

# 一、概 论

## 1. 什么是硬度

在日常生活中，我们通过感觉，可以粗略地辨别材料软硬的程度。然而在工厂中对材料的硬度，则不能只有感性的认识，而必须有明确的数值来区分，这就必须通过硬度试验来加以测定，俗称“打硬度”。

什么是金属材料的硬度呢？硬度是金属材料抵抗坚硬物体的压入而引起塑性变形的抗力。抵抗的能力愈大，不易被压入，则硬度愈高。反之，则硬度愈低。

## 2. 硬度在机械制造中的作用

当我们在车床或铣床上加工一个零件的时候，这时要求被加工的原材料硬度要适当，如果硬度较高，切削发生困难，不仅生产效率低，刀具容易磨损，而且加工后的零件表面粗糙，达不到要求的光洁度。硬度太高了，甚至不能进行加工。所以一般对原材料的硬度均有一定的规定（如我国冶金工业部部颁标准对各种钢材均有硬度规定）。超过规定的材料必须进行热处理——如退火等，使材料软化。

材料硬度高，切削性能不好，但材料硬度太低，则韧性太大，切削性能也不好，一般钢的硬度在 HB160~250 时具有较好的切削性能。

机械加工中所用的车刀、铣刀、丝锥、钻头等刀具，由原材料加工成刀具后，必须经过热处理使之产生高的硬度(HRC>63)，这样才能使刀具有良好的切削性能及高的耐磨性，以保证切削刀具的使用寿命。因此硬度标准是刀具制造中主要技术条件之一。

此外如许多机器零件，也根据它们的不同性质和要求均有一定的硬度范围，以保证零件有一定的强度、耐磨性和使用寿命。

从上述情况看来，硬度对机械制造有着重要的意义，特别是随着我国机械工业的飞跃发展，对产品质量的要求也不断提高，硬度更是一项重要的控制质量的标准，正确的确定刀具或零件的硬度，也是保证和提高产品质量的重要环节。

### 3. 硬度试验的特点

硬度试验是金属机械性能试验中最简便的一种。它与其他机械性能试验（如拉伸、冲击、扭转试验等）比较起来，具有下列特点：

1) 试验后工件不被破坏，因为留在工件表面上的试验痕迹很小，对于工件的使用并无影响，或者在加工过程中很容易除去。

2) 硬度试验时试样不需加工成特殊形状（拉伸、冲击等试样均需加工成一定几何形状），被试验的工件不论大小、厚薄及不同形状，一般均可用不同的方法加以测定。

3) 硬度试验方法简单、迅速，一般只要几十秒钟或几分钟即可试验完毕，由于试验方法简便，所以学习和掌握操作技术也比较容易。

4) 材料硬度与其他机械性能有一定的关系，知道了材料的硬度，可以大概的估计出其他机械性能的大小。硬度和强度的关系较为密切，一般说来，金属硬度越高，则它的强度也越大。常用的各种金属材料，强度与硬度之间存在以下的近似关系。

轧制、正火和退火状态的结构钢  $\sigma_b \approx 0.35HB$

热处理后的合金钢( $HB = 250 \sim 400$ )  $\sigma_b \approx 0.33HB$

热处理后的碳钢及合金钢( $HB < 250$ )  $\sigma_b \approx 0.34HB$

灰铸铁  $\sigma_b \approx \frac{HB - 40}{6}$

铝(杜拉铝)	$\sigma_b \approx 0.36HB$
退火铜	$\sigma_b \approx 0.55HB$
黄铜	$\sigma_b \approx 0.35HB$

式中  $\sigma_b$ ——材料的抗拉强度(公斤/毫米<sup>2</sup>);

HB——材料的布氏硬度。

上述数值只能作为参考,材料的抗拉强度应采用材料试验机进行试验,才能获得准确、可靠的数值。

金属材料的延展性、韧性、耐磨性等与硬度也有一定关系,不过不像强度那样明显。一般硬度越高,材料的延展性及韧性越小,脆性越大。所以用来在常温下压延加工或抵抗冲击的材料,硬度都应该较低。但硬度越高,材料的耐磨性越好,所以切削刀具均要求有较高的硬度,以保证刀具有较高的耐磨性和良好的切削性能。

