



中华人民共和国国家标准

GB/T 3356—2014
代替 GB/T 3356—1999

定向纤维增强聚合物基复合材料 弯曲性能试验方法

Test method for flexural properties of orientational fiber
reinforced polymer matrix composite materials

2014-07-24 发布

2015-01-01 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

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 3356—1999《单向纤维增强塑料弯曲性能试验方法》。本标准与 GB/T 3356—1999 相比,主要变化如下:

- 标准名称由《单向纤维增强塑料弯曲性能试验方法》改为《定向纤维增强聚合物基复合材料弯曲性能试验方法》;
- 将适用范围扩大为:连续纤维增强聚合物基复合材料层合板弯曲性能的测定;
- 对定向纤维增强聚合物基复合材料弯曲性能试验的方法原理进行了描述;
- 将试验设备单独列为一章(见第 5 章),其中增加了有关环境箱的条款,并规定了加载头和支座的硬度要求,HRC 40~45。在 5.3 中对试验方法进行了说明,保留了原有的三点弯曲试验方法(方法 A),增加了四点弯曲试验方法(方法 B),将加载头和支座的半径改为对聚合物基复合材料试样加载头和支座半径: $R=3\text{ mm}$,对 0° 单向纤维增强复合材料层合板试样加载头和支座半径: $R=5\text{ mm}$;
- 第 6 章在试样形状与尺寸中,除保留原标准的内容外,增加了对聚合物基复合材料试样厚度的要求,2 mm~6 mm,推荐 4 mm(见 6.1)。
- 第 7 章中,删除了试验设备和试验机校正两条,将试验环境条件分为实验室标准环境条件(见 7.1.1)和非实验室标准环境条件(见 7.1.2)。试样状态调节分为干态试样状态(见 7.2.1)和湿态试样状态(见 7.2.2);
- 将原标准中调节跨距,准确到 0.5 mm 改为跨距测量精确到 0.1 mm(见 8.2.1);
- 增加了对试样失效模式的描述(见 8.3.4);
- 第 9 章增加了四点弯曲的计算,破坏应变的计算(见 9.1.2)和计算弯曲模量推荐的应变范围 0.001~0.003(见 9.1.3)。

本标准由中国建筑材料联合会、中国航空工业集团公司提出。

本标准由全国纤维增强塑料标准化技术委员会、全国航空器标准化技术委员会(SAC/TC 435)归口。

本标准起草单位:中国飞机强度研究所、中国航空工业集团公司北京航空材料研究院、航天材料及工艺研究所。

本标准主要起草人:沈薇、杨胜春、沈真、张子龙、王立平、王海鹏、王俭、权彩霞。

本标准的历次版本发布情况为:

- GB 3356—1982、GB/T 3356—1999。

定向纤维增强聚合物基复合材料 弯曲性能试验方法

1 范围

本标准规定了定向纤维增强聚合物基复合材料弯曲性能试验方法的试验设备、试样、试验步骤、计算和试验报告。

本标准适用于连续纤维增强聚合物基复合材料层合板弯曲性能的测定,也适用于其他聚合物基复合材料弯曲性能的测定。

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 3961 纤维增强塑料术语

3 术语和定义

GB/T 3961 界定的术语和定义适用于本文件。

4 方法原理

对聚合物基纤维增强复合材料层合板直条试样,采用三点弯曲或四点弯曲方法施加载荷,在试样中央或中间部位形成弯曲应力分布场,测试层合板弯曲性能。

5 试验设备

5.1 试验机与测试仪器

试验机和测试仪器应符合 GB/T 1446 的规定。

5.2 环境箱

环境箱的控制精度应满足试验要求,经计量检定合格,并在有效期内使用。

5.3 加载头与支座

5.3.1 概述

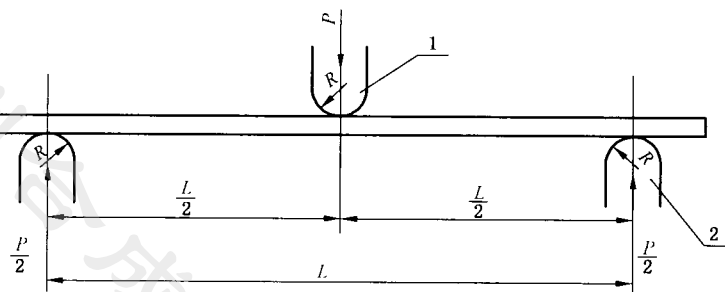
加载头与支座的半径为 3 mm,对 0°单向纤维增强复合材料层合板试样,加载头与支座的半径可采用 5 mm。推荐加载头和支座硬度为 HRC 40~45。加载方法分为 A(三点弯曲法)和 B(四点弯曲法)。

5.3.2 方法 A(三点弯曲法)

