



中华人民共和国国家标准

GB/T 28889—2012

复合材料面内剪切性能试验方法

Test method for in-plane shear properties of composite materials

2012-11-05 发布

2013-06-01 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。

本标准使用重新起草法修改采用 ASTM D 7078/D 7078M-05《V 型缺口轨道剪切复合材料剪切性能试验方法》。

本标准与 ASTM D 7078/D 7078M-05 相比在结构上有较多调整,附录 A 中列出了本标准与 ASTM D 7078/D 7078M-05 的章条编号对照一览表。

本标准与 ASTM D 7078/D 7078M-05 相比存在技术性差异,这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(|)进行了标示,附录 B 中给出了相应技术性差异及其原因的一览表。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国纤维增强塑料标准化技术委员会(SAC/TC 39)归口。

本标准起草单位:上海玻璃钢研究院有限公司。

本标准主要起草人:张旭、姚辉、张汝光。

复合材料面内剪切性能试验方法

1 范围

本标准规定了纤维增强塑料面内剪切性能的试验设备、试样及其制备、试验条件、试验步骤及结果计算等。

本标准适用于测定对称铺层的纤维增强塑料面内剪切强度、剪切模量及剪切应力-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

残余应变剪切强度 offset shear strength

以设定的残余应变容限值为起点,以割线弹性模量为斜率作直线,与剪切应力-应变曲线交点处的应力值。

注:残余应变剪切强度用于确定材料应力-应变曲线的近似线性限度,记作 τ_s (这一定义中所包含曲线的非线性,既不认定也不排除材料已经损伤)。在没有适当依据以确定该设定参数值时,工程上通常采用 0.2% 应变值作为设定残余应变的容限值,对应的残余应变剪切强度记为 $\tau_{s(0.2)}$ 。在比较材料的残余应变剪切强度时,必须采用同样的残余应变容限值,见图 1。

3.2

割线弹性模量 chord modulus of elasticity

在剪切应力-应变曲线上,以一小应变量为起点(建议取 0.15%~0.25%),取适当的应变增量[通常取 $(0.4 \pm 0.02)\%$],其所对应的应力增量与该应变增量之比即为割线弹性模量,该模量视作初始弹性模量。