#### 4. 硬度试验的种类及用途

根据硬度试验施加载荷方法的不同,可分为两大类:

1) 静力试验法 主要是以“压入法”为原理,所加载荷是缓慢和不受冲击的,这类的硬度试验有:

布氏硬度——以 HB 表示。用于试验退火或调质状态下的钢、铸铁、有色金属和硬度低于 HB450 的工件。

洛氏硬度——以 HR 表示。洛氏硬度分为 A、B、C、D、E……等标尺。而最常用的是 A、B、C 三种。

HRA: 用于试验热处理后的薄壁工件及硬质合金,表面热处理的工件等。

HRB: 用于试验退火或正火状态下的钢铁及有色金属等。

HRC: 用于试验淬火后的工具及零件。

维氏硬度——以 HV 表示。用于试验表面热处理,表面脱碳或较薄壁的工件。

显微硬度——以 HD 表示。用于测量金相组织的硬度。

2) 动力试验法 试验时所加的载荷是急剧的和冲击的, 这类的硬度试验有:

肖氏硬度——以 HS 表示。用于试验大型零件的硬度。

锤击式硬度——代替布氏硬度用于大型零件的检验。

锉刀试验硬度——用于形状不规则或大批零件的快速检验。

## 二、布氏硬度

### 1. 试验原理

布氏硬度试验法, 是应用较为广泛的压入法硬度试验之一。它的试验原理是用一定直径的钢球压入试样表面, 并在规定载荷作用下保持一定的时间, 待卸除载荷后, 测出压痕直径以求出硬度值。这种硬度值是指试样上钢球压痕的单位球形面积所承受的平均压力(公斤/毫米<sup>2</sup>), 压痕越大表示容易压入, 则硬度值低, 反之则硬度值高。硬度数值可按下列公式计算:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中 HB——布氏硬度表示符号;

$D$ ——钢球直径(毫米);

$P$ ——加于钢球上的载荷(公斤);

$d$ ——压痕直径(毫米)。

公式的来源是: 按布氏硬度的定义:

$HB = \frac{P}{F}$  已知压痕为一球面, 其直径为  $d$ , 深度为  $t$ , 如图

1, 则其压痕凹形面积为  $F = \pi Dt$ , 代入上式:

$$HB = \frac{P}{\pi Dt}$$

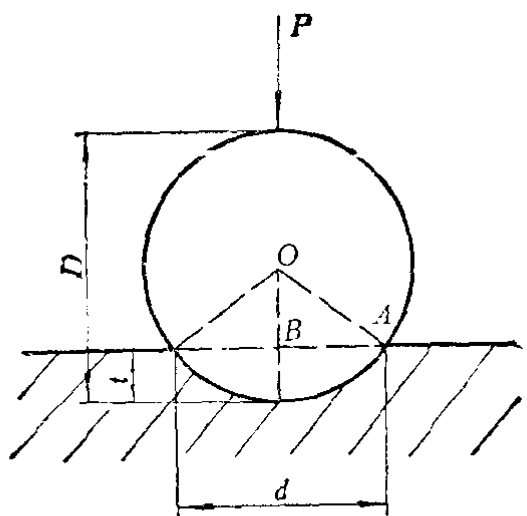


图 1 布氏硬度试验原理简图

从图 1 看出：

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{D}{2} - \overline{OB} = \frac{D}{2} - \sqrt{\overline{OA}^2 - \overline{AB}^2} \\
 &= \frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} \\
 &= \frac{1}{2} \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)
 \end{aligned}$$

代入得

$$\begin{aligned}
 HB &= \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\
 HB &= \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}
 \end{aligned}$$

