ICS 83.120
Q 23

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 1449—2005
代替 GB/T 1449—1983

# 纤维增强塑料弯曲性能试验方法

**Fibre-reinforced plastic composites—Determination of flexural properties**

(ISO 14125:1998,Fibre-reinforced plastic composites—Determination of flexural properties,NEQ)

2005-05-18 发布　　2005-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会　发布

# 前　言

本标准对应于ISO 14125:1998《纤维增强塑料复合材料—弯曲性能的测定》，与ISO 14125:1998的一致性程度为非等效，主要技术差异如下：

——ISO 14125:1998采用三点和四点弯曲二种方法，本标准采用三点弯曲。

本标准代替GB/T 1449—1983《玻璃纤维增强塑料弯曲性能试验方法》。与GB/T 1449—1983相比主要变化如下：

——标题"玻璃纤维增强塑料弯曲性能试验方法"改为"纤维增强塑料弯曲性能试验方法"；

——适用范围由"适用于玻璃纤维增强塑料"改为"适用于纤维增强塑料"（见第1章）；

——增加术语和定义（见第3章）；

——增加了原理（见第4章）；

——增加了应变的计算方法以及模量的计算方法（见第9章）；

——采用国际单位制。

本标准由中国建筑材料工业协会提出。

本标准由全国纤维增强塑料标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：北京玻璃钢研究设计院、中国兵器工业集团第五三研究所、渤海船舶重工有限责任公司。

本标准主要起草人：胡中永、邬友英、李艳华、张林文、郑会保。

本标准于1979年5月首次发布，1983年第一次修订，2003年第二次修订。

# 纤维增强塑料弯曲性能试验方法

## 1 范围

本标准规定了弯曲性能试验的试样、试验设备、试验条件、试验步骤及结果计算等。

本标准适用于测定纤维增强塑料的弯曲强度、弯曲弹性模量、规定挠度下的弯曲应力以及弯曲载荷-挠度曲线。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 1446—2005 纤维增强塑料试验方法总则

## 3 原理

采用无约束支撑，通过三点弯曲，以恒定的加载速率使试样破坏或达到预定的挠度值。在整个过程中，测量施加在试样上的载荷和试样的挠度，确定弯曲强度、弯曲弹性模量以及弯曲应力与应变的关系。

## 4 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

4.1

**弯曲应力 flexural stress**

跨距中点试样外表面层的公称应力。

4.2

**弯曲强度 flexural strength**

试样在弯曲破坏下，破坏载荷或最大载荷时的弯曲应力。

4.3

**挠度 deflection**

跨距中点试样表面在弯曲过程中距初始位置的距离。

4.4

**破坏挠度 deflection at break**

试样破坏时的挠度。

4.5

**弯曲应变 flexural strain**

跨距中点试样外表面层的长度变化率。

4.6

**弯曲弹性模量 flexural modulus**

材料在弹性范围内，弯曲应力与相应的弯曲应变之比。

## 5 试样

5.1 试样型式和尺寸见图1、表1。

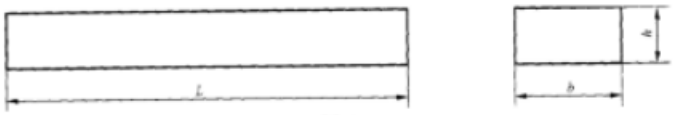



图 1

表 1

单位为毫米

| 厚度 | 纤维增强热塑性塑料宽度($b$) | 纤维增强热固性塑料宽度($b$) | 最小长度($L_{min}$) |
|---|---|---|---|
| $1<h\leqslant3$ | 25±0.5 | 15±0.5 | 20h |
| $3<h\leqslant5$ | 10±0.5 | 15±0.5 | |
| $5<h\leqslant10$ | 15±0.5 | 15±0.5 | |
| $10<h\leqslant20$ | 20±0.5 | 30±0.5 | |
| $20<h\leqslant35$ | 35±0.5 | 50±0.5 | |
| $35<h\leqslant50$ | 50±0.5 | 80±0.5 | |

