

配方设计与橡胶硬度的关系

配方设计与橡胶硬度的关系 生胶品种 硫化体系 补强填充剂 软化增塑剂 邵尔 A 型硬度测定中的影响因素 1. 试样厚度的影响 邵尔 A 型硬度值是由压针压入试样的深度来测定的，因此试样

配方设计与橡胶硬度的关系

- 生胶品种
- 硫化体系
- 补强填充剂
- 软化增塑剂

邵尔 A 型硬度测定中的影响因素

1. 试样厚度的影响

邵尔 A 型硬度值是由压针压入试样的深度来测定的，因此试样厚度直接影响试验结果。试样受到压力后产生变形，受到压力的部位变薄，硬度值增大。所以，试样厚度小硬度值大，试样厚度大硬度值小。

2. 压针长度对试验结果的影响

标准中规定邵尔 A 硬度计的压针露出加压面的高度为 2.5mm，在自由状态时指针应指零点。当压针在平滑的金属板或玻璃上时，仪器指针应指 100 度，如果指示大于或小于 100 度时，说明压针露出高度大于或小于 2.5mm 或小于 2.5mm，这种情况下应停止使用，进行校正。当压针露出高度大于 2.5mm 时测得的硬度值偏高。

3. 压针端部形状对试验结果的影响

邵尔 A 型硬度计的压针端部在长期作用下，造成磨损，使其几何尺寸改变，影响试验结果，磨损后的端部直径变大所测得结果也大，这是因为其单位面积的压强不同所致。直径大则压强小所测得硬度值偏大，反之偏小。

4. 温度对试验结果的影响

橡胶为高分子材料，其硬度值随环境的变化而变化，温度高则硬度值降低。胶料不同其影响程度不同，如结晶速度慢的天然橡胶，温度对其影响小些，而氯丁橡胶、丁苯橡胶等则影响显著。

5. 读数时间的影响

邵尔 A 型硬度计在测量时读数时间对试验结果影响很大。压针与试样受压后立即读数与指针稳定后再读数，所得的结果相差很大，前者高，后者偏低，二者之差可达 5 至 7 度左右，尤其再合成橡胶测试中较为显著，这主要使胶料在受压后产生蠕变所致。所以当试样受压后应立即读取数据。

目录

一. 硬度的定义

二. 硬度的测试方法

三. 分别介绍几种硬度测试方法和相关单位

四. 各种硬度的区别

一. 硬度的定义

硬度——材料局部抵抗硬物压入其表面的能力称为硬度。它是衡量材料软硬程度的一个性能指标。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。

二. 硬度的测试方法

硬度试验的方法较多，原理也不相同，测得的硬度值和含义也不完全一样。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。最常用的是静负荷压入法硬度试验，即洛氏硬度 HRA|HRB|HRC、布氏硬度 HB、维氏硬度 HV，其值表示材料表面抵抗坚硬物体压入的能力。而里氏硬度（HL）、肖氏硬度 HS 则属于回跳法硬度试验，其值代表金属弹性变形功的大小。因此，硬度不是一个单纯的物理量，而是反映材料的弹性、塑性、强度和韧性等的一种综合性能指标。

硬度试验是机械性能试验中最简单易行的一种试验方法。为了能用硬度试验代替某些机械性能试验，生产上需要一个比较准确的硬度和强度的换算关系。实践证明，金属材料的各种硬

度值之间，硬度值与强度值之间具有近似的相应关系。因为硬度值是由起始塑性变形抗力和继续塑性变形抗力决定的，材料的强度越高，塑性变形抗力越高，硬度值也就越高。

三. 分别介绍几种硬度测试方法和相关单位

1. 布氏硬度 (Brinell hardness) | HB :

布氏硬度以 $HB[N(kgf/mm^2)]$ 表示 (HBS\HBW)(参照 GB/T231 - 1984), 布氏硬度 HB 是以一定大小的试验载荷, 将一定直径的淬硬钢球或硬质合金球压入被测金属表面, 保持规定时间, 然后卸荷, 测量被测表面压痕直径。布氏硬度值是载荷除以压痕球形表面积所得的商。

一般为: 以一定的载荷一般 3000kg 把一定大小直径一般为 10mm 的淬硬钢球压入材料表面, 保持一段时间, 去载后, 负荷与其压痕面积之比值, 即为布氏硬度值 HB, 单位为公斤力/mm²N/mm²。

所以生产中常用布氏硬度法测定经退货、正火和调质得刚健, 以及铸铁、有色金属、低合金结构钢等毛坯或半成品的硬度。

2. 维氏硬度 (Vickers hardness) | HV :

