



21世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

# 金工实习

jingong shixi

■ 主 编 徐永礼 涂清湖  
■ 副主编 黄斌斌 兰国莉  
刘棣中 莫寿生



 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

# 金工实习

主 编 徐永礼 涂清湖  
副主编 黄斌斌 兰国莉  
刘棣中 莫寿生

---

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了金属工艺的基础知识,常用金工实习设备、工具量具及其加工工艺方法。全书共分为9个课题,内容包括:金属材料及热处理实训,钳工实训,车削加工实训,刨削、磨削与镗削实训,铣削与齿轮加工实训,铸造实训,锻压实训,焊接与切割实训,现代加工技术实训等,重要课题均编写了综合训练示例。

本书适用于高等院校机械类、机电类、近机类以及工科各专业的金工实习使用,也可供工程技术人员参考使用。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

金工实习/徐永礼,涂清湖主编. —北京:北京理工大学出版社,2009.8  
ISBN 978-7-5640-2717-9

I. 金… II. ①徐…②涂… III. 金属加工—实习—高等学校:技术学校—教材 IV. TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 150702 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市南阳印刷有限公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 21.25

字 数 / 390 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1~1500 册

定 价 / 37.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

---

图书出现印装质量问题,本社负责调换

# 出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代,面临这个难得的机遇和挑战,本着“科教兴国”的基本战略,我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求,满足社会对高校毕业生的技能需要,北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写,以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材面向机电类相关专业。作者在编写之际,广泛考察了各校应用型学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,力求提高学生的实际运用能力,使学生更好地适应社会需求。

## 一、教材定位

- ✚ 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用目的。
- ✚ 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合机电类课程体系设置。
- ✚ 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高。
- ✚ 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便学生易于接受。

## 二、编写原则

- ✚ 定位明确。本系列教材所列案例均贴合工作实际,以满足广大企业对于机电类专业应用型人才实际操作能力的需求,增强学生在就业过程中的竞争力。
- ✚ 注重培养学生职业能力。根据机电类专业实践性要求,在完成基础课的前提下,使学生掌握先进的机电类相关操作软件,培养学生的实际动手能力。

### 三、丛书特色

- ✚ 系统性强。丛书各教材之间联系密切,符合各个学校的课程体系设置,为学生构建牢固的知识体系。
- ✚ 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深,循序渐进的原则,重点、难点突出,以提高学生的学习效率。
- ✚ 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例,使学生对当前专业发展方向有明确的了解,并提高创新能力。
- ✚ 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力,以使理论来源于实践,并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

# 前 言

本教材是总结高等院校近年来的教改经验编写而成。主要供高等院校机械制造及自动化、机电一体化、模具设计与制造、数控技术、汽车修理、汽车电子等专业的学生使用。也可供近机类、非机类专业以及从事机电设计和制造的技术人员使用。

通过本教材的学习,可以帮助学生在金工实习时,了解毛坯和零件的加工工艺过程,机械零件的主要加工方法和要领,并指导学生的实际操作,掌握基本的操作技能,为学习专业课程和今后工作奠定必要的实践基础。

本教材的内容注重理论与实际相结合,力求文字简明通顺,插图清晰,书中的技术名词、定义、符号均采用最新国家标准。尽量体现以实际操作能力为导向,以项目任务为载体,以突出能力为目标的教育特色。每一课题均以案例导入为开始,切入必须的基本知识,侧重加工工艺过程操作要点介绍,配合综合实训和适当的练习,有助于学生自学和教师指导。

本教材由徐永礼担任主编并负责统稿,由涂清湖担任第二主编。本书的编写分工是:徐永礼编写课题一和课题三;刘棣中编写课题二(2.1、2.2、2.3、2.4、2.5);涂清湖编写课题二(2.6、2.7、2.8、2.9、2.10)和课题五;莫寿生编写课题四;兰国莉编写课题六;谭红江编写课题七;廖其兴编写课题八;黄斌斌编写课题九。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请专家、同仁和广大读者批评、指正。

