



高职高专“十二五”规划教材

# 机械基础

蔡广新 主编

贾志宁 副主编  
李卫权 主 审

JIXIE JICHU



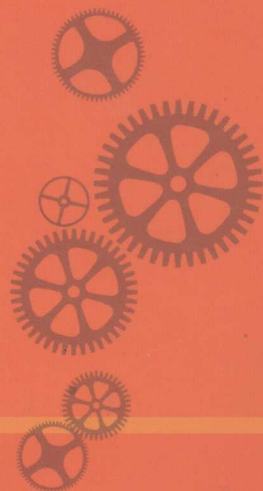
化学工业出版社





高职高专“十二五”规划教材

# 机械基础



JIXIE JICHU

ISBN 978-7-122-14705-9



9 787122 147059 >



化学工业出版社 | 教学资源网  
www.cipedu.com.cn  
专业教学服务支持平台

定价：27.00元



高职高专“十二五”规划教材

# 机 械 基 础

蔡广新 主 编  
贾志宁 副主编  
李卫权 主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是在参照教育部高等学校工程专科非机械类专业机械基础课程教学基本要求和总结近年来高职高专机械基础教学改革经验的基础上组织编写的。

全书共十章。内容包括机械常用工程材料与钢的热处理、平面构件的静力分析、拉压杆件的承载能力、梁的弯曲、轴与轴毂连接、常用机构、常用传动方式、轴承、连接零件、课程实训等。各章配有思考题与习题供学习时选用。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校非机械类各专业机械基础课程的教材，也可供有关工程技术人员参考。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

机械基础/蔡广新主编. —北京: 化学工业出版社,  
2012.8

高职高专“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-122-14705-9

I. 机… II. 蔡… III. 机械学-高等职业教育-教材  
IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 142798 号

---

责任编辑: 于 卉  
责任校对: 陶燕华

装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 13½ 字数 329 千字 2012 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 27.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

本书根据高职院校非机械类专业学生对机械基础的要求,对课程内容和课程体系进行了精心选取和编排,对理论性较强的公式及复杂的实例仅作简单说明或指出参考资料,为学习后续课程及正确使用、维护、修理机械设备打下坚实的基础。

参加本书编写的有:承德石油高等专科学校蔡广新(绪论、第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章)、邱久生(第一章)、贾志宁(第八章),承德江钻石油机械有限责任公司张丽娜(第九章)、杨静(第十章)。本书由蔡广新任主编,负责全书的统稿,贾志宁任副主编。李卫权教授担任本书主审,仔细阅读了全书的文稿及图稿,提出了很多宝贵意见和建议,在此表示衷心感谢。

