

ICS 83.120

Q 23

# HB

## 中华人民共和国航空行业标准

HB 8414—2013

---

### 硬质塑料压缩性能试验方法

Test method for compressive properties of rigid plastics

2013—04—25 发布

2013—09—01 实施

---



中华人民共和国工业和信息化部 发布

## 前 言

本标准按 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国航空综合技术研究所、北京航空材料研究院归口。

本标准起草单位：中国航空工业集团公司北京航空材料研究院、中国直升机设计研究所、中国飞机强度研究所、西北工业大学。

本标准主要起草人：陈新文、王海鹏、沈 真、张子龙、狄西岩、袁春明、李晓骏、马丽婷。

# 硬质塑料压缩性能试验方法

## 1 范围

本标准规定了硬质塑料压缩性能试验的试验设备、试样、试验条件、试验步骤、结果计算和试验报告。

本标准适用于硬质塑料和增强塑料，在较低应变率或加载速率下的压缩弹性模量、屈服应力、超过屈服点的变形和压缩强度的测量。聚合物基复合材料压缩性能的测定也可参照本标准进行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1446 纤维增强塑料性能试验方法总则

GB/T 2035 塑料术语及其定义

## 3 术语及其定义

GB/T 2035 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**压缩变形 compressive deformation**

在轴向压缩载荷作用下，试样在加载方向上的减小量。

### 3.2

**压缩应变 compressive strain**

试样沿轴向工作段的压缩变形与工作段初始长度的比值。

### 3.3

**压缩应力 compressive stress**

压缩试验过程中，试样工作段原始横截面上单位面积所承受的压缩载荷。

### 3.4

**压缩强度 compressive strength**

压缩试验过程中试样承受的最大压缩应力。

### 3.5

**压缩应力—应变曲线 compressive stress—strain diagram**

以压缩应变值为横坐标，相应的压缩应力值为纵坐标绘制的曲线。

### 3.6

**压缩屈服点 compressive yield point**

在应力—应变曲线中出现的第一个应变增加而应力不增加的点。

### 3.7

#### 压缩屈服强度 compressive yield strength

压缩屈服点处对应的应力。

### 3.8

#### 压缩偏置屈服强度 offset compressive yield strength

在压缩试验的应力—应变曲线上，在规定的变形百分比处(如 0.2%的压缩应变)平行于曲线的直线部分划一直线，该直线与应力—应变曲线的交点对应的应力。

## 4 试验设备

### 4.1 试验机

试验机载荷传感器在规定的试验速率下应无惯性滞后。其他应符合 GB/T 1446 的规定。

### 4.2 引伸计

在规定的试验速率下，引伸计应无惯性滞后。其他应符合 GB/T 1446 的规定。

### 4.3 压缩夹具

压缩夹具应具有调节加载轴线，使其自动对中的功能。对于厚度小于 3.2 mm 的增强塑料试样，测试时采用图 1 所示的支持夹具。

## 5 材料

### 5.1 试样制备

除材料规范另有规定外，试样可采用从薄片、平板、杆、圆管或相似形状的材料上加工制成，也可采用模压、注塑成型制成。加工完成后的试样应光滑、平直，试样两个端面与长轴的垂直度在 0.025 mm 之内。

### 5.2 试样形状和尺寸

5.2.1 根据不同的试样制备方法，试样可采用正方形、长方形、圆形或圆管形截面柱体，也可采用哑铃型薄板。

5.2.2 推荐采用的标准试样形状和尺寸见表 1。测试压缩弹性模量时，试样的尺寸应满足细长比在 11:1 至 16:1 之间。细长比的计算方法见附录 A。

表 1 标准试样的形状和尺寸

单位为毫米

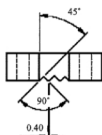
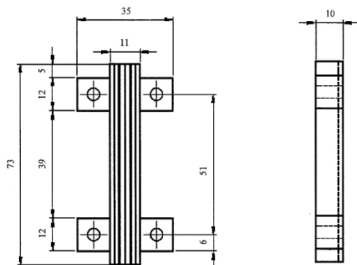
试样形状	测试压缩强度				测试压缩弹性模量			
	厚度 $a$	宽度 $b$	直径 $d$	高度 $h$	厚度 $a$	宽度 $b$	直径 $d$	高度 $h$
正方柱体	12.5±0.2	12.5±0.2	—	25±0.2	12.5±0.2	12.5±0.2	—	50±0.2
圆柱体	—	—	12.5±0.2	25±0.2	—	—	12.5±0.2	50±0.2

5.2.3 对于正方形、长方形或圆形截面棒材，试样截面可保持不变。测试压缩强度时，试样的高度应为正方形截面的边长、长方形截面的短边长或直径的两倍；测试压缩弹性模量或偏置屈服强度时，

