



中华人民共和国国家标准

GB/T 30970—2014

聚合物基复合材料剪切性能 V 型缺口梁试验方法

Test method for the shear properties of polymer matrix composite materials
by V-notched beam method

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:中国航空工业集团公司北京航空材料研究院、中国飞机强度研究所。

本标准主要起草人:张子龙、彭勃、李雪芹、沈真、陈新文、杨胜春、王海鹏。

聚合物基复合材料剪切性能 V 型缺口梁试验方法

1 范围

本标准规定了纤维增强复合材料剪切性能 V 型缺口梁试验方法的试样、试验设备、试验条件、试验步骤、试验结果计算及试验报告等。

本标准适用于测定聚合物基复合材料的剪切模量、剪切强度及剪切应力-应变曲线。

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

材料坐标系 material coordinate system

用来描述材料主轴坐标系的笛卡尔坐标系,用 1,2 和 3 轴来表示材料的主轴,见图 1,其中 1-2 为面内,1-3 和 2-3 为层间。

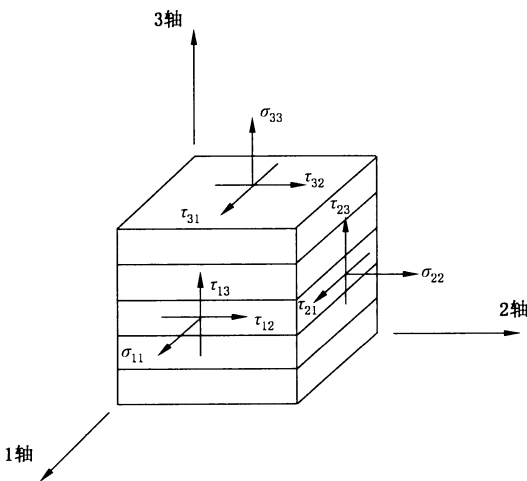


图 1 材料坐标系

4 方法原理

采用专用夹具对具有双 V 型缺口试样施加载荷,在试样缺口中心区形成剪切应力场,以测定材料的剪切性能。

5 试样

5.1 概述

试样铺层要求如下:

- a) 单向纤维增强的 $[0]_{ns}$ 、 $[90]_{ns}$ 、 $[0/90]_{ns}$ 层合板;
- b) 织物增强的层合板,其经纱方向与材料坐标系主轴方向一致。

5.2 试样形状和尺寸

试样的几何形状、尺寸、公差要求见图 2,试样厚度尺寸应能确保装入卡具的凹槽中,推荐为 1 mm~4 mm。

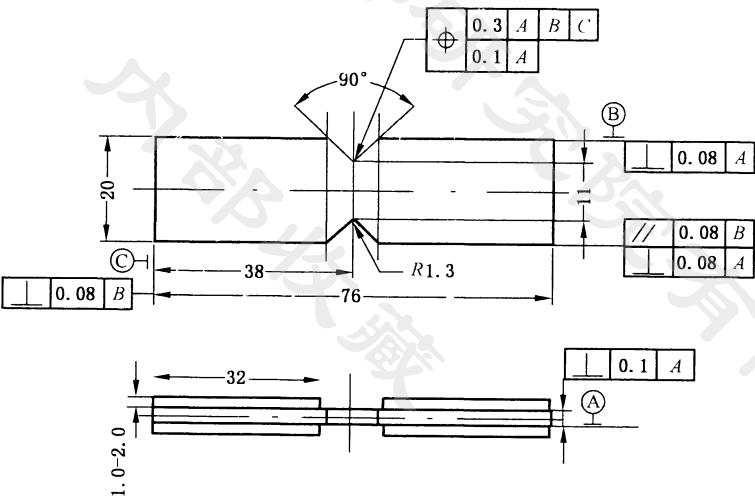


图 2 试样的几何形状和尺寸形位公差

5.3 试样制备

5.3.1 试样制备按 GB/T 1446 有关规定。

5.3.2 试样应沿材料坐标系的主轴方向切取,见图 3。对于 1-2 平面剪切试验,推荐采用 $[0/90]_{ns}$ 试样。

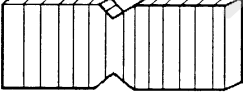
序号	试样铺层方式	坐标系	测试目标
1			G_{12}
2			G_{21}
3			G_{13}
4			G_{23}
5			G_{31}
6			G_{32}

图 3 取样方向示意图

5.4 加强片

加强片推荐采用 $[0/90]_{ns}$ 连续玻璃纤维或其机织物增强的复合材料层合板,也可采用铝合金板。加强片的厚度一般为 1.0 mm~2.0 mm。粘贴加强片时,试样表面处理应保证不损坏试样纤维。粘贴加强片所用胶粘剂应保证试验过程中加强片不脱落,胶粘剂固化温度应对试验材料的性能不产生影响。加强片粘贴完毕后,应对试样边缘进行修整,确保试样附合本标准的公差要求。若能够确认无加强片可得到合理的试验结果,也可以不贴加强片。

