



中华人民共和国国家标准

GB/T 1458—2008

代替 GB/T 1458—1988, GB/T 1461—1988, GB/T 2578—1989

纤维缠绕增强塑料环形试样 力学性能试验方法

Test method for mechanical properties of
ring of filament-winding reinforced plastics

2008-06-30 发布

2009-04-01 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

本标准对应于 ASTM D2291-98《玻璃纤维增强树脂基复合材料环形试样制作方法》、ASTM D2290-00《用劈裂圆盘法测定塑料或增强塑料管的环形试样表观拉伸强度试验方法》和 ASTM D2344/D2344M-00《聚合物基复合材料及层压板的短梁剪切强度试验方法》，与 ASTM D2291、ASTM D2290 和 ASTM D2344/D2344M 的一致性程度为非等效，主要差异如下：

- 适用范围不同，适用于玻璃纤维、碳纤维和芳纶纤维缠绕增强塑料环形试样。ASTM D2291 仅提供了玻璃纤维环形试样制作方法；ASTM D2290 适用于增强热固性树脂管和挤出或模压的热塑性管；ASTM D2344/D2344M 适用多向和单向的弧形和平的层合板；
- 试样尺寸较单一；
- 按照汉语习惯对一些编排格式进行了修改；
- 将一些适用于 ASTM 标准的表述改为适用于我国标准的表述。

本标准代替 GB/T 2578—1989《纤维缠绕增强塑料环形试样制作方法》、GB/T 1458—1988《纤维缠绕增强塑料环形试样拉伸试验方法》和 GB/T 1461—1988《纤维缠绕增强塑料环形试样剪切试验方法》。

本标准与 GB/T 2578—1989、GB/T 1458—1988、GB/T 1461—1988 相比主要变化如下：

- 将 GB/T 2578—1989、GB/T 1458—1988、GB/T 1461—1988 合并为一个标准；
- 增加了规范性引用文件(见第 2 章)；
- 增加了方法概述(见第 3 章)；
- 修改了纤维处理条件的叙述方法(GB/T 2578—1989 中的 5.2；本标准的 4.2.2)；
- 补充了剪切试验中试样制备方法的叙述内容(GB/T 1461—1988 中的 3.2；本标准的 5.12)；
- 拉伸试验的试验步骤和计算中补充了有关拉伸弹性模量和纤维体积含量的叙述内容(GB/T 1458—1988 中的 6.2；本标准的 6.3.6、6.3.7 和 6.4.2)；
- 修改了计算公式(GB/T 1458—1988 中的第 6 章；本标准的 6.4)。

本标准的附录 A 为规范性附录。

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归口。

本标准由哈尔滨玻璃钢研究院负责起草。

本标准主要起草人：田晶、张淑萍、丁新静。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 2578—1981、GB/T 2578—1989；
- GB/T 1458—1978、GB/T 1458—1988；
- GB/T 1461—1978、GB/T 1461—1988。

纤维缠绕增强塑料环形试样 力学性能试验方法

1 范围

本标准规定了纤维缠绕增强塑料环形试样力学性能试验的试样制作、剪切试验、拉伸试验和试验报告等。

本标准适用于制作纤维缠绕增强塑料环形试样,并测定纤维缠绕增强塑料环形试样的层间剪切强度、拉伸强度、拉伸弹性模量及其纤维的拉伸强度。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 1446 纤维增强塑料性能试验方法总则

