

# ISO 6603-1

## 塑料-硬质塑料冲击性能-

### 第一部分：仪器冲击试验

#### 目录

##### 前言

1. 范围	-----
2. 规范性引用文件	-----
3. 术语及定义	-----
4. 试验原理	-----
5. 试验设备	-----
6. 样品的制备	-----
7. 试验步骤	-----
8. 试验精度	-----
9. 测试报告	-----

##### 前言

ISO（国际标准协会）是一个世界性的国家标准机构的联合体。国际标准的起草主要通过 ISO 的技术委员会来完成。

国际标准的起草必须符合 ISO/IEC 第三部分的要求。

注意 ISO 6603 草稿可能涉及到一些专利权的问题。ISO 不会负责这些专利权的问题。

塑料技术委员会 ISO/TC 61 和机械性能技术委员会 SC2 共同制定了 ISO 6603-1 标准。

这一版取代了第一版（ISO 6603-1:1985）

ISO 6603 由两部分组成，大标题为 塑料-硬质塑料的冲击性能

第一部分：无仪器冲击试验

第二部分：仪器冲击试验

ISO 6603 附录 A 仅供参考。

## 1. 范围

这个国际标准是为了确定硬质塑料平板（比如圆盘或方块）抗冲击性能的测试方法。样品可以直接压制，从薄片或者直接从成品上切割。确定了不同类型的试样及试验条件。

这些落锤法用于研究落锤在垂直于试样表面进行冲击时，塑料片或塑料制品的行为。

ISO 6603-1 的使用条件是基于很多样品得到破坏冲击能量阈值，用来表征塑料冲击性能。ISO 6603-2 的使用是以恒定的初始速度来撞击试样，得到（力-形变）或（力-时间）的图表，用来表征试样的冲击性能。

该标准适用于试样的厚度在 1mm-4mm 之间。

备注：试样厚度小于 1mm 的，需使用 ISO7765 标准来测试。厚度大于 4mm 的，如果试验设备合适，也可以测试。

这些测试方法适用于以下几种类型的材料：

—注塑和挤压成型的硬质塑料，包括含填料，不含填料及纤维增强和片状增强。

—注塑和挤压成型的热固性树脂, 包括含填料, 不含填料及纤维增强和片状增强。  
—纤维增强热固性树脂和塑料, 包含单向和非单向(如毡、方格布、短切毡、混编布、粗纱、磨碎玻纤和预浸料等)

这些方法也适用于成品(如层压板, 挤压板或浇铸板)机加工后的试样。

测试结果只有在试样制备, 试样尺寸, 表面以及测试条件都相同时才能相互比较。尤其是, 不同厚度的样品不能其测试结果不能相互比较。冲击测试的综合评价还需要考虑到冲击速率和温度以及材料的其他变量如结晶度和含水量。

从这个测试不能直接预测其成品的冲击性能, 但成品也可以作为样品来测试。

这种方法的测试数据不能用于设计计算。但是, 在不同温度和冲击速率下这种材料典型冲击性能的信息, 可以通过改变样品厚度和不同制备条件下得到。

ISO 6603-1 描述了 2 种统计方法:

—A: 阶梯法(单个)(推荐)

在这种方法中, 测试时采用了统一的增量。每次测试完一个样品后, 就会增加或减少一个定量的能量。取决于该样品的测试结果(通过或未通过)。

—B: 分组法(可选)

在这种方法中, 至少测试 10 个样品。通过统计的方法来计算其冲击失效能量。

## 2 引用标准

以下规范文件包含(通过在本标准中引用)了一些引用文件。凡是注有日期的引用文件, 随后的修订版或修改版均不适用于本标准。但是鼓励这部分 ISO 6603-1 的协议方验证其可行性。ISO 和 IEC 的成员保留修改现行国际标准的权利。

ISO 291:1997, 塑料—调节和测试的标准大气压。

ISO 293:1996, 塑料—压铸成型的热塑性样品

ISO 294-3:1996, 塑料—注塑成型的热塑性样品-第三部分: 小板

ISO 295:1991, 塑料—压铸成型的热固性样品

ISO 1268:1974, 塑料—低压接触成型玻璃钢测试板材

ISO 2818:1994, 塑料—测试样品机加工

ISO 6603-2: 塑料—硬质塑料的冲击性能-第二部分: 仪器冲击试验

ISO 7765-1:1988, 塑料薄膜和薄片—耐冲击测试的自由落锤法- 第一部分: 阶梯法。

ISO 7765-2:1994, 塑料薄膜和薄片—耐冲击测试的自由落锤法- 第一部分: 设备穿刺法。

### 3 术语及定义

在 ISO 6603 中, 以下术语和定义适用于:

#### 3.1 常规

3.1.1 失效: 样品表面出现任何肉眼可见的破坏

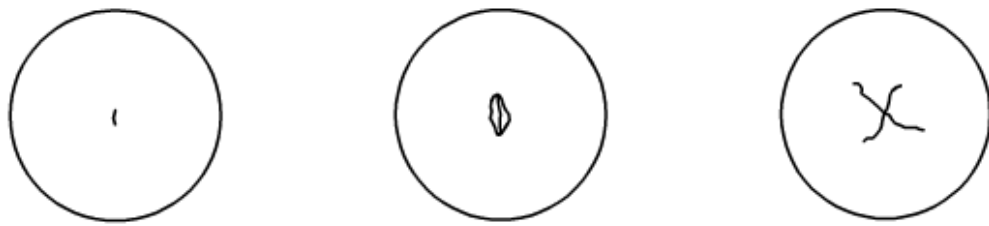
#### 3.2 失效的标准术语

3.2.1 破裂: 任何肉眼可见但没有穿过整个试样厚度方向的裂缝。见图 1

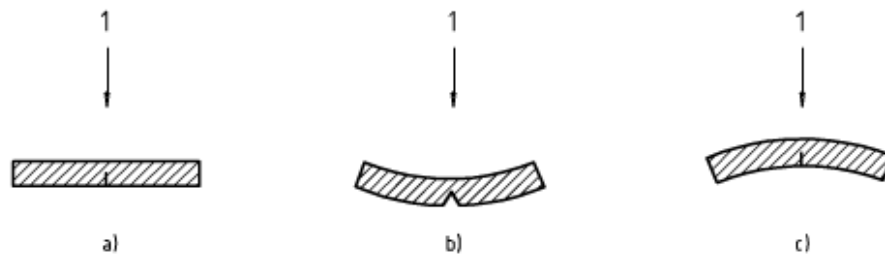
3.2.2 破坏: 穿过整个试样厚度方向的裂缝。见图 2

3.2.3 穿透: 落锤穿透了整个试样的失效模式。见图 3a

3.2.4 碎裂: 试样被破坏成两块或以上。见图 3b



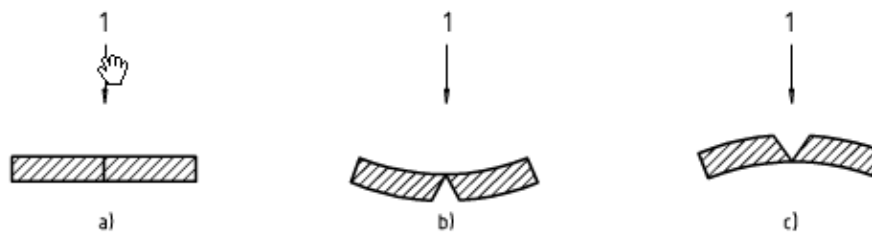
Views of specimen surfaces damaged by a "crack" (examples)



**Key**

1 Impact direction

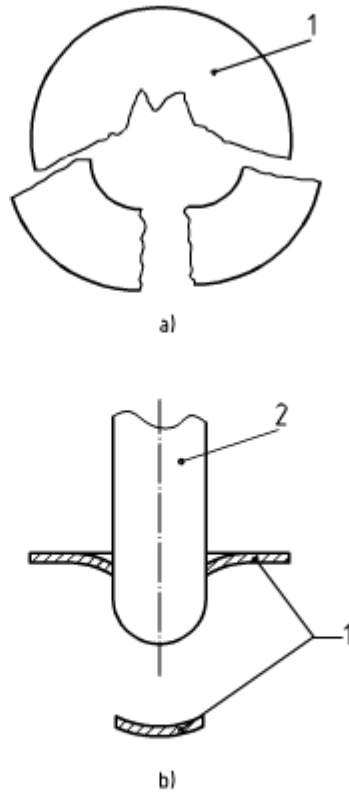
Figure 1 — Sections through specimens damaged by a "crack" [b) and c) after bending by hand]



**Key**

1 Impact direction

Figure 2 — Sections through specimens damaged by a "break" [b) and c) after bending by hand]



- Key**
- 1 Specimen
  - 2 Dart with hemispherical head

**Figure 3 — Example of “shattering” failure [a)] and “penetration” [b)]**

### 3.3 冲击失效术语

3.3.1 50%冲击失效能 E50: 能够导致试样总量的 50%出现 3.1.1 所定义的失效所需用的能量。

3.3.2 50%冲击失效重量: 能够导致试样总量的 50%出现 3.1.1 所定义的失效所需用的落锤的重量 (指定高度)。

3.3.3 50%冲击失效高度: 能够导致试样总量的 50%出现 3.1.1 所定义的失效所需用的落锤的初始高度 (指定重量)

## 4. 原理

尺寸合适的试样的冲击强度取决于落锤的重量以及落锤垂直落下之前的高度。落锤需要垂直于试样表面砸在正中心。

有两种方法来调整冲击能量：改变落锤的高度和改变落锤上砝码的重量。  
注意：改变高度的方法实际上是改变落锤的速度，并且由于材料应变速率的不同，可以观测到不同的结果。

