

## 常用的塑料测试方法简介

### 拉伸强度和拉伸模量

#### ASTM D 638, ISO R527, DIN 53455, DIN53457

了解材料对负载的响应程度是了解材料性能的基础。通过测试在一定应力下材料的变形程度（应变），设计者可以预测材料在其工作环境下的应用（如图 1）。

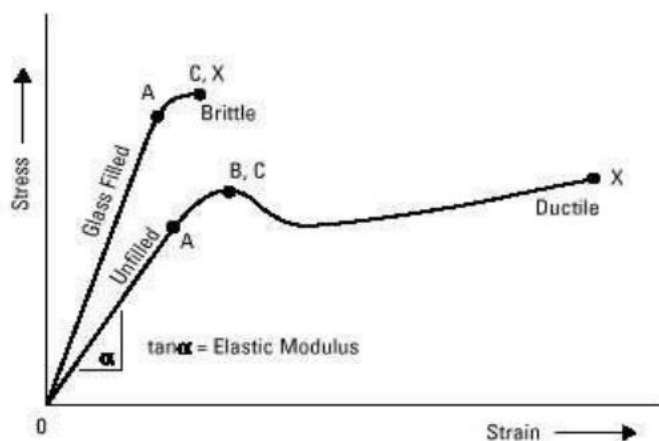


图 1 拉伸应力—应变曲线

- A: 弹性形变的极限值
- B: 屈服点
- C: 最大强度
- O-A:屈服区域，发生弹性形变
- 超过 A 点：塑性变形

A: proportional limit  
B: yield point  
C: ultimate strength  
X: break  
O to A: yield region, elastic behavior  
Beyond A: plastic behavior

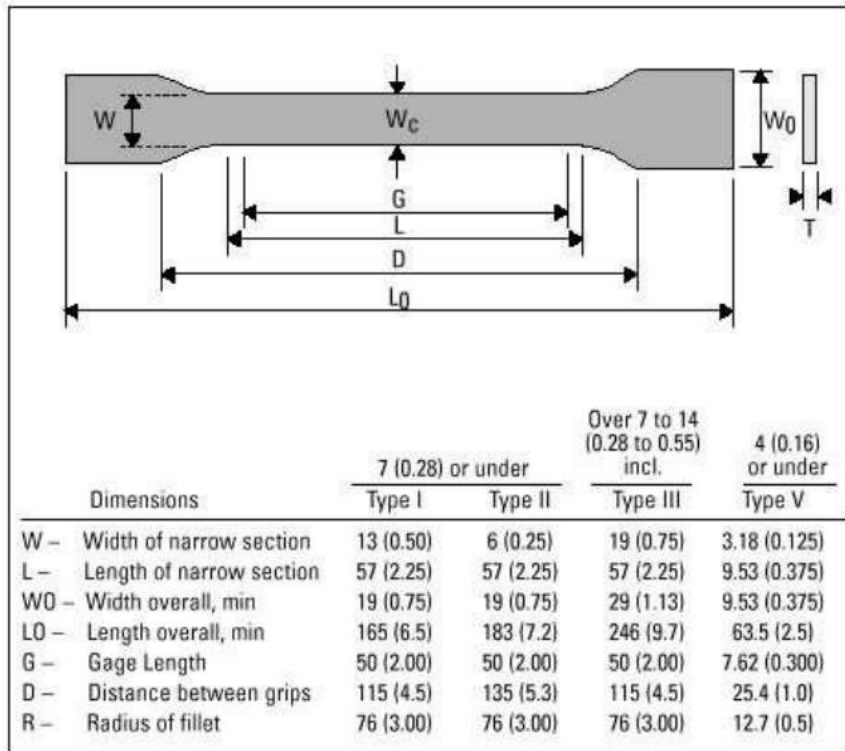


图2: ASTM D 6, 拉伸试样的尺寸

模量： 应力/应变

Mpa

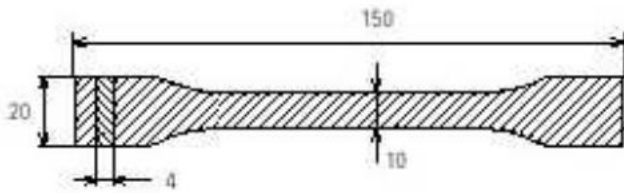
## 常用的塑料测试方法简介

屈服应力:	开始发生塑性变形的应力	Mpa
断裂应力	发生断裂时的应力	Mpa
断裂伸长率	材料发生断裂时的应变	%
弹性极限	开始发生弹性形变的终点	
弹性模量	发生在塑性变形时的模量	Mpa

测试速度:

A 速度: 1mm/mm 拉伸模量  
 B 速度: 5mm/mm 填充材料的拉伸应力/应变

C 速度: 50mm/mm 为填充材料



的拉伸应力/应变

### 弯曲强度和弯曲模量

#### ASTM D 790, ISO 178, DIN 53452

弯曲强度是用来测量材料抵制挠曲变形的能力或者是测试材料的刚性。与拉伸负载不同的是，在测试弯曲时，所有的应力加载在一个方向上。用压头压在试样的中部使其形成一个 3 点的负载，在标准测试仪上，恒定的压缩速度为 2mm/mm.