GB/T 2577 玻璃纤维增强塑料树脂含量试验方法

GB/T 3855 碳纤维增强塑料树脂含量试验方法

3 方法概述

3.1 试样制作方法

3.1.1 概述

试样用单环缠绕法或圆筒切环法制作。此两种方法可采用湿法缠绕,也可采用预浸法缠绕,两种缠绕工艺分别见图1、图2。在做性能比较时,应采用同种方法制作。

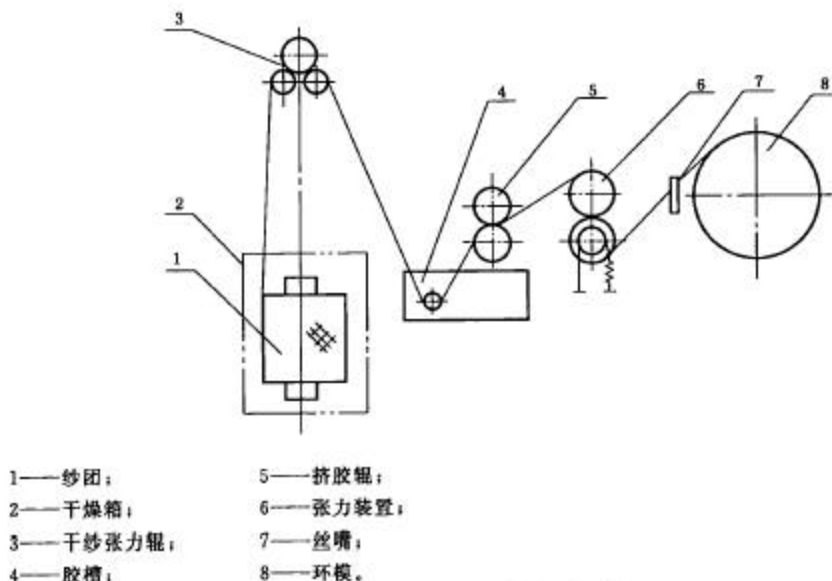


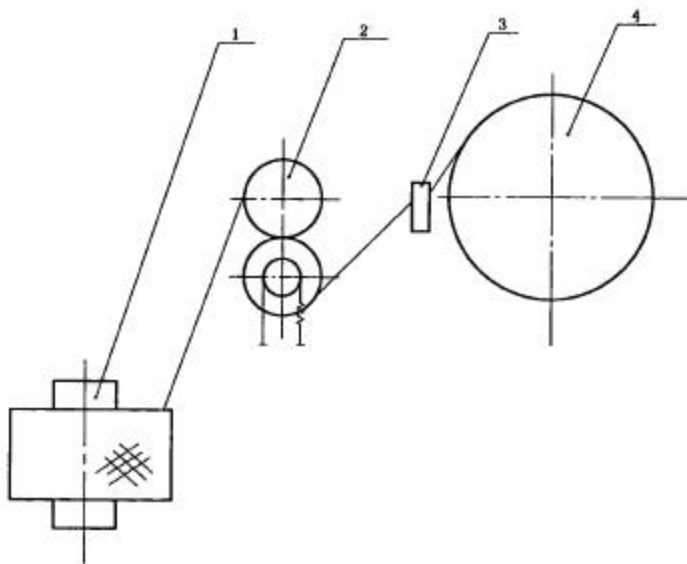
图1 湿法缠绕示意图

3.1.2 单环缠绕法

单环缠绕法按照 5.1.1 或 6.1.1 规定的试样内径尺寸,用单环模具在缠绕机上绕制,经固化、外表面加工、脱模即制得环形试样。

3.1.3 圆筒切环法

圆筒切环法按照 5.1.1 或 6.1.1 规定的试样内径尺寸,用圆筒芯模在缠绕机上绕成圆筒,再经固化、外表面加工、脱模、切割即制得环形试样。



- 1——预浸带团;
- 2——张力装置;
- 3——丝嘴;
- 4——环模。

图 2 预浸法缠绕示意图

3.2 剪切试验方法

将环形试样切成规定尺寸,采用如图 3 所示三点弯曲加载方式施加载荷,记录破坏载荷,计算出试样的剪切强度。

3.3 拉伸试验方法

将环形试样装在试验机的拉力盘上,以规定的加载速度加载拉伸,直至试样破坏,记录破坏载荷,计算强度和模量。

4 试样制作

4.1 设备

4.1.1 缠绕机

缠绕机由纱架、胶槽、张力控制装置,丝嘴和驱动机构等部分组成。

4.1.2 模具和芯模

单环模具见图 3。圆筒切环法的芯模两端应留有适当的接轴,以利于模具装配到缠绕机上。

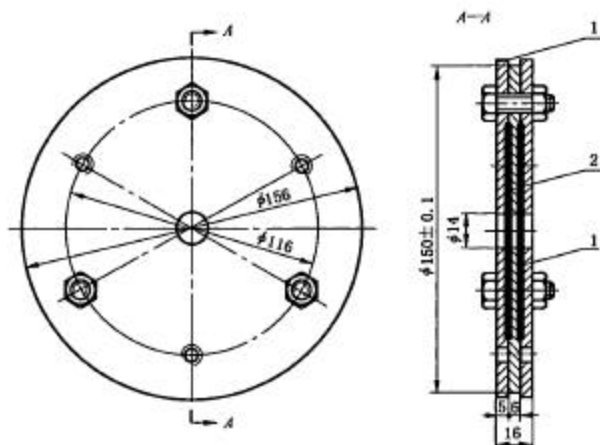
4.1.3 脱模

脱模机可采用合适的压机。

4.1.4 固化