限于编者水平,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2012年5月

# 目 录

|                    |    |
|--------------------|----|
| 绪论                 | 1  |
| 一、机器的组成与相关概念       | 1  |
| 二、本课程的内容、性质和任务     | 2  |
| 三、本课程的学习方法         | 2  |
| 第一章 机械常用工程材料与钢的热处理 | 4  |
| 第一节 金属材料的力学性能与工艺性能 | 4  |
| 一、力学性能             | 4  |
| 二、工艺性能             | 7  |
| 第二节 金属的晶体结构与结晶     | 8  |
| 一、晶体结构             | 8  |
| 二、实际晶体结构           | 10 |
| 三、结晶               | 10 |
| 第三节 合金的相结构与合金相图    | 12 |
| 一、合金的基本概念          | 12 |
| 二、合金的相结构           | 12 |
| 第四节 铁碳合金及其相图       | 15 |
| 一、纯铁的同素异晶转变        | 15 |
| 二、铁碳合金的基本相         | 15 |
| 三、铁碳相图分析           | 16 |
| 四、铁碳合金分类           | 17 |
| 五、典型铁碳合金的冷却过程与组织   | 18 |
| 六、含碳量与杂质对铁碳合金性能的影响 | 19 |
| 第五节 钢的热处理          | 20 |
| 一、组织转变原理           | 20 |
| 二、热处理工艺            | 23 |
| 第六节 常用金属材料         | 25 |
| 一、铁基金属材料           | 25 |
| 二、非铁基金属材料          | 28 |
| 第七节 工程材料的选用        | 30 |
| 一、零件的失效            | 30 |
| 二、失效的原因            | 30 |
| 三、选材的原则            | 30 |
| 四、选材的步骤            | 31 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 五、典型零件的选用 .....            | 31 |
| 思考题与习题 .....               | 33 |
| <b>第二章 平面构件的静力分析</b> ..... | 34 |
| 第一节 静力分析基础 .....           | 34 |
| 一、基本概念 .....               | 34 |
| 二、基本公理 .....               | 36 |
| 三、约束与约束反力 .....            | 37 |
| 四、受力分析与受力图 .....           | 40 |
| 第二节 平面基本力系 .....           | 41 |
| 一、平面汇交力系合成与平衡的几何法 .....    | 41 |
| 二、平面汇交力系合成与平衡的解析法 .....    | 43 |
| 三、平面力偶系的合成与平衡 .....        | 45 |
| 第三节 平面任意力系 .....           | 46 |
| 一、力线平移定理 .....             | 46 |
| 二、平面任意力系向一点简化 .....        | 47 |
| 三、合力矩定理 .....              | 49 |
| 四、平面任意力系的平衡方程与应用 .....     | 50 |
| 思考题与习题 .....               | 52 |
| <b>第三章 拉压杆件的承载能力</b> ..... | 55 |
| 第一节 构件承载能力概述 .....         | 55 |
| 第二节 轴向拉伸与压缩的概念 .....       | 56 |
| 第三节 轴向拉伸与压缩时横截面上的内力 .....  | 57 |
| 一、内力的概念 .....              | 57 |
| 二、截面法求轴力 .....             | 57 |
| 三、轴力图 .....                | 58 |
| 第四节 轴向拉伸（或压缩）的强度计算 .....   | 59 |
| 一、应力的概念 .....              | 59 |
| 二、横截面上的应力 .....            | 59 |
| 三、许用应力和强度条件 .....          | 60 |
| 第五节 轴向拉伸（或压缩）的变形 .....     | 63 |
| 一、变形与应变 .....              | 63 |
| 二、泊松数 .....                | 64 |
| 三、胡克定律 .....               | 64 |
| 第六节 材料拉伸和压缩时的力学性能 .....    | 65 |
| 一、低碳钢的拉伸试验 .....           | 66 |
| 二、铸铁的拉伸试验 .....            | 68 |
| 三、材料的压缩试验 .....            | 68 |
| 四、应力集中 .....               | 69 |
| 第七节 压杆稳定 .....             | 70 |
| 思考题与习题 .....               | 71 |



