

硬度 Hardness

基本概念

材料局部抵抗硬物压入其表面的能力称为硬度。各种硬度标准的力学含义不同，相互不能直接换算，但可通过试验加以对比。硬度分为：①划痕硬度。主要用于比较不同矿物的软硬程度，方法是选一根一端硬一端软的棒，将被测材料沿棒划过，根据出现划痕的位置确定被测材料的软硬。定性地说，硬物体划出的划痕长，软物体划出的划痕短。②压入硬度。主要用于金属材料，方法是用一定的载荷将规定的压头压入被测材料，以材料表面局部塑性变形的大小比较被测材料的软硬。由于压头、载荷以及载荷持续时间不同，压入硬度有多种，主要是布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度和显微硬度等几种。③回跳硬度。主要用于金属材料，方法是使一特制的小锤从一定高度自由下落冲击被测材料的试样，并以试样在冲击过程中储存（继而释放）应变能的多少（通过小锤的回跳高度测定）确定材料的硬度。

早在 1822 年，Friedrich Mohs 提出用 10 种矿物来衡量世界上最硬的和最软的物体，这是所谓的摩氏硬度计。按照他们的软硬程度分为十级：

- 1) 滑石 2) 石膏 3) 方解石 4) 萤石 5) 磷灰石
- 6) 正长石 7) 石英 8) 黄玉 9) 刚玉 10) 金刚石

简单记忆方法：滑石方、萤磷长、石英黄玉刚金刚。

各级之间硬度的差异不是均等的，等级之间只表示硬度的相对大小。

试验钢铁硬度的最普通方法是用锉刀在工件边缘上锉擦，由其表面所呈现的擦痕深浅以判定其硬度的高低。这种方法称为锉试法，这种方法不太科学。用硬度试验机来试验比较准确，是现代试验硬度常用的方法。常用的硬度测定方法有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度[1]等测试方法

硬度是衡量金属材料软硬程度的一项重要性能指标，它既可理解为是材料抵抗弹性变形、塑性变形或破坏的能力，也可表述为材料抵抗残余变形和反破坏的能力。硬度不是一个简单的物理概念，而是材料弹性、塑性、强度和韧性等力学性能的综合指标。硬度试验根据其测试方法的不同可分为静压法（如布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度等）、划痕法（如莫氏硬度）、回跳法（如肖氏硬度）及显微硬度、高温硬度等多种方法。

1 布氏硬度

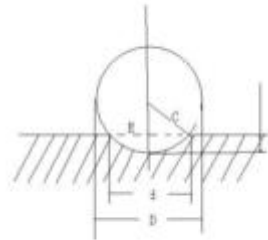
布氏硬度范围：

范围为 8~650HBW

布氏硬度的测定原理是用一定大小的试验力 $F(N)$ ，把直径为 $D(mm)$ 的淬火钢球或硬质合金球压入被测金属的表面（图 1），保持规定时间后卸除试验力，用读数显微镜测出压痕平均直径 $d(mm)$ ，然后按公式求出布氏硬度 HB 值，或者根据 d 从已备好的布氏硬度表中查出 HB 值。

$$HBS(HBW) = 0.102 \frac{F}{\pi D h}$$

$$= 0.102 \frac{F}{\pi D (D - \sqrt{(D-d)(D+d)})}$$



这里公式错误，应该再乘以 2， h =括号内的 $1/2$ 。

由于金属材料有硬有软，被测工件有厚有薄，有大有小，如果只采用一种标准的试验力 F 和压头直径 D ，就会出现对某些工件和材料的不适应的现象。因此，在生产中进行布氏硬度试验时，要求能使用不同大小的试验力和压头直径，对于同一种材料采用不同的 F 和 D 进行试验时，能否得到同一的布氏硬度值，关键在于压痕几何形状的相似，即可建立 F 和 D 的某种选配关系，以保证布氏硬度的不变性。

国家标准(GB231-84)规定布氏硬度试验时，常用的 $0.102F/D$ 的比例为 30、10、2.5 三种，根据金属材料的种类、试样硬度范围和厚度的不同，按下表（布氏硬度试验规范）选择试验压头（钢头）的直径 D 、试验力 F 及保持时间。

材料种类	布氏硬度使用范围	球直径 D/mm	$0.102F/D^2$	试验力 F/N	试验力保持时间/s	注
钢、铸铁	≥ 140	10	30	29420	10	压痕中心距试样边缘距离不应小于压痕平均直径的 2.5 倍。 两相邻压痕中心距离不应小于压痕平均直径的 4 倍。 试样厚度至少应为压痕厚度的 10 倍。 试验后，试样支撑面无可可见变形痕迹。
		5		7355		
		2.5		1839		
	< 140	10	10	9807	10—15	
		5		2452		
		2.5		613		
非铁金属材料	≥ 130	10	30	29420	30	
		5		7355		
		2.5		1839		
	35--130	10	10	9807	30	
		5		2452		
		2.5		613		
	< 35	10	2.5	2542	60	
		5		613		
		2.5		153		