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。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, 试验负荷小于 1.961N, 适用于金属箔、极薄表面层的硬度测定。

3. 邵氏硬度 (Shore hardness) | HA/HD :

具有一定形状的钢制压针, 在试验力作用下垂直压入试样表面, 当压足表面与试样表面完全贴合时, 压针尖端面相对压足平面有一定的伸出长度 L, 以 L 值的大小来表征邵氏硬度的大小, L 值越大, 表示邵尔硬度越低, 反之越高。

4. 肖氏硬度 (Shore hardness) | HS :

肖氏硬度试验是一种动载试验法, 其原理是将具有一定质量的带有金刚石或合金钢球的重锤从一定高度落向试样表面, 根据重锤回跳的高度来表征测量硬度值大小。符号为 HS。重锤回跳得越高, 表面测量越硬。A90 属金刚钻的硬度、D45 属淬火钢的硬度。

5. 洛氏硬度 (Rockwell hardness) | HR :

洛氏硬度是以压痕塑性变形深度来确定硬度值指标。以 0.002 毫米作为一个硬度单位。当 HB>450 或者试样过小时, 不能采用布氏硬度试验而改用洛氏硬度计量。它是用一个顶角 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.59、3.18mm 的钢球, 在一定载荷下压入被测材料表面, 由压痕的深度求出材料的硬度。根据试验材料硬度的不同, 分三种不同的标度来表示:

HRA：是采用 60kg 载荷和钻石锥压入器求得的硬度，用于硬度极高的材料 | 如硬质合金等
HRB：是采用 100kg 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 | 如铸铁
HRC：是采用 150kg 载荷和钻石锥压入器求得的硬度，用于硬度很高的材料 | 如淬火钢等

6. 莫氏硬度 (Mohs' scale of hardness) | HM

表示矿物硬度的一种标准。1824 年由德国矿物学家莫斯 (Frederich Mohs) 首先提出。应用划痕法将棱锥形金刚钻针刻划所试矿物的表面而发生划痕，习惯上矿物学或宝石学上都是用莫氏硬度。用测得的划痕的深度分十级来表示硬度：

7. 努氏 (Knoop hardness) HK

8. 里氏 (Leeb hardness) | HL

9. 韦氏 (Webster hardness) | HW

韦氏硬度的基本原理是采用一定形状的淬火压针，在标准弹簧的作用力下压入试样表面，定义 0.01MM 的压入深度为一个韦氏硬度单位。材料的硬度与压入深度成反比。压入越浅硬度越高，反之则低。 $HW=20-L/0.01$ ，HW-- 表示韦氏硬度符号 L--- 表示压针伸出长度，即压入试样深度 /MM 0.01--- 定义值 /MM

四. 各种硬度的区别

1. 洛氏硬度可分为 HRA、HRB、HRC、HRD 四种，它们的测量范围和应用范围也不同。一般生产中 HRC 用得最多。压痕较小，可测较薄得材料和硬得材料和成品件得硬度。

维氏硬度以 HV 表示 (参照 GB/T4340-1999)，测量极薄试样。

2. 钢材的硬度：金属硬度 (Hardness) 的代号为 H。按硬度试验方法的不同，

常规表示有布氏 (HB)、洛氏 (HRC)、维氏 (HV)、里氏 (HL) 硬度等，其中以 HB 及 HRC 较为常用。HB 应用范围较广，HRC 适用于表面高硬度材料，如热处理硬度等。两者区别在于硬度计之测头不同，布氏硬度计之测头为钢球，而洛氏硬度计之测头为金刚石。

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)。

HL 手提式硬度计，测量方便，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，公式：里氏硬度 $HL=1000 \times VB$ (回弹速度) / VA (冲击速度)。

便携式里氏硬度计用里氏 (HL) 测量后可以转化为：布氏 (HB)、洛氏 (HRC)、维氏 (HV)、肖氏 (HS) 硬度。或用里氏原理直接用布氏 (HB)、洛氏 (HRC)、维氏 (HV)、里氏 (HL)

肖氏 (HS) 测量硬度值。

3.HB - 布氏硬度；

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。

布氏硬度 (HB) 是以一定大小的试验载荷，将一定直径的淬硬钢球或硬质合金球压入被测金属表面，保持规定时间，然后卸荷，测量被测表面压痕直径。布氏硬度值是载荷除以压痕球形表面积所得的商。一般为：以一定的载荷 (一般 3000kg) 把一定大小 (直径一般为 10mm) 的淬硬钢球压入材料表面，保持一段时间，去载后，负荷与其压痕面积之比值，即为布氏硬度值(HB)，单位为公斤力/mm² (N/mm²)。