5.5 应变计粘贴

在试样缺口根部的中心区域粘贴应变计,见图 4。若考虑试样扭转,则应在试样两面对称粘贴应变计。应变计可以单片,也可以 $\pm 45^\circ$ 组合式粘贴。应变计应变测量范围应满足 5%剪应变测量要求。推荐每个单片丝栅长度为 1 mm。

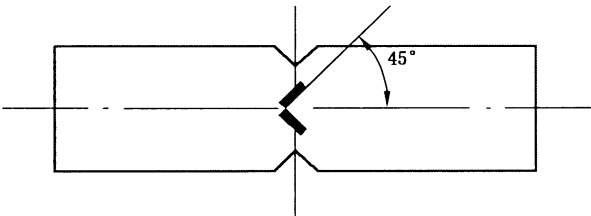


图 4 应变计粘贴位置示意图

5.6 试样数量

每组有效试样应不少于 5 个。

6 试验设备与装置

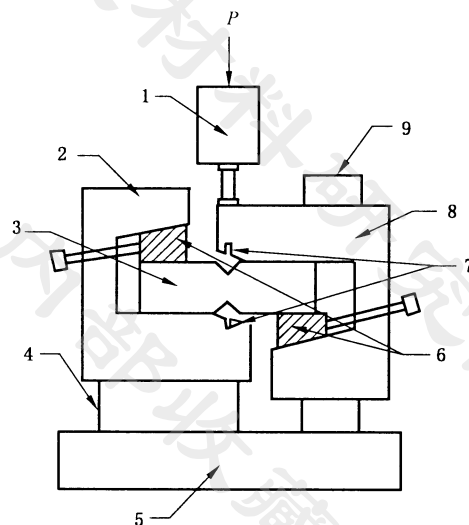
6.1 试验机

6.1.1 试验机按 GB/T 1446 的有关规定。

6.1.2 试验机应配备适合连接本标准中规定的试验装置的平台或者其他等效联接装置,上下联接部分的其中之一应具有可调节的球形支座。

6.2 试验夹具

剪切试验夹具示意图见图 5。



说明：

- 1——加载连杆；
- 2——下夹块；
- 3——试样；
- 4——下夹块支座；
- 5——底座；
- 6——可调节锁紧块；
- 7——对中销；
- 8——上夹块；
- 9——导向柱。

图 5 剪切试验夹具示意图

7 试验条件

7.1 试验环境条件

标准试验环境条件按 GB/T 1446 规定,若采用非标准试验环境条件,应记录并在试验报告中注明。

7.2 试验状态调节

按 GB/T 1446 规定进行试验状态调节。

7.3 试验加载速度

试验加载速度为 1 mm/min~2 mm/min。

8 试验步骤

- 8.1 按 GB/T 1446 规定检查试样外观检查。
- 8.2 按 GB/T 1446 规定进行试样状态调节。
- 8.3 将合格的试样编号,测量试样两 V 型缺口根部间的距离和试样厚度,测量精度按 GB/T 1446 规定。
- 8.4 若测量剪应变,则应在试验状态调节之前粘贴应变片。
- 8.5 调节载荷显示值零点,必要时,应考虑夹具重量的补偿。
- 8.6 试样装夹具时,将试样贴靠于夹具背面,调整试样左右位置,使试样的中截面与加载线重合,旋紧锁紧螺母,固定试样,松紧程度以试样不产生移动,又不会对试样产生夹紧效应为宜。
- 8.7 对试样预加载荷,然后卸至初载(约为破坏载荷的 5%~0%),调整仪器设备零点,预加载时,应保证试样不发生任何形式的损坏,一般不超过破坏载荷的 30%。
- 8.8 以规定的速率对试样加载。记录载荷-应变数据。若出现载荷下降的情况,则记录该点的载荷和对应的剪切应变值,并记录相应的损伤模式,若试样出现最终破坏,则记录破坏前的最大载荷以及破坏瞬间或尽可能接近破坏瞬间的载荷与应变。若剪应变达到 5% 仍未发生破坏,则忽略 5% 以后的数据,记录 5% 剪切应变时的载荷,作为剪切破坏载荷。
- 8.9 按图 6 所示典型的失效模式判断试样失效模式是否为有效失效模式,若发生无效的失效模式,应予以作废,同批有效试样数量不足 5 个时,应另取试样补充或重做试验。
- 8.10 建议每一批或者每几批试样至少有一个试样背对背两面粘贴应变计,以评估扭转因素的影响。扭转影响率按式(3)计算。若扭转影响率值大于 3%,则认为试验存在扭转因素,应调整以消除这种扭转因素的影响,若无法消除,则应该采用正反两面粘贴应变计,以正反两面结果的平均值作为剪切模量的测量值。

