

本书由江苏海事职业技术学院瞿芳任主编,张国成、赵小戎任副主编,参与编写的还有金铮、吴大忠、韦伟、刘馨潞、潘铭、李媛。本书共四编,其中第一编第一、二、三章由张国成编写,第四、五、六、七章由金铮编写;第二编第一、二、三章由瞿芳编写,第四、五、六、八(部分)章由张国成编写,第七、八(部分)章由潘铭编写;第三编第一、三、七、九章由瞿芳编写,第二、四、八章由刘馨潞编写,第五、六章由吴大忠编写;第四编第一、二、三、四章由韦伟编写,第五、六、七、八、九、十章由赵小戎编写,第十一、十二章由李媛编写。全书由瞿芳统稿并定稿,由谢荣主审。

本书在编写过程中,得到了周涛的指导和帮助,孙建新提出了许多好的意见,在此一并表示感谢。由于编者水平有限,且时间仓促,书中难免有疏漏与欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2007年5月

# 目 录

## 第三编 材料工艺学

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第一章 金属材料的性能 .....           | 2  |
| 第一节 金属材料的力学性能 .....         | 2  |
| 第二节 金属材料的工艺性能和物理、化学性能 ..... | 7  |
| 习题 .....                    | 8  |
| 第二章 金属的晶体结构与结晶 .....        | 9  |
| 第一节 金属的晶体结构 .....           | 9  |
| 第二节 金属的实际晶体结构 .....         | 12 |
| 第三节 纯金属的结晶 .....            | 14 |
| 第三节 金属的同素异构转变 .....         | 17 |
| 习题 .....                    | 18 |
| 第三章 合金的构造与合金相图 .....        | 19 |
| 第一节 合金的构造 .....             | 19 |
| 第二节 二元合金相图 .....            | 21 |
| 第三节 铁碳合金状态图 .....           | 24 |
| 第四节 铁碳合金的基本组织 .....         | 25 |
| 第五节 铁碳合金状态图分析 .....         | 27 |
| 第六节 典型铁碳合金的结晶过程 .....       | 29 |
| 第七节 铁碳合金的成分与其组织和性能的关系 ..... | 32 |
| 第八节 铁碳合金状态图的应用 .....        | 34 |
| 习题 .....                    | 35 |
| 第四章 钢的热处理 .....             | 36 |
| 第一节 钢在加热时的组织转变 .....        | 37 |
| 第二节 钢在冷却时的组织转变 .....        | 38 |
| 第三节 钢的退火与正火 .....           | 44 |
| 第四节 钢的淬火 .....              | 47 |
| 第五节 钢的回火 .....              | 51 |
| 第六节 钢的表面热处理 .....           | 53 |
| 习题 .....                    | 58 |
| 第五章 工业用钢 .....              | 59 |
| 第一节 钢中的杂质与合金元素 .....        | 59 |
| 第二节 碳钢的分类、牌号和其用途 .....      | 63 |
| 第三节 合金钢的分类、牌号 .....         | 70 |
| 第四节 合金结构钢 .....             | 71 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 第五节 合金工具钢 .....              | 76         |
| 第五节 特殊性能钢 .....              | 79         |
| 习题 .....                     | 83         |
| <b>第六章 铸铁 .....</b>          | <b>84</b>  |
| 第一节 铸铁的石墨化对铸铁组织和性能的影响 .....  | 84         |
| 第二节 普通灰口铸铁 .....             | 85         |
| 第三节 球墨铸铁 .....               | 88         |
| 第四节 蠕墨铸铁 .....               | 90         |
| 第五节 可锻铸铁 .....               | 91         |
| 第六节 合金铸铁 .....               | 92         |
| 习题 .....                     | 94         |
| <b>第七章 非铁金属及其合金 .....</b>    | <b>96</b>  |
| 第一节 铜及铜合金 .....              | 96         |
| 第二节 铝及铝合金 .....              | 100        |
| 第三节 轴承合金 .....               | 102        |
| 习题 .....                     | 105        |
| <b>第八章 非金属材料 .....</b>       | <b>106</b> |
| 第一节 高分子材料、工程塑料与合成材料简介 .....  | 106        |
| 第二节 陶瓷材料、复合材料简介 .....        | 113        |
| 习题 .....                     | 115        |
| <b>第九章 典型零件的材料和热处理 .....</b> | <b>116</b> |
| 第一节 曲轴 .....                 | 116        |
| 第二节 连杆 .....                 | 118        |
| 第三节 汽缸套 .....                | 120        |
| 第四节 活塞 .....                 | 121        |
| 第五节 活塞销 .....                | 124        |
| 第六节 活塞环 .....                | 125        |
| 第七节 气阀 .....                 | 128        |
| 第八节 精密偶件 .....               | 129        |
| 第九节 滑动轴承 .....               | 131        |
| 第十节 重要螺栓 .....               | 133        |
| 第十一节 涡轮叶片 .....              | 133        |
| 第十二节 螺旋桨 .....               | 134        |
| 第十三节 船体结构、设备的材料 .....        | 136        |
| 习题 .....                     | 139        |