给出了两种统计方法：

--A：阶梯法（单个）（推荐）

--B：分组法（可选）

## 5 试验设备

### 5.1 测试设备

#### 5.1.1 主要部件

测试设备的主要部件（见图 4）为：

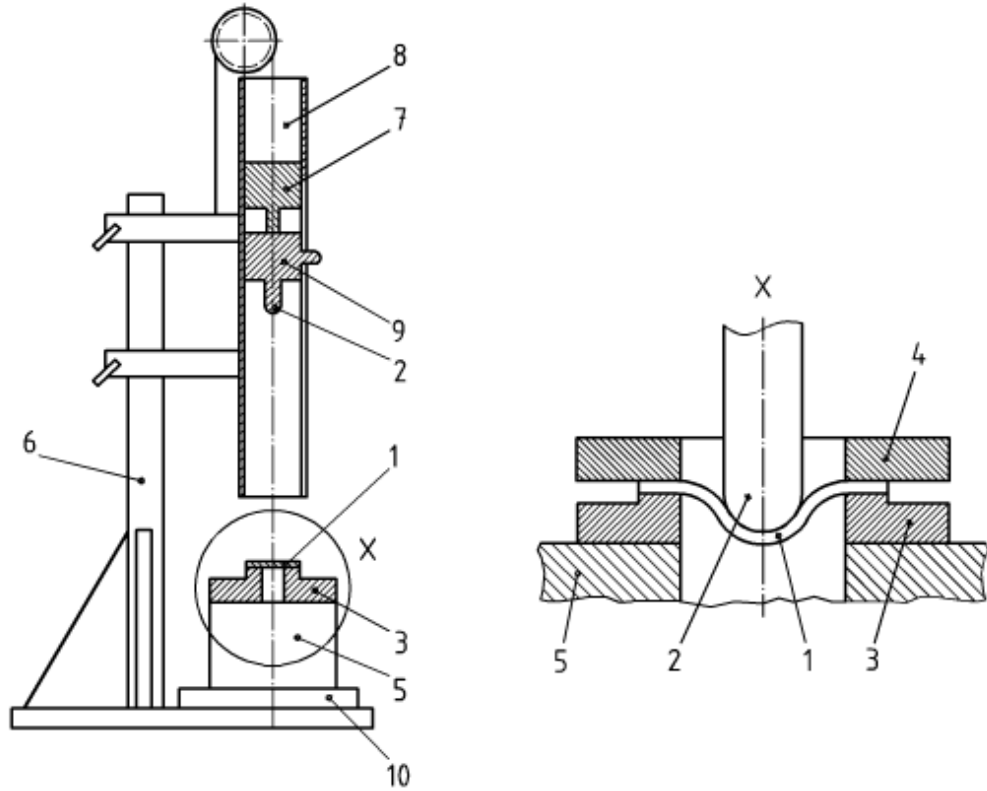
--惯性质量型的能源载体（冲击系统），包含：

高度，

落锤（带固定装置）；

--样品支持平台（见图 4），也可带有夹紧装置（图 5），

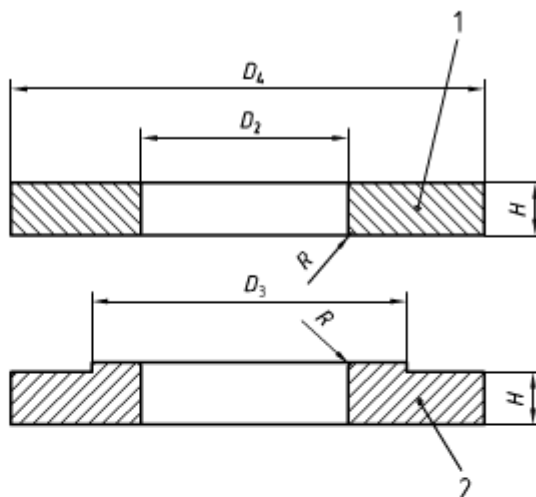
测试装置需确保落锤垂直的砸在试样中心处。



**Key**

- |   |                           |    |   |
|---|---------------------------|----|---|
| 1 | Test specimen             | 6  | Stand for falling-dart system                   |
| 2 | Hemispherical striker tip | 7  | Holding and release system for weighted striker |
| 3 | Test specimen support     | 8  | Guide shaft for weighted striker                |
| 4 | Clamping ring (optional)  | 9  | Weighted striker                                |
| 5 | Base                      | 10 | Acoustic isolation (optional)                   |

**Figure 4 — Falling-dart system (example)**



- Key**
- 1 Clamping ring (optional)
  - 2 Specimen support

Dimensions in millimetres

	Specimen type	
	Square of side 60	Disc of diam. 140
$D_2$	$40 \pm 2$	$100 \pm 5$
$D_3$	60	140
$D_4$	min. 90	min. 200
$H$	12	12
$R$	1	1