编 者

# 目 录

<b>课题一 金属材料及热处理实训</b> .....	1
1.1 金属材料常用力学性能试验 .....	1
1.1.1 拉伸试验 .....	1
1.1.2 金属材料的强度 .....	3
1.1.3 金属材料的塑性 .....	3
1.1.4 硬度试验 .....	4
1.1.5 韧性与疲劳强度 .....	8
1.2 钢材及其鉴别 .....	9
1.2.1 钢材的分类 .....	9
1.2.2 钢牌号的表示方法 .....	10
1.2.3 常用钢材 .....	12
1.2.4 钢材的鉴别 .....	13
1.3 钢的热处理工艺 .....	16
1.3.1 钢的退火工艺 .....	16
1.3.2 钢的正火工艺 .....	17
1.3.3 钢的淬火工艺 .....	18
1.3.4 钢的回火工艺 .....	21
1.4 本课题实训:硬度试验和碳钢的淬火、回火实训 .....	22
1.4.1 硬度试验 .....	22
1.4.2 碳钢的淬火、回火实训 .....	23
<b>练习题</b> .....	24
<b>课题二 钳工实训</b> .....	27
2.1 概述 .....	27
2.1.1 钳工简介 .....	27
2.1.2 常用量具简介 .....	28
2.1.3 钳工安全生产和防护知识 .....	36
2.2 划线实训 .....	37
2.2.1 划线工具和使用 .....	38
2.2.2 划线基准的选择 .....	42
2.2.3 划线操作方法 .....	43
2.3 整削实训 .....	44

2.3.1	銼削工具及使用	44
2.3.2	銼削方法	45
2.4	鋸削实训	49
2.4.1	鋸削工具	49
2.4.2	鋸削操作方法	50
2.4.3	鋸條损坏	51
2.5	銼削实训	52
2.5.1	銼刀	52
2.5.2	銼刀操作方法	54
2.5.3	銼削注意事項和质量檢驗	58
2.6	鑽孔、擴孔、絞孔实训	59
2.6.1	鑽孔	59
2.6.2	擴孔	65
2.6.3	鉸孔	65
2.6.4	絞孔	67
2.7	攻螺紋和套螺紋实训	68
2.7.1	攻螺紋	68
2.7.2	套螺紋	71
2.8	刮削和研磨实训	73
2.8.1	刮削	73
2.8.2	研磨	80
2.8.3	研磨质量檢驗	83
2.9	裝配实训	84
2.9.1	裝配的组织形式	84
2.9.2	裝配的基本原則	85
2.9.3	裝配的工艺过程	86
2.9.4	常見零件的裝配	88
2.9.5	机器的拆卸	93
2.10	钳工综合训练	94
2.10.1	钳工制作实训一:阶梯鑲配件的加工	94
2.10.2	钳工制作实训二:变角板	97
2.10.3	钳工制作实训三:燕尾鑲配	100
	练习题	103
	课题三 车削加工实训	109
3.1	车削加工概述	109
3.1.1	车削加工简介	109



3.1.2	车削实训安全技术	111
3.1.3	车床的润滑与保养	112
3.2	车床及刀具	113
3.2.1	卧式车床	113
3.2.2	车床常用附件	116
3.2.3	车刀	121
3.3	车床操作实训	125
3.3.1	车削前的准备工作	125
3.3.2	车削操作要领	127
3.3.3	轴类零件的车削	132
3.3.4	盘套类零件的车削	138
3.3.5	圆锥面的车削	141
3.3.6	螺纹的车削	145
3.3.7	成形面的车削和滚花	153
3.4	车削综合实训	157
3.4.1	综合训练一:传动小轴的车削	157
3.4.2	综合训练二:梯形螺杆轴的车削	159
3.4.3	综合训练三:转向轴的车削	161
	练习题	164
<b>课题四</b>	<b>刨削、磨削与镗削实训</b>	168
4.1	刨削实训	168
4.1.1	刨床	168
4.1.2	刨刀及其安装	172
4.1.3	工件的安装	173
4.1.4	刨削操作	173
4.2	磨削实训	176
4.2.1	概述	176
4.2.2	磨床	177
4.2.3	砂轮及安装、平衡、修整	179
4.2.4	磨削操作	182
4.3	镗削实训	184
4.3.1	镗床、镗模	184
4.3.2	镗削操作	185
	练习题	186
<b>课题五</b>	<b>铣削与齿轮加工实训</b>	188
5.1	铣削实训	188