## 第四编 热力基础

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第一章 热力学基本概念         | 141 |
| 第一节 工质              | 141 |
| 第二节 热力学系统           | 141 |
| 第三节 热力学平衡态          | 142 |
| 第四节 热力学状态参数         | 143 |
| 第五节 准静态过程和可逆过程      | 146 |
| 习题                  | 147 |
| 第二章 理想气体            | 148 |
| 第一节 理想气体状态方程        | 148 |
| 第二节 理想气体比热          | 149 |
| 第三节 理想气体的热力过程       | 152 |
| 习题                  | 157 |
| 第三章 热力学第一定律         | 159 |
| 第一节 热力学第一定律的内容及实质   | 159 |
| 第二节 热量和容积功          | 159 |
| 第三节 封闭系统的热力学第一定律    | 160 |
| 第四节 开口系统的热力学第一定律    | 161 |
| 习题                  | 162 |
| 第四章 热力学第二定律         | 163 |
| 第一节 热力学第二定律的表述与实质   | 163 |
| 第二节 卡诺循环与卡诺定理       | 166 |
| 第三节 逆向卡诺循环          | 167 |
| 习题                  | 168 |
| 第五章 气体的流动           | 169 |
| 第一节 喷管和扩压管的断面变化规律   | 169 |
| 第二节 喷管和扩压管在船舶上的应用   | 172 |
| 第三节 绝热节流            | 173 |
| 习题                  | 174 |
| 第六章 气体的压缩           | 175 |
| 第一节 单级活塞式理想压缩机的工作过程 | 175 |
| 第二节 容积效率及多级压缩的应用    | 177 |
| 第三节 叶轮式压缩机的工作过程     | 180 |
| 习题                  | 182 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第七章 气体动力循环                | 183 |
| 第一节 柴油机实际循环的理想化           | 183 |
| 第二节 混合加热循环                | 184 |
| 第三节 定容加热循环和定压加热循环         | 186 |
| 第四节 提高活塞式内燃机循环热效率的途径      | 187 |
| 第五节 提高柴油机功率的主要途径          | 189 |
| 第六节 燃气轮机装置的理想循环           | 191 |
| 习题                        | 191 |
| 第八章 水蒸气的性质和热力过程           | 193 |
| 第一节 水的定压汽化过程              | 193 |
| 第二节 水蒸气的 $p-V$ 图和 $T-s$ 图 | 196 |
| 第三节 水蒸气表和水蒸气的 $h-s$ 图     | 198 |
| 第四节 水蒸气的基本热力过程            | 206 |
| 习题                        | 208 |
| 第九章 蒸汽压缩制冷循环              | 209 |
| 第一节 制冷剂的饱和蒸汽表和 $p-h$ 图    | 209 |
| 第二节 蒸汽压缩制冷循环              | 210 |
| 第三节 提高制冷循环经济性的途径          | 212 |
| 习题                        | 214 |
| 第十章 湿空气                   | 215 |
| 第一节 湿空气的性质                | 215 |
| 第二节 湿空气 $h-d$ 图           | 220 |
| 第三节 湿空气的热力过程              | 221 |
| 习题                        | 224 |
| 第十一章 传热过程                 | 225 |
| 第一节 热传递的三种基本方式            | 225 |
| 第二节 导热                    | 226 |
| 第三节 对流换热                  | 227 |
| 第四节 辐射换热                  | 229 |
| 习题                        | 232 |
| 第十二章 强化传热与削弱传热            | 233 |
| 第一节 传热                    | 233 |
| 第二节 热绝缘                   | 234 |
| 第三节 热交换器                  | 235 |
| 习题                        | 241 |
| 附表                        | 242 |
| 参考文献                      | 245 |

