



全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

金工实习

主编 李伯奎 王玲

高等教育出版社

全国教育科学

题研究成果

金工实习

Jingong Shixi

主编 李伯奎 王 玲

主审 傅水根

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是全国教育科学“十一五”规划课题研究成果,充分反映应用型本科院校的教学定位和实践教学特点。

本书主要内容包括金属材料及热处理,测量技术基础,铸、锻、焊等热加工,车、铣、刨、磨等切削加工,钳工与装配,综合创新训练等。章末附有一定量的思考题。

本教材可作为普通高等工科院校各专业金工实习指导用书,也可作为高职高专类院校工科各专业金工实习指导用书,以及学生参加职业技能鉴定的教学辅导用书,还可供各相关工种技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习/李伯奎,王玲主编.——北京:高等教育出版社,2015.3

ISBN 978-7-04-042055-5

I. ①金… II. ①李… ②王… III. ①金属加工-实习-高等学校-教材 IV. ①TG-45

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第026816号

策划编辑 卢广
插图绘制 邓超

责任编辑 沈志强
责任校对 王雨

封面设计 张申申
责任印制 田甜

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 北京铭成印刷有限公司
开本 787 mm × 960 mm 1/16
印张 18
字数 320千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版次 2015年3月第1版
印次 2015年3月第1次印刷
定价 26.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 42055-00

前 言

本书是全国教育科学“十一五”规划课题研究成果，充分反映出地方应用型普通本科院校的教学定位和实践教学特点，是淮阴工学院实施国家“卓越工程师教育培养计划”、探索创新人才培养模式的重要内容。本书主要内容包括金属材料及热处理，测量技术基础，铸、锻、焊等热加工，车、铣、刨、磨等切削加工，钳工与装配，综合创新训练等。

本书融合实践教学改革最新成果，是传统金工实习教材的延续与发展。与目前已出版的金工实习类教材相比，本教材的主要特色与创新包括：强调综合，设置创新训练、测量、装配等综合训练章节，将零散的知识有机融合，形成一个完整的知识体系；强调工艺，本书着重工艺分析能力的培养，给学生更多的独立思考及创造性运用知识的机会；增加职业从业标准，在车工及钳工等重点章节附上本工种的技能标准试题，说明本工种的工艺特征和岗位要求。

本书编写人员以金工实习一线指导教师为主。编写人员主要为高级技师和技师，适应岗位要求，刻苦钻研业务，长期坚持业务技术创新活动，取得显著成绩。虽然编者水平有限，但是我们真心希望本书能够拓宽学生的思路，并能够与金工同仁形成交流互动。

本书共分9章，第1章、第2章由王玲编写，第3章、第7章由王顺军编写，第4章、第8章由丁友伟编写，第5章由徐鸿宾编写，第6章、第9章由方晓堂编写。本书由淮阴工学院李伯奎、王玲主编，由清华大学傅水根教授主审。

本书在编写过程中参考了大量的相关教材和资料，借鉴了兄弟院校金工实习的教学改革成果，在此向他们表示衷心的感谢！

由于编者水平和能力所限，书中难免有不当和错误之处，望读者批评指正。

编 者
2014年12月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

第1章 金属材料及热处理	1
1.1 常用金属材料	1
1.1.1 常用金属材料的分类	1
1.1.2 金属材料的性能	4
1.1.3 常用金属材料的选择	8
1.2 钢的热处理与表面处理	9
1.2.1 概述	9
1.2.2 钢的常用热处理方法	9
1.2.3 钢的常用表面处理方法	11
1.2.4 典型零件齿轮的热处理工艺	17
思考题	18
第2章 测量技术基础	20
2.1 概述	20
2.1.1 测量的概念	20
2.1.2 公差的概念	21
2.2 机械零件的精度要求	21
2.2.1 尺寸公差	22
2.2.2 形状公差	22
2.2.3 位置公差	22
2.2.4 表面粗糙度	24
2.3 常用计量器具	25
2.3.1 常用量具	26
2.3.2 常用量规	29
2.3.3 常用计量仪器	31
2.4 典型零件的测量	33
2.4.1 轴类零件的测量	33
2.4.2 箱体类零件位置误差测量	36
思考题	42