5.2 仲裁试样尺寸见表 2。

表 2

单位为毫米

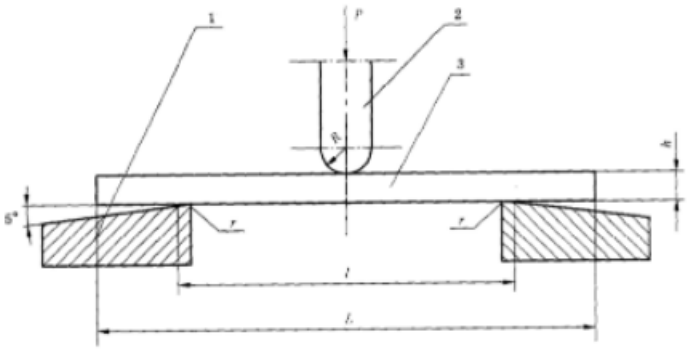
| 材　料 | 长度($L$) | 宽度($b$) | 厚度($h$) |
|---|---|---|---|
| 纤维增强热塑性塑料 | ≥80 | 10±0.5 | 4±0.2 |
| 纤维增强热固性塑料 | ≥80 | 15±0.5 | 4±0.2 |
| 短切纤维增强塑料 | ≥120 | 15±0.5 | 6±0.2 |

5.3 试样制备 GB/T 1446—2005 中 4.1 的规定，试样数量按 GB/T 1446—2005 中 4.3 的规定。

## 6 仪器设备

6.1 试验机应符合 GB/T 1446—2005 第 5 章的规定。

6.2 弯曲试验装置示意图见图 2。




1——试样支座；
2——加载上压头；
3——试样；
$l$——跨距；
$P$——载荷；
$L$——试样长度；
$h$——试样厚度；
$R$——加载上压头圆角半径；
$r$——支座圆角半径。

图 2

6.2.1 加载上压头应为圆柱面，其半径 $R=(5\pm0.1)$mm。

6.2.2 支座圆角半径 $r$：

a) 试样厚度 $h>3$ mm 时，$r=(2\pm0.2)$mm；

b) 试样厚度 $h\leqslant3$ mm 时，$r=(0.5\pm0.2)$mm，若试样出现明显支座压痕，$r$ 应改为 2 mm。

## 7 试验条件

### 7.1 试验环境条件

按 GB/T 1446—2005 第 3 章的规定。

### 7.2 试验速度

7.2.1 测定弯曲强度时，试验速度 $V$ 为：

a) 常规试验速度为 10 mm/min；

b) 伸裁试验速度 $V=\frac{h}{2}$ mm/min，$h$ 为试样厚度。

7.2.2 测定弯曲弹性模量及载荷-挠度曲线时，试验速度一般为 2 mm/min。

## 8 试验步骤

8.1 试样外观检查按 GB/T 1446—2005 中 4.2 的规定。

8.2 试样状态调节按 GB/T 1446—2005 中 4.4 的规定。

8.3 将合格试样编号、划线，测量试样中间的 1/3 跨距任意三点的宽度和厚度，取算术平均值。测量精度按 GB/T 1446—2005 中 4.5。

8.4 调节跨距 $l$ 及上压头的位置，准确至 0.5 mm。加载上压头位于支座中间，且使上压头和支座的圆柱面轴线相平行。

跨距 $l$ 可按试样厚度 $h$ 换算而得：

$$l=(16\pm1)h$$

注 1：对很厚的试样，为避免层间剪切破坏，跨厚比 $l/h$ 可取大于 16，如 32、40。

注 2：对很薄的试样，为使其载荷落在试验机许可的载荷容量范围内，跨厚比 $l/h$ 可取小于 16，如 10。

8.5 标记试样受拉面，将试样对称地放在两支座上。必要时，在试样上表面与加载压头间放置薄片或薄垫块，防止试样受压失效。

8.6 将测量变形的仪表置于跨距中点处，与试样下表面接触。施加初载（约为破坏载荷的 5%），检查和调整仪表，使整个系统处于正常状态。

8.7 加载速度按 7.2 的规定。

8.8 测定弯曲强度时，连续加载。在挠度或等于 1.5 倍试样厚度下呈现破坏的材料，记录最大载荷或破坏载荷。在挠度等于 1.5 倍试样厚度下不呈现破坏的材料，记录该挠度下的载荷。