## 2. 使用范围

布氏硬度广泛用于试验各种退火状态下的钢材、铸铁、有色金属等，也用于试验经调质处理及硬度小于 HB450 之机器零件。

## 3. 硬度计的构造

布氏硬度计常见有液压式及杠杆式两种，液压式是通过液体来传导压力，是比较早期的硬度计的类型，容易产生过载等的缺

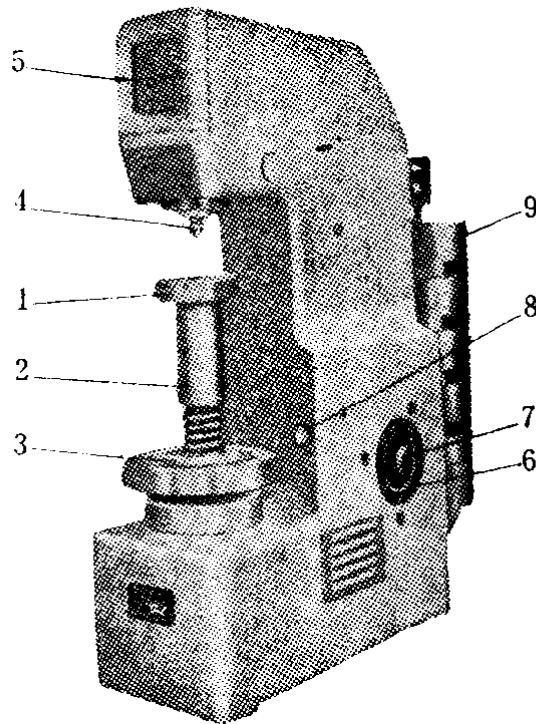


图2 HB-3000型布氏硬度计

点。目前多采用杠杆式硬度计，它是通过杠杆来传递压力，是较完善的硬度计结构。这里以HB-3000型布氏硬度计为例作简单介绍：

- 1) 载物台——放置试样的地方；
- 2) 升降丝杆——使载物台能上升或下降；
- 3) 手轮——使丝杆产生上下移动；
- 4) 压头——压头是由淬火后的钢球制成，钢球的直径有 $\phi 2.5$ 、 $\phi 5$ 、 $\phi 10$ 毫米三种；
- 5) 指示灯——用于表示加载荷过程；
- 6) 时间定位器——用于控制加荷时间；
- 7) 压紧螺钉——用于固定时间定位器；
- 8) 加荷按钮——用于施加载荷；
- 9) 载荷砝码——用砝码可组成187.5、250、750、1000、

3000公斤的载荷。

#### 4. 试验方法

1) 安装压头与载物台 按表 1 选择压头, 并用无酸汽油清洗其钢球附着的防锈油, 用棉花或质地较软的纱布擦拭干净, 装入主轴衬套内, 旋转紧固螺钉使其轻轻压于压头固定杆之扁平处, 然后将载物台 1 安装在丝杆上, 转动手轮 3 使工作台上升或下降。

表 1 布氏硬度试验压头与载荷的关系

金属种类	布氏硬度值范围 HB	试样厚度 (毫米)	载荷 $P$ 与钢球直径 $D$ 的关系	钢球直径 $D$ (毫米)	载荷 $P$ (公斤)	载荷保持时间 (秒)
黑色金属	140~450	6~3	$P = 30D^2$	10	3000	10
		4~2		5	750	
		<2		2.5	187.5	
	<140	>6	$P = 10D^2$	10	1000	10
		6~3		5	250	
		<3		2.5	62.5	
有色金属	>130	6~3	$P = 30D^2$	10	3000	30
		4~2		5	750	
		<2		2.5	187.5	
	36~130	9~3	$P = 10D^2$	10	1000	30
		6~3		5	250	
		<3		2.5	62.5	
	8~35	>6	$P = 2.5D^2$	10	250	60
		6~3		5	62.5	
		<3		2.5	15.6	

2) 选择载荷 按表 1 选择载荷。载荷吊架为 187.5 公斤。若加上 62.5 公斤砝码就形成 250 公斤载荷; 再加上 500 公斤砝码便形成 750 公斤载荷, 依此类推。

3) 选择载荷保持时间 载荷保持时间长短按表 1 规定。松开压紧螺钉 7, 把圆盘内的弹簧定位器旋转到所需的时间位置上 (圆盘红标志与名牌上的时间 10 秒、30 秒或 60 秒相对应), 压紧螺钉松开的程度应能使圆盘作回转调整即可。

