



中华人民共和国国家标准

GB/T 41061—2021

纤维增强塑料蠕变性能试验方法

Test methods for creep properties of fiber reinforced plastics

2021-12-31 发布

2022-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国纤维增强塑料标准化技术委员会(SAC/TC 39)归口。

本文件起草单位：北京玻璃钢院检测中心有限公司、北京玻璃钢研究设计院有限公司、四川东树新材料有限公司、浙江恒石纤维基业有限公司、重庆国际复合材料股份有限公司、巨石集团有限公司、中材科技风电叶片股份有限公司、上海玻璃钢研究院有限公司。

本文件主要起草人：彭兴财、王贞、肖毅、周信伟、刘连学、崔峰波、曾建军、张旭、辛婷婷、魏梓明。



纤维增强塑料蠕变性能试验方法

1 范围

本文件规定了纤维增强塑料蠕变性能试验方法的试验原理、试验设备、试样、状态调节、试验条件、试验步骤、试验结果和试验报告。

本文件适用于测定纤维增强塑料拉伸蠕变性能、压缩蠕变性能、弯曲蠕变性能及在指定条件下的蠕变断裂应力。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 1447 纤维增强塑料拉伸性能试验方法
- GB/T 1448 纤维增强塑料压缩性能试验方法
- GB/T 1449 纤维增强塑料弯曲性能试验方法
- GB/T 3961 纤维增强塑料术语
- GB/T 9979 纤维增强塑料高低温力学性能试验准则
- GB/T 16825.2—2018 静力单轴试验机的检验 第2部分：拉力蠕变试验机 施加力的检验

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

蠕变模量 **creep modulus**

初始应力与蠕变应变之比。

3.2

蠕变应变 **creep strain**

在蠕变试验中，任一给定时间由施加载荷产生的应变。

3.3

变形 **deformation**

试样承受压缩、弯曲或拉伸而产生的形状、尺寸或位置上的变化。

3.4

压缩量 **compression**

在压缩蠕变试验中，试样在标距范围内的长度减少量。

3.5

挠曲量 **deflection**

在弯曲蠕变试验中，试样跨距中点处试样下表面位置的变化量。

3.6

伸长量 extension

在拉伸蠕变试验中,试样在标距范围内的长度增加量。

3.7

等时应力-应变曲线 isochronous stress-strain curve

施加不同试验载荷后,在某规定时刻直角坐标中应力对蠕变应变的曲线。

[来源:GB/T 11546.1—2008,3.9,有修改]。

4 试验原理

在一定的温度、湿度条件下,平稳对试样施加设定的拉伸、压缩或弯曲应力,恒定保持直至达到规定的试验终点或试样失效。在整个过程中,持续测量试样的变形,以测定蠕变模量和绘制蠕变应变-时间曲线、蠕变模量-时间曲线、蠕变断裂曲线或等时应力-应变曲线。

5 试验设备

5.1 加载系统

5.1.1 电子试验机应符合 GB/T 16825.2—2018 中 1 级试验机的规定,载荷相对误差不超过 $\pm 1\%$,重复性误差不超过 1% 。

5.1.2 砝码试验装置提供的载荷相对误差不超过 $\pm 1\%$ 。

5.1.3 加载系统应具有缓冲装置,且安装时远离外界的振动和冲击。

5.1.4 加载系统应保证能平稳施加载荷,不产生瞬间过载,并且施加的载荷在所需载荷的 $\pm 1\%$ 以内。

5.1.5 在测试过程中,加载装置应能提供恒定的载荷。在蠕变断裂试验中,应采取措施防止试样断裂时产生的振动传递到相邻的加载系统。

5.2 夹具

5.2.1 拉伸蠕变试验夹具宜尽可能保证加载轴线与试样纵轴一致,建议使用加载前就能将试样对中固定的夹具。

5.2.2 压缩蠕变试验夹具应符合 GB/T 1448 的规定。

5.2.3 弯曲蠕变试验夹具应符合 GB/T 1449 的规定。

5.3 变形测量装置

5.3.1 变形测量装置由能够测量载荷下试样伸长量、压缩量或挠曲量的装置构成,此装置不应通过力学效应(形变、压痕等)、物理效应(加热试样等)及化学效应对试样产生影响。