布氏硬度以 $HB[N(kgf/mm^2)]$ 表示（HBS\HBW）（参照 GB/T231—1984），生产中常用布氏硬度法测定经退火、正火和调质的钢件，以及铸铁、有色金属、低合金结构钢等毛坯或半成品的硬度。布氏硬度(HB)一般用于材料较软的时候，如有色金属、热处理之前或退火后的钢铁。洛氏硬度(HRC)一般用于硬度较高的材料，如热处理后的硬度等等。

2 洛氏硬度

洛氏硬度试验采用三种试验力，三种压头，它们共有 9 种组合，对应于洛氏硬度的 9 个标尺。这 9 个标尺的应用涵盖了几乎所有常用的金属材料。最常用标尺是 HRC、HRB 和 HRF，其中 HRC 标尺用于测试淬火钢、回火钢、调质钢和部分不锈钢。这是金属加工行业应用最多的硬度试验方法。HRB 标尺用于测试各种退火钢、正火钢、软钢、部分不锈钢及较硬的铜合金。HRF 标尺用于测试纯铜、较软的铜合金和硬铝合金。HRA 标尺尽管也可用于大多数黑色金属，但是实际应用上一般只限于测试硬质合金和薄硬钢带材料。

表面洛氏硬度试验采用三种试验力，两种压头，它们有 6 种组合，对应于表面洛氏硬度的 6 个标尺。表面洛氏硬度试验是对洛氏硬度试验的一种补充，在采用洛氏硬度试验时，当遇到材料较薄，试样较小，表面硬化层较浅或测试表面镀覆层时，就应改用表面洛氏硬度试验。这时采用与洛氏硬度试验相同的压头，采用只有洛氏硬度试验几分之一大小的试验力，就可以在上述试样上得到有效的硬度试验结果。表面洛氏硬度的 N 标尺适用于类似洛氏硬度的 HRC、HRA 和 HRD 测试的材料；T 标尺适用于类似洛氏硬度的 HRB、HRF 和 HRG 测试的材料。

HRC 标尺的使用范围是 20~70HRC，当硬度值小于 20HRC 时，因为压头的圆锥部分压入太多，灵敏度下降，这时应改用 HRB 标尺。尽管 HRC 标尺被规定的上限值为 70HRC，但是当试样硬度大于 67HRC 时，压头尖端承受的压力过大，金刚石容易损坏，压头寿命会大大缩短，因此一般应改用 HRA 标尺。

HRA 标尺的使用范围是 20-88HRA，由美国标准 ASTM E140 可以获得以下换算关系：

27HRA≈30HRB

60HRA≈100HRB≈20HRC

85.6HRA≈68HRC

可见，HRA 标尺的测试范围涵盖了从软钢（HRB）、硬钢（HRC）到硬质合金的硬度范围。然而，事实上 HRA 标尺很少用于测试软钢，主要用于测试薄硬钢板、深层渗碳钢和硬质合金。在硬质合金方面，由于技术进步，有些材料硬度已达到 93-94HRA，这已超出标准规定。工程上超出 HRA 高端的测量范围已成为惯例。HRA 标尺有一个特殊用途。在使用洛氏硬度计测试钢试样时，如果不知试样是软钢还是硬钢，可先用 HRA 标尺试测一下，当硬度值小于 60HRA 时可改用 HRB 标尺，当硬度值大于 60HRA 时可改用 HRC 标尺。

HRB 标尺的使用范围是 20~100HRB，当硬度值低于 20HRB 时，由于钢球的压入深度过大，金属蠕变加剧，试样在试验力作用下的变形时间延长，测试值准确度降低，此时应改用 HRF 标尺。当硬度值大于 100HRB 时，因为钢球压入深度过浅，灵敏度降低，精度下降，此时应改用 HRC 标尺。在使用 HRB 标尺测试钢试样时，一个特别值得注意的地方是：当预先不知道试样是软钢还是硬钢时，决不可使用 HRB 标尺做测试，因为用钢球压头误测了淬火钢，钢球就可能会变形，钢球压头就会损坏，这是钢球压头损坏的主要原因。遇到这种情况时应先用金刚石压头，用 HRA 标尺测试一下，再决定是用 HRB 还是用 HRC。

HRF 标尺的使用范围是 60~100HRF。HRF 标尺是国外使用较多的一个标尺，它是测试纯铜和较软的铜合金材料很好的检测手段。但是在我国，也存在标准硬度块短缺的问题，它的应用也受到了限制。

HRG 标尺适用于 HRB 值接近 100 的材料，对于铍青铜、磷青铜、可锻铸铁这些硬度范围介于 HRB 标尺的高端和 HRC 标尺低端的材料，如果改用 HRG 标尺，就可以大大改善测试的灵

