

JC

中华人民共和国建材行业标准

JC/T 778—2010
代替JC/T 778—1985(1996)

玻璃纤维增强塑料板材和蜂窝夹层结构 弯曲蠕变试验方法

Test method for flexural creep of glass fibre reinforced plastics
sheet and sandwich construction with honeycomb core

2010-11-22 发布

2011-03-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替JC/T 778—1985(1996)《玻璃纤维增强塑料板材和蜂窝夹层结构弯曲蠕变试验方法》。

本标准与JC/T 778—1985(1996)相比主要变化如下：

- 修改和增加术语和定义(见第3章)；
- 增加原理一章(见第4章)；
- 修改记录挠度的时间(1996年版的4.10.2,本版的8.8.1)；
- 修改模量引用公式(1996年版的5.1,本版的9.1)；
- 增加蠕变应力和蠕变应变计算公式(见9.2)；
- 增加“蠕变应变—时间”曲线(见9.3.1)。

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。

本标准负责起草单位：上海玻璃钢研究院有限公司。

本标准主要起草人：张汝光、张旭、姚辉、黄刘立。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB 6059—1985；
- JC/T 778—1985(1996)。

玻璃纤维增强塑料板材和蜂窝夹层结构弯曲蠕变试验方法

1 范围

本标准规定了测定玻璃纤维增强塑料板材(以下简称板材)和玻璃纤维增强塑料蜂窝夹层结构(以下简称蜂窝夹层)弯曲蠕变的原理、试验设备、试样及其制备、试验条件、试验步骤及计算等。

本标准适用于测定玻璃纤维增强塑料板材和蜂窝夹层结构的弯曲蠕变性能。

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 纤维增强塑料性能试验方法总则

GB/T 1449 纤维增强塑料弯曲性能试验方法

GB/T 1456 夹层结构弯曲性能试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

弯曲蠕变应变 flexural - creep strain

弯曲蠕变试验期间,试样表面中点处在某给定时刻由施加载荷所产生的应变。

3.2

弯曲应力 flexural stress

弯曲蠕变试验期间,试样跨距中点处表面的应力。

3.3

芯子表观剪切应力 apparent shear stress of core

作用在试样截面上的剪切力与芯子截面面积之比。

3.4

蠕变模量 flexural - creep modulus

弯曲应力与某时刻弯曲蠕变应变之比。

3.5

蠕变挠度 deflection

蠕变试验期间,在某给定时刻由施加载荷所产生的总挠度,包含初始挠度和长期载荷下增加的挠度。

3.6

蠕变速率 creep speed

某给定时刻的挠度改变量和时间改变量之比。

4 原理

通过对试样施加恒定的弯曲应力,测量试样随时间变化的挠度,得出试样材料的蠕变性能。对于玻璃纤维增强塑料板材,采用GB/T 1449 三点弯曲试验方法施加弯曲应力和测量挠度;对于玻璃纤维增强塑料蜂窝夹层结构,采用GB/T 1456 外伸梁三点弯曲试验方法施加弯曲应力和测量挠度。

5 试验设备

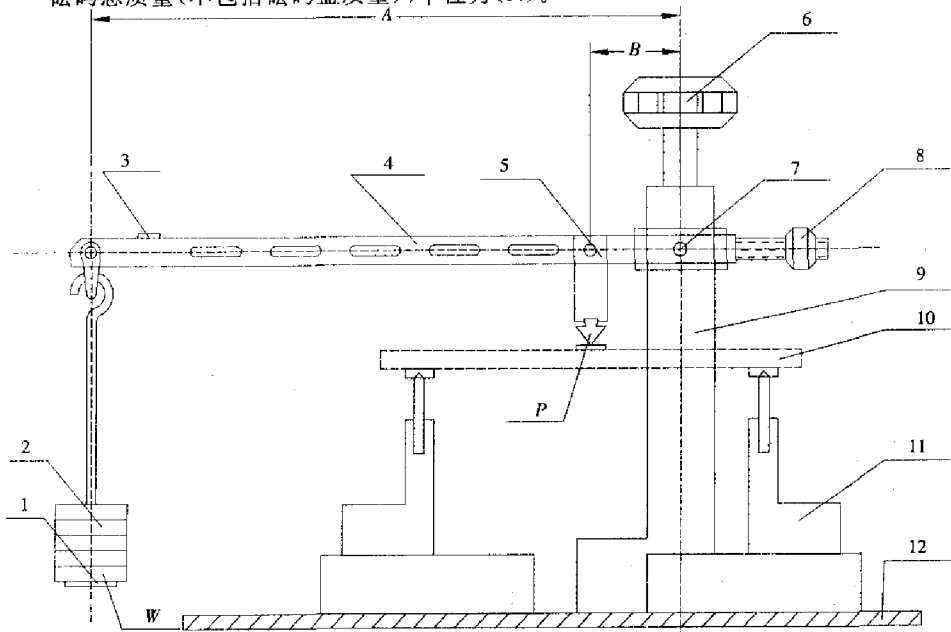
5.1 试验设备精度要求按GB/T 1446 的规定。

5.2 压头与支座的技术要求按GB/T 1449 和GB/T 1456 的规定。弯曲蠕变试验机示意图如图 1 所示，图中的杠杆系统作用在试样上的载荷按公式(1)计算：

$$P = \frac{A \cdot W}{B} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- P ——作用在试样上的载荷,单位为牛顿(N)；
- A ——加载点到支点的距离,单位为毫米(mm)；
- B ——试样受力点到支点的距离,单位为毫米(mm)；
- W ——砝码总质量(不包括砝码盘质量),单位为(N)。