4) 正式试验 以上准备工作就绪后, 首先打开电源开关, 此时电源指示灯发亮。将试件放在载物台 1 上, 转动手轮 3 使试件与压头接触。然后启动按钮开关 8, 并立即做好拧紧螺钉 7 的准备, 在加荷指示灯 5 燃亮的同时迅速拧紧, 使圆盘随曲柄一起回转直至自动反向和停止转动为止。从加荷指示灯燃亮到熄灭为全载荷保持时间。

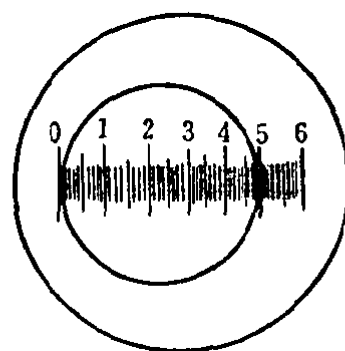


图 3 布氏硬度  
压痕测量图

5) 确定试验结果 试验结束后, 转动手轮, 取下试样, 用读数显微镜测量试样表面的压痕直径, 从相互垂直方向各测一次(图 3), 取其平均值, 用该值查表 (见附录表 2) 即得试样硬度值。

用 10 毫米直径钢球, 在 3000 公斤载荷下保持 10 秒钟测定的硬度值, 写成例如 HB400。在其他条件下试验结果写成例如 HB 5/250/30 = 110。即表示用 5 毫米直径钢球, 在 250 公斤载荷下保持 30 秒钟所测得的布氏硬度值为 110。

## 5. 注意事项

1) 试样的厚度不应小于压痕深度的 10 倍, 压痕直径应在  $0.25 \sim 0.6 D$  范围内, 不符合这种要求则试验无效。

2) 压痕必须准确的测量,  $\phi 5$ 、 $\phi 10$  毫米钢球压痕测量准确度应为 0.02 毫米;  $\phi 2.5$  毫米钢球测量准确度应为 0.01 毫米。

3) 压痕中心到试样边缘的距离不应小于压痕直径 2.5 倍,

而相邻的压痕中心距离不应小于压痕直径的 4 倍。

4) 10毫米钢球直径尺寸偏差不应超过 $\pm 0.01$ 毫米,用 5 倍放大镜观察,表面应无任何缺陷。如钢球使用时间较长,表面发生变形,必须更换新的钢球。

5) 硬度计的校验方法,一般采用标准硬度块,对硬度读数的正确性进行校验,所得硬度值应符合标准块上的刻度数值,如误差在 $\pm 3\%$ 以内,可在每次试验时进行修正,例如标准块的硬度刻度为 HB240,在硬度计上测得为 HB244时,说明硬度计读数比标准块高 4 个单位,所以试件测得的硬度值应相应减去。

另外对硬度计的载荷,可用标准测力计进行测定,载荷误差不应超过 $\pm 1\%$ ,否则必须进行修理后才能使用。

6) 硬度计应保持清洁,使用后载物台及升降丝杆可涂以防锈油,并盖防尘套。

### 三、洛氏硬度

#### 1. 试验原理

洛氏硬度试验是利用金刚石圆锥(或钢球),在一定压力下压入受试材料表面,然后根据压痕深度定出硬度数值。压痕越深则硬度值越低,反之则硬度值越高。试验示意图如图 4。洛氏硬度的数值按下列公式确定:

$$HR = K - \frac{h_1 - h_2}{C}$$

式中 HR——洛氏硬度符号;

$K$ ——常数,用金刚石圆锥为100,用钢球为130;

$h_2$ ——加 10 公斤预载荷时产生的压痕深度(毫米);

$h_1$ ——总载荷作用后,除去主载荷但保留 10 公斤预载荷

时的压入深度(毫米);

