



中华人民共和国国家标准

GB/T 3362—2017
代替 GB/T 3362—2005

碳纤维复丝拉伸性能试验方法

Test methods for tensile properties of carbon fiber multifilament

2017-10-14 发布

2018-09-01 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。

本标准代替 GB/T 3362—2005《碳纤维复丝拉伸性能试验方法》，与 GB/T 3362—2005 相比主要技术内容变化如下：

- 修改了碳纤维复丝的限定要求，由 1 K～12 K 改为 1 K～24 K（见第 1 章，2005 年版的第 1 章）；
- 删除了原理一章（见 2005 年版的第 4 章）；
- 增加了试验机自动记录载荷-位移曲线的要求（见 4.1）；
- 增加了推荐夹具的种类（见 4.3）；
- 修改了加强片宽度，由 20 mm 改为 10 mm～20 mm（见 5.1.2，2005 年版的 6.1.2）；
- 修改了试样加强片的类型和厚度，删除了金属板加强片，规定 6 K 以下碳纤维复丝试样用 0.2 mm～0.5 mm 厚的纸片或纸板；6 K 及以上碳纤维复丝试样用 0.3 mm～1.0 mm 厚的纸片或纸板（见 5.2.4，2005 年版的 6.2.4）；
- 修改了 6 K 及以上碳纤维复丝试样加强片的粘贴方法[见 5.2.4，2005 年版的 6.2.4 和图 1b)]；
- 修改了仲裁试验加载速率，由 2 mm/min 改为 10 mm/min（见 6.2，2005 年版的 7.2）；
- 增加了试验步骤中引伸计的装载和卸载（见 7.5 和 7.6）；
- 增加了弹性模量测量时应变取值范围的对应关系（见表 1）；
- 修改了拉伸弹性模量的计算公式（见 8.2，2005 年版的 9.2）；
- 修改了断裂伸长率的计算方法（见 8.3，2005 年版的 9.3）；
- 增加了浸渍胶液可室温固化的树脂体系（见附录 A，2005 年版的附录 A）；
- 删去碳纤维复丝密度的测定方法，直接引用 GB/T 30019（2005 年版的附录 C）。

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。

本标准起草单位：中国航发北京航空材料研究院、中航复合材料有限责任公司、北京化工大学。

本标准主要起草人：王岭、崔郁、刘俊先、翟全胜、叶宏军、彭公秋、张为芹。

本标准所代替标准历次版本发布情况为：

- GB/T 3362—1982、GB/T 3362—2005。

碳纤维复丝拉伸性能试验方法

1 范围

本标准规定了碳纤维复丝拉伸性能试验方法的仪器和设备、试样、试验条件、试验步骤、试验结果计算和试验报告。

本标准适用于 1 K~24 K 碳纤维复丝浸胶固化后拉伸强度、拉伸弹性模量、断裂伸长率的测定。

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 30019 碳纤维 密度的测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

复丝 multifilament

长丝的一种,由多孔喷丝板纺出细丝或并合而成的有捻或无捻丝束。

4 仪器和设备

4.1 试验机:应符合 GB/T 1446 的规定,并能自动记录载荷-位移曲线。

4.2 引伸计:引伸计的重量不影响测量精度,其测量精度应符合 GB/T 1446 的规定。

4.3 夹具:与试验机相连时,应确保试样受拉时对中;夹具应适合于夹持纸质加强片的试样,宜采用气动夹具。

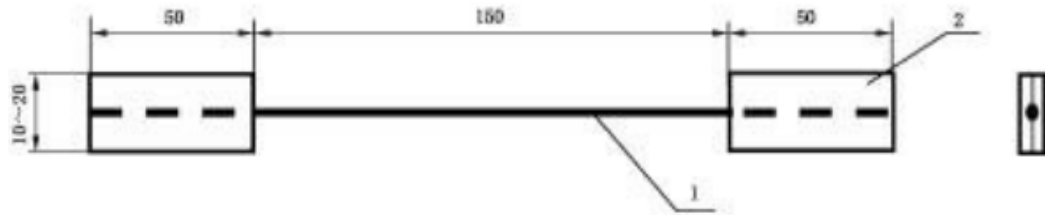
4.4 烘箱:温度满足试样固化要求,控温精度不低于 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5 试样