敏度，提高测试精度。

其他

1.HRC 含意是洛氏硬度 C 标尺，

2.HRC 和 HB 在生产中的应用都很广泛

3.HRC 适用范围 HRC 20—67，相当于 HB225—650

若硬度高于此范围则用洛氏硬度 A 标尺 HRA。

若硬度低于此范围则用洛氏硬度 B 标尺 HRB。

布氏硬度上限值 HB650,不能高于此值。

4.洛氏硬度计 C 标尺之压头为顶角 120 度的金刚石圆锥，试验载荷为一确定值，中国标准是 150 公斤力。

布氏硬度计之压头为淬硬钢球（HBS）或硬质合金球（HBW），试验载荷随球直径不同而不同，从 3000 到 31.25 公斤力。

5.洛氏硬度压痕很小，测量值有局部性，须测数点求平均值，适用成品和薄片，归于无损检测一类。

布氏硬度压痕较大，测量值准，不适用成品和薄片，一般不归于无损检测一类。

6.洛氏硬度的硬度值是一无名数，没有单位。（因此习惯称洛氏硬度为多少度是不正确的。）

布氏硬度的硬度值有单位，且和抗拉强度有一定的近似关系。

7.洛氏硬度直接在表盘上显示、也可以数字显示，操作方便，快捷直观，适用于大量生产中。

布氏硬度需要用显微镜测量压痕直径，然后查表或计算，操作较繁琐。

8.在一定条件下，HB 与 HRC 可以查表互换。其心算公式可大概记为：1HRC≈1/10HB。

3.维氏硬度

代号：HV

简介：维氏硬度 英文词条名：Vickers-hardness 表示材料硬度的一种标准。由英国科学家维克斯首先提出。以 49.03~980.7N（5kg~10kg）的负荷,将相对面夹角为 136°的方锥形金刚石压入器压材料表面,保持规定时间后,用测量压痕对角线长度,再按公式来计算硬度的大小。它适用于较大工件和较深表面层的硬度测定。维氏硬度尚有小负荷维氏硬度，试验负荷 1.961~<49.03N，它适用于较薄工件、工具表面或镀层的硬度测定；显微维氏硬度，试验负荷<1.961N，适用于金属箔、极薄表面层的硬度测定。

HV-适用于显微镜分析。维氏硬度(HV) 以 120kg以内的载荷和顶角为 136°的金刚石方形锥压入器压入材料表面，用材料压痕凹坑的表面积除以载荷值，即为维氏硬度值(HV)。

计算公式为：

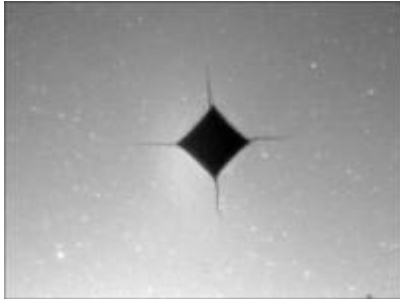
$$H_V = 18.173 \cdot \frac{P}{d^2} \left(\frac{kg}{mm^2} \right)$$

维氏硬度计算公式

P 为载荷，如 10kg。 d 为压痕对角线长度(mm)。 HV10

维氏硬度计测量范围宽广，可以测量目前工业上所用到的几乎全部金属材料，从很软的材料（几个维氏硬度单位）到很硬的材料（3000 个维氏硬度单位）都可测量。

测试样图：



陶瓷抛光样品压痕光学显微镜照片(对角线 d)

4 肖氏硬度

肖氏硬度 - Shore scleroscope hardness

简称 HS。表示材料硬度的一种标准。由英国人肖尔(Albert F.Shore)首先提出。

应用弹性回跳法将撞销从一定高度落到所试材料的表面上而发生回跳。撞销是一只具有尖端的小锥，尖端上常镶有金刚钻。用测得的撞销回跳的高度来表示硬度。

肖氏硬度试验是一种动态力试验，与布、洛、维等静态力试验法相比，准确度稍差，受测试时的垂直性，试样表面光洁度等因素的影响，数据分散性较大，其测试结果的比较只限于弹性模量相同的材料。它对试样的厚度和重量都有一定要求，不适于较薄和较小试样，但是它是一种轻便的手提式仪器，便于现场测试，其结构简单，便于操作，测试效率高。

肖氏硬度计适用于测定黑色金属和有色金属的肖氏硬度值。肖氏硬度计便于携带，特别适用于冶金、重型机械行业中的中大型工件，例如大型构件、铸件、锻件、曲轴、轧辊、特大型齿轮、机床导轨等工件。在橡胶、塑料行业中常称作邵氏硬度。

