



中华人民共和国国家标准

GB/T 33621—2017

三维编织物及其树脂基复合材料弯曲 性能试验方法

Test method for bending properties of
3D braided fabric and its polymer matrix composites

2017-05-12 发布

2017-12-01 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。

本标准由中国纺织工业联合会提出。

本标准由全国纺织品标准化技术委员会(SAC/TC 209)归口。

本标准起草单位：纺织工业标准化研究所、中纺标检验认证有限公司、天津工业大学、中国产业用纺织品行业协会。

本标准主要起草人：章辉、吕静、李桂梅、陈利、刘飞飞、张一帆、孙颖、斯颖、焦亚男、李嘉禄、赵瑾瑜。

三维编织物及其树脂基复合材料弯曲性能试验方法

1 范围

本标准规定了三维编织物及其树脂基复合材料弯曲性能的试验方法。
本标准适用于三维编织物及其树脂基复合材料。
本标准不适用于具有异型结构的三维编织物。

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—2005 纤维增强塑料性能试验方法总则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

三维编织物 3D braided fabrics

采用三维编织工艺,编织纱在空间四个方向上交错移动、相互交织,形成一个不分层的整体织物。

3.2

树脂基三维编织复合材料 3D braided polymer matrix composites

以有机聚合物为基体,三维编织物为增强体的复合材料。

3.3

编织单胞 braiding unit cell

三维编织物中最小的完整编织单元,如图 1 所示。

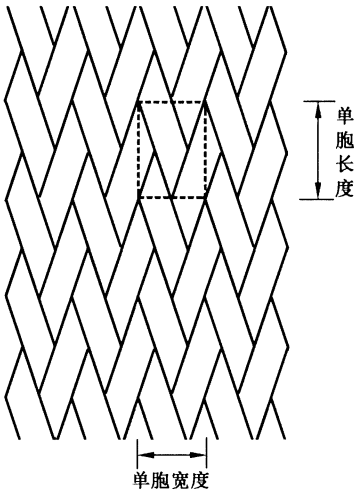


图 1 三维编织复合材料编织单胞

3.4

单胞长度 length of unit cell

花节长度 braided pitch length

编织结构长度方向(编织成型方向)上相同取向的编织纱线间的间距,是一个编织机器循环所形成的织物长度,如图 1 所示。

3.5

单胞宽度 width of unit cell

花节宽度 braided pitch width

编织结构宽度方向上相同取向的编织纱线间的间距,如图 1 所示。

4 试验原理

织物:采用无约束支撑,通过三点弯曲,以恒定的加载速率加载试样,使试样产生弯曲至弯曲应力开始减小时,记录整个加载过程中施加在试样上的最大载荷以及载荷-挠度曲线,计算试样的最大弯曲应力。

复合材料:采用无约束支撑,通过三点弯曲,以恒定的加载速率使试样破坏或达到预定的挠度值。在整个过程中,测量施加在试样上的载荷和试样的挠度,确定弯曲强度、弯曲弹性模量以及弯曲应力与挠度的关系。

5 试样及材料

5.1 试样制备

5.1.1 织物试样

试样可以单独编织,或从整块编织样品上裁剪得到。

5.1.2 复合材料试样

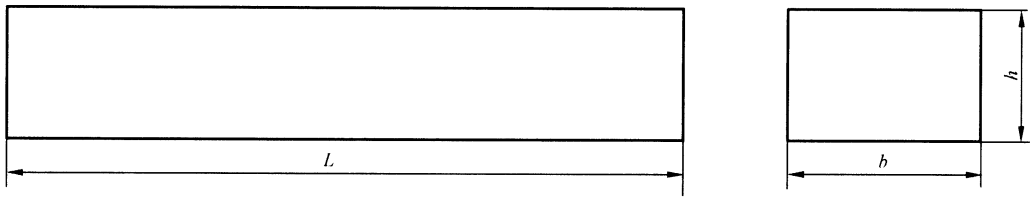
将三维编织试样整体树脂固化,试样可以单独模塑成型,不用切割;或从一块平板上通过机械加工得到。

注 1: 试样固化工艺可与有关方协议。推荐的固化工艺参见表 A.1。

注 2: 具有异型结构的三维编织树脂基复合材料,可测试其随炉件。

5.2 试样型式和尺寸

测定弯曲应力、弯曲模量和弯曲载荷-挠度曲线试样型式和尺寸见图 2。推荐在其厚度方向上最少保证一个完整的单胞,推荐试样宽度与单胞宽度之比至少大于 2:1。对于按推荐的比例关系确定的试样宽度和相应标准给定的试样宽度,应选取两者中的较大值,以确保在试样工作段内包含 2 个以上单胞。厚度通常为 2 mm~5 mm,仲裁试样厚度为 4 mm。