5.1.1	铣削运动和铣削应用	188
5.1.2	铣床	189
5.1.3	铣床附件	194
5.1.4	铣刀	197
5.1.5	铣削操作	201
5.1.6	铣削综合训练示例	207
5.2	齿轮加工实训	211
5.2.1	仿形法加工齿轮	211
5.2.2	展成法加工齿轮	212
	练习题	216
<b>课题六</b>	<b>铸造实训</b>	219
6.1	铸造基本知识	219
6.1.1	概述	219
6.1.2	铸造生产常规工艺流程	220
6.1.3	合金的铸造性能	221
6.1.4	铸件结构工艺性	221
6.2	砂型铸造实训	221
6.2.1	砂型铸造的工模具	222
6.2.2	铸型的制作	222
6.2.3	铸件的生产	227
6.3	特种铸造简介	232
6.3.1	熔模铸造	232
6.3.2	压力铸造	233
6.3.3	离心铸造	233
6.4	铸造综合实训:整模造型	234
6.4.1	教学目的	234
6.4.2	实训前的准备	234
6.4.3	实训操作	234
6.4.4	考核评分	236
	练习题	237
<b>课题七</b>	<b>锻压实训</b>	238
7.1	锻造基本知识	238
7.1.1	锻压生产概述	238
7.1.2	常用锻压方法	240
7.1.3	坯料的加热及冷却方式	240
7.2	自由锻造实训	244

7.2.1	自由锻设备 .....	245
7.2.2	手工自由锻工具和操作 .....	247
7.2.3	自由锻基本工序和操作 .....	249
7.3	模锻和胎模锻简介 .....	256
7.3.1	模锻 .....	256
7.3.2	胎模锻 .....	257
7.4	板料冲压 .....	258
7.4.1	冲压设备 .....	258
7.4.2	冲压模具 .....	260
7.4.3	冲压工序与操作 .....	261
7.5	本课题实训 手锤毛坯的自由锻造 .....	264
	练习题 .....	265
<b>课题八</b>	<b>焊接与切割实训</b> .....	266
8.1	焊接基础知识 .....	266
8.1.1	焊接原理 .....	266
8.1.2	焊接方法的分类 .....	267
8.1.3	焊接设备的分类和选用原则 .....	268
8.1.4	安全生产和劳动保护知识 .....	269
8.2	焊条电弧焊 .....	271
8.2.1	焊条电弧焊的焊接过程及焊接电弧 .....	271
8.2.2	焊条电弧焊设备与工具 .....	272
8.2.3	焊条 .....	273
8.2.4	焊条电弧焊工艺及其操作 .....	275
8.3	气焊和气割 .....	278
8.3.1	气焊的特点和应用 .....	278
8.3.2	气焊的设备与工具以及辅助器具 .....	279
8.3.3	焊丝与焊剂 .....	280
8.3.4	气焊火焰(氧乙炔焰) .....	281
8.3.5	气焊的基本操作 .....	281
8.3.6	气割 .....	282
8.4	其他焊接简介 .....	283
8.4.1	埋弧自动焊 .....	283
8.4.2	气体保护电弧焊 .....	284
8.4.3	电阻焊的基础知识 .....	285
8.4.4	钎焊 .....	287
8.5	焊接质量分析 .....	288

8.5.1 焊接应力与变形 .....	288
8.5.2 常见焊接缺陷 .....	290
8.5.3 焊接质量检验 .....	291
8.6 实训与考核 .....	293
8.6.1 综合实训 .....	293
8.6.2 考核 .....	296
本课题小结 .....	298
练习题 .....	298
<b>课题九 现代加工技术实训 .....</b>	<b>301</b>
9.1 数控加工 .....	301
9.1.1 数控机床的工作原理 .....	301
9.1.2 数控编程方法 .....	302
9.1.3 数控编程指令 .....	302
9.1.4 数控机床分类 .....	304
9.1.5 数控加工的特点及应用 .....	306
9.1.6 数控车床加工 .....	307
9.1.7 数控铣床加工 .....	311
9.2 电火花加工简介 .....	315
9.2.1 电火花线切割加工 .....	315
9.2.2 电火花成型加工 .....	316
9.3 其他特种加工简介 .....	317
9.3.1 激光加工 .....	317
9.3.2 超声波加工 .....	318
9.3.3 电子束加工 .....	319
9.3.4 离子束加工 .....	320
9.4 快速成型制造 .....	321
9.4.1 基本原理 .....	321
9.4.2 常用的RPM工艺简介 .....	322
本课题小结 .....	324
练习题 .....	324
<b>参考文献 .....</b>	<b>326</b>

