



中华人民共和国国家标准

GB/T 33613—2017

三维编织物及其树脂基复合材料拉伸 性能试验方法

Test method for tensile 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、张一帆、陈利、吕静、韩玉茹、郑宇英、孙颖、张国利、李嘉禄、赵瑾瑜。

三维编织物及其树脂基复合材料拉伸性能试验方法

1 范围

本标准规定了三维编织物及其树脂基复合材料拉伸性能的试验方法。
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。

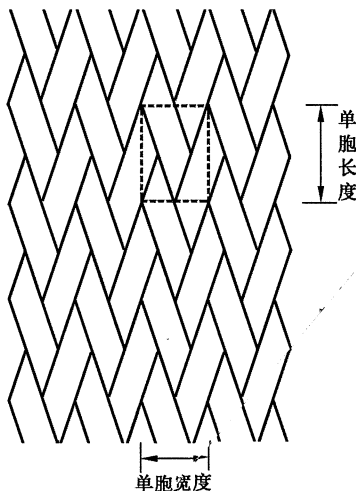


图 1 三维编织复合材料编织单胞

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

沿试样长度方向匀速施加拉伸载荷直到试样断裂,记录拉伸过程中施加在试样上的载荷和试样伸长,测定断裂强力、拉伸应力、拉伸弹性模量、泊松比和断裂伸长率,并绘制应力-应变曲线。

5 试样及材料

5.1 试样制备

5.1.1 织物试样

将三维编织试样的两端头固化,两端的固化长度分别为 (60 ± 2) mm。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

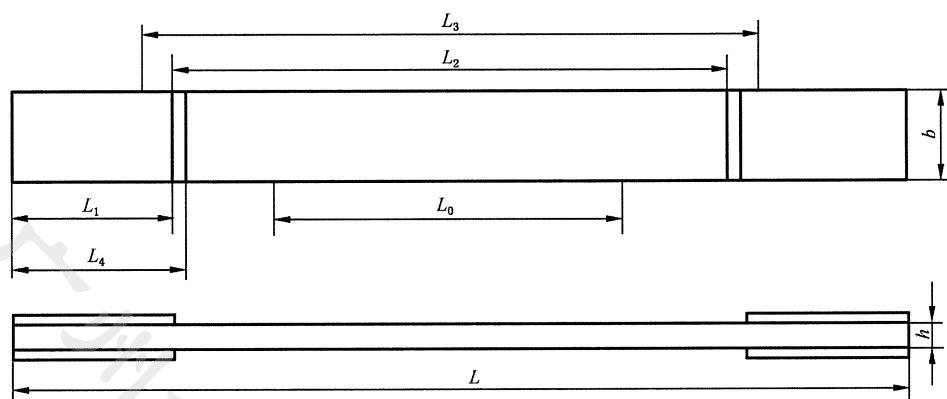
将三维编织试样整体树脂固化,试样可以单独模塑成型,不用切割;或从一块平板上通过机械加工得到。

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

试样型式和尺寸见图 2。推荐的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件宽度和相应标准给定的试件宽度,选取两者中的较大值,以确保在试件工作段内包含 2 个以上单胞。厚度应包含至少 1 个单胞,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 250 mm;
- L_0 —— 标距, (100 ± 0.5) mm;
- L_1 —— 加强片长度, 50 mm;
- L_2 —— 端部加强片间距, (150 ± 2) mm;
- L_3 —— 夹具间距, (170 ± 5) mm;
- L_4 —— 织物试样两端固化长度, (60 ± 2) mm;
- b —— 试样宽度, (25 ± 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 章的规定。

6.2 夹具

采用自紧的楔形夹头, 夹头面是粗糙的, 带有锯齿状或十字形沟槽。夹具与试验机相连时, 要确保试样受拉时对中。

6.3 加强片

6.3.1 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。

6.3.2 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。

6.4 应变测量装置

6.4.1 采用应变片或引伸仪测试方法, 测试织物试样拉伸强力时不需要应变测量装置。

6.4.2 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。

6.4.3 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 ± 2)℃;相对湿度:(50 ± 10)%。