C——常数, 为 0.002 毫米, 即压头每压入为 0.002 毫米深度时, 相当于 1 个硬度单位。

洛氏硬度一般系通过读数机构直接读出硬度值。

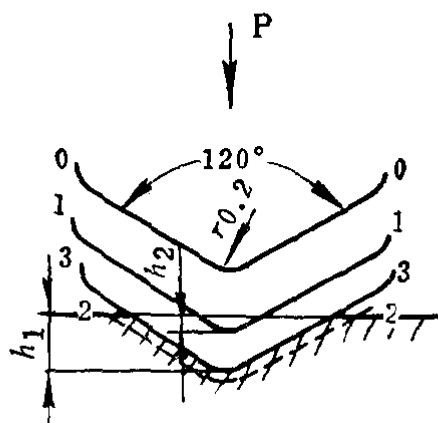


图 4 洛氏硬度试验原理图

1-1——初载荷 $P_0$ 压头位置; 2-2——总载荷 $P$ 压头位置;  
3-3——主载荷 $P_1$ 卸除后, 保留初载荷 $P_0$ 压头位置

## 2. 应用范围

洛氏硬度应用范围很广, 可用于试验各种钢铁原材料、有色金属、经淬火后高硬度工件、表面热处理工件及硬质合金等。

## 3. 硬度计的构造

洛氏硬度计的类型很多, 外形构造各有不同, 但构造原理及主要部件基本相同。这里以 HR-150A 型为例加以介绍。该硬度计也是杠杆式, 利用杠杆传递压力, 一方面将重锤压力加至受试的材料上; 另一方面利用杠杆把受试材料的压痕深度传递到读数百分表上, 能直接读出硬度的数值。硬度计的外形构造如图 5 所示。

1) 读数百分表——用于读出试样的硬度值;

2) 装压头处——压头是硬度计的重要组成部分。洛氏硬度计有两种压头, 一种是金刚石圆锥, 角度为 $120^\circ \pm 30'$ , 顶端球面

半径为  $0.2 \pm 0.01$  毫米，距金刚石顶端 0.3 毫米处表面应精磨，不允许有任何缺陷。另一种为淬火后的高硬度钢球，直径为  $1.588 \pm 0.001$  毫米(1/16吋)。用 5 倍放大镜观察钢球表面，不应有任何缺陷；

3) 载物台——硬度计附有平面及 V 型两种载物台，用以放置试样；

4) 升降机构——包括丝杆及手轮，顺时针方向扳动手轮，可使丝杆上升；逆时针方向扳动，则丝杆下降；

5) 加载、卸载手柄——将手柄向上轻轻扳动，是加载荷。手柄回复到原处，则卸去载荷。

6) 变荷手柄——硬度计的载荷为 60 公斤、100 公斤、150 公斤三种，试验时根据要求选用，如试验 HRC150 公斤，可将 150 对准刻度线即可。

#### 4. 试验方法

1) 选择压头及载荷 按试验要求根据表 2 选用适当的压头和载荷。

2) 选择载物台 按试样形状及大小，选用载物台，平面载物台用于试验平面的试样，V 型台用于试验圆形试样。由于试验工件的形状各有不同，往往需要设计专用的载物台，才能保证试验结果的准确。