方法 A 加载示意图见图 1。

5.3.3 方法 B(四点弯曲法)

方法 B 加载示意图见图 2。



说明：

1——加载头；

2——支座；

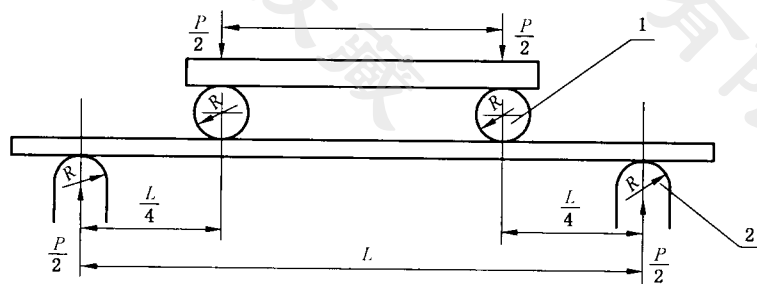
R ——加载头和支座半径， $R=3\text{ mm}$ ；

P ——载荷；

L ——支座跨距。

对 0° 单向纤维增强复合材料层合板试样，也可采用加载头和支座半径 $R=5\text{ mm}$ 。

图 1 方法 A 加载示意图



说明：

1——加载头；

2——支座；

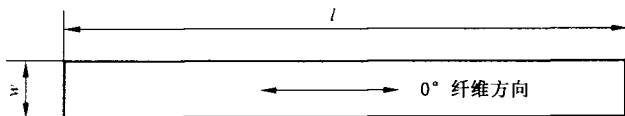
R ——加载头和支座半径， $R=3\text{ mm}$ 。

图 2 方法 B 加载示意图

6 试样

6.1 试样形状与尺寸

试样形状与尺寸分别见图 3 和表 1。



机械加工边缘的粗糙度 Ra 值不应大于 $3.2\ \mu\text{m}$ 。

图 3 弯曲试样示意图

表 1 试样尺寸要求 单位为毫米

试样类型	厚度 h	宽度 w	长度 l	跨厚比 L/h
聚合物基复合材料	2~6 推荐 4	12.5 ± 0.2 , 对于织物增强的纺织复合材料, 试样的宽度至少应为两个单胞	$\geq 1.2L$	碳纤维增强复合材料为 32 : 1, 玻璃纤维和芳纶增强复合材料为 16 : 1, 如出现层间剪切破坏时可增加跨厚比
注: 0°单向纤维增强复合材料试样厚度为 $2.0\ \text{mm} \pm 0.2\ \text{mm}$, 宽度为 $12.5\ \text{mm} \pm 0.2\ \text{mm}$, 长度为 $L + 15.0\ \text{mm}$ 。				

6.2 试样制备

按照 GB/T 1446 中的规定。

6.3 试样数量

每组有效试样应不少于 5 个。

7 试验条件

7.1 试验环境条件

7.1.1 实验室标准环境条件

实验室标准环境条件按照 GB/T 1446 中的规定。

7.1.2 非实验室标准环境条件

7.1.2.1 高温试验环境条件

首先将环境箱和试验夹具预热到规定的温度, 然后将试样加热到规定的试验温度, 并用与试样工作段直接接触的温度传感器加以校验。对于干态试样, 在试样达到试验温度后, 保温 5 min~10 min 开始试验; 而对湿态试样, 在试样达到试验温度后, 保温 2 min~3 min 开始试验。试验中试样温度保持在规定试验温度的 $\pm 3\ ^\circ\text{C}$ 范围内。

7.1.2.2 低温(低于零度)试验环境条件

首先将环境箱和试验夹具冷却到规定的温度, 然后将试样冷却到规定的试验温度, 并用与试样工作段直接接触的温度传感器加以校验。在试样达到试验温度后, 保温 5 min~10 min 开始试验。试验中试样温度保持在规定试验温度的 $\pm 3\ ^\circ\text{C}$ 范围内。

7.2 试样状态调节

7.2.1 干态试样状态

试验前,试样在实验室标准环境条件下至少放置 24 h。

7.2.2 湿态试样状态

试验前,应在规定的温度和湿度条件下使试样达到所要求的吸湿状态,推荐的温度和湿度条件如下:

- a) 温度: $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度: $(85\pm 5)\%$ 。

湿态试样状态调节结束后,应将试样用湿布包裹放入密封袋内,直到进行力学试验,试样在密封袋内的储存时间应不超过 14 d。

7.3 加载速度

本标准推荐的加载速度如下:

- a) 测量弯曲弹性模量时,加载速度为 $1\text{ mm/min}\sim 2\text{ mm/min}$;
- b) 测量弯曲强度时,加载速度为 $5\text{ mm/min}\sim 10\text{ mm/min}$ 。

