



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 42610—2023

## 高压氢气瓶塑料内胆和氢气相容性 试验方法

Test method for evaluating hydrogen compatibility of plastic liner of  
high pressure gaseous hydrogen cylinders

(ISO 11114-5:2022, Gas cylinders—Compatibility of cylinder and valve  
materials with gas contents—Part 5: Test methods for evaluating plastic, NEQ)

2023-05-23 发布

2024-06-01 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、定义和符号 .....	1
4 通用要求 .....	2
5 试验条件 .....	2
6 试验方法 .....	3
7 试验报告 .....	9
附录 A (资料性) 氢气渗透试验装置主体基本结构 .....	10

## 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。

本文件参考 ISO 11114-5:2022《气瓶 气瓶和阀门材料与气体的相容性 第 5 部分：评估塑料内胆的试验方法》起草，一致性程度为非等效。

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。

本文件由全国气瓶标准化技术委员会(SAC/TC 31)提出并归口。

本文件起草单位：浙江大学、国家市场监督管理总局特种设备安全监察局、中国特种设备检测研究院、大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司、北京海德利森科技有限公司、合肥通用机械研究院有限公司、东海实验室、浙江省特种设备科学研究院、北京天海工业有限公司、中材科技(苏州)有限公司、山东奥扬新能源科技股份有限公司、中集安瑞科控股有限公司、佛山市南海区华南氢安全促进中心、上海市特种设备监督检验技术研究院。

本文件主要起草人：郑津洋、彭文珠、胡军、常彦衍、黄强华、薄柯、刘岩、张保国、韩武林、李逸凡、范志超、郭伟灿、韩冰、施建峰、杨明高、石凤文、姜将、白江坤、杨葆英、袁奕雯。



# 高压氢气瓶塑料内胆和氢气相容性 试验方法

## 1 范围

本文件规定了高压氢气瓶塑料内胆氢气相容性试验的通用要求、试验条件、试验方法和试验报告。

本文件适用于贮存介质为氢气、工作温度不低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 且不高于 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高压氢气瓶用塑料内胆和氢气的相容性试验。

## 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 1033.1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分:浸渍法、液体比重瓶法和滴定法

GB/T 1040.1 塑料 拉伸性能的测定 第1部分:总则

GB/T 1040.2 塑料 拉伸性能的测定 第2部分:模塑和挤塑塑料的试验条件

GB/T 5163 烧结金属材料(不包括硬质合金) 可渗透性烧结金属材料 密度、含油率和开孔率的测定

GB/T 5330.1 工业用金属丝筛网和金属丝编制网 网孔尺寸与金属丝直径组合选择指南 第1部分:通则

GB/T 5832.1 气体分析 微量水分的测定 第1部分:电解法

GB/T 5832.2 气体分析 微量水分的测定 第2部分:露点法

GB/T 6285 气体中微量氧的测定 电化学法

GB/T 13005 气瓶术语

GB/T 28726 气体分析 氦离子化气相色谱法

GB/T 29729 氢系统安全的基本要求

GB/T 34542.1 氢气储存输送系统 第1部分:通用要求

GB/T 37244 质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气

## 3 术语、定义和符号

### 3.1 术语和定义

GB/T 13005 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**塑料内胆** plastic liner

外部缠绕碳纤维增强层,用于密封气体、按不承受压力载荷进行设计的内层塑料壳体。

#### 3.1.2

**无缝塑料内胆** seamless plastic liner

采用一体成型、没有拼接焊缝的塑料内胆。

3.1.3

**焊接塑料内胆 welded plastic liner**

含有拼接焊缝的塑料内胆。

3.1.4

**鼓泡 blister**

聚合物中形貌如同气泡的局部缺陷。

3.1.5

**公称工作压力 nominal working pressure**

高压氢气瓶在基准温度(15 °C)下的限定充装压力。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

$B$  圆片试样厚度, m;

