

中华人民共和国国家标准

GB/T 37897—2019/ISO 15310:1999

纤维增强塑料复合材料 平板扭曲法测定面内剪切模量

**Fibre-reinforced plastic composites—Determination of the in-plane
shear modulus by the plate twist method**

(ISO 15310:1999, IDT)

2019-08-30 发布

2020-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用 ISO 15310:1999《纤维增强塑料复合材料 平板扭曲法测定面内剪切模量》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 27797(所有部分) 纤维增强塑料 试验板制备方法[ISO 1268(所有部分)]；
- GB/T 17200—2008 橡胶和塑料拉力、压力和弯曲试验机(恒速驱动)技术规范(ISO 5893:2002, IDT)。

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：内蒙古航天红岗机械有限公司、西北工业大学。

本标准主要起草人：严科飞、张程煜、祁发强、王锴、谢德有。

纤维增强塑料复合材料

平板扭曲法测定面内剪切模量

1 范围

1.1 本标准规定了采用标准平板试样测试纤维增强复合材料面内剪切模量(G_{12})的试验方法。当应用于各向同性材料,剪切模量的测试和方向无关。

1.2 本标准用于测试试样的面内剪切模量,不能用于测试剪切强度。它是采用试样板对角线的两个点作为支撑点,另一条对角线的两个点作为加载点,加载点随试验机横梁的位移同步移动。

1.3 本标准适用于纤维增强热固性复合材料和纤维增强热塑性复合材料。

由于在弯曲条件下产生的剪切变形,对于不同纤维形式和/或不同方向的铺层材料,整个截面上材料层必须均匀分布,使材料在厚度方向上接近均质材料。

材料的坐标系按 3.8 的规定。

注:本标准可应用于聚合物或其他材料(包括金属、陶瓷和金属基或陶瓷基复合材料)。

对于使用单向织物制备的材料,采用多向增强试样($0^\circ/90^\circ/\pm 45^\circ$)获得的剪切模量和单向或正交铺层($0^\circ/90^\circ$)增强试样获得的剪切模量不同。

1.4 本标准的试样可直接成型至规定尺寸,可从板材上或制品的平整区域机加试样。

1.5 本标准规定了较优的试样尺寸。采用其他尺寸试样或不同条件下制备的试样测试的试验结果不能进行对比。试验速率和试样状态等因素也影响试验结果。因此,当需要对比试验数据时,这些因素应严格控制,并进行记录。

注:剪切应力-应变响应在高应变水平下是非线性的。本试验方法在低应变区域测定剪切模量,不适用于高应变。

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。

ISO 291:1997 塑料 状态调节和试验的标准环境(Plastics—Standard atmospheres for conditioning and testing)

ISO 1268:1974 塑料 试验用玻璃纤维增强、树脂胶粘、低压层板或板条的制备(Plastics—Preparation of glass fibre reinforced, resin bonded, low-pressure laminated plates or panels for test purposes)

ISO 2602:1980 测试结果的统计解释 平均值的估计 置信区间(Statistical interpretation of test results—Estimation of the mean—Confidence interval)

ISO 2818:1994 塑料 用机械加工法制备试样(Plastics—Preparation of test specimens by machining)

ISO 5893:1993 橡胶和塑料拉力、压力和弯曲试验机(恒速驱动)技术规范[Rubber and plastics test equipment—Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse)—Description]

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

板变形 plate deflection

W

加载点相对支撑点移动的距离,单位为毫米(mm)。

注:板变形通常由两个加载点的横梁位移测量。

3.2

剪切弹性模量 modulus of elasticity in shear

面内剪切模量 in-plane shear modulus

G_{12}

方向不同于纤维增强材料方向上的剪切模量,用 GPa 表示。在板变形为 $0.1h \sim 0.3h$ 间测试, h 为板材厚度(见 3.7)。

3.3

试验速率 speed of testing

加载点相对于支撑点移动速率,单位为毫米每分(mm/min)。

3.4

跨距 span

S

两个支撑点间的距离 S_1 和两个加载点间的距离 S_2 的平均值(如图 3),单位为毫米(mm)。

3.5

对角线长度 diagonal length

D

平板两个对角间的距离,单位为毫米(mm)。按式(1)计算:

$$D = (a'^2 + a''^2)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(1)$$

3.6

试样宽度 specimen widths

a', a''