8.9 测定弯曲弹性模量及载荷-挠度曲线时，无自动记录装置可分级加载，级差为破坏载荷的(5—10)%（测定弯曲弹性模量时，至少分五级加载，所施加的最大载荷不宜超过破坏载荷的 50%。一般至少重复三次，取其二次稳定的变形增量）。记录各级载荷及相应的挠度。

8.10 测定弯曲弹性模量及载荷-挠度曲线时，有自动记录装置可连续加载。

8.11 试样呈层间剪切破坏，有明显内部缺陷或在试样中间三分之一以外破坏的应予作废。同批有效试样不足 5 个时，应重做试验。

## 9 计算

9.1 弯曲强度 $\sigma_f$（或挠度为 1.5 倍试样厚度时的弯曲应力）按式(1)计算：

$$\sigma_f=\frac{3P\cdot l}{2b\cdot h^2} \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

$\sigma_f$——弯曲强度(或挠度为 1.5 倍试样厚度时的弯曲应力)，单位为兆帕(MPa)；

$P$——破坏载荷(或最大载荷，或挠度为 1.5 倍试样厚度时的载荷)，单位为牛顿(N)；

$l$——跨距，单位为毫米(mm)；

$h$——试样厚度，单位为毫米(mm)；

$b$——试样宽度，单位为毫米(mm)。

注：若考虑挠度 $S$ 作用下支座水平分力引起弯矩的影响，可按下式计算弯曲强度：

$$\sigma_f = \frac{3P \cdot l}{2b \cdot h^2}[1 + 4(S/l)^2]$$

式中：

$S$——试样跨距中点处的挠度，单位为毫米(mm)。

其余同式(1)。

9.2 弯曲弹性模量按式(2)或(3)计算：

9.2.1 采用分级加载时，弯曲弹性模量按式(2)计算：

$$E_f = \frac{l^3 \cdot \Delta P}{4b \cdot h^3 \cdot \Delta S} \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：

$E_f$——弯曲弹性模量，单位为兆帕(MPa)；

$\Delta P$——载荷-挠度曲线上初始直线段的载荷增量，单位为牛顿(N)；

$\Delta S$——与载荷增量 $\Delta P$ 对应的跨距中点处的挠度增量，单位为毫米(mm)。

$b$、$h$ 同式(1)。

9.2.2 采用自动记录装置时，对于给定的应变 $\varepsilon''=0.002\,5$、$\varepsilon'=0.000\,5$，弯曲弹性模量按式(3)计算：

$$E_f = 500(\sigma'' - \sigma') \quad \cdots\cdots (3)$$

式中：

$E_f$——弯曲弹性模量，单位为兆帕(MPa)；

$\sigma''$——应变 $\varepsilon'=0.000\,5$ 时测得的弯曲应力，单位为兆帕(MPa)；

$\sigma'$——应变为 $\varepsilon''=0.002\,5$ 时测得的弯曲应力，单位为兆帕(MPa)。

注：如材料说明或技术说明中另有规定，$\varepsilon'$、$\varepsilon''$可取其他值。

9.3 试样外表面层的应变按式(4)计算：

$$\varepsilon = \frac{6S \cdot h}{l^2} \quad \cdots\cdots (4)$$

式中：

$\varepsilon$——应变，%；

$S$、$h$、$l$ 同式(1)。

## 10 试验结果

弯曲强度和弯曲模量按 GB/T 1446—2005 第 6 章的规定，应变取二位有效数字。

## 11 试验报告

按 GB/T 1446—2005 第 7 章的规定。