说明：
 L —— 试样长度， $L \geq 20 h$ ；
 b —— 试样宽度， $(15 \pm 0.5) \text{ mm}$ ；
 h —— 试样厚度， $2 \text{ mm} \sim 5 \text{ mm}$ 。

图 2 试样

5.3 试样数量

织物与复合材料应至少各取 5 个试样进行试验。

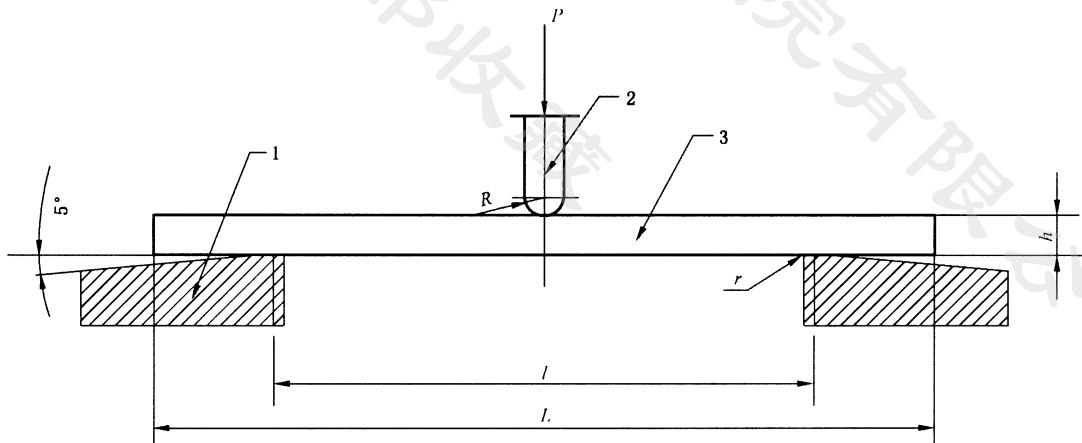
6 试验设备

6.1 试验机

试验机应符合 GB/T 1446—2005 第 5 章的规定。

6.2 夹具

6.2.1 弯曲试验装置示意图见图 3。



说明：
1 —— 试样支座；
2 —— 加载上压头；
3 —— 试样；
 L —— 试样长度；
 l —— 跨距；
 h —— 试样厚度；
 R —— 加载上压头圆角半径；
 r —— 支座圆角半径；
 P —— 载荷。

图 3 弯曲夹具

6.2.2 加载上压头应为圆柱面,其半径 $R=(5\pm0.1)\text{mm}$ 。

6.2.3 支座圆角半径 r :

- a) 试样厚度 $h>3\text{ mm}$ 时, $r=(2\pm0.2)\text{mm}$;
- b) 试样厚度 $h\leq 3\text{ mm}$ 时, $r=(0.5\pm0.2)\text{mm}$,若试样出现明显支座压痕,选用 $r=(2\pm0.2)\text{mm}$ 。

7 试验条件

7.1 试验标准环境条件

温度: $(23\pm2)^{\circ}\text{C}$;相对湿度: $(50\pm10)\%$ 。

7.2 加载速度

7.2.1 织物试样

测定织物试样时,加载速度为 20 mm/min 。

7.2.2 复合材料试样

测定复合材料弯曲弹性模量及载荷-挠度曲线时,加载速度一般为 2 mm/min 。测定弯曲强度时,常规试验加载速度为 10 mm/min 。

8 试验步骤

8.1 织物试样

8.1.1 试验前,试样在试验标准环境条件下至少放置 16 h 。

8.1.2 将试样进行编号、画线和测量试样工作段任意三处的宽度和厚度,取算术平均值,保留两位小数。

8.1.3 调节跨距 l 及上压头的位置,准确至 0.5 mm 。加载上压头位于支座中间,且使上压头和支座的圆柱面轴线相平行。跨距 l 可按试样厚度 h 换算而得: $l=(16\pm1)h$,将试样对称地放在两支座上,调整上压头至其表面刚好与试样表面接触。

8.1.4 设定加载速度为 20 mm/min ,加载试样,使试样产生弯曲至弯曲应力开始减小时停止试验,记录试样上的最大载荷以及载荷-挠度曲线。

8.1.5 力学性能试样每组不少于 5 个。

8.2 复合材料试样

8.2.1 试验前,试样在试验标准环境条件下至少放置 24 h 。

8.2.2 将试样进行编号、画线和测量试样工作段任意三处的宽度和厚度,取算术平均值,保留两位小数。

8.2.3 调节跨距 l 及上压头的位置,准确至 0.5 mm 。加载上压头位于支座中间,且使上压头和支座的圆柱面轴线相平行。跨距 l 可按试样厚度 h 换算而得: $l=(16\pm1)h$ 。

