

# 中华人民共和国团体标准

T/CATSI 02 007—2020

---

## 车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶

**Fully-wrapped carbon fiber reinforced cylinder with a plastic liner for on-board  
storage of compressed hydrogen for land vehicles**

2020-09-30 发布

2020-10-08 实施

---

中国技术监督情报协会 发布



# 目 次

目 次.....	I
前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和符号.....	2
4 型式、型号和参数.....	4
5 技术要求.....	5
6 试验方法与合格指标.....	9
7 检验规则.....	22
8 安装防护.....	26
9 标志、包装、运输和储存.....	27
10 产品合格证和批量检验质量证明书.....	27
附 录 A（规范性附录） 气瓶塑料内胆与氢气相容性评定方法.....	29
附 录 B（资料性附录） 车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶批量检验质量证明书.....	34
附 录 C（规范性附录） 气瓶日常保养检查.....	36
附 录 D（规范性附录） 气瓶塑料内胆焊接工艺评定.....	39
附 录 E（规范性附录） 气瓶塑料内胆焊接接头可视化超声相控阵检测与质量分级方法.....	40
附 录 F（规范性附录） 气瓶气密性氦泄漏检测方法.....	45
附 录 G（规范性附录） 气瓶用密封件性能试验方法.....	55
附 录 H（资料性附录） 本标准与 ISO 19881:2018 主要差异及其原因.....	58

## 前 言

本标准按照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》起草。

本标准是在理论分析和试验研究基础上，修改采用ISO 19881:2018《Gaseous hydrogen-Land vehicle fuel containers》制定的。本标准规定的车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶性能指标与ISO19881和UN GTR13《Global technical regulation on hydrogen and fuel cell vehicles》相协调。除对气瓶性能提出要求外，本标准还对气瓶建造过程提出了技术要求，如气瓶塑料内胆与氢气相容性评定方法、气瓶塑料内胆焊接工艺评定和无损检测方法、气瓶气密性氦泄漏检测方法、气瓶用密封件性能试验方法等。

本标准与ISO 19881:2018相比存在技术性差异，附录H给出了主要技术性差异及其原因。

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这些专利的责任。

本标准由中国技术监督情报协会气瓶安全标准化与信息工作委员会提出并归口。

本标准起草单位：浙江大学、国家市场监督管理总局特种设备局、大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司、中国特种设备检测研究院、中国机械工业集团有限公司、合肥通用机械研究院有限公司、丰田汽车（中国）投资有限公司、沈阳斯林达安科新技术有限公司、北京天海工业有限公司、佛山市南海区华南氢安全促进中心、北京海德利森科技有限公司、浙江省特种设备检测研究院、浙江金象科技有限公司、株洲时代新材料科技股份有限公司、中国标准化研究院。

本标准主要起草人：郑津洋、胡军、陈学东、高继轩、徐锋、申川川、黄强华、张保国、薄柯、范志超、侯岩峰、姜将、彭文珠、韩冰、徐平、刘岩、韩武林、郭伟灿、石凤文、花争立、王建中、刘东华、高纪明、金鑫。

本标准为首次制定。

# 车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶

## 1 范围

本标准规定了车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶(以下简称气瓶)的型式和参数、技术要求、试验方法、检验规则、安装防护、标志、包装、运输和储存等要求。

本标准适用于设计制造公称工作压力不超过 70 MPa、公称容积不大于 450 L、贮存介质为压缩氢气、工作温度不低于-40 °C且不高于 85 °C、固定在道路车辆上用作燃料箱的可重复充装气瓶。

注：氢燃料电池城市轨道交通、氢能船舶、氢能飞行器、氢能发电装置等供氢用气瓶可参照本标准。

## 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，仅所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 192 普通螺纹 基本牙型
- GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸
- GB/T 197 普通螺纹 公差
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温拉伸试验方法
- GB/T 229 金属材料夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定
- 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 1220 不锈钢棒
- GB/T 1458 纤维缠绕增强塑料环形试样力学性能试验方法
- GB/T 1633 热塑性塑料维卡软化温度(VST)的测定
- GB/T 1636 塑料 能从规定漏斗流出的材料表观密度的测定
- GB/T 2941 橡胶物理试验方法试样制备和调节通用程序
- GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分
- GB/T 3191 铝及铝合金挤压棒材
- GB/T 3362 碳纤维复丝拉伸性能试验方法
- GB/T 3452.2 液压气动用O形橡胶密封圈第2部分:外观质量检验规范
- GB/T 3512 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验
- GB/T 3682.1 塑料 热塑性塑料熔体质量流动速率(MFR)和熔体体积流动速率(MVR)的测定 第1部分：标准方法
- GB/T 3934 普通螺纹量规 技术条件
- GB/T 4612 塑料 环氧化合物 环氧当量的测定
- GB/T 5720 O形橡胶密封圈试验方法
- GB/T 6031 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定

- 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 7758 硫化橡胶 低温性能的测定 温度回缩法(TR试验)
- GB/T 7999 铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法
- GB/T 9251 气瓶水压试验方法
- GB/T 9252 气瓶压力循环试验方法
- GB/T 13005 气瓶术语
- GB/T 13979 质谱检漏仪
- GB/T 15385 气瓶水压爆破试验方法
- GB/T 15823 无损检测 氦泄漏检测方法
- GB/T 19466.2 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第2部分：玻璃化转变温度的测定
- GB/T 19466.3 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第3部分：熔融和结晶温度及热焓的测定
- GB/T 20668 统一螺纹 基本尺寸
- GB/T 20975 铝及铝合金化学分析方法
- GB/T 21060 塑料 流动性的测定
- GB/T 26749 碳纤维 浸胶纱拉伸性能的测定
- GB/T 32249 铝及铝合金模锻件、自由锻件和轧制环形锻件 通用技术条件
- GB/T 33215 气瓶安全泄压装置
- GB/T 35544 车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶
- GB/T 37244 质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气
- HG/T 4280 塑料焊接工艺评定
- NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
- NB/T 47013.8 承压设备无损检测 第8部分 泄漏检测
- T/CATSI 02 009 气瓶安全泄压装置用玻璃球技术条件
- YS/T 479 一般工业用铝及铝合金锻件

ASTM D1921 塑料粒径标准测定方法（筛分法）[Standard Test Methods for Particle Size (Sieve Analysis) of Plastic Materials]

### 3 术语、定义和符号

#### 3.1 术语和定义

GB/T 13005确立的以及下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1.1 内胆 liner

内胆是指同充装的气体接触的内层壳体，在其外表面缠绕碳纤维增强层，用于密封气体、按不承受压力载荷进行设计的塑料容器，包括塑料内胆、瓶阀座等。

##### 3.1.2 无缝内胆 seamless liner

采用一体成型、没有拼接焊缝的塑料内胆。

##### 3.1.3 焊接内胆 welded liner

含有拼接焊缝的塑料内胆。

##### 3.1.4 全缠绕 fully-wrapping

用浸渍树脂基体的碳纤维连续在塑料内胆上进行螺旋和环向缠绕,使气瓶的环向和轴向都得到增强的缠绕方式。

### 3.1.5 全缠绕气瓶 fully-wrapped cylinder

用浸渍树脂的连续碳纤维在塑料内胆外表面沿环向和径向缠绕,经加热固化成型的气瓶。

### 3.1.6 公称工作压力 nominal working pressure

气瓶在基准温度(15℃)下的限定充装压力。

### 3.1.7 许用压力 allowable pressure

充装和使用过程中,气瓶所允许承受的最大压力。

### 3.1.8 M<sub>1</sub>类载客车辆 M<sub>1</sub> passenger vehicles

包括驾驶员座位在内,座位数不超过九个的载客车辆。

### 3.1.9 M<sub>2</sub>/M<sub>3</sub>类 A/B 级载客车辆 M<sub>2</sub>/M<sub>3</sub> class-A/B passenger vehicles

包括驾驶员座位在内座位数超过九个,可载乘员数(不包括驾驶员)不多于22人的载客车辆。

### 3.1.10 气瓶批量 batch (gas cylinders)

采用同一设计,具有相同结构尺寸塑料内胆、相同复合材料,且用同一工艺进行缠绕、固化的气瓶的限定数量。

### 3.1.11 塑料内胆批量 batch (liners)

采用同一设计,具有相同结构尺寸,且用同一塑料材料批号、同一制造工艺制成的塑料内胆的限定数量。

### 3.1.12 设计使用年限 service life

在规定使用条件下,气瓶允许使用的年限。

### 3.1.13 纤维应力比 fiber stress ratio

气瓶在最小爆破压力下的碳纤维应力与公称工作压力下的碳纤维应力之比。

### 3.1.14 极限弹性膨胀量 rejection elastic expansion (REE)

在每种规格型号气瓶设计定型阶段,由制造单位规定的气瓶弹性膨胀量的许用上限值,单位为毫升。该数值不得超过设计定型批相同规格型号气瓶在水压试验压力下弹性膨胀量平均值的1.1倍。

### 3.1.15 渗漏 permeation

气瓶中的氢气通过塑料内胆材料空隙渗透到大气过程。

### 3.1.16 泄漏 leakage

气瓶中的氢气通过界面间隙或穿透壁厚缺陷释放到大气过程。

## 3.2 符号

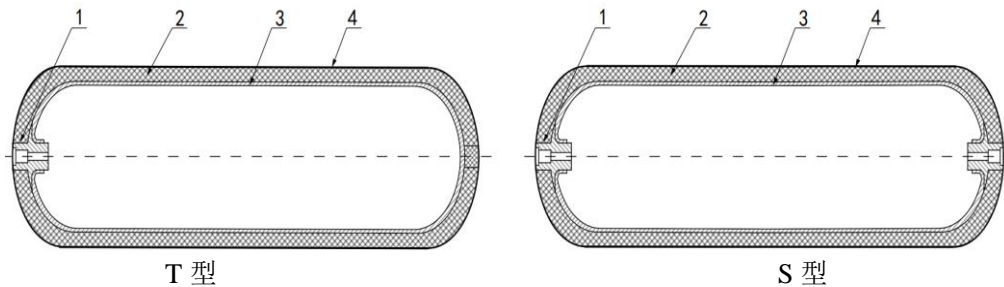
下列符号适用于本文件。

- $K$  ——焊缝卷边中心高度, mm;
- $N_d$  ——气瓶设计循环次数, 次;
- $P$  ——气瓶公称工作压力, MPa;
- $P_{bmin}$  ——气瓶最小爆破压力, MPa;
- $P_{b0}$  ——气瓶爆破压力期望值, MPa;
- $P_h$  ——气瓶水压试验压力, MPa;
- $P_m$  ——气瓶许用压力, MPa;
- $V$  ——气瓶公称容积, L。

## 4 型式、型号和参数

### 4.1 型式

气瓶结构型式如图1所示, 其中T型为单头口结构, S型为双头口结构。



说明:

- 1——瓶阀座;
- 2——碳纤维缠绕层;
- 3——塑料内胆;
- 4——玻璃纤维保护层。

注: 气瓶直筒段应设置玻璃纤维保护层, 气瓶两端应设置肩部保护罩或玻璃纤维保护层;

S型气瓶一端为瓶阀座, 另一端为盲堵或用于连接温度驱动安全泄放装置(TPRD)的阀座。

图1 气瓶结构型式

### 4.2 参数

4.2.1 气瓶公称工作压力应为 35 MPa 或 70 MPa。

4.2.2 气瓶水容积及允许偏差应符合表 1 的规定。

表1 气瓶水容积及允许偏差

项目	数值	允许偏差/%
水容积/L	≤ 120	+5 0
	> 120~450	+2.5 0

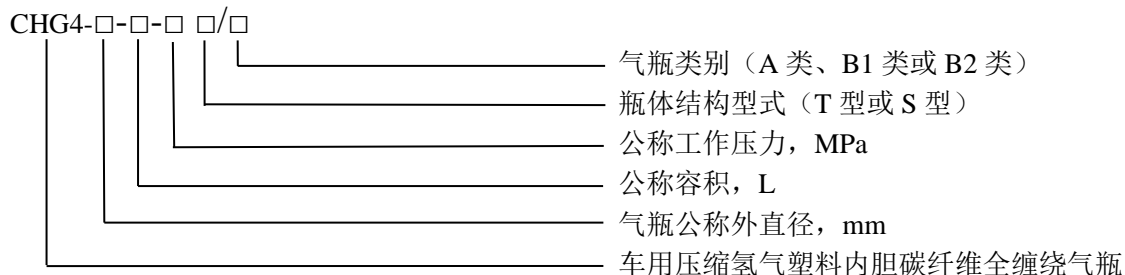
### 4.3 分类

气瓶分为A类气瓶和B类气瓶。A类气瓶为公称工作压力等于35 MPa的气瓶; B类气瓶为公称工作压力等于70 MPa的气瓶。

B类气瓶分为B1类气瓶和B2类气瓶。B1类气瓶为因车体结构设计原因而无法拆卸的M<sub>1</sub>类、M<sub>2</sub>类A/B级、M<sub>3</sub>类A/B级载客车辆用B类气瓶，其设计和试验要求比其他类气瓶更高，且在设计制造时充分考虑其在全寿命期内不拆卸检查时的安全使用要求；B2类气瓶为除B1类气瓶以外的B类气瓶。

#### 4.4 型号

气瓶型号标记应由以下部分组成：



示例：气瓶公称外直径为380 mm，公称容积为70 L，公称工作压力为70 MPa，结构型式为S型的B1类车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶，其型号标记为：CHG4-380-70-70 S/B1。

### 5 技术要求

#### 5.1 一般要求

##### 5.1.1 设计循环次数

气瓶的设计循环次数为11 000次。

##### 5.1.2 设计使用年限

气瓶的设计使用年限为15年。

##### 5.1.3 许用压力

在充装和使用过程中，气瓶的许用压力为公称工作压力的1.25倍。

##### 5.1.4 试验压力允差

除特别注明外，以气体为试验介质时，试验压力允差为 $\pm 1$  MPa；以液体为试验介质时，试验压力允差为(0~+2) MPa。

##### 5.1.5 温度范围

在充装和使用过程中，气瓶的温度应不低于-40 °C且不高于85 °C。

##### 5.1.6 氢气品质

充装气瓶的压缩氢气成分应符合GB/T 37244燃料电池汽车用氢气品质的要求。

##### 5.1.7 工作环境

设计气瓶时，应考虑其连续承受机械损伤或化学侵蚀的能力，其外表面至少应能适应下列工作环境：

- a) 间断地浸入水中，或者道路溅水；

- b) 车辆在海洋附近行驶，或者在用盐融化冰的路面上行驶；
- c) 阳光中的紫外线辐射；
- d) 车辆振动和碎石冲击；
- e) 接触酸和碱溶液、肥料；
- f) 接触汽车用液体，包括汽油、液压油、电池酸、乙二醇和油；
- g) 接触排放的废气。