3.3

极限剪切强度 ultimate strength

5% 剪切应变范围内的最大剪应力值。

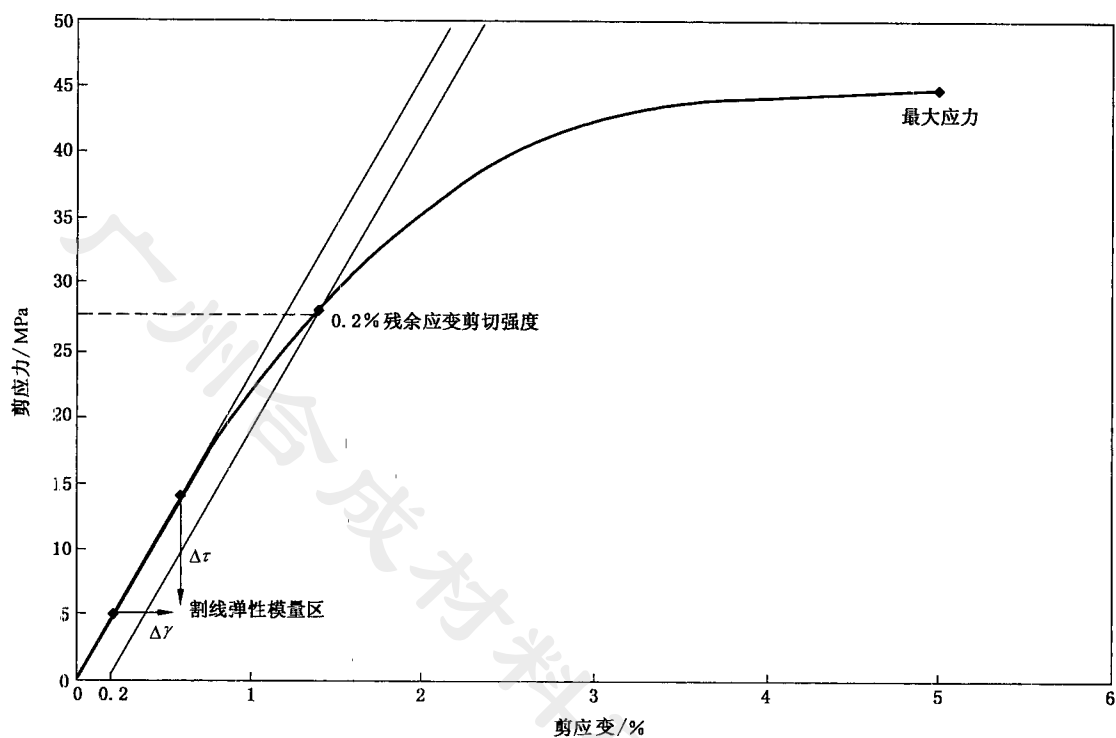


图 1 模量、偏移强度图例

4 原理

将开有对称 V 型槽口的试样夹持在一对专用夹具上,通过试验机的拉伸在试样工作区内产生剪应力,最终使试样因剪切而破坏。

注:试样带有 V 型槽口可以有效改善工作区内剪应力的均匀性。

5 试验设备

5.1 试验机

按 GB/T 1446 规定。

5.2 测量工具

5.2.1 游标卡尺:用于测量试样的宽度、厚度和 V 型槽直径,精确至 0.01 mm。

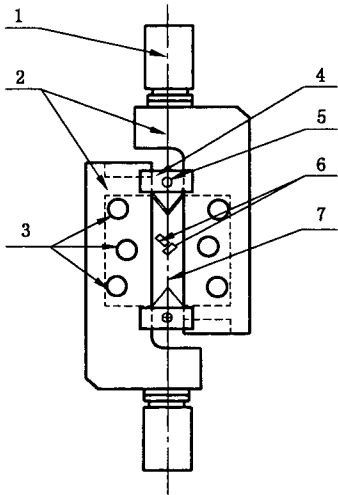
5.2.2 量角器:用于测量试样的 V 型槽角度,精确至 1°。

5.3 应变测试仪

采用电阻应变仪来测量应变。应变仪至少拥有 4 个通道,能够测量 3% 的应变。

5.4 夹具

夹具如图 2 所示。夹具应有足够刚度且能够稳定夹持试样,能确保上、下夹具的加载中心线通过两个 V 型槽口中心。



说明:

- 1——试验机接口; 5——垫块螺钉;
2——固定块(对称); 6——应变片;
3——夹具螺钉; 7——试样。
4——垫块(对称);

注 1: 螺钉用于给夹持齿面施加压力,垫块用于固定试样位置,具体装夹效果见图 5。

注 2: 垫块可使用硬塑料等具备一定刚度的材料,以填充夹具间空隙。

图 2 面内剪切夹具示意图

6 试样及其制备

6.1 形状和尺寸

6.1.1 V 型槽口试样,具体尺寸见图 3。

6.1.2 推荐试样厚度为 2 mm~5 mm。

单位为毫米

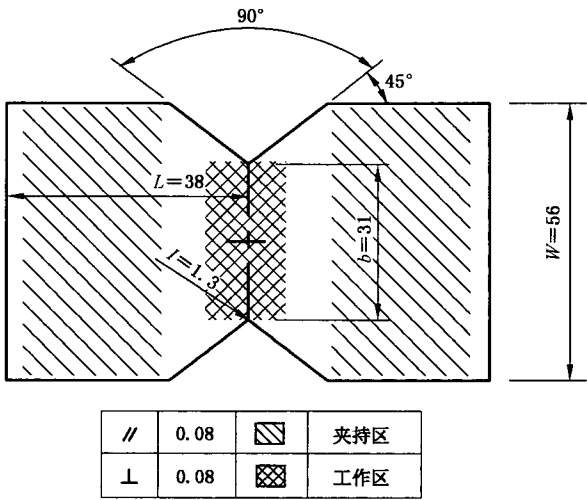


图 3 面内剪切试样

6.2 试样制备

- 6.2.1 试样制备按 GB/T 1446 规定。
- 6.2.2 试样应对称铺层,即 $[\theta_1/\theta_2/\dots/\theta_m]$,如 $90^\circ/0^\circ/0^\circ/90^\circ$ 铺层。
- 6.2.3 如图 4 所示,试样的 V 型槽口应对称,且槽口线与加载中心线 Y 垂直。
- 注:当板材 X 方向纤维多于 Y 方向纤维时,宜将板材旋转 90° 加工。