## 第三编 材料工艺学

本编的研究对象为材料的成分、组织、性能、用途以及它们之间的相互关系,主要研究:金属材料的概念、分类及金属材料的力学性能指标和工艺性能指标;金属和合金的晶体构造及其结晶过程;金属的成分、温度和组织之间的相互关系及变化规律;各种热处理工艺的目的和方法;常用金属材料和非金属材料的牌号、成分、组织、性能及用途。

根据材料性质和组成材料的原子间结合力的不同,工程材料分为金属材料、陶瓷材料、高分子材料和复合材料四大类。

通过本编的学习,学生应掌握有关金属材料性能指标的基本知识,掌握常用碳钢、合金钢,及铸铁的牌号、成分、组织、性能和用途,熟悉常用机械零件的材料及其热处理工艺,具备分析材料力学性能的能力,初步具备选用零件材料及热处理工艺的能力。

## 第一章 金属材料的性能

金属材料是现代机械制造业的基本材料,广泛用于制造各种生产设备、工具、武器和生活用具。金属是指具有良好的导电性和导热性、有一定的强度和塑性并具有光泽的物质,如铁、铝和铜等。金属材料包括纯金属和合金。合金是由两种或两种以上的金属元素,或金属元素与非金属元素所组成的具有金属特性的物质。最常见的碳钢和铸铁就是以碳和铁为主形成的合金,青铜和黄铜是在铜的基础上分别加入锡、锌及其他元素而形成的合金。

金属材料通常分为两大类,钢铁材料和非铁材料。铁元素或以铁元素为主形成的合金称为钢铁材料,如钢和铸铁。除钢铁材料以外的其他金属材料,称为非铁材料,如铜合金、铝合金等。其中应用最广泛的是钢铁材料。钢铁材料由铁矿石经高温冶炼得到。

金属材料之所以获得广泛的应用,是由于它具有许多良好的性能。金属材料的性能包含使用性能和工艺性能两个方面:使用性能是指金属材料在使用条件下所表现出来的性能,它包括物理性能、化学性能、力学性能等;工艺性能是指金属材料在制造过程中的适应加工的性能。

### 第一节 金属材料的力学性能

在机械设备及工具的设计、制造中选用金属材料时,大多以力学性能为主要依据,因此熟悉和掌握金属材料的力学性能指标是非常重要的。

#### 一、力学性能的基础知识

所谓力学性能是指金属在外力作用下表现出来的性能。

金属材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷。根据载荷作用性质的不同,可分为静载荷、冲击载荷及疲劳载荷等。静载荷是指大小随时间不变或变化很小的载荷;冲击载荷是指在瞬间由0突然增加到较大数值的载荷;疲劳载荷是指所经受的周期性或非周期性的动载荷(也称循环载荷)。根据作用方式不同,载荷又可分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、剪切载荷和扭转载荷等。

金属材料受不同载荷作用而发生的几何形状和尺寸的变化称为变形。变形分为弹性变形和塑性变形。

金属受外力作用后,为保持其不变形,在材料内部作用着的与外力相对抗的力称为内力。单位截面积上的内力称为应力。金属受拉伸载荷或压缩载荷作用时,其横截面积上的应力按下式计算

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

式中  $F$ ——外力, N;  
 $S$ ——横截面积,  $\text{m}^2$ ;  
 $\sigma$ ——应力, Pa。

金属材料在不同应力作用下,有不同的力学性能指标,而这些指标都是通过不同的试验测得的,常用的有拉伸试验、硬度试验、冲击试验和疲劳试验等。根据使用零件的温度不同,金属材料的力学性能分室温下的力学性能 and 高温下的力学性能两种。室温下的力学性能指标包括刚度、强度、塑性、硬度、韧性及疲劳强度。其中刚度、强度和塑性是通过拉伸试验获得的。图 3-1-1 所示为低碳钢拉伸曲线。图 3-1-2 为铸铁的拉伸曲线。