**Figure 5 — Schematic drawing of clamping device (optional)**

### 5.1.2 落锤系统

落锤系统能够固定重锤，并根据一个或多个指令来释放一个重锤。

重锤下落时不能受到摩擦和其他能量损失，如果受到摩擦，则需把摩擦的影响也列到计算中去。

### 5.1.3 重量（砝码）

适当重量的砝码需牢固的粘在落锤上。砝码的重量以及落锤的重量需精确称量，误差不超过 1%。

### 5.1.4 落锤

一个好的落锤，其表面中心有一个直径为  $20 \pm 0.2\text{mm}$  的光滑半球形。也可选择带有直径为  $10 \pm 0.1\text{mm}$  半球的落锤。

备注：落锤的大小，尺寸以及表面效果对测试结果有较大影响。

落锤不管用什么材质来制作，但必须要有足够的耐磨性，并有足够高的强度来防止其发生塑性形变。

根据经验，淬火钢或类似洛氏硬度可以达到 54 的材料可满足要求。更硬的材料或者硬度相当且密度更小的材料（如钛）也可以。落锤表面的半球上需要抹上润滑剂，以降低落锤和测试样品的摩擦力（见 ISO 6603-2 附录 B）

#### 5.1.5 支撑环

支撑环（见图 4 和图 5）需要固定在一个刚性的基座上，基座下面需要通风，防止试样在受冲击时，底下的空气也承担了一部分力。支撑环下面还需要有一定的距离让落锤击穿试样后，还能继续向下。支撑环的内径有  $40 \pm 2\text{mm}$  和  $100 \pm 5\text{mm}$  两种规格，高度均为 12mm。

#### 5.1.6 落锤支架

以下落锤支架均可使用：

落锤	支架	
20mm	40mm	默认组合
10mm	100mm	可选

#### 5.1.7 基座

测试设备应牢固的安装在一个具有足够刚度的刚性基座上，以尽量减少样品的移动，基座的重量至少要有 180kg。

测试设备极易受到机械振动的影响。基座的结构设计应尽量减小机械振动对系统的影响。基座的重心应该与落锤下落的轨迹在同一条直线上。

#### 5.1.8 固定装置（可选）

如果需要，可以使用由支撑环和夹紧环组成的环形试样夹（见图 5）。

固定装置的内径为  $40 \pm 2\text{mm}$  或  $100 \pm 5\text{mm}$ 。环形试样夹主要是用力将试样夹紧，其力量要求  $\geq 3\text{KN}$ 。

备注：可使用气动扳手和螺钉。未夹紧的样品可以自由移动而可能会发生较大幅度的样品振动，导致夹紧和没夹紧的测试结果可能会不大一样（见 ISO 6603-2 附录 C）。

#### 5.1.9 冲击后捕捉落锤装置

这个装置是为了防止对样品多次撞击和撞锤的破坏。

### 5.2 厚度测量仪器（千分尺或游标卡尺）

样品厚度的测量精度要达到  $\pm 0.01\text{mm}$

## 6 测试样品

### 6.1 外形尺寸

测试样品为边长为  $60 \pm 2\text{mm}$  的正方形或者直径为  $60 \pm 2\text{mm}$  的圆形，厚度为  $2.0 \pm 0.1\text{mm}$  的立方体或圆柱体，放在内径为  $40\text{mm}$  的支撑环上。

测试脆性的纤维增强塑料和破坏应变较低的塑料时，需要制备边长为  $140 \pm 2\text{mm}$  的正方形或直径为  $140 \pm 2\text{mm}$  的圆形，厚度为  $4.0 \pm 0.2\text{mm}$  的立方体或圆柱体，放在一个内径为  $100\text{mm}$  的支撑环上。

### 6.2 测试样品的制备

测试样品安装相关材料说明书来制备。没有说明书或为另作规定时，需参照 ISO 293，ISO 294-3，ISO 295 或者 ISO 1268 标准，或按照 ISO 2818（见备注）从产品中加工。测试样品对毛边要求不高，也可以用切割打孔机来制备。

备注：制作边长为  $140\text{mm}$  或直径为  $140\text{mm}$  的样品暂时还没有任何标准可以查询。因为大样品主要是纤维增强塑料，建议先将其加工成片材。

从大型片材上切出来的样品应尽量均匀的分布整个片材表面。非均质片材的边缘部分不能作为样品。样品的厚度即为板材的厚度，最多可达  $4\text{mm}$ 。如果片材的厚

度超过 4mm，需要进行机加工，使其达到 4mm。

### 6.3 非均质样品的制备

一般来说，都是随机选择哪一面来进行测试。但是，如果有证据表明对不同面进行冲击会得到不同结果的话，就要分别对两面都进行测试。尤其是对表面有纹理，或一面喷有 UV 固化漆的样品。当评估单面处理时，需要冲击测试样品的另一面。