4.洛氏硬度是以压痕塑性变形深度来确定硬度值指标。以 0.002 毫米作为一个硬度单位。当 HB>450 或者试样过小时，不能采用布氏硬度试验而改用洛氏硬度计量。它是用一个顶角 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.59、3.18mm 的钢球，在一定载荷下压入被测材料表面，由压痕的深度求出材料的硬度。根据试验材料硬度的不同，分三种不同的标度来表示：

HRA：是采用 60kg 载荷和钻石锥压入器求得的硬度，用于硬度极高的材料 (如硬质合金等)。

HRB：是采用 100kg 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 150kg 载荷和钻石锥压入器求得的硬度，用于硬度很高的材料 (如淬火钢等)。

另外：

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。

5.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。

6.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。

7.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。

8.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。

9.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： $1\text{HRC} \approx 1/10\text{HB}$ 。

硬度试验是机械性能试验中最简单易行的一种试验方法。为了能用硬度试验代替某些机械性能试验，生产上需要一个比较准确的硬度和强度的换算关系。

实践证明，金属材料的各种硬度值之间，硬度值与强度值之间具有近似的相应关系。因为硬度值是由起始塑性变形抗力和继续塑性变形抗力决定的，材料的强度越高，塑性变形抗力越高，硬度值也就越高。

10.布氏硬度是表示材料硬度的一种标准，由瑞典人布林南尔首先提出，应用压入法将压力施加在淬火的钢球（HBS）或者硬质合金球（HBW）上，它压入所试材料的表面而产生凹痕，用测得的球形凹痕单位面积上的压力来表示硬度， $\text{HB} = F/S \text{ MPa}$ （ F 单位 N S 单位：平方 mm）。用于测定塑料、橡胶、金属材料等的硬度。洛氏硬度中 HRA、HRB、HRC 等中的 A、B、C 为三种不同的标准，称为标尺 A、标尺 B、标尺 C。

11.洛氏硬度试验是现今所使用的几种普通压痕硬度试验之一，三种标尺的初始压力均为 98.07N（合 10kgf），最后根据压痕深度计算硬度值。标尺 A 使用的是球锥菱形压头，然后加压至 588.4N（合 60kgf）；标尺 B 使用的是直径为 1.588mm（1/16 英寸）的钢球作为压头，然后加压至 980.7N（合 100kgf）；而标尺 C 使用与标尺 A 相同的球锥菱形作为压头，但加压后的力是 1471N（合 150kgf）。因此标尺 B 适用相对较软的材料，而标尺 C 适用较硬的材料。 $\text{HR} = K - h/0.002$ （ h 是压痕的残余深度 K 是常数）

12.维氏硬度和布氏硬度差不多都是单位面积上的载荷大小来计算，只不过维氏硬度采用的是相对面夹角为 136 度的正四棱锥体金刚石作为压头的。

13.邵氏硬度用于确定塑料或橡胶等软性材料的相对硬度。它测量了规定压针在指定压强

和时间 条件下的针入度 。硬度值用来识别或指定特殊 硬度的塑料，也可作为多批材料的质量控制。试验方法：将试样置于硬而平的台面上 。把硬度计的压针 压入试样内，并保证它与台面平行。每一秒钟 读一数 (或由试验者决定)试样规格：通常，试样厚度为 6.4mm(0.25 英寸)。可将几个试样重叠，以达到上述高度，但最好 用一个试样。

试验数据：硬度值由硬度计读出。常见的硬度计有 A 型和 D 型。A 型用于较软材料；D 型用于较硬材料

硬度反映了材料弹塑性变形特性， 是一项重要的力学性能指标。 与其他力学性能的测试方法相比，硬度试验具有下列优点： 试样制备简单，可在各种不同尺寸的试样上进行试验， 试验后试样基本不受破坏；设备简便，操作方便， 测量速度快；硬度与强度之间有近似的换算关系，根据测出的硬度值就可以粗略地估算强度极限值。 所以硬度试验在实际中得到广泛地应用。

硬度测定是指反一定的形状和尺寸的较硬物体 (压头)以一定压力接触材料表面，测定材料在变形过程中所表面出来的抗力。有的硬度表示了材料抵抗塑性变形的能力 (如不同载荷压入硬度测试法)，有的硬度表示材料抵抗弹性变形的能力 (如肖氏硬度)。通常压入载荷大于 9.81N(1kgf) 时测试的硬度叫宏观硬度， 压力载荷小于 9.81N(1kgf) 时测试的硬度叫微观硬度。前者用于较大尺寸的试件， 希反映材料宏观范围性能； 后者用于小而薄的试件， 希反映微小区域的性能，如显微组织中不同的相的硬度，材料表面的硬度等。