|                     |     |
|---------------------|-----|
| <b>第四章 梁的弯曲</b>     | 73  |
| 第一节 平面弯曲的概念与弯曲内力    | 73  |
| 一、平面弯曲的概念           | 73  |
| 二、弯曲内力              | 74  |
| 三、剪力图和弯矩图           | 76  |
| 第二节 弯曲强度计算          | 78  |
| 一、弯曲正应力及分布规律        | 79  |
| 二、梁弯曲时的正应力强度条件及其应用  | 79  |
| 第三节 提高梁承载能力的措施      | 81  |
| 一、减小最大弯矩            | 81  |
| 二、提高抗弯截面系数          | 82  |
| 三、等强度梁              | 82  |
| 思考题与习题              | 83  |
| <b>第五章 轴与轴毂连接</b>   | 85  |
| 第一节 轴的分类与材料         | 85  |
| 一、分类                | 85  |
| 二、材料                | 86  |
| 第二节 圆轴扭转时的内力        | 86  |
| 一、圆轴扭转的概念           | 86  |
| 二、外力偶矩的计算           | 87  |
| 三、扭矩的计算             | 87  |
| 四、扭矩图               | 89  |
| 第三节 圆轴扭转时的应力和强度计算   | 90  |
| 一、应力                | 90  |
| 二、极惯性矩和抗扭截面系数       | 92  |
| 三、强度计算              | 92  |
| 第四节 轴的结构设计          | 93  |
| 第五节 剪切与挤压的实用计算与轴毂连接 | 95  |
| 一、实用计算              | 95  |
| 二、轴毂连接              | 98  |
| 思考题与习题              | 103 |
| <b>第六章 常用机构</b>     | 106 |
| 第一节 平面机构的组成         | 106 |
| 一、运动副               | 106 |
| 二、平面机构的运动简图         | 107 |
| 三、平面机构的自由度          | 109 |
| 第二节 平面连杆机构          | 112 |
| 一、平面四杆机构的类型及应用      | 112 |
| 二、平面四杆机构的基本性质       | 116 |
| 第三节 凸轮机构            | 118 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 一、组成、应用和特点                | 118 |
| 二、分类                      | 119 |
| 三、运动过程与运动参数               | 120 |
| 四、凸轮和滚子的材料                | 120 |
| 五、凸轮和滚子的结构                | 121 |
| 第四节 其他常用机构                | 122 |
| 一、棘轮机构                    | 122 |
| 二、槽轮机构                    | 124 |
| 思考题与习题                    | 125 |
| <b>第七章 常用传动方式</b>         | 127 |
| 第一节 带传动                   | 127 |
| 一、类型、特点和应用                | 127 |
| 二、V带和V带轮                  | 128 |
| 三、V带传动的张紧和维护              | 131 |
| 第二节 链传动                   | 131 |
| 一、结构和特点                   | 131 |
| 二、运动特性                    | 132 |
| 第三节 齿轮传动                  | 133 |
| 一、齿轮传动的类型和特点              | 133 |
| 二、渐开线齿廓                   | 133 |
| 三、渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸计算 | 135 |
| 四、渐开线直齿圆柱齿轮的啮合条件          | 137 |
| 五、根切现象、最少齿数和变位齿轮的概念       | 138 |
| 六、轮齿的失效形式和齿轮的材料           | 140 |
| 七、标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算         | 142 |
| 八、斜齿圆柱齿轮传动                | 147 |
| 九、其他齿轮传动简介                | 154 |
| 十、轮系                      | 155 |
| 思考题与习题                    | 163 |
| <b>第八章 轴承</b>             | 166 |
| 第一节 滑动轴承的类型、特点和应用         | 166 |
| 一、类型和特点                   | 166 |
| 二、应用                      | 166 |
| 第二节 滑动轴承的结构和材料            | 166 |
| 一、结构                      | 166 |
| 二、轴瓦和轴承衬的材料与结构            | 168 |
| 第三节 滑动轴承的润滑               | 169 |
| 一、润滑剂及其选择                 | 169 |
| 二、润滑方式和润滑装置               | 169 |
| 第四节 滚动轴承的结构、类型与特点         | 170 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 一、结构·····             | 170 |
| 二、类型与特点·····          | 171 |
| 第五节 滚动轴承的代号与类型选择····· | 173 |
| 一、代号·····             | 173 |
| 二、类型与型号选择·····        | 174 |
| 三、滚动轴承的组合设计·····      | 174 |
| 思考题与习题·····           | 178 |
| <b>第九章 连接零件</b> ····· | 179 |
| 第一节 螺纹连接·····         | 179 |
| 一、连接用螺纹·····          | 179 |
| 二、螺纹连接的类型·····        | 180 |
| 三、螺纹连接件·····          | 181 |
| 四、螺栓连接的几个结构问题·····    | 183 |
| 五、螺纹连接装配中的几个问题·····   | 184 |
| 第二节 联轴器和离合器·····      | 187 |
| 一、联轴器·····            | 187 |
| 二、离合器·····            | 190 |
| 第三节 弹簧·····           | 192 |
| 一、功用·····             | 192 |
| 二、类型·····             | 192 |
| 三、材料·····             | 193 |
| 四、圆柱螺旋弹簧的结构·····      | 193 |
| 五、圆柱螺旋弹簧的几何参数·····    | 194 |
| 思考题与习题·····           | 194 |
| <b>第十章 课程实训</b> ····· | 195 |
| 第一节 设备简介·····         | 195 |
| 一、液压式万能材料试验机·····     | 195 |
| 二、电子万能材料试验机·····      | 196 |
| 三、电子扭转试验机·····        | 198 |
| 第二节 基本实验·····         | 199 |
| 一、低碳钢、铸铁的拉伸和压缩试验····· | 199 |
| 二、扭转试验·····           | 200 |
| 三、弯曲正应力的测定·····       | 202 |
| 四、机构运动简图的绘制·····      | 203 |
| 五、齿轮范成原理·····         | 204 |
| 六、实验报告的书写·····        | 205 |
| <b>参考文献</b> ·····     | 206 |