### 6.4 试样检验

试样不能有扭曲和翘曲。两面均要求光滑且无划伤，凹点，凹陷等缺陷以避免产生应力冲孔效应（notching effects）。

用肉眼观察或用测厚仪来检查样品是否符合要求。

试样如有不满足上述任何一条或几条要求的，均要拒绝接收。

### 6.5 样品数量

在恒定的条件下进行测试：

— 方法 A：阶梯法（单个）（推荐）

至少要使用 30 个试样（10 个用来确定初始能量）

— 方法 B：分组法（可选）

至少要使用 40 个样品（10 预试，30 个做主要测试）

如果需要大量的测试样品，比如确定温度参数对冲击强度的影响，则需按照统计原则来选取样品。

### 6.6 测试样品的条件

测试条件需满足有关材料规范要求，或经试验双方同意。否则，应当选择 ISO 291 中的条件。

## 7. 步骤

### 7.1 测试环境

#### 7.1.1 综述

在 ISO 291 所定义的任何一个标准环境下进行。

### 7.1.2 室温测试

如果采用 ISO 中的一个标准大气压作为测试条件，那就在相同的条件中进行样品存放。如果不是，要确保运输时间  $t_r$  (见备注) 足够短 (比如, 小于 5s), 以防止测试样品的温度变化而导致机械性能 (材料状态) 的变化。例如, 对于干燥的尼龙, 运输时间最高可达 30min 时, 还没用对它在 23°C, 50%湿度下的的冲击性能有显著的影响。

备注: 运输时间  $t_r$  是指从样品离开标准环境到测试完成总共所花的时间。

### 7.1.3 低温测试

当测试样品处于低温状态而测试设备处于室温状态, 要确保运输时间  $t_r$  (见 7.1.2 备注) 足够短 (比如, 小于 5s), 以防止测试样品发生明显的温度变化。样品存储室和测试室的湿度的差异也很关键。

## 7.2 厚度测量

对每个测试样品, 必须测量并记录 3 个点的厚度值, 精确到 0.02mm。这 3 个点处于以试样中心点为原点, 半径为 10mm 的圆上, 且 3 个点之间的距离要相等。如果样品上取点的厚度与厚度平均值相差超过 5% 时, 该样品为不合格, 需更换样品。

### 7.3 夹紧测试样品 (可选)

样品测试的默认条件是不需要夹紧。

如果样品被夹紧了, 需要确保夹紧的力没有对样品进行弯曲和扭转作用。

### 7.4 润滑

每次测试前都需要用油或油脂对落锤进行润滑。润滑剂的粘度应该为  $10\text{cp} < \eta < 10^4\text{cp}$  ( $10^{-2}\text{Pa}\cdot\text{s} < \eta < 10\text{Pa}\cdot\text{s}$ ) (见 ISO 6603-2 附录 B)

## 7.5 冲击测试程序

### 7.5.1 综述

将测试样品放置在支撑环上 (5.1.5) 并钳到位。当测试加工试样时, 冲击加工面。

确定落锤 (5.1.4) 上所需砝码 (5.1.3) 的重量。

根据使用方法, 将落锤系统调到指定高度, 释放落锤。

如果落锤从测试样品的表面弹起，在落锤弹起后就将其抓住，以防止：  
--对试样表面进行多次冲击；

--当冲击金属部件时，对落锤表面的半球造成破坏

3.2 给出了样品失效与否的判定标准。

3.2 中失效标准描述了落锤导致的样品变化。样品表面任何肉眼可见的破坏均视为失效。这些失效的标准，应有指定的材料规范或由利益各方商定。如果认为其他失效标准（如裂纹，压痕，应力发白等）也很重要，则这些失效标准需要由利益各方商定后列入测试报告中。

每个测试样品只能被冲击一次。

#### 7.5.2 确定高度来冲击（首选）

推荐使用 1m 的高度，不同的砝码重量来进行冲击测试。如果使用这种方法不能将样品破坏，则推荐使用改变高度的方法来进行测试。

#### 7.5.3 确定砝码重量来冲击（可选）

如果选择这个方法，冲击高度选择范围为 0.3m-2.0m，但推荐在 1m 左右。

### 7.6 方法 A：阶梯法（首选）

#### 7.6.1 综述

在这种方法中，冲击完每个样品后，选择增加或减少一个固定的能量。能量的改变是通过固定高度，改变重量，或者是固定重量，改变高度来实现的。（见 4 的备注）

#### 7.6.2 预测试

使用 10 个测试样品来估算 50%冲击失效能  $E_{50}$

备注：建议在预测试时不固定能量增量，先用较大的能量增量来寻找导致其失效或不失效的能量范围。然后用较小的能量增量来大概估算出 50%失效能。

#### 7.6.3 测试步骤

选取预测冲击失效能（根据预测试得到）的附近作为开始点。

根据样品的冲击强度来选择一个适当的能量增量。推荐能量增量  $\Delta E$  的选择方法是：整个范围内有 3-6 个能量增量  $\Delta E$ ， $\Delta E$  的值约等于冲击失效能  $E$  的 5% 通常比较合适， $E$  是通过预测试得到的。

在冲击第一个试样之后，检查确定样品有没有失效，并根据图 6 或图 7 的格式来记录，“○”代表未失效，“×”代表失效。

如果第一个样品失效了，则将能量下降  $\Delta E$ 。如果第一个样品没有失效，则将能量上升  $\Delta E$ 。然后继续测试其他样品，根据前一次是否失效，来确定每次测试时增加或减少  $\Delta E$  的能量。