8.2.4 标记试样受拉面,将试样对称地放在两支座上。必要时,在试样上表面与加载压头间放置薄片或薄垫块,防止试样受压失效。

8.2.5 将测量变形的仪表置于跨距中点处,与试样下表面接触。施加初载(约为破坏载荷的 5%),检查和调整仪表,使整个系统处于正常状态。

8.2.6 加载速度按 7.2.2 设定。

8.2.7 测定弯曲强度时,在挠度小于 1.5 倍试样厚度下出现破坏的材料,记录最大载荷或破坏载荷。在挠度等于 1.5 倍试样厚度下未出现破坏的材料,记录该挠度下的载荷。测定弯曲弹性模量及载荷-挠度曲线时,可连续加载。

8.2.8 绘制试样破坏前的载荷-挠度曲线。

8.2.9 力学性能试样每组不少于 5 个。

9 计算结果与表达

9.1 织物试样

按式(1)计算试样的最大弯曲应力,取所有试样的平均值作为试验结果,结果保留两位小数。

$$\sigma_m = \frac{3P \cdot l}{2b \cdot h^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

σ_m ——最大弯曲应力,单位为兆帕(MPa);

P ——试样受到的最大载荷,单位为牛顿(N);

l ——跨距,单位为毫米(mm);

b ——试样宽度,单位为毫米(mm);

h ——试样厚度,单位为毫米(mm)。

9.2 复合材料试样

9.2.1 弯曲强度 σ_f (或挠度为 1.5 倍试样厚度时的弯曲应力)按式(2)计算,取所有试样的平均值作为试验结果,结果保留两位小数。

$$\sigma_f = \frac{3P \cdot l}{2b \cdot h^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

σ_f ——弯曲强度(或挠度为 1.5 倍试样厚度时的弯曲应力),单位为兆帕(MPa);

P ——破坏载荷(或最大载荷,或挠度为 1.5 倍试样厚度时的载荷),单位为牛顿(N);

l ——跨距,单位为毫米(mm);

b ——试样宽度,单位为毫米(mm);

h ——试样厚度,单位为毫米(mm)。

注:如果考虑挠度 S 作用下支座水平分力引起弯矩的影响,可按式(3)计算弯曲强度:

$$\sigma_f = \frac{3Pl}{2bh^2} [1 + 4(S/l)^2] \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

S ——试样跨距中点处的挠度,单位为毫米(mm)。

9.2.2 采用自动记录装置测试,对于给定的应变 $\epsilon'' = 0.002\ 5$, $\epsilon' = 0.000\ 5$,弯曲弹性模量按式(4)计算,取所有试样的平均值作为试验结果,结果保留两位小数。

$$E_f = 500(\sigma'' - \sigma') \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

E_f ——弯曲弹性模量,单位为兆帕(MPa);

σ'' ——应变 $\epsilon'' = 0.002\ 5$ 时测得的弯曲应力,单位为兆帕(MPa);

σ' ——应变为 $\epsilon' = 0.000\ 5$ 时测得的弯曲应力,单位为兆帕(MPa)。

注:如材料说明或技术说明中另有规定 ϵ'' , ϵ' 可取其他值。

9.2.3 试样外表面的应变按式(5)计算,取所有试样的平均值作为试验结果,结果保留两位小数。

$$\epsilon = \frac{6S \cdot h}{l^2} \dots\dots\dots(5)$$

式中：
ε——应变，%。

9.2.4 绘制载荷-挠度曲线。

10 试验报告

试验报告包括以下内容：

- a) 说明试验是按本标准进行的；
- b) 样品描述；
- c) 试验环境；
- d) 主要试验参数(跨距、加载速度等)；
- e) 试样数量和试验结果，如果需要给出试样单值；
- g) 任何偏离本标准的细节。

附 录 A
(资料性附录)
推荐固化工艺

本标准推荐的树脂固化工艺见表 A.1。

表 A.1 三维编织物树脂基复合材料推荐复合固化工艺参数

树脂体系				复合成型工艺	
树脂	固化剂	促进剂	配比	成型方法	固化温度/固化时间
环氧树脂 TDE86 #	甲基四氢苯酚	N,N-二甲基苄胺	100 : 85 : 1	树脂传递 模塑 (RTM)	130 ℃/2 h 150 ℃/1 h 160 ℃/6 h 180 ℃/1 h