7.2 加载速度

7.2.1 织物试样

测定织物试样拉伸断裂强力时,加载速度为 20 mm/min。

7.2.2 复合材料试样

测定复合材料拉伸弹性模量、泊松比、断裂伸长率和绘制应力-应变曲线时,加载速度一般为 2 mm/min;测定复合材料拉伸应力(拉伸屈服应力、拉伸断裂应力或者拉伸强度)时,常规试验中,加载速度为 5 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 夹持试样,使试样的中心线与上、下夹具的对准中心线一致。

8.1.3 启动试验仪,连续加载直至试样破坏,记录断裂强力,单位为牛顿(N);如果需要,记录断裂伸长或断裂伸长率,单位为毫米(mm)或百分率(%)。

8.1.4 每组不少于 5 个试样,并保证同批有 5 个有效试样。若试样在夹钳中滑移,或在夹钳边缘 25 mm 以内断裂时,舍弃该试验结果并增加试样,继续试验直至获得要求数量的有效断裂试样。

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、画线并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 设定夹持隔距为 170 mm,加载速度按 7.2.2 设定。

8.2.4 夹持试样,使试样的中心线与上、下夹具的对准中心线一致。

8.2.5 在试样工作段安装测量变形的仪表。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 测定拉伸应力时,连续加载直至试样破坏,记录试样的屈服载荷、破坏载荷或最大载荷及试样破坏的形式;测定拉伸弹性模量、泊松比、断裂伸长率时,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,并保证同批有 5 个有效试样。若试样在夹钳中滑移,或在夹钳边

缘 15 mm 以内断裂时,舍弃该试验结果并增加试样,继续试验直至获得要求数量的有效断裂试样。

9 计算结果与表达

9.1 织物试样

9.1.1 计算织物试样的断裂强力平均值,单位为牛顿(N),计算结果修约至 100 N。

9.1.2 如果需要,计算织物试样的断裂伸长率的平均值,以百分率表示,计算结果保留两位小数。

9.2 复合材料试样

9.2.1 拉伸应力(拉伸屈服应力、拉伸强度)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。

$$\sigma_t = \frac{F}{b \times h} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

σ_t ——拉伸应力(拉伸屈服应力、拉伸强度),单位为兆帕(MPa);

F ——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 试样断裂伸长率按式(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。

$$\epsilon_t = \frac{\Delta L_b}{L_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

ϵ_t ——试样的断裂伸长率,%;

ΔL_b ——试样拉伸断裂时标距 L_0 的伸长量,单位为毫米(mm);

L_0 ——测量的标距,单位为毫米(mm)。

9.2.3 采用自动记录装置测试,对于给定的应变 $\epsilon' = 0.000\ 5$ 和 $\epsilon'' = 0.002\ 5$,拉伸弹性模量按式(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。

$$E_t = \frac{\sigma'' - \sigma'}{\epsilon'' - \epsilon'} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

E_t ——拉伸弹性模量,单位为兆帕(MPa);

σ' ——应变 $\epsilon' = 0.000\ 5$ 时测得的拉伸应力值,单位为兆帕(MPa);

σ'' ——应变 $\epsilon'' = 0.002\ 5$ 时测得的拉伸应力值,单位为兆帕(MPa)。

注:如材料说明或技术说明中另有规定 σ', σ'' 可取其他值。

9.2.4 如果需要,泊松比按式(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。

$$\mu = -\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

μ ——泊松比,取两位有效数字;

ϵ_1 ——与载荷增量 ΔF 对应的轴向应变;

ϵ_2 ——与载荷增量 ΔF 对应的横向应变。

9.2.5 绘制拉伸应力-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(夹持隔距、加载速度和试样宽度等)；
- 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	<i>N,N</i> -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