硬度计的分类和选型

究竟选择什么样的硬度计才是最适合的？一般来说，了解以下几个因素之后就能确定用哪种硬度计。

- A. 了解被测产品的大小
- B. 确定被测产品的材质
- C. 确定被测产品有没有经过热处理和氮化处理

1. 洛氏硬度计

主要是打经过热处理后的产品，高硬度的产品。比如钢材（含合金钢、不锈钢）类产品，金属材料都可以用（除渗碳层外）。这是最重要的、最常用的一类硬度计。有以下几种：

①洛氏硬度计。指手动打硬度的，指针显示的。这是最早也是最普通用于钢材硬度测试的硬度计，可以测硬质合金、淬火钢和未经淬火钢材。硬度较软的铸铁、薄于 2 毫米的板材均不适合于用此种硬度计。

有三种试验力，从小到大，共有三种硬度：**HRA**、**HRB**、**HRC**，其中淬火钢材、模具钢常用 **HRC**。

② 电动洛氏硬度计。性能同①。不用人工手动打硬度，可以得到较准确的数据。

③ 数显洛氏硬度计。性能同②。其为数字显示，读数方便。

④数显表面洛氏硬度计。当金属硬度层比较薄时，如用一般洛氏硬度计就会将硬度层打穿，而测不到其表面硬度层的真正硬度。这时要用洛氏表面硬度计。由于表面层较薄，人工手动打就不易控制，一般都为电动，且为数显，所以是数显表面洛氏硬度计。用于经过渗碳或渗氮的钢材、电镀层为主，以及用于想知道金属如钢材、合金钢、硬质合金表面的硬度。

⑤数显洛氏、表面洛氏硬度计。能测一般的洛氏硬度，又能测表面洛氏硬度。根据压头匹配和标尺选择，可测参数为 **HRA**、**B**、**C**、**D**、**E**、**F**、**G**、**H** 和 **K**。CPU 数据处理。机器除配有打印机外，还有 **RS-232** 计算机接口。

2. 维氏硬度计

主要是打小产品、比较薄的产品、还有经过热处理后的产品(热处理表面是硬化层，需要打 **HV** 值；

而维氏硬度计的力比较小，不会打坏这个表层)。用于测黑色金属、有色金属、硬质合金（如铝合金）及表面渗碳、渗氮层。

对于小产品、表层薄、硬度又较低的产品要用小负荷维氏硬度计。这种硬度计带有显微镜（有的生产厂称为显微硬度计）以便观察打出的凹痕，有的还配有编程计算器，能使硬度值的计算迅速准确。

维氏硬度计有 HV-1000、HV-5、HV-30、HV-50。主要是通过加载力的大小、工件的厚薄大小来选型。HV-1000 表示最大加载力是 1KG。HV-5 是 5KG。HV-1000 的名为显微硬度计：主要是测量产品比较小的工件（压痕比较小）。可以和软件配套使用。HV-1000 系列显微硬度计配软件需要的配套附件有：摄像头、软件、数据线、采集卡、电脑通常测量维氏硬度的时候需要对工件进行处理。这时需要配套的设备有：线切割、切割机、镶嵌机、磨抛机等等。

还有一种称微小维氏硬度计，最小试验力只有 10 克力（10gf）。

3. 布氏硬度计

主要打未经淬火的钢材、铸铁、有色金属（铝合金、铜合金等）及质软的轴承合金材料，用 HBW 表示。除一般数显布氏硬度计外，还有携带式布氏硬度计、锤击式布氏硬度计和门式布氏硬度计。

4. 布洛维硬度计

即可以打布氏、洛氏、维氏三种硬度的硬度计。比较适合于开发、研究用。（工厂一般为大批量、同产品，一般应选专用的较方便）

5. 里氏硬度计

这是一种能将各种硬度值进行换算的较小型的硬度计。主要用于对金属材料的测试，特别是对较大型的工件，单个产品的重量要大于等于 3KG，如模具等。里氏硬度计的优点是携带起来方便，大都是便携式的。不管是在生产线还是实验室都可以。不像台式机不能移动；缺点就是准确度不是很高。

由于有多种冲击装置，购买时要根据具体需要来选定。主要是用于模具的测试，因一般的洛氏硬度计很难对大型的模具进行测试。我国还未有这方面的国家标准，用里氏硬度计测试后的数据可进行转换。

6. 邵氏硬度计

又称肖氏硬度计，这是因为硬度计都以外国人的姓氏称呼，译音不同就有不同的中文字）。我国在

这方面标准不多，只有 HA 和 HD 两种，前者为较软橡胶类硬度参数，后者为较硬的橡胶或塑料硬度参数。需要指出，有的塑料硬度很高，如“赛钢”（可做成齿轮等耐磨件），并不适合于用邵氏硬度计来测硬度。