# 绪 论

## 一、机器的组成与相关概念

日常生活和工作中接触到的缝纫机、洗衣机、自行车、汽车，工业生产中的机床、纺织机、起重机、机器人等，都是机器。机器的种类繁多，其结构、功用各异，但从机器的组成来分析，它们的共同之处如下。

- ① 都是人为的实体组合。
- ② 各实体间具有确定的相对运动。
- ③ 能实现能量的转换或完成有用的机械功。

同时具备这三个特征的称为机器，仅具备前两个特征的称为机构。机构就是多个实物的组合，能实现预期的机械运动。例如，图 0-1 所示的内燃机，它是由活塞、连杆、曲轴、齿轮、凸轮、顶杆及汽缸体等组成，它们构成了连杆机构、齿轮机构和凸轮机构，如图 0-2 所示。内燃机的功能是将燃料的热能转化为曲轴转动的机械能。其中连杆机构将燃料燃烧时体积迅速膨胀而使活塞产生的直线移动转化为曲轴的转动；凸轮机构用来控制适时启闭进气阀和排气阀；齿轮机构保证进、排气阀与活塞之间形成协调动作。由此可见，机器是由机构组成的，从运动观点来看两者并无差别，工程上统称为机械。

组成机械的各个相对运动的实体称为构件，机械中不可拆的制造单元称为零件。构件可以是单一零件，如内燃机的曲轴（图 0-3），也可以是由多个零件组成的一个刚性整体，如

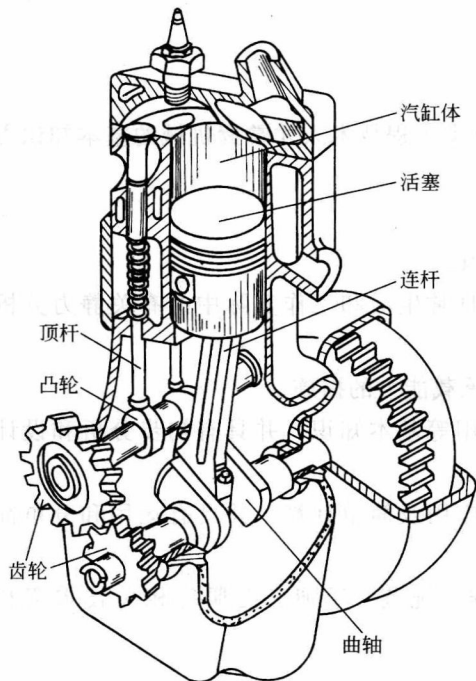


图 0-1 内燃机

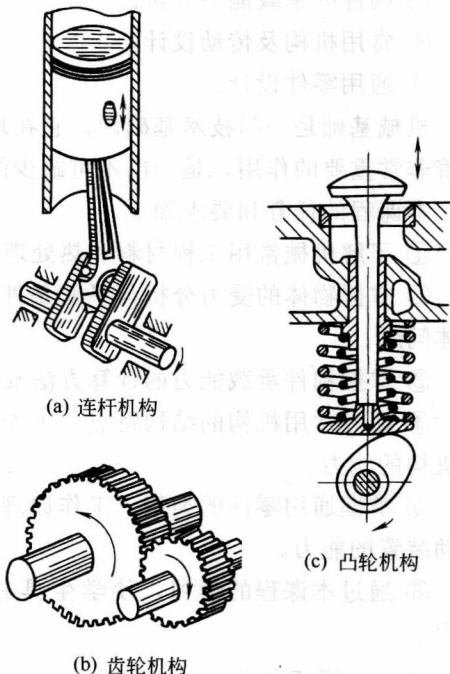


图 0-2 组成内燃机的机构

内燃机的连杆（图 0-4）。由此可见，构件是机械中的运动单元，零件是机械中的制造单元。

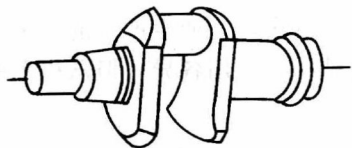


图 0-3 曲轴

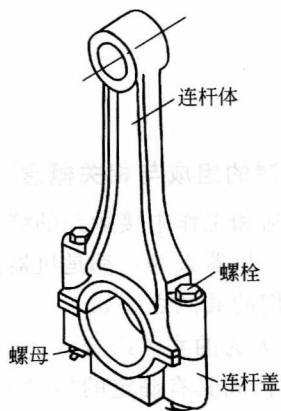


图 0-4 连杆

零件又可分为两类：一类是在各种机器中都可能用到的零件，称为通用零件，如螺母、螺栓、齿轮、凸轮、链轮等；另一类则是在特定类型机器中才能用到的零件，称为专用零件，如曲轴、活塞等。

## 二、本课程的内容、性质和任务

本课程的内容是研究机械的基本理论及与机械设计相关的计算、制造等技术问题。具体内容主要有以下几个方面。

- ① 机械常用工程材料及钢的热处理。
- ② 平面机构的静力分析。
- ③ 构件的承载能力分析。
- ④ 常用机构及传动设计。
- ⑤ 通用零件设计。

机械基础是一门技术基础课。它在培养非机械类工程技术人才掌握机械的基本知识方面起着非常重要的作用，是一门不可缺少的课程。

本课程的任务和要求如下。

- ① 了解机械常用工程材料和热处理的基本知识。
- ② 掌握物体的受力分析与平衡条件，能解决日常生活和工作实际中的有关静力分析的具体问题。