8 试验步骤

8.1 试验前准备

8.1.1 按 GB/T 1446 的规定检查试样外观,对每个试样编号。

8.1.2 按 7.2 的规定对试样进行状态调节。

8.1.3 在最终的试样机械加工和状态调节后,测量试样中心截面处的宽度 w 和厚度 h 。宽度测量精确到 0.02 mm,厚度测量精确到 0.01 mm。

8.2 试样安装

8.2.1 对方法 A,加载头应位于支座的中央,对方法 B,加载跨距应是支座跨距的一半并对称安置在支座之间,跨距测量精确到 0.1 mm。

8.2.2 将试样光滑面向下居中放在支座上,使试样的中心与加载头的中心对齐,并使试样的纵轴垂直于加载头和支座。

8.2.3 在试样下方安装位移传感器,位移传感器触头与试样下表面跨距中点处接触。

8.3 试验

8.3.1 对于在实验室标准环境条件下进行的试验,按 7.1.1 的规定进行;而对于在非实验室标准环境条件下进行的试验,则按 7.1.2 的规定进行。

8.3.2 按 7.3 规定的加载速度对试样连续加载,直到达到最大载荷,且载荷从最大载荷下降 30% 停止试验。

8.3.3 连续测量并记录试样的载荷-挠度曲线,记录试样的失效模式和最大载荷。

8.3.4 破坏位置出现在试样外表面时试验结果有效。出现层间剪切破坏及在支座头或加载头下方出现的压碎破坏为无效失效模式,所记录的数据为无效数据。

9 计算

9.1 方法 A

9.1.1 弯曲强度

弯曲强度(即对应最大载荷的外表面最大应力)按式(1)计算,结果保留 3 位有效数字:

$$\sigma_f = \frac{3P_{\max}L}{2wh^2} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- σ_f —— 弯曲强度,单位为兆帕(MPa);
- $P_{\max}$ —— 试样承受的最大载荷,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);
- w —— 试样宽度,单位为毫米(mm)。

9.1.2 破坏应变

破坏应变(即对应最大载荷的外表面最大应变)按式(2)计算,结果保留 3 位有效数字:

$$\epsilon_f = \frac{6\delta h}{L^2} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- ϵ_f —— 破坏应变,单位为毫米每毫米(mm/mm);
- δ —— 试样在跨距中央的挠度,单位为毫米(mm)。

9.1.3 弯曲弹性模量

弯曲弹性模量按式(3)计算,结果保留 3 位有效数字:

$$E_{fc} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- E_{fc} —— 弯曲弹性模量,单位为兆帕(MPa);
 - $\Delta\sigma$ —— 两个所选应变点之间弯曲应力之差,单位为兆帕(MPa);
 - $\Delta\epsilon$ —— 两个所选应变点之间应变之差,单位为毫米每毫米(mm/mm)。
- 计算弯曲弹性模量,推荐的应变范围为 0.001~0.003。

9.2 方法 B

9.2.1 弯曲强度

弯曲强度(即对应最大载荷的外表面最大应力)按式(4)计算,结果保留 3 位有效数字:

$$\sigma_f = \frac{3P_{\max}L}{4wh^2} \dots\dots\dots(4)$$

9.2.2 破坏应变

破坏应变(即对应最大载荷的外表面最大应变)按式(5)计算,结果保留 3 位有效数字:

$$\epsilon_f = \frac{4.36\delta h}{L^2} \dots\dots\dots(5)$$

9.2.3 弯曲弹性模量

弯曲弹性模量按式(6)计算,结果保留 3 位有效数字:

$$E_{fc} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon}$$

.....(6)

计算弯曲弹性模量,推荐的应变范围为 0.001~0.003。

9.3 统计

对于每一组试验,按 GB/T 1446 的规定计算每一种测量性能的算术平均值、标准差和离散系数。

10 试验报告

试验报告一般包括下列内容:

- a) 试验项目名称及执行标准和方法;
- b) 试验人员、试验时间和地点;
- c) 试样来源及制备情况,材料品种及规格;
- d) 试样铺层形式、试样编号、形状和尺寸、外观质量及数量;
- e) 试验温度、相对湿度、试样状态调节参数和结果;
- f) 试验设备及仪器的型号、规格及计量情况;
- g) 与本试验标准的不同之处,试验时出现的异常情况;
- h) 试验结果,包括:
 - 1) 每个试样的最大载荷值;
 - 2) 每个试样的弯曲强度以及样本的算术平均值、标准差和离散系数;
 - 3) 每个试样破坏时的弯曲应变以及样本的算术平均值、标准差和离散系数;
 - 4) 每个试样的弯曲弹性模量以及样本的算术平均值、标准差和离散系数;
 - 5) 计算弯曲弹性模量的应变范围;
 - 6) 每个试样的失效模式。