通过计算机收集的数据，测绘出试样的压缩负荷—变形曲线，来计算压缩模量。在曲线的线性区域至少取 5 个点的负载和变形。

弯曲模量（应力与应变的比值）是表征材料弯曲性能的重要指标。压缩模量是指在应力—应变的曲线的线性范围内，压缩应力与压缩应变之比。压缩应力与压缩应变的单位都是Mpa。

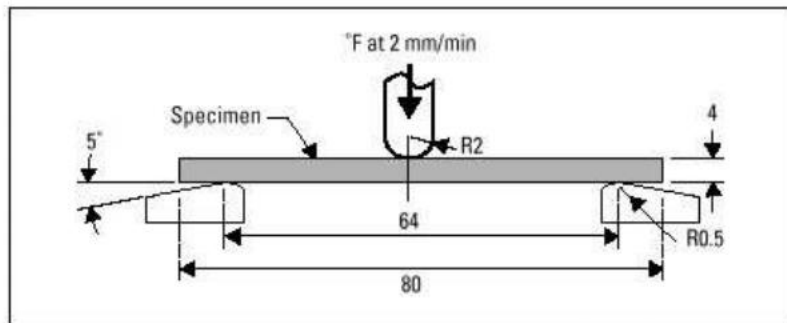
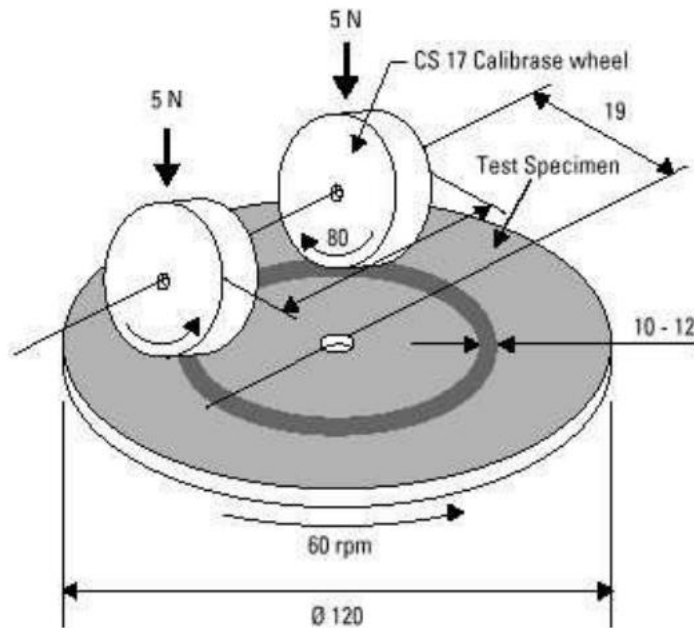


图 3: 弯曲测试示意图

### 耐磨性能测试

## 常用的塑料测试方法简介

GE测试方法与ASTM D 1044, ISO 3537, DIN 52347测试方法相似



用 Taber 磨损机磨损测试试样，通过计算试样的磨损量来表征材料的耐磨性能。测试试样放置在一个以恒定转速 60rpm 的旋转转盘上（如图 4 所示），把一定重量的砂轮压在测试试样上（转盘是通过人工磨出来的，可以获得不同重量的转盘）。当转盘达到规定的圈数，测试结束。然后称量磨损掉下来的试样碎片的质量来表征材料的耐磨性能指标，耐磨性的指标是 mg/1000 圈。

### ASTM 与 ISO 区别

ASTM 测试试样的厚度是 3mm，而 ISO 测试试样为 4mm。试样厚度的不同，将会导致测试结果的不同。测试结果的不同是因为测试方法的不同，而不是因为材料性能的不同。

ISO 测试方法不仅是测试条件，以及试样的尺寸与 ASTM 不同，而且 ISO 的测试试样需要根据 ISO294 的标准，以规定的加工条件来加工测试试样。

### 冲击性能

在标准的测试中，比如拉伸，弯曲测试，材料吸收能量是比较缓慢的，但是在现实的应用中，材料经常会吸收突如其来的能量，例如掉落的物体，大风，坍塌，高空坠落等。冲击测试的目的就是模拟这些情况，缺口与非缺口冲击测试就是表征材料在指定冲击应力下的行为，以此在表征材料的脆性与韧性。

冲击测试的数据不能作为材料设计的依据。材料特定的行为可以通过测试不同条件下的测试实验来获得，比如改变缺口的大小和测试温度。

冲击测试是在摆锤式悬臂梁冲击仪上实现的，试样被固定在夹具上，一个摆锤（具有固定半径的冲击刃）从固定的高度释放，使得试样能够吸收瞬时能量。摆

## 常用的塑料测试方法简介

锤释放的高度与最后摆回去的高度差值代表了测试样条的断裂吸收的能量。测试需要在室温下进行，或者是低温下进行（表征材料的低温冲击韧性）。测试样条有不同的类型以及不同的缺口的尺寸。