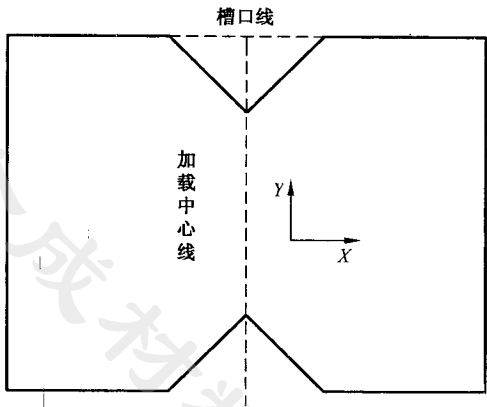


图 4 试样加工方向示意图

6.3 试样数量

每组有效试样不少于 5 个。

7 试验条件

按 GB/T 1446 规定。试验采用位移控制。

8 试验步骤

- 8.1 检查试样外观,若试样有缺陷、尺寸或槽口方向不符合要求,应予以作废。
- 8.2 按 GB/T 1446 对试样进行状态调节。
- 8.3 对试样编号,在槽口处测量 3 次宽度和厚度后取平均值,精确至 0.01 mm。
- 8.4 在试样中心贴应变片,应变片位于试样凹槽中心两端加载轴的 $\pm 45^\circ$ 方向,见图 2。
- 8.5 先在一边的夹具上插入试样并在空隙处放上垫块,将试样移动至夹具中间位置,稍加拧紧夹具螺钉和垫块螺钉以固定试样(见图 5),然后对载荷清零。
- 8.6 连接应变仪,对应变清零。
- 8.7 将试样插入另一边的夹具并对称上紧所有夹具螺钉,然后稍加拧松垫块螺钉使其能上下滑动。
- 注:对夹具螺钉施加的扭力视试样的铺层和厚度而定,过大会导致非工作区破坏,过小则会发生滑动,通常施加的扭力为 $40\text{ N}\cdot\text{m}\sim 55\text{ N}\cdot\text{m}$ 。
- 8.8 以 2 mm/min 速度进行试验。
- 8.9 试验过程中,同步记录载荷和应变值,直至试样破坏;若设备无法自动记录,可分级加载,级差为破坏载荷的 $5\%\sim 10\%$ 。
- 8.10 试验过程中发生载荷忽然下降或试样发生破坏时,记录其载荷、应变和试样状况。
- 8.11 在非工作区发生破坏或非剪应力造成破坏时,应予作废。同批有效试样数量不足 5 个时,应另取

试样补充或重作试验。

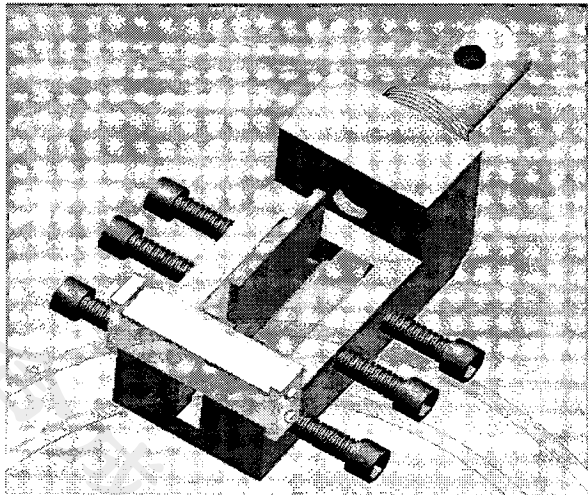


图 5 面内剪切装夹型式

9 计算

- 9.1 绘制剪切应力-应变曲线。
- 9.2 剪切应力 τ 按式(1)计算,剪切应变 γ 按式(2)计算,剪切模量 G 按式(3)计算:

$$\tau = F / (hb)$$
$$\gamma = |\epsilon_1| + |\epsilon_2|$$
$$G = \Delta\tau / \Delta\gamma$$

..... (1)

..... (2)

..... (3)

式中:

- τ —— 剪切应力,单位为兆帕(MPa);
- F —— 载荷,单位为牛顿(N);
- h —— 试样厚度,单位为毫米(mm);
- b —— 试样槽口处宽度,单位为毫米(mm);
- γ —— 剪切应变;
- ϵ_1, ϵ_2 —— +45°和-45°方向应变值;
- G —— 剪切模量,单位为吉帕(GPa);
- $\Delta\tau$ —— 剪切应力增量,单位兆帕(MPa);
- $\Delta\gamma$ —— 与剪切应力增量对应的剪切应变增量。

- 9.3 计算割线弹性模量,按 3.2 定义取剪切应力、剪切应变值,按式(3)计算。
- 9.4 计算残余应变剪切强度 τ_s ,按 3.1 定义取残余应变容限值,由作图法得出。

示例:图 1 中的残余应变剪切强度为 $\tau_{s,(0.2)} = 28 \text{ MPa}$

- 9.5 计算极限剪切强度 τ_u ,按式(1)计算。

10 试验结果

计算结果按 GB/T 1446 规定,必要时给出:

- a) 剪切应力-应变曲线;
- b) 若出现载荷下降状况,给出该点的剪切应力和剪切应变;