- ③ 掌握构件承载能力的计算方法及提高构件承载能力的措施。
- ④ 熟悉常用机构的结构特点、工作原理及应用等基本知识，并具有初步分析和设计常用机构的能力。
- ⑤ 掌握通用零件的类型、工作原理、特点、应用及简单计算，并具有运用和分析简单传动装置的能力。
- ⑥ 通过本课程的学习，使学生具有运用标准、规范、手册、图册等相关技术资料的能力。

## 三、本课程的学习方法

本课程是实践性较强的技术基础课，因此，在学习时应注意以下几点。



① 应多看一些实物、模型,仔细观察机械的工作和运动情况,对各种机构有直观印象,则可对所学知识加深理解。

② 由于机器的种类繁多,而组成机器的机构种类却有限,本课程只对一些共性问题和常用机构进行探讨。所以,在学习时,一方面要着重搞清基本概念,理解基本原理,掌握机构分析的基本方法;另一方面也要注意这些原理和方法在机械工程上实际应用的范围和条件,要有一定的工程意识。

③ 做适量的习题也是学好本课程的重要环节。首先要了解如何从生产实际中提炼出理论问题,再用学到的理论、研究方法进行求解,最后得到符合实际需要的结论。

④ 实验课是加深基本概念理解和培养基本技能的重要环节,需要严肃认真地进行操作,审慎细致地取得数据,培养严谨的工作作风。

# 第一章 机械常用工程材料与钢的热处理

## 学习目标

掌握热处理基本原理与工艺,掌握合理选材的方法和步骤,了解金属的基本结构,了解金属材料的分类与牌号表示方法,了解材料的性能与组织、结构的关系。

## 第一节 金属材料的力学性能与工艺性能

材料是人类社会发展的重要物质基础,人类社会发展的历史证明,生产技术的进步和生活水平提高与新材料的应用息息相关。每一种新材料的出现和应用,都使社会生产和人们生活发生重大变化,并有力地推动人类文明的进步。因此,历史学家常以石器时代、铜器时代、铁器时代来划分历史发展的各个阶段;而现在人类已跨入人工合成材料的新时代。

材料的种类很多,其中用于机械制造的各种材料,称为机械工程材料。生产中用来制作机械工程结构、零件和工具的固体材料,分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。其中金属材料是最重要的工程材料,应用最广、最多,占整个用材的80%~90%。金属材料之所以能够广泛应用,是由于它具有优良的使用性能和工艺性能,易于制成性能、形状都能满足使用要求的机械零件、工具和其他制品。

材料的性能与其成分、组织及加工工艺密切相关。金属材料可以通过不同的热处理方法,改变表面成分和内部组织结构,以获得不同的性能,满足不同的使用要求。因此,机械设计和制造的重要任务之一,就是合理地选用材料和制定材料的加工工艺。而要合理选材,必须了解其性能。