固化装置应具有适当的可控的温度范围,温度控制精度为 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

单位为毫米



- 1——外模;
2——中模。

图3 单环模具示意图

4.2 原材料的贮存和处理条件

4.2.1 贮存

纤维、树脂和固化剂等原材料应按技术要求进行验收和贮存。

4.2.2 处理条件

4.2.2.1 纤维在缠绕前应进行干燥处理。玻璃纤维在 $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中干燥8 h。在不影响表面处理剂条件下,可采用 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 干燥2 h。制备环形试样时,纤维放置环境的相对湿度不大于65%。

4.2.2.2 碳纤维和芳纶纤维放在 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中至少干燥2 h。将经干燥处理的纤维,置于能保持 $70\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱内。

4.3 湿法缠绕工艺

4.3.1 模具准备

把清洗干净的模具或芯模涂上脱模剂。

4.3.2 纱团安装

纱团可立放,也可卧放在纱架上。纤维从纱团拉出时,应保持捻度不变,并施加轻微的张力以防其晃动。

4.3.3 浸胶

纤维从纱团引出,经过导辊,进入有加热装置的胶槽。纤维从胶槽拉出时,在尽量减少纤维磨损的情况下,用挤胶辊或刮胶板等装置将多余的胶除去。

4.3.4 张力控制

把浸过胶的纤维经过一系列导辊,对纤维施加所需的张力。缠绕张力为:玻璃纤维用其纤维断裂强力的5%~8%;芳纶用其纤维断裂强力的3%~4%;碳纤维按工艺要求,以不使纤维损坏为宜。

