



中华人民共和国国家标准

GB/T 26749—2022

代替 GB/T 26749—2011

碳纤维 浸胶纱拉伸性能的测定

Carbon fibre—Determination of tensile properties of resin-impregnated yarn

2022-07-11 发布

2023-02-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 1

5 原理 1

6 仪器设备和材料 2

7 试样 3

8 试验条件 4

9 试验步骤 4

10 试验数据处理..... 5

11 试验报告..... 6

附录 A（资料性） 热固性树脂体系及手工浸胶方法 8

附录 B（资料性） 浸胶设备示例 10

附录 C（资料性） 引伸计 12

附录 D（资料性） 加强片和加强片制备装置 13

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。

本文件代替 GB/T 26749—2011《碳纤维 浸胶纱拉伸性能的测定》，与 GB/T 26749—2011 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了适用范围(见第1章,2011年版的第1章)；
- b) 更改了术语和定义(见第3章,2011年版的第3章)；
- c) 增加了最大载荷时应变的符号(见第4章)；
- d) 删除了方法B(见2011年版的第5章、10.2.2)；
- e) 增加了固化炉控温精度要求(见6.3)；
- f) 增加了夹具要求(见6.4.3)；
- g) 更改了试样数量(见7.1,2011年版的7.1)；
- h) 更改了试样长度要求(见7.2,2011年版的7.2)；
- i) 更改了树脂含量要求(见7.5.3,2011年版的7.5.2)；
- j) 增加了树脂含量样品测定数量要求(见7.5.3)；
- k) 更改了试验速度相关内容(见9.1,2011年版的9.1)；
- l) 增加了试验预载荷相关要求(见9.4)；
- m) 增加了试样破坏形式、无效试验判定相关规定和示意图(见9.7)；
- n) 增加了试验报告中试验速度、是否去除上浆剂等记录要求(见第11章)；

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。

本文件由全国碳纤维标准化技术委员会(SAC/TC 572)提出并归口。

本文件起草单位：南京玻璃纤维研究设计院有限公司、南京国材检测有限公司、安徽佳力奇先进复合材料科技股份公司、中国石化上海石油化工股份有限公司、常州启赋安泰复合材料科技有限公司、江苏集萃碳纤维及复合材料应用技术研究院。

本文件主要起草人：郝郑涛、马丹、崔军、黄英、孙闪闪、师卓、方允伟、路强、陈博武、侯伟、张晋华、周妍、文治天、李俊、陈建明、冯冠铭、铁建成。

本文件于2011年首次发布，本次为第一次修订。

碳纤维 浸胶纱拉伸性能的测定

1 范围

本文件规定了碳纤维浸胶纱拉伸强度、拉伸弹性模量和拉伸应变的测定方法。
本文件适用于碳纤维纱线。

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必不可少的条款。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 1040.1 塑料 拉伸性能的测定 第1部分:总则
GB/T 7690.1 增强材料 纱线试验方法 第1部分:线密度的测定
GB/T 29761 碳纤维 上浆剂含量的测定
GB/T 30019 碳纤维 密度的测定
GB/T 40724 碳纤维及其复合材料术语

3 术语和定义

GB/T 1040.1 和 GB/T 40724 界定的术语和定义适用于本文件。

4 符号

下列符号适用于本文件。

A_f : 纱线横截面积,单位为平方毫米(mm^2)。
 E_f : 拉伸弹性模量,单位为吉帕(GPa)。
 F_f : 最大拉伸载荷,单位为牛顿(N)。
 L_0 : 引伸计标距,单位为毫米(mm)。
 T_d : 纱线的线密度,单位为特克斯(tex)。
 T_a : 浸胶纱的线密度,单位为特克斯(tex)。
 σ_f : 拉伸强度,单位为兆帕(MPa)。
 ρ_f : 纱线密度,单位为克每立方厘米(g/cm^3)。
 ϵ_c : 计算得到的最大载荷时拉伸应变。
 ϵ_E : 引伸计测得的最大载荷时拉伸应变。
 ΔF : 对应于标距间试样的变形量 ΔL 的载荷变化值,单位为牛顿(N)。
 ΔL : 标距间的试样对应于载荷变化 ΔF 的变形量,单位为毫米(mm)。

