



中华人民共和国国家标准

GB/T 3355—2014
代替 GB/T 3355—2005

聚合物基复合材料纵横剪切试验方法

Test method for in-plane shear response of 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 3355—2005《纤维增强塑料纵横剪切试验方法》。本标准与 GB/T 3355—2005 相比,主要变化如下:

- 标准名称由《纤维增强塑料纵横剪切试验方法》改为了《聚合物基复合材料纵横剪切试验方法》;
- 将适用范围由原“测定单向纤维或织物增强塑料平板的纵横剪切弹性模量、纵横剪切强度和纵横剪切应力-应变曲线”更改为“连续纤维(单向带或织物)增强聚合物基复合材料层合板纵横剪切性能的测定”;
- 删除 3.1 纵横剪切术语定义,增加了 0.2% 剪切强度的术语定义;
- 增加第 4 章方法原理;
- 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(见 5.2);
- 将试样宽度由“25 mm±0.5 mm”改为“25 mm±0.1 mm”,同时删除了对试样加强片的要求,增强了应片计布置图和对试样长度方向平行度的要求(见 6.2);
- 将“试样厚度为 $[45^\circ/-45^\circ]_n$,其中对单向层合板(16、20 或 24 层), $4 \leq n \leq 6$,仲裁试样厚度 h 为 3 s 层合板的厚度。对于织物层合板(8、12 或 16 层), $4 \leq n \leq 6$ ”改为:“试样的铺层顺序为 $[45/-45]_n$ (复合材料子层合板重复铺贴 n 次后,再进行对称铺贴)。其中对于单向带, $4 \leq n \leq 6$;对于织物, $2 \leq n \leq 4$ ”(见 6.1,2005 年版的 4.2);
- 在试验环境条件一节中增加了非实验室标准环境条件(见 7.1.2);
- 在试样状态调节一节中增加了湿态试样状态的内容(见 7.2.2);
- 在 6.2 和 7.3 中增加了对引伸计和应变片安装的详细说明;
- 增加了测量弯曲百分比的要求(见 7.3);
- 将剪切强度符号由“ τ_{LT}^t ”改为了“S”,将剪应力符号由“ τ_{LT}^t ”改为了“ τ ”,将剪切弹性模量符号由“ G_{LT} ”改为了“ G_{12} ”(见 9.1、9.2);
- 修改了对剪切强度的定义(见 9.1);
- 增加了测量剪切弹性模量的应变范围(见 9.2);
- 增加了 0.2% 剪切强度、0.2% 剪应变和极限剪应变的概念(见 9.3、9.4)。

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。

本标准主要起草人:周建锋、杨胜春、沈真、张子龙、陈新文、孙坚石、肖娟、张立鹏。

本标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 3355—1982、GB/T 3355—2005。

聚合物基复合材料纵横剪切试验方法

1 范围

本标准规定了聚合物基复合材料层合板纵横剪切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(单向带或织物)增强聚合物基复合材料层合板纵横剪切性能的测定,适用的复合材料形式仅限于承受拉伸载荷方向为 $\pm 45^\circ$ 铺层的连续纤维层合板。

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 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