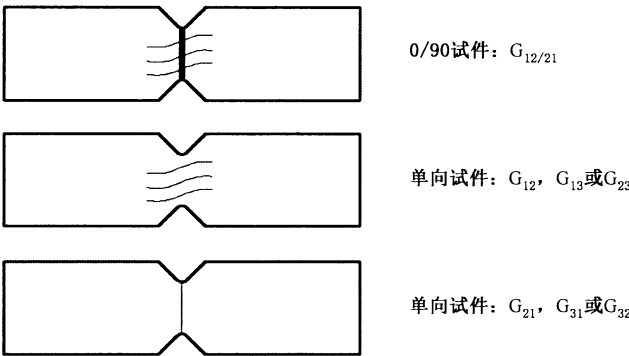


图 6 典型的失效模式示意图

9 计算

9.1 剪切强度按式(1)计算。

$$S = \frac{P^u}{bh}$$

.....(1)

式中：

- S ——剪切强度,单位为兆帕(MPa);
- P^u ——剪切破坏载荷或者剪应变等于 5%时对应的载荷值,单位为牛顿(N);
- b ——两缺口根部间的距离,单位为毫米(mm);
- h ——试样的厚度,单位为毫米(mm)。

9.2 剪切模量 G_{XY} 按式(2)计算。

$$G_{XY} = \frac{\Delta P}{bh (|\Delta\epsilon_{+45}| + |\Delta\epsilon_{-45}|)} \times 10^3$$

.....(2)

式中：

- G_{XY} ——剪切模量,单位为吉帕(GPa);
- ΔP ——载荷应力-应变曲线初始线性范围内的载荷增量,单位为牛顿(N);
- $\Delta\epsilon_{+45}$ ——与载荷增量向对应的+45°方向的应变增量,单位为毫米每毫米(mm/mm);
- $\Delta\epsilon_{-45}$ ——与载荷增量向对应的-45°方向的应变增量,单位为毫米每毫米(mm/mm)。

9.3 弦线剪切模量 G_{XY}^{chord} 按式(2)计算。计算弦线剪切模量时,在 $1\,500 \times 10^{-6} \text{ mm/mm} \sim 2\,500 \times 10^{-6} \text{ mm/mm}$ 范围内选取一个较低的应变作为计算起始点,剪应变增量取为 $4\,000 \times 10^{-6} \text{ mm/mm} \pm 200 \times 10^{-6} \text{ mm/mm}$,在该区间内用式(2)计算弦线剪切模量。采用弦线剪切模量计算时,应给出计算中使用的应变范围。

9.4 从剪应力-剪应变曲线中确定条件剪切强度的方法如图 7 所示,过剪应变轴上偏离原点指定的应变值的点,作平行于剪切应力/应变曲线线性段的直线(剪切模量线),该线与应力-应变曲线交点处对应的剪应力值,定义为相应条件应变下的条件剪切强度。若没有特别指定,推荐采用 0.2%条件应变。

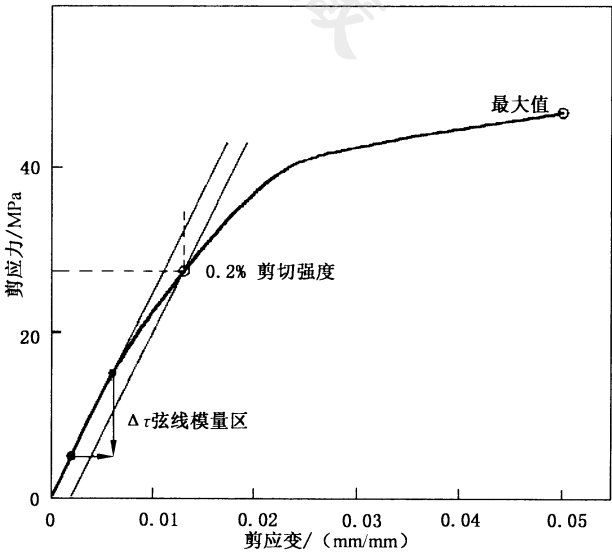


图 7 模量和 0.2%剪切强度的确定示意图

9.5 扭转影响率按式(3)计算。

$$C_N = \frac{G_a - G_b}{G_a + G_b} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- C_N ——扭转影响率，%；
- G_a ——由正面应变测量值计算得出的剪切模量，单位为吉帕(GPa)；
- G_b ——由反面应变测量值计算得出的剪切模量，单位为吉帕(GPa)。

9.6 按 GB/T 1446 中的有关规定，计算每一组试验测量性能的平均值、标准差和离散系数。

10 试验结果

试验结果按 GB/T 1446 规定。

11 试验报告

试验报告按 GB/T 1446 规定，试验报告一般应包括以下内容：

- 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) 试样铺层方式、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或破坏载荷值；
 - 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) 每个试样的极限剪应变及样本的算术平均值、标准差和离散系数，若到 5%应变后对数据进行了删除，应注明；
 - 4) 弦线模量计算的应变范围，若使用了其他弹性模量的定义，则需记录所使用的方法以及模量计算所用的应变范围；
 - 5) 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；
 - 6) 条件剪切强度和对应的条件应变值以及样本的算术平均值、标准差和离散系数；
 - 7) 试样扭转百分比的评估结果；
 - 8) 每个试样的失效模式和位置。