冲击测试的结果不是绝对的，除非测试样条的几何形状和实际最终使用的环境一致。如果两种材料的失效速率和失效的模式一样的话，那么材料在两种测试方法下的冲击性能是等同的。

### 冲击性能的比较

#### ASTM 与 ISO

冲击性能对测试试样的厚度和分子取向很敏感。ASTM 与 ISO 方法中使用的试样的厚度差别可能对冲击的影响很大。厚度从 3mm 变为 4mm 甚至通过分子质量和试样厚度对 IZOD 缺口冲击性能使失效方式发生改变，从塑性转成脆性（如图 9 所示）。但是在 3mm 显示脆性的材料如矿物和玻璃填充等级的材料不受影响。添加了冲击改性剂的材料也不受此因素的影响。

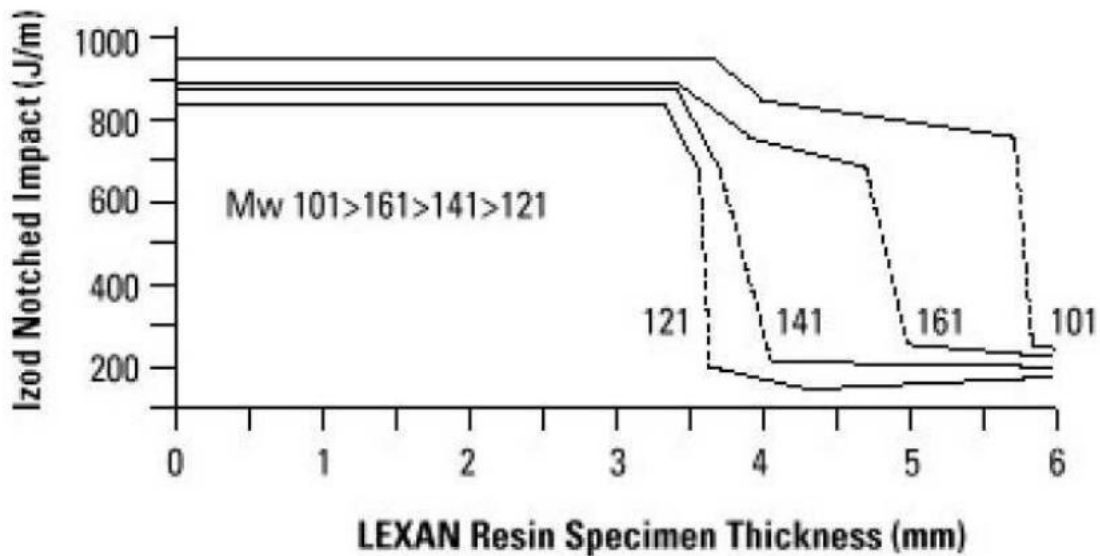


图 9：测试试样的厚度和分子取向对冲击性能的影响

### 缺口冲击强度

#### ASTM D256, ISO 180

缺口冲击强度已经成为比较材料冲击韧性的标准测试（如图 10 和 11）。但是缺口冲击测试与制品在实际使用的环境的关系比较小。因为改变缺口敏感的材料，测试结果会有很大的改变。冲击测试主要是用来表征材料对缺口的敏感性而非抗冲击能力。缺口冲击强度测试主要用来比较材料的韧性。缺口冲击测试对于一些带有尖角，尖的拐角，加强肋的制品的冲击韧性有很大的实际意义。

