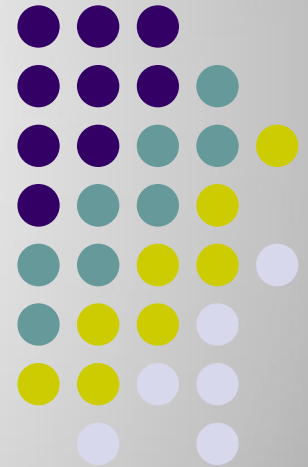


动态硬度测试仪

使用及原理介绍

徐联军



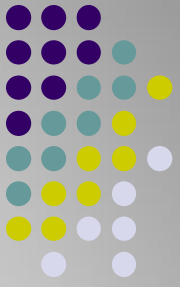
北京时代山峰科技有限公司



硬度是固体材料的特性

如何判定硬度 ?

直觉的硬度定义



1. 两块金属A和B碰撞摩擦，如果A压痕或伤痕比较大，而B只有小痕或没有伤痕，可以判定B比A硬，所以金属硬度可以用压痕或划痕来判定，痕迹越大则硬度越小。
2. 橡胶等高分子材料没有压痕留下，可以用压针压入橡胶，A压入深，B压入浅，则B橡胶比A橡胶硬，橡胶硬度可以用压入深度判断。
3. 用敲击力量来判断，铁锤敲击A和B，如果A受力大，B受力小，可以判断A比B硬，所以硬度可以用敲击受力大小来判断。因为敲击的力量与接触时间成反比，接触时间越短，则接触力量越大，所以硬度还可以用敲击接触时间来判定。



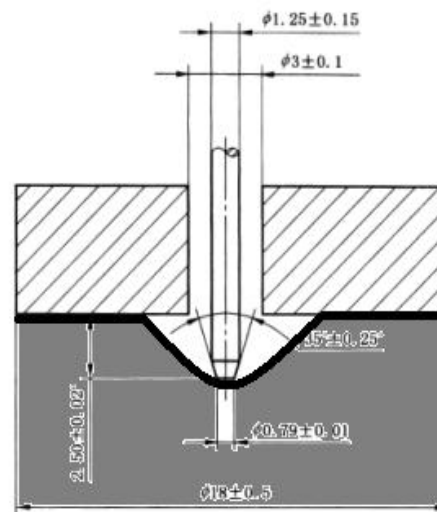
材料硬度的种类

- 用痕迹法测定硬度，如莫氏，布氏，洛氏等硬度，都是用留下的痕迹大小来判定硬度，痕迹可以一直保留，后期可以再次检查，可以称为“定态硬度”，适合金属，玻璃，硬质塑料等材料。
- 用压入深度测定硬度，例如邵尔硬度，国际硬度等，测定的硬度大小，与压力（包括压足力和压针力），压入时间，压入速度等都有关系。压力撤走，则变形消失，可以称为“静态硬度”。适合橡胶，软质弹性塑料等高分子材料。
- 用冲击力量或接触时间测定硬度，数值在一瞬间得出，取决于冲击能量，压足约束力，冲击头的尺寸等因素，称为“动态硬度”，动态硬度可以适用于所有固体材料，



橡胶邵尔硬度(HA,HC,HD) 定义

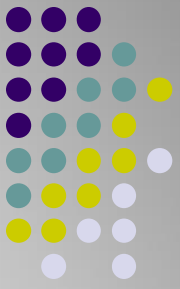
- 橡胶邵尔硬度的定义：作用在橡胶表面的压针，在弹簧的压力下，在规定的速度（平稳无振动，最高3.2毫米/秒）和时间（一秒钟）内，形成一定的压入深度，以此来表示橡胶硬度。
- 分为HA（一般橡胶），HA0（软质橡胶），HD（硬质橡胶或塑料），HAM（薄试样）。



^a 压针伸出量对应硬度计读数为0。

图1 邵氏A型硬度计压针

橡胶国际硬度 (IRHD)