金属材料的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,主要有力学性能、物理性能和化学性能;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,主要有铸造、锻造、焊接、热处理和切削加工性能。在机械行业中选用材料时,一般以力学性能作为主要依据。

### 一、力学性能

力学性能是指金属在外力作用下所表现出来的特性。常用的力学性能判据有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。金属力学性能判据是指表征和判定金属力学性能所用的指标和依据。判据的高低表征了金属抵抗各种损伤能力的大小,也是设计金属制件时选材和进行强度计算的主要依据。

#### 1. 强度和塑性

强度是指金属抵抗塑性变形和断裂的能力。塑性变形是指金属在外力作用下发生不能恢复原状的变形,也称永久变形。根据受力情况的不同,材料的强度可分为抗拉、抗压、抗弯曲、抗扭转和抗剪切等强度。常用的强度指标为静拉伸试验条件下,材料抵抗塑性变形能力

的屈服点强度  $\sigma_s$  和抵抗破坏能力的抗拉强度  $\sigma_b$ 。材料的  $\sigma_s$  或  $\sigma_b$  值越大, 则强度越高。

塑性是指断裂前材料发生塑性变形的能力, 常用的判据有断后伸长率  $\delta$  和断后收缩率  $\psi$ 。 $\delta$  和  $\psi$  越大, 材料的塑性越好。伸长率  $\delta$  是指材料受拉断裂时, 一定长度的绝对伸长量与原有长度的百分比。

要测定材料的强度和塑性, 通常是将材料制成标准试样 (GB/T 6397—1986), 在材料万能试验机上进行测定。关于强度、塑性及其测定将在以后进一步讲述。

## 2. 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形, 尤其是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量金属软硬程度的判据。

材料的硬度是通过硬度试验测得的。硬度试验所用设备简单, 操作简便、迅速, 可直接在半成品或成品上进行试验而不损坏被测件, 而且还可根据硬度值估计出材料近似的强度和耐磨性。因此, 硬度在一定程度上反映了材料的综合力学性能, 应用很广。常将硬度作为技术条件标注在零件图样或写在工艺文件中。

硬度试验方法较多, 生产中常用的是布氏硬度、洛氏硬度试验法。

(1) 布氏硬度 其测定是在布氏硬度试验机上进行的, 试验原理如图 1-1 所示。用直径为  $D$  的淬火钢球或硬质合金球做压头, 以相应的试验力  $F$  将压头压入试件表面, 经规定的时间内, 去除试验力, 在试件表面得到一直径为  $d$  的压痕。用试验力  $F$  除以压痕表面积  $A$ , 所得值即为布氏硬度值, 用符号 HB 表示。淬火钢球为压头时, 符号为 HBS; 硬质合金球为压头时, 符号为 HBW。

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

式中  $A_{\text{压}}$ ——压痕表面积,  $\text{mm}^2$ ;

$d, D, h$ ——压痕平均直径、压头直径、压痕深度,  $\text{mm}$ 。

上式中只有  $d$  是变量, 只要测出  $d$  值, 即可通过计算或查表得到相应的硬度值。 $d$  值越大, 硬度值越小;  $d$  值越小, 硬度值越大。

布氏硬度试验法压痕面积较大, 能反映出较大范围内材料的平均硬度, 测得结果较准确, 但操作不够简便。又因压痕大, 故不宜测试薄件或成品件。HBS 适于测量硬度值小于 450 的材料; HBW 适于测量硬度值小于 650 的材料。