$p$  气瓶公称工作压力, MPa;

$P_0$  材料的气体渗透系数,  $\text{mol} \cdot \text{m}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ ;

$S$  渗透试验时试样暴露于氢气的表面积,  $\text{m}^2$ ;

$\Delta p$  渗透试验时试样高压侧与低压侧的压力差, Pa;

$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$  稳定渗透时气体的传输速率, mol/s。

4 通用要求

4.1 高压氢气瓶塑料内胆氢气相容性试验包括塑料内胆材料试验和气瓶内胆试验。塑料内胆材料试验包括氢气渗透试验、物理性能试验、拉伸性能试验、氢气循环试验和氢气老化试验, 气瓶内胆试验包括极限温度渗透试验、内胆屈曲和鼓泡试验。试验流程如图 1 所示。

4.2 氢气相容性试验装置应按照 GB/T 29729 和 GB/T 34542.1 进行总体设计、安装调试和使用管理。

4.3 氢气相容性试验装置中不应存在能与被测样品相互作用或会污染测试氢气环境的杂质成分。

5 试验条件

5.1 气体

5.1.1 氢气: 应满足 GB/T 37244 的要求。

5.1.2 氮气或惰性气体: 纯度  $\geq 99.999\%$ 。

5.2 置换

5.2.1 试验前, 应用氮气或惰性气体置换试验系统和供氢管路系统, 再用氢气置换。通入氢气前, 应检测试验系统内氧气的体积分数, 其值应小于或等于 1%。置换结束时, 试验系统内氧气的体积分数应小于或等于  $1 \times 10^{-6}$ , 水的体积分数应小于或等于  $5 \times 10^{-6}$ 。

5.2.2 氧气含量应按 GB/T 28726 或 GB/T 6285 的规定检测, 水含量应按 GB/T 5832.1 或 GB/T 5832.2 的规定检测。

5.2.3 试验用氢气、置换气体和置换程序分别符合 5.1.1、5.1.2 和 5.2.1 的规定, 且试验系统内氧气和水的含量在连续 3 次测试中均满足 5.2.1 的要求时, 6 个月内不需要检测试验系统内的氧气和水含量。