国产的邵氏硬度计有：LX-A（适合于较软的橡胶或塑料）和 CY-D（适合于较硬的橡胶和塑料）两种。

外国的种类较多。日本“得乐”牌有：GS-701N（适合于海绵、毛毯、软质橡胶、硬质发泡胶等），GS702N（适合于硬质橡胶，软质塑料等），GS706N（适合于一般橡胶），GS709N（适合于一般橡胶、一般软质塑料）。日本的 ASKER、美国的 PTC 又各自立其规格，但硬度标准仍为 0—100 度。

邵氏硬度计可手工测量，由于手工的力度控制不是很稳定，所以可以加一底座，用定压荷重器施力，测量就比较准确。但一般底座都比硬度计本身贵好多。由于我国对橡胶硬度的精度要求并不太高，许多厂家就省去底座。

7. 微硬度测量仪

德国 FISCHER 公司 FISCHERSCOPEH100C 是一种计算机控制的用于微硬度测试的测量仪。主要用于电镀层、油漆层、有机物层等的硬度测量，最小可测到 1 微米的镀层。

8. 铅笔硬度计

这是用于涂层硬度的检测，为将一支铅笔夹在“小车”上，让其在涂层上滑动，根据铅笔的硬度和涂层上的划痕来判断涂层的硬度。

洛氏硬度计 C 标尺之压头为顶角 120 度的金刚石圆锥，试验载荷为一确定值，中国标准是 150 公斤力。

洛氏硬度压痕很小，测量值有局部性，须测数点求平均值，适用成品和薄片，归于无损检测一类。

维氏硬度尚有小负荷维氏硬度，试验负荷 1.961~<49.03N，它适用于较薄工件、工具表面或镀层的硬度测定；显微维氏硬度，试验负荷<1.961N，适用于金属箔、极薄表面层的硬度测定。

洛氏硬度适合硬度较高的金属，比如热处理后的各种合金钢等。洛氏硬度对材料表面有一定要求，最好是磨光后的表面，如果表面粗糙可考虑布氏硬度。

维氏硬度适合精确测量微区的硬度，通常用来检测金属渗碳后有效硬化层。维氏硬度要求测试表面平整度非常高，必须为抛光过的表面才行

显微硬度：主要用于测量微小、薄型试件、脆硬件的测试。标尺：HV0.01、HV0.25、HV0.05、HV0.1、HV0.2、HV0.3、HV0.5、HV1；

维氏硬度：一般指试验力 1KG 的硬度计，所测出的压痕较显微硬度计大，不适合非常微薄的工件测试。

主要的显微硬度测试是努氏测试。

努氏显微硬度测试由美国标准局于 1939 年开发。它使用几何形状为菱形的 pyramidal 金刚石压头,与同等载荷条件的维氏压痕比较，努氏显微硬度测试形成的凹痕相对较浅长对角线长度的 1/30。

宏观硬度：采用 1kgf(9.81N)以上负荷进行的硬度试验

显微硬度：采用 1kgf(9.81N)或小于 1kgf(9.81N)的负荷进行的硬度试验。

显微硬度一般采用：努氏金刚石角锥压头或维氏金刚石压头来测量材料表面的硬度。

名称	原理	符号	适用范围	公式	应用	测量方法
布氏硬度	根据单位面积上所承受的压力来定义硬度值。	HB	特别适合测定具有粗大晶粒或粗大组成的材料的硬度。 压痕较大，不宜进行无损测定，不能测定薄壁件或表面硬化层的硬度。	$HB=2F/\pi D \left[D-(D^2-d^2)^{1/2} \right]$ D 为压头直径 d 为压痕直径 F 为压力 d 应在 (0.25--0.60)D 的范围内	生产中常用布氏硬度法测定经退火、正火和调质得刚件，以及铸铁、有色金属、低合金结构钢等毛胚或半成品的硬度。 HBS 压头为淬火钢球，只能测定小于 450HB 的材料的硬度。 HBW 压头为硬质合金球，测量硬度可达 650HB	①确定压头的直径 ②根据材料及其硬度范围，参照国标 GB231-84 来确定 F/D ² 值，计算实验所需压力 F 值，d 应在(0.25--0.60)D 的范围内，不符重新选择 F/D ² 值。 ③加上载荷，压力保持时间与材料硬度有关。软材料保持 60s。 ④卸除载荷，测量压痕直径带入公式。
摩氏硬度	对表面进行刮伤测试，来定义硬度值	无	矿物间的相对硬度	摩氏硬度表，摩氏硬度的数字没有比例上的关系。	现在的宝石的硬度沿用摩氏硬度表示；检测油漆表面的硬度等	相互划刻
洛氏硬度	根据单位面积上所承受的压力来定义硬度值	HR	压痕较小，可测较薄得材、硬的材料和成品件的硬度。 测试结果比较分散，重复性低。	$HRC=(0.2-e)/0.002$ $HRB=(0.26-e)/0.002$ HRA 同 HRC e 残余压痕深度	测量各种不同材料的硬度。 HRA：是采用 490.3N 载荷和金刚石锥压入求得的硬度，用于硬度极高的材料(如硬质合金等)。 HRB：是采用 882.6N 载荷和直径 1.58mm 淬硬的钢球，求得的硬度，用于硬度较低的材料(如退火钢、铸铁等) HRC：是采用 1373.0N 载荷和金刚石锥压入求得的硬度，用于硬度很高的材料(如淬火钢等)。	先加 98.1N 的预载荷，再加主载荷，测定简便迅速，效率高。