目前, 大多用淬火钢球做压头测量材料硬度, 主要用来测定灰铸铁、有色金属及退火、正火和调质的钢材等。

(2) 洛氏硬度 其测定是在洛氏硬度试验机上进行的, 试验原理如图 1-2 所示。它是以

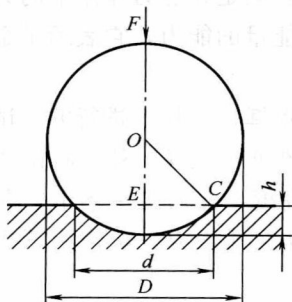


图 1-1 布氏硬度试验原理

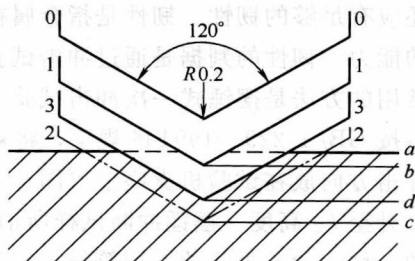


图 1-2 洛氏硬度试验原理示意

顶角为  $120^\circ$  金刚石圆锥体或直径为 1.588mm 淬火钢球做压头，在初试验力和总试验力（初试验力 + 主试验力）先后作用下，压入试件表面，经规定保持时间后，去除主试验力，用测量的残余压痕深度增量（增量是指去除主试验力并保持初试验力的条件下，在测量的深度方向上产生的塑性变形量）来计算硬度的一种压痕硬度试验法。

图 1-2 中，0-0 为压头与试件表面未接触的位置；1-1 为加初试验力 10kgf (98.07N) 后，压头经试件表面  $a$  压入到  $b$  处的位置， $b$  处是测量压入深度的起点（可防止因试件表面不平引起的误差）；2-2 为初试验力和主试验力共同作用下，压头压入到  $c$  处的位置；3-3 为卸除主试验力，但保持初试验力的条件下，因试件弹性变形的恢复使压头回升到  $d$  处的位置。因此，压头在主试验力作用下，实际压入试件产生塑性变形的压痕深度为  $bd$  ( $bd$  为残余压痕深度增量)。用  $bd$  大小来判断材料的硬度， $bd$  越大硬度越低；反之，硬度越高。为适应习惯上数值越大，硬度越高的概念，故用一常数  $K$  减去  $bd(h)$  作为硬度值（每 0.002mm 的压痕深度为一个硬度单位）直接由硬度计表盘上读出。洛氏硬度用符号 HR 表示。

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

金刚石做压头， $K=100$ ；淬火钢球做压头， $K=130$ 。

为使同一硬度计能测试不同硬度范围的材料，可采用不同的压头和试验力。按压头和试验力不同，GB/T 230—1991 规定洛氏硬度的标尺有九种，但常用的是 HRA、HRB 和 HRC 三种，其中 HRC 应用最广。洛氏硬度的试验条件和应用范围见表 1-1。

表 1-1 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 $F_{\Sigma}$ / kgf(N) | 硬度值有效范围 | 应用举例           |
|------|--------------------------|----------------------------|---------|----------------|
| HRA  | $120^\circ$ 金刚石圆锥        | 60(588.4)                  | 7088    | 硬质合金，表面淬火、渗碳钢等 |
| HRB  | $\phi 1.588\text{mm}$ 钢球 | 100(980.7)                 | 20~100  | 有色金属，退火、正火钢    |
| HRC  | $120^\circ$ 金刚石圆锥        | 150(1471.1)                | 20~70   | 淬火钢，调质钢等       |

注：总试验力 = 初试验力 + 主试验力。

洛氏硬度试验操作简便、迅速，测量硬度范围大，压痕小，无损于试件表面，可直接测量成品或较薄工件。但因压痕小，对内部组织和硬度不均匀的材料的测量结果不够准确。因此，需在试件不同部位测定三点取其平均值。

### 3. 韧性及疲劳强度

(1) 韧性 以上讨论的是静载荷下的力学性能指标，但生产中许多零件是在冲击力作用下工作的，如锻锤的锤杆、风动工具等。这类零件，不仅要满足在静力作用下的力学性能指标，还应有足够的韧性。韧性是指金属在断裂前吸收变形能量的能力，它表示了金属材料抗冲击的能力。韧性的判据是通过冲击试验确定的。

常用的方法是摆锤式一次冲击试验法，它是在专门的摆锤试验机上进行的。试验时首先将材料按 GB/T 229—1994 的规定，将被测材料制作成标准冲击试样，然后将试样缺口背向摆锤冲击方向放在试验机支座上（图 1-3）。摆锤举至  $h_1$  高度，然后自由落下；摆锤冲断试样后，升至  $h_2$  高度。摆锤冲断试样所消耗的能量，即试样在冲击力一次作用下折断时所吸收的功，称为冲击吸收功，用符号  $A_K$  表示。

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