## 二、室温下的力学性能指标

### (一) 刚度

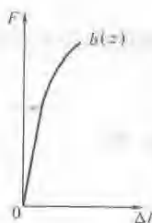


图 3-1-2 铸铁的拉伸曲线

#### 1. 屈服点

是指材料抵抗微量塑性变形的能力,也是材料在外力作用下刚刚开始产生塑性变形时的应力,用  $\sigma_s$  表示。

$$\sigma_s = F_s / S_0$$

式中  $\sigma_s$ ——屈服点, MPa, 即  $\text{N/mm}^2$ ;

$F_s$ ——试样塑性变形前所承受的最大载荷, N;

$S_0$ ——试样原始横截面积,  $\text{mm}^2$ 。

在拉伸曲线图上,不同材料有不同的屈服情况,有的有明显的屈服现象,有的却没有。工程上对不产生屈服现象的材料,规定将产生 0.2% 残余伸长量的应力值作为屈服点,用  $\sigma_{0.2}$  来表示。 $\sigma_s$  是具有屈服现象的材料特有的强度指标。 $\sigma_{0.2}$  和  $\sigma_s$  均是表征金属材料产生微量塑性变形的抗力,是机械设计和选材时的主要依据。

#### 2. 抗拉强度

是金属材料抵抗断裂的能力,也是材料抵抗最大外力时的应力,又称为强度极限,用  $\sigma_b$ 。

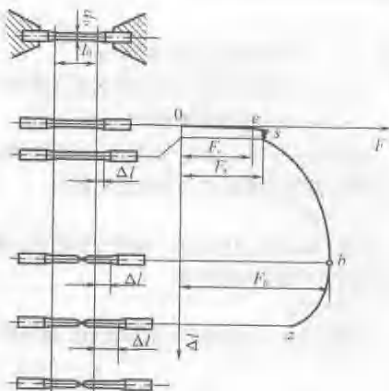


图 3-1-1 低碳钢拉伸曲线

### 刚度是指金

属材料在外力作用下抵抗弹性变形的能力。衡量材料刚度的指标是弹性模量  $E$ , 其值大小反映了金属材料弹性变形的难易程度。在弹性变形阶段内,弹性模量  $E$  为应力与应变之比,即  $E = \sigma / \epsilon$ 。 $E$  越大,材料刚度越大,即在一定应力作用下产生的弹性变形越小。

$E$  值主要取决于材料的本性,处理方法(如热处理、冷热加工和合金化等)对它影响很小。提高零件刚度的方法是增加横截面积或改变截面形状。金属的  $E$  值随温度升高逐渐降低。

### (二) 强度

强度是金属材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。零件承受拉力时的强度指标有屈服点和抗拉强度。

表示。

$$\sigma_b = F_b / S_0$$

式中  $\sigma_b$ ——抗拉强度, MPa, 即  $N/mm^2$ ;

$F_b$ ——试样在断裂前所承受的最大载荷, N;

$S_0$ ——试样原始横截面积,  $mm^2$ 。

屈服比是  $\sigma_s$  与  $\sigma_b$  之比, 是工程上常用的参数。材料的屈服比越小, 表示材料的  $\sigma_s$  越小, 零件的储备强度越大, 工作可靠性越大。

### (三) 塑性

金属材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力称为塑性。衡量金属材料塑性的指标有伸长率和断面收缩率。

#### 1. 伸长率

拉伸试验时, 试样拉断后的标距延长量与原标距长度之比, 用  $\delta$  表示, 即

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

式中  $l_0$ ——试样原标距长度, mm;

$l$ ——试样拉断后的标距长度, mm。

根据试样标距长度与其直径相比的倍数不同, 伸长率又可分为  $\delta_5$  (短试样) 和  $\delta_{10}$  (长试样)。通常  $\delta_{10}$  写成  $\delta$ , 一般  $\delta_5 = (1.2 \sim 1.5) \delta_{10}$ 。