维氏硬度	根据单位面积上所承受的压力来定义硬度值 采用四方椎体压头。	HV	测量极薄试样	$HV=0.1891F/d^2$ F 为载荷, 为 49.03N、98.07N、196.1N、294.2N、490.3N、980.7N 六种 d 为压痕的两对角线的平均值 (mm)	①载荷大小可任意选择, 所得硬度值均相同 ②测量范围较宽, 软硬材料都可测 ③测量精度比洛氏法的高 ④材料硬度小于 450HV 时, 维氏硬度与洛氏硬度值大致相同	以一定的压力将压头压入试样表面, 保持一定时间后, 卸除压力。
显微维氏硬度	实质为小载荷的维氏硬度测定	HV	微小部件或极小区域内的物质, 陶瓷等脆性材料的硬度	同维氏硬度	例如某个晶粒、某个组成相或夹杂物的硬度	同维氏硬度
努氏硬度	采用单位压痕投影面积上所承受的力来定义	HK	微小部件或极小区域内的物质; 更适合测定极薄层或极薄零件, 丝、带等细长件以及硬而脆的材料 (如宝石、陶瓷等), 测量精度高	$HK=1.451F/d^2$ d 为压痕长的对角线的长度	是维氏硬度的发展, 测量例如某个晶粒、某个组成相或夹杂物的硬度, 也用来测量误差	如维氏硬度, 卸除载荷后测量压痕长的对角线的长度代入公式计算硬度值
肖氏硬度	将一定质量的具有金刚石圆头或钢球的标准重头从一定高度 h_0 自由下落到试样表面, 由于试样的弹性变形使其回跳到某一高度 h , 用着两个高度的比值来计算硬度值。	HS	大件的硬度或现场检测。 携带方便, 操作简单, 测量迅速, 测定结果精度低, 重复性差。	$HS=Kh/h_0$ K 为肖氏硬度系数。	如钢轨	直接测量

里氏 硬度	利用冲击球头冲击硬度表面后，产生弹跳；利用冲头在距试样表面 1mm 处的回弹速度与冲击速度的比值计算硬度	HL		HL=1000×VB（回弹速度）/ VA（冲击速度）		
邵氏 硬度		HA				

钢材的硬度对比

布氏压痕直径毫米	10 毫米标准球	布氏硬度球 3000 公斤	数值 (b) 负载碳化钨球	金刚石锥硬度标号	洛氏硬度数值 (s)				洛氏表面硬度数值			肖氏 scleroscope 硬度数值	抗拉强度 (大致为) 1000 psi	布氏压痕直径毫米
									表面金刚石锥试头					
					A 刻度, 60 公斤负载, 金刚石锥试头	B 刻度, 100 公斤负载, 1/6 英寸直径球	C 刻度, 150 公斤负载, 金刚石锥试头	D 刻度, 100 公斤负载, 金刚石锥试头	15N 刻度, 15 公斤负载	30N 刻度, 30 公斤负载	45N 刻度, 45 公斤负载			
--	--	--	--	940	85.6	--	68.0	76.9	93.2	84.4	75.4	97	--	--
--	--	--	--	920	85.3	--	67.5	76.5	93.0	84.0	74.8	96	--	--
--	--	--	--	900	85.0	--	67.0	76.1	92.9	83.6	74.2	95	--	--
--	--	--	767	880	84.7	--	66.4	75.7	92.7	83.1	73.6	93	--	--
--	--	--	757	860	84.4	--	65.9	75.3	92.5	82.7	73.1	92	--	--
2.25	--	--	745	840	84.1	--	65.3	74.8	92.3	82.2	72.2	91	--	2.25
--	--	--	733	820	83.8	--	64.7	74.3	92.1	81.7	71.8	90	--	--
--	--	--	722	800	83.4	--	64.0	73.8	91.8	81.1	71.0	88	--	--
2.30	--	--	712	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2.30
--	--	--	710	780	83.0	--	63.3	73.3	91.5	80.4	70.2	87	--	--
--	--	--	698	760	82.6	--	62.5	72.6	91.2	79.7	69.4	86	--	--
--	--	--	684	740	82.2	--	61.8	72.1	91.0	79.1	68.6	--	--	--
2.35	--	--	682	737	82.2	--	61.7	72.0	91.0	79.0	68.5	84	--	2.35
--	--	--	670	720	81.8	--	61.0	71.5	90.7	78.4	67.7	83	--	--
--	--	--	656	700	81.3	--	60.1	70.8	90.3	77.6	66.7	--	--	--
2.40	--	--	653	697	81.2	--	60.0	70.7	90.2	77.5	66.5	81	--	2.40
--	--	--	647	690	81.1	--	59.7	70.5	90.1	77.2	66.2	--	--	--
--	--	--	638	680	80.8	--	59.2	70.1	89.8	76.8	65.7	80	329	--
--	--	--	630	670	80.6	--	58.8	69.8	89.7	76.4	65.3	--	324	--
2.45	--	--	627	667	80.5	--	58.7	69.7	89.6	76.3	65.1	79	323	2.45
2.50	--	601	--	677	80.7	--	59.1	70.0	89.8	76.8	65.7	--	328	2.50
--	--	--	601	640	79.8	--	57.3	68.7	89.0	75.1	63.5	77	309	--
2.55	--	578	--	640	79.8	--	57.3	68.7	89.0	75.1	63.5	--	309	2.55
--	--	--	578	615	79.1	--	56.0	67.7	88.4	73.9	62.1	75	297	--
2.60	--	555	--	607	78.8	--	55.6	67.4	88.1	73.5	61.6	--	293	2.60
--	--	--	555	591	78.4	--	54.7	66.7	87.3	72.7	60.6	73	285	--
2.65	--	534	--	579	78.0	--	54.0	66.1	87.5	72.0	59.8	--	279	2.65
--	--	--	534	569	77.8	--	53.5	65.8	87.2	71.6	59.2	71	274	--
2.70	--	514	--	553	77.1	--	52.5	65.0	87.2	70.7	58.0	--	266	2.70
--	--	--	514	547	76.9	--	52.1	64.7	86.7	70.3	57.6	70	263	--
2.75	495	--	--	539	76.7	--	51.6	64.3	86.5	69.9	56.9	--	259	2.75
--	--	495	--	530	76.4	--	51.1	63.9	86.3	69.5	56.2	--	254	--
--	--	--	495	528	76.3	--	51.0	63.8	86.0	69.4	56.1	68	253	--
2.80	477	--	--	516	75.9	--	50.3	63.2	85.9	68.7	55.2	--	247	2.80