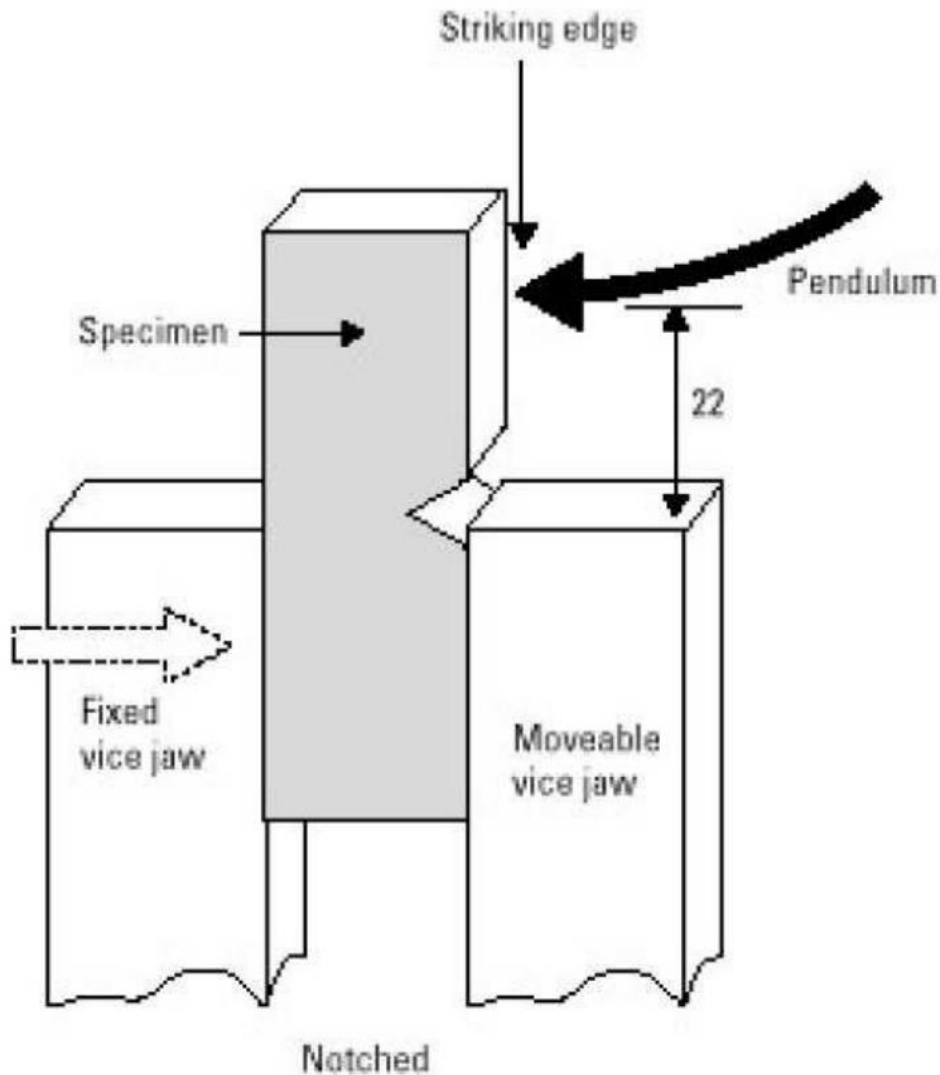


图 10 缺口冲击强度

无缺口冲击测试的试样几何形状，测试负载与缺口试样一样，只是测试试样上没有缺口。这种测试比缺口冲击准确，是因为它减少了因铣缺口而造成的应力集中。

冲击强度是用试样吸收的能量除以试样在缺口处的厚度和宽度的乘积得到的，单位是 KJ/m<sup>2</sup>。

#### ISO 测试标准的不同反映了试样的类型和缺口的类型

ISO 180/1A 是指 1 类试样和 A 缺口。如图 10 所示。试样的尺寸为长 80mm，高 10mm，厚 4mm。

ISO 180/1U 是指试样为 1 类型，但是夹具是反向的。ASTM 测试方法中试样的长为 63.5mm，更重要的是试样的厚度是 3.2mm，而摆锤的半径和高度与 ISO 一致。