第3章 铸造	43
3.1 概述	43
3.2 砂型铸造造型材料、工装及工具	44
3.2.1 型砂和芯砂	44
3.2.2 砂型铸造主要装备	45
3.2.3 手工造型工具	46
3.3 铸造工艺设计	47
3.3.1 浇注位置	47
3.3.2 分型面的选择	48
3.3.3 浇注系统	49
3.3.4 工艺参数	49
3.3.5 冒口与冷铁	50
3.4 造型方法	51
3.4.1 手工造型	51
3.4.2 造芯	55
3.4.3 手工造型操作技术要点	57
3.4.4 机器造型	57
3.5 铸造合金的熔炼与浇注	59
3.5.1 铸铁的熔炼	59
3.5.2 铸钢的熔炼	60
3.5.3 铸造有色合金的熔炼	62
3.5.4 浇注	62
3.6 铸件的落砂、清理及常见缺陷	63
3.6.1 铸件的落砂、清理	63
3.6.2 铸件的常见缺陷	63
3.6.3 铸件的质量检验与缺陷修补	65
3.7 特种铸造	66
3.7.1 金属型铸造	67
3.7.2 熔模铸造	67
3.7.3 压力铸造	68
3.7.4 低压铸造	69
3.7.5 离心铸造	70
3.7.6 消失模铸造	70
3.8 学生铸造实习作品	71

思考题	73
第4章 锻压	74
4.1 概述	74
4.2 自由锻	75
4.2.1 自由锻工具与设备	75
4.2.2 自由锻主要工序	78
4.2.3 典型零件的自由锻工艺	82
4.3 模锻	86
4.3.1 模锻设备	86
4.3.2 锻模	88
4.4 板料冲压	90
4.4.1 冲压设备	90
4.4.2 冲模	92
4.4.3 冲压基本工序	93
4.5 特种锻压	95
4.5.1 轧制	96
4.5.2 精密模锻	97
4.5.3 旋压	97
4.5.4 爆炸成形	99
4.5.5 超塑性成形	99
思考题	100
第5章 焊接	101
5.1 概述	101
5.2 电弧焊原理与焊接接头	101
5.2.1 电弧焊原理	102
5.2.2 焊接接头	102
5.2.3 坡口形式	104
5.2.4 焊接位置	105
5.3 焊条电弧焊	106
5.3.1 焊条电弧焊设备与工具	106
5.3.2 焊条	108
5.3.3 焊条电弧焊操作要点	110
5.3.4 焊接工艺参数	112
5.4 气焊与气割	113

IV 目录

5.4.1 气焊设备	114
5.4.2 气焊工艺与操作	116
5.4.3 气割	118
5.5 气体保护焊	119
5.5.1 氩弧焊	119
5.5.2 二氧化碳气体保护焊	120
5.6 其他焊接方法	121
5.6.1 埋弧自动焊	121
5.6.2 电阻焊	122
5.6.3 等离子弧焊	123
5.6.4 电子束焊	124
5.6.5 激光焊接	125
5.6.6 胶接	125
5.7 学生焊接实习作品	126
思考题	127
第6章 车工	129
6.1 概述	129
6.2 C6140 车床	130
6.2.1 命名规则	130
6.2.2 结构组成	130
6.2.3 传动系统	133
6.2.4 常用附件	133
6.3 车刀	138
6.3.1 车刀的种类、结构形式及材料	138
6.3.2 车刀的几何角度及刃磨	141
6.3.3 车刀的安装	144
6.4 常用车削方法	144
6.4.1 车外圆	144
6.4.2 车端面	147
6.4.3 车台阶	147
6.4.4 切槽与切断	148
6.4.5 孔加工	150
6.4.6 车圆锥	152
6.4.7 车成形面	154