4.3.5 排纱

纤维排布应均匀,不允许有堆积、离缝等现象。使纤维浸渍均匀,张力稳定,缠绕速度应保证以不大于60 r/min为宜(线速度则为28 m/min)。

4.3.6 固化

环形试样缠绕完毕后,按规定的固化制度进行固化。同批绕制的环形试样固化前存放时间不超过8 h。

4.3.7 加工和脱模

固化后的单环试样,先卸去两侧外模,串在一起用磨削或精车进行表面加工。加工完后,用压机脱去中模。

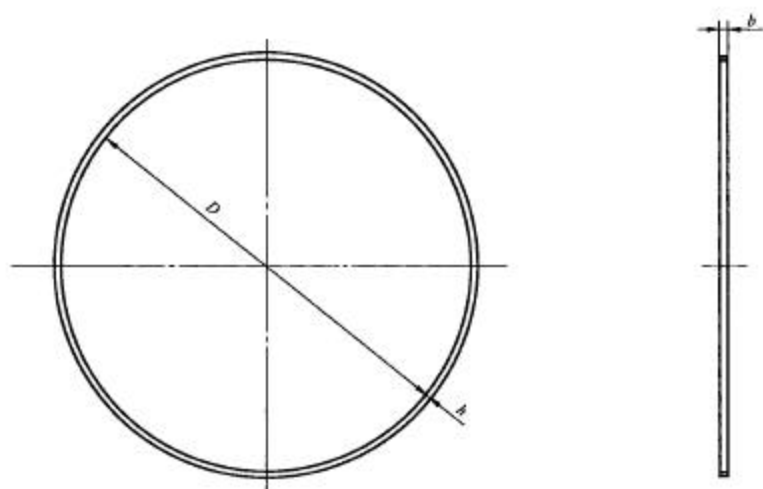
固化后的圆筒,先磨削或精车进行表面加工,再切环脱模。

4.4 预浸法缠绕工艺

预浸法制备试样的程序与湿法缠绕工艺基本相同,但模具的预热温度及预浸带的烘烤条件、缠绕张力、缠绕速度等,需按预浸带所规定的技术条件确定。

4.5 试样的型式

环形试样有I、II两种型式(见图4和表1)。I型试样用于拉伸试验。II型试样用于剪切试验。



D ——内径;

b ——宽度;