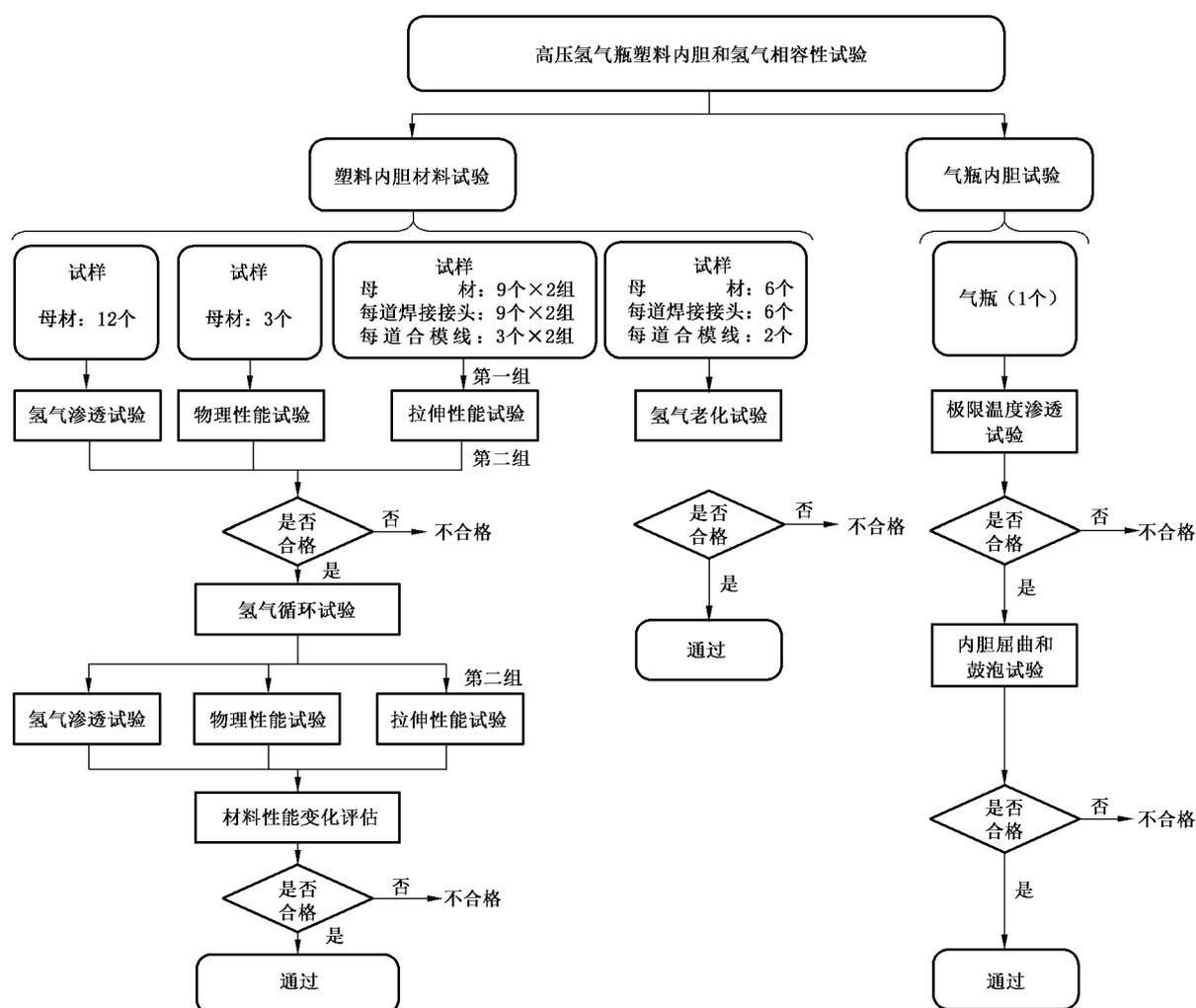


图 1 高压氢气瓶塑料内胆和氢气相容性试验流程

## 6 试验方法

### 6.1 塑料内胆材料试验

#### 6.1.1 一般要求

6.1.1.1 无缝塑料内胆应进行母材试验,焊接塑料内胆应进行母材试验和焊接接头试验。

6.1.1.2 母材试验应在同一内胆的两个环形截面处取样。在一个截面处沿环向每隔  $120^\circ$  取 4 个氢气渗透试样和 1 个物理性能试样,在另一个截面处沿环向每隔  $120^\circ$  取 6 个拉伸性能试样和 2 个氢气老化试样,如图 2 所示:

- a) 无缝塑料内胆:在筒体中部取样,截面间距应大于 200 mm;
- b) 焊接塑料内胆:含有一道环向焊接接头时,在筒体两端与焊接接头之间的中间部位取样;含有两道环向焊接接头时,在筒体中部取样,截面间距应大于 200 mm。

6.1.1.3 对于焊接塑料内胆,在每道焊接接头处沿环向每隔  $120^\circ$  取 6 个拉伸性能试样和 2 个氢气老化试样,对于含合模线的吹塑内胆,在每道合模线处取 6 个拉伸性能试样和 2 个氢气老化试样,取样部位如图 2 所示。取样时应确保焊缝或合模线位于试样中部。