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 Shore hardness penetrator 将规定形状 of 金刚石冲头从固定的高度落在试样的表面上， 冲头弹起一定高度， 通过两高度的比值计算出肖氏硬度值。

硬度是物质受压变形程度或抗刺穿能力的一种物理度量方式。

硬度可分相对硬度和绝对硬度。

绝对硬度一般在科学界使用，生产实践中很少用到。

我们通常使用硬度体系为相对的硬度，大致有以下几种标示方法：

肖氏、洛氏、布氏、韦氏、鲁氏、莫氏、铅笔硬度等等。

测漆膜或涂覆材料的表面耐磨力用铅笔硬度表示，如在 PCB 行业中油墨硬度的测试。

测橡胶及弹性体，用肖氏硬度，如 PCB 工序中胶刮硬度的测试。

肖氏硬度的测试方法类似网版张力测试： 表盘上的指针通过弹簧与一个刺针相连， 用针刺入被测物表面，表盘上所显示的数值即为硬度值。

肖氏硬度 (Shore(Sclerocope) Hardness)(HS)体系常见有 A 级和 D 级两种表示方式。

测量橡胶硬度最普遍采用的仪器称为肖氏 (又称邵尔)硬度计。用一个弹簧将一金属压头压入材料的表面，并测量它能穿入多深。该仪器测量的穿入深度为零至 0.100 英寸。标尺上的读数为零则意味着压头穿入了极限深度，而读数为 100 则意味着穿入深度为零。有各种不同硬度范围和自动化程度的肖氏硬度计。

使用最普遍的标度之一是肖氏 A 级标度。肖氏 A 级硬度计有一个较钝的压头和弹力中等的弹簧。当读数在 90 以上时，肖氏 A 级硬度计就变得不是很精确。对于此类较硬的材料，则使用肖氏 D 级硬度计。它有一个锐利的压头和弹力很强的弹簧，可以穿入较深的深度。

当测量更硬的塑料时，就使用压头更锐利和弹力更强的硬度计，例如洛氏硬度计。而在相反的另一极端，则使用肖氏 00 级硬度计，以测量软的凝胶和泡沫橡胶。

大多数材料都能承受住起初的压力，但随着时间的推移，由于发生蠕变和松弛而会屈服。硬度计的读数可以即时读取，也可以在某一特定的延迟时间后、通常是 5 至 10 秒钟后读取。即时读数总是会显示出比延迟读数较高 (或较硬)的读数。延迟读数不仅对材料的硬度而且对其弹性而言，均更有代表性。一种较弱、弹性较差的材料，比那些较强、较有弹性的材料更容易发生蠕变。

为了保证数据的有效性，需要有精确的测试步骤。为了获得精确的读数，您必须得有一个表面很平整而且足够厚的试件，以免压头受支撑表面的影响。通常所要求的厚度是 0.200 英寸，但对于变形较小的硬性材料，当厚度较薄时，也能精确地测试。

硬度经常会与其它特性混淆，例如挠曲模数。尽管两者都反映了产品在用户手中的感觉，挠曲模数代表对挠曲的抵抗能力，而硬度则代表对压陷的抵抗能力。在某一特定的 TPE(热塑性弹性体)系列中，这两种特性是互相关联的。一般来讲，当硬度值增加时，挠曲模数也会增加。

此外，在同一 TPE 系列中，抗蠕变性与抗张强度也是有直接关联的。这意味着较软的 TPE 发生蠕变的程度将比较硬的材料高，但其抗张强度则较小。摩擦系数 (COF) 与硬度成反比关系。当 TPE 的硬度增加时，摩擦系数通常会减小。

当比较各种不同系列的 TPE 时，除硬度以外还需要比较其它的物理特性数据，以便作出正确的决定。

莫氏硬度标准：说明：表示矿物硬度的一种标准。1824 年由德国矿物学家莫斯 (Frederich Mohs) 首先提出。应用划痕法将棱锥形金刚钻针刻划所试矿物的表面而发生划痕，习惯上矿物学或宝石学上都是用莫氏硬度。用测得的划痕的深度分十级来表示硬度：滑石 (talc)1 (硬度最小)，石膏 (gypsum)2，方解石 (calcite)3，萤石 (fluorite)4，磷灰石 (apatite)5，正长石 (feldspar;orthoclase;periclase)6，石英 (quartz)7，黄玉 (topaz)8，刚玉 (corundum)9，金刚石

(diamond)10。莫氏硬度也用于表示其他固体物料的硬度。