布氏压痕直径毫米	10 毫米标准球	布氏硬度球 3000 公斤	数值(b) 负载碳化钨球	金刚石锥硬度标号	洛氏硬度数值(s)				洛氏表面硬度数值			肖氏 scleroscope 硬度数值	抗拉强度 (大致为) 1000 psi	布氏压痕直径毫米
					A 刻度, 60 公斤负载, 金刚石锥试头	B 刻度, 100 公斤负载, 1/6 英寸直径球	C 刻度, 150 公斤负载, 金刚石锥试头	D 刻度, 100 公斤负载, 金刚石锥试头	表面金刚石锥试头					
									15N 刻度, 15 公斤负载	30N 刻度, 30 公斤负载	45N 刻度, 45 公斤负载			
2.85	-- 461	477 --	-- --	508 495	75.6 75.1	-- --	49.6 48.8	62.7 61.9	85.6 85.3	68.2 67.4	54.5 53.5	66 --	243 237	2.85
2.90	-- 444	461 --	-- --	491 474	74.9 74.3	-- --	48.5 47.2	61.7 61.0	84.9 84.7	67.2 66.0	53.2 51.7	65 --	235 226	2.90
2.95	429	429	429	472	74.2	--	47.1	60.8	84.1	65.8	51.5	63	225	2.95
3.00	429	429	429	455	73.4	--	45.7	59.7	84.0	64.6	49.9	61	217	3.00
3.05	415	415	415	440	72.8	--	44.5	58.8	83.4	63.5	48.4	59	210	3.05
3.10	401	401	401	425	72.0	--	43.1	57.8	82.8	62.3	46.9	58	202	3.10
3.15	388	388	388	410	71.4	--	41.8	56.8	82.0	61.1	45.3	56	195	3.15
3.20	375	375	375	396	70.6	--	40.4	55.7	81.4	59.9	43.6	54	188	3.20
3.25	363	363	363	383	70.0	--	39.1	54.6	80.0	58.7	42.0	52	182	3.25
3.30	352	352	352	372	69.3	110.0	37.9	53.8	79.3	57.6	40.5	51	176	3.30
3.35	341	341	341	360	68.7	109.0	36.6	52.8	78.6	56.4	39.1	50	170	3.35
3.40	331	331	331	350	68.1	108.5	35.5	51.9	78.0	55.4	37.8	48	166	3.40
3.45	321	321	321	339	67.5	108.0	34.3	51.0	77.3	54.3	36.4	47	160	3.45
3.50	311	311	311	328	66.9	107.5	33.1	50.0	76.7	53.3	34.4	46	155	3.50
3.55	302	302	302	319	66.3	107.0	32.1	49.3	76.1	52.2	33.8	45	150	3.55
3.60	293	293	293	309	65.7	106.0	30.9	48.3	75.5	51.2	32.4	43	145	3.60
3.65	285	285	285	301	65.3	105.5	29.9	47.6	75.0	50.3	31.2	--	141	3.65
3.70	277	277	277	292	64.6	104.5	28.8	46.7	74.4	49.3	29.9	41	137	3.70
3.75	269	269	269	284	64.1	104.0	27.6	45.9	73.7	48.3	28.5	40	133	3.75
3.80	262	262	262	269	63.0	103.0	26.6	45.0	73.1	47.3	27.3	39	129	3.80
3.85	255	255	255	269	63.0	102.0	25.4	44.2	72.5	46.2	26.0	38	126	3.85
3.90	248	248	248	261	62.5	101.0	24.2	43.2	71.7	45.1	24.5	37	122	3.90
3.95	241	241	241	253	61.8	100.0	22.8	42.0	70.9	43.9	22.8	36	118	3.95
4.00	235	235	235	247	61.4	99.0	21.7	41.4	70.3	42.9	21.5	35	115	4.00
4.05	229	229	229	241	60.8	98.2	20.5	40.5	69.7	41.9	20.1	34	111	4.05
4.10	223	223	223	234	--	97.3	18.8	--	--	--	--	--	--	4.10
4.15	217	217	217	228	--	96.4	17.5	--	--	--	--	33	105	4.15
4.20	207	207	207	218	--	94.6	15.2	--	--	--	--	32	100	4.20
4.25	197	197	197	207	--	92.8	12.7	--	--	--	--	30	95	4.25
4.30	187	187	187	196	--	90.7	10.0	--	--	--	--	--	90	4.30
4.35	179	179	179	188	--	89.0	8.0	--	--	--	--	27	87	4.35
4.40	170	170	170	178	--	86.8	5.4	--	--	--	--	26	83	4.40
4.45	163	163	163	171	--	85.0	3.3	--	--	--	--	25	79	4.45
4.50	156	156	156	163	--	82.9	0.9	--	--	--	--	--	76	4.50
4.55	149	149	149	156	--	80.8	--	--	--	--	--	23	73	4.55