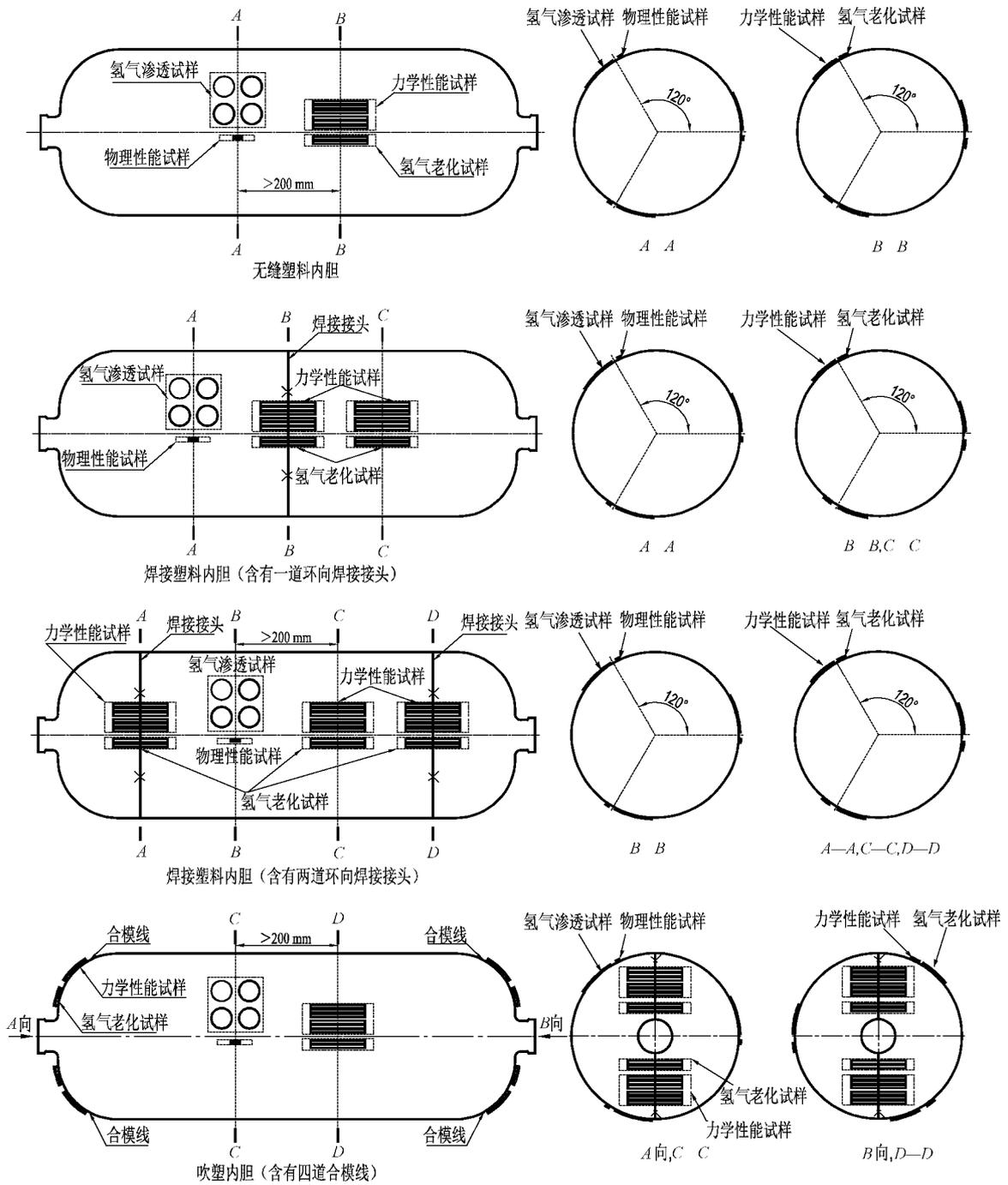


图2 塑料内胆材料试验取样位置

6.1.1.4 试样表面不应存在褶皱、折痕、夹杂、孔隙及其他缺陷。

6.1.1.5 试样应在干燥环境中妥善保存。

### 6.1.2 氢气渗透试验

#### 6.1.2.1 取样

6.1.2.1.1 宜采用直径为(78±1)mm的圆片试样,试样与氢气接触区域的直径应大于或等于25mm,试样厚度取内胆厚度。

6.1.2.1.2 同一内胆材料应准备 12 个氢气渗透试样,分三组,每组 4 个。

6.1.2.1.3 试验前应将试样放置在绝对压力为 1 000 Pa~5 000 Pa、温度为 65 °C 的真空干燥箱内,直至试样在 24 h 内的质量损失小于 0.1%。