3) 预加载荷 依顺时针方向旋转手轮(4)，升高支持载物台的丝杆，使试样与压头接触，并观察读数百分表(1)上小针

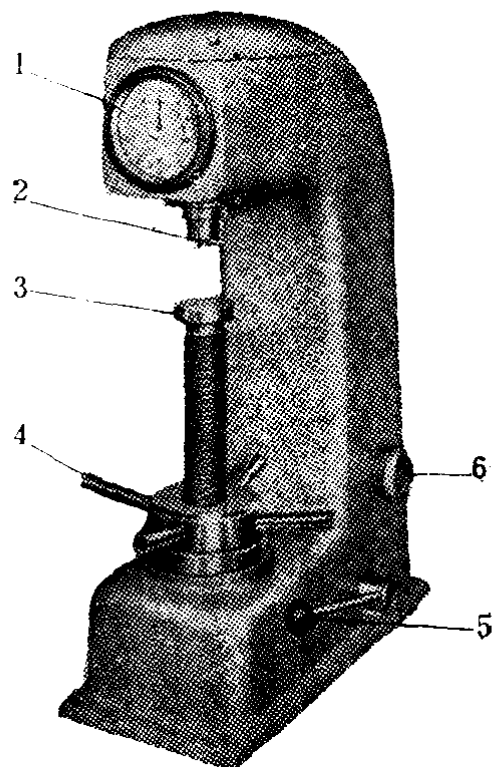


图 5 洛氏硬度计

表 2 洛氏硬度试验压头与载荷的关系

硬度符号	压 头	载荷(公斤)	应 用 范 围
HRB	钢球 φ1.588毫米	100	钢铁及有色金属材料 HRB 25~100
HRC	金刚石圆锥 120°	150	淬火及回火后工件 HRC 20~67
HRA	同 HRC	60	表面热处理工件、薄小零件硬质合金等 HRA 70~85

移动至小红点处，表示试件已受到杠杆系统施加的10公斤预加载荷，这时长针应在百分表的垂直或接近垂直位置。

预加载荷的作用是在试样表面压入一定深度，作为压痕深度测量的统一起点，消除由于金属表面光洁程度不同而造成的误差。各种不同型号的洛氏硬度计均有预加载荷机构，但它们的表示方法各有不同：有利用百分表上小指针转至与红点重合；有利用小针移动至一定位置；有利用指示灯熄灭；有利用投影的刻度线对准零线等。

4) 加主载荷 当预加载荷作用完毕后，即旋转读数百分表，如果试验 HRB 时，使长针与表上红字 B 处对准；如果试验 HRC、HRA 时，则把长针与表上黑字 C 处对准。

向上扳动加荷手柄(5)，手柄自动升高至停止位置（时间应为 5~7 秒）。并停留 10 秒钟。

5) 卸主载荷 扳动手柄至它的原来位置。

6) 读出硬度值 长针指向的数字为硬度的读数。HRB 读红色数字。HRC、HRA 读黑色数字。

其他各种型号洛氏硬度计，试验步骤大致与上述相同，只是加载荷和卸载荷机构及方式略有不同。

7) 硬度值的校正 洛氏硬度计的硬度值必须经常用标准硬

度块加以校正，特别是在大批工件作硬度测定之前更为需要。校正的方法是先将标准硬度块在硬度计上进行测定，如果标准硬度块上刻度为 HRC64，而在硬度计上读数正好为 HRC64，则说明数值准确，无需修正。如果试验读数为 HRC63，说明硬度计读数比标准块低 1 单位，故在工件进行试验时，应考虑把这个差数计算进去。例如工件测得结果为 HRC64 时，则校正后的硬度值为 HRC65，依此类推。