5.1 试样数量、形状及尺寸

5.1.1 每组试验测 10 个试样。每组测试有效试样应不少于 6 个。

5.1.2 试样形状及尺寸如图 1 所示。



说明:

1——碳纤维复丝;

2——加强片。

图 1 试样的形状及尺寸示意图

5.2 试样制备

5.2.1 试样由碳纤维复丝浸渍环氧树脂胶液制成,树脂胶液的配方参见附录 A。

5.2.2 碳纤维复丝可用手工法或机器法浸胶,手工法浸胶参见附录 A。

5.2.3 碳纤维复丝浸胶固化后,按试样尺寸裁剪。试样应浸胶均匀、光滑、平直、无缺陷。复丝浸胶制成的试样,树脂含量应控制在 35%~50% 的范围内。

5.2.4 用纸片或纸板作为加强片粘结在试样两端。对 6 K 以下的碳纤维复丝试样,可选用 0.2 mm~0.5 mm 厚的纸片或纸板;6 K 及以上碳纤维复丝试样,可选用 0.3 mm~1.0 mm 厚的纸片或纸板。可用室温固化的环氧类胶粘剂粘贴加强片。

6 试验条件

6.1 试验环境应符合 GB/T 1446 中的规定。

6.2 加载速率为 1 mm/min~20 mm/min。仲裁试验加载速率为 10 mm/min。

7 试验步骤

7.1 按 5.2.3 的规定检查试样外观。

7.2 设置试验机测量模式、参数,可在 1 mm/min~20 mm/min 范围内选择试验机加载速率;设置数据采集和记录模式、参数。检查并调整设备,确保系统处于正常工作状态。

7.3 装夹试样,使复丝与上下夹头的加载轴线重合。

7.4 对试样施加初始载荷(约为破坏载荷的 5%),检查并调整试样。

7.5 测试拉伸弹性模量时,在试样上装载引伸计,接触式卡口不应在试样造成损伤。

7.6 启动试验机和数据采集设备,当试样应变达到表 1 应变取值范围上限时,卸载引伸计,卸载时不应在试样造成损伤,测试试样直至破坏。记录破坏载荷(或最大载荷),以及试样的破坏形式。若试样破坏出现以下情况应判定无效:

- a) 试样部分断裂;
- b) 试样在加强片处拔出;
- c) 试样破坏在夹具内或试样断裂处离夹紧处的距离小于 10 mm。

7.7 同批有效试样不足 6 个时,应重新进行试验。

表 1 弹性模量测量时应变取值范围

复丝断裂伸长率(ϵ)典型值	应变取值范围($\epsilon_1 \sim \epsilon_2$)
$\epsilon \geq 1.2\%$	0.1%~0.6%
$0.6\% \leq \epsilon < 1.2\%$	0.1%~0.3%
$0.3\% \leq \epsilon < 0.6\%$	0.05%~0.15%

8 试验结果计算

8.1 拉伸强度

拉伸强度按式(1)计算:

$$\sigma_t = \frac{P}{A_f} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

σ_t —— 拉伸强度,单位为兆帕(MPa);

P —— 破坏载荷,单位为牛顿(N);

A_f —— 碳纤维复丝截面积,单位为平方毫米(mm²),按式(2)计算:

$$A_f = \frac{t}{\rho_f} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

t —— 复丝的线密度,按附录 B 测定,单位为克每米(g/m);

ρ_f —— 复丝的密度,按 GB/T 30019 测定,单位为克每立方厘米(g/cm³)。

8.2 拉伸弹性模量

拉伸弹性模量按式(3)计算:

$$E_t = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

E_t —— 拉伸弹性模量,单位为吉帕(GPa);

ϵ_1 —— 弹性模量测量时应变取值范围的应变下限,%,取值见表 1;

ϵ_2 —— 弹性模量测量时应变取值范围的应变上限,%,取值见表 1;

σ_1 —— 应力-应变曲线上 ϵ_1 对应的应力,单位为兆帕(MPa),按式(4)计算;

σ_2 —— 应力-应变曲线上 ϵ_2 对应的应力,单位为兆帕(MPa),按式(5)计算:

$$\sigma_1 = \frac{P_1}{A_f} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

P_1 —— 应力-应变曲线上 ϵ_1 对应的载荷,单位为牛顿(N);

A_f —— 碳纤维复丝截面积,单位为平方毫米(mm²);

$$\sigma_2 = \frac{P_2}{A_f} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