试样每个方向的平均宽度(如图 2),单位为毫米(mm)。

3.7

试样厚度 specimen thickness

h

试样平均厚度,单位为毫米(mm)。

3.8

试样坐标系 specimen coordinate axes

定义的材料坐标系见图 1。

与主纤维平行的方向定义为“1”方向,垂直于“1”方向且在纤维平面内定义为“2”方向。“1”方向称为 0 度(0°)或者纵向,“2”方向称为 90 度(90°)或者横向。类似的定义可应用于纤维铺层材料和方向,如制品制备过程相关方向(例如长度)的情况。

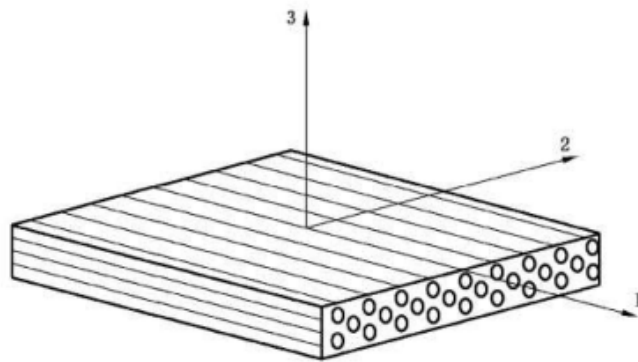


图 1 纤维增强材料坐标系

4 试验原理

试样支撑于试样板对角线两角的附近位置的两个支撑点上,在另一个对角线上的两个加载点上以恒定的速率加载(如图 2),直至试样变形值达到预定值。在这个过程中,测量加载点的载荷/位移曲线。