### 6.1.2.2 试验装置

6.1.2.2.1 氢气渗透试验装置主体基本结构参见附录 A。

6.1.2.2.2 金属丝筛网的网孔尺寸应小于或等于 0.15 mm,筛分面积百分率应大于或等于 35%,金属丝直径应按 GB/T 5330.1 的规定选取。

6.1.2.2.3 烧结金属支撑件的开孔率应大于或等于 40%。试验前应按 GB/T 5163 的规定对烧结金属支撑件的开孔率进行标定。

6.1.2.2.4 每进行一次氢气渗透试验,宜更换密封圈。

6.1.2.2.5 温度控制装置的控制精度应不低于 ±1 °C,压力控制装置的控制精度应不低于试验压力的 ±1%。

### 6.1.2.3 试验程序

6.1.2.3.1 试验前应按 5.2.1 的规定置换试样高压侧腔体。

6.1.2.3.2 每组试样分别在以下温度和压力条件下进行氢气渗透试验:

- a) (55±1)°C, 1.15 倍气瓶公称工作压力;
- b) (15±1)°C, 1.0 倍气瓶公称工作压力;
- c) (55±1)°C, 0.1 倍气瓶公称工作压力;
- d) (15±1)°C, 0.1 倍气瓶公称工作压力。

6.1.2.3.3 在规定的试验温度下,对试样高压侧加压至规定的试验压力,温度和高压侧压力稳定后,测量试样低压侧的氢气传输速率,在非稳态阶段至少每 10 min 采样 1 次,在稳态阶段至少 30 min 采样 1 次,直至在超过 24 h 的时间内,氢气传输速率的最大偏差小于或等于 ±1%。记录低压侧氢气传输速率与时间关系曲线,如图 3 所示。

6.1.2.3.4 低压侧氢气传输速率测量方法包括但不限于:

- a) 测量低压侧的氢气浓度变化;
- b) 测量低压侧的气体压力变化;
- c) 测量低压侧的气体体积变化;
- d) 采用其他等效方法。

6.1.2.3.5 试验结束后试样高压侧的泄压速率应不小于实际使用时气瓶最大放氢气速率的 1.2 倍。

6.1.2.3.6 试验结束后应检查并记录试样表面是否存在鼓泡及其他缺陷,在试验前和试验结束 48 h 后应分别测量并记录试样质量。

6.1.2.3.7 每组试样应按图 1 的试验流程,分别在氢气循环试验前和氢气循环试验结束 48 h 后进行氢气渗透试验。

6.1.2.3.8 按公式(1)计算氢气渗透系数:

$$P_e = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \cdot \frac{B}{S \Delta p} \dots\dots\dots (1)$$