5.3.2 变形测量装置精度为 0.001 mm 。

5.3.3 变形测量装置应固定,并确保不产生滑移。

5.4 尺寸测量工具

精度为 0.01 mm 。

5.5 时间测量装置

精度为 1 min 。

5.6 自动控温装置

误差不应超过 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6 试样

6.1 试样形状和尺寸

6.1.1 拉伸蠕变试验的试样应符合 GB/T 1447 的规定。

6.1.2 压缩蠕变试验的试样应符合 GB/T 1448 的规定。

6.1.3 弯曲蠕变试验的试样应符合 GB/T 1449 的规定。

6.2 试样数量

6.2.1 试样在每个测试温度、每个应力水平下有效试样的数量至少应符合以下要求：

——不少于 4 个应力水平时为 2 个；

——少于 4 个应力水平时为 3 个。

6.2.2 测试蠕变断裂时，在每个测试温度，每个应力水平下至少测试 2 个试样。

6.2.3 当已知材料尺寸受温度影响会发生明显改变时，应增加对比试样。在每个测试温度下至少测试 3 个对比试样。

7 状态调节

除特殊规定外，试样的状态调节按 GB/T 1446 的规定。

8 试验条件

8.1 测试温度

测试温度的选择取决于测试目的，参照下述规定选择。

——测试材料性能时，一般在常用的温度范围内至少选取 2 个测试温度，通常选择高温条件，以合适的升温梯度来反应材料随着温度变化时的蠕变特性。

——为获得设计参数时，测试温度及环境应与实际产品的最终应用环境相同。

——为获得在 1 000 h 时产生 1% 应变所受的应力或与其他材料进行对比时，应在玻璃化转变温度范围内选测试温度，玻璃化转变温度测试方法应采用动态力学分析法。

8.2 应力水平

8.2.1 应力水平的选择应按照下列规定，并推荐以相同的增量选择应力水平，直至蠕变试验超过 1 000 h。

——对表现为线弹性的材料，在每个测试温度下应至少选择 3 个应力水平。

——对一些明显受应力影响的材料，在每个测试温度下应至少选择 4 个应力水平。

8.2.2 测定 1 000 h 产生 1% 应变所受的应力时，应至少选择 3 个应力水平。

8.2.3 蠕变断裂测试时，每个测试温度下至少选择 7 个应力水平，使试样在下述时间点附近产生破坏：1 h、10 h、30 h、100 h、300 h、1 000 h、3 000 h。

9 试验步骤

- 9.1 对试样进行外观检查,有缺陷、不符合尺寸或制备要求的试样,应予作废。
- 9.2 将合格试样编号、划线,测量试样工作段或跨中任意三点的宽度和厚度,取算术平均值。
- 9.3 将试样安装到拉伸蠕变夹具、压缩蠕变夹具或弯曲蠕变试验装置中。当已知材料尺寸受温度影响会发生明显改变时,应在相同测试环境下放置对比试样。
- 9.4 在试样上安装变形测量装置。
- 9.5 按 8.1 和 8.2 的规定选择测试温度和应力水平,设置试验温度和初始应力。
- 9.6 根据 GB/T 9979 的规定,对试样进行保温。保温后迅速平稳加载至试验载荷,加载过程宜在 10 s 内完成。同种材料的一系列试验应使用相同的加载速度。在加载至试验载荷时开始计时。
- 9.7 测量试样(及对比试样)的伸长量、压缩量或挠曲量,若变形量测量不是自动和连续记录的,则按下列时间间隔测量应变:1 min、6 min、12 min、30 min、1 h、2 h、5 h、20 h、50 h、100 h、200 h、500 h、700 h 和 1 000 h 等。如果蠕变应变曲线随时间不连续或呈间断式,则应提高读取频率。
- 9.8 测量并记录试验温度、试验环境温度及湿度,若温湿度测量不是自动记录的,则应在测量变形量时记录。
- 9.9 进行 1 000 h 产生 1%应变所受的应力测试时,测量至少 3 个应力水平下 1 000 h 产生的应变,进而绘制出 1 000 h 的等时应力-应变曲线,通过插值法获得产生 1%应变的应力值。
- 9.10 进行蠕变断裂测试时,测量材料的断裂时间;对于在断裂前存在明显屈服特征的材料,断裂时间为上述屈服特征的起始时间。进行蠕变断裂测试时,推荐采用拉伸法。