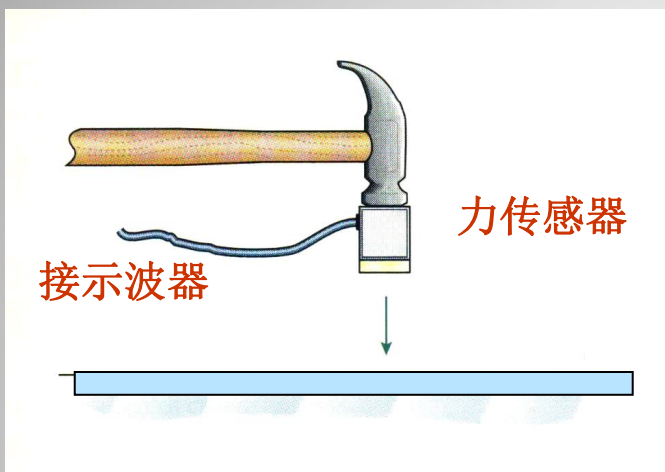


1. 硬度是在规定的压力下，通过压入橡胶的球形压头的压入深度，测量硬度值。
2. 分为N（常规型球头 $\varphi 2.5\text{mm}$ ），H（高硬度 $\varphi 1\text{mm}$ ），L（低硬度 $\varphi 5\text{mm}$ ），M（微型 $\varphi 0.395$ ）四种。
3. 测试过程：压足压力（保持5秒），初始力（保持5秒），压入力（保持30秒）三个力量以及压入保持时间。



国际硬度计与邵尔硬度计比较

- 国际硬度的测试时间长，稳定性比邵氏硬度好一些，但测试耗时太久，不适合大批量测试。
- 变形速度慢的橡胶，两种测试方法的差异会比较大，甚至是相反的测试结果。
- 国际硬度计不会留下伤痕，邵尔硬度有时会留下永久伤痕