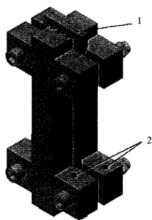
试样的高度应满足细长比在 11:1 至 16:1 之间。

5.2.4 对于壁厚不小于 1 mm，内径不小于 6.5 mm，外径不大于 50 mm 的圆管形材料，可以直接截取高度为 25 mm 的圆管作为试样。

单位为毫米



a) 形状和尺寸



1—试样；2—支持夹具

b) 组合示意图

图1 厚度小于 3.2 mm 的增强塑料压缩试样的支持夹具

5.2.5 对于厚度小于 3.2 mm 的增强塑料, 推荐采用图 2 所示的试样。测试时采用图 1 所示的支持夹具。

单位为毫米

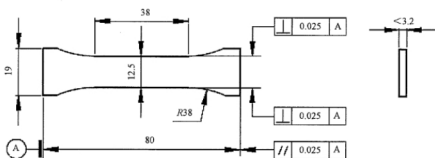


图 2 厚度小于 3.2 mm 的增强塑料压缩试样

5.2.6 对于厚度大于等于 3.2 mm 的增强塑料, 推荐试样宽度为 12.5 mm, 厚度为材料厚度, 高度应满足细长比在 11:1 至 16:1 之间。

### 5.3 试样数量

每组至少 5 个有效试样。

## 6 试验条件

### 6.1 状态调节

除非材料规范另有规定, 试验前应在温度为  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  和相对湿度为  $50\% \pm 5\%$  的条件下对试样进行至少 40 h 的状态调节。仲裁试验应在温度为  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  和相对湿度为  $50\% \pm 2\%$  的条件下进行状态调节。

对于某些吸湿材料, 如尼龙, 材料规范要求对制造状态的试样进行试验, 应在试样成形后立即密封在不透水的容器中直到准备进行试验。

### 6.2 试验环境条件

6.2.1 除非材料规范另有规定, 试验在温度为  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  和相对湿度为  $50\% \pm 5\%$  的条件下进行。仲裁试验应在温度为  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  和相对湿度为  $50\% \pm 2\%$  的条件下进行。

6.2.2 其他试验环境条件按相关规定执行, 并在试验报告中注明。

### 6.3 加载速率

除非另有规定, 加载速率为  $1 \text{ mm/min} \sim 2 \text{ mm/min}$ 。

## 7 试验步骤

7.1 试样编号, 测量并记录试样工作段内任意三点的尺寸(宽、厚或直径), 取其平均值计算横截面积。测量精度应不低于 0.02 mm。

7.2 若试验需要图 1 中的支持夹具, 则应先安装试样, 使试样与支持夹具的基准面平齐、对中, 并将螺栓或螺母用手拧紧。

- 7.3 安放试样于压缩夹具中，应使试样中心线与夹具中心线重合并且试样的端面与压缩夹具表面平行。调整试验机压头，使其与压缩夹具上端对正。
- 7.4 若需要测量弹性模量，则安装引伸计或粘贴应变计。
- 7.5 按 6.3 规定的加载速率对试样进行加载。
- 7.6 记录试验过程中施加在试样上的最大载荷。
- 7.7 记录完整的应力—应变曲线。
- 7.8 对于延展性好的材料，在试样达到屈服点之后，加载速率可增加到 5 mm/min~6 mm/min，直至试样破坏。
- 7.9 除非为了研究试样缺陷的作用，否则应舍弃在明显缺陷处破坏的试样的试验数据，并补充试样重新试验。

## 8 结果计算

- 8.1 压缩强度、压缩屈服强度、压缩偏置屈服强度和规定应变时的压缩应力按公式(1)计算，结果保留三位有效数字。

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\sigma$ ——压缩强度或压缩屈服强度、压缩偏置屈服强度和规定应变时的压缩应力，单位为兆帕(MPa)；

$P$ ——相应的压缩载荷值，单位为牛顿(N)；

$A$ ——试样的原始横截面积，单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)。

- 8.2 压缩弹性模量按公式(2)计算，结果保留三位有效数字。

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$E$ ——压缩弹性模量，单位为兆帕(MPa)；

$\Delta\sigma$ ——应力—应变曲线的初始线性段上的应力增量，单位为兆帕(MPa)；

$\Delta\varepsilon$ ——与 $\Delta\sigma$ 对应的应变增量。

应力—应变曲线非线性段时，压缩模量的确定按 B.3 进行。

- 8.3 按 GB/T 1446 的规定计算每一组试验结果的平均值、标准差和离散系数。
- 8.4 若应力—应变曲线初始段含有一个底部区域，在进行计算时应进行底部补偿，具体方法见附录 B。

## 9 试验报告

试验报告一般包括下列内容：

- 本标准的编号；
- 试验材料的信息：包括类型、来源、制造商等；
- 试样制备方法；
- 试样形状和尺寸；
- 状态调节方法；
- 试验环境条件；
- 试样数量；