5 原理

纱线均匀浸胶并固化后,在适当的机械装置的匀速加载下,拉伸至断裂。根据拉伸应力-应变曲

线,计算拉伸强度,拉伸弹性模量和最大载荷时拉伸应变。

拉伸弹性模量是应力变化量与对应的应变变化量之比。碳纤维纱的应力-应变呈非线性关系,因此应定义割线模量。通常用两个应变点来定义。线密度和上浆剂含量应单独测得。

6 仪器设备和材料

6.1 树脂

树脂黏度应满足纱线能充分且均匀地浸渍。树脂固化后的断裂应变应至少是纤维的两倍。推荐在浸渍过程中黏度低于 $1\,000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 的热固性环氧树脂系统(见附录 A)。树脂配方应有详细的规定,并取得生产方和使用方的一致同意。

6.2 浸胶设备

6.2.1 可采用手工法或机械法制备试样,机械法浸胶设备(见附录 B)应包括 6.2.2~6.2.5 中的装置。

6.2.2 纱筒固定装置:带有纱线张力调节器。

6.2.3 浸胶槽:带有温控器、浸胶辊或纱线张力棒。

6.2.4 外表包覆织物、纸或毡的辊轮,或钢模,以便除去纱线上多余的树脂。

6.2.5 浸胶纱卷绕装置:最好是木制的或金属材质包覆橡胶制成。

6.3 温控固化炉

带有鼓风的温控固化炉,以便使树脂均匀固化。固化炉温度应能满足树脂固化温度要求,且控温精度不低于 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.4 拉伸试验机

6.4.1 有恒定速率的拉伸试验机,配有载荷和伸长曲线的记录装置。载荷读数的精度应高于测定值的 1%。夹具系统应确保试样中心线与试验机中心一致。

6.4.2 拉伸试验机应配有引伸计,与一个连续装置相连接,以自动记录标距内试样的伸长。引伸计宜轻,以使其施加给试样的应力可忽略不计。

引伸计的标距应大于或等于 50 mm,推荐标距 100 mm,测量误差小于 $\pm 1\%$ 。

在规定的测量范围内,引伸计的线性度偏离允差不超过 0.1%。

推荐的引伸计见附录 C。可用其他应变测试仪,如光学或激光应变仪。

6.4.3 夹具应适合夹持试样(带加强片或不带加强片),宜采用气动或液压夹具。对于不带加强片的试样,夹具的夹持面应选择粘贴弹性适度,摩擦系数高的片材,例如硬质橡胶板;对于带加强片试样,通常选用锯齿状钳口。

6.5 天平

最小分度值不大于 0.1 g。

6.6 直尺

量程不小于 500 mm 的刻度尺或其他测量装置,最小分度值 1 mm。

7 试样

7.1 试样数量

应制备足够的试样,以确保 6 个有效数据。若试样在夹具或加强片内破坏,或由引伸计引起的破坏,应予以作废,重新取样进行试验。

7.2 试样长度

试样可带加强片或不带加强片进行试验。试样长度应不小于 250 mm;带加强片的试样,加强片之间的试样长度应为 (150 ± 5) mm。

7.3 试样浸胶

7.3.1 为控制树脂含量且不损坏纤维,可采用手工法和机械法浸胶,推荐使用机械法。

7.3.2 手工法浸胶参见附录 A。

7.3.3 机械法浸胶按下列步骤使用 6.2 中的浸胶装置:

- a) 将纱筒置于纱筒固定装置(见 6.2.2)上;
- b) 将树脂倒入浸胶槽(见 6.2.3)中,调节温度和黏度至规定值;
- c) 将纱线通过浸胶槽和辊轮或钢模(见 6.2.4),保证充分浸胶;
- d) 调节卷绕张力,卷绕张力取决于每个实验室的经验,推荐张力不大于纱线断裂强力的 1%;
- e) 将浸胶纱依次间隔卷绕在框架(见 6.2.5)上;
- f) 将框架放入温控固化炉(见 6.3)内;
- g) 按树脂制造商要求进行固化;
- h) 树脂固化后,从温控固化炉中取出框架,剪取足够数量的浸胶纱试样;
- i) 按 7.5 的规定选择试样。

7.4 同卷纱线线密度和密度的测定

7.4.1 纱线线密度,按 GB/T 7690.1 进行测定。

7.4.2 纱线上浆剂含量,按 GB/T 29761 进行测定。

7.4.3 碳纤维密度,按 GB/T 30019 进行测定。

7.5 试样选择

7.5.1 使用适合的器具检查每个试样,试样应平直、光滑均匀,没有断纱、树脂脱落和纤维错位等缺陷。

7.5.2 用直尺(见 6.6)测量试样的长度,在剪取规定长度的试样后及粘贴加强片前,用天平(见 6.5)称取试样质量,通过质量除以长度计算浸胶纱试样线密度。

7.5.3 按式(1)计算试样树脂含量:

$$W = \frac{T_{ii} - T_{if}}{T_{ii}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- W ——试样树脂含量,%;
- T_{ii} ——浸胶纱试样线密度,单位为特克斯(tex);
- T_{if} ——纱线线密度,单位为特克斯(tex)。

每组试样数量不少于 3 个,计算树脂含量平均值。试样的树脂质量含量应为 35%~60%,如果树脂含量在接受范围限外,则应核实该组所有试样的树脂含量。

7.6 带加强片试样的制备

在使用加强片的情况下,夹具长度应至少 30 mm,加强片及加强片制备装置参见附录 D。推荐使用纸板作用加强片,用室温固化的环氧类胶黏剂粘贴。

8 试验条件

试验前,将试样在 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $(50\pm 10)\%$ 的试验室环境中放置不少于 24 h。在同样环境下测试。

9 试验步骤

9.1 设置试验速度,最大速度 250 mm/min。推荐加载速度为 1 mm/min~20 mm/min,仲裁试验加载速度为 10 mm/min。

9.2 安装适合的夹具,调节夹具间的距离至 $(150\pm 5)\text{mm}$;对不带加强片的试样如试验中发现试样滑移,可在试样和夹具间加入砂纸。

9.3 将试样放入夹具内装夹,使试样与上下夹头的加载轴线重合。

9.4 检查并调整试样,对试样施加预载荷。依据表 1,通过预估模量和横截面积来确定预载荷范围。

表 1 最大预加载荷

纤维最大载荷时拉伸应变典型值 ϵ	最大预载荷对应应变
$\epsilon \geq 1.2$	0.02
$\epsilon < 1.2$	0.01

%

9.5 测试拉伸弹性模量和应变时,应小心将引伸计固定在试样上。

9.6 启动试验机和记录仪,对试样持续加载,直至试样破坏。如试验过程中需摘除引伸计,摘除时不应対试样造成损伤。

9.7 记录试样破坏模式。若出现以下破坏情况(见图 1)应判定无效,重新取样进行试验:

- 试样部分纤维断裂;
- 试样在加强片处拔出;
- 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;
- 由引伸计引起的破坏。