用铁锤打击钢板表面：

锤重4.45N（0.5公斤）；

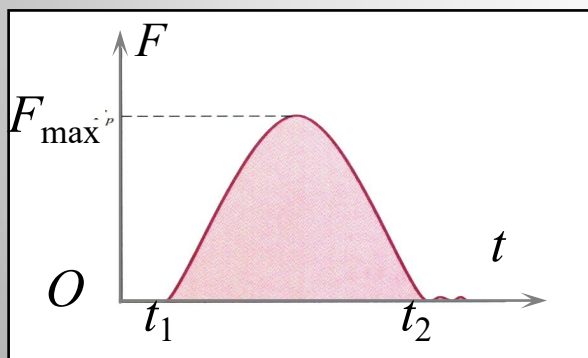
碰撞前锤的速度 457.2 mm/s；

（能量0.05焦耳，仅仅相当于10毫米自由落体）

碰撞的时间间隔 0.00044s；

撞击力平均值 1491 N，

静载作用的335倍。



如果改为锤击软橡胶

碰撞的时间间隔 0.01s；

撞击力均值 244.8 N，

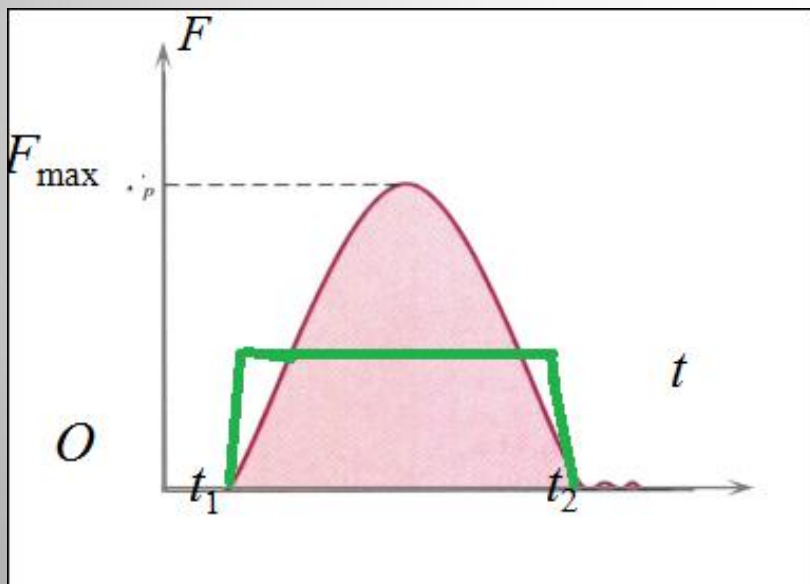
静载作用的55倍。



由于碰撞力随时间而变化，瞬时值很难测定。
因此，通常是用碰撞力在碰撞时间内的冲量来表示碰撞的强弱。

这个冲量称为**碰撞冲量**。

$$\mathbf{I} = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F} dt = m(\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1)$$



不考虑碰撞力在极小碰撞时间间隔 Δt 内的急剧变化，平均碰撞力的近似估计值可表示为：

$$F_a = \frac{I}{\Delta t}$$



动态硬度的定义：

当有两个物体，在没有任何仪器的情况下，想判定哪个更硬，用什么解决方案呢？

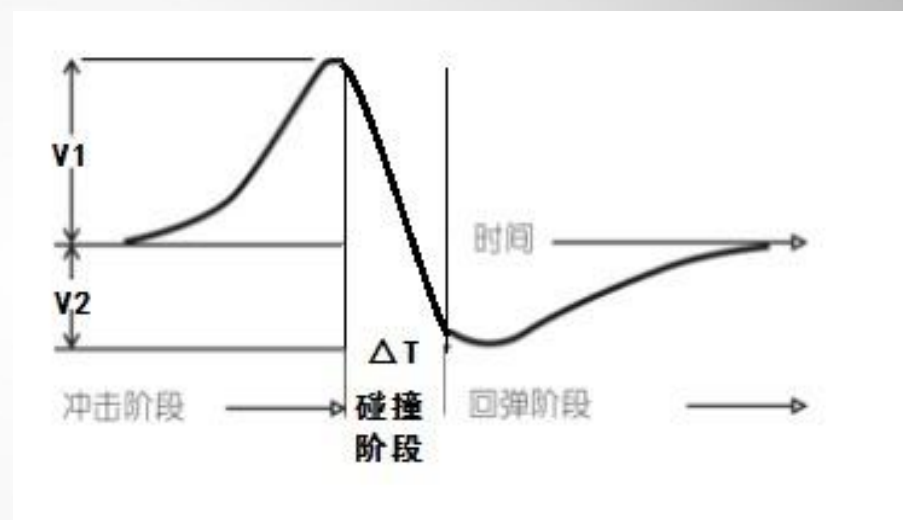
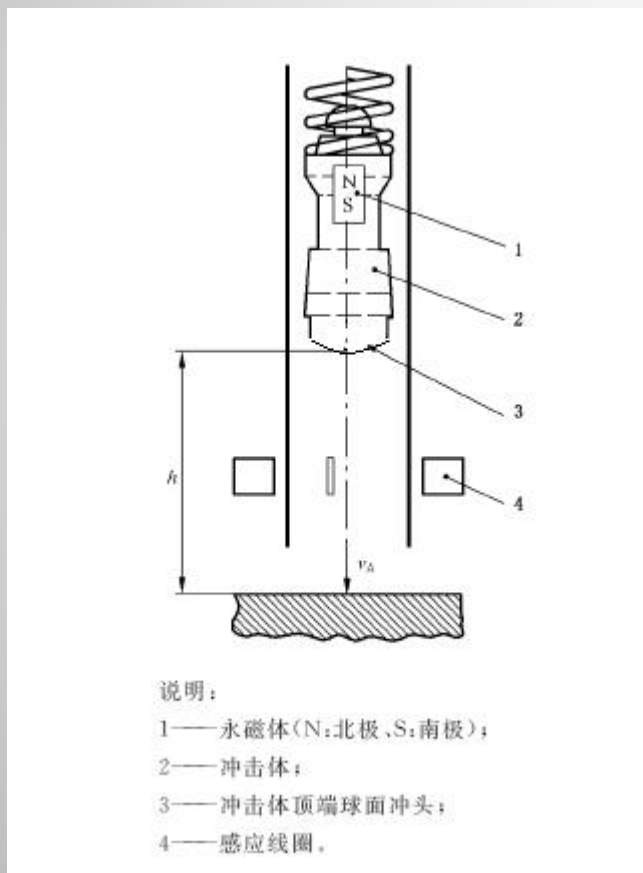
最简单的办法：可以用手指关节敲击这两个物体，感觉更疼的那个就是比较硬的。