- h) 加载速率；
- i) 试验结果：包括单个测试值、平均值、标准差和离散系数等；
- j) 试验日期和人员。



附 录 A  
(规范性附录)  
细长比的计算方法

### A.1 细长比的计算

各种几何形状的试样尺寸、细长比和回转半径的关系见公式(A.1):

$$\lambda = \frac{h}{j} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- $\lambda$ ——细长比;
- $h$ ——试样高度,单位为毫米(mm);
- $j$ ——最小回转半径,单位为毫米(mm)。

### A.2 最小回转半径的计算

最小回转半径按公式(A.2)计算:

$$j = \sqrt{\frac{I}{F}} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- $j$ ——最小回转半径,单位为毫米(mm);
- $I$ ——横截面积最小主回转矩,单位为毫米的四次方(mm<sup>4</sup>);
- $F$ ——横截面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)。

### A.3 各种几何形状的横截面积最小主回转矩、横截面积和最小回转半径的计算

#### A.3.1 正方体

正方体的横截面积最小主回转矩、横截面积和最小回转半径按公式(A.3)~公式(A.5)计算:

$$I = \frac{a^4}{12} \dots\dots\dots (A.3)$$

$$F = a^2 \dots\dots\dots (A.4)$$

$$j = \frac{a}{3.46} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

- $a$ ——正方柱体横截面边长,单位为毫米(mm)。

#### A.3.2 长方体

长方体的横截面积最小主回转矩、横截面积和最小回转半径按公式(A.6)~公式(A.8)计算:

$$I = \frac{ab^3}{12} \dots\dots\dots (A.6)$$

$$F = ab \dots\dots\dots (A.7)$$

$$j = \frac{b}{3.46} \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

$a$ ——长方体横截面长边, 单位为毫米(mm);

$b$ ——长方体横截面短边, 单位为毫米(mm)。

### A. 3.3 圆柱体

圆柱体的横截面积最小主回转矩、横截面积和最小回转半径按公式(A. 9)~公式(A. 11)计算:

$$I = \frac{1}{2} I_p = \frac{\pi d^4}{64} \dots\dots\dots (A. 9)$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} \dots\dots\dots (A. 10)$$

$$j = \frac{d}{4} \dots\dots\dots (A. 11)$$

式中:

$I_p$ ——回转极惯性矩, 单位为毫米的四次方(mm<sup>4</sup>);

$d$ ——圆柱体直径, 单位为毫米(mm)。

### A. 3.3 圆管

圆管的横截面积最小主回转矩、横截面积和最小回转半径按公式(A. 12)~公式(A. 14)计算:

$$I = \frac{1}{2} I_p = \frac{\pi}{64} (d_2^4 - d_1^4) \dots\dots\dots (A. 12)$$

$$F = \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) \dots\dots\dots (A. 13)$$

$$j = \frac{1}{4} \sqrt{d_2^2 + d_1^2} \dots\dots\dots (A. 14)$$

式中:

$d_1$ ——圆管内径, 单位为毫米(mm);

$d_2$ ——圆管外径, 单位为毫米(mm)。

## 附录 B

(规范性附录)

## 应力—应变曲线底部补偿方法

**B.1** 典型的应力—应变曲线(见图 B.1)含有一个底部区域,如图 B.1 中的 AC 段,是由于间隙的拉紧和试样的对中度或安装定位等人为因素造成的。为了获得正确的参数值,如模量、应变、偏置屈服点,应对这些人为因素进行补偿,以给出修正的应变零点或延长轴线。

**B.2** 对于有线线段应力—应变曲线的材料(见图 B.1),线性段 CD 的延长线与横坐标的交点作为应变零点。若有可能,应测量所有的延长值或应变值,包括屈服偏移量 BE。直线段 CD(或 CD 的延长线)上任意一点的应力值除以同一点的应变值(从应变零点 B 测量)即可得到弹性模量。

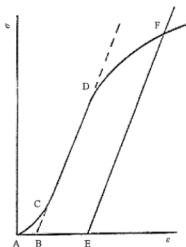


图 B.1 有线线段的应力—应变曲线

**B.3** 对于无线线段应力—应变曲线的材料(见图 B.2),在拐点 H'处沿最大斜率构造一条切线(B'K'),可得到同样的应变零点底部修正。延长线与应变轴相交于点 B',即修正的应变零点。将点 B'作为应变零点,曲线上任意一点 G'的应力值除以该点的应变值即可得到割线模量(直线 B'G'的斜率),G'点的确定按有关规定执行。

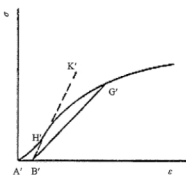


图 B.2 无线线段的应力—应变曲线