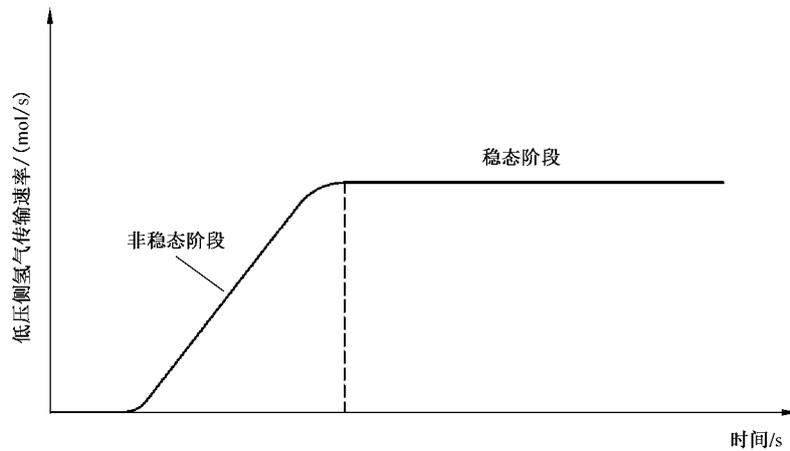


图3 低压侧氢气传输速率与时间关系曲线

### 6.1.3 物理性能试验

#### 6.1.3.1 取样

6.1.3.1.1 宜采用长度 $(40 \pm 0.2)$  mm、宽度 $(10 \pm 0.2)$  mm的长条形试样,试样厚度取内胆厚度。

6.1.3.1.2 同一内胆材料至少应准备3个物理性能试样。

#### 6.1.3.2 试验装置

6.1.3.2.1 密度测量仪器和浸渍液应符合 GB/T 1033.1 中 A 法的相关规定。

6.1.3.2.2 样品的质量为 1 g~5 g,测量值应精确到 0.1 mg;样品的质量大于 5 g,测量值应精确到 1 mg。

#### 6.1.3.3 试验程序

6.1.3.3.1 按以下步骤测量样品质量、密度和体积:

- a) 使用数码相机记录试样外观图像;
- b) 使用分析天平测量样品的干质量;
- c) 使用分析天平称量浸渍容器及浸渍液的总质量,并单独称量悬挂导线及沉降块的质量;
- d) 将试样浸没于浸渍液中,除去试样表面的气泡并称重,试样不应与浸渍容器壁接触;
- e) 对取出的试样进行表面干燥处理;
- f) 根据 GB/T 1033.1 的规定计算样品密度和体积。

6.1.3.3.2 使用工具显微镜或其他适合的测量仪器测量试样的尺寸。

6.1.3.3.3 分别在氢气循环试验开始前、试验结束 1 h 内、试验结束 24 h 后及试验结束 48 h 后测量试样的尺寸、体积、质量和密度,并记录试样的表观图像。

6.1.3.3.4 计算氢气循环试验前后试样的体积变化率、质量变化率和密度变化率。

### 6.1.4 拉伸性能试验

#### 6.1.4.1 取样

6.1.4.1.1 试样应采用 GB/T 1040.2 中规定的 B 型试样,试样厚度取内胆厚度。

6.1.4.1.2 同一内胆材料应准备 18 个母材试样,分两组,每组 9 个。对于焊接塑料内胆,在每道焊接接

头处取 18 个试样,分两组,每组 9 个;对于含合模线的吹塑内胆,在每道合模线处取 6 个试样,分两组,每组 3 个。

#### 6.1.4.2 试验装置

试验装置应符合 GB/T 1040.1、GB/T 1040.2 以及相关标准的规定。

#### 6.1.4.3 试验程序

塑料内胆材料的拉伸性能试验应符合 GB/T 1040.1、GB/T 1040.2 以及相关标准的规定。试验应按以下步骤进行:

- 进行氢气循环试验前,第一组试样在 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、 $(-50\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 和 $(90\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下进行拉伸试验,记录拉伸曲线;
- 使用第二组试样完成氢气循环试验,氢气循环试验结束 48 h 后,在 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、 $(-50\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 和 $(90\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下进行拉伸试验,记录拉伸曲线;
- 记录氢气循环试验前后的材料平均拉伸断裂应力变化率和平均拉伸断裂标称应变变化率,评估试样的力学性能。

#### 6.1.5 氢气循环试验

##### 6.1.5.1 取样

进行氢气循环试验的试样应包括:

- 6.1.2 中完成第一次氢气渗透试验的试样;
- 6.1.3 中完成第一次物理性能试验的试样;
- 6.1.4 中的第二组试样。

##### 6.1.5.2 试验装置

6.1.5.2.1 试验应在温度可控的密闭容器中进行,温度控制精度应不低于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.5.2.2 供气系统应能满足试验的压力循环要求,对循环压力上下限的控制精度应不低于 $\pm 1\text{ MPa}$ 。