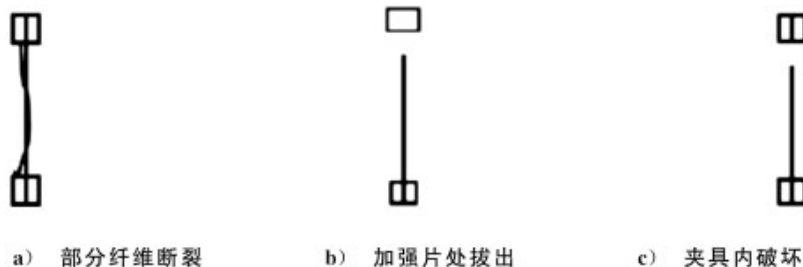


图 1 无效断裂模式示意图

10 试验数据处理

10.1 拉伸强度

按式(2)计算每个试样的拉伸强度,纱线的横截面积通过式(3)计算得出。

$$\sigma_f = \frac{F_f}{A_f} \dots\dots\dots (2)$$
$$A_f = \frac{T_{ef}}{\rho_f} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

σ_f ——拉伸强度,单位为兆帕(MPa);

F_f ——最大拉伸载荷,单位为牛顿(N);

A_f ——纱线横截面积,单位为平方毫米(mm²);

T_{ef} ——按 GB/T 7690.1 测定不含上浆剂的纱线线密度,单位为特克斯(tex);

ρ_f ——按 GB/T 30019 测定的纱线密度,单位为克每立方厘米(g/cm³)。

若上浆剂含量很低,不引起显著差异,则纱线的线密度和密度可以采用不除去上浆剂的试样进行测定。

以所有试样的拉伸强度算术平均值作为报告值;若产品规范或试验委托方要求时,计算标准差和变异系数。

10.2 拉伸弹性模量

拉伸弹性模量(图 2)按式(4)计算:

$$E_f = \frac{\Delta F}{A_f} \times \frac{L_0}{\Delta L} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

E_f ——拉伸弹性模量,单位为吉帕(GPa);

ΔF ——对应于表 2 中给出的应变范围内的载荷增量,单位为牛顿(N);

A_f ——纱线横截面积,单位为平方毫米(mm²)(见公式 3);

L_0 ——引伸计标距,单位为毫米(mm);

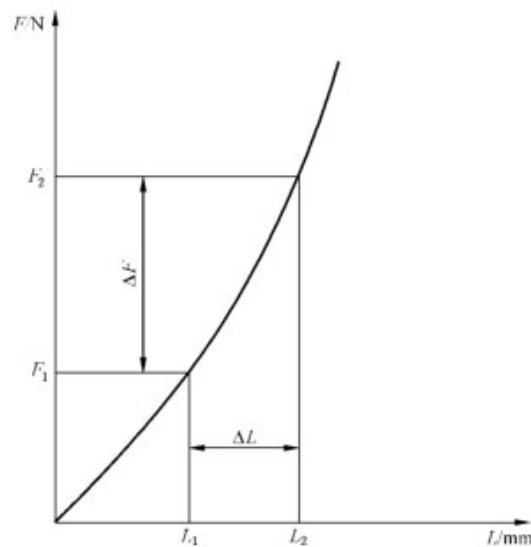
ΔL ——对应于表 2 中的应变范围,试样在引伸计标距范围内的长度变化量,单位为毫米(mm)。

表 2 纤维类别和应变极限的关系

%

纤维最大载荷时拉伸应变典型值 ϵ	应变范围
$\epsilon \geq 1.2$	0.1~0.6
$0.6 \leq \epsilon < 1.2$	0.1~0.3
$0.3 \leq \epsilon < 0.6$	0.05~0.15
注:典型的断裂应变值(最大载荷时拉伸应变)可由引伸计测定,也可由拉伸强度和模量进行计算得到。	

以所有试样拉伸弹性模量的算术平均值作为报告值;若产品规范或试验委托方要求时,计算标准差和变异系数。



标引符号说明：
 L —— 伸长；
 F —— 载荷；
 ΔL —— 弹性段的伸长增量；
 ΔF —— 弹性段的载荷增量。

图 2 拉伸试验过程中的载荷和位移曲线

10.3 最大载荷时拉伸应变

10.3.1 最大载荷时拉伸应变由引伸计测得或由拉伸强度和拉伸弹性模量计算得到,用百分率表示。

10.3.2 由引伸计测得的最大载荷时拉伸应变按式(5)计算：

$$\epsilon_E = \frac{L_U - L_0}{L_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：
 ϵ_E —— 引伸计测得的最大载荷时拉伸应变，%；
 L_U —— 最大载荷时引伸计的有效长度,单位为毫米(mm)；
 L_0 —— 引伸计标距,单位为毫米(mm)。