布氏压痕直径毫米	10 毫米标准球	布氏硬度球 3000 公斤	数值 (b) 负载碳化钨球	金刚石锥硬度标号	洛氏硬度数值 (s)				洛氏表面硬度数值			肖氏 scleroscope 硬度数值	抗拉强度 (大致为) 1000 psi	布氏压痕直径毫米
									表面金刚石锥试头					
					A 刻度, 60 公斤负载, 金刚石锥试头	B 刻度, 100 公斤负载, 1/6 英寸直径球	C 刻度, 150 公斤负载, 金刚石锥试头	D 刻度, 100 公斤负载, 金刚石锥试头	15N 刻度, 15 公斤负载	30N 刻度, 30 公斤负载	45N 刻度, 45 公斤负载			
5.00	143	143	143	150	--	78.7	--	--	--	--	--	22	71	5.00
5.10	137	137	137	143	--	76.4	--	--	--	--	--	21	67	5.10
5.20	131	131	131	137	--	74.0	--	--	--	--	--	--	65	5.20
5.30	126	126	126	132	--	72.0	--	--	--	--	--	20	63	5.30
5.40	121	121	121	127	--	69.8	--	--	--	--	--	19	60	5.40
5.50	116	116	116	122	--	65.7	--	--	--	--	--	18	58	5.50
5.60	111	111	111	117	--	65.7	--	--	--	--	--	15	56	5.60

- a. 与结合 SAE-ASME-ASTM 硬度值相应的黑体数值转换为 ASTM E48, 表 3。
- b. 布氏硬度以外加的压痕直径为基础。如果在检测期间出现球的变形(压扁), 则用维氏金刚石锥硬度计、洛氏金刚石锥头硬度计或其它对变形不敏感的硬度计试头检测而得的相关的布氏数值就会因这种变形的不同而有所不同。因此, 对于高硬度, 布氏硬度计和维氏硬度计或洛氏硬度计的检测值之间的关系就会受到所采用的球体的影响。钢球(标准或 Hultgren)与碳化钨球相比会更加容易出现轻微的扁平, 导致比碳化钨球更大的压痕和更小的布氏值。因此, 在 640 维氏硬度计试样上, Hultgren 球的压痕是 2.55 毫米(578 布氏硬度值), 而碳化钨球的压痕是 2.50 毫米(601 布氏硬度值)。反过来, 如果两种类型的球的压痕直径相同, 则相当于具有不相同的维氏或洛氏硬度值。因此, 如果两种材料检测的压痕都是 2.55 毫米(578 布氏硬度值), 则 Hultgren 球的维氏硬度值就是 640, 而碳化钨球检测的维氏硬度值就是 615。
- c. 红色数值超出了正常范围。