10 试验结果

10.1 蠕变模量

10.1.1 拉伸蠕变模量,按式(1)计算:

$$E_{t,T} = \frac{PL_{0,T}}{A(\Delta L)_{t,T}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $E_{t,T}$ ——时间 t 时的拉伸蠕变模量,单位为兆帕(MPa);
- P ——载荷,单位为牛顿(N);
- A ——初始横截面积,单位为平方毫米(mm²);
- $L_{0,T}$ ——初始标距,单位为毫米(mm);
- $(\Delta L)_{t,T}$ ——时间 t 时的伸长量,单位为毫米(mm)。

10.1.2 压缩蠕变模量,按式(2)计算:

$$E_{t,C} = \frac{PL_{0,C}}{A(\Delta L)_{t,C}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $E_{t,C}$ ——时间 t 时的压缩蠕变模量,单位为兆帕(MPa);
- $L_{0,C}$ ——初始上下压盘间距离,单位为毫米(mm);
- $(\Delta L)_{t,C}$ ——时间 t 时的压缩量,单位为毫米(mm)。

10.1.3 弯曲蠕变模量,按式(3)计算:



$$E_{t,F} = \frac{Pl^3}{4bh^3S}$$

.....(3)

- 式中：
- $E_{t,F}$ ——时间 t 时的弯曲蠕变模量,单位为兆帕(MPa)；
 - 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)；
 - S ——时间 t 时的跨中位置挠曲量,单位为毫米(mm)。

10.1.4 当已知材料尺寸受温度影响发生明显改变,应对每个试样的变形量进行修正,修正值为在相同时间点、相同温度的 3 个对比试样的平均变形量。拉伸蠕变测试时,对比试样的变形若为压缩变形,则修正值为正值;变形为伸长变形,则修正值为负值。压缩蠕变测试时,对比试样的变形为压缩变形,则修正值为负值;变形为伸长变形,则修正值为正值。弯曲蠕变测试时,对比试样的变形为向上的变形,则修正值为正值;对比试样的变形为向下的变形,则修正值为负值。