## 常用的塑料测试方法简介

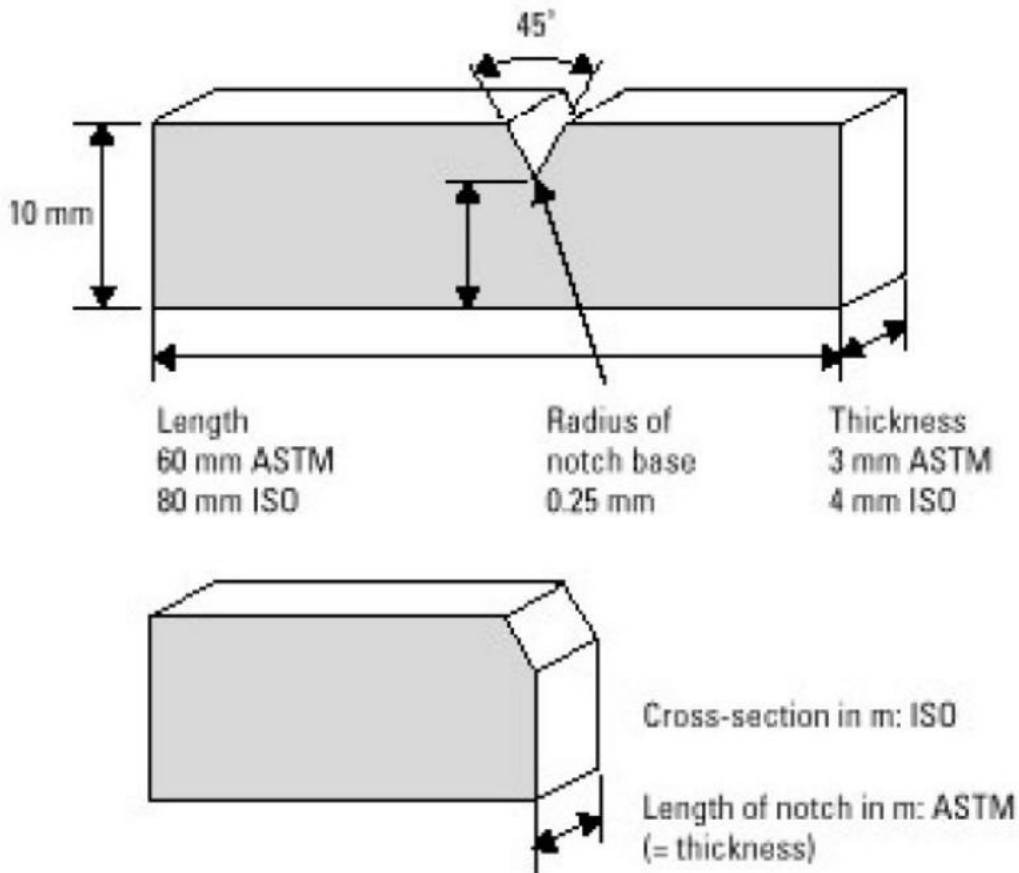


图 11 缺口冲击强度

在 ASTM 标准中，冲击强度是用缺口处吸收的能量除以缺口试样的厚度来表征的。其单位是 J/m。试样厚度的不同，对测试结果影响很大。

### Charpy 冲击强度

#### ASTM D 256, ISO 179

Charpy 和 Izod 测试最大的区别就是测试试样的放置不同。在 Charpy 测试中，试样是水平放置在试样机上（如图 12）。

ISO 标准的不同反映了试样和缺口的类型：

ISO 179/2C 是指试样为 2 类型，缺口为 C 类型。

ISO 179/2D 是指试样是 2 类型，但是无缺口。

在 DIN 53453 标准中，试样的尺寸与 ISO 标准相似。ISO 与 DIN 中，冲击强度都是用试样吸收的能量除以试样在缺口处的面积。单位为 KJ/m<sup>2</sup>。

## 常用的塑料测试方法简介

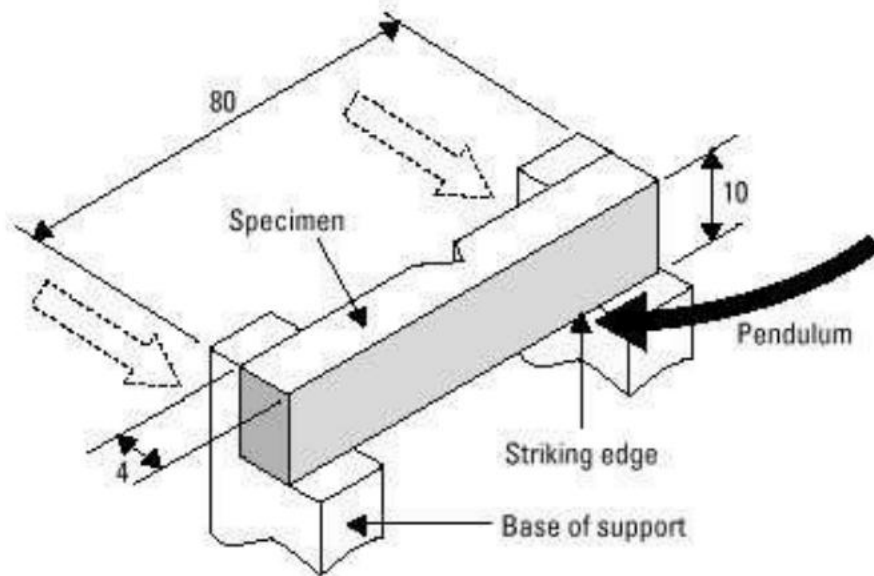


图 12 Charpy 冲击强度

### 维卡软化温度

#### ASTM D 1525, ISO 306, DIN53460

维卡软化温度测试的目的主要是测试材料在那个温度下快速软化。塑料在液体传热介质中，在一定的负荷，一定的等速升温速率下，试样被 1mm<sup>2</sup> 压铮头压入 1mm 时的温度，即维卡软化温度。

ISO 306 有两种标准：

A： 负载为 10N。

B： 负载为 50N， 升温速率为 50 ℃/h 或者是 120 ℃/h。

在 ISO 中，经常用 A50, A120, B50, B120 来描述。测试样条浸润在被加热的油浴中，从 23° C 作为起始的升温温度。5min 以后，10N 或者 50N 的负载加载在测试试样上，当试样被压铮头压入  $1 \pm 0.01$  mm 时油浴的温度即为 VST。

### 热变形温度

#### ASTM D 648, ISO 75, DIN 53461

热变形温度表征了材料在一定能够负载下的短期耐热性能。本方法是测定材料试浸在一种等速升温的合适液体介质中，在简支梁的静弯曲负载作用下，试样弯曲变形达到规定能够值时候的温度，即热变形温度。