#### 2. 断面收缩率

拉伸试验时, 试样拉断后的截面积缩小量与原截面积之比, 用  $\psi$  表示, 即

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

式中  $S_0$ ——试样原截面积,  $mm^2$ ;

$S$ ——试样拉断后的截面积,  $mm^2$ 。

材料的  $\delta$  和  $\psi$  越大, 其塑性越好。

### (四) 硬度

硬度是金属材料表面抵抗局部塑性变形的能力, 是衡量金属材料软硬程度的指标。

金属材料硬度的测定方法简单、方便。测定的基本原理都是采用一定形状的压头在一定力的作用下压入金属表面, 测定压痕面积或深度, 通过计算获得硬度值。压痕面积越大或越深, 材料的硬度越低。依测量方法不同, 有不同的硬度指标。常用的硬度指标有以下几种。

#### 1. 布氏硬度

把一定直径(一般为 10 mm)的淬火钢球或硬质合金球, 在一定压力的作用下压入金属表面, 以压痕单位面积上的压力作为硬度值, 用 HB 来表示。HB 值越大, 材料越硬。

国标(GB231-84)规定, 布氏硬度值小于 450 时, 采用淬火钢球压头, 用 HBS 表示; 硬度值大于等于 450 时, 选用硬质合金球压头, 用 HBW 表示。HBS 多用于测定普通碳钢、铸铁及有色金属等材料。布氏硬度测量精度较高, 但因压痕大, 不宜在成品零件上测定。

此外, 可根据布氏硬度近似估算出材料的抗拉强度。换算关系为:

低碳钢  $\sigma_s \approx 0.36HB$

高碳钢  $\sigma_b \approx 0.34\text{HB}$

合金调质钢  $\sigma_b \approx 0.325\text{HB}$

灰铸铁  $\sigma_b \approx 0.1\text{HB}$

## 2. 洛氏硬度

根据零件表面上的压痕深度来确定硬度值,测得硬度用 HR 来表示。依据压头及所加外力的不同,分别有 HRA、HRB、HRC 三种洛氏硬度。各种洛氏硬度所用的压头、载荷及适用范围如表 3-1-1 所示。

表 3-1-1 各种洛氏硬度的压头、载荷及适用范围

| 符号  | 压头            | 载荷/N  | 适用范围            |
|-----|---------------|-------|-----------------|
| HRA | 120°金钢石圆锥体    | 600   | 极硬材料,如硬质合金      |
| HRB | φ1.59 mm 淬火钢球 | 1 000 | 较软材料,如退火钢、有色金属等 |
| HRC | 120°金钢石圆锥体    | 1 500 | 较硬材料,如淬火钢、白口铸铁等 |

洛氏法测硬度简便、迅速,压痕小,可测定的材料范围广,但不宜测定硬脆薄层,如渗氮层、渗碳层等。由于压痕小,只表示试样局部的硬度,当材料组织或成分不均时,容易产生误差。洛氏硬度中以 HRC 应用最普遍。

## 3. 维氏硬度

采用夹角为 136°的四棱锥体金刚石压头,在 50 N ~ 1 200 N 的载荷作用下压入材料表面,计算出单位压痕面积上的力,即为维氏硬度,用 HV 表示。

维氏法测硬度较布氏、洛氏精确,压入深度浅,适用于测定薄件或经处理的表面层硬度,可测定从极软到极硬的各种材料,但操作较麻烦。

## 4. 显微硬度

利用显微硬度计可测定材料内部的组织或组成物的硬度。显微硬度用 HM 表示。

以上各种硬度在工厂生产、科学研究及学校实验室广泛应用。表 3-1-2 给出部分 HRC、HB 和 HV 三种硬度值的对照。

表 3-1-2 三种硬度值的对照

| HRC | HB | HV   | HRC | HB  | HV  | HRC | HB  | HV  |
|-----|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 70  |    | 1037 | 52  |     | 543 | 34  | 314 | 320 |
| 69  |    | 997  | 51  | 501 | 525 | 33  | 306 | 312 |
| 68  |    | 959  | 50  | 488 | 509 | 32  | 298 | 304 |
| 67  |    | 923  | 49  | 474 | 493 | 31  | 291 | 296 |
| 66  |    | 889  | 48  | 461 | 478 | 30  | 283 | 289 |
| 65  |    | 856  | 47  | 449 | 463 | 29  | 276 | 281 |
| 64  |    | 825  | 46  | 436 | 449 | 28  | 269 | 274 |
| 63  |    | 795  | 45  | 424 | 436 | 27  | 263 | 268 |
| 62  |    | 766  | 44  | 413 | 424 | 26  | 257 | 261 |