10.2 蠕变曲线

10.2.1 如果试验是在不同温度下进行的,将原始数据按每一温度表示为一系列蠕变应变对时间的蠕变曲线,见图 1。

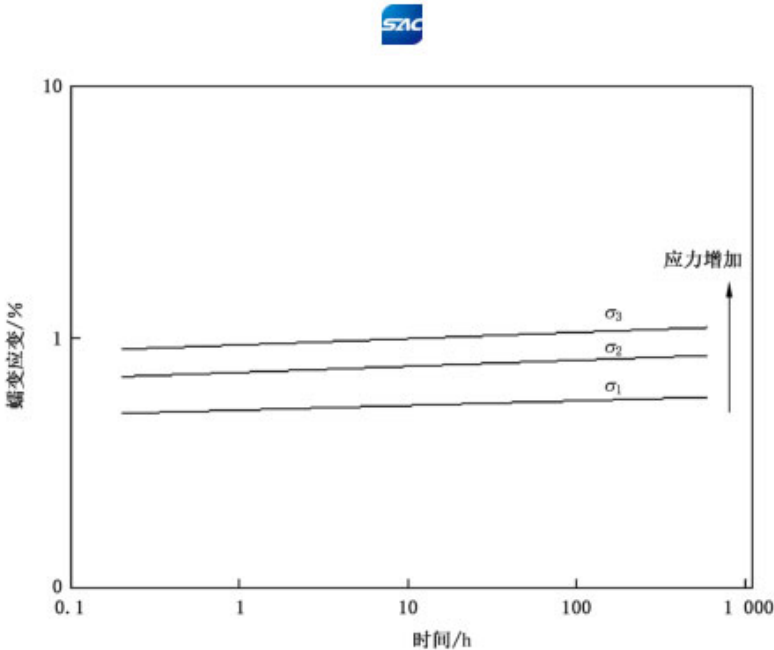


图 1 不同应力水平下的蠕变应变随时间的变化曲线

10.2.2 对每一个所采用的初始应力,按 10.1 计算得到的蠕变模量与时间绘制一系列曲线,如果试验是在不同温度下进行的,对每一温度绘制出一条曲线,见图 2。

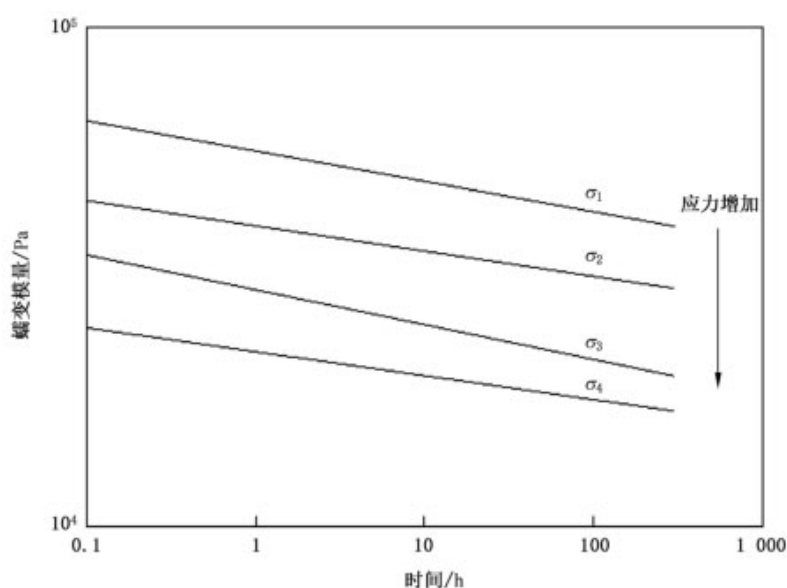


图2 不同应力水平下蠕变模量随时间的变化曲线

10.2.3 进行蠕变断裂测试时,用测试温度下的应力、时间数据绘制出应力对时间对数的曲线,见图3。

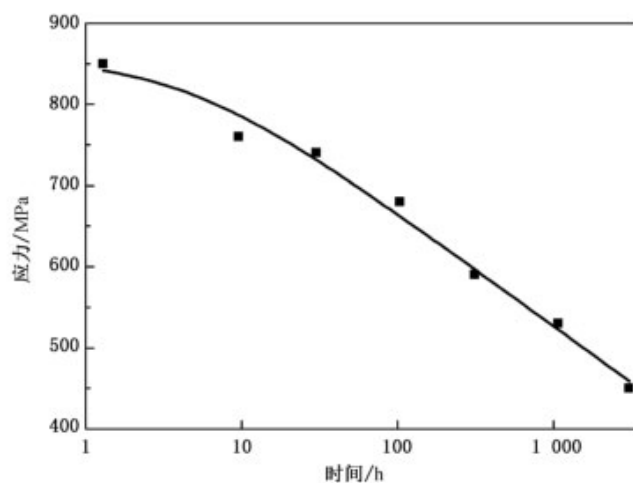


图3 蠕变断裂时应力-时间曲线

10.2.4 进行1 000 h产生1%应变所受的应力测试时,绘制1 000 h的等时应力-应变曲线。将不同应力水平下1 000 h的应力、应变数据表示在蠕变应力对蠕变应变的直角坐标系中,绘制得到1 000 h等时应力-应变曲线,见图4。

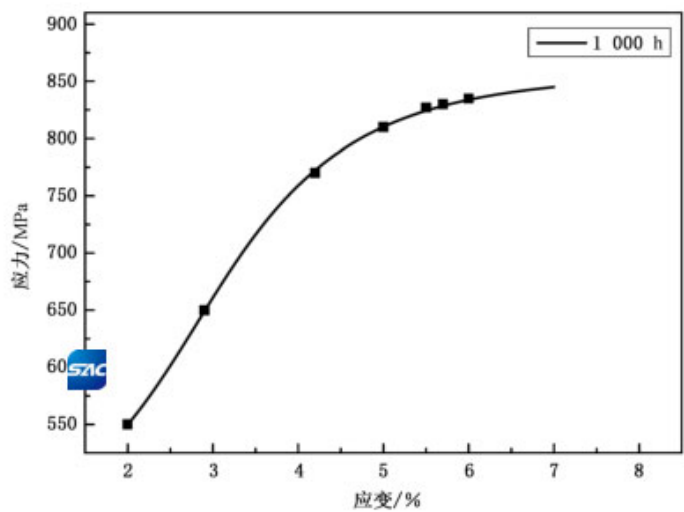


图 4 1 000 h 等时应力-应变曲线

11 试验报告

试验报告中应包含如下信息：

- a) 试验项目名称及执行文件编号；
- b) 试样来源及制备情况,材料品种及规格；
- c) 试样编号、形状、尺寸、外观质量及数量；
- d) 试验温度、试验环境温度及湿度；
- e) 试验设备及变形测量装置型号；
- f) 试验加载形式；
- g) 试验结果,包括蠕变模量、上述曲线的一条或多条；
- h) 试验人员、日期及其他。

参 考 文 献

- [1] GB/T 11546.1—2008 塑料 蠕变性能的测定 第1部分:拉伸蠕变
-