### 5.1.8 定期检验

在气瓶使用寿命内应对其进行日常保养检查，检查项目及其要求见附录C。A类气瓶和B2类气瓶定期检验时应从车上拆下。当气瓶实际使用年限未达到设计使用年限，但充装次数达到设计循环次数时，气瓶应当报废。

## 5.2 材料

### 5.2.1 一般要求

- 5.2.1.1 材料性能和技术指标应符合相应的国家标准或行业标准的规定。
- 5.2.1.2 制造气瓶的材料，应有材料制造单位提供的质量证明书原件，或者加盖了材料经营单位公章且有经办人签字（章）的质量证明书复印件。
- 5.2.1.3 材料应经气瓶制造单位复验合格后方可使用。

### 5.2.2 塑料内胆

- 5.2.2.1 塑料内胆材料宜选用聚乙烯（包括改性聚乙烯）或聚酰胺（包括改性聚酰胺），其与氢气相容性应满足附录A的要求。
- 5.2.2.2 塑料内胆材料的熔点应足够高，以确保火烧试验过程中氢气通过安全泄放装置释放，且不低于设计文件的规定值。熔点检测方法按 GB/T 19466.3 的规定执行。
- 5.2.2.3 塑料内胆材料的软化温度应不低于 100 °C，检测方法按 GB/T 1633 的规定执行。
- 5.2.2.4 塑料内胆原材料为粒状塑料时，聚乙烯（包括改性聚乙烯）熔体质量流动速率和聚酰胺（包括改性聚酰胺）熔体体积流动速率应满足设计文件的要求，检测方法按 GB/T 3682.1 的规定执行。
- 5.2.2.5 塑料内胆原材料为粉状塑料时，表观密度、粉体流动性和粒度分布应满足设计文件的要求。表观密度检测方法按 GB/T 1636 的规定执行，粉体流动性检测方法按 GB/T 21060 的规定执行，粒度分布检测方法按 ASTM D1921 的规定执行。

### 5.2.3 瓶阀座

- 5.2.3.1 瓶阀座应采用铝合金 6061 或奥氏体不锈钢 S31603 的棒材或锻件。铝合金挤压棒材应符合 GB/T 3191 的规定，锻件应符合 GB/T 32249、YS/T 479 的规定；奥氏体不锈钢棒材应符合 GB/T 1220 的规定，锻件应符合 NB/T 47010 的规定。
- 5.2.3.2 铝合金 6061 的化学成分应符合表 2 的规定，其偏差应满足 GB/T 3190 的要求。
- 5.2.3.3 奥氏体不锈钢 S31603 的 Ni 含量应不低于 12%、Ni 当量不低于 28.5%、断面收缩率不小于 70%。Ni 当量计算公式为： $Ni_{eq}=12.6 C+0.35 Si+1.05 Mn+Ni+0.65 Cr+0.98 Mo$ 。
- 5.2.3.4 气瓶制造单位应按材料炉号进行化学成分复验。铝合金 6061 化学成分复验应按 GB/T 7999 或 GB/T 20975 的规定执行。

5.2.3.5 气瓶制造单位应按材料批号进行力学性能复验，力学性能应满足气瓶制造单位保证值要求。奥氏体不锈钢 S31603 的拉伸和冲击试验应分别按 GB/T 228.1 和 GB/T 229 的规定执行；铝合金 6061 的拉伸试验应按 GB/T 228.1 的规定执行。

表2 铝合金 6061 化学成分

元素		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Pb	Bi	其它		Al
												单项	总体	
质量分数 /%	最小值	0.40	—	0.15	—	0.80	0.04	—	—	—	—	—	—	余量
	最大值	0.80	0.70	0.40	0.15	1.20	0.35	0.25	0.15	0.003	0.003	0.05	0.15	

## 5.2.4 密封件

5.2.4.1 密封件宜采用硅橡胶、氟橡胶、氟硅橡胶、氟碳橡胶、三元乙丙橡胶或氢化丁腈橡胶等与高压氢气具有良好相容性的聚合物。

5.2.4.2 密封件材料的使用温度范围应满足-40℃~85℃的要求。

5.2.4.3 密封件材料性能应满足附录 G.2 的要求。

## 5.2.5 树脂

浸渍材料应采用耐热性高且稳定性好的环氧树脂或改性环氧树脂。树脂的环氧当量应符合设计文件要求，检验方法应按GB/T 4612的规定执行；树脂材料的玻璃化转变温度应按GB/T 19466.2的规定进行测定，且其值应不低于105℃。

## 5.2.6 纤维

### 5.2.6.1 碳纤维

5.2.6.1.1 承载碳纤维应采用连续无捻碳纤维，不得采用不同型号的碳纤维混缠。

5.2.6.1.2 每批碳纤维的力学性能应符合气瓶设计文件的规定。

5.2.6.1.3 气瓶制造单位应按批对碳纤维进行复验。纤维线密度（公制号数）应按 GB/T 7690.1 测定；纤维浸胶拉伸强度应按 GB/T 3362 或 GB/T 26749 测定。

### 5.2.6.2 玻璃纤维

5.2.6.2.1 应采用 S 型或 E 型玻璃纤维，其力学性能应符合气瓶设计文件的规定。

5.2.6.2.2 玻璃纤维只允许用作气瓶外表面保护层。

## 5.3 设计

### 5.3.1 塑料内胆和瓶阀座

5.3.1.1 塑料内胆不得有纵向焊接接头，且环向焊接接头不得多于两道。

5.3.1.2 瓶阀座静强度和疲劳寿命，及其与塑料内胆连接接头在气瓶设计寿命内的静强度、疲劳强度和密封性能应满足气瓶全寿命安全要求。

5.3.1.3 瓶阀座应设在塑料内胆端部，且应与塑料内胆同轴。

5.3.1.4 瓶口螺纹宜采用符合 GB/T 192、GB/T 196、GB/T 197 或 GB/T 20668 规定的直螺纹，或者其他满足相关国际标准的螺纹。螺纹长度应大于气瓶阀门螺纹的有效长度。

5.3.1.5 瓶口螺纹在水压试验压力下的切应力安全系数应不小于4。计算螺纹切应力安全系数时，剪切强度取0.6倍的材料抗拉强度保证值。

5.3.1.6 瓶口设计需考虑所装配阀门的密封形式、密封材料和密封尺寸，应确定合理的尺寸公差和表面粗糙度，确保瓶口与瓶阀装配之后在全寿命期内（B1类气瓶）或定期检验周期内（A、B2类气瓶）不发生泄漏。

### 5.3.2 气瓶

5.3.2.1 气瓶的水压试验压力应不低于1.5倍公称工作压力。

5.3.2.2 采用有限单元法，建立合适的气瓶分析模型，计算复合材料在以下压力下的应力和应变：公称工作压力、水压试验压力和最小爆破压力。

5.3.2.3 B1类气瓶的纤维应力比应不低于2.30，其他气瓶纤维应力比应不低于2.25。

5.3.2.4 B1类气瓶的最小爆破压力应不低于2.30倍公称工作压力，其他气瓶最小爆破压力应不低于2.25倍公称工作压力。

5.3.2.5 气瓶直筒段应有玻璃纤维保护层，气瓶两端应设置肩部保护罩或者玻璃纤维保护层。如果保护层作为设计的一部分时，应符合6.2.12的规定。

## 5.4 制造

### 5.4.1 一般要求

5.4.1.1 气瓶制造应符合产品设计图样和相关技术文件的规定。

5.4.1.2 制造应分批管理，内胆成品和气瓶成品均以不大于200只加上破坏性试验用内胆或气瓶的数量为一个批。

5.4.1.3 气瓶生产车间应按设计文件规定控制环境温度和湿度。

5.4.1.4 塑料内胆成型、纤维缠绕、气瓶固化等过程的所有操作均应由自动化设备和连续的工艺协同完成。不允许设置人为干预工艺条件的操作岗位。

5.4.1.5 当气瓶端部设置肩部保护罩时，肩部保护罩应与肩部纤维层牢固粘贴。

### 5.4.2 塑料内胆

5.4.2.1 塑料内胆应采用注塑、吹塑、挤塑或滚塑成型。注塑成型至少应控制温度（包括模具温度、料筒温度、喷嘴温度）、塑化及注射压力、注射及冷却时间等参数；吹塑成型至少应控制型坯及模具温度、吹塑压力、鼓气速率、冷却时间等参数；挤塑成型至少应控制温度（包括料筒温度、模具温度、喷嘴温度）、挤塑量、挤出速率、真空压力、喷嘴流量等参数；滚塑成型至少应控制模具温度、模具旋转速度、冷却时间等参数。

5.4.2.2 塑料内胆应按评定合格后的成型工艺进行加工。采用焊接内胆时，塑料内胆应按评定合格后的焊接工艺进行自动焊接。焊接应在温度不低于5℃的恒温恒湿室内进行。

5.4.2.3 塑料内胆焊接工艺评定技术要求见附录D。

5.4.2.4 焊接应连续，外表面卷边切除后，表面不得有未熔合、烧焦、孔洞、肉眼可见的杂质等影响性能的缺陷。

5.4.2.5 焊接接头的错边量不得超过塑料内胆厚度的10%。焊缝卷边中心高度 $K$ 须大于0，如图2所示。

5.4.2.6 焊接接头不合格的塑料内胆应报废，不得返修。

### 5.4.3 瓶口螺纹

螺纹和密封面应光滑平整，不准许有倒牙、平牙、牙双线、牙底平、牙尖、牙阔以及螺纹表面上的明显跳动波纹。螺纹轴线应与气瓶轴线同轴。

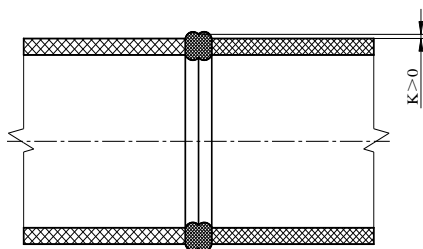


图2 塑料内胆焊接接头示意图

#### 5.4.4 纤维缠绕

- 5.4.4.1 缠绕纤维前，塑料内胆内外表面应该清理干净。
- 5.4.4.2 缠绕和固化应按评定合格的工艺进行。固化过程中温度不得对塑料内胆性能产生影响。
- 5.4.4.3 缠绕和固化过程的充气压力应满足设计文件要求。
- 5.4.4.4 缠绕过程应监控并记录定位尺寸、纤维张力、充气压力等。
- 5.4.4.5 固化过程应监控并记录温度及内压。

#### 5.5 附件

- 5.5.1 气瓶应当设置温度驱动安全泄放装置（TPRD）和截止阀。TPRD 应采用易熔合金塞或玻璃球，其动作温度应为  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，且泄放口不得朝向瓶体。
- 5.5.2 易熔合金塞应满足 GB/T 33215 的规定，玻璃球应满足 T/CATSI 02 009 的规定。
- 5.5.3 气瓶设置其他火烧保护装置时，装置不得影响气瓶受力和 TPRD 的正常开启。
- 5.5.4 温度驱动安全泄压装置和阀门的型式试验方法及合格指标应满足 GB/T 35544 中附录 B 的规定。

### 6 试验方法与合格指标

#### 6.1 内胆

##### 6.1.1 壁厚和制造公差

###### 6.1.1.1 试验方法

壁厚应采用超声测厚仪或测量精度与超声测厚仪等同的其他测量仪器/工具进行测量；制造公差应采用标准的或专用的量具、样板进行检查。

###### 6.1.1.2 合格指标

塑料内胆的壁厚和制造公差应符合以下要求：

- a) 壁厚应不小于最小设计壁厚；
- b) 筒体外直径平均值和公称外直径的偏差不超过公称外直径的 1%；
- c) 筒体同一截面上最大外直径与最小外直径之差不超过公称外直径的 2%；
- d) 筒体直线度应不超过筒体长度的 3‰。

##### 6.1.2 内外表面

###### 6.1.2.1 试验方法

用灯光照射检查内胆内外表面，必要时可采用内窥镜或内窥镜灯检查内表面。

#### 6.1.2.2 合格指标

- a) 塑料内胆内外表面应干净无污物；
- b) 无鼓包、褶皱、重叠以及边缘尖锐的表面压痕等缺陷。

#### 6.1.3 母材拉伸试验

##### 6.1.3.1 取样

取样部位为沿环向0°、90°、180°、270°四个位置，如图3所示。

- a) 无缝内胆：在筒体中部取 8 件轴向拉伸试样；
- b) 焊接内胆：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各取 8 件轴向拉伸试样；含有两道环向焊接接头时，在筒体直筒段中间部位取 8 件轴向拉伸试样。

##### 6.1.3.2 试验方法

将试样分成2组，参照GB/T 1040.1和GB/T 1040.2的试验方法，分别在常温和-50℃下进行拉伸试验。

##### 6.1.3.3 合格指标

内胆为韧性断裂，拉伸强度应不低于设计制造单位保证值。

#### 6.1.4 焊接接头检测

焊接接头检测至少应包括无损检测、拉伸试验和解剖检查。

##### 6.1.4.1 无损检测

###### 6.1.4.1.1 试验方法

焊接接头应采用可视化超声检测（见附录E）等方法进行无损检测。

###### 6.1.4.1.2 合格指标

无损检测结果应满足设计文件规定。

##### 6.1.4.2 拉伸试验

###### 6.1.4.2.1 取样

塑料内胆焊接接头经无损检测合格后再取拉伸试样。在每道焊接接头处取8件轴向拉伸试样，取样部位如图3所示。取样时应确保焊缝位于试样中部。

###### 6.1.4.2.2 试验方法

将试样分成2组，参照GB/T 1040.1和GB/T 1040.2的试验方法，分别在常温和-50℃下进行拉伸试验。

###### 6.1.4.2.3 合格指标

内胆为韧性断裂，拉伸强度应不低于设计制造单位保证值。

###### 6.1.4.3 解剖检查

### 6.1.4.3.1 试验方法

对取完拉伸试样之后的剩余焊缝，先在每条焊缝环向45°、135°、225°和315°四个位置沿轴向解剖，如图3所示，用偏光显微镜观察树脂取向状态，并确定熔融部位的熔融范围，测量熔融长度；再在焊接接头中心沿环向解剖，检查树脂取向状态。