P_2 ——应力-应变曲线上 ϵ_2 对应的载荷,单位为牛顿(N);

A_f ——碳纤维复丝截面积,单位为平方毫米(mm^2)。

8.3 断裂伸长率

断裂伸长率由拉伸强度和拉伸弹性模量计算得到,按式(6)计算:

$$\epsilon_t = \frac{\sigma_t}{E_t} \times 0.1 \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

ϵ_t ——断裂伸长率,%;

σ_t ——应力-应变曲线上 ϵ_t 对应的应力,单位为兆帕(MPa);

E_t ——拉伸弹性模量,单位为吉帕(GPa)。

8.4 算术平均值、标准差和离散系数

按 GB/T 1446 的规定计算算术平均值、标准差和离散系数。

9 试验报告

试验报告中应至少包括以下内容:

- a) 本标准编号;
- b) 纤维的生产厂、类型和牌号;
- c) 试验环境条件;
- d) 加载速率;
- e) 试验结果,包括拉伸强度、拉伸弹性模量、断裂伸长率以及线密度、密度等;
- f) 试验人员、试验日期及其他需要说明的情况。

附录 A (资料性附录)

碳纤维复丝浸渍用树脂胶液配制及手工浸胶方法

A.1 环境

树脂胶液配制和手工浸胶制样应在相对湿度不大于 50% 的环境下进行。

A.2 树脂胶液选择原则

树脂应与碳纤维表面或其表面上浆剂相容性良好,固化后树脂的断裂伸长率应大于碳纤维的断裂伸长率。通常使用环氧体系,推荐的四种树脂胶液及其配制和固化工艺见 A.3。

A.3 树脂胶液的配制及固化工艺

A.3.1 F-48 酚醛环氧树脂每 10 g 加三氟化硼-单乙胺固化剂 0.3 g,以丙酮作溶剂,配制得到均匀的碳纤维浸渍胶液。胶液的固化条件为 $(170\pm 5)^{\circ}\text{C}$,不少于 30 min。固化后树脂的断裂伸长率为 2.2%(典型值)。

A.3.2 E-44 环氧树脂每 10 g 加三乙烯四胺固化剂 1 g,以丙酮作溶剂,配制得到均匀的碳纤维浸渍胶液。胶液的固化条件为 $(120\pm 5)^{\circ}\text{C}$,不少于 60 min。固化后树脂的断裂伸长率为 2.3%(典型值)。

A.3.3 E-51 环氧树脂每 10 g 加三乙烯四胺固化剂 1 g,以丙酮作溶剂,配制得到均匀的碳纤维浸渍胶液。胶液的固化条件为 $(120\pm 5)^{\circ}\text{C}$,不少于 60 min。固化后树脂的断裂伸长率为 2.1%(典型值)。

A.3.4 E-44(或 E-51)环氧树脂每 10 g 加醚胺类固化剂 3 g,以丙酮作溶剂,配制得到均匀的碳纤维浸渍胶液。胶液的固化条件为室温固化不少于 24 h。固化后树脂的断裂伸长率为 2.6%(典型值)。

A.4 碳纤维复丝手工浸胶

A.4.1 剪取一定长度的碳纤维复丝,放入环氧树脂胶液中浸泡 2 min~4 min。浸过胶的复丝,除去多余的胶液,固定在挂丝架上,使复丝拉直绷紧在框架上,室温下晾干。也可以采用先固定复丝后浸渍胶液的方式。

A.4.2 把固定在挂丝架的复丝放入烘箱内固化,固化条件由树脂体系决定。

A.4.3 按图 1 尺寸截取复丝。

附 录 B
(规范性附录)
碳纤维复丝线密度测定方法

B.1 范围

本附录适用于碳纤维复丝的线密度测定。

B.2 仪器和设备

B.2.1 钢尺:最大长度不小于 1 m,最小分度值 1 mm。

B.2.2 电子天平:最小分辨力 0.1 mg。

B.3 试验步骤

B.3.1 把碳纤维复丝拉直,截取三根 1 m 长的复丝,测量长度最大允许误差为 ± 1 mm。

B.3.2 用电子天平称量样品,精确到 0.1 mg。取三根碳纤维复丝样品测量结果的算术平均值,作为碳纤维复丝线密度。