##### 6.1.5.3 试验程序

6.1.5.3.1 氢气循环试验分为三组,试验顺序和试验条件如表 1 所示。

表 1 氢气循环试验

氢气循环试验组号	压力循环次数/次	试验条件						
		降压时间/s	升压时间/min	试验温度/ $^{\circ}\text{C}$	压力上限	压力下限	压力上限保持时间/s	压力下限保持时间/s
第一组 (50 次)	5	45~225	$\leq 3$	-40	$0.8p$	1 MPa	5	5
	45	$\geq 3\ 600$						
第二组 (400 次)	40	45~225	$\leq 3$	15	$p$	1 MPa	5	5
	360	$\geq 3\ 600$						
第三组 (50 次)	5	45~225	$\leq 3$	55	$1.15p$	1 MPa	5	5
	45	$\geq 3\ 600$						

6.1.5.3.2 在氢气循环试验结束 48 h 后,按图 1 的规定分别完成第二次氢气渗透试验(12 个试样)、第二次物理性能试验(3 个试样)和第二次拉伸性能试验(第二组试样),记录氢气循环试验前后的材料性能变化。

## 6.1.6 氢气老化试验

### 6.1.6.1 取样

6.1.6.1.1 试样应采用 GB/T 1040.2 中规定的 B 型试样,试样厚度取内胆厚度。

6.1.6.1.2 同一内胆材料应准备 6 个母材试样;对于焊接塑料内胆,在每道焊接接头处取 6 个试样;对于含合模线的吹塑内胆,在每道合模线处取 2 个试样。

### 6.1.6.2 试验装置

试验装置为温度和压力可控的密闭容器,温度控制精度应不低于 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,压力控制精度应不低于 $\pm 1\text{ MPa}$ 。

### 6.1.6.3 试验程序

6.1.6.3.1 氢气老化试验应按以下步骤进行:

- a) 试验前应按 6.1.2.1.3 的规定干燥试样;
- b) 取 3 个试样在压力大于或等于 1.25 倍气瓶公称工作压力、温度大于或等于  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  的氢气中放置 1 000 h 后,将温度冷却到室温后,缓慢降压至大气压力;
- c) 另取 3 个试样,在环境温度、常压中保存 1 000 h,与步骤 a) 同时进行;
- d) 参照 GB/T 1040.1 和 GB/T 1040.2 的试验方法对上述试样进行拉伸试验,记录拉伸曲线。

6.1.6.3.2 试验过程中,试样不应接触试验箱非夹持部位。

6.1.6.3.3 记录材料平均拉伸断裂应力变化率和平均拉伸断裂标称应变变化率。

## 6.2 气瓶内胆试验

### 6.2.1 极限温度渗透试验

#### 6.2.1.1 试验装置

试验装置为温度可控的密闭容器。

#### 6.2.1.2 试验程序

通过试验装置外接质谱仪、气相色谱仪、氢气浓度检测装置及其他有效方法测量气瓶氢气渗透率,试验应按以下步骤进行:

- a) 将气瓶及其附件置于温度为  $55\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  的密闭容器中;
- b) 用氢气将气瓶及其附件缓慢加压至 1.15 倍的公称工作压力,并在此压力下静置至少 12 h;
- c) 每隔 12 h 以上测量 1 次氢气渗透量,至少连续测量 3 次,直至两次测量值之差小于或等于前一次测量值的 $\pm 10\%$ ,则确认渗透达到稳定状态,记录气瓶渗透达到稳定状态的时间;
- d) 记录气瓶氢气渗透量随时间变化曲线。