### 6.1.4.3.2 合格指标

熔融长度应满足设计文件要求。

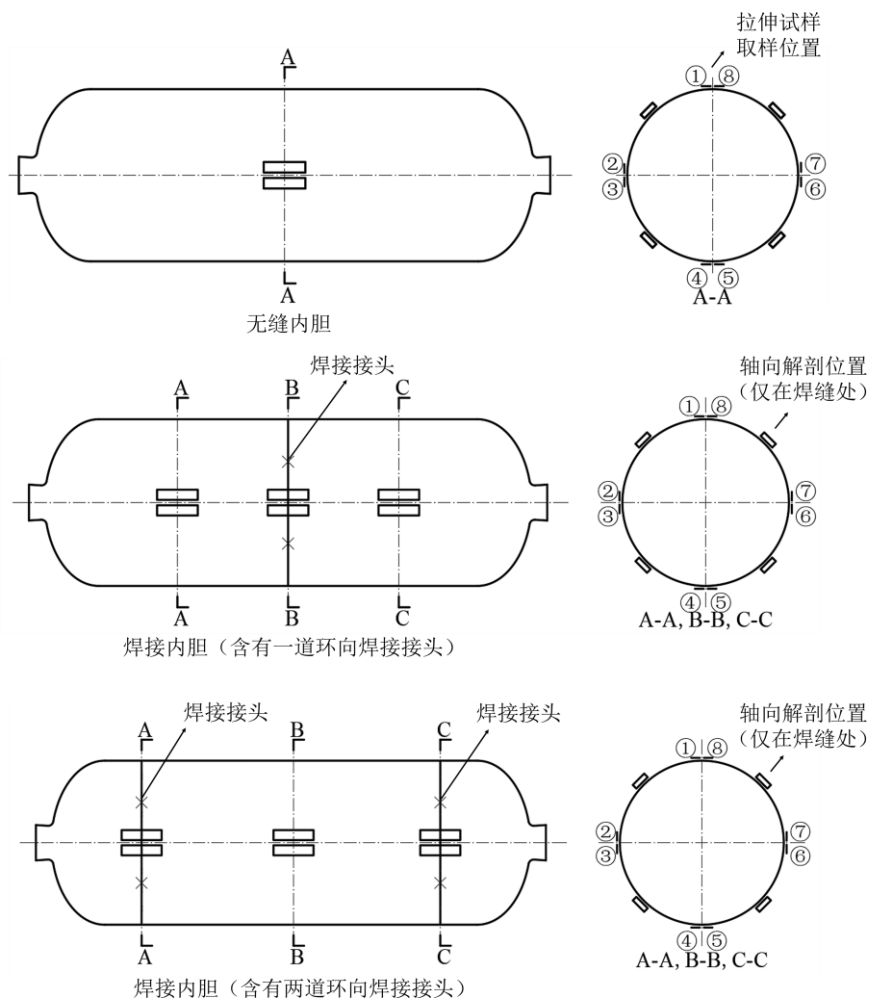


图3 取样部位示意图

## 6.1.5 瓶阀座

### 6.1.5.1 瓶阀座螺纹

#### 6.1.5.1.1 试验方法

目测检查，并用符合GB/T 3934标准或相应标准的量规检查。

#### 6.1.5.1.2 合格指标

- 螺纹的有效螺距数和表面粗糙度应符合设计规定；
- 螺纹牙型、尺寸和公差应符合相关标准规定。

### 6.1.5.2 瓶阀座和塑料内胆连接接头

#### 6.1.5.2.1 试验方法

瓶阀座与塑料内胆连接接头质量检测至少应包括：外观检查、低压气密性检查和解剖检查。

- a) 外观检查：通过非接触测量方法对连接接头进行外观尺寸检查；
- b) 低压气密性检查：采用无油洁净干燥空气或其他惰性气体进行低压气密性检查，试验压力、保压时间等参数应符合气瓶设计文件的规定；
- c) 解剖检查：按设计文件要求解剖瓶阀座与塑料内胆连接接头。

#### 6.1.5.2.2 合格指标

瓶阀座与塑料内胆连接接头质量应符合设计规定。

### 6.1.6 O形圈

#### 6.1.6.1 试验方法

按附录G.3的规定进行试验，其中压缩永久变形试验、硬度变化试验、氢气损伤试验和温度回缩试验应由O形圈或气瓶制造单位进行并提供测试报告。

#### 6.1.6.2 合格指标

试验结果应满足附录G.3的规定。

### 6.2 气瓶

#### 6.2.1 缠绕层力学性能

##### 6.2.1.1 层间剪切试验

###### 6.2.1.1.1 试验方法

按GB/T 1458规定，制作具有代表性的缠绕层试样，有效试样数应不少于6个。将试样在沸水煮24 h后，再按GB/T 1458规定的方法进行试验。

###### 6.2.1.1.2 合格指标

缠绕层复合材料层间剪切强度应不低于13.8 MPa。

###### 6.2.1.2 拉伸试验

###### 6.2.1.2.1 试验方法

按GB/T 1458规定，制作具有代表性的拉伸试样，有效试样数应不少于6个，再按GB/T 1458规定的方法进行试验。

###### 6.2.1.2.2 合格指标

实测抗拉强度应不低于设计制造单位保证值。

#### 6.2.2 缠绕层外观

##### 6.2.2.1 试验方法

目测检查。

#### 6.2.2.2 合格指标

不得有纤维裸露、纤维断裂、树脂积瘤、分层及纤维未浸透等缺陷。

#### 6.2.3 水压试验

##### 6.2.3.1 试验方法

按GB/T 9251规定的内测法进行水压试验，试验压力 $P_h$ 为 $1.5P$ 。

##### 6.2.3.2 合格指标

在不低于试验压力下保压至少30 s，瓶体不应泄漏或明显变形，气瓶弹性膨胀量应小于极限弹性膨胀量。

#### 6.2.4 气密性试验

##### 6.2.4.1 试验方法

水压试验合格后，在 $(15 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下按附录F的规定进行气密性试验。

##### 6.2.4.2 合格指标

氢气漏率不得超过 $6\text{ NmL}/(\text{h}\cdot\text{L})$ 。

#### 6.2.5 水压爆破试验

##### 6.2.5.1 试验方法

按GB/T 15385规定的试验方法在常温条件下进行水压爆破试验。加压过程中当试验压力超过 $1.5P$ 后，升压速率不应大于 $1.4\text{ MPa/s}$ ；若升压速率小于或者等于 $0.35\text{ MPa/s}$ ，可加压直至爆破；若升压速率大于 $0.35\text{ MPa/s}$ 且小于 $1.4\text{ MPa/s}$ ，如果气瓶处于压力源和测压装置之间，可加压直至爆破，否则应在最小爆破压力下保压至少5 s后，再继续加压直至爆破。

##### 6.2.5.2 合格指标

气瓶实测爆破压力应在 $0.9P_{b0} \sim 1.1P_{b0}$ 内，且大于或者等于 $P_{b\text{min}}$ 。气瓶爆破压力期望值 $P_{b0}$ 及确定依据（含实测值及其统计分析）应由制造单位提供。

#### 6.2.6 常温压力循环试验

##### 6.2.6.1 试验方法

试验介质应为非腐蚀性液体，在常温条件下按GB/T 9252规定的试验方法进行常温压力循环试验，并同时满足以下要求：

- a) 循环压力下限应为 $(2 \pm 1)\text{ MPa}$ ，上限应不低于 $1.25P$ ；
- b) 压力循环频率应不超过6次每分钟。

##### 6.2.6.2 合格指标

A类和B2类气瓶在设计循环次数11 000次内，气瓶不得发生泄漏或破裂，之后继续循环至22 000次或至泄漏发生，气瓶不得发生破裂。

B1类气瓶在循环次数22 000次内，气瓶不得发生泄漏或破裂，之后继续循环至44 000次或至泄漏发生，气瓶不得发生破裂。

## 6.2.7 火烧试验

### 6.2.7.1 试验方法

气瓶及其附件应进行火烧试验，并同时满足以下要求：

- 局部火烧位置应为气瓶上距安全泄压装置最远的区域。如果气瓶两端均装有安全泄放装置，火源应处于安全泄放装置间的中心位置；
- 试验前，用氢气缓慢将气瓶加压到公称工作压力  $P$ ；
- 火源为液化石油气（LPG）、天然气或煤油燃烧器，其宽度应大于或者等于气瓶直径，使火焰由气瓶的下部及两侧将其环绕。局部火烧时的火源长度为  $(250\pm 50)$  mm，整体火烧时的火源长度应吞没整个气瓶；
- 气瓶应水平放置，并使其下表面距火源约 100 mm。在气瓶轴向不超过 1.65 m 的区域内至少设置 5 个热电偶（至少 2 个设置在局部火烧范围内；至少 3 个设置在其它区域）。设置在其它区域的热电偶应等间距布置且间距小于或者等于 0.5 m。热电偶距气瓶下表面的距离为  $(25\pm 10)$  mm。必要时，还可在安全泄压装置及气瓶其他部位设置更多的热电偶；
- 试验时应采用防风板等遮风措施，使气瓶受热均匀；
- 火烧试验时，热电偶指示温度如图 4 所示。局部火烧阶段，气瓶火烧区域上热电偶指示温度在点火后 1 min 内至少应达到 300 °C，在 3 min 内至少达到 600 °C，在之后的 7 min 内不得低于 600 °C，但不得超过 900 °C。点火 10 min 后进入整体火烧阶段，火焰应迅速布满整个气瓶长度，热电偶指示温度至少应达到 800 °C，但不得超过 1 100 °C。热电偶指示温度应满足表 3 的规定。

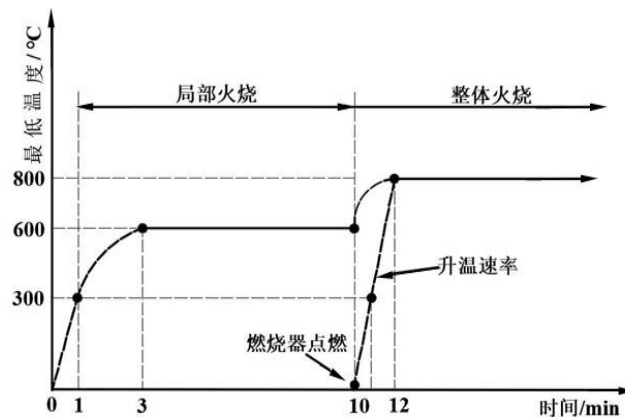


图4 火烧试验过程最低温度要求

### 6.2.7.2 试验结果

记录火烧试验布置方式、热电偶指示温度、气瓶内压力、从点火到安全泄压装置打开的时间及从安全泄压装置打开到压力降至1 MPa以下的时间。在试验期间，记录热电偶温度和气瓶内压力的时间间隔不得超过10 s。

### 6.2.7.3 合格指标

火烧过程中至少 1 个热电偶指示温度达到规定范围，气瓶内气体通过压力泄放装置及时泄放，泄放

过程应连续，且气瓶不发生爆破。

表3 火烧试验操作和温度要求

时间/min	操作	局部火烧区域		整体火烧区域（除局部火烧区域）	
		最低温度/°C	最高温度/°C	最低温度/°C	最高温度/°C
0~1	点燃燃烧器		900		
1~3	稳定局部火源	300	900		
3~10	稳定局部火源	600	900		
10~11	在第10 min点燃主燃烧器	600	1 100		1 100
11~12	稳定整体火源	600	1 100	300	1 100
12~试验结束	稳定整体火源	800	1 100	800	1 100

## 6.2.8 扭矩试验

### 6.2.8.1 试验方法

采用卡具固定瓶体后，使用力矩扳手或其他能够设定扭矩的装置对瓶阀座施加2倍设计最大扭矩，然后按照6.2.4.1进行气密性试验。

### 6.2.8.2 合格指标

氢气漏率不得超过6 NmL/(h·L)。

## 6.2.9 极限温度压力循环试验

### 6.2.9.1 试验方法

#### 6.2.9.1.1 高温压力循环试验

- 将气瓶置于温度不低于 85 °C 的环境中直至气瓶外表面温度不低于 85 °C；
- 在此环境中按 GB/T 9252 的规定进行压力循环试验，其中：循环压力下限应为  $(2\pm 1)$  MPa，循环压力上限应不低于  $1.25P$ ，压力循环频率应不超过 6 次每分钟，压力循环次数为 4 000 次；
- 试验过程中应保证气瓶表面及瓶内试验介质的温度不低于 85 °C。

#### 6.2.9.1.2 低温压力循环试验

- 将气瓶置于温度不高于 -40 °C 环境中直至气瓶外表面温度不高于 -40 °C；
- 在此环境中按 GB/T 9252 的规定进行压力循环试验，其中：循环压力下限应为  $(2\pm 1)$  MPa，循环压力上限应不低于  $0.8P$ ，压力循环频率应不超过 6 次每分钟，压力循环次数为 4 000 次；
- 试验过程中应保证气瓶表面及瓶内试验介质的温度不高于 -40 °C。

#### 6.2.9.1.3 水压爆破试验

气瓶经高温和低温压力循环试验之后，按6.2.5.1的规定进行水压爆破试验。

### 6.2.9.2 合格指标

气瓶进行高温和低温压力循环试验过程中无纤维脱离、瓶体泄漏和破裂现象；经极限温度压力循环试验后，其爆破压力不应低于1.8倍公称工作压力 $P$ 。

## 6.2.10 加速应力破裂试验

### 6.2.10.1 试验方法

先在温度不低于85 °C的环境中，将气瓶加水压至 $1.25P$ ，并在此温度和压力下静置1 000 h，再按6.2.5.1的规定进行水压爆破试验。

### 6.2.10.2 合格指标

爆破压力不得低于1.8倍公称工作压力 $P$ 。

## 6.2.11 裂纹容限试验

### 6.2.11.1 试验方法

试验步骤如下：

- a) 在靠近气瓶端部的筒体外表面沿轴向用宽度1 mm~1.5 mm的刀具加工两条裂纹，并符合以下要求：
  - 1) 一条裂纹位于气瓶阀门端，长度为25 mm，深度大于或者等于1.25 mm；
  - 2) 另一条裂纹位于气瓶的另一端，长度200 mm，深度大于或者等于0.75 mm；
- b) 按GB/T 9252的规定进行压力循环试验，并符合以下要求：
  - 1) 循环压力下限应为2 MPa，循环压力上限应不低于 $1.25P$ ；
  - 2) 压力循环频率应不超过6次每分钟；
  - 3) 循环次数为设计循环次数 $N_d$ 。

### 6.2.11.2 合格指标

在前3 000次压力循环中，瓶体不得发生泄漏或破裂；在随后继续循环至设计循环次数 $N_d$ 之前，瓶体不得发生破裂。

## 6.2.12 环境试验

### 6.2.12.1 气瓶放置和区域划分

在气瓶筒体上部划分5个明显区域，以便进行摆锤冲击和化学暴露，如图5所示。每个区域的直径应为100 mm。5个区域可不是一条直线上，但不应重叠。

注：虽然预处理和液体暴露在气瓶的筒体部位上进行，但气瓶的所有部位，包括两端，应视为暴露区域，应能适应暴露区域所处的环境。

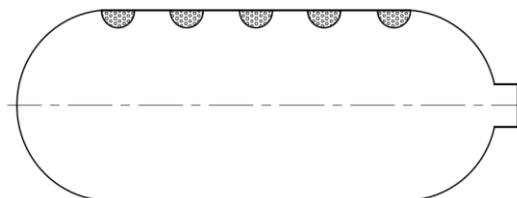


图5 气瓶冲击和化学暴露区域图

### 6.2.12.2 摆锤冲击预处理

在5个区域各自的中心附近用摆锤进行冲击预处理。摆锤应为钢制，且侧面为等边三角形、底部为方形的锥体，顶点和棱的圆角半径为3 mm。摆锤冲击中心与锥体重心的连线应在气瓶撞击点法线上，摆锤的冲击能量应大于或者等于30 J。在摆锤冲击过程中，应保持气瓶固定且始终无内压。

