

中华人民共和国国家标准

GB/T 6058—2005
代替 GB/T 6058—1985

纤维缠绕压力容器制备和内压试验方法

Test method for preparation and internal pressure testing of
filament-wound pressure vessels

2005-05-18 发布

2005-12-01 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

本标准修改采用 ASTM D2585:1990《纤维缠绕压力容器和内压试验方法》。附录 B 中列出了本标准章条编号与 ASTM D2585:1990 章条编号的对照一览表。

本标准与 ASTM D2585 的主要区别有：

- 本标准采用的压力容器内径为 150 mm，直线段长度为 100 mm；
- 本标准规定的加压速度为(8.0~10.0)MPa/min；
- 本标准采用 SI 单位制。

本标准代替 GB/T 6058—1985《纤维缠绕压力容器和内压试验方法》。

本标准与 GB/T 6058—1985 相比主要变化如下：

- 增加了“范围”一章(见第 1 章)；
- 增加了“规范性引用文件”一章(见第 2 章)；
- 采用 SI 单位制。

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B 为资料性附录。

本标准由中国建筑材料工业协会提出。

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：郭淑齐、侯涤洋、石建军、刘其贤、林国荣。

本标准于 1985 年首次发布，本次为第一次修订。

纤维缠绕压力容器制备和内压试验方法

1 范围

本标准规定了纤维缠绕压力容器的制备方法和内压试验及强度计算。

本标准适用于制备具有规定几何形状的纤维缠绕压力容器试样,并在规定的条件下,进行内压试验,以确定纤维缠绕压力容器的表观拉伸参数。

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

3 方法概要

3.1 砂芯模法

试样在包覆有橡胶内衬的砂芯模上缠绕制成。固化后,用水将砂芯模洗出,进行内压试验。

3.2 钢芯模法

试样在包覆有橡胶内衬并钻有许多小孔的钢芯模上缠绕制成,固化后,同芯模一起进行内压试验。

4 试样

4.1 试样几何形状和尺寸见图 1。

4.2 标准试样:平面缠绕时,极孔直径为 40 mm,筒身段长为 100 mm;螺旋缠绕时,极孔直径为 60 mm,筒身段长为 200 mm。

5 设备

5.1 缠绕机

缠绕机应能按要求进行环向缠绕和螺旋缠绕,或平面缠绕和环向缠绕。

5.2 芯模

5.2.1 砂芯模

砂芯模是一种水溶性芯模,其制备方法见附录 A 中 A.1。

5.2.2 钢芯模

制造钢芯模可用不锈钢或普通钢,制备方法见附录 A 中 A.2。在进行内压试验时,钢芯模留在容器内。芯模可重复使用。

5.3 固化装置

固化装置应具有固化试样所需的温度范围,并有升温、恒温控制装置。固化温度偏差应能控制在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以内。