10.3.3 由拉伸强度和拉伸弹性模量计算得到最大载荷时拉伸应变按式(6)计算：

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

式中：
 ϵ_c —— 计算得到的最大载荷时拉伸应变，%；
 σ_t —— 拉伸强度,单位为兆帕(MPa)；
 E_t —— 拉伸弹性模量,单位为吉帕(GPa)(见 10.2)。

10.3.4 以所有试样最大载荷时拉伸应变的算术平均值作为报告值,若产品规范或试验委托方要求时,计算标准差和变异系数。

11 试验报告

试验报告包括以下内容：

- a) 本文件编号；
- b) 所有有关试验用纱线的必要的详细资料；
- c) 纱线线密度,以及是否去除上浆剂；
- d) 纱线密度,以及是否去除上浆剂；
- e) 最大载荷时的拉伸应变是计算得到的还是引伸计直接测定的；
- f) 试样数量,包括废弃数量；
- g) 试验速度；
- h) 拉伸强度,拉伸弹性模量和最大载荷时拉伸应变,如要求,应给出单值；
- i) 拉伸弹性模量计算方法；
- j) 其他可影响试验结果的任何细节。

附 录 A
(资料性)
热固性树脂体系及手工浸胶方法

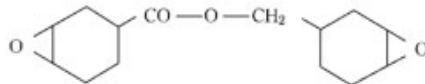
A.1 热固性树脂体系

热固性树脂体系见表 A.1。

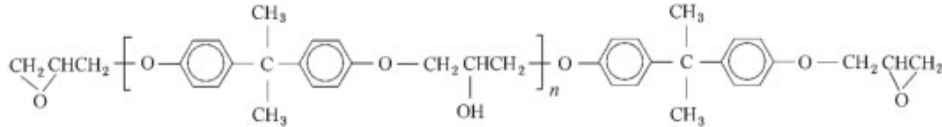
表 A.1 热固性树脂体系

序号	树脂体系	质量/g	固化条件
1	3,4 环氧基环己基 3,4 环氧基环己基羧酸酯 ^a	100	125 ℃ 1 h 或 130 ℃ 30 min
	三氟化硼单乙胺(BF ₃ MEA)	3	
	2-丙酮或乙醇	4	
2	双酚 A 二缩水甘油醚 ^b , 25 ℃ 时黏度为 11 000 mPa · s ~ 14 000 mPa · s, 环氧当量为 184 g/mol ~ 194 g/mol	100	室温 10 h, 90 ℃ 2 h 再 150 ℃ 4 h 或室温 10 h, 100 ℃ 2 h 再 150 ℃ 2 h
	甲基纳迪克酸酐 ^c	90	
	二甲基苄胺	1 ~ 2	
	2-丙酮	5	
3	双酚 A 二缩水甘油醚 ^b	100	80 ℃ 2 h, 200 ℃ 1 h 或 80 ℃ 2 h, 150 ℃ 4 h
	甲基四氢苯二甲酸酐	90	
	二甲基苄胺	3 ~ 4	
4	双酚 A 二缩水甘油醚 ^b	100	70 ℃ 3 h 或 80 ℃ 2 h
	二甲基二氨基环己基甲烷	30	
	溶剂	适量	
5	双酚 A 二缩水甘油醚 ^b	100	80 ℃ 1 h, 200 ℃ 2 h
	4-氨基砒	20	
	三氟化硼单乙胺(BF ₃ MEA)	1.5	
	溶剂	适量	
6	双酚 A 二缩水甘油醚 ^b	100	200 ℃ 40 min
	三氟化硼单乙胺(BF ₃ MEA)	3	
	2-丁酮	20	