# 课题一 金属材料及热处理实训

**教学目标：**了解金属材料常用的力学性能试验，熟悉常用钢材的分类、牌号、用途与鉴别，掌握热处理的基本原理及普通热处理工艺。

**教学重点和难点：**拉伸试验、硬度试验、钢的分类和热处理工艺实训。

**案例导入：**某企业需要购买一批减速机，厂家提供两种型号供选择。一种是 ZL500-31.5 软齿面减速机，重 450kg，价格 3600 元/台；另一种是 ZLY160-31.5 硬齿面减速机，重 230kg，价格 4600 元/台。这两种型号减速机的传动功率和传动比相同，均能满足使用要求。采购人员很是纳闷：后一种的质量轻，体积小，价格却比前一种的高出许多倍，这是为什么呢？原来软齿面减速机的齿轮是用 45 号钢经正火或调质处理；而硬齿面减速机的齿轮是用 20CrMnTi 合金钢经渗碳 + 淬火 + 低温回火处理，最后还进行精磨加工，从而使其齿面的硬度、耐磨性能和配合精度大大提高，传动平稳，使用寿命比软齿面减速机高出 3 倍以上，了解情况后企业选择购买硬齿面减速机。可见，合理使用金属材料并采用适当的加工工艺，能大大提高其力学性能，节约材料，并获得可观的经济效益。

## 1.1 金属材料常用力学性能试验

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能两大类。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现的特性，包括物理性能、化学性能和力学性能；工艺性能是指金属材料在加工过程中所表现出来的特性，主要包括铸造性能、锻压性能、焊接性能、切削加工性能和热处理工艺性能等。

力学性能是指金属材料在外力作用下，所表现出来的力学特性。当金属承受各种外加载荷（如拉伸、压缩、弯曲、扭转、冲击和交变等应力）时，会产生变形以至断裂。因此，力学性能也可以理解为金属材料受力时抵抗变形与断裂的能力。

金属材料常用的力学性能试验方法有：拉伸试验、硬度试验、冲击试验和疲劳试验等。

### 1.1.1 拉伸试验

金属材料的强度和塑性通常是通过拉伸试验来测定的。

#### 1. 试样的准备

在试验之前，按 GB228-87 规定，先将金属材料制作成标准试样，如图 1-1

所示为圆柱形拉伸试样。拉伸试验的试样按原始标距  $l_0$  与原始横截面直径  $d_0$  的比值分为两种：原始标距  $l_0 = 5d_0$  时为短试样； $l_0 = 10d_0$  时为长试样。低碳钢拉伸试验时通常采用长试样。

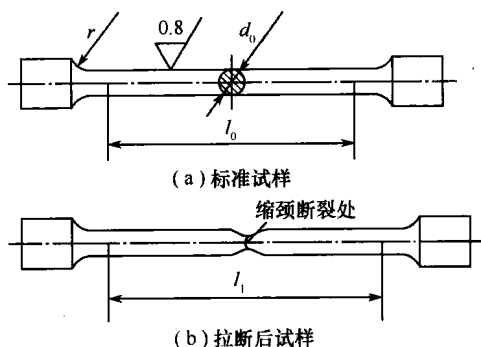


图 1-1 圆柱形拉伸试样

## 2. 拉伸试验过程

试验之前，先将试样的两端安装在拉伸试验机的夹头内，然后对试样施加拉伸力，当缓慢增大拉伸力时，试样也随之逐渐伸长，直至将试样拉断。同时试验机自动绘制出拉伸过程中的载荷 ( $F$ ) 与试样的伸长量 ( $\Delta l$ ) 之间的关系曲线，称为拉伸曲线。低碳钢的拉伸曲线如图 1-2 所示。