5.4 试验设备

5.4.1 内压试验系统应保证试验容器的加压速度在 $(8.0\text{ MPa}\sim 10.0\text{ MPa})/\text{min}$ 。

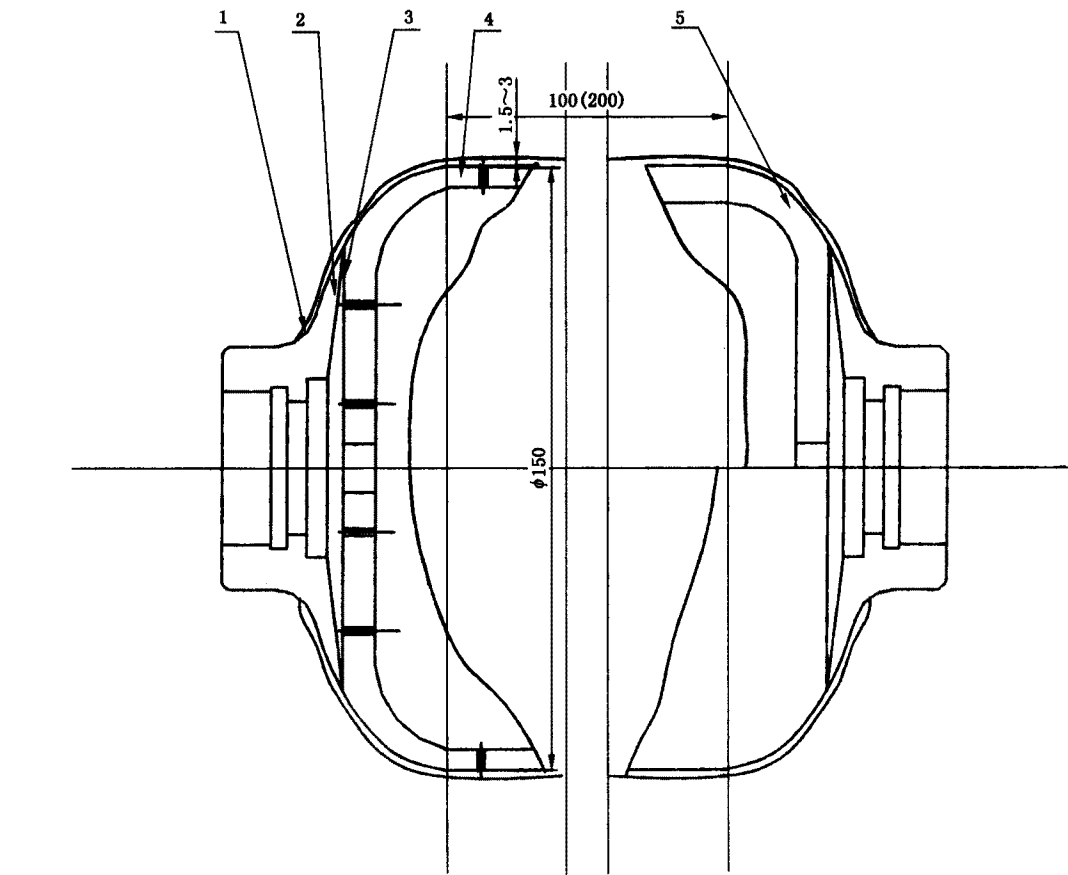
5.4.2 用压力表或压力传感器记录压力,应保证测压精度在 $\pm 1\%$ 范围内。用应变片或引伸仪测量变形。

6 试样的制备

6.1 原材料贮存和条件处理

- 6.1.1 纤维应贮存在干燥的地方。缠绕前按纤维种类进行有关处理。
- 6.1.2 树脂及固化剂按厂方规定的条件存放,超过使用期时,不许使用。

单位为毫米



- 1——缠绕壳体;
- 2——极孔嵌件;
- 3——橡胶内衬;
- 4——钢内衬;
- 5——砂芯模。

注: 图的上半部为两种芯模缠绕成容器后示意图,下半部为内压试验时示意图。

图 1 纤维缠绕压力容器示意图

6.2 芯模处理

- a) 砂芯模:在芯模表面涂胶模剂,包覆橡胶内衬;
- b) 钢芯模:清除芯模表面油污,涂脱模剂,包一层聚酯薄膜,包覆橡胶内衬。

6.3 缠绕与固化

- 6.3.1 在处理好的芯模上安好极孔嵌件(见附录 A 中 A.3)。将芯模装在缠绕机上,测量芯模外径,精确到 0.05 mm,调整缠绕机。
- 6.3.2 按规定的层数和规定的角度进行缠绕。湿法缠绕时,环境温度不得低于 18℃,相对湿度 50%~60%,缠绕张力为纤维断裂强度的 5%~8%。

6.3.3 将缠绕完成的试样,放入固化装置内,按规定的固化制度固化。固化过程中,试样应不断地转动,防止流胶。如果固化设备没有转动装置,应在放入固化装置之前,用红外加热装置或其他热源将绕好的容器转动加热至不流胶后,再进行固化。

6.3.4 固化后,自然冷却至室温。将试样编号。用钢芯模制造的容器试样在拆除接轴之后即可用于内压试验。用砂芯模制造的容器试样,用 80℃ 热水,将砂芯模洗出,即可用作内压试验。