6.4.8 滚花	155
6.4.9 车螺纹	156
6.5 典型零件的车削工艺	159
6.5.1 轴类零件的加工	159
6.5.2 盘类零件的加工	162
6.5.3 套类零件的加工	165
6.5.4 组合件的加工	168
思考题	172
第7章 铣工、刨工和磨工	173
7.1 铣工	173
7.1.1 概述	173
7.1.2 铣床与铣刀	174
7.1.3 工件的安装与常见的铣削方法	177
7.1.4 典型零件的铣削方法	181
7.2 刨工	184
7.2.1 概述	184
7.2.2 刨床与刨刀	185
7.2.3 工件的安装与常用刨削方法	187
7.2.4 典型零件的刨削工艺	189
7.3 磨工	191
7.3.1 概述	191
7.3.2 磨床与砂轮	192
7.3.3 工件的安装与常用磨削方法	195
7.3.4 典型零件的磨削工艺	198
思考题	200
第8章 钳工与装配	201
8.1 钳工概述	201
8.2 钳工常用小型装备与电动工具	201
8.2.1 钳工常用小型装备	201
8.2.2 钳工手持电动工具	205
8.3 钳工的基本操作	206
8.3.1 划线	206
8.3.2 锯削、锉削、錾削	213
8.3.3 钻孔、扩孔和铰孔	223

8.3.4 攻螺纹和套螺纹	227
8.4 典型零件的加工	232
8.4.1 羊角锤子	232
8.4.2 对称样板	233
8.5 装配钳工	235
8.5.1 装配钳工概述	235
8.5.2 装配钳工的基本要求与一般方法	236
8.5.3 变速箱的拆装	238
思考题	241
第9章 综合创新训练	242
9.1 概述	242
9.2 创新设计案例	242
9.2.1 凸轮快锁夹台虎钳的设计	242
9.2.2 螺纹对刀样板	245
9.2.3 车刀调节装置	246
9.2.4 多用游标千分卡尺	247
9.2.5 差动微调高度尺	250
9.2.6 差动微调车刀夹	252
9.2.7 撞击式快卸钻套装置	255
9.2.8 孔内键槽对称度测量仪	257
9.3 娱乐滑板车	261
9.3.1 设计要求	261
9.3.2 方案设计	262
9.3.3 实物作品及其特点	263
9.4 走S形轨迹无碳小车	265
9.4.1 设计要求	265
9.4.2 方案设计	266
9.4.3 实物作品及其特点	268
9.5 四连杠杆式自行车传动机构	269
9.5.1 设计要求	269
9.5.2 方案设计	269
9.5.3 实物作品及其特点	271
思考题	272
参考文献	273

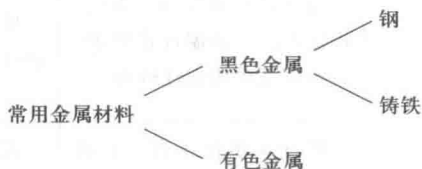
第 1 章 金属材料及热处理

1.1 常用金属材料

金属材料是指以金属(包括纯金属与合金)为基础的材料。大致分为黑色金属材料和有色金属材料。黑色金属通常是以铁、锰、铬为基的合金,其中以铁为基的合金称为钢,所以从狭义上讲黑色金属材料又称钢铁材料。有色金属材料指黑色金属材料以外的金属材料,通常按其元素名称命名,如铝及铝合金、铜及铜合金等。

1.1.1 常用金属材料的分类

常用金属可以分为以下类型:



1. 钢

钢依据不同标准有很多种分类方法。如按品质分类:根据钢中硫(S)、磷(P)的含量不同,可分为普通钢($w_p \leq 0.045\%$, $w_s \leq 0.055\%$)、优质钢($w_p \leq 0.035\%$, $w_s \leq 0.035\%$)、高级优质钢($w_p \leq 0.035\%$, $w_s \leq 0.030\%$);按化学成分分类:碳素钢(含少量 Si、Mn、S、P 杂质,总量不超过 2%)和合金钢(含合金元素 Cr、Ni、Mo、W、V、B 等);按用途分类:结构钢、工具钢及特殊性能钢等。表 1.1 列出了常用钢的特性及应用。