0.2%剪切强度 0.2% offset shear strength

过剪应变轴上偏离零点 0.2%剪应变,作平行于剪切应力-应变曲线线性段的直线,该直线与剪切应力-应变曲线交点所对应的剪应力值即 0.2%剪切强度。

4 方法原理

通过对 $[\pm 45]_n$ 层合板试样施加单轴拉伸载荷测定聚合物基复合材料纵横剪切性能。

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。

6 试样

6.1 铺层形式

试样的铺层顺序为 $[45/-45]_n$ (复合材料子层合板重复铺贴 n 次后,再进行对称铺贴)。其中对于

单向带, $4 \leq n \leq 6$; 对于织物, $2 \leq n \leq 4$ 。

6.2 试样形状和尺寸

试样形状和尺寸见图 1。

单位为毫米

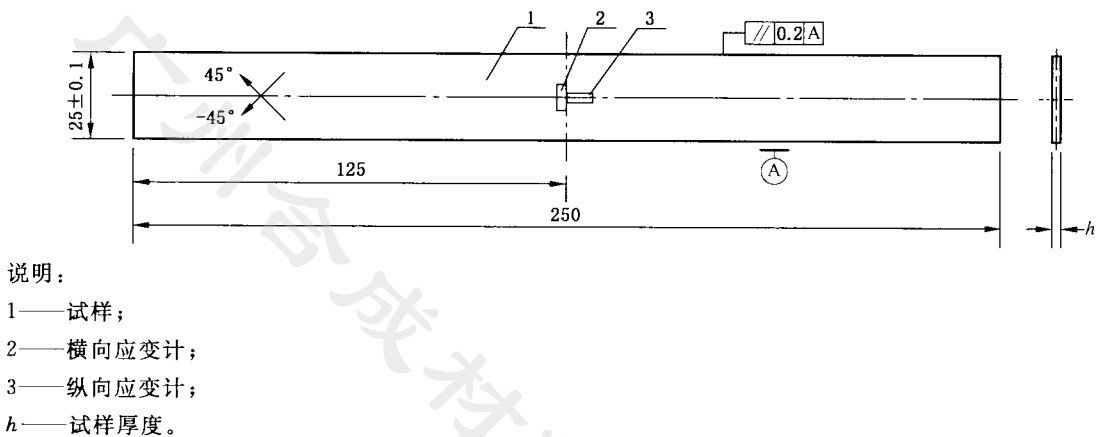


图 1 试样几何形状和应变计布置示意图

6.3 试样制备

试样制备按 GB/T 1446 的规定。

6.4 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应满足 GB/T 1446 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试验温度,然后将试样加热到规定的试验温度,并用与试样试验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;对于湿态试样,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的试验温度的 $\pm 3^\circ\text{C}$ 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试验温度,然后将试样冷却到规定的试验温度,并用与试样试验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。试验中试样温度保持在规定的试验温度的 $\pm 3^\circ\text{C}$ 范围内。

7.2 试样状态调节

7.2.1 干态试样状态调节

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 湿态试样状态调节

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 ℃±3 ℃;
- b) 相对湿度:(85±5)%。

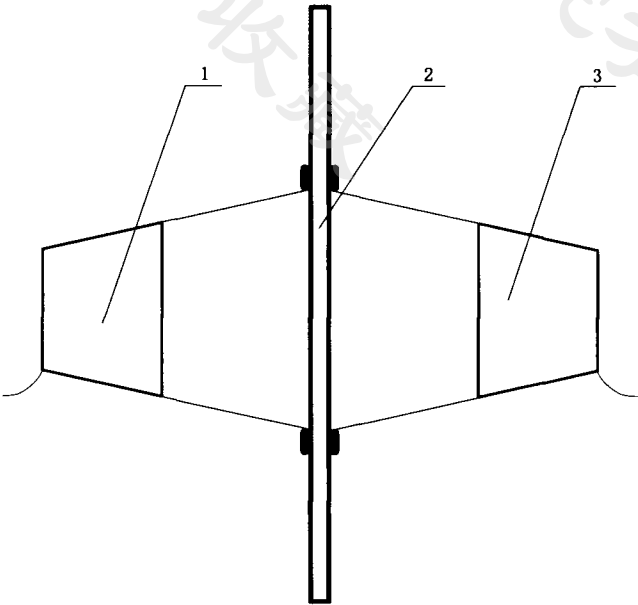
湿态试样状态调节结束后,应将试样用湿布包裹放入密封袋内,直到进行力学试验,试样在密封袋内的储存时间应不超过 14 d。若在湿态试样状态调节结束后对试样粘贴应变计,则可在实验室标准环境下进行,但应变计粘贴时间不应超过 2 h。

7.3 应变计和引伸计安装

每组试样中选择 1~2 个试样,在其工作段中心两个表面对称位置背对背地安装双向引伸计(见图 2)或粘贴应变计(见图 1),并按式(1)计算试样的弯曲百分比:

$$B_y = \frac{|\epsilon_f - \epsilon_b|}{\epsilon_f + \epsilon_b} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中:
B_y ——试样弯曲百分比,%;
ε_f ——正面传感器显示的应变,单位为毫米每毫米(mm/mm);
ε_b ——背面传感器显示的应变,单位为毫米每毫米(mm/mm)。



说明:
1——1# 双向引伸计;
2——试样;
3——2# 双向引伸计。

图 2 双向引伸计安装示意图

若弯曲百分比不超过 3%，则同组的其他试样可使用单个传感器。若弯曲百分比大于 3%，则同组所有试样均应背对背安装引伸计或粘贴应变计，试样的应变取两个背对背引伸计或对称应变计测得应变的算术平均值。

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 在状态调节后，测量并记录试样工作段 3 个不同截面的宽度和厚度，分别取算术平均值，宽度测量精确到 0.02 mm，厚度测量精确到 0.01 mm。
- 8.1.4 高温湿态试样应在状态调节前粘贴应变片，其他试验状态的试样应在状态调节后粘贴应变片。

8.2 试样安装

- 8.2.1 将试样对中夹持于试验机夹头中，试样的中心线应与试验机夹头的中心线保持一致。
- 8.2.2 应采用合适的夹头夹持力，以保证试样在加载过程中不打滑并不对试样造成损伤。