7 内压试验

7.1 对试样进行外观检查。

7.2 需要测应变时,粘好应变片。

7.3 状态调节。

7.3.1 试验前,试样在试验标准环境下至少放置 24 h。

7.3.2 特殊状态调节条件按需要而定。

7.4 将容器与内压试验系统和记录装置连接,调准加压速度,先加初压 1.0 MPa。检查和调整试验装置,使其处于正常工作状态,卸压。

7.5 按规定的速度加载。记录压力和所对应的应变,直至容器破坏。记录破坏压力及破坏情况。

7.6 每组试样不少于 5 个。

8 强度计算

8.1 纤维强度计算

8.1.1 环向纤维的强度按公式(1)计算:

$$\sigma_{\theta} = \frac{PR}{2t_{G\theta}}(2 - \operatorname{tg}^2 \alpha) \dots\dots\dots (1)$$

$$t_{G\theta} = \frac{\beta}{\rho_f} \times 10^{-4} \times \gamma_{\theta} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- σ_{θ} ——环向纤维强度,单位为兆帕(MPa);
- P ——破坏压力,单位为兆帕(MPa);
- R ——壳体的中半径,单位为毫米(mm);
- α ——缠绕角度,单位为度(°);
- $t_{G\theta}$ ——壳体中,环向纤维的厚度,单位为毫米(mm);
- β ——粗纱号数,单位为克每千米(g/km);
- ρ_f ——纤维密度,单位为克每立方厘米(g/cm³);
- γ_{θ} ——环向缠绕单位宽度粗纱股数,单位为股每厘米(1/cm)。

8.1.2 纵向纤维强度按公式(3)计算:

$$\sigma_{\alpha} = \frac{PR}{2 \times t_{G\alpha} \times \cos^2 \alpha} \dots\dots\dots (3)$$

$$t_{G\alpha} = \frac{\beta}{\rho_f} \times 10^{-4} \times \gamma_{\alpha} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- σ_{α} ——纵向纤维强度,单位为兆帕(MPa);
- $t_{G\alpha}$ ——壳体中,纵向纤维的厚度,单位为毫米(mm);
- γ_{α} ——纵向纤维缠绕单位宽度粗纱股数,单位为股每厘米(1/cm)。

其余符号意义同式(1)、(2)。

注: 压力容器的环向和纵向纤维强度以网格理论为基础进行计算。理论的基本假定:

- a) 在内压容器中只有纤维承受外载荷作用。而基体的承载能力忽略不计；
- b) 纤维只承受轴向载荷，每根纤维的承载能力相同。

8.2 复合强度计算

8.2.1 环向复合强度按公式(5)、式(6)计算：

$$\sigma_{c\theta} = \frac{PR}{t_c} \dots\dots\dots (5)$$

$$t_c = \frac{t_{G\theta} + t_{G\alpha}}{V_f} \dots\dots\dots (6)$$

式中：
 $\sigma_{c\theta}$ ——环向复合强度，单位为兆帕(MPa)；
 t_c ——壳体圆筒段计算厚度，单位为毫米(mm)；
 V_f ——纤维体积含量，(%)。
其余符号意义同式(1)、式(2)。

8.2.2 纵向复合材料强度按公式(7)计算：

$$\sigma_{c\alpha} = \frac{PR}{2t_c} \dots\dots\dots (7)$$

式中：
 $\sigma_{c\alpha}$ ——纵向复合强度，单位为兆帕(MPa)。
其余符号意义同式(1)、(5)。

8.3 弹性模量计算

根据记录的 $P-\epsilon$ 曲线，绘制环向和纵向 $\sigma-\epsilon$ 曲线，并取初始直线段计算相应的弹性模量。

9 试验结果

试验结果按 GB/T 1446 的有关规定。

10 试验报告

试验报告包括下列全部或部分内容：

- a) 本标准号；
- b) 试验项目名称；
- c) 试样编号、形状、尺寸、外观质量及数量；
- d) 试验温度、相对湿度及试样状态调节；
- e) 试验设备及仪器仪表的型号、量程及使用情况等；
- f) 增强材料类型；
- g) 基体类型及固化制度；
- h) 层次分布；
- i) 环向(纵向)缠绕单位宽度股数和环向(纵向)层数；
- j) 缠绕时的环境条件。

附 录 A
(规范性附录)
芯模、密封内衬、封头及极孔嵌件

A.1 砂芯模

- A.1.1 将洗净的细砂、聚乙烯醇(型号为 D588)和水按下列比例混合：
砂：聚乙烯醇：水=100：2：(6~7)
- A.1.2 将混合物装填在模具(半个芯模)中，放入烘箱内升温至 110℃，保持 6 h，将水蒸发掉。
- A.1.3 将硬结的两段芯模粘结起来，粘结剂与制作芯模用的聚乙烯醇相同，见图 A.1。