^a 结构如下:



^b 结构如下:



^c 甲基内亚甲基四氢苯酐。

A.2 手工浸胶方法

A.2.1 剪取一定长度的碳纤维,放入树脂胶液中浸泡 2 min~4 min。浸过胶的纤维除去多余的树脂胶液,固定在挂丝架上,使纤维拉直绷紧在框架上。也可以采用先固定复丝后浸渍胶液的方式。

A.2.2 将框架放入温控固化炉(见 6.3)内。

A.2.3 按树脂制造商要求进行固化。

A.2.4 按 7.2 要求截取试样。

附录 B
(资料性)
浸胶设备示例

浸胶设备示例图见图 B.1。

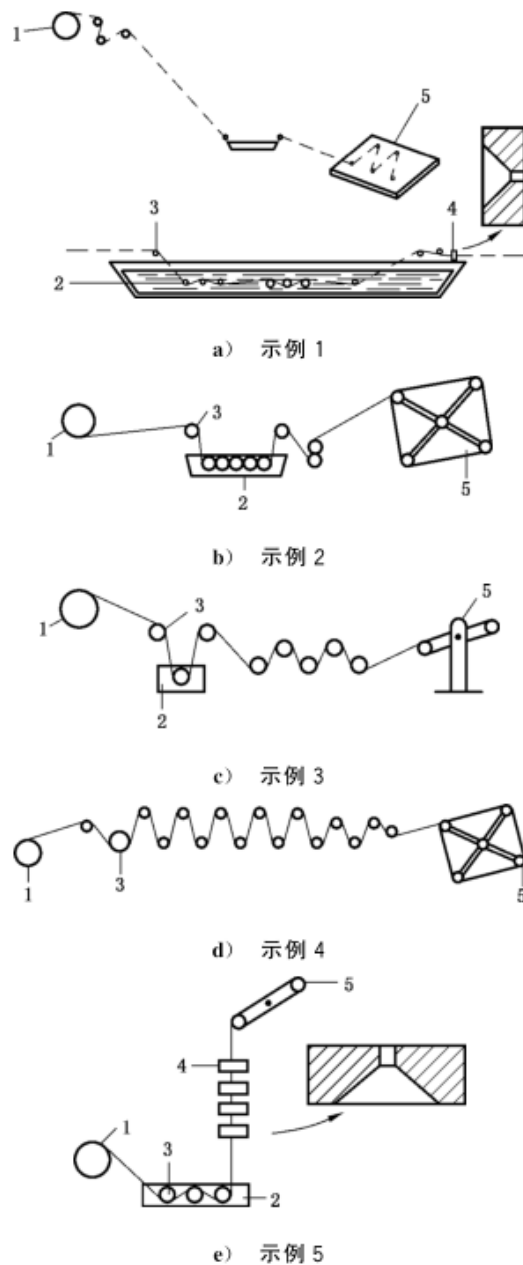
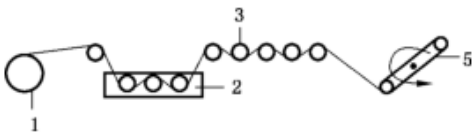