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 1 mm/min~5 mm/min 加载速度对试样连续加载至试样破坏或剪应变超过 5% 后停止试验，连续记录试样的载荷-应变(或载荷-位移)曲线。若试样破坏，则记录失效模式、最大载荷、破坏载荷以及破坏瞬间或尽可能接近破坏瞬间的应变。若采用引伸计测量变形，则由载荷-位移曲线通过拟合计算破坏应变。

9 计算

9.1 剪切强度和剪应力

剪切强度按式(2)计算，每一个数据点的剪应力按式(3)计算，结果保留 3 位有效数字：

$$S = \frac{P_{\max}}{2wh} \dots\dots\dots (2)$$

$$\tau = \frac{P}{2wh} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- S —— 剪切强度，单位为兆帕(MPa)；
- τ —— 剪应力，单位为兆帕(MPa)；
- P_{max} —— 剪应变等于或小于 5% 的最大载荷，单位为牛顿(N)；
- P —— 试样承受的载荷，单位为牛顿(N)；
- w —— 试样宽度，单位为毫米(mm)；
- h —— 试样厚度，单位为毫米(mm)。

9.2 剪切弹性模量

在 0.002~0.006 的剪应变区间内按照式(4)计算剪切弹性模量。若材料在 0.006 剪应变以前破坏

或者应力-应变曲线出现明显非线性,则应在应力-应变曲线的线形段选取一个合理的应变区间计算剪切弹性模量。剪切弹性模量结果取 3 位有效数字。

$$G_{12} = \frac{\Delta \tau}{\Delta \gamma}$$

.....(4)

$$\gamma = | \epsilon_x | + | \epsilon_y |$$

.....(5)

式中:

- G_{12} —— 剪切弹性模量,单位为兆帕(MPa);
- γ —— 剪应变,单位为弧度每弧度(rad/rad);
- ϵ_x —— 纵向应变算术平均值,单位为毫米每毫米(mm/mm);
- ϵ_y —— 横向应变算术平均值,单位为毫米每毫米(mm/mm);
- $\Delta \tau$ —— 两个剪应变点之间的剪应力差值,单位为兆帕(MPa);
- $\Delta \gamma$ —— 两个剪应变点之间的剪应变差值,单位为弧度每弧度(rad/rad)。

9.3 0.2%剪切强度和 0.2%剪应变

过剪应变轴上偏离零点 0.2%剪应变值,作平行于剪切应力/应变曲线线性段的直线,该直线与剪切应力-应变曲线交点所对应的剪应力值为 0.2%剪切强度 $S_{0.2}$,见图 3,对应的剪应变值为 0.2%剪应变 $\gamma_{0.2}$ 。

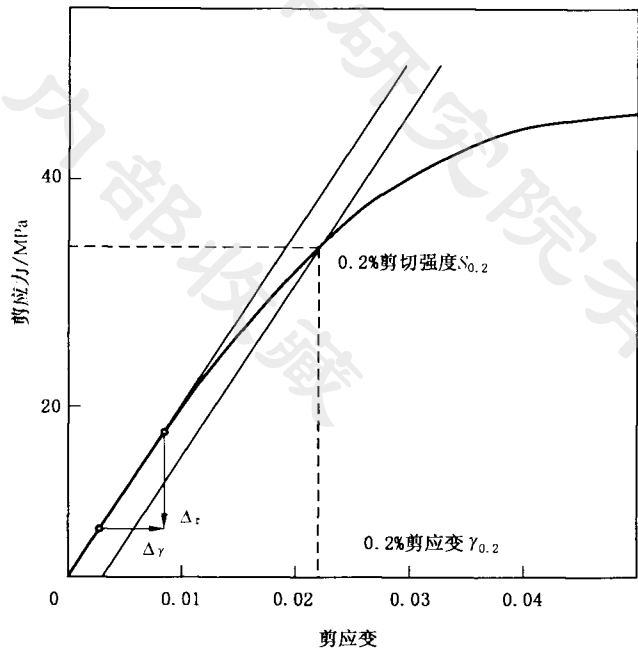


图 3 剪切模量及 0.2%剪切强度测量示意图

9.4 极限剪应变

当试样在剪应变小于 5%前发生破坏,破坏瞬间的应变为极限剪应变 γ_{12} ;当试样在剪应变超过 5%后仍未发生破坏,极限剪应变即为 5%。

9.5 统计

对于每一组试样,按照 GB/T 1446 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) 试验项目名称和执行标准号；
 - 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) 每个试样的剪切强度及样本的算术平均值、标准差和离散系数；
 - 3) 每个试样的剪切弹性模量及样本的算术平均值、标准差和离散系数；
 - 4) 每个试样的 0.2% 剪切强度及样本的算术平均值、标准差和离散系数；
 - 5) 每个试样的极限剪应变及样本的算术平均值、标准差和离散系数；
 - 6) 剪切弹性模量计算时应变的取值范围；
 - 7) 每个试样的失效模式。
-