- 1——砝码盘；
- 2——砝码；
- 3——水准泡；
- 4——杠杆；
- 5——加载压头；
- 6——杠杆水平微调器；
- 7——杠杆支点；
- 8——平衡块；
- 9——杠杆支柱；
- 10——试样；
- 11——支座；
- 12——机器底座。

注:加载前,将杠杆调整到水平位置,使试样所受的力等于零。

图 1 弯曲蠕变试验机示意图

- 5.3 计时器的精度应达到蠕变记录时间的1%。
- 5.4 挠度测量设备,不影响试样变形情况的接触或非接触式引伸计。

注:设备也可为其他结构,但须满足上述要求且能长期恒定加载的。

6 试样及其制备

- 6.1 板材的试样形状、尺寸按GB/T 1449 规定。
- 6.2 蜂窝夹层的试样形状、尺寸按GB/T 1456 规定。
- 6.3 试样数量按试验目的而定,一般每个应力级取3根试样。

7 试验条件

7.1 温度控制

在试验中必须保持试样标距内的温度波动范围不超过 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。如另有规定或已证实温度对某种材料的蠕变性能影响较小,则不必将温度控制在该限度之内。

7.2 湿度控制

在试验中必须保持试样标距内的湿度波动范围不超过 $\pm 5\%$ 。如另有规定或已证实湿度对某种材料的蠕变性能影响较小,则不必将湿度控制在该限度之内。

8 试验步骤

8.1 试样外观检查

按GB/T 1446 规定。

8.2 试样状态调节

按GB/T 1446 规定。

8.3 测量试样

板材按GB/T 1449 规定;蜂窝夹层按GB/T 1456 规定。

8.4 确定试样的跨距和仪表位置

板材按GB/T 1449 规定;蜂窝夹层按GB/T 1456 规定。

8.5 测定试样的弯曲强度

板材按GB/T 1449 规定;蜂窝夹层按GB/T 1456 规定。

8.6 选取应力级

在蠕变试验中,所选取的应力级不应使试样在1 000 h内失效。建议选取的最大应力级不超过弯曲强度的60%,一般取(3~6)个应力级。

8.7 加载

在(1~5)s内平稳加载至所需要的应力级。

8.8 记录挠度值

8.8.1 记录初始挠度 f_0 ,建议随后记录挠度的时间 t_i 为:

1 min,3 min,6 min,12 min,30 min,1 h,2 h,5 h,10 h,20 h,50 h,100 h,200 h,500 h,1 000 h,然后每月一次,直至所要求的时间或试样断裂。若这些时间节点间的挠度增量较大,可增加读数的时间节点。

8.8.2 对于板材,记录试样跨中挠度值 f 。对于蜂窝夹层,记录试样跨中挠度值 f 和两外伸端的挠度值 f_1 和 f_2 。

9 计算

9.1 初始模量和各时刻的蠕变模量计算

注:初始模量等于施加应力和初始应变之比。

9.1.1 对于板材,弯曲弹性模量 E_t 按公式(2)计算:

$$E_t = \frac{l^3 \cdot P}{4 b \cdot h^3 \cdot f_t} \quad (2)$$

式中:

E_t —— t 时刻弯曲弹性模量,单位为吉帕(GPa);

l —— 跨距,单位为毫米(mm);

P —— 初始载荷,单位为千牛顿(kN);

b —— 试样宽度,单位为毫米(mm);

h —— 试样厚度,单位为毫米(mm);

f_t —— t 时刻跨中的挠度,单位为毫米(mm)。

9.1.2 对于蜂窝夹层,芯子的平均剪切弹性模量 G_t 按公式(3)计算:

$$G_t = \frac{U_t}{b(h-t_f)} \quad (3)$$

$$U_t = \frac{l \cdot P}{4(f_t - l/3 a \cdot f)} \quad (4)$$

式中:

G_t —— t 时刻夹层结构的剪切弹性模量,单位为吉帕(GPa);

U_t —— t 时刻夹层结构的剪切刚度,单位为牛顿(N),按公式(4)计算;

t_f —— 试样面板厚度,单位为毫米(mm);

a —— 外伸臂长度,单位为毫米(mm);

f —— t 时刻外伸臂两端挠度 f_1 和 f_2 的平均值,单位为毫米(mm);

b 、 h 、 l 、 P 、 f_t 同公式(2)。

9.1.3 对于蜂窝夹层,面板的弹性模量 E_t 按公式(5)计算:

$$E_t = \frac{D_t}{J} \quad (5)$$

$$D_t = \frac{l^2 \cdot a \cdot P}{16 f_1} \quad (6)$$

$$J = \frac{(h-t_f)^2 \cdot t_f \cdot b}{2} \quad (7)$$

式中:

E_t —— t 时刻面板的弹性模量,单位为吉帕(GPa);

D_t —— t 时刻夹层结构的弯曲刚度,单位为牛顿·平方毫米($N \cdot mm^2$),按公式(6)计算;

J —— 夹层结构惯性矩,单位为四次方毫米(mm^4),按公式(7)计算;

f_1 —— 外伸臂两端挠度值,单位为毫米(mm);

l 、 P 、 b 、 h 同公式(2);

a 同公式(4);

t_f 同公式(3)。

注:公式(7)中已略去芯子和面板本身的弯曲刚度。

9.2 计算蠕变应力和蠕变应变

9.2.1 对于板材,弯曲应力 σ 按公式(8)计算:

$$\sigma = \frac{3 P \cdot l}{2 b \cdot h^2} \quad (8)$$

式中:

σ —— 弯曲应力,单位为兆帕(MPa);

p 、 l 、 b 、 h 同公式(2)。

9.2.2 对于板料,弯曲蠕变应变 ϵ_t 按公式(9)计算:

$$\epsilon_t = \frac{6 f_t \cdot h}{l^2} \quad (9)$$

式中:

ϵ_t —— t 时刻弯曲蠕变应变,单位为百分比(%);

f_t 、 l 、 h 同公式(2)。

9.2.3 对于蜂窝夹层,面板弯曲应力 σ 按公式(10)、(11)计算:

$$\sigma = \frac{Plh}{8J} \quad (10)$$

或:

$$\sigma = \frac{Pl}{4 t_f b (h - t_f)} \quad (11)$$

式中:

σ —— 夹层结构面板的弯曲应力,单位为兆帕(MPa);

p 、 l 、 b 、 h 同公式(2);

J 同公式(7);

t_f 同公式(3)。

9.2.4 对于蜂窝夹层,蠕变应变 ϵ_t 按公式(12)、(13)计算:

$$\epsilon_t = \frac{Plh}{8 D_t} \quad (12)$$

或:

$$\epsilon_t = \frac{2 f_t h}{la} \quad (13)$$

式中:

ϵ_t —— t 时刻夹层结构面板的弯曲蠕变应变,单位为百分比(%);

p 、 l 、 h 同公式(2);

D_t 同公式(5);

f 、 a 同公式(4)。

9.2.5 对于蜂窝夹层,芯子的表观剪切应力按公式(14)计算:

$$\tau = \frac{P}{2 b (h - t_f)} \quad (14)$$

式中:

τ —— 芯子表观剪切应力,单位为兆帕(MPa);

p 、 b 、 h 同公式(2);

t_f 同公式(3)。

9.3 绘制蠕变曲线

9.3.1 绘制蠕变应变与时间的曲线 ($\epsilon-t$ 曲线或 $\epsilon-\log t$ 曲线)。

9.3.2 绘制蠕变挠度与时间的曲线 ($f-t$ 曲线或 $f-\log t$ 曲线)。

9.3.3 绘制蠕变模量与时间对数的曲线 ($E_t-\log t$ 曲线和 $G_t-\log t$ 曲线)。

9.4 计算蠕变速率

通过蠕变挠度曲线计算蠕变速率,以某时段的两挠度差除以时间间隔得到该时段的蠕变速率。

9.5 计算 K_1

某一时间间隔后的挠度增量与初始挠度的百分比 K_1 按公式(15)计算,不同材料间蠕变性能的比较

可以用 K_1 表示。

$$K_1 = \frac{f_t - f_0}{f_0} \times 100 \dots\dots\dots (15)$$

式中：
 K_1 —— 某一时刻挠度增量与初始挠度的百分比(%)；
 f_t —— 某一时刻的挠度，单位为毫米(mm)；
 f_0 —— 初始挠度，单位为毫米(mm)。

9.6 计算蠕变模量的保留率 K_2

某一时刻的蠕变模量保留率 K_2 按公式(16)计算：

$$K_2 = \frac{A_t}{A_0} \times 100 \dots\dots\dots (16)$$

式中：
 K_2 —— 某一时刻蠕变模量与初始模量的百分比(%)；
 A_t —— 某一时刻的蠕变模量，单位为兆帕(MPa)；
 A_0 —— 初始弹性模量，单位为兆帕(MPa)。

10 试验报告

试验报告除GB/T 1446 的规定外，还应包括下列内容：

- a) 与试验有关的参数，如跨距、外伸臂长、载荷、温度和时间等；
 - b) 板材弯曲试验的弯曲应力或蜂窝夹层的面板弯曲应力和芯子剪切应力；
 - c) 蠕变曲线；
 - d) 蠕变速率；
 - e) 某一时刻挠度增量与初始挠度的百分比；
 - f) 某一时刻蠕变模量与初始模量的百分比；
 - g) 若试样发生断裂，应记录断裂时间、破坏类型和位置。
-