图 B.1 浸胶设备示例图



f) 示例 6

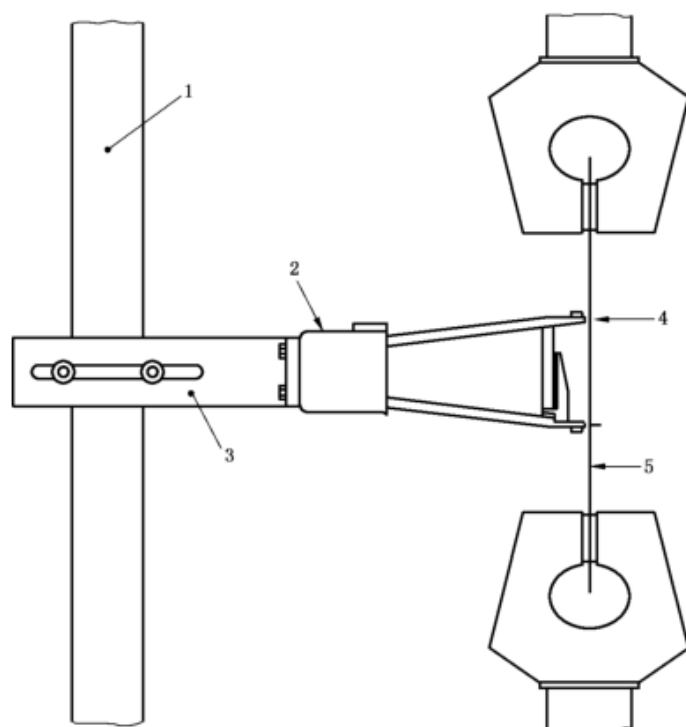
- 标引序号说明：
- 1——纱筒固定装置；
 - 2——浸胶槽；
 - 3——辊轮；
 - 4——钢模；
 - 5——卷绕框架。