### 6.2.12.3 暴露用环境液体

在5个经预处理的区域上面，分别放置厚1.0 mm、直径为100 mm的玻璃棉衬垫。分别向衬垫内加入足够的化学溶液，确保试验过程中化学溶液均匀地由衬垫渗透到气瓶表面，化学暴露区域应朝上。5种化学溶液为：

- a) 体积浓度为19%的硫酸水溶液（电池酸）；
- b) 质量浓度为25%的氢氧化钠水溶液；
- c) 体积浓度为5%的甲醇汽油溶液（加油站用）；
- d) 质量浓度为28%的硝酸氨水溶液；
- e) 体积浓度为50%的甲醇水溶液（挡风玻璃清洗液）。

### 6.2.12.4 压力循环

按GB/T 9252的规定对气瓶进行压力循环试验，循环压力下限应为 $(2\pm 1)$  MPa，循环压力上限应不低于 $1.25P$ ，升压速率应不超过 $2.75$  MPa/s，压力循环次数为3 000次。

### 6.2.12.5 保压

将气瓶加压至 $1.25P$ ，在此压力下保压至少24 h，以确保化学溶液腐蚀时间（压力循环时间和保压时间之和）达到48 h。

### 6.2.12.6 水压爆破试验

按6.2.5.1规定进行水压爆破试验。

### 6.2.12.7 合格指标

气瓶在环境试验过程中，瓶体不得发生泄漏；经环境试验后，其爆破压力不得低于1.8倍公称工作压力 $P$ 。

## 6.2.13 跌落试验

### 6.2.13.1 试验方法

跌落试验应使用无内压、不安装瓶阀的气瓶，气瓶端部设置肩部保护罩时应保留肩部保护罩。

气瓶跌落面应为水平、光滑的水泥地面或者与之相类似的坚硬表面。试验过程如图6所示，试验步骤如下：

- a) 气瓶下表面距跌落面 1.8 m，水平跌落 1 次；
- b) 气瓶垂直跌落，两端分别接触跌落面 1 次。跌落高度应使气瓶具有大于或者等于 488 J 的势能，同时应保证气瓶较低端距跌落面的高度小于或者等于 1.8 m。为保证气瓶能够自由跌落，可采取措施防止气瓶翻倒；
- c) 气瓶瓶口向下与竖直方向成  $45^\circ$  角跌落 1 次，如气瓶低端距跌落面小于 0.6 m，则应改变跌落角度以保证最小高度为 0.6 m，同时应保证气瓶重心距跌落面的高度为 1.8 m。若气瓶两端都有开口，则应将两瓶口分别向下进行跌落试验；
- d) 气瓶跌落后，按照 6.2.6.1 的规定进行常温压力循环试验，循环次数为气瓶设计循环次数  $N_d$ 。

### 6.2.13.2 合格指标

气瓶在前3 000次循环内不得发生破裂或泄漏，且随后继续循环至设计循环次数 $N_d$ 之前，瓶体不得发生破裂。

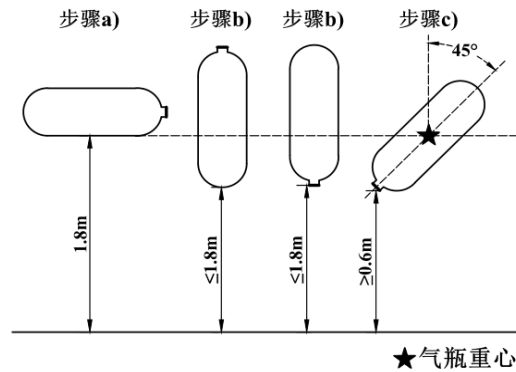


图6 跌落方向

## 6.2.14 氢气循环试验

### 6.2.14.1 试验方法

用氢气对气瓶及其附件进行氢循环试验，试验应同时满足以下要求：

- 循环压力的下限应为 2 MPa（允许偏差为 $\pm 1$  MPa），上限应不低于 1.25P；
- 充氢速率不得大于 60 g/s，充氢过程中瓶内气体温度不得高于 85 °C；
- 放氢速率应大于等于实际使用时气瓶最大放氢速率，放氢过程气瓶表面温度不得低于-40 °C；
- 氢气循环次数为 1 000 次，分两组进行，每组 500 次。第一组在常温环境中进行，循环后将气瓶加压至 1.15P，并在 55 °C 环境中至少静置 30 h；第二组在环境温度为-30 °C 和 50 °C 条件下分别进行 250 次循环；
- 按 6.2.4.1 的规定对气瓶进行气密性试验；
- 解剖气瓶，检查塑料内胆与瓶阀座连接处是否有可见损伤。

### 6.2.14.2 合格指标

氢气循环过程中，气瓶不得发生泄漏或破裂；气密性试验时氢气漏率不得超过 6 NmL/(h·L)；解剖后塑料内胆、塑料内胆和瓶阀座连接处不得有疲劳裂纹、塑料脱粘、密封件老化或静电放电造成的损伤。

## 6.2.15 枪击试验

### 6.2.15.1 试验方法

试验步骤如下：

- 采用氢气或氮气将气瓶加压至公称工作压力 P；
- 从下列两种方法中任选一种进行射击：
  - 采用直径为 7.62 mm 的穿甲弹以 850 m/s 的速度射击气瓶，射击距离不超过 45 m；
  - 采用维氏硬度不小于 870 HV、直径为 6.08 mm~7.62 mm、质量为 3.8 g~9.75 g 的锥形钢制弹头（锥角为 45°）以 850 m/s 的速度射击气瓶，射击能量不小于 3 300 J；
- 子弹应以 90°角射击气瓶一侧瓶壁。

### 6.2.15.2 合格指标

气瓶不得发生破裂。

## 6.2.16 常温渗透试验

### 6.2.16.1 试验方法

将气瓶及其附件置于温度为 $(15\pm 5)$  °C的密闭容器中，对气瓶缓慢充氢至公称工作压力 $P$ 。每隔12 h以上测量1次氢气渗透量，至少连续测量3次，若所测得的氢气浓度值之间相对偏差不超过 $\pm 10\%$ ，则确认渗透达到稳定状态。

### 6.2.16.2 合格指标

稳定状态下氢气漏率（含气瓶及其附件的泄漏）应不大于 $6 \text{ NmL}/(\text{h}\cdot\text{L})$ 。

### 6.2.17 耐久性试验

随机抽取1只气瓶按图7进行耐久性试验。

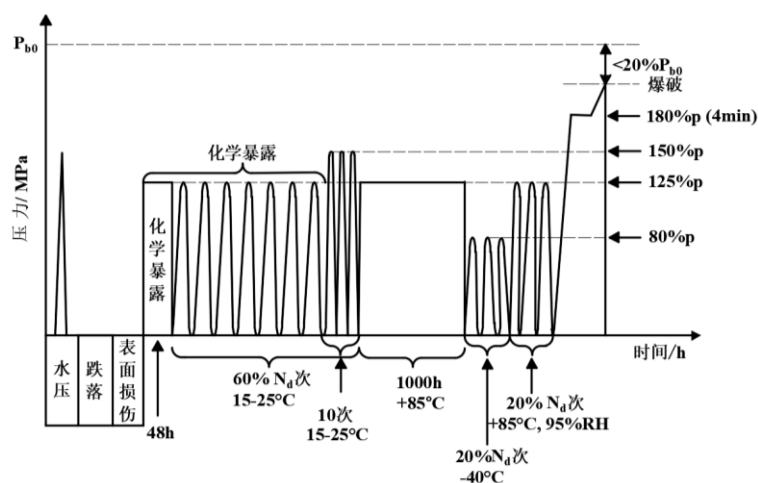


图7 耐久性试验

#### 6.2.17.1 水压试验

按6.2.3.1规定进行水压试验，将气瓶加压至 $1.5P$ 并保压至少30 s。制造单位已做过水压试验的气瓶可不进行此项试验。

#### 6.2.17.2 跌落试验

气瓶应按6.2.13.1中a)、b)、c)规定进行跌落试验。

#### 6.2.17.3 裂纹容限试验

试验步骤如下：

- 先按6.2.11.1中a)规定对气瓶进行裂纹制备；
- 将气瓶在不高于 $-40$  °C的环境中静置不少于12 h；
- 静置完成后应立即对气瓶按6.2.12.1和6.2.12.2的规定进行摆锤冲击。

#### 6.2.17.4 环境试验

试验步骤如下：

- 按照6.2.12.3的规定进行化学暴露，气瓶的总浸渍时间应大于48 h，并保持气瓶内压为 $1.25P$ ，环境温度为 $(20\pm 5)$  °C；

- b) 在循环压力下限为 2 MPa、上限不低于 1.25P，环境温度为 (20±5) °C 条件下对气瓶进行压力循环，压力循环频率应不超过 6 次每分钟，循环次数为 0.6 N<sub>d</sub>。在进行最后 10 次循环前，应将压力上限升高为 1.5P，移走玻璃棉衬垫并用清水冲洗气瓶表面。

#### 6.2.17.5 加速应力破裂试验

在温度不低于 85 °C 的环境中，将气瓶加水压至 1.25P，并在此温度和压力下静置 1 000 h。试验过程中应保持试验箱和气瓶表面的温度维持在规定温度。

#### 6.2.17.6 极限温度压力循环试验

先将气瓶置于温度不高于 -40 °C 的低温环境中，在压力下限为 (2±1) MPa、上限不低于 0.8P 的条件下进行压力循环试验，压力循环频率应不超过 6 次每分钟，循环次数为 0.2N<sub>d</sub>，试验过程中应保证气瓶表面及瓶内试验介质的温度不高于 -40 °C。再将气瓶置于温度大于或者等于 85 °C、相对湿度为 95% 的环境中，在压力下限为 (2±1) MPa，上限不低于 1.25P 条件下进行压力循环试验，循环次数为 0.2N<sub>d</sub>，试验过程中应保证气瓶表面及瓶内试验介质的温度不低于 85 °C。

#### 6.2.17.7 常温静压试验

应将气瓶用液体加压至 1.8P，保压 4 min，气瓶不得发生破裂。试验方法见 6.2.3.1。

#### 6.2.17.8 剩余强度液压爆破试验

应按 6.2.5.1 规定进行水压爆破试验。

#### 6.2.17.9 合格指标

按 6.2.17 规定进行水压试验、跌落试验、裂纹容限试验、环境试验、加速应力破裂试验和极限温度压力循环试验过程中，气瓶瓶体不得发生泄漏或破裂；在剩余强度液压爆破试验中，其爆破压力不得小于 0.8P<sub>b0</sub>。

#### 6.2.18 使用性能试验

按图 8 对气瓶及其附件进行使用性能试验。

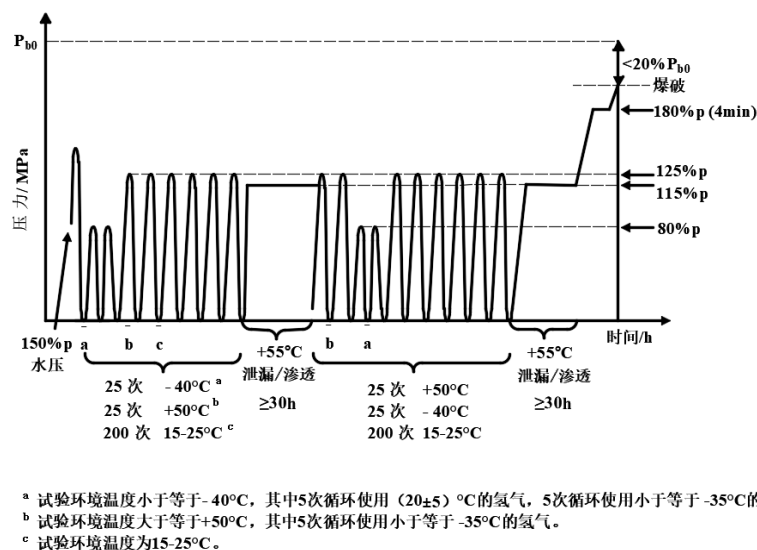


图 8 使用性能试验图示

### 6.2.18.1 水压试验

按6.2.3.1规定进行水压试验，将气瓶加压至1.5P并保压30 s。制造单位已做过水压试验的气瓶可不进行此项试验。

### 6.2.18.2 常温和极限温度气压循环试验

用氢气对气瓶及其附件进行500次气压循环试验。试验分为两组，每组各进行250次压力循环试验，试验顺序和试验条件如图8和表4所示。每组气压循环试验后应按6.2.18.3的规定进行极限温度渗透试验。试验应同时满足以下要求：

- 试验前，将气瓶在规定的温度、相对湿度环境中至少静置 24 h；
- 试验过程中，试验用氢气温度应控制在规定的温度范围内，并保持环境温度和相对湿度的稳定。如果在实际使用中采用特殊装置防止气瓶内部出现极端温度，在试验时可使用该装置；
- 循环压力的下限为 2 MPa（允许偏差为-1~0 MPa），上限为规定的压力。若气瓶在使用过程中的压力始终大于其规定压力，则应以此压力为循环压力的下限；
- 应在 3 min 内匀速将气瓶充装至规定的压力，但充氢速率不得大于 60 g/s。如果试验过程中气瓶内的温度超过 85 °C，则应当降低充氢速率；
- 放氢速率应大于或者等于实际使用时气瓶最大放氢速率。

表4 常温和极端温度下氢气循环试验

疲劳试验组号	压力循环次数/次	试验条件			
		氢气温度/°C	环境温度 <sup>a</sup> /°C	压力上限	相对湿度/%
第一组 (250 次)	5	20±5	≤-40	0.8P	95
	5	≤-35			
	15	≤-40			
	5	≤-35	≥50	1.25P	
	20	≤-40			
	200	≤-40			
第二组 (250 次)	25	≤-40	≥50	1.25P	95
	25	≤-40	≤-40	0.8P	
	200	≤-40	20±5	1.25P	

<sup>a</sup>环境温度发生变化时气瓶及其附件均应达到规定温度后方可进行后续气压循环试验

### 6.2.18.3 极限温度渗透试验

极限温度渗透试验应在6.2.18.2中每组气压循环试验之后进行。试验步骤如下：

- 气体渗透试验步骤如下：
  - 将气瓶及其附件置于温度大于或者等于 55 °C的密闭容器中；
  - 用氢气将气瓶及其附件缓慢加压至 1.15P 并保压，每隔 12 h 以上测量 1 次氢气渗透量，至少连续测量 3 次，若所测得的氢气浓度值之间相对偏差不超过±10%，则确认渗透达到稳定状态。渗透稳定时氢气漏率（含气瓶及其附件的泄漏）应不大于 46 NmL/(h·L)。
- 若实测氢气泄漏速率大于 3.6 NmL/min (0.005 mg/s)，则应进行局部泄漏试验，以确保每个泄漏点的氢气泄漏速率不超过 3.6 NmL/min (0.005 mg/s)。局部泄漏试验方法可以采用气泡法，步骤如下：