## 常用的塑料测试方法简介

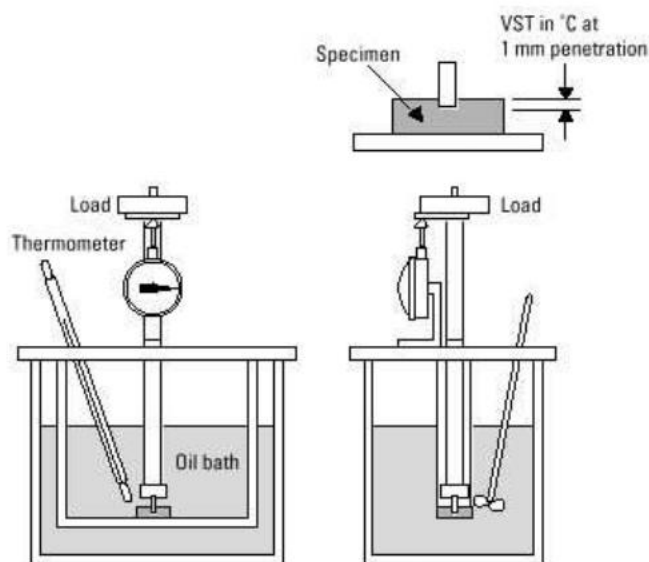


图 13 热性能测试

在 ASTM 和 ISO 标准中，加载了负载的测试样条浸润在带有加热棒的硅油中（入图 14）。加载在试样上的压力为：  
低压力——0.45 Mpa（ASTM和ISO标准）  
高压力——1.82 Mpa（ASTM标准），1.80 Mpa（ISO标准）。

试样加载负载 5min 后调节变形测量装置，使得变形量为 0，如果材料不发生明显的蠕变，就不需要等待这段时间，然后从室温 23 °C 以 2° C/min 恒定的升温速度升温。



## 常用的塑料测试方法简介

当试样中点弯曲变形达到0.32mm(ISO) 或者0.25mm(ASTM) 时的温度为测试试样的热变形温度。

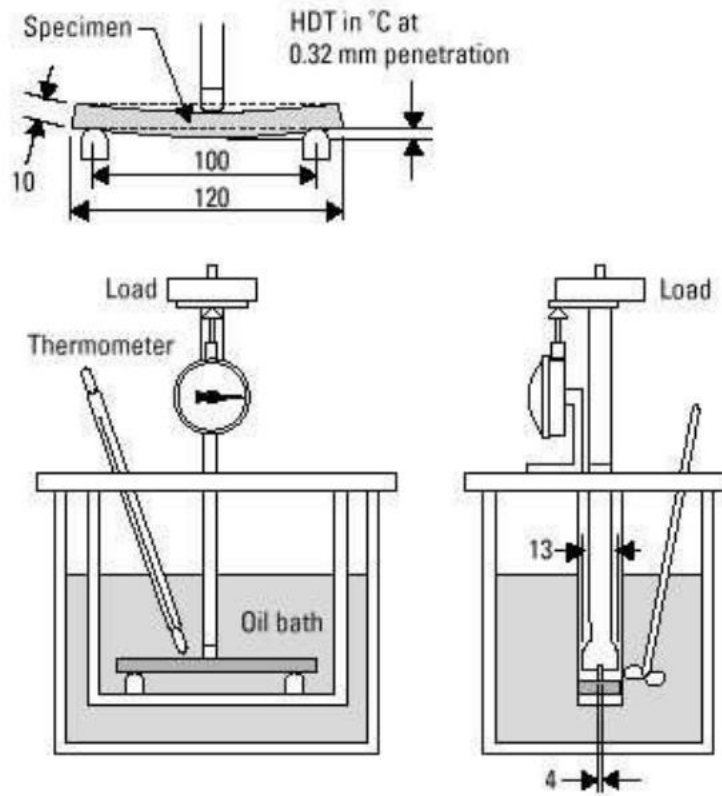


图 14 热性能测试

根据加载在表面压力的大小，HDT有两种，分别用字母 A，B 表示：

HDT/A 负载为1.80Mpa

HDT/B 负载为0.45 Mpa

### 无定形与结晶材料的HDT对比

对于无定形材料，HDT 接近材料的玻璃化转变温度 ( $T_g$ )。因为无定形材料没有固定的熔融温度，加工温度在高于  $T_g$  的橡胶态下进行。结晶材料的 HDT 较低，因为在较高的温度下仍然有部分晶区。对于无定形材料，HDT 的重复性比结晶材料的要好，对于一些特定的材料，需要先退火处理，测试结果才有效。通常加入纤维补强后，塑料的 HDT 会上升，因为纤维补强可以大幅提升塑料的机械强度，以致在升温的耐挠曲测试时，会呈现 HDT 急剧升高的现象。纤维增强对结晶材料的 HDT 影响比无定形材料要明显。HDT 不能代表材料的最高使用温度，因为在实际的使用过程中，材料的使用时间，负载，表面压力和标准测试的条件不一致。

## 常用的塑料测试方法简介

### UL94 概述

最常用的表征塑料阻燃等级的测试为 UL94. 根据燃烧速率, 火焰熄灭时间, 有没有滴落, 阻燃等级可以分为几种。

根据测试试样的厚度和颜色的不同, 一种材料可以获得不同的阻燃等级。当指定材料的某种用途时, 根据塑料制品的壁厚阻燃等级会有不同。所以在判定材料能达到什么样的阻燃等级的时候, 一定要说明材料的厚度是多大。

UL94 阻燃等级:

HB

缓慢水平燃烧, 对于厚度大于 3mm 时, 燃烧速率小于 76mm/min. 厚度大于 3mm 时, 燃烧速率小于 38mm/min.