A ——厚度。

图4 环形试样

表 1 环形试样型式

单位为毫米

型 式	尺 寸		
	D	b	h
I	150 ± 0.2	6 ± 0.2	1.5 ± 0.1
II	150 ± 0.2	6 ± 0.2	3 ± 0.1

5 剪切试验

5.1 剪切试样

5.1.1 试样尺寸

剪切试样尺寸见图 5。试样长度 L ；玻璃纤维增强塑料为 21 mm~30 mm；碳纤维和芳纶纤维增强塑料为 18 mm~21 mm。

单位为毫米

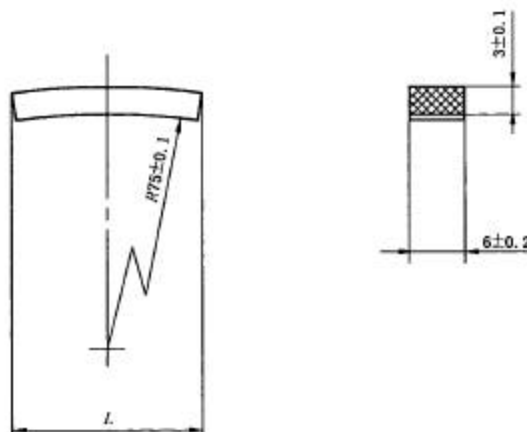


图 5 剪切试样尺寸

5.1.2 试样制备

试样制备按第 4 章的规定。剪切试样由环形试样径向切取，且等量地由 3 个环中切取。

5.1.3 试样数量

每组试样不少于 9 个，且等量地由 3 个环中切取。

5.2 试验条件

5.2.1 实验室环境

实验室环境条件按 GB/T 1446 的规定。

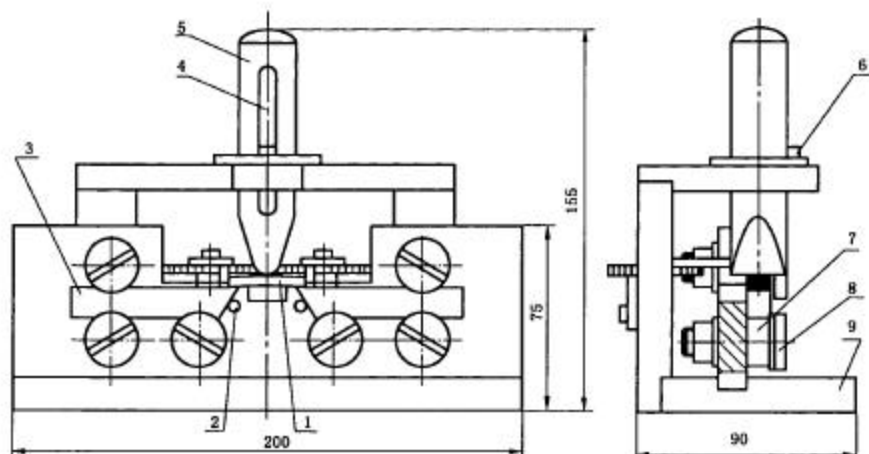
5.2.2 试验设备

试验设备按 GB/T 1446 的规定。

5.2.3 试验夹具

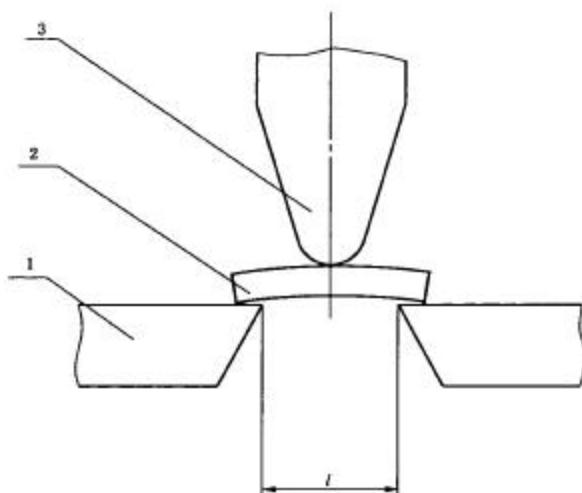
剪切试验夹具应有允许试样自由伸长的支座和自动对中的装置，见图 6。上压头半径为 3 mm。滑动支座间距 l ；玻璃纤维增强塑料为 20 mm；碳纤维和芳纶纤维增强塑料为 11 mm；见图 7。

单位为毫米



- 1—试样；
2—支座跨距定位销；
3—滑动支座；
4—保证加载方向的滑槽；
5—加载杆；
6—键；
7—支座滑动轴承；
8—固定轴承螺帽；
9—底座。

图6 剪切试验夹具



- 1—滑动支座；
2—试样；
3—上压头；
 l —滑动支座间距。

图7 试样加载简图

5.2.4 加载速度

加载速度为 1 mm/min~2 mm/min。

5.3 试验步骤

5.3.1 试样检查按 GB/T 1446 的规定。

5.3.2 试样的状态调节按 GB/T 1446 的规定。

5.3.3 将试样编号。在试样中部和两端共三处,测量试样的宽度和厚度,取算术平均值。测量精度按 GB/T 1446 的规定。

5.3.4 将试样凸面向上放在支座上,上压头与试样接触之轴线垂直于试样长度方向,见图 7。

5.3.5 均匀、连续地对试样施加载荷,记录破坏载荷。若试样发生弯曲、挤压等非层间剪切破坏时,则该试样作废。必须保证同批有效试样不少于 9 个。

5.4 计算

层间剪切强度按式(1)计算:

$$\tau_s = \frac{3p_b}{4b \cdot h} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

τ_s ——层间剪切强度,单位为兆帕(MPa);