## 3. 拉伸结果分析

从拉伸曲线可知，拉伸过程可分为弹性变形、弹性 - 塑性变形和断裂三个阶段。在拉伸开始的  $Oe$  阶段，为弹性变形阶段，在此阶段，当外力去除变形量也完全消除。当拉伸力超过  $F_e$  后，试样产生明显的塑性变形，当拉伸力增大到  $F_s$  时，拉伸曲线上出现一近似水平的线段，表示外力不增加，变形量仍继续增加，这种现象称为屈服现象。屈服后，只有增大外力，变形量才会增加， $eb$  阶段为弹性 - 塑性变形阶段，即除了发生塑性变形外，同时也发生弹性变形。当拉伸力到达  $F_b$  时，试样局部横截面积减小，开始形成“缩颈”现象，此时，承载能力迅速下降，变形量明显增大，到  $k$  点时试样发生断裂。

拉伸曲线中，拉断前总伸长量为  $Of$ ，拉断后测得的伸长量  $Og$  为塑性变形量，恢复的伸长量  $gf$  为弹性变形量。

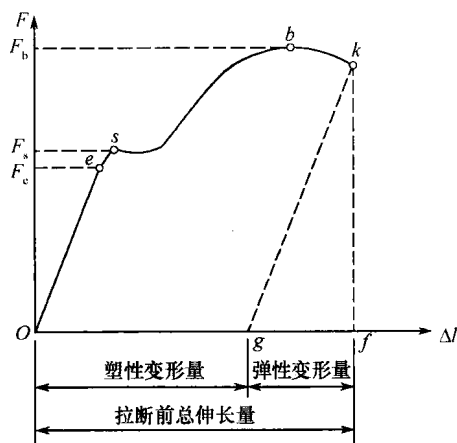


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

### 1.1.2 金属材料的强度

强度是指金属材料在静载荷作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。按照国家标准对材料进行各种破坏性试验（如拉伸、压缩、弯曲、扭转、剪切和疲劳试验等），可测定相应的强度指标。金属材料常用的强度指标是：屈服点和抗拉强度。

#### 1. 屈服点（屈服强度）

屈服点是指拉伸试样产生屈服现象时的应力值，用  $\sigma_s$  表示，即

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} \text{ (MPa)}$$

式中  $F_s$ ——试样发生屈服现象时的载荷，N。

$S_0$ ——试样的原始横截面积， $\text{mm}^2$ 。

对于高碳钢、铸铁等材料，在拉伸试样中没有明显的屈服现象，无法确定其屈服点，可用规定的残余伸长率为 0.2% 时对应的应力值作为材料的名义屈服点，以  $\sigma_{0.2}$  表示，即

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0} \text{ (MPa)}$$

式中  $F_{0.2}$ ——试样标距发生 0.2% 残余伸长率时的载荷，N。

$S_0$ ——试样的原始横截面积， $\text{mm}^2$ 。

#### 2. 抗拉强度

抗拉强度是指材料在拉断前所承受的最大应力值，以  $\sigma_b$  表示，即

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

式中  $F_b$ ——试样拉断前所承受的最大载荷，N。

$S_0$ ——试样的原始横截面积， $\text{mm}^2$ 。

在进行机械零件设计时，机械零件的横截面积尺寸可根据该零件的受力情况和材料的许用应力进行计算。通常设计钢件（或塑性材料）零件时的许用应力以  $\sigma_s$  或  $\sigma_{0.2}$  为依据来确定，而设计铸铁等脆性材料零件时的许用应力以  $\sigma_b$  为依据来确定。

### 1.1.3 金属材料的塑性

塑性是指金属材料在断裂前产生永久变形的能力。金属材料常用的塑性指标是：断后伸长率和断面收缩率。

#### 1. 断后伸长率

断后伸长率简称伸长率，它是指试样拉断后，标距的伸长量与原始标距的百分比，用  $\delta$  表示，即

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中  $l_1$ ——试样拉断后的标距长度，mm。

$l_0$ ——试样原始标距长度，mm。

对于同一种材料，长试样测得的伸长率通常小于短试样。长试样的伸长率用  $\delta_{10}$  或  $\delta$  表示，短试样则用  $\delta_5$  表示。

## 2. 断面收缩率

断面收缩率是试样断口处横截面的减少量与原始横截面积之比的百分数，以  $\psi$  表示，即

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

式中  $S_0$ ——试样原始横截面积， $\text{mm}^2$ 。

$S_1$ ——试样断口处横截面积， $\text{mm}^2$ 。

金属材料的  $\delta$  和  $\psi$  值越大，其塑性越好。良好的塑性是金属材料进行锻造、冲压、轧制、焊接的必要条件。此外，机械零件具有一定的塑性，可避免在使用中发生突然断裂。