- 1) 将截止阀等与气瓶相连接的零部件排气口用阀帽进行密封；
- 2) 在室外将气瓶及其附件涂上专用检漏液（只适用于寻找漏点）；
- 3) 将气瓶及其附件浸没在专用检漏液中；
- 4) 根据气泡尺寸和气泡形成速率评估氢气泄漏程度。当气泡直径为 1.5 mm 时，允许的气泡生成速率为 2023 个每分钟；当气泡直径为 6 mm 时，允许的气泡生成速率为 32 个每分钟。

#### 6.2.18.4 常温静压试验

将气瓶用液体加压至 $1.8P$ ，保压4 min，气瓶不得发生爆破。试验方法见6.2.3.1。

#### 6.2.18.5 剩余强度液压爆破试验

应按6.2.5.1规定进行水压爆破试验。

#### 6.2.18.6 合格指标

按6.2.18规定进行水压试验、常温和极限温度气压循环试验、极限温度渗透试验和常温静压试验过程中，气瓶瓶体不得发生泄漏或破裂；在剩余强度液压爆破试验中，其爆破压力不得小于 $0.8P_{b0}$ 。

### 7 检验规则

#### 7.1 出厂检验

##### 7.1.1 逐只检验

内胆和气瓶应按表5规定的项目进行逐只检验。

##### 7.1.2 批量检验

###### 7.1.2.1 检验项目

内胆和气瓶应按表5规定的项目进行批量检验。

###### 7.1.2.2 抽样规则

###### 7.1.2.2.1 内胆

从每批内胆中随机抽取1只。

如果批量检验时有不合格项目，且有证据证明不合格是由于试验操作异常或测量误差所造成，则可重新检验。如果重新试验结果合格，则首次试验无效。否则应查明试验不合格原因，如果确认不合格是由于内胆缺陷造成的，则应对该批次内胆进行100%检查并移除有缺陷的内胆后，重新随机抽取2只进行内胆批量检验，2只内胆全部通过检验，则本批内胆合格；如果其中有一只未通过试验，则整批内胆判废。

###### 7.1.2.2.2 气瓶

从每批气瓶中随机抽取2只，1只进行水压爆破试验，另1只进行常温压力循环试验。

如果批量检验时有不合格项目，且有证据证明不合格是由于试验操作异常或测量误差所造成，则可重新检验。如果重新试验结果合格，则首次试验无效。如果批量试验有不合格的项目，允许再随机抽取

2只气瓶进行该项试验。全部气瓶通过试验，则本批气瓶合格；如果其中有一只未通过试验，则整批气瓶判废。

## 7.2 型式试验

7.2.1 新设计气瓶应按表 5 规定的项目进行型式试验。

7.2.2 用于型式试验的气瓶，数量不得少于 30 只，从中随机抽取进行型式试验的内胆数量为 1 只，气瓶数量为：

- a) 对于 A 类气瓶：水压爆破试验 3 只；常温压力循环试验 2 只；火烧试验 1 只；扭矩试验 1 只（可以用于水压爆破试验）；极限温度压力循环试验 1 只；加速应力破裂试验 1 只；裂纹容限试验 1 只；环境试验 1 只；跌落试验 1 只；氢气循环试验 1 只；枪击试验 1 只；渗透试验 1 只；
- b) 对于 B 类气瓶：水压爆破试验 3 只；常温压力循环试验 3 只；火烧试验 1 只；扭矩试验 1 只（可以用于水压爆破试验）；耐久性试验 1 只；使用性能试验 1 只。

所有进行型式试验的内胆和气瓶在试验后都应进行消除使用功能处理。

表5 试验和检验项目

试验项目		出厂检验		型式试验	试验	
		逐只检验	批量检验		试验方法和合格指标	
内胆	壁厚	√		√	6.1.1	
	制造公差	√		√	6.1.1	
	内外表面	√		√	6.1.2	
	母材拉伸试验		√	√	6.1.3	
	焊接接头检测	无损检测	√			6.1.4.1
		拉伸试验		√	√	6.1.4.2
		解剖检查		√	√	6.1.4.3
	瓶阀座螺纹	√		√	6.1.5.1	
	瓶阀座和塑料内胆连接接头	外观检查	√			6.1.5.2
		低压气密性检查	√			6.1.5.2
		解剖检查			√	6.1.5.2
	O 形圈	外观检查	√			6.1.6
		尺寸检查	√			6.1.6
		硬度检查		√		6.1.6
拉伸试验			√		6.1.6	
气瓶	A 类和 B 类	缠绕层层间剪切试验		√	6.2.1.1	
		缠绕层拉伸试验		√	6.2.1.2	
		缠绕层外观	√		√	6.2.2

表5 (续表)

试验项目		出厂检验		型式试验	试验	
		逐只检验	批量检验		试验方法和合格指标	
气瓶 A 类 和 B 类	水压试验	√		√	6.2.3	
	气密性试验	√		√	6.2.4	
	水压爆破试验		√	√	6.2.5	
	常温压力循环试验		√	√	6.2.6	
	火烧试验			√	6.2.7	
	扭矩试验			√	6.2.8	
气瓶 A 类	极限温度压力循环试验			√	6.2.9	
	加速应力破裂试验			√	6.2.10	
	裂纹容忍试验			√	6.2.11	
	环境试验			√	6.2.12	
	跌落试验			√	6.2.13	
	氢气循环试验			√	6.2.14	
	枪击试验			√	6.2.15	
	常温渗透试验			√	6.2.16	
	B 类	耐久性试验			√	6.2.17
		使用性能试验			√	6.2.18

### 7.3 设计变更

7.3.1 允许通过减少型式试验项目的方式对设计原型进行设计变更。设计变更应按表 6、表 7 规定的项目重新进行型式试验。未列入表 6、表 7 的设计变更应视为新设计，需作为设计原型按表 5 的规定进行全部项目的型式试验。

7.3.2 不得在已完成的设计变更基础上再进行设计变更，即经减少试验项目完成变更的设计不能作为设计原型。当设计变更同时涵盖表 6、表 7 中两个或两个以上设计变更项目时，试验项目应能覆盖此次所有变更项目。

7.3.3 当设计变更项目为新树脂材料、塑料内胆外直径变化、气瓶长度变化或瓶阀座几何形状变化时，均应重新进行应力分析。

7.3.4 碳纤维由同种原始材料(初始材料)制造，并且纤维制造单位规定的公称纤维模量和公称纤维强度均未超过设计原型规定的 $\pm 5\%$ ，则应认为是等效纤维材料。

7.3.5 树脂材料类型不同时应认为是新树脂材料，如环氧树脂、改性环氧树脂等。

7.3.6 相同类型和相同种类化学性质等效的树脂为等效树脂材料。

表6 A类设计变更需重新进行型式试验的试验项目

设计变更	试验项目													
	层间剪切试验	缠绕层拉伸试验	水压爆破试验	常温压力循环试验	火烧试验	扭矩试验	极限温度压力循环试验	加速应力破裂试验	裂纹容限试验	环境试验	跌落试验	氢气循环试验	枪击试验	常温渗透试验
纤维制造单位	√	√	√	√	√			√			√		√	
等效纤维材料 <sup>a</sup>	√	√	√	√				√			√			
新树脂材料 <sup>a</sup>	√	√	√ <sup>b</sup>	√ <sup>b</sup>	√		√	√	√	√	√		√	
等效树脂材料	√	√	√ <sup>b</sup>	√ <sup>b</sup>				√						
塑料内胆 外直径变化 <sup>c</sup>	≤20%		√ <sup>b</sup>	√ <sup>b</sup>							√		√ <sup>d</sup>	
	>20%		√	√	√						√	√ <sup>e</sup>	√	
气瓶长度 变化	≤50%		√ <sup>b</sup>	√ <sup>b</sup>	√ <sup>e</sup>								√ <sup>d</sup>	
	>50%		√ <sup>b</sup>	√ <sup>b</sup>	√						√	√ <sup>e</sup>		
塑料内胆材料 <sup>a</sup>				√	√		√				√	√		√
玻璃纤维保护层										√				
温度驱动安全泄压装置 (TPRD)					√ <sup>f</sup>	√ <sup>g</sup>								
瓶阀					√ <sup>f</sup>	√ <sup>g</sup>							√ <sup>h</sup>	
瓶阀座材料或几何形状 (含瓶口螺纹形式或尺寸变化)			√ <sup>b,i</sup>	√ <sup>b,i</sup>		√							√ <sup>j</sup>	√ <sup>k</sup>

<sup>a</sup>仅适用于材料性能或制造商变化,等效纤维材料设计变更项仅适用于同一材料制造商生产的材料;  
<sup>b</sup>仅要求采用1只气瓶进行试验;  
<sup>c</sup>仅适用于当直径变化时,缠绕层壁厚与原设计保持同样或者较低的应力水平(例如:直径增加,则壁厚应成比例增加);  
<sup>d</sup>仅在筒体长度小于直径或直径减小时进行试验;  
<sup>e</sup>仅在塑料内胆直径或气瓶长度增加时进行试验;  
<sup>f</sup>仅适用于TPRD泄放通道面积减小、瓶阀/TPRD质量增加超过30%、TPRD类型变化或瓶阀/TPRD制造单位变化时;  
<sup>g</sup>仅在瓶阀、端塞安装扭矩增加时进行试验;  
<sup>h</sup>仅适用于瓶阀TPRD类型改变或瓶阀制造单位的同一型号产品从未进行过该项试验时;  
<sup>i</sup>瓶口螺纹公称直径变化≤10%且与原设计保持同样或者较低的应力水平的不视为螺纹尺寸变化;  
<sup>j</sup>仅适用于瓶阀座几何形状变化导致其与塑料内胆连接界面变化时,不含瓶口螺纹形式或尺寸变化;  
<sup>k</sup>仅在瓶阀座几何形状变化时进行试验,不适用于瓶口螺纹形式或尺寸变化。

表7 B1/B2 类设计变更需重新进行型式试验的试验项目

设计变更		试验项目							
		层间 剪切试验	缠绕层 拉伸试验	水压 爆破试验	常温压力 循环试验	火烧 试验	扭矩 试验	耐久 性试验	使用 性能试验
纤维制造单位		√	√	√	√	√		√	
等效纤维材料 <sup>a</sup>		√	√	√	√				
新树脂材料 <sup>a</sup>		√	√	√ <sup>b</sup>	√ <sup>b</sup>	√		√	
等效树脂材料		√	√	√ <sup>b</sup>	√ <sup>b</sup>				
塑料内胆 外直径变 化 <sup>c</sup>	≤20%			√ <sup>b</sup>	√ <sup>b</sup>	√		√	
	>20%			√	√	√		√	√ <sup>d</sup>
气瓶长度 变化	≤50%			√ <sup>b</sup>	√ <sup>b</sup>	√ <sup>d</sup>			
	>50%			√ <sup>b</sup>	√ <sup>b</sup>	√		√	√ <sup>d</sup>
塑料内胆材料 <sup>a</sup>				√ <sup>e</sup>	√	√		√	√
玻璃纤维保护层								√	
温度驱动安全泄压 装置（TPRD）						√ <sup>f</sup>	√ <sup>g</sup>		
瓶阀						√ <sup>f</sup>	√ <sup>g</sup>		√ <sup>h</sup>
瓶阀座材料或几何 形状（含瓶口螺纹形 式或尺寸变化） <sup>i</sup>				√ <sup>b</sup>	√ <sup>b</sup>		√		√ <sup>j</sup>

<sup>a</sup>仅适用于材料性能或制造商变化，等效纤维材料设计变更项仅适用于同一材料制造商生产的材料；  
<sup>b</sup>仅要求采用1只气瓶进行试验；  
<sup>c</sup>仅适用于当直径变化时，缠绕层壁厚与原设计保持同样或者较低的应力水平(例如：直径增加，则壁厚应成比例增加)；  
<sup>d</sup>仅在塑料内胆直径或气瓶长度增加时要求进行试验；  
<sup>e</sup>仅适用于B1类气瓶；  
<sup>f</sup>仅适用于TPRD泄放通道面积减小、瓶阀/TPRD质量增加超过30%、TPRD类型变化或瓶阀/TPRD制造单位变化；  
<sup>g</sup>仅在瓶阀、端塞安装扭矩增加时进行试验；  
<sup>h</sup>仅适用于瓶阀的TPRD类型变化或瓶阀制造单位的同一型号产品从未进行过此项试验时；  
<sup>i</sup>不适用于B1类气瓶瓶阀座几何形状变化导致其与塑料内胆连接界面变化；瓶口螺纹公称直径变化≤10%且与原设计保持同样或者较低的应力水平的不视为螺纹尺寸变化；  
<sup>j</sup>B1类气瓶不适用，仅适用于B2类瓶阀座几何形状变化导致其与塑料内胆连接界面变化时。

## 8 安装防护

8.1 气瓶制造单位应规定瓶阀型号、规格及其安装力矩，必要时提供瓶阀装拆专用工具，以防止瓶阀装拆不当损坏瓶口或瓶阀。

8.2 气瓶制造单位应向车辆制造单位或车载供氢系统集成单位提供气瓶的安装方式。

8.3 车辆制造单位或车载供氢系统集成单位应采取设置固定支架、紧固带等措施，防止气瓶在使用过程中松动，并对气瓶、瓶口组合阀及其连接件进行防冲击保护，气瓶与固定支架、紧固带之间应采用柔性接触（如采用橡胶垫），以适应因压力、温度变化引起的气瓶膨胀或收缩，避免气瓶在接触部位受到磨损。

8.4 车辆制造单位或车载供氢系统集成单位在气瓶上设置保护装置时，保护装置的设计及其与车的连接方法应获得气瓶制造单位同意的书面文件。气瓶制造单位应评估气瓶承受冲击载荷的能力，以及保护装置对气瓶应力和疲劳寿命的影响。

8.5 加氢枪与气瓶间应具备通讯和安全联动功能，保证气瓶在充装过程中瓶内氢气压力和温度不超出气瓶压力和温度的允许范围。

8.6 对 B1 类气瓶，车辆结构设计时宜采用强度足够的护板、铠甲等方式进行防护，避免气瓶、瓶口组合阀及其连接件受到来自路面等方向飞溅硬物（如石块等）的撞击。

## 9 标志、包装、运输和储存

### 9.1 标志

9.1.1 每只气瓶缠绕层的表面层或者防护层下面应当植入完整、清晰的制造标签和经认证合格的电子标签，以形成永久性标记。

9.1.2 气瓶制造标签的字高一般不小于 8 mm，标记项目至少应包括：

- a) 制造单位名称和代号；
- b) 制造许可证编号；
- c) 气瓶编号；
- d) 产品标准号；
- e) 公称工作压力，MPa；
- f) 水压试验压力，MPa；
- g) 充装介质名称或化学分子式；
- h) 气瓶公称容积，L；
- i) 设计使用年限，年；
- j) 气瓶的制造年月；
- k) 监督检验标记。