p_b ——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)。

5.5 试验结果

试验结果按 GB/T 1446 的规定。

6 拉伸试验

6.1 拉伸试样

6.1.1 试样尺寸

拉伸试样尺寸见图 8。

单位为毫米

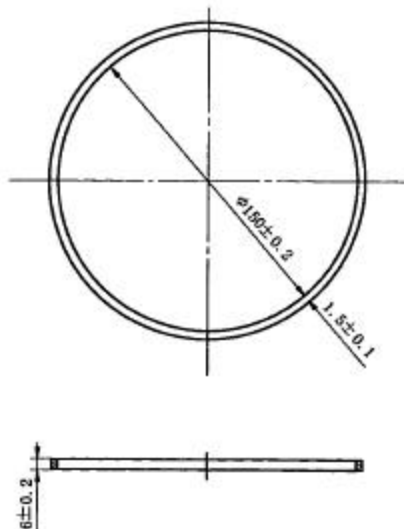


图 8 拉伸试样尺寸

6.1.2 试样制备

试样制备按第4章的规定。

6.1.3 试样数量

试样数量按 GB/T 1446 的规定。

6.2 试验条件

6.2.1 实验室环境

实验室环境条件按 GB/T 1446 的规定。

6.2.2 试验设备

试验设备按 GB/T 1446 的规定。拉伸试验的拉力盘见图9。

单位为毫米

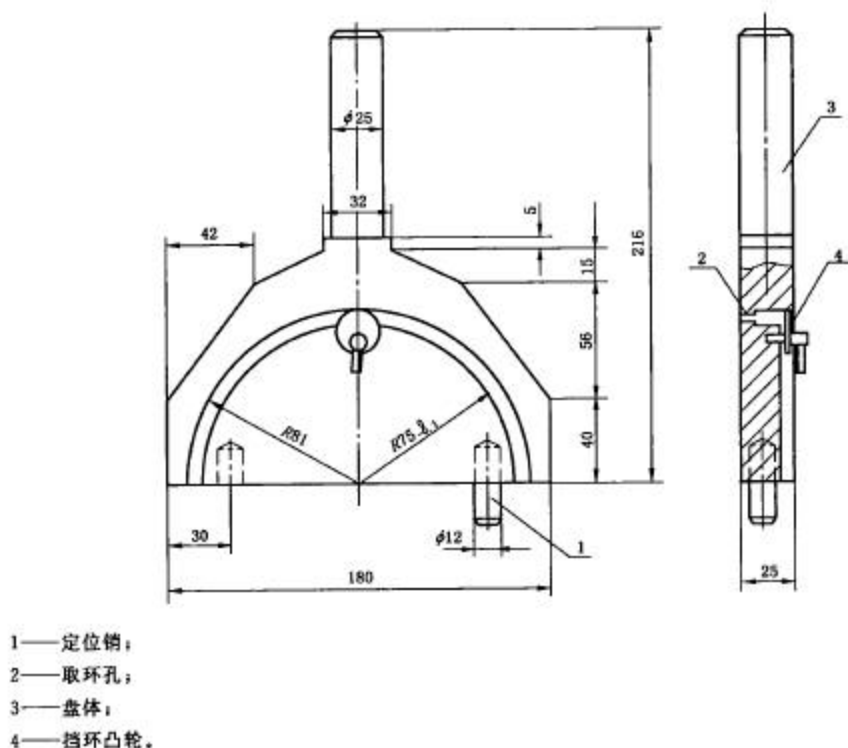


图9 拉伸试验的拉力盘

6.2.3 加载速度

玻璃纤维增强塑料为 3 mm/min ~ 5 mm/min; 碳纤维和芳纶纤维增强塑料为 2 mm/min ~ 3 mm/min。

6.3 试验步骤

6.3.1 试样检查按 GB/T 1446 的规定。

6.3.2 试样的状态调节按 GB/T 1446 的规定。

6.3.3 将试样编号。通过试样圆心划一直线交于环的两侧,并在该处测量试样的宽度和厚度,每侧各量两点,取算术平均值。测量精度按 GB/T 1446 的规定。

6.3.4 将试样装在拉力盘上。试样划线处对准拉力盘的缝隙处,试样与盘的接触表面要加以润滑。

6.3.5 均匀、连续地对试样施加载荷,直到破坏,记录破坏载荷。

6.3.6 测量拉伸弹性模量按附录 A 的规定进行。

6.3.7 纤维体积分含量的测定按 GB/T 2577 和 GB/T 3855 的规定。

6.4 计算

6.4.1 增强塑料拉伸强度

增强塑料拉伸强度按式(2)计算:

$$\sigma_t = \frac{p_b}{2b \cdot h} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

σ_t ——增强塑料拉伸强度,单位为兆帕(MPa);

p_b ——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)。

6.4.2 增强塑料拉伸弹性模量

增强塑料拉伸弹性模量计算按附录 A 的规定进行。

6.4.3 纤维拉伸强度

纤维拉伸强度按式(3)计算:

$$\sigma_f = \frac{p_b}{2b \cdot h \cdot V_f} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

σ_f ——纤维拉伸强度,单位为兆帕(MPa);

p_b ——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);

