



中华人民共和国国家标准

GB/T 33614—2017

三维编织物及其树脂基复合材料压缩 性能试验方法

Test method for compression 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、陈利、吕静、李桂梅、徐路、张一帆、孙颖、焦亚男、李嘉禄、赵瑾瑜。

三维编织物及其树脂基复合材料压缩性能试验方法

1 范围

本标准规定了三维编织物及其树脂基复合材料压缩性能的试验方法。

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

GB/T 7689.1—2013 增强材料 机织物试验方法 第1部分:厚度的测定

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。

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。

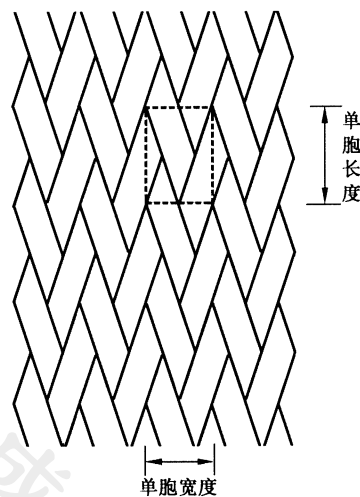


图 1 三维编织复合材料编织单胞

3.6

压缩率 **compression rate**

试样压缩变形量对初始厚度的百分率。

4 试验原理

织物：压脚以恒定速度沿试样厚度方向进行压缩，压缩至规定变形时停止压缩，记录规定变形处对应的压力，以此评价三维编织织物的压缩性能。

复合材料：压缩夹具以恒定速度沿试样长度方向进行压缩，使试样破坏或长度减小到设定值，记录整个加载过程中施加在试样上的载荷和试样高度或应变，计算试样的压缩应力和压缩弹性模量。

5 试样

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

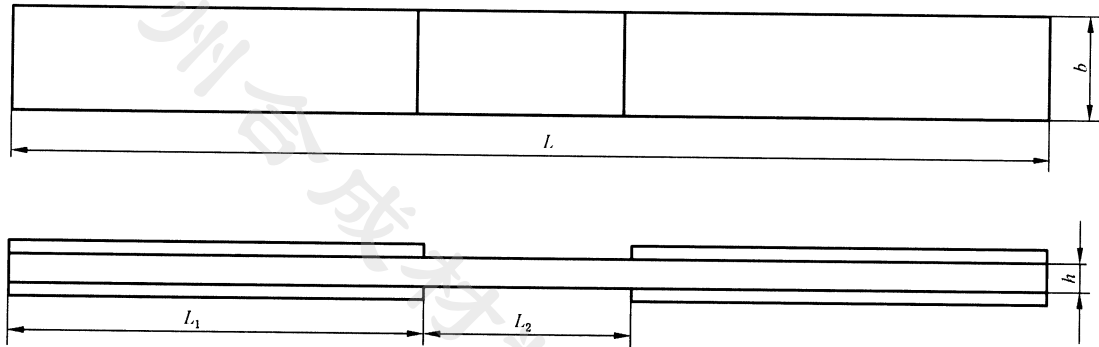
5.2.1 织物试样

试样为具有恒定矩形截面的平板条。长度为约 50 mm，厚度通常为 2 mm~5 mm，仲裁试样厚度

为 4 mm。

5.2.2 复合材料试样

试样为具有恒定矩形截面的平板条。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大于 2:1。对于按推荐的比例关系确定的试样宽度和本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,至少 140 mm;

L_1 —— 加强片长度,60 mm;

L_2 —— 标距,20 mm;

b —— 试样宽度,(15±0.5)mm;

h —— 试样厚度,2 mm~5 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 章规定。

6.2 压脚及参考板

织物压缩试验所用压脚和参考板应为表面平整并相互平行且不会变形的方形或圆形钢板,压脚面积应大于或等于试样测试面面积,参考板边长或直径至少大于压脚 50 mm,推荐压脚直径或边长为 50 mm,经协商可采用其他面积的压脚,并应在试验报告中注明。

6.3 夹具

复合材料压缩试验装置示意图见图 3。采用楔形夹头,夹持面粗糙,带有锯齿状或十字形沟槽。可采用其他适宜的夹具,并应在试验报告中注明。

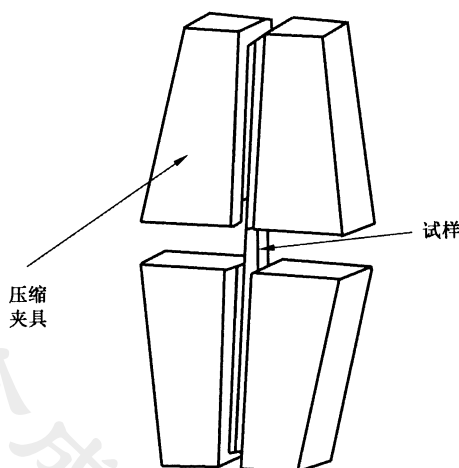


图3 复合材料压缩示意图

6.4 加强片

6.4.1 使用材料应足够软,使得试验机的牙口能够压入并能咬住加强片。一般使用铝片或 $0^\circ/90^\circ$ 正交铺设的玻璃纤维织物/树脂形成的材料,且加强片纤维方向与试样的轴向成 $\pm 45^\circ$,加强片厚度约为 2 mm。