V-0

垂直燃烧测试试样, 10 秒钟内熄灭并且没有滴落。

V-1

垂直燃烧测试试样, 30 秒钟内熄灭并且没有滴落。

V-2

垂直燃烧测试试样, 30 秒钟内熄灭, 允许有滴落。

5V

5VB

测试试样被烧穿

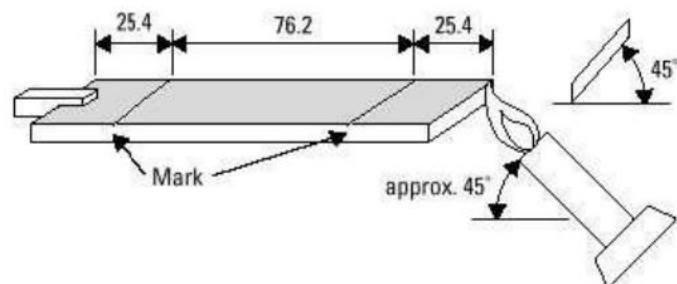
5VA

测试试样没有被烧穿 (最好的 UL 等级)

需要指出的是, 这项测试并不反映实际火情下材料的着火危险。

### UL94 水平燃烧测试程序

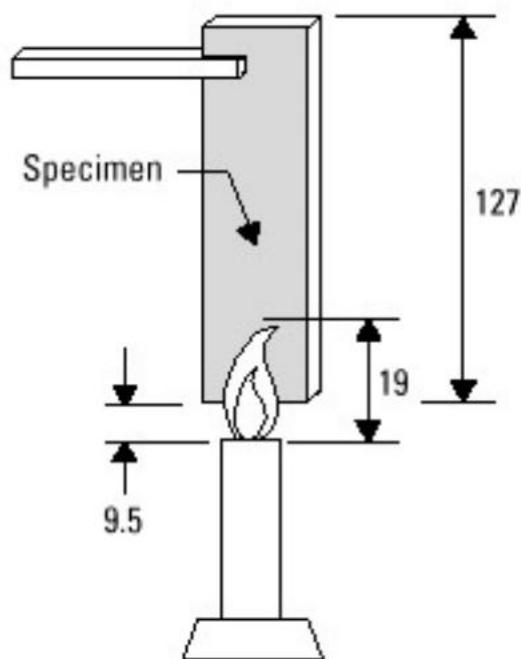
在阻燃性能要求高的环境下, HB 级的材料是不允许使用的。总的来说, HB 级别的材料不是用在电气产品中的, 而是在医疗以及装饰使用。在通常人们的印象中, 没有添加阻燃剂的材料达不到 HB 的要求, 其实所有的结果都需要通过测试来实现 (如图 16)。



### UL94 V0, V1, V2 测试程序

## 常用的塑料测试方法简介

垂直燃烧测试（如图 17）使用的测试样条与 HB 测试样条一致，在测试中，需要测试燃烧时间，什么时候滴落，滴落是否能使得棉花点燃等信息。V1 和 V2 最大的区别就是看在燃烧过程中有没有滴落。



UL94-5V 测试程序：

步骤一：

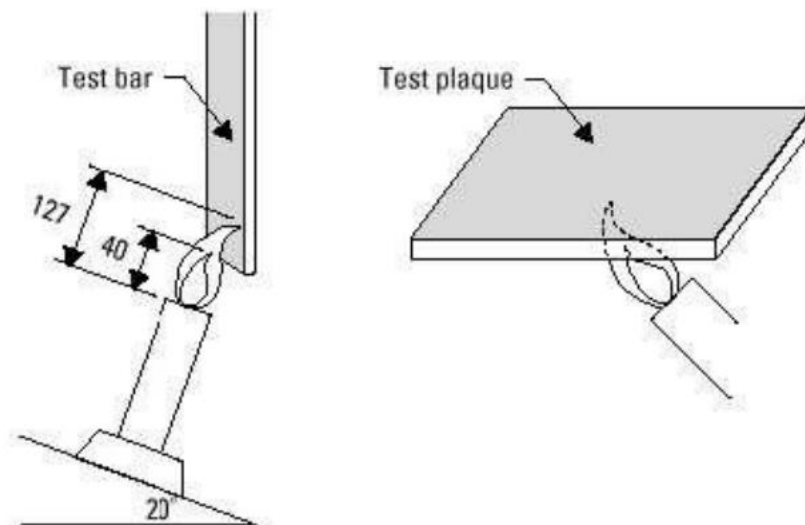
垂直安装一个标准可燃性试棒，使其经受五次 127mm 火焰，每次持续 5 秒。如果此后试棒燃烧时间短于 60 秒且液滴不引燃下面的棉花，则通过测试。整个过程要对 5 个试棒进行重复测试。