V_f ——纤维体积分含量, %。

6.5 试验结果

试验结果按 GB/T 1446 的规定。

7 试验报告

试验报告的内容应包括以下各项全部或部分:

- a) 试验项目名称及本标准号;
- b) 原材料的品种及规格;
- c) 环形试样制作时的环境温度和相对湿度;
- d) 缠绕张力、速度;
- e) 模具材料;
- f) 固化制度;
- g) 试样制作人员、日期;
- h) 试样的类型、编号、形状、尺寸、外观质量及数量;
- i) 试验温度、相对湿度及试样状态调节;
- j) 试验设备及仪器仪表的型号、量程及使用情况等;
- k) 试验结果;

给出每个试样剪切性能的单值(必要时,给出每个试样的破坏情况)、算术平均值、标准差及离散系数;

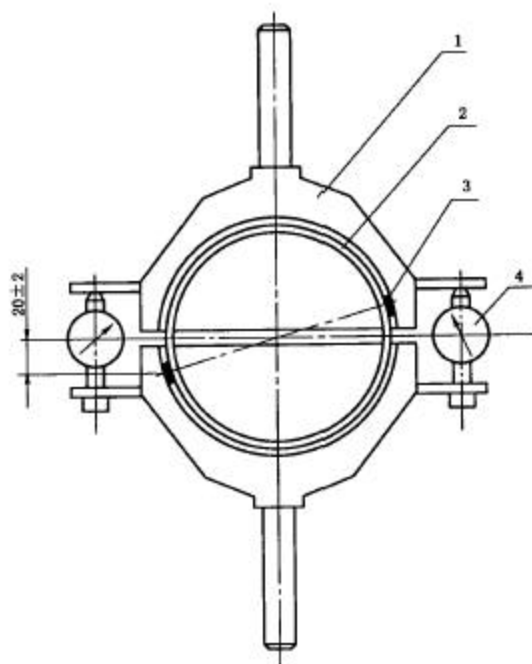
- l) 试验人员、日期及其他。

附 录 A
(规范性附录)
弹性模量的测定

A.1 应变片法

A.1.1 在试样上按图 A.1 粘贴应变片。

单位为毫米



- 1—拉力盘；
2—试样；
3—应变片；
4—变形计。

图 A.1 粘贴应变片位置示意图

A.1.2 加载速度可按方便测量和读取变形而选取。

A.1.3 安装测量变形仪表,施加初载(约破坏载荷的5%),检查仪表;以一定间隔施加载荷(破坏载荷30%~50%),记录应变。有自动记录装置时,可连续加载。

A.1.4 绘制载荷-应变曲线。

A.1.5 弹性模量按式(A.1)计算:

$$E = \frac{\Delta p}{b \cdot h (\Delta \varepsilon_1 + \Delta \varepsilon_2)} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

E——弹性模量,单位为兆帕(MPa);

 Δp ——载荷-应变曲线上初始直线段的载荷增量,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);

$\Delta\epsilon_1$ 、 $\Delta\epsilon_2$ ——分别为对应于载荷增量 Δp 的两侧应变增量。

A.1.6 试样数量按 GB/T 1446 的规定。

A.1.7 试验结果按 GB/T 1446 的规定。

A.2 变形计法

A.2.1 在拉力盘缝隙处两侧对称地安装变形计(见图 A.1)。

A.2.2 按 A.1.2、A.1.3 和 A.1.4 进行操作。

A.2.3 弹性模量按式(A.2)计算:

$$E = \frac{\pi \cdot D \cdot \Delta p}{2b \cdot h(\Delta l_1 + \Delta l_2)} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

E ——弹性模量,单位为兆帕(MPa);

Δp ——载荷-应变曲线上初始直线段的载荷增量,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);

D ——试样直径,单位为毫米(mm);

Δl_1 、 Δl_2 ——分别为对应于载荷增量 Δp 的两侧变形增量,单位为毫米(mm)。

A.2.4 试样数量按 GB/T 1446 的规定。

A.2.5 试验结果按 GB/T 1446 的规定。