表 3-1-2(续)

| HRC | HB | HV  | HRC | HB  | HV  | HRC | HB  | HV  |
|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 61  |    | 739 | 43  | 401 | 411 | 25  | 251 | 255 |
| 60  |    | 713 | 42  | 391 | 399 | 24  | 245 | 249 |
| 59  |    | 688 | 41  | 380 | 388 | 23  | 240 | 243 |
| 58  |    | 664 | 40  | 370 | 377 | 22  | 234 | 237 |
| 57  |    | 642 | 39  | 360 | 367 | 21  | 229 | 231 |
| 56  |    | 620 | 38  | 350 | 357 | 20  | 225 | 226 |
| 55  |    | 599 | 37  | 341 | 347 | 19  | 220 | 221 |
| 54  |    | 579 | 36  | 332 | 338 | 18  | 218 | 218 |
| 53  |    | 561 | 35  | 323 | 329 | 17  | 211 | 211 |

硬度是各种零件和工具必须具备的性能指标。机械制造业所用的刀具、量具、模具等,都应具备足够的硬度,才能保证使用性能和寿命。有些机械零件如齿轮等,也要求有一定的硬度,以保证足够的耐磨性和使用寿命。因此硬度是金属材料重要的力学性能之一。

#### (五)冲击韧性

冲击韧性是金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力,用  $\alpha_K$  表示。冲击韧性是在摆锤式冲击试验机上利用冲击试验测定的。试验用的标准试样要求具有 U 形或 V 形缺口,试样在一次冲击下被冲断。冲击韧度值  $\alpha_K$  是冲断试样时,断口单位面积所消耗的功。 $\alpha_K$  值越大,材料的韧性越好。

#### (六)疲劳强度

零件在大小和方向周期变化的交变载荷作用下,在小于  $\sigma_s$  或  $\sigma_b$  的情况下产生裂纹或突然断裂,这种现象称为疲劳破坏。材料在无限次交变载荷作用下,不致引起破坏的最大应力称为疲劳强度,又称疲劳极限,用  $\sigma_{-1}$  表示。一般取应力循环  $10^7 \sim 10^8$  周次而不断裂的最大应力为疲劳极限,通常钢铁材料的  $\sigma_{-1}$  为其  $\sigma_b$  的一半。

### 三、高温下的力学性能指标

有些机械零件长期在高温下工作,如柴油机的排气阀、涡轮增压器的涡轮叶片。金属长时间在高温和载荷的作用下,即使应力小于  $\sigma_s$ ,也会发生缓慢的塑性变形,此种现象称为蠕变。温度越高,蠕变越严重,甚至会导致零件断裂。

金属在高温下的机械性能指标有高温强度(又称热强度)和热硬性。

#### 1. 高温强度

是应力、应变、温度和时间综合作用的反映。其指标有蠕变极限和持久强度。

(1)蠕变极限 金属材料长期在高温和载荷作用下抵抗塑性变形的能力,用  $\sigma_{d,t}^T$  表示,单位为 MPa,意思是在一定温度  $T$  下、一定的时间  $t$  内,产生一定塑性变形量  $\delta$  时所能承受的最大应力。例如用 1Cr13 制作涡轮叶片,材料蠕变极限  $\sigma_{0.1/1000}^{500} = 57$  MPa,即在 500 °C 下工作 10 000 h,产生 0.1% 的变形量时的最大应力为 57 MPa。