### 9.2 包装

9.2.1 根据用户需要，如不带瓶阀出厂，则瓶口应采取可靠措施加以密封，防止沾污。

9.2.2 气瓶应妥善包装，防止运输时损伤。

### 9.3 运输

9.3.1 气瓶的运输应符合运输部门的有关规定。

9.3.2 气瓶在运输和装卸过程中，应防止碰撞、受潮和附件损坏，尤其要防止缠绕层划伤。

### 9.4 储存

气瓶应存放整齐。储存在干燥、通风、阴凉的地方，避免日光暴晒、高温、潮湿，严禁接触强酸、强碱、强辐射，严禁切割、刻划、抛掷和剧烈撞击。

## 10 产品合格证和批量检验质量证明书

### 10.1 产品合格证

10.1.1 出厂的每只气瓶均应附有产品合格证并应安装可追溯产品信息的产品合格电子标识(电子合格证),且应向用户提供产品使用说明书。

10.1.2 出厂产品合格证及电子合格证至少应包含以下内容:

- a) 制造单位名称和代号;
- b) 制造许可证编号;
- c) 气瓶编号;
- d) 产品标准号;
- e) 充装介质名称或化学分子式;
- f) 公称工作压力, MPa;
- g) 水压试验压力, MPa;
- h) 气密性试验压力, MPa;
- i) 泄漏率转换系数  $\alpha$ 、 $\beta$ ;
- j) 实测水容积, L;
- k) 实测空瓶质量(不含附件), kg;
- l) 塑料内胆材料名称或牌号;
- m) 纤维材料名称或牌号;
- n) 树脂材料名称或牌号;
- o) 瓶阀座材料名称或牌号;
- p) 设计使用年限, 年;
- q) 出厂检验标记;
- r) 制造年月;
- s) 定期检验周期;
- t) 设计循环次数, 次;
- u) 阀门制造单位名称和制造许可证编号(带阀门出厂时);
- v) 阀门装配扭矩。

10.1.3 产品使用说明书应至少包含以下内容:

- a) 充装介质;
- b) 公称工作压力, MPa;
- c) 水压试验压力, MPa;
- d) 设计使用年限, 年;
- e) 设计循环次数, 次;
- f) 产品的维护;
- g) 安装使用注意事项。

## 10.2 批量检验质量证明书

10.2.1 批量检验质量证明书的内容,应包括本标准规定的批量检验项目,参见附录 B 车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶批量检验质量证明书。

10.2.2 出厂的每批气瓶,均应附有批量检验质量证明书和监督检验证书。该批气瓶有一个以上用户时,所有用户均应有批量检验证明书和监督检验证书的复印件。

10.2.3 气瓶制造单位应妥善保存气瓶的检验记录和批量检验质量证明书的复印件(或正本),保存时间不应低于气瓶的设计使用年限。

A

附录 A  
(规范性附录)  
气瓶塑料内胆与氢气相容性评定方法

### A.1 概述

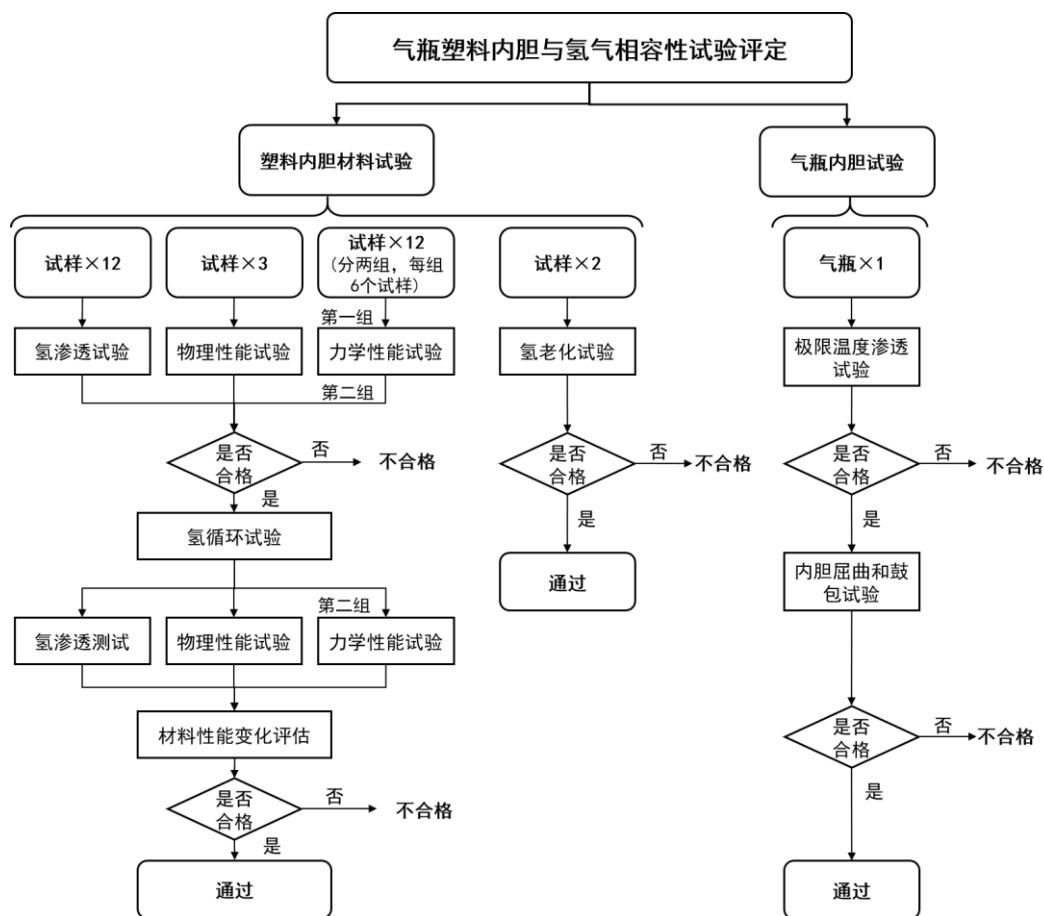
本附录规定了气瓶塑料内胆与氢气相容性评定方法。

### A.2 通用要求

A.2.1 气瓶塑料内胆与氢气相容性评定可采用试验评定法或对比经验评定法。

A.2.2 试验用氢气成分应满足GB/T 37244燃料电池汽车用氢气品质要求。

### A.3 试验评定法

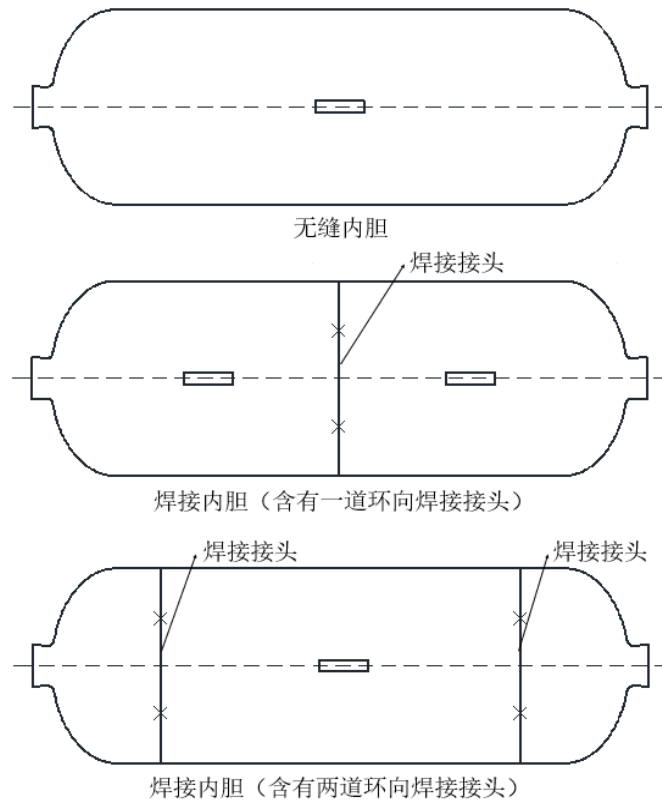


图A.1 气瓶塑料内胆与氢气相容性试验评定程序

试验评定法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渗透试验、物理性能试验、力学性能试验、氢循环试验和氢老化试验；气瓶内胆试验包括极限温度渗透试验、内胆屈曲和鼓包试验。试验程序见图A.1。

### A.3.1 塑料内胆材料试验

塑料内胆材料试验可从同一内胆取样，无缝内胆取样位置位于筒体中部，焊接内胆取样位置位于远离焊缝的筒体中部，取样部位如图A.2所示。



图A.2 塑料内胆取样部位示意图

#### A.3.1.1 氢渗透试验

##### A.3.1.1.1 试样准备

试样与氢气接触区域的直径应大于或等于25mm，宜采用直径为 $(78\pm 1)$  mm的圆片试样，试样厚度取内胆厚度。氢渗透试验试样共12个，分4组，每组3个。

##### A.3.1.1.2 试验方法

试验前，试样应进行真空干燥处理。试验时对试样一侧加压，高压氢气透过试样流向低压侧，监测低压侧氢气传输速率直至氢气传输速率达到恒定值，继续保持48 h后停止试验，记录氢气传输量与时间关系曲线。4组试样分别在以下温度和压力条件下进行氢渗透试验：

- a)  $(55\pm 1)$  °C, 1.15 倍气瓶公称工作压力；
- b)  $(15\pm 1)$  °C, 1.0 倍气瓶公称工作压力；
- c)  $(55\pm 1)$  °C, 0.1 MPa；

d)  $(15\pm 1)$  °C, 0.1 MPa。

每组圆片试样应按图A.1的试验程序, 分别在氢循环试验前和氢循环试验结束48 h后进行氢渗透试验。

#### A.3.1.1.3 合格指标

15 °C、55 °C时氢渗透系数应分别不大于 $2\times 10^{-13}$  cm<sup>3</sup>·cm/(cm<sup>2</sup>·s·Pa)、 $1\times 10^{-12}$  cm<sup>3</sup>·cm/(cm<sup>2</sup>·s·Pa)。

#### A.3.1.2 物理性能试验

##### A.3.1.2.1 试样准备

试样尺寸宜取为40 mm×10 mm×4 mm, 当内胆厚度小于4 mm时, 试样厚度取内胆厚度。至少应制备3个试样。

##### A.3.1.2.2 试验方法

按图A.1的试验程序, 在氢循环试验前和氢循环试验结束48 h后, 在常温常压的空气环境中测量试样质量、尺寸、体积和密度, 并记录试样的表观图像。试样密度、体积和质量的测量应符合GB/T 1033.1中A法的相关规定。

##### A.3.1.2.3 合格指标

氢循环试验前, 试样的密度应满足设计文件的要求。氢循环试验前后, 试样质量变化率应小于或者等于0.75%, 密度变化率应小于或者等于0.75%, 体积变化率应小于或者等于10%。

#### A.3.1.3 力学性能试验

##### A.3.1.3.1 试样准备

试样的形状、尺寸应符合GB/T 1040.2的规定, 试样共12个, 分两组, 每组6个。

##### A.3.1.3.2 试验方法

塑料内胆材料的力学性能试验应符合GB/T 1040.1、GB/T 1040.2以及相关国家标准的规定, 试验温度为常温和-50 °C。试验应按照以下步骤进行:

- a) 在进行氢循环试验前, 第一组试样在常温和-50 °C下(各3个试样)进行拉伸试验, 记录拉伸曲线;
- b) 使用第二组试样完成氢循环试验, 在试验结束48 h后, 在常温和-50 °C下(各3个试样)进行拉伸试验, 记录拉伸曲线;
- c) 评估试样的材料力学性能。

##### A.3.1.3.3 合格指标

试样为韧性断裂, 拉伸强度应满足设计文件的要求。同一试验温度条件下, 氢循环试验前后的材料平均拉伸强度变化(下降值)不得超过20%。

#### A.3.1.4 氢循环试验

##### A.3.1.4.1 试样准备

需进行氢循环试验的试样包括：A.3.1.1中完成氢渗透试验的12个试样、A.3.1.2中完成第一次物理性能试验的3个试样及A.3.1.3中的第二组试样。

#### A.3.1.4.2 试验方法

氢循环试验分为三组，试验顺序和试验条件如表A.1所示。在氢循环试验结束48 h后，按图A.1的规定使用同一批试样分别完成第二次氢渗透试验（12个试样）、第二次物理性能试验（3个试样）和第二次力学性能试验（第二组试样），分析氢循环试验前后的材料性能变化。

表A.1 氢循环试验

氢循环试验组号	压力循环次数/次	试验条件						
		降压时间/s	升压时间/min	环境温度/°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	≤3	-40	0.8 <i>P</i>	2 MPa	5	5
	45	≥3600						
第二组 (400次)	40	45~225	≤3	15	<i>P</i>	2 MPa	5	5
	360	≥3600						
第三组 (50次)	5	45~225	≤3	55	1.15 <i>P</i>	2 MPa	5	5
	45	≥3600						

#### A.3.1.4.3 合格指标

氢循环试验前后的材料性能应分别满足A.3.1.1、A.3.1.2和A.3.1.3的规定。

#### A.3.1.5 氢老化试验

##### A.3.1.5.1 试样准备

试样的形状、尺寸应符合GB/T 1040.2的规定，取2个试样。

##### A.3.1.5.2 试验方法

将1个试样进行拉伸试验，记录拉伸曲线；将另1个试样在压力不低于1.25倍气瓶公称工作压力、温度不小于85°C的氢气中放置1 000 h后，在100 s内将压力降至大气压力，冷却到室温，进行拉伸试验。

##### A.3.1.5.3 合格指标

试样拉伸强度和拉伸断裂标称应变变化不得超过20%。

#### A.3.2 气瓶内胆试验

##### A.3.2.1 极限温度渗透试验

##### A.3.2.1.1 试验方法

将气瓶置于温度为不低于55 °C的密闭容器中，对气瓶缓慢充氢至1.15倍公称工作压力，每隔12 h以上测量渗漏率，直至连续3次出现后一次测量结果与前一次相差不超过±10%。

##### A.3.2.1.2 合格指标

氢气漏率应不大于46 NmL/(h·L)。

### A.3.2.2 内胆屈曲和鼓包试验

#### A.3.2.2.1 试验方法

将经过极限温度渗透试验的气瓶，以厂商规定的气瓶最快放气速率降至大气压，放气过程中气瓶表面温度不应低于-40℃；在常温环境中静置5 h后，将气瓶加压至公称工作压力并保压24 h；重复充放气循环9次。