如发现硬度计读数比标准块硬度刻度数相差较大（大于 2 个单位）说明硬度计存在问题，需要检查压头或硬度计其他部位是否发生故障，并加以修理。

### 5. 注意事项

1) 对试样的要求 试样表面必须平坦，被试面和支撑面不应有氧化皮、裂缝、凹坑及其他覆盖物。一般应用砂轮或砂纸打磨。试样的支撑面应保证与载物台稳固地接触。

2) 对载物台的要求 载物台必须保证试样放置平稳并良好接触，载物台表面不应有灰尘，油污及脏物。圆棒试样中心线必须与压头在同一中心线上。

3) 对加载荷的要求 加载荷时不得有跳动或冲击现象。加载荷全程时间应在 5~7 秒左右。

洛氏硬度试验时试样压痕中心，距试样边缘或试样两相邻压痕中心距离不应小于 3 毫米，因为压痕太密，试样压痕周围产生加工硬化，使试验结果不准确，如图 6 所示。

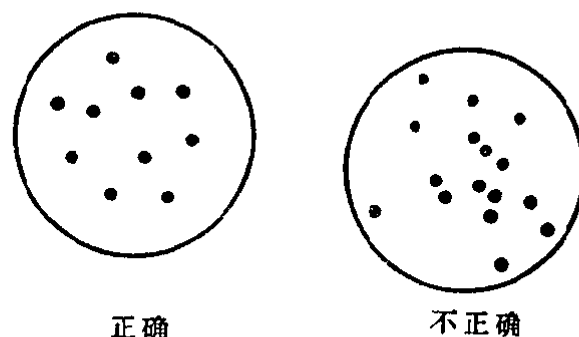


图 6 压痕的分布

由于材料的组织不均匀和试验上可能产生的误差，为了得到

较正确的硬度，每一试样上的试验一般不少于3点，然后取平均值。

每次更换压头或载物台后的最初两次试验结果不予采用，这是由于存在接触不良情况，影响试验结果的准确性。

4) 压头的保护 压头是获得准确硬度数值的重要零件。特别是金刚石是比较贵重的材料，且其性质较脆，所以使用时应妥为保护。

装卸试样时应当心试样碰撞金刚石圆锥。

装卸压头或载物台时，应将丝杆下降，并用手托住压头，防止碰撞或跌落，如图7所示。

当载物台和试样上升至快要与压头接触时，上升速度应缓慢，防止压头受碰撞或冲击。总载荷加在试样上时，不准旋转手轮或卸下试样。

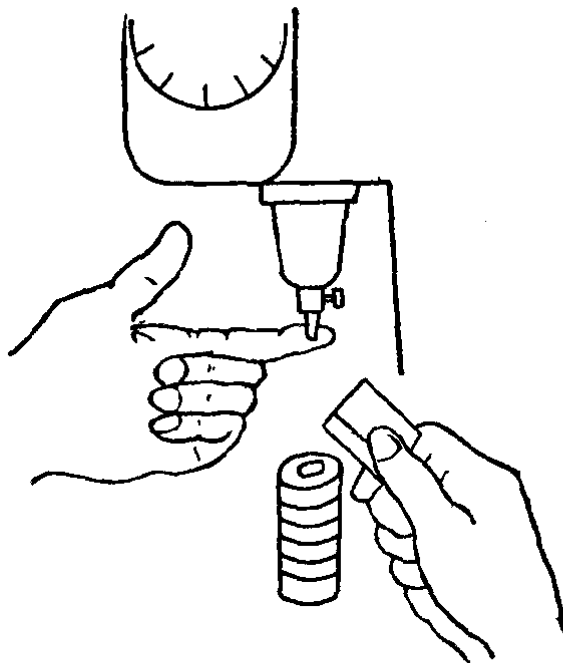


图7 保护压头的情形

5) 硬度计要保持清洁，试验后加盖防尘罩。

6) 硬度计必须安装在比较清洁干燥及不受震动的地方，一般不需制作地脚，可放在稳固的工作台上即可。但必须用水平尺在载物台上校正水平。

## 6. 洛氏硬度试验的误差

影响洛氏硬度试验结果准确性的因素很多，现将主要的几方面说明如下：

1) 载荷方面 如预载荷及主载荷的误差，加载荷不平稳，

缓冲机构不正常等，均能造成读数误差。

试验表明，预加载荷如大于 10 公斤时，则硬度值增大。偏差愈大，特别是对低硬度影响更为显著。例如当硬度值为 HRC25 时，假使预载荷增加 1 公斤，所获得的硬度值增加 HRC1.3。主载荷的误差对低硬度的影响也较大，当硬度值为 HRC25，假使主载荷比规定增加 1 公斤，则引起的误差为 -HRC0.4。

2) 压头安装不良的误差 压头的支承面如没有很好的与主轴下端相贴合，使压头的轴线与主轴轴线不重合，也会造成试验的误差。试验说明，同一压头由于安装不一致，获得的硬度值差可在 HRC1 单位。压头安装不正确获得的硬度值是偏低。

3) 读数机构的误差 读数机构（如百分表或光学投影装置等）本身制造的误差或安装不良，亦会造成明显误差。读数机构对压头位移的误差在 0.002 毫米时，即产生 1 个洛氏硬度单位的误差。

4) 压头形状的影响 压头的几何形状对硬度值测定有很大影响。如圆锥体角度的大小；顶端半径的大小；表面光洁度；圆锥体与压头柄部的轴线是否重合，都对硬度值产生一定的影响。例如圆锥角  $120^\circ$  增加  $1^\circ$  时，硬度值即增加 HRC0.95~1.32。