### 6.2.2 内胆屈曲和鼓泡试验

完成 6.2.1 所述极限温度渗透试验后,对同一气瓶进行内胆屈曲和鼓泡试验,试验应按以下步骤进行:

- a) 以实际使用时气瓶最大放氢速率将气瓶压力降至大气压,放气过程中气瓶表面温度应大于或等于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 在 $(20\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境中静置5 h,将气瓶加压至公称工作压力并保压,保压时间应大于或等于6.2.1.2中渗透达到稳定状态的时间;
- c) 重复步骤a)、b),直至完成9次循环;
- d) 切割气瓶并检查内表面和切割面;
- e) 观察内胆是否屈曲,内胆表面及切割面是否有鼓泡、气孔等缺陷。

## 7 试验报告

试验报告至少应包含以下内容。

- a) 试验标准及方法:
  - 1) 本文件编号;
  - 2) 其他参考文件(包括其出版年份);
  - 3) 试样方法说明。
- b) 试样参数:
  - 1) 气瓶型号;
  - 2) 内胆材料成型工艺;
  - 3) 内胆材料类型;
  - 4) 试样的尺寸、数量、取样位置和制备方法;
  - 5) 试样储存环境的温度、湿度。
- c) 试验条件:
  - 1) 测试装置的规格、型号和制造商;
  - 2) 试验介质;
  - 3) 试验温度、试验压力;
  - 4) 气瓶最快降压速率,实际降压速率。
- d) 试验结果:
  - 1) 试验数据;
  - 2) 试验前后的试样图像记录;
  - 3) 试验结果及分析。

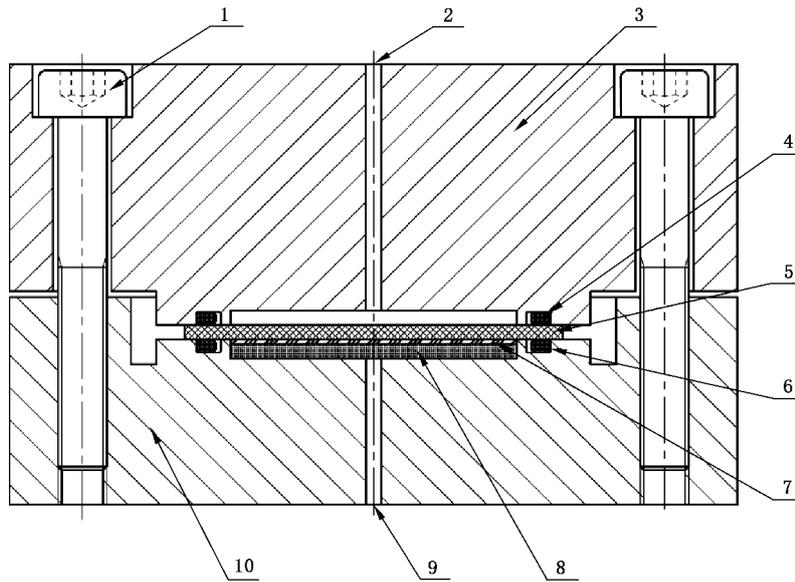
附录 A

(资料性)

氢气渗透试验装置主体基本结构

氢气渗透试验装置主体基本结构如图 A.1 所示,主要由高压侧腔体、低压侧腔体、密封圈、金属丝筛网、烧结金属支撑件等组成。

高压侧腔体和低压侧腔体用于夹持圆片试样;烧结金属支撑件用于支撑圆片试样;在圆片试样与烧结金属支撑件之间设置金属丝筛网,避免圆片试样表面受到挤压。



标引序号说明:

- 1——螺栓;
- 2——进气口;
- 3——高压侧腔体;
- 4——密封圈 1;
- 5——圆片试样;

- 6——密封圈 2;
- 7——金属丝筛网;
- 8——烧结金属支撑件;
- 9——氢气传输速率检测口;
- 10——低压侧腔体。

图 A.1 氢气渗透试验装置主体基本结构