A.2 钢芯模

- A.2.1 芯模
钢芯模用不锈钢或普通钢制成，并在芯模上钻孔，孔径为 $\phi 2$ mm，孔密度为 0.44 个/cm²。见图 A.2。

- A.2.2 密封内衬
钢芯模和砂芯模在容器缠绕前必须包覆好密封内衬。内衬材料一般可宜用 J30 胶片和 9621 橡胶。当胶片厚度为 0.3 mm 时，要包覆二层，厚度为 0.6 mm~1 mm 时，可包覆一层。

A.3 封头及极孔嵌件

本标准推荐的封头曲面为扁椭球曲面，其他封头曲面型式可按需要自行选取。封头曲面及金属嵌件见表 A.1 和图 A.3。

单位为毫米

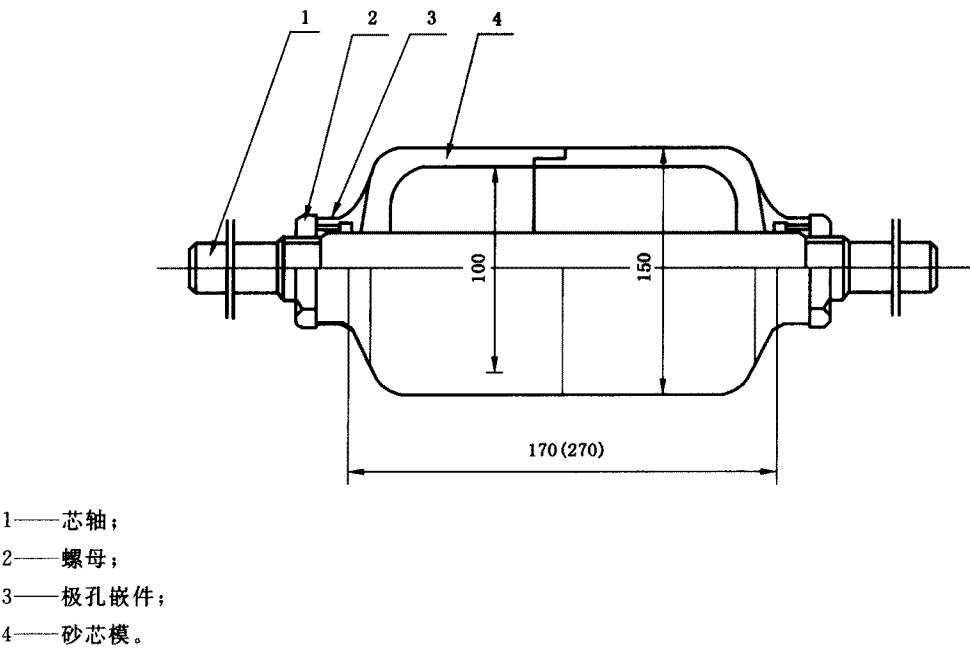


图 A.1 砂芯模结构示意图

单位为毫米

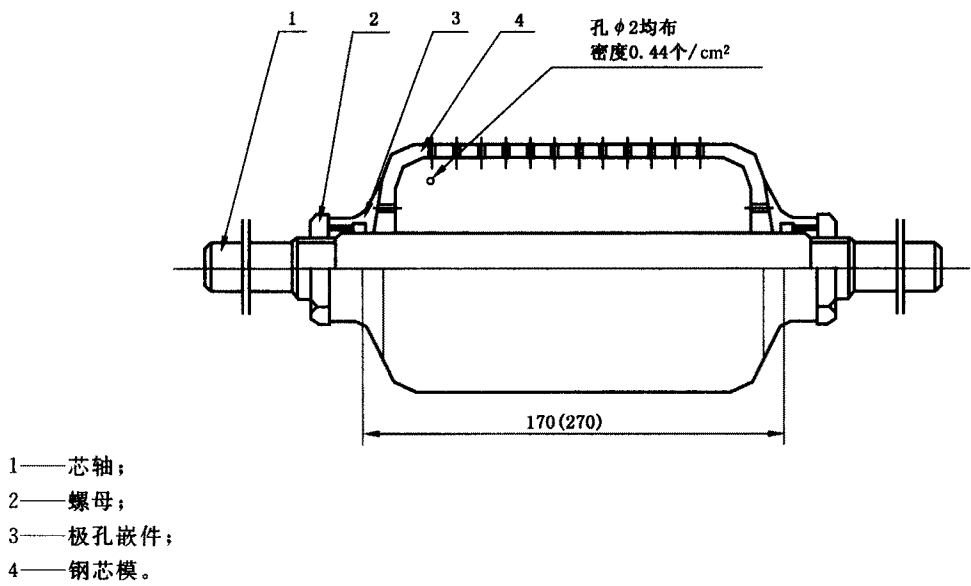


图 A.2 钢芯模结构示意图

单位为毫米