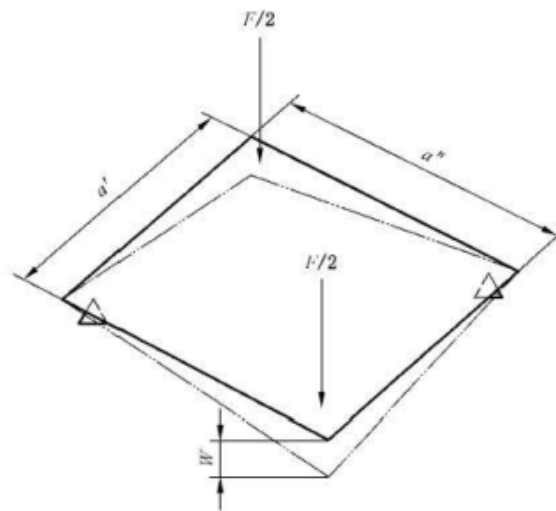


图 2 试验原理

5 试验装置

5.1 试验机

5.1.1 通则

试验机应符合 ISO 5893,具体要求见 5.1.2~5.1.4。

5.1.2 试验速率

试验机应能保持 (1 ± 0.2) mm/min 的速率。

5.1.3 夹具和加载点

图 3 中标示了两个支撑点和两个加载点。要求支撑点和加载点位置误差在 0.5 mm 内。

试验加载过程中,支撑点和加载点安装在刚性横梁上,与弯曲试验中的支承辊相似,横梁相互垂直。当试验机工作时,由于加载点与刚性梁连接,相对支撑点,两个加载点同步位移。

注:图4为较优的支撑点和加载点装置图。

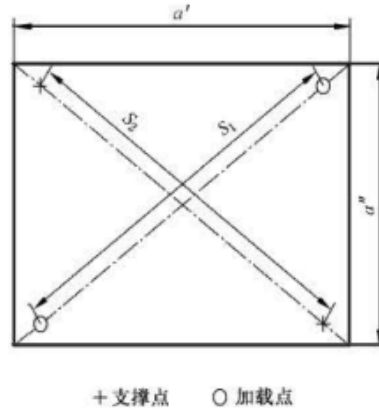


图3 支撑点和加载点位置

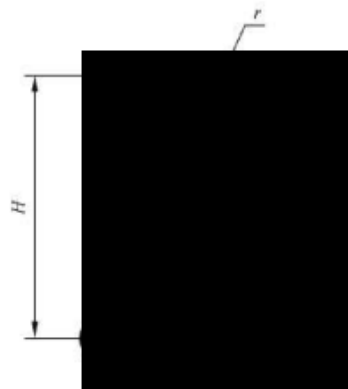


图4 推荐的支撑点和加载点装置图

支撑点和加载点的半径 r 应为 (2.0 ± 0.2) mm,如图4所示。推荐圆锥的高度 H 为 20 mm,底部半径 R 为 10 mm。

5.1.4 载荷和变形测量值

力和变形的测量误差不应超过满量程的 2%(见 ISO 5893)。

注:当采用横梁的位移测量板的变形时,应对挠度值进行修正(修正应考虑所有附加的挠度,如试验机的位移,支撑梁的挠度,传感器的位移以及局部压痕)。

5.2 尺寸测量工具

5.2.1 千分尺或类似量具

精确至 0.01 mm,用于测量试样厚度 h 。

5.2.2 游标卡尺或类似量具

精确至 0.1 mm,用于测量试样跨距 S 和试样宽度。

6 试样

6.1 形状和尺寸

试样为正方形,且表面平整。

6.1.1 标准试样

标准试样尺寸见表1。对于任何一组试验,试样厚度的偏离值不应超过平均值的5%,宽度的偏离值不应超过平均值的1%。

表1 标准试样尺寸

单位为毫米

材料	试样宽度 a' 、 a''	厚度 h
非连续,毡,织物,多向增强	150 ± 1.5	4 ± 0.5
单向布增强	150 ± 1.5	2 ± 0.5

6.1.2 其他试样

如果试样厚度不能满足6.1.1给出的标准范围,试样的宽度应满足 $a' = a'' \geq 35h$ 。

注:选择上述比值,是为了全厚度剪切模量不对测量的面内剪切模量产生严重影响。当材料的结构在厚度方向上是均质的,可以通过机械加工减薄。但试样不推荐进行机械加工。

6.2 试样制备

试样按照ISO 1268或其他指定或双方协商的制备方法(机械加工可参照ISO 2818)制备试样,也可从制品平整区取样。

6.3 试样检查

试样应平整无翘曲,试样表面和边缘应不受划痕、凹坑、麻点和飞边等影响。对试样几何特性目视观察,并通过游标卡尺对试样直角等进行测量,检查试样是否满足这些要求。不应使用任何有明显不符合要求的试样进行试验,或者在试验前对其加工至规定的形状和尺寸。

7 试样数量

至少5个试样。

注:如果需要更高的测试精度,试样数量应多于5个。可以通过95%置信区间来评估这一点(参见ISO 2602)。

8 状态调节

按指定的标准进行状态调节。若是没有相关的状态调节要求,则选择ISO 291中最适合的条件进行状态调节,除非有关各方另有协议,例如在高温下或低温下进行试验。

9 试验步骤

9.1 按指定的试验环境进行试验。若是没有相关的试验环境要求,则选择ISO 291中最适合的条件进

行试验,除非有关各方另有协议,例如在高温下或低温下进行试验。

9.2 测量每个试样宽度,精确至 0.5 mm,沿试样边测试 3 个位置,然后计算每个方向的平均值(a' 和 a'')。

9.3 试验的跨距 S 为 $0.95D$, D 在 3.5 中定义。

9.4 调节支撑点和加载点跨距至 S ,精确至 0.5 mm。

9.5 测量试样厚度 h ,精确至 0.02 mm,在试样每个边的中点,离边缘 25 mm 位置处测量,计算平均值。废除厚度超出平均厚度 5%的试样,随即选择其他试样替代。

9.6 设置加载速率为 (1 ± 0.2) mm/min。

9.7 将试样对称放置在两个支撑点上,并调整加载点和试样接触。

9.8 加载点的偏离不大于 $0.5h$ 。

9.9 在试验过程中,记录变形和相应的载荷,如果有条件,采用自动记录系统记录载荷/变形曲线。

9.10 采用同样的方法测试其余试样。

10 结果计算

10.1 面内剪切模量计算

用载荷 F_1 和 F_2 及对应的变形 W_1 和 W_2 计算面内剪切模量,如图 5 所示。

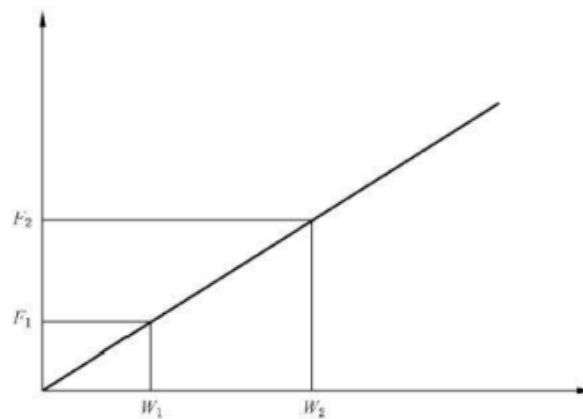


图 5 载荷/位移曲线

对于标准试样,按式(2)计算面内剪切模量:

$$G_{12} = \frac{3}{4} \times \frac{\Delta \times a' \times a'' \times K}{1\,000h^3} \dots\dots\dots(2)$$

式中的 Δ 按式(3)计算:

$$\Delta = \frac{F_2 - F_1}{W_2 - W_1} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

G_{12} ——面内剪切模量,单位为吉帕(GPa),对于各向同性材料等于 G ;

W_1 、 W_2 ——变形,单位为毫米(mm),($W_1 = 0.1h$, $W_2 = 0.3h$);

F_1 、 F_2 ——与 W_1 和 W_2 相对应的载荷,单位为牛(N);

a' 、 a'' ——试样每个方向上的平均宽度,单位为毫米(mm);

h ——试样平均厚度,单位为毫米(mm);

K ——几何修正因子, $K = 0.822$ 。

注：对于跨距和对角线长度比之大于 0.95 时， $K = 3r^2 - 2r - 2(1-r)^2 \ln(1-r)$ 。 $r = S/D$ ， S 为测量的平均跨距， D 为对角线长度。

10.2 数据统计

根据 ISO 2602 中给出的程序计算测试结果的算术平均值，并在需要时计算平均值的标准差和 95% 置信区间。

10.3 有效数字

3 个有效数字。

11 准确性

在有效试验方法下进行的材料试验和准确性，参见附录 A。

12 试验报告

试验报告包含以下信息：

- a) 依据本标准；
- b) 试样完整信息，包括类型、来源、制造数据、供应商的代码、组成等；
- c) 试样的形状和尺寸；
- d) 试样调节和试验环境；
- e) 试样数量；
- f) 跨距 S ；
- g) 试验速率；
- h) 试验机型号、精确度等级（见 ISO 5893）；
- i) 如果需要，每个试验结果；
- j) 试验结果的平均值；
- k) 95% 置信区间内的平均值；
- l) 试验日期。

附录 A
(资料性附录)
准确度

测试了如下材料：

- 材料 1 单向玻璃纤维增强环氧
- 材料 2 SMC(玻璃纤维/毡/聚酯)
- 材料 3 玻璃纤维布增强环氧
- 材料 4 短切纤维增强聚酯
- 材料 5 注射玻璃纤维增强尼龙
- 材料 6 单向碳纤维增强环氧

表 A.1 重复性、再现性和平均剪切模量

材料	重复性条件		再现性		平均值 GPa
	s_r	r	s_R	R	
1	0.164	0.459	0.302	0.846	5.85
2	0.137	0.385	0.184	0.516	4.30
3	0.106	0.296	0.307	0.859	4.39
4	0.096	0.269	0.098	0.274	1.78
5	0.061	0.171	0.165	0.461	1.16
6	0.200	0.559	0.309	0.865	5.17

表 A.2 重复性和再现性与平均值的比值

材料	与平均值的比值			
	重复性条件		再现性条件	
	s_r	r	s_r	r
1	2.80	7.84	5.41	14.4
2	3.19	8.96	4.29	12.0
3	2.42	6.75	7.00	19.6
4	5.38	15.1	5.50	15.4
5	5.28	14.8	14.27	39.8
6	3.87	10.8	5.98	16.7

参 考 文 献

- [1] NIMMO, W., and SIMS, G.D., "Plate Twist Round Robin Validation Exercise", NPL Report DMM(A)156, 1995.
- [2] Definitions of precision terms are given in ISO 5725-1:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results—Part 1: General principles and definitions.
-

中华人民共和国
国家标准
纤维增强塑料复合材料
平板扭曲法测定面内剪切模量
GB/T 37897—2019/ISO 15310:1999

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.org.cn

服务热线:400-168-0010

2019年8月第一版

*

书号:155066·1-63390

版权专有 侵权必究



GB/T 37897-2019