#### A.3.2.2.2 合格指标

塑料内胆不得发生屈曲，内壁面不得有鼓包；塑料内胆材料不得有鼓泡。

### A.4 对比经验评定法

A.4.1 对比经验评定塑料内胆与参照塑料内胆应具有相同的材料、相同的结构（内胆为焊接结构和非焊接结构）。

A.4.2 用作参照塑料内胆的气瓶应获得气瓶生产国的制造许可并满足UN GTR13或EC79或ECE R134的要求，气瓶装车后安全使用年限不得少于3年。

A.4.3 对参照塑料内胆和对比经验评定塑料内胆材料，用红外光谱法确定其谱图，用差示扫描量热仪测定其熔点，用质谱仪测定其分子量，并用差减法确认两者满足同一性要求。

A.4.4 对比经验评定塑料内胆的材料在常温和-50℃下的力学性能以及温度15℃、压力0.1 MPa时的氢渗透系数不得低于参照内胆材料的相应要求。塑料内胆材料氢渗透系数测定及力学性能试验分别按照A.3.1.1和A.3.1.3中氢循环试验前的规定执行。

A.4.5 采用对比经验评定法时，应提供完整的对比经验评定文件。

**附录 B**  
(资料性附录)

**车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶批量检验质量证明书**

气瓶型号\_\_\_\_\_ 产品图号\_\_\_\_\_ 制造许可证编号\_\_\_\_\_

生产批号\_\_\_\_\_ 充装介质\_\_\_\_\_ 制造日期\_\_\_\_\_

本批气瓶\_\_\_\_\_只, 编号从\_\_\_\_\_号到\_\_\_\_\_号

本批合格气瓶中不包括下列瓶号:

**B.1 主要技术数据**

公称容积/L		气瓶公称外直径/mm		塑料内胆设计壁厚/mm	
公称工作压力/MPa		水压试验压力/MPa		气密性试验压力/MPa	

**B.2 材料**

**B.2.1 塑料内胆**

名称或牌号		规格或型号		
检验项目	熔点/°C	软化温度/°C	熔体流动速率(粒状塑料)	
			聚乙烯: 熔体质量流动速率/(g/10min)	聚酰胺(改性聚酰胺): 熔体体积流动速率/(cm <sup>3</sup> /10min)
规定值				
实测值				
检验项目 (粉状塑料)	表观密度/(g/mL)	粉体流出时间/s	平均颗粒粒径/μm	
规定值				
实测值				

**B.2.2 纤维/树脂复合材料**

纤维名称或牌号		纤维规格或型号	
树脂名称或牌号		树脂规格或型号	
检验项目	纤维线密度/tex		纤维浸胶拉伸强度/MPa
规定值			
实测值			

## B.2.3 瓶阀座

6061 铝合金化学成分													
元素	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Pb	Bi	其他		Al
											单向	总体	
规定值													
实测值													
铝合金 6061	抗拉强度/MPa		0.2%非比例延伸强度/MPa				断后伸长率/%						
规定值													
实测值													
奥氏体不锈钢 S31603 化学成分													
元素	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Ni 当量				
规定值													
实测值													
奥氏体不锈钢 S31603	抗拉强度/MPa		0.2%非比例延伸强度/MPa				断面收缩率/%		冲击吸收能量/J				
规定值													
实测值													

## B.3 内胆试验 试验内胆号\_\_\_\_\_

检验项目	母材性能检测	焊接接头检测	
	拉伸强度/MPa	拉伸强度/MPa	熔融长度/mm
规定值			
实测值			

## B.4 水压爆破试验 试验瓶号\_\_\_\_\_

实测爆破压力\_\_\_\_\_MPa。

## B.5 常温压力循环试验 试验瓶号\_\_\_\_\_

循环压力上限/MPa	循环压力下限/MPa	试验结果
		常温加压循环至__次，气瓶未发生泄漏或破裂

经检查和试验符合 T/CATSI 02 007-2020 标准的要求，该批气瓶是合格产品。

监督检验单位：（盖章）

气瓶制造单位：（检验专用章）

监督检验员：（签字或盖章）

检验负责人：（签字或盖章）

年 月 日

年 月 日

附录 C  
(规范性附录)  
气瓶日常保养检查

C.1 概述

本附录规定了气瓶在不拆卸的情况下进行日常保养检查的基本方法和技术要求。

C.2 日常保养检查

日常保养检查主要由4S店等负责汽车维修、保养的企业在汽车保养时进行。

C.2.1 检查项目

日常保养检查项目至少应包括气瓶外观检查、氢泄漏检测和气瓶安装状况检查。

C.2.2 检查前表面清理

日常保养检查前，检查人员应清除气瓶外表面有碍外观检查的尘埃、杂物等。

C.3 气瓶外观检查

对瓶组撬装系统或单个气瓶装置的外露部分尽可能全面地进行外观检查，以便发现是否存在缺陷和问题。

C.3.1 磨损、划伤

检查气瓶外表面缠绕层有无磨损、划伤现象，如有明显磨损、划伤现象，碳纤维层已暴露或已损伤，应按C.6的要求处理。

C.3.2 冲击损伤

检查气瓶外表面缠绕层有无受到硬物撞击的迹象，如有任何因撞击导致的碳纤维层损伤迹象，应按C.6的要求处理。

C.3.3 瓶阀及连接管路检查

应逐只对瓶阀进行外观检查，如发现阀体和其他部件有严重损伤、变形，或阀门工作不正常，应按C.6的要求处理。

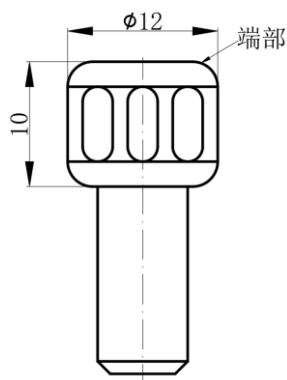
C.4 氢泄漏检测

应逐只对气瓶、瓶阀及连接管路可能泄漏氢气的部位进行泄漏检测，试验介质为瓶内氢气，检测压力为60%~100%气瓶公称工作压力。

使用便携式氢气检测仪进行检测，氢气检测仪的最小检测浓度应不高于100 ppm。在氢气检测仪上安装探测头，探测头的端部密封，侧面开气孔，如图C.1所示。将探测头的端部轻轻接触受试气瓶的待

查部位，检测持续时间不少于10 s，读取氢气浓度。经检测发现有泄漏的部位，氢气泄漏量不得大于900 ppm。

检测时若发现有气泡逸出或氢气浓度超过 900 ppm，应及时安全地排放瓶内氢气，并送气瓶制造单位或有资质的气瓶检验机构检验。



图C.1 探测头示意图

## C.5 气瓶安装状况检查

对氢气管线、撬装框架、固定支架、紧固带和保护装置的安装状况进行检查。

### C.5.1 氢气管线

检查氢气管线及阀门的连接处是否紧固，清除排放系统中的污染物和水。

如发现连接处松动或管线磨损，应查明原因并由经培训的专业人员进行处理。

### C.5.2 撬装框架、固定支架和紧固带

检查撬装框架、固定支架/紧固带与气瓶，或撬装框架、固定支架/紧固带与汽车安装部位之间有无松动。

检查内容至少应包括：

- a) 固定支架和汽车间的连接是否牢固；
- b) 紧固带是否松动，紧固螺钉是否拧紧；
- c) 固定支架、紧固带和气瓶间的橡胶垫是否完好，橡胶垫有无磨损；
- d) 固定支架、紧固带是否受到严重腐蚀，撬装框架有无开裂或严重变形。

如发现瓶组撬装系统或单个气瓶装置存在松动、橡胶垫磨损、固定支架/紧固带严重腐蚀、撬装框架开裂或严重变形，应查明原因并由经培训的专业人员进行处理。

### C.5.3 防护装置

检查砂石防护罩、气瓶防护罩等气瓶防护装置是否发生严重变形，以及气瓶与防护罩之间的间隙。若发现防护罩严重变形或间隙中有碎片时，应查明原因并由经培训的专业人员进行处理。

### C.5.4 其他问题

如果发现有其他可能影响汽车正常运行或气瓶安全使用的问题，应及时告知汽车制造厂或气瓶制造单位处理。

## C.6 定期检验

除需对B1类气瓶、瓶阀及连接管路进行日常保养检查外，还需将A类气瓶、B2类气瓶及瓶阀定期送法定检验机构按相关气瓶定期检验标准进行定期检验。气瓶定期检验周期按相关规范、标准执行，一般不得超过3年。若发现B1类车用气瓶或瓶阀有问题时，应及时返回汽车制造厂维修、检验。

## C.7 需提前送检验机构进行检验的情况

C.7.1 在使用过程中，如遇到下列情况应提前进行检验：

- a) 气瓶及瓶阀遇明火；
- b) 气瓶长期暴露在高于85 °C的环境温度下；
- c) 气瓶及瓶阀受到冲击；
- d) 汽车遭受碰撞；
- e) 气瓶及瓶阀接触化学物质；
- f) 发生异常的声响；
- g) 确信气瓶及瓶阀已经受到某种方式的损伤；
- h) 对气瓶及瓶阀的安全可靠性有怀疑。

C.7.2 库存或者停用时间超过一个检验周期的气瓶，启用前应进行检验。

C.7.3 气瓶撬装系统或气瓶、瓶阀的拆装应由气瓶原制造单位或其授权的气瓶检验机构进行。

## C.8 检查记录

检查人员应当认真填写气瓶日常保养检查记录，至少应包括以下内容：

- a) 气瓶出厂编号；
- b) 检查结果；
- c) 检查日期。

## D

附 录 D  
(规范性附录)  
气瓶塑料内胆焊接工艺评定

## D.1 总则

本附录规定了气瓶塑料内胆焊接工艺评定的技术要求。

## D.2 一般要求

D.2.1 在生产塑料内胆之前或改变塑料内胆材料、接头坡口形式、焊接工艺、塑料内胆直径和厚度时均应进行焊接工艺评定。焊接工艺评定除按本附录规定外，其余应参考HG/T 4280的规定。

D.2.2 焊接工艺评定所用的焊接机具、试验与检验设备应满足相应的标准规定并处于完好状态，试验与检验设备应经计量检定合格并在有效期内。

D.2.3 焊接工艺评定时应规定影响焊接质量的工艺参数及其允许变化范围。激光焊接工艺参数至少应包括激光功率、瓶体转速、光束直径、焊接压力、压焊时间、加热温度和环境温度；红外线焊接工艺参数至少应包括红外线灯功率、加热温度、瓶体与红外线灯间的距离、焊接压力、压焊时间和环境温度。

D.2.4 焊接工艺评定应在气瓶塑料内胆或模拟塑料内胆上进行。模拟塑料内胆的材料、接头坡口形式、直径、厚度和焊接工艺应与气瓶塑料内胆保持一致。

D.2.5 焊接工艺评定的试件为2组。检验与试验项目中有一项不合格时，则判定该焊接工艺不合格。

D.2.6 焊接工艺评定文件应经过气瓶制造单位技术总负责人批准。

## D.3 试验项目

D.3.1 焊接工艺评定的检验和试验项目至少应包括：外观检查、无损检测、拉伸试验和解剖检查。

D.3.2 焊接接头无损检测应采用可视化超声检测（见附录E）等方法。

D.3.3 拉伸试样应在气瓶塑料内胆或模拟塑料内胆焊接接头沿圆周0°、90°、180°、270°处的垂直方向取8件轴向拉伸试样，焊接接头应位于试样中部。

D.3.4 拉伸试验试样应按6.1.4.2进行制备。

D.3.5 拉伸试验前应先进行脉动疲劳试验，温度为-50℃、频率为0.2 Hz、循环次数为气瓶的设计循环次数，最大拉伸应力不得小于气瓶焊接接头可能承受的最大轴向拉应力。

D.3.6 解剖检查试验方法应按6.1.4.3的规定执行。

## D.4 试验方法和合格指标

焊接工艺评定试验结果应符合表 D.1 的要求。

表D.1 焊接工艺评定方法

检验与试验项目	外观检查	无损检测	拉伸试验	解剖检查
试验方法及要求	5.4.2.4、5.4.2.5	6.1.4.1	6.1.4.2	6.1.4.3

## 附 录 E (规范性附录)

### 气瓶塑料内胆焊接接头可视化超声相控阵检测与质量分级方法

#### E.1 概述

E.1.1.1 本附录规定了对接焊接接头的可视化超声相控阵检测与质量分级方法。

E.1.1.2 本附录适用采用激光焊接、红外线焊接方法形成内径（250~630）mm、壁厚（4~8）mm的气瓶塑料内胆。

#### E.2 符号

*A*——做S-扫描时，角度范围内所包含的A扫个数（如30°~70°的S-扫描，角度步进为1°，则*A*=41）；

*H*——缺陷距外表面深度，mm；

*l*——缺陷长度，mm；

*L*——探头左右移动距离，mm；

*N*——设置的信号平均次数；

*PRF*——激发探头的脉冲重复频率，Hz；

*R*——工件外径，mm；

*T*——工件壁厚，mm；

$v_{\max}$ ——最大扫查速度，mm/s；

$\Delta x$ ——设置的扫查增量值，mm；

$\Delta x_{\max}$ ——扫查步进最大值，mm。

#### E.3 通用要求

##### E.3.1 超声相控阵检测系统

E.3.1.1 超声相控阵检测系统包括主机、探头、离线分析软件、扫查装置和附件，能够实现可视化检测，实时显示信号位置及A、B、C、S等扫描图像。

E.3.1.2 超声相控阵检测系统的探头是由多个晶片组成的一维线阵列，探头可加装用来辅助声束偏转的楔块（包括液体楔块、低衰减胶体楔块或聚苯乙烯等低声速固体楔块）。

E.3.1.3 扫查装置包括探头夹持部分、驱动部分和导向部分，并装有记录位置的编码器。探头夹持部分应能调整和设置探头中心间距，在扫查时保持探头中心间距和相对角度不变。导向部分应能调整和设置探头运行轨迹，在扫查时保持探头运动轨迹与参考线一致。

##### E.3.2 对比试块

E.3.2.1 检测方法和工艺应采用对比试块验证。对比试块应采用与塑料内胆相同的焊接方法制作，并加工人工缺陷。人工缺陷位置应具有代表性，至少应包括外表面、内表面和内部1/2深度位置。

E.3.2.2 应根据焊缝坡口形式设置人工反射体，用来调节灵敏度和定位缺陷。

E.3.2.3 应根据焊缝坡口形式设置人工反射体，用来调节灵敏度和定位缺陷。该反射体为主反射体，采用聚焦声束检测。

E.3.2.4 人工反射体的设置应满足以下要求：

- a) 在坡口面上设置人工反射体，直径为 2 mm 的平底孔。平底孔的中心线应垂直于坡口面且在坡口面长度方向等分；
- b) 在内外表面的熔合线上设置方槽，其深为 1 mm、宽为 1 mm、长为 10 mm；
- c) 在焊缝中心线上设置一个直径为 2 mm 的通孔，该孔或槽中心线应与焊缝截面中心线相重合且垂直于管壁。