步骤二：

同样厚度的试样板在水平位置经受同等火焰的测试，整个过程要对 3 个试样板重复进行测试。这个水平测试形成 2 个等级：5VB 和 5VA。5VB 允许产生洞（烧穿）。5VA 不允许产生洞。

UL94-5VA 是所有 UL 测试中最严格的，特别用于大型办公机械的防火罩。对于那些预期壁厚小于 1.5mm 的产品，应使用玻璃填充材料等级。

## 常用的塑料测试方法简介



### CSA 可燃性 CSA C22.2 第 0.6 号

这个加拿大标准协会的可燃性测试的方法与 UL 94 5V 测试的方法相似。然而，这个测试更加严格：每次测试火焰要持续 15 秒。而且在前 4 次火焰测试中，试样必须在 30 秒内熄灭；在第五次测试后，火焰在 60 秒内熄灭（而 UL94-5V 的 5 次火焰测试各持续 5 秒）。

满足 CSA 测试的结果也被认为满足 UL 94-5V。

### 有限氧气指数

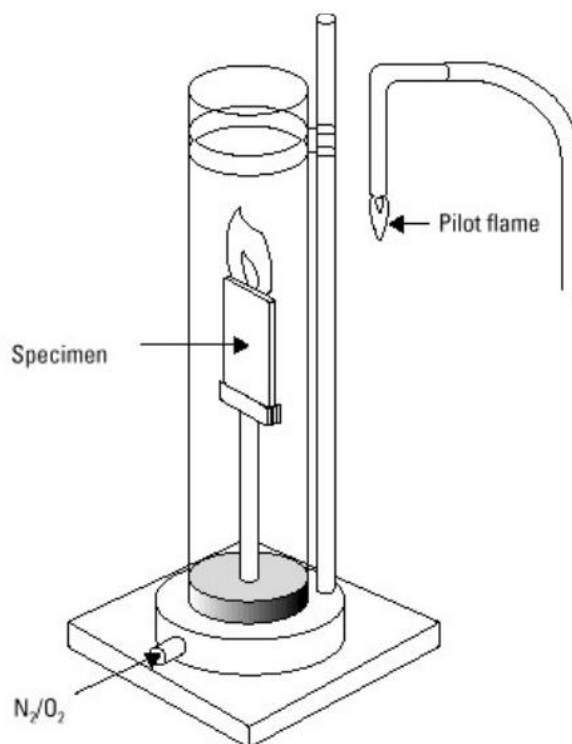
#### ASTM D 2863 (ISO 4589)

有限氧气指数用来测量材料在受控环境中的相对可燃性。有限氧气指数是维持热塑性塑料材料火焰时，空气中所需的最低氧气含量。

测试所用气体是外部控制的氮气和氧气的混合物。一个支撑的试样由引火火焰点燃，然后拿走引火火焰。在下面过程中，氧气浓度逐渐降低，直至试样不能维持燃烧。有限氧气指数或 LOI 定义为材料可以燃烧 3 分钟或 50mm 所需的最低氧气浓度。LOI 值越高就越不容易燃烧。

这项测试并不反映实际火情下材料的着火危险。

## 常用的塑料测试方法简介



### 介电强度

本方法是用连续均匀升压或者逐级升压（48Hz—62Hz）的方法，对测试试样施加交流电压，直至击穿，测试击穿电压，或者用迅速升压的方法，将电压升到规定值，保持一定的时间不击穿，测试试样的耐电压值。用击穿前的电压除以试样的厚度表征材料的介电强度 kV/mm。周围的介质可以是空气或者是油。试样的厚度对测试结果影响很大。

### 影响材料介电强度的因素

试样的厚度，湿份以及材料的均一性

电极的尺寸和导热性

测试电压的频率

测试环境的温度，压力和湿度

介质的电和热性能

### 表面电阻率和体积电阻率

表面电阻率是绝缘材料抵抗表面漏泄电流的能力。体积电阻率是绝缘材料抵抗体内漏泄电流的能力。表面电阻率、体积电阻率越高，漏泄电流越小，材料的导电性能越差。

## 常用的塑料测试方法简介

体电阻系数是材料的基本参数之一，表示其导电性能，单位为欧姆/厘米。

表面电阻系数：该参数用于厚度一定的薄膜材料，其定义为表面上单位长度的直流压降与单位宽度流过电流之比。它指正方形两对边之间的阻值，只要面积远远大于薄膜厚度，则该阻值与正方形的大小无关。表面电阻率的单位是欧姆。

当塑料及制品表面阻值：大于  $10^{10}$  次方时极易产生静电；在  $10^8$ — $10^{10}$  次方之间具有一定防静电性能；在  $10^6$ — $10^8$  次方之间有很好的防静电性能；在  $10^4$ — $10^6$  次方之间具有最佳的防静电性能；当达到  $10^4$  次方以下具有了相当的导电性能，属于导体、半导体材料。