硬度越大，则碰撞时间越短，同时碰撞力量越大，这符合物理直觉。

所以，**可以用碰撞力量来判定硬度，也可以用碰撞时间来判定硬度。这符合冲量定理。**



冲击头碰撞过程的速度可以全部测量出来，那么，冲击前最高速与冲击后最高速，对应的时间，就能测量出来。



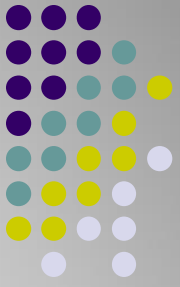
上下速度峰值，可以认为是碰撞开始和结束的点，时间差 ΔT 就是碰撞时间。

测量出碰撞时间，就等于得到材料硬度。

动态硬度的设计



在测试回弹性的同时，可以得到 ΔT ，同时计算出动态硬度DH (Dynamic Hardness)。



动态硬度的计算方法：

方案一：设置最大冲撞时间值不大于3.5毫秒，3.5毫秒为0度，0毫秒为100度。则动态硬度 (DH) = $(3.5 - \Delta T) / 0.035$ 。特别软的材料，会出现碰撞时间超过3.5毫秒，硬度为负数的情况。

方案二：设 $1/\Delta T$ 为硬度因子， $75 * \text{硬度因子}$ ，与邵尔A硬度比较接近，不会出现负数。但可能出现硬度超过100的情况。

选择：出现第一种负数硬度的情况的几率极低，而第二种是大概率，所以选择用 $(3.5 - \Delta T) / 0.035$ 表示动态硬度。

南昌况氏硬度块	硬度值	ΔT (毫秒)	动态硬度 $(3.5 - \Delta T) / 0.035$	动态硬度2 $75 / \Delta T$
紫色	31	1.91	45	39
棕色	41	1.75	50	43
绿色	54	1.4	60	54
橙色	60	1.295	63	58
红色	70	1.12	68	67
黄色	81	0.98	72	77
灰色	88	0.875	75	86



橡胶动态硬度的区别：

- 动态硬度与其他橡胶硬度不同，是瞬时撞击的硬度，而不是静态慢慢加压的硬度。
- 动态硬度测试时间极短，只有1毫秒左右。
- 动态硬度必须使用高速采样电路。
- 动态硬度与其他硬度的数值不一定相同，会有差异，特别是回复变形比较慢的橡胶，可能差异还比较大。



动态硬度的意义

- 已经有了橡胶邵尔硬度和国际硬度，还需要动态硬度吗？

需要！

- 1.动态硬度适合冲击的场合，动态硬度高的橡胶，静态硬度不一定也高，两者有差异。
- 2.动态硬度是便携式仪器，可以在现场复杂的环境中测量，而且比较稳定。邵尔手持式硬度计虽然便携，但重复性不佳。
- 3.动态硬度的测试方法不仅适用于橡胶，也可以适用于其他材料，只要有合理的折算方式。