### 1.1.4 硬度试验

硬度是指金属材料局部表面抵抗变形（特别是塑性变形）的能力。它是由材料的弹性、强度、塑性、韧性等力学性能组成的综合性能指标。由于硬度试验设备简单，操作方便快捷，所以它是机械零件最为常用的力学性能检验方法，在机械产品零件图纸上，技术要求通常只标出硬度值，而不再标出其他的力学性能指标。

目前，硬度的测定方法可分为压入法、刻划法和回跳法三类，生产中常用的是压入法。压入法主要有布氏硬度试验法，洛氏硬度试验法和维氏硬度试验法等。

#### 1. 布氏硬度试验

布氏硬度试验的原理如图 1-3 所示，它是在一定的载荷（试验力） $F$  作用下，将直径为  $D$  的淬火钢球（或硬质合金球）压入被测工件的表面，保持规定的时间后，将试验力去除，取出工件，用读数显微镜测量压痕的表面直径  $d$ ，然后按公式求出布氏硬度值（当压头用淬火钢球时，用 HBS 表示；当压头用硬质合金球时，用 HBW 表示）。也可根据  $d$  值用布氏硬度换算表中查出硬度值。布氏硬度计算公式为

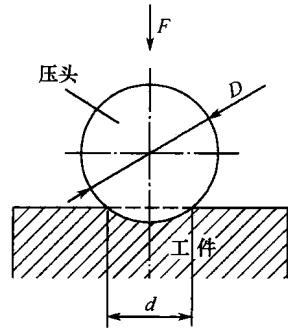


图 1-3 布氏硬度试验原理



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

式中,  $F$ ——载荷, N;  
 $S_{\text{压}}$ ——压痕球冠表面积,  $\text{mm}^2$ ;  
 $D$ ——压头的直径, mm;  
 $d$ ——压痕的直径, mm。

布氏硬度试验所用压头的直径有  $\phi 10\text{mm}$ ,  $\phi 5\text{mm}$ ,  $\phi 2.5\text{mm}$  三种。载荷有 29420N、9807N、7355N、2452N、1839N、613N 和 153N 等多种, 供不同种类和不同厚度的材料测试时选用。黑色金属 (主要指钢铁材料), 常用  $\phi 10\text{mm}$  的压头和 29420N (3000kgf) 的载荷。布氏硬度试验规范见表 1-1。

表 1-1 布氏硬度试验规范

材料	硬度范围 /HB	试样厚度 /mm	压头直径 D/mm	载荷 F /N	载荷保持时间/s
黑色金属	140 ~ 450	6 ~ 3	10	29420 (3000kgf)	10
		4 ~ 2	5	7355 (750kgf)	
		< 2	2.5	1839 (187.5)	
	< 140	> 6	10	9807 (1000kgf)	10 ~ 15
		6 ~ 3	5	2452 (250)	
		< 3	2.5	613 (62.5)	
铜合金及镁合金	36 ~ 130	> 6	10	9807 (1000)	30
		6 ~ 3	5	2452 (250)	
		< 3	2.5	613 (62.5)	
铝合金及轴承合金	8 ~ 35	> 6	10	2452 (250)	60
		6 ~ 3	5	613 (62.5)	
		< 3	2.5	153 (15.6)	

布氏硬度的表示方法为: 硬度值 + 硬度符号 + 试样条件。例如 255HBS/3000/10 表示用  $\phi 10\text{mm}$  的淬火钢球为压头, 在 29420N 载荷的作用下, 保持时间为 10s (保持时间 10 ~ 15s 时, 可以不标注), 测得的布氏硬度值为 255。

在日常生产中, HBS 试验适用于布氏硬度值低于 450 的金属材料的硬度试验, HBW 试验适用于布氏硬度值为 450 ~ 650 的较硬材料硬度试验。

布氏硬度试验的优点是数据较稳定, 重复性好。缺点是测试过程费时麻烦, 而且压痕过大, 不适合测量成品和过薄的工件。布氏硬度主要用于经过退火、正火和调质处理的钢件毛坯或半成品, 也常用于灰口铸铁、非铁金属的硬度测量。

## 2. 洛氏硬度试验

洛氏硬度试验的原理如图 1-4 所示, 它是以顶角为  $120^\circ$  的金刚石圆锥体 (或