5) 由于操作或其他原因造成的误差

(1) 主载荷施加速度的影响 主载荷施加的速度快，所得的硬度低；反之，所得的硬度高。这对高硬度的影响较大，低硬度影响较小。

(2) 总载荷保持时间的影响 总载荷（指预加载荷加主载荷）保持时间对试验结果有很大影响，根据试验结果说明，总载荷保留时间愈长，则获得的硬度值愈低。这一试验对低硬度的影响更为显著。材料硬度值为 HRC25 时，总载荷保留时间 50 秒，硬度降低 HRC1.3；而材料硬度值为 HRC64 时，总载荷保持时

间 50 秒，硬度降低 0.6。所以载荷保持时间不应太长，国家标准规定在总载荷作用下，当表盘指针旋转显著减慢时，应于 2 秒钟内平稳地卸除主载荷。

(3) 操作者的误差 操作者的熟练程度，对硬度测定的影响很大。如载荷的保持时间；读数的误差；试样放置不正确等，均会造成误差。

(4) 试样的影响 试样的光洁度不够；工作面和支承面不平行；试样太薄等，均会对测定硬度值有影响。对于球状或圆柱体试样，所测得的硬度值一般均偏低，可用附录表 7、表 8 加以修正。

### 7. 轻荷洛氏硬度

轻荷洛氏硬度又称表面洛氏硬度。它适用于钢材表面经渗碳、氮化等处理的表面层硬度的测定，以及薄、小试件硬度的测定，该试验所用的硬度计在构造上及试验原理与普通洛氏硬度计并无差别，只在载荷与测深计算上有所不同。轻荷洛氏硬度所用压头与载荷关系见表 3 所示。金刚石圆锥压头适合于硬度较高的材料；钢球压头可适用试验硬度较低的材料。试验时试件表面应平整并具有较高的光洁度，以免影响试验结果的准确性。试验方法和注意事项与洛氏硬度试验相同，这里不再重复。

表 3 轻荷洛氏硬度常用压头与载荷的关系

压 头 总 载 荷	金 刚 石 压 头	钢 球 压 头 $\phi 1.588$ 毫米	备 注
	15 公斤	15 N	
30 公斤	30 N	30 T	} 硬度符号
45 公斤	45 N	45 T	

注：1. 初载荷为 3 公斤；

2. 压头在试件上压入深度每 0.001 毫米，读数表移动一小格。

## 四、维氏硬度

### 1. 试验原理

维氏硬度是用相对的夹角为 $136^\circ$ 的正棱形角锥压入试样，以单位压痕面积所受的载荷来确定硬度数值。角锥体压痕面积是根据两对角线平均值来计算的。维氏硬度压头采用 $136^\circ$ 的金刚石角锥体，这是根据布氏硬度试验时，压痕直径为钢球直径的 $0.25\sim 0.5D$ 之间（平均为 $0.375D$ ）所得的硬度值为最准确所得来的。因此时钢球两切点之切线夹角正好为 $136^\circ$ 如图8所示。当角锥体压入试件时，其压痕面积为：

$$F = \frac{d^2}{2\sin 68^\circ}$$

根据维氏硬度定义，维氏硬度值应为：

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2P\sin 68^\circ}{d^2} = 1.855 \frac{P}{d^2}$$

式中 HV——维氏硬度符号；

$P$ ——试验时所用载荷(公斤)；

$F$ ——角锥体压痕面积(毫米<sup>2</sup>)；

$d$ ——压痕二对角线的平均长度(毫米)。

试验时根据已知的 $P$ 和 $d$ ，代入公式可得HV值，但一般可查表得出(见附录表3)。

### 2. 应用范围

维氏硬度广泛用来测定金属薄镀层或化学热处理后的表面层硬度，以及较小工件的硬度试验。对于上述工件，用布氏和洛氏硬度试验均不适宜。因为它们使用的载荷较大，测得的压痕很深，不能测出工件所要求部位的硬度。

维氏硬度试验所得的压痕其几何形状是相似的，因此同一材