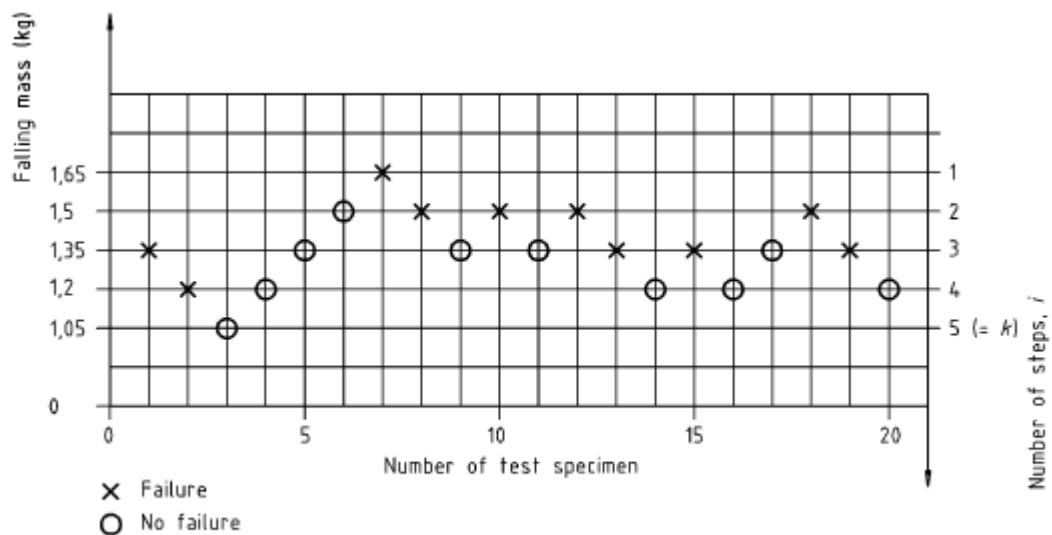


Figure 6 — Example of method A (staircase) test results with constant height of fall (0,66 m)