6.4.2 加强片所用胶接剂应采用常温固化或温度低于被测试材料成型温度的高强、柔性胶接剂,应保证在试验过程中加强片不脱落。

6.5 应变测量装置

6.5.1 采用应变片或引伸仪测试方法,测试织物试样时不需要应变测量装置。

6.5.2 采用引伸仪测量时,应避免引伸仪在拉伸过程中产生滑移;在破坏之前应将引伸仪取下,避免引伸仪损坏。

6.5.3 采用应变片测量时,应变片的长度和宽度至少应等于最小单胞的长度和宽度,以保证测量可靠的平均应变值。试样两侧应变片应对称,应变片应尽量贴于试样的中心位置。为保证应变计牢固地粘在复合材料上,可以对粘贴区域轻轻打磨,同时注意打磨外层的树脂层,不要损伤纤维。

7 试验条件

7.1 试验标准环境条件

温度: $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$; 相对湿度: $(50 \pm 10)\%$ 。

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 5 mm/min。

7.2.2 复合材料试样

测定复合材料压缩应力时,加载速度一般为 1 mm/min~6 mm/min。测定压缩弹性模量时,常规试验加载速度为 2 mm/min。

7.3 设定压缩率

测定织物试样时,设定压缩率为 50%,经协商可设定为其他压缩率,并应在试验报告中注明。

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,按 GB/T 7689.1—2013 中条件 2 规定执行,压脚面积 25 cm²,压力 0.2 N/cm²,压重时间 30 s。以此作为试样的初始厚度,保留两位小数。

8.1.3 将试样平整无张力地放在参考板上,调整压脚至其表面刚好与试样表面接触,施加初载(与织物厚度测试用压力相等),将载荷和位移清零,并将此时定为测定变形的零点。

8.1.4 设定加载速度为 5 mm/min,压脚以恒定速度压缩试样至设定压缩率时停止压缩。记录设定压缩率对应的压力值,必要时记录载荷-位移曲线。

8.1.5 更换试样,重复 8.1.2~8.1.3 操作直至测完所有试样。

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,计算平均值,保留两位小数。

8.2.3 在试样两端粘贴加强片,在试样中心位置粘贴应变片,两侧应变片应对称。

8.2.4 夹持试样,使试样中心线与上、下夹具的对准中心线一致。

8.2.5 施加初载(约为破坏载荷的 5%),使试样保持伸直状态,保证整个系统处于正常工作状态。

8.2.6 测定压缩应力时,上夹头以恒定速率连续加载试样直至试样破坏,记录试样的屈服载荷、破坏载荷或最大载荷及试样的破坏形式;测定压缩弹性模量、泊松比时,匀速连续加载,自动记录相应的载荷和应变。

8.2.7 绘制试样破坏前的载荷-应变曲线。

8.2.8 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

以所有试样在设定压缩率时压力的平均值作为试验结果,单位为 kN,结果保留两位小数。

9.2 复合材料试样

9.2.1 压缩应力(屈服应力、断裂应力)按式(1)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。

$$\sigma_c = \frac{P}{b \cdot h} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

σ_c —— 压缩应力(屈服应力、断裂应力),单位为兆帕(MPa);

P —— 压缩屈服载荷、破坏载荷,单位为牛顿(N);

b —— 试样宽度,单位为毫米(mm);

h —— 试样厚度,单位为毫米(mm)。

9.2.2 压缩弹性模量按式(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。

$$E_c = \frac{\Delta P}{b \times h \times \Delta \epsilon} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

E_c —— 压缩弹性模量,单位为兆帕(MPa);

ΔP —— 载荷-应变曲线上初始直线段的载荷增量,单位为牛顿(N);

$\Delta \epsilon$ —— 与 ΔP 对应的应变增量。

9.2.3 如果需要,压缩泊松比按式(3)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。

$$\mu = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

μ —— 泊松比;

ϵ_2 —— 与载荷增量 ΔF 对应的横向应变;

ϵ_1 —— 与载荷增量 ΔF 对应的轴向应变。

9.2.4 绘制应力-应变曲线。

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(压脚直径、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;
- f) 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