- c) 割线弹性模量；
- d) 残余应变剪切强度及其残余应变容限取值；
- e) 极限剪切强度,需要时给出相应试样状况(如破坏或未破坏)。

11 试验报告

试验报告按 GB/T 1446 规定。

附 录 A
(资料性附录)

本标准与 ASTM D 7078/D 7078M-05 相比的结构变化情况

本标准与 ASTM D 7078/D 7078M-05 相比在结构上有较多调整,具体章条编号对照情况见表 A.1。

表 A.1 本标准章条编号与 ASTM D 7078/D 7078M-05 章条编号对照情况

本标准章条编号	对应的 ASTM 标准章条编号
1	1.1 第一句,5.1
—	1.1 其他
2	2
3.1	3.2.4,3.2.4.1
3.2	12.3.1
3.3	12.1
—	3 其他
4	4
—	5
—	6.1~6.4
5.1	7.5
5.2	7.1,7.3,7.4
5.3	7.6
5.4	7.5.4
6	8.2,8.3
—	8.4
—	9
7	10
8.1,8.2,8.3	11.1,11.4
—	11.2.1~11.2.3
8.4	11.2.4
8.5	11.5
8.6	11.6
8.7	11.7
8.8	11.3.1,11.3.2
8.9,8.10	11.8~11.10
8.11	6.5,8.1
9.1	11.9
9.2	12.1 部分内容,12.2 部分内容

表 A.1 (续)

本标准章条编号	对应的 ASTM 标准章条编号
9.3	12.3
9.4	12.4
9.5	12.1 部分内容,12.2 部分内容
10	12.5
11	13
—	14
—	15

附 录 B
(资料性附录)

本标准与 ASTM D 7078/D 7078M-05 的技术性差异及其原因

表 B.1 给出了本标准与 ASTM D 7078/D 7078M-05 的技术性差异及其原因。

表 B.1 本标准与 ASTM D 7078/D 7078M-05 的技术性差异及其原因

本标准章条编号	技术性差异	原因
1	删除关于本方法优势、试验材料、单位制和安全系数的描述 适用范围由剪切性能修改为面内剪切性能	ASTM 标准是美国试验方法的推荐标准,和国内标准的形式不同,本标准是选取其中部分内容作为标准指导,删除它关于探讨和详细全面描述的部分
2	未引用国外标准,引用国家标准 GB/T 1446 和 GB/T 3961	引用国家标准,便于标准使用者使用,其中参数基本相同,无明显技术差异,适应我国技术条件
3	删除 ASTM D 7078/D 7078M-05 中的术语 3.2.1、3.2.1、3.2.3 和 3.2.5,增加“割线弹性模量”和“极限剪切强度”定义	不对基本术语进行定义,对原定义进行意译,对其使用方法进行更明确定义和说明
—	删除 ASTM D 7078/D 7078M-05 第 5 章,将该章部分内容移至范围	标准不宜出现有关探讨的内容
—	删除 ASTM D 7078/D 7078M-05 中的 6.1~6.4	标准不宜出现有关介绍研发的内容
5.1	简化描述	同 GB/T 1446 的要求一致,适应我国技术条件
5.2	简化描述	以具体设备替代
5.3	简化描述	该部分有关于应变片的使用探讨和详细介绍,为适应我国标准格式,舍去其介绍和指导
6	简化描述,删除 8.3 部分内容	本标准仅涉及面内剪切,不包括关于其他剪切性能(如层间剪切)的取样方式
7	简化描述	同 GB/T 1446 的要求一致,适应我国技术条件
—	删除 8.4 内容	非强制性制样方法,主要为经验建议,删除具体制样方法及其相关内容
—	删除 9 对设备刻度的要求	无特殊表述含义,与设备要求有重复
—	删除 11.2.1~11.2.3	与后文的计算重复
8.5,8.6,8.7	重新描述,以“固定一边夹具,再插入另一边”代替了“装夹完试样后,将夹具连接试验机”	简化操作

表 B.1 (续)

本标准章节编号	技术性差异	原因
8.8	删除 11.3.1 应变控制,仅选取 11.3.2 位移控制要求的速度	去除以破坏时间为要求的试验时间,使操作更简明,适应我国技术条件,因前文已规定使用位移控制,故对于应变控制不再规定
8.9,8.10,9.5	重新描述,合并工程剪应力和极限强度	理解和表述更简单
10	增加给出“若出现载荷下降状况,给出该点的剪切应力和剪切应变”	该损伤状态按要求被记录,但 ASTM 中未被要求在报告中给出,该数据指示了试样的损伤,有比较重要的参考意义
11	简化描述	同 GB/T 1446 的要求一致,适应我国技术条件