2. 铸铁

铸铁是碳的质量分数大于 2.11% 的铁碳合金,其成分除 C 外还含有一定数量的 Si、Mn、S、P 等化学元素和一些杂质。铸铁件具有优良的铸造性能,

可制成形状复杂零件,一般具有良好的切削加工性能,另外耐磨性和消振性良好,价格低廉,因此在机械工业中得到广泛应用。

表 1.1 常用钢的特性及应用

钢	常用牌号	特性	应用	
结构钢	优质碳素结构钢	45	具有较高强度，一定的塑性和韧性，切削性能良好	空压机、泵活塞、汽轮机的叶轮、重型机械中的轴、连杆、蜗杆、曲轴、齿轮、机床主轴、活塞销、传动轴等
	碳素结构钢	Q235A	韧性良好，有一定的强度和伸长率，铸造性、冲压和焊接性均良好	广泛用于制作一般机械零件，如销、轴、拉杆、连杆、套圈、螺栓、螺母、气缸、齿轮、支架、机架及焊接件等
	合金结构钢	40Cr	良好的综合力学性能、低温冲击性，淬透性良好，切削性能良好，焊接性不佳	齿轮、轴、主轴、曲轴、心轴套筒、销子、连杆、进气阀、螺钉
	低合金高强度结构钢	Q345	有良好的综合力学性能，焊接性能、低温冲击性能、冷冲压及可切削性较好	船舶、桥梁、车辆、大型钢结构、起重机械
工具钢	碳素工具钢	T8、T8A	强度和塑性不高、较高的硬度和良好的耐磨性，热硬性低，承受冲击载荷能力低	用于制造木材加工工具、软金属切削工具、钳工装配工具、虎钳口、弹性垫圈、弹簧片
特殊性能钢	不锈钢	0Cr18Ni9 (即 304 材质)	作为不锈钢耐热钢使用最广泛	食品用设备，化工耐酸容器及设备

铸铁根据 C 存在的不同形态可分为灰口铸铁、白口铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁、可锻铸铁及合金铸铁,见表 1.2。

表 1.2 铸铁分类及其性能、应用

铸铁	C 存在形态	性能	应用
灰口铸铁	C 主要以片状石墨形态存在	凝固时收缩量小, 抗压强度和硬度接近碳素钢, 减振性好	用于制造机床床身、气缸、箱体等结构件
白口铸铁	C 主要以渗碳体形态存在	凝固时收缩大, 易产生缩孔、裂纹。硬度高, 脆性大, 不能承受冲击载荷	多用作可锻铸铁的坯件和制作耐磨损的零部件
球墨铸铁	C 主要以球状石墨形态存在	比普通灰口铸铁有较高强度、较好韧性和塑性	用于制造内燃机、汽车零部件及农机具等
蠕墨铸铁	C 主要以蠕虫状石墨形态存在	力学性能与球墨铸铁相近, 铸造性能介于灰口铸铁与球墨铸铁之间	用于制造汽车的零部件
可锻铸铁	C 主要以团絮状石墨形态存在	其组织性能均匀, 耐磨损, 有良好的塑性和韧性	用于制造形状复杂、能承受强动载荷的零件
合金铸铁	普通铸铁加入适量合金元素(如 Si、Mn、P、Ni、Cr、Mo、Cu、Al、B、V、Sn 等)获得	具有相应合金元素的耐热、耐磨、耐蚀、耐低温或无磁等特性	用于制造矿山、化工机械和仪器、仪表等的零部件

灰口铸铁其断口的外貌呈浅灰色, 故称为灰口铸铁(灰铁), 其价格便宜, 成本低, 在市场上应用最广泛, 灰口铸铁占铸铁的总产量 80% 以上。牌号用字母“HT” + 数字(最小抗拉强度)组成, 如 HT200 表示抗拉强度为 200 MPa 的灰铁。表 1.3 为灰口铸铁牌号与应用。

表 1.3 灰口铸铁牌号与应用

灰铸铁牌号	适用范围	典型例子
HT100	低载荷和不重要零件	盖、外罩、手轮、支架、重锤等
HT150	中等载荷零件	支柱、底座、齿轮箱、刀架、阀体、管路附件等
HT200、HT250	较大载荷和重要零件	气缸体、齿轮、缸套、活塞、联轴器、轴承座等
HT300、HT350	高载荷的重要零件	齿轮、凸轮、高压油缸、滑阀壳体等