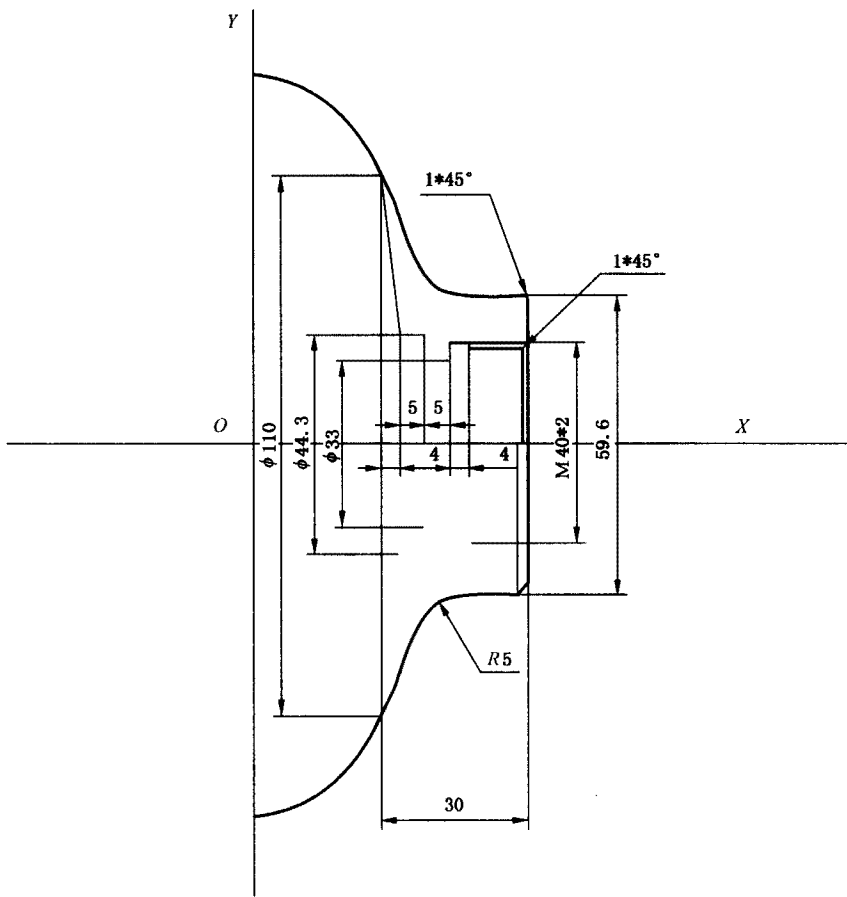


图 A.3 极孔嵌件和封头曲线图

表 A.1 曲面坐标值

X	0	13.5	18.7	22.5	25.5	28.0	30.0	31.7	33.2	34.4
Y	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30

附 录 B
(资料性附录)

本标准章条编号 ASTM D2585:1990 章条编号的对照一览表

本标准章条编号	ASTM D2585:1990 章条编号
1. 范围	1. 范围
2. 规范性引用文件	2. 规范性引用文件
3. 方法概要	3. 方法概要
4. 试样	—
—	4. 意义与应用
5. 设备	5. 设备
—	6. 状态调节
6. 试样制备	—
—	7. 试验步骤
7. 内压试验	—
8. 强度计算	8. 强度计算
9. 试验报告	9. 试验报告