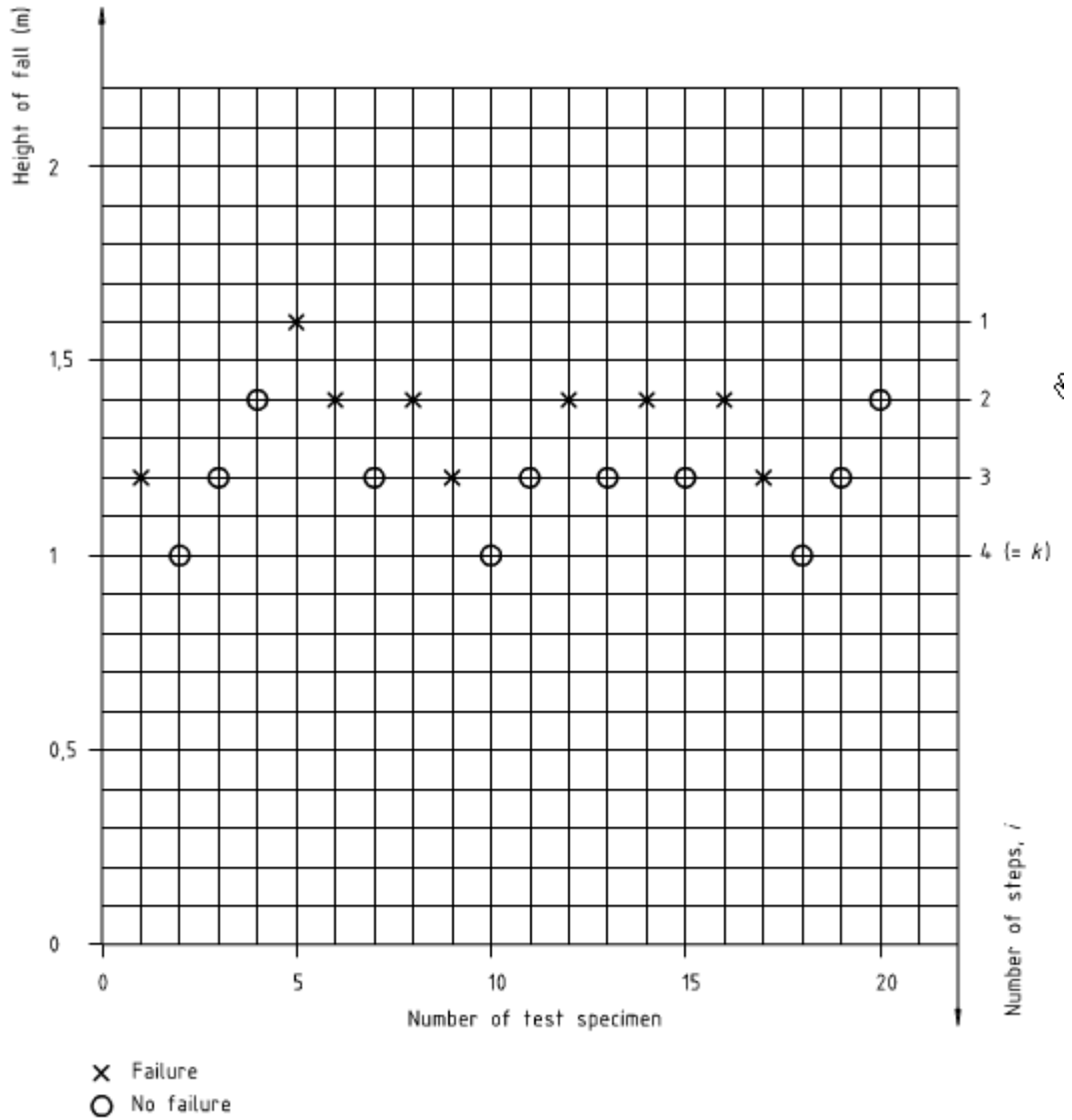


Figure 7 — Example of method A (staircase) test results with constant mass (1 kg)

#### 7.6.4 结果输出

##### 7.6.4.1 计算

按下式计算 50%冲击失效能  $E_{50}$  (焦耳):

$$E_{50} = H * G * m_{50} \quad \text{固定高度}$$

$$E_{50} = m * G * H_{50} \quad \text{固定重量}$$

式中:

H 是下降前的高度, 米;

M 是砝码加落锤的重量, 千克;

g 加速度 9.81m/s<sup>2</sup>;

$$m_{50} = m_a + \Delta m \left( \frac{A}{N} \pm 0,5 \right)$$

$$H_{50} = H_a + \Delta H \left( \frac{A}{N} \pm 0,5 \right)$$

[如果没有失效，取加号 (N=N<sub>0</sub>)；如果失效则取减号 (N=N<sub>x</sub>)]

m<sub>a</sub> 是 k 个样品所需砝码重量 M<sub>i</sub> (i=1 到 k) 的最小值，单位是千克，

Δm 为重量增量，单位是千克，

H<sub>a</sub> 是 k 个样品测试时落锤高度 H<sub>i</sub> (i=1 到 k) 的最小值，单位是米，

ΔH 为高度增量，单位是米；

$$N = \sum_{i=1}^k n_i$$

[失效样品或未失效样品的总数，取较小值。]

n<sub>i</sub> 分别为在高度 H<sub>i</sub> 或重量 m<sub>i</sub> 时样品失效或未失效的数量。

$$A = \sum_{i=1}^k n_i z_i$$

Z<sub>i</sub> 为从 m<sub>a</sub> 增加重量的次数或从 H<sub>a</sub> 增加高度的次数，如

$$z_i = \frac{m_i - m_a}{\Delta m}$$

or

$$z_i = \frac{H_i - H_a}{\Delta H}$$

#### 7.6.4.2 标准差

标准差的计算公式如下

$$s = 1,62 \Delta E \left( \frac{NB - A^2}{N^2} + 0,029 \right)$$

$$B = \sum_{i=1}^k n_i z_i^2$$

其中：

$$\frac{NB - A^2}{N^2} > 0,3.$$

该公式只有当 才能成立。

附录 A 中给出了计算实例。

## 7.7 方法 B：分组法

### 7.7.1 综述

在这种方法中，每一组至少需要 10 个测试样品。每一组的冲击能量固定，但不同组之间的能量需要变化。改变能量的方法也是通过固定高度，改变重量或固定重量，改变高度来实现。（见条款 4 的备注）

测试至少要测试出 5 组失效百分比的结果：一组 0%失效，一组 100%失效和 3 组介于 0%-100%之间的结果。并且这 3 组不能全部都小于 50%或全部都大于 50%。