3. 常用有色金属

按化学成分可分为铜和铜合金、铝和铝合金、铅和铅合金、镍和镍合金、钛和钛合金等。按合金系统可分为重有色金属合金(如 Cu、Pb、Zn 等)、轻有色金属合金(如 Al、Mg 等)、贵金属合金(如 Au、Ag、Pt 等)、稀有金属合金(如 W、Mo、Ge、Li、La、U 等)等。

(1) 铜和铜合金

纯铜呈紫红色, 又称紫铜。纯铜密度为 8.96 g/cm^3 , 熔点为 $1\ 083\text{ }^{\circ}\text{C}$, 具有优良的导电性、导热性、延展性和耐蚀性。主要用于制作发电机、母线、电缆、开关装置、变压器等电工器材和热交换器、管道、太阳能加热装置的平板集热器等导热器材。

铜合金是以纯铜为基体加入一种或几种其他元素所构成的合金。常用的铜合金分为黄铜(以 Zn 为主要添加元素)、青铜(以 Sn 为主要添加元素)与白铜(以 Ni 为主要添加元素)三大类。铜合金在机械行业中广泛应用, 如黄铜常被用于制造阀门、水管、空调内外机连接管和散热器等; 青铜适合制造轴承、蜗轮、齿轮、轴承材料、精密弹簧和电接触元件等; 白铜广泛用于制造精密机械、眼镜配件、化工机械和船舶构件等。

(2) 铝和铝合金

纯铝的密度为 2.7 g/cm^3 , 大约是铁的 $1/3$, 熔点较低, 为 $660\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。铝是面心立方结构, 故具有很高的塑性, 易于加工, 可制成各种型材、板材, 抗腐蚀性能好, 但是纯铝的强度很低, 故不能用来制造承受载荷的结构零件。

铝合金是在纯铝中加入 Si、Cu、Mg、Mn 等合金元素。添加一定元素形成的铝合金不仅保持纯铝质轻等优点, 同时还能具有较高的强度, “比强度”(强度与密度的比值 σ_b/ρ) 胜过很多合金钢, 成为理想的结构材料, 广泛用于机械制造、运输机械、动力机械及航空工业等方面。

1.1.2 金属材料的性能

金属材料的性能一般分为使用性能和工艺性能两类。使用性能包括力学性能、物理性能、化学性能等, 而工艺性能是指金属材料在加工制造过程中对不同加工方法的适应能力。

1. 力学性能

金属材料在载荷作用下抵抗破坏的性能, 称为力学性能, 它是零件设计和选材时的主要依据, 通常包括强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳极限等。

(1) 强度与塑性

强度是指金属材料在静载荷作用下抵抗破坏(过量塑性变形或断裂)的能

力。可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。各种强度间通常有一定的联系,实际使用中一般以抗拉强度作为最基本的强度指标。