图 B.1 浸胶设备示例图（续）

附 录 C
(资料性)
引伸计

推荐使用下列引伸计：

- 固定在拉伸试验机上的自动伺服引伸计；
- 通过安装托架固定在拉伸试验机上的引伸计，见图 C.1；
- 光学或激光应变仪。



标引序号说明：

- 1——拉伸试验机的支架；
- 2——引伸计(通过 4 弹簧或橡皮圈固定在试样上)；
- 3——安装托架；
- 4——弹簧或橡皮圈；
- 5——试样。

图 C.1 固定在拉伸试验机上的引伸计

附录 D
(资料性)
加强片和加强片制备装置

加强片和加强片制备装置见图 D.1～图 D.4。

推荐使用以下几种加强片材料：

- 纸板；
- 金属板；
- 树脂浸胶纺织纤维布；
- 热固性树脂浇注体；
- 热塑性材料。

在使用加强片的情况下，要保证试样平直。热塑性树脂加强片、热固性树脂加强片一般在模具内制备，纸板加强片、金属加强片不需要特别的装置。

单位为毫米

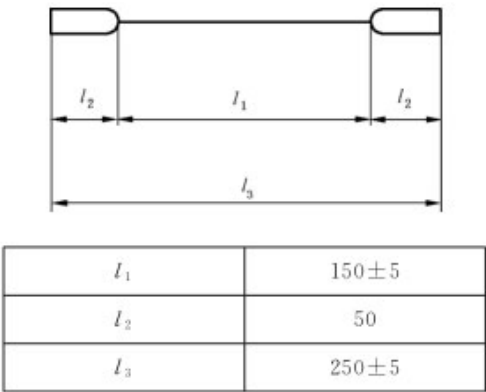


图 D.1 热塑性树脂加强片

单位为毫米

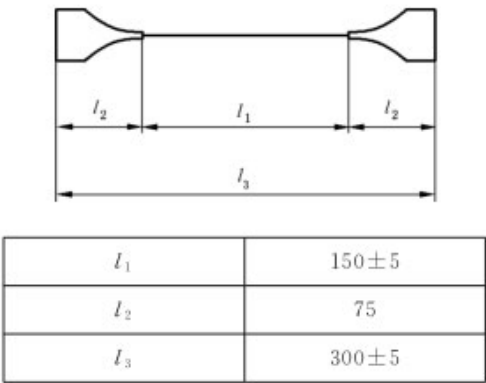


图 D.2 热固性树脂加强片

单位为毫米

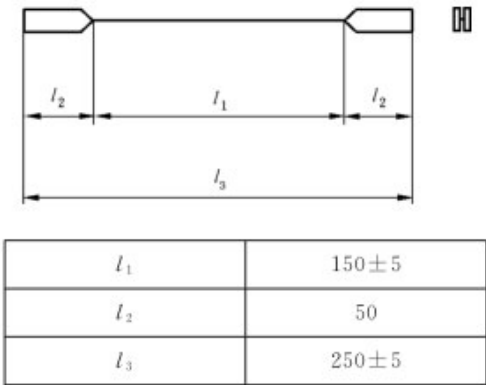
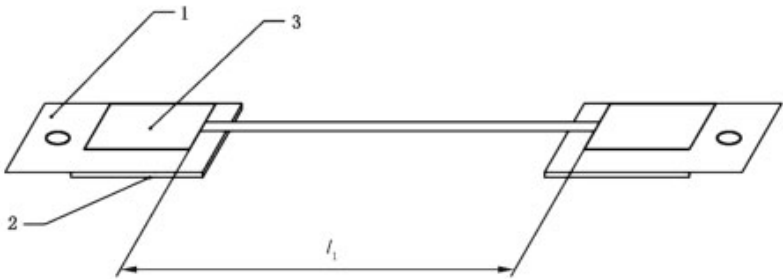


图 D.3 纸板加强片

单位为毫米



a) 金属加强片整体示意图

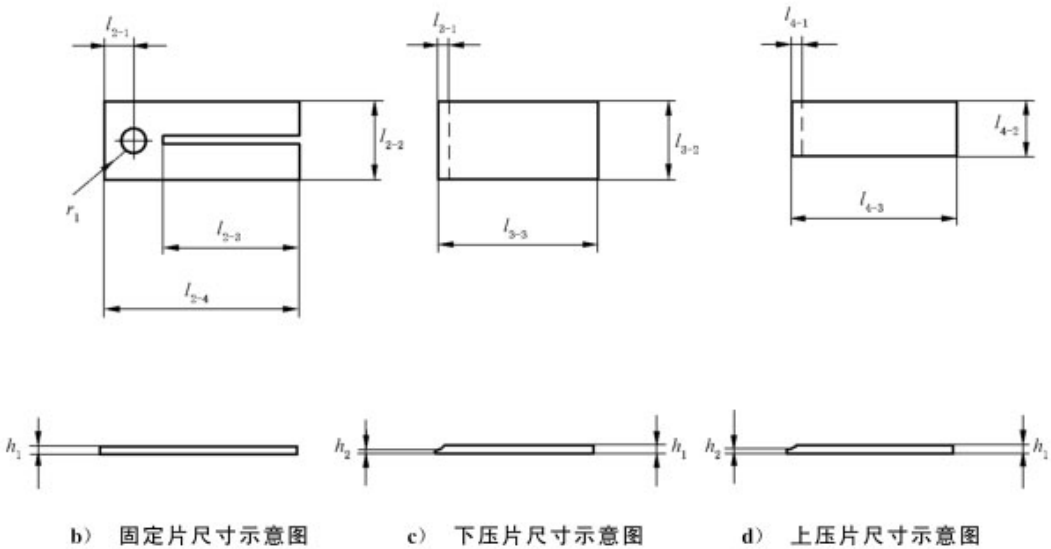


图 D.4 金属加强片

l_1	150±5
l_{2-1}	10
l_{2-2}	30
l_{2-3}	55
l_{2-4}	75
r_1	4.5
l_{3-1}	3
l_{3-2}	30
l_{3-3}	60
l_{4-1}	3
l_{4-2}	20
l_{4-3}	55
h_1	1.5
h_2	0.5

标引序号说明：
1——固定片；
2——下压片；
3——上压片。

图 D.4 金属加强片（续）



中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
碳纤维 浸胶纱拉伸性能的测定
GB/T 26749—2022

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2022年7月第一版

*

书号: 155066 · 1-70495

版权专有 侵权必究



GB/T 26749—2022