### 7.7.2 预测试

测试至少 10 个样品，估算出 0%和 100%失效出现的近似的条件。

### 7.7.3 测试步骤

在基于预测试所得到 0%和 100%之间，选取重量（或高度）增量。至少需要 3 组，每组至少 10 个样品。

记录每组的失效重量（高度），以及失效率

如果得到最少 5 组 7.7.1 所述的数据，测试过程就完成了。

### 7.7.4 结果输出

#### 7.7.4.1 计算

在对数坐标上标出相应的点，横坐标为重量（或高度），纵坐标为失效率。省略 0%和 100%两个点。

画出一道直线，尽可能的接近所标出的点，该直线与 50%的线相交的点对应的横坐标值即为 M50 或者 H50。

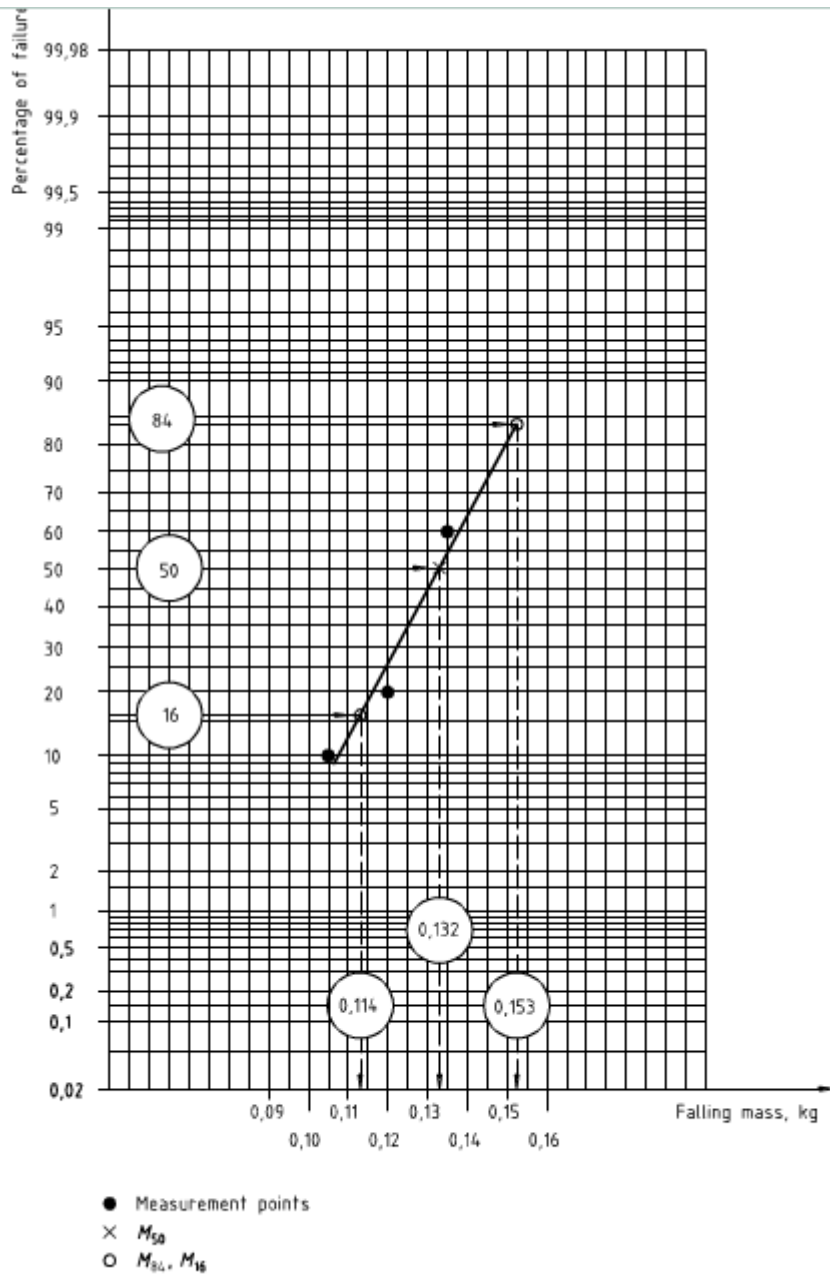


Figure 8 — Example of plot for method B (group) with constant height of fall (1 m)

#### 7.7.4.2 标准差

如图 8 所示确定  $E_{16}$  和  $E_{84}$ ，然后按下式计算标准差：

$$s = \frac{E_{84} - E_{16}}{2}$$

备注：可以通过合适的方法来获得最接近的直线，如最小二乘法或线性回归。

附录 A 中列出了一个方差计算实例。

#### 7.8 有效数字

以上两种方法中，所以计算的平均值均取 2 位有效数字。

## 8. 准确度

因为实验室里的数据还没有得到，这个测试方法的准确度还不确定。当得到实验室数据之后，以后的修订版会增加一些精确的报表。

## 9 测试报告

测试报告需要包含下列信息：

- a) 对 ISO 6603-1 的引用
- b) 测试参数，具体如下
  - 使用方法，A 或 B，
  - 支撑环的直径为 40mm（或 100mm）
  - 落锤的直径为 20mm（或 10mm）
  - 样品被夹住了（C）还是没有被夹住（U）
  - 冲击速度为 4.4m/s(或其它)

例如:无设备冲击测试 ISO 6603-1/A/40/20/C/4.4

- c) 类型，识别标志，来源，接收日期以及测试材料的其它相关数据，如喷漆了，有纹理或者为取向材料；
- d) 测试样品的形状和尺寸；
- e) 测试样品的制备方法；
- f) 样品的评价厚度，按照 7.2 来进行测试；
- g) 测试条件，如果可以的话，最好也写上调节过程；
- h) 如果使用的夹具，描述具体过程；
- i) 如果使用润滑剂，描述润滑剂类型；
- j) 测试样品的数量；
- k) 样品测试后的外观；（可选）
- l) 固定高度（或重量）以及重量变量（或高度变量）；
- m) 商定的冲击失效标准；
- n) 50%冲击失效能，单位为焦耳，两位有效数字。如果要求，还需列出标准差和用图形格式列出每个测试结果。（见图 6 到图 8 中的例子）
- o) 测试日期。