塑性是指金属材料在载荷作用下,产生塑性变形(永久变形)而不产生破坏的能力。

金属材料的强度和塑性指标是通过拉伸试验机测定的,如图 1.1a 所示为拉伸试验机,图 1.1b 为低碳钢拉伸曲线图。

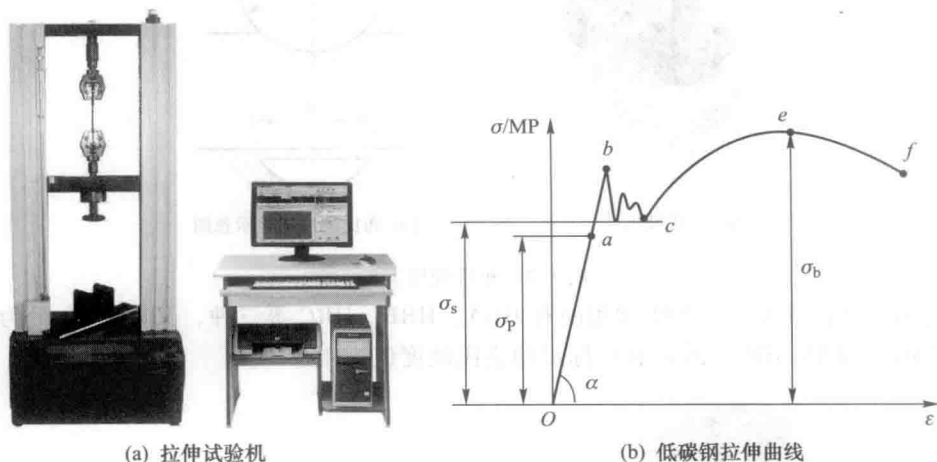


图 1.1 拉伸试验机及低碳钢拉伸曲线

(2) 硬度

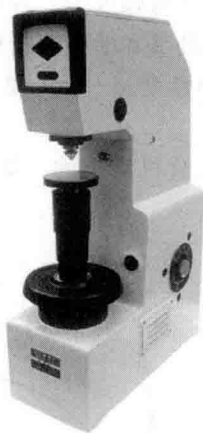
硬度表示材料抵抗硬物体压入其表面的能力,是衡量金属材料软硬程度的指标。硬度是金属材料的重要性能指标之一,材料的强度越高,变形抗力越高,硬度值也就越高。测定硬度方法最常用的是压入法,用一定几何形状的压头在一定载荷下压入被测试的金属材料表面,根据被压入程度来测定其硬度值。常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度及维氏硬度。

1) 布氏硬度(HB)

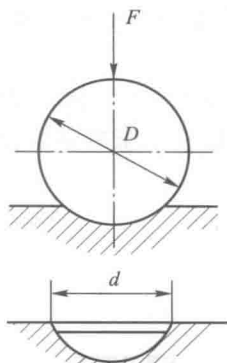
用载荷 P 把直径为 D 的钢球或硬质合金球压入试件表面,并保持一定时间,而后卸除载荷,测量该球在试样表面上所压出的压痕直径 d ,查表得出布氏硬度,如图 1.2b 所示。图 1.2a 为布氏硬度计,布氏硬度通常只给出数值而不写单位,如 200 HBW。

2) 洛氏硬度(HR)

特殊的压头(金刚石压头或钢球压头)在先后两个载荷(预载荷和总载荷)的作用下压入金属表面来进行测量,如图 1.3b 所示;数值可直接由硬度计表盘读出,如图 1.3a 所示。通常压入材料的深度越大,材料越软;压入的深度



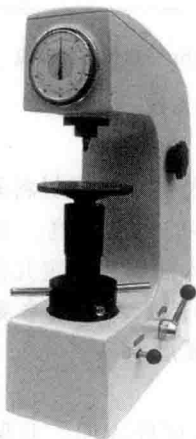
(a) 布氏硬度计



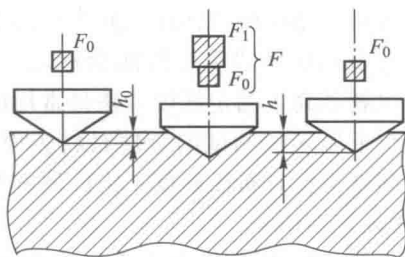
(b) 布氏硬度试验示意图

图 1.2 布氏硬度实验

越小，材料越硬。生产中常用的有 HRA、HRB、HRC 等三种，又以 HRC 最为常用，如 45 HRC，即表示 C 标尺的洛氏硬度值为 45。



(a) 洛氏硬度计



(b) 洛氏硬度试验示意图

图 1.3 洛氏硬度实验

3) 维氏硬度 (HV)

测量原理基本上和布氏硬度相同，也是根据压痕面积所承受的试验力来表示硬度值，所不同的是用金刚石正四棱锥压头，正四棱锥两对角的夹角为 136° ，底面为正方形。在载荷 F 的作用下，压头在试样表面压出一个底面为正方形的正四棱锥压痕，如图 1.4b 所示。用显微镜测定方坑对角线长度 d_1 和