(2)持久强度 是金属材料长期在高温和载荷作用下抵抗断裂的能力,用  $\sigma_r^T$  表示,单位

为 MPa,意思是在一定温度  $T$  下,工作一定的时间  $t$  后产生断裂的应力。例如 1Cr13 的持久强度  $\sigma_{100000}^{20} = 190$  MPa,即在 500 °C 下工作 100 000 h 发生断裂时的应力为 190 MPa。

## 2. 热硬性

又称红硬性,是金属材料在高温下保持较高硬度的能力。热硬性是高温下工作的机器零件和高速切削刀具的重要力学性能指标。

# 第二节 金属材料的工艺性能和物理、化学性能

## 一、工艺性能

金属零件和构件在加工和制造过程中要经过各种冷、热加工,如铸造、锻造、焊接、切削加工及热处理等。金属材料在冷、热加工过程中所表现出来的特性称为工艺性能。工艺性能直接影响零件的加工方法及质量,是选材的重要依据。金属材料的工艺性能指标包括以下几种。

### 1. 铸造性

是指金属材料铸造时获得完好铸件的能力。它由以下特点显示。

(1)流动性 是金属材料在熔化状态下填充型腔的能力。流动性好的金属材料就能铸造出形态复杂的铸件,而且加工余量少,产生缺陷少。

(2)收缩率 液态金属在冷却过程中,铸件形状尺寸缩小的程度。收缩率越小,铸件的缩孔、缩松和内应力越小。

(3)偏析倾向 是液态金属在凝固后出现的化学成分不均匀的现象。偏析倾向越小,铸件的性能越均匀一致。

常见的灰铸铁、青铜和铸造铝合金等具有良好的铸造性能。

### 2. 可锻性

是金属材料承受压力加工的能力,取决于材料的塑性和变形抗力。材料的塑性好,易成型,变形抗力小,材料的锻造性就好。

常用的金属材料中,中、低碳钢的可锻性好,而高碳钢的可锻性差,灰铸铁不能锻造。

### 3. 可焊性

是指金属材料用一定的焊接方法获得优质焊缝的能力。它用材料的接合性能和焊缝的使用可靠性来判断。钢的焊接性与钢中含碳量有关,含碳量越低的钢焊接性越好。

### 4. 切削加工性

是指金属材料进行切削加工的难易程度。切削加工性能与材料的种类、成分、硬度、塑性和组织等有关。切削加工性能好的材料硬度在 HB160 ~ HB230 之间,而且切屑易断,加工表面光洁,刀具寿命长,消耗动力少。

### 5. 热处理性

金属材料的热处理性主要是指钢的淬透性、晶粒长大倾向及回火脆性。

## 二、物理、化学性能

金属材料的物理性能主要是指密度、熔点、热膨胀性、导电性、导热性和磁性等。金属的化学性能包括耐腐蚀性和抗氧化性。

## 习 题

3-1-1 何谓金属的力学性能,常用的力学性能指标有哪些?

3-1-2 何谓强度、塑性? 衡量这两种性能的指标有哪些,它们各用什么符号表示?

3-1-3 说明低碳钢拉伸曲线上的几个变形阶段。

3-1-4 解释塑性材料在拉伸试验过程中出现的屈服现象和缩颈现象。

3-1-5 某厂购进一批40钢材,按国家规定,它的力学性能指标应不低于下列数值:  $\sigma_s$  340 MPa,  $\sigma_b$  540 MPa,  $\delta_5$  19%,  $\psi$  45%。验收时,将40钢制成  $d_0 = 1 \times 10^{-2}$  m 的短试样作拉伸试验,测得  $F_s = 28\ 260$  N,  $F_b = 45\ 530$  N,  $l_0 = 6.05 \times 10^{-2}$  m,  $d_1 = 7.3 \times 10^{-3}$  m。请列式计算这批钢材是否合格。

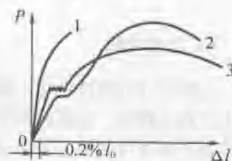


图 3-1-3

3-1-6 图3-1-3所示为三种不同材料的拉伸曲线(试样尺寸相同),试比较这三种材料的抗拉强度、屈服点和塑性大小。

3-1-7 何谓硬度? 布氏硬度值、洛氏硬度值确定时的主要区别在哪里,它们各适于测定哪些材料的硬度?