E.3.2.5 人工反射体在水平方向的布置应使显示信号独立，邻近区反射体不得互相干扰。

E.3.2.6 人工反射体允许误差应满足以下要求：

- a) 孔直径：±0.1 mm；
- d) 槽长度：±0.1 mm；
- e) 槽深度：±0.2 mm；
- f) 角度：±1°；
- g) 反射体中心位置：±0.1 mm。

### E.3.3 耦合剂

E.3.3.1 耦合剂应采用有效且适用于被检工件的介质。选用的耦合剂应具有良好的透声性、适宜的流动性、易清洗且无毒无害。典型的耦合剂包括水、甲基纤维素糊状物、洗涤剂；为获得最佳的透声效果并减少曲面影响，耦合剂可采用甘油、水玻璃、水等配制与被检材料声阻抗相近的多元混合物。

E.3.3.2 实际检测采用的耦合剂应与检测系统设置和校准时的耦合剂相同。

E.3.3.3 选用的耦合剂应保证在工艺规程规定的温度范围内稳定可靠的检测。

## E.4 检测程序

### E.4.1 表面清理

焊接接头的外表面卷边应加工平整，其质量应经外观检验合格。焊接接头表面应清洁干燥、无妨碍检测的污物，其表面粗糙度应满足检测要求，表面的不规则状态不得影响检测结果的正确性和完整性。

### E.4.2 探头及楔块的选择

E.4.2.1 根据工件厚度、材质、检测位置、检测面形状以及检测使用的声束类型对相控阵探头的中心频率、晶片间距、晶片数量、晶片尺寸、形状以及楔块规格等进行选择。根据工件厚度选择的相控阵探头参数如表E.1所示。

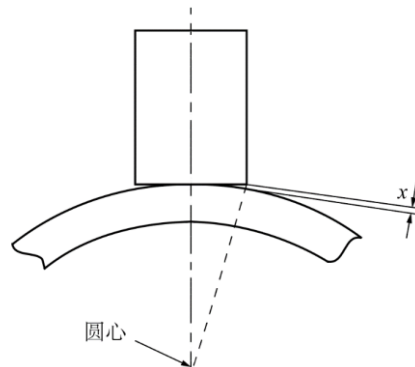
表E.1 工件厚度与相控阵探头参数

工件厚度/mm	主动孔径 <sup>a</sup> /mm	标称频率/MHz
4~6	4~6	7~10
6~8	6~8	5~7

<sup>a</sup>电子扫描在满足穿透的情况下，应选择主动孔径小的探头。

E.4.2.2 一次激发的晶片数一般不低于16个晶片。

E. 4. 2. 3 楔块的曲率应与被检工件的形状相吻合，如图E.1所示。楔块边缘与被检工件接触面的间隙 $x$ 大于0.5 mm时，应采用曲面楔块。

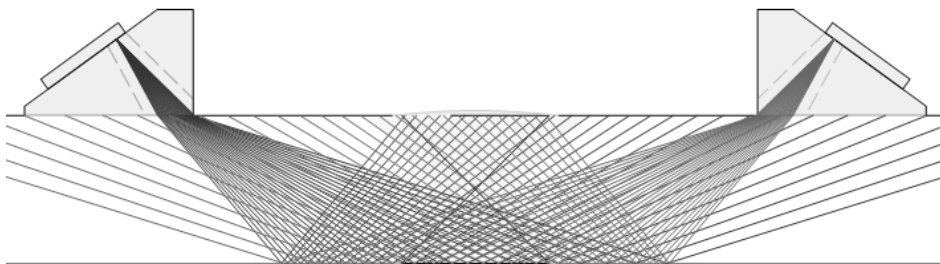


图E.1 探头楔块边缘与工件外表面间隙的示意图

#### E. 4. 3 检测区域覆盖

E. 4. 3. 1 超声相控阵检测可采用扇形扫查或线性扫查。检测区域内每一点应至少被两个方向的声束覆盖，如图E.2所示。制定检测工艺时，应确保用于覆盖检测区域的声束在有效声程范围内。

E. 4. 3. 2 应使用与仪器相匹配的声束覆盖模拟软件，对扫查方式、探头位置、激发孔径、扇形扫查角度范围或线性扫查覆盖范围进行模拟设置。设置原则是使有效声程范围全覆盖检测区域，并能够满足所选择的检测等级要求。



图E.2 检测区域覆盖示例

#### E. 4. 4 检测时机

应在焊接工作全部完成，并自然冷却至少2 h后，进行超声检测。

#### E. 4. 5 灵敏度设定

灵敏度校验应按所用的超声相控阵检测系统在对比试块上进行。在最大声程处的灵敏度应不低于 $\Phi 2$ 平底孔，信噪比不低于12 dB。

#### E. 4. 6 扫查步进的设置

检测前应将超声相控阵检测系统设置为根据扫查步进采集信号。扫查步进最大值 $\Delta x_{max}$ 应不超过1.0 mm。

#### E. 4. 7 编码器的校准

检测前应校准编码器。校准方式是将编码器移动至少为500 mm，比较检测设备显示的位移与实际

位移，要求误差应小于1%或10 mm，以较小值为准。

#### E.4.8 扫查要求

E.4.8.1 扇形扫查时，声束扇形扫查角度不应超出30°~70°。线性扫查时，应将扫查范围设置到最大以增加覆盖范围，在仪器处理速度允许的情况下，应将激发孔径移动的步进设置为1。

E.4.8.2 应采用聚焦声束检测，聚焦深度设置应为声束在工件中的最大深度。如对接接头直射波检测时为 $T$ ，一次反射波检测时为 $2T$ 。

E.4.8.3 扫查过程中应采取一定的措施（如提前画出探头轨迹或参考线、使用导向轨道）使探头移动轨迹与扫查轨迹的偏离量不超过3 mm。

E.4.8.4 扫查过程中应保持耦合稳定，有耦合监控功能的仪器可开启此功能。对耦合效果有怀疑时，应重新扫查该段区域。

E.4.8.5 线性扫查一般采用编码器记录扫查位置，通常将相控阵探头安装在扫查装置中，沿对接接头长度方向移动。检测时，依照工艺设计将检测系统的硬件及软件置于检测状态，将探头摆放到要求的位置，沿设计的路径进行扫查。

E.4.8.6 线性扫查时应保证扫查速度不超过最大扫查速度，同时保证耦合效果和数据采集要求。根据式（E.1）计算最大扫查速度 $v_{max}$ ：

$$v_{max} = \frac{PRF}{NA} \Delta x \dots\dots\dots (E.1)$$

#### E.4.9 检测系统的复核

E.4.9.1 在以下情况应对检测系统进行复核：

- a) 校准后，探头、耦合剂和仪器调节旋钮发生改变时；
- b) 检测人员怀疑检测灵敏度有变化时；
- c) 连续工作 4 h 以上时；
- d) 工作结束时。

E.4.9.2 复核应包括灵敏度复核和检测精度复核，复核应采用与初始检测设置时的同一试块。若复核时发现与初始检测设置的测量偏离，则按表E.2规定的方法执行。

表E.2 偏离与纠正

参数	偏离情况	纠正方法
灵敏度	≤3 dB	通过软件进行纠正
	>3 dB	应重新设置，并重新检测上次校准以来所检测的焊缝
深度	偏离≤实际深度的5%，且≤3 mm	不需要采取措施
	偏离>实际深度的5%，或>3 mm	应找出原因重新设置，并重新检测上次校准以来所检测的焊缝

#### E.5 检测数据的分析和解释

##### E.5.1 检测数据的有效性评价

E.5.1.1 分析数据之前应评估所采集的数据，确定其有效性。数据应至少满足以下要求：

- a) 数据是基于扫查增量的设置采集的；
- b) 采集的数据量满足检测焊缝长度的要求；
- c) 数据丢失量不得超过整个扫查的 5%，且不允许相邻数据连续丢失；

d) 整个扫查图像中不得包含耦合监控显示耦合不良的位置。

E. 5. 1. 2 若数据无效，应纠正后重新进行扫查。

E. 5. 2 缺陷定量

E. 5. 2. 1 对回波波幅达到或超过基准灵敏度的缺陷，应确定其位置、波幅和指示长度等。

E. 5. 2. 2 缺陷波幅为获得缺陷的最大反射波幅。

E. 5. 2. 3 相邻两个或多个缺陷显示（非圆形），其在X轴方向间距小于其中较小的缺陷长度且在Z轴方向间距小于其中较小的缺陷自身高度时，应作为一个缺陷处理，该缺陷深度、缺陷长度及缺陷自身高度按如下原则确定：

a) 缺陷深度：以两缺陷深度较小值作为单个缺陷深度；

b) 缺陷长度：两缺陷在 X 轴投影上的前、后端点间的距离，按式（E.2）计算缺陷长度 I；

$$I = \frac{R - H}{R} L \dots\dots\dots (E.2)$$

c) 缺陷自身高度：若两缺陷在 X 轴投影无重叠，以其中较大的缺陷自身高度作为单个缺陷自身高度；若两缺陷在 X 轴投影有重叠，则以两缺陷自身高度之和作为单个缺陷自身高度（间距计入）。

E. 5. 3 质量评定

E. 5. 3. 1 经判断为裂纹的信号均不得接受。

E. 5. 3. 2 熔合面缺陷当自身高度超过15%T时不得接受；当自身高度不超过15%T，而缺陷长度超过3T时不得接受。

E. 5. 3. 3 在熔融界面上或附近的孔洞缺陷若是圆形或椭圆形（不得存在尖锐端角）或符合以下条件，则是可接受的：

a) 单个孔洞尺寸不超过 1/4 T；

b) 对于多个孔洞，在长度为 T 范围内孔洞尺寸之和不超过 1/3 T 且数量不超过 2 个。

注：当两个信号相互接近时，若这两个相邻信号的间距超过2l（l代表两信号中较长信号的长度），则这些信号应认为是彼此独立的；否则，应认为它们是单个的信号，此信号长度应该包括两个相邻信号之间的间距。

## F

附 录 F  
(规范性附录)  
气瓶气密性氦泄漏检测方法

## F.1 概述

本附录规定了用于气瓶气密性试验的氦泄漏检测方法。

## F.2 符号

- $M_{01}$ ——加压累积法检测舱标准漏孔关闭时的背景读数值；  
 $M_{02}$ ——加压累积法标准漏孔开启至输出信号稳定时的读数值；  
 $M_{03}$ ——加压累积法检测时，达到累积时间后的氦质谱仪读数值；  
 $M_1$ ——真空舱法初始校准，标准漏孔关闭时的背景读数值；  
 $M_2$ ——真空舱法初始校准，标准漏孔开启至输出信号稳定时的仪器读数值；  
 $M_3$ ——真空舱法最终校准，标准漏孔关闭时的仪器读数值；  
 $M_4$ ——真空舱法最终校准，标准漏孔开启至输出信号稳定时的仪器读数值；  
 $M_5$ ——真空舱法检测时，仪器的输出读数值；  
 $P_{\text{atm}}$ ——大气压力（绝压），Pa；  
 $p_t$ ——差压法检测压力，Pa；  
 $Q_c$ ——规定的氦泄漏率（等于规定的氢气泄漏率与 $\alpha\beta$ 乘积之比）， $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ ；  
 $Q_{\text{He}}$ ——通过气瓶气密性氦泄漏检测获得的气瓶氦泄漏率， $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ ；  
 $Q_{\text{H}_2}$ ——氢气泄漏率， $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ ；  
 $\dot{Q}_{\text{H}_2}$ ——通过差压法获得的纯氢气泄漏率， $\text{m}^3/\text{s}$ ；  
 $\dot{Q}_{\text{He}}$ ——通过差压法获得的纯氦气泄漏率， $\text{m}^3/\text{s}$ ；  
 $\dot{Q}$ ——通过差压法获得的气体泄漏率， $\text{m}^3/\text{s}$ ；  
 $\dot{Q}_{\text{N}_2}$ ——通过差压法获得的纯氮气泄漏率， $\text{m}^3/\text{s}$ ；  
 $\dot{Q}_{\text{X-He}}$ ——通过差压法获得的，氦气体积含量为X时的氦氮混合气的泄漏率， $\text{m}^3/\text{s}$ ；  
 $Q_1$ ——渗透型标准漏孔漏率， $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ ；  
 $S_1$ ——真空舱法检测系统初始灵敏度， $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ ；  
 $S_2$ ——真空舱法检测系统最终灵敏度， $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ ；  
 $t_a$ ——采用加压累积法时，气密性试验所需的累积时间，s；  
 $t_d$ ——采用真空舱法进行初始校准时，标准漏孔开启至仪器输出信号稳定所需时间，s；  
 $t_p$ ——采用差压法时，阀门关闭至产生压差 $\Delta p$ 对应的时间，s；  
 $t_s$ ——气密性试验时，气瓶在检测舱外完成充气后需静置的时间，s；  
 $V_c$ ——检测舱内体积减去气瓶体积， $\text{m}^3$ ；  
 $V_R$ ——基准气瓶容积， $\text{m}^3$ ；  
 $V_T$ ——被测气瓶容积， $\text{m}^3$ ；  
 $X$ ——氦氮混合气中氦的体积含量，%；  
 $\Delta p$ ——差压变化量，Pa；

$\frac{\Delta V}{\Delta p}$ ——差压传感器系数，取 $1.36 \times 10^{-16} \text{ m}^3/\text{Pa}$ ；

$\alpha$ ——纯氦气与氦气体积含量为  $X$  的氦氮混合气的泄漏率转换系数；

$\beta$ ——纯氢气与纯氦气的泄漏率转换系数。

### F.3 检测方法

用于气瓶气密性试验的氦泄漏检测方法包括加压累积法和真空舱法。气瓶制造厂和气瓶定期检验机构可采用加压累积法或真空舱法；气瓶型式试验机构应采用真空舱法。

### F.4 一般要求

#### F.4.1 试验介质

F.4.1.1 试验介质应采用干燥、洁净、无油的氦气、氮气配成的氦氮混合气。

F.4.1.2 试验用氦氮混合气中氦的体积含量  $X$  应由制造厂、检验机构或型式试验机构通过试验确定，确保  $\alpha$ 、 $\beta$  值能满足试验精度。否则， $X$  应大于等于 10%。

#### F.4.2 温度

检测过程中气瓶的温度波动范围不应超过本附录提到的仪器、仪表、气瓶、瓶阀等的允许温度。

#### F.4.3 压力

气瓶压力不得超过 1.25 倍的公称工作压力。

#### F.4.4 检测仪器仪表与设备

##### F.4.4.1 氦质谱仪

F.4.4.1.1 氦质谱仪应能传感和测量微量示踪氦气，应通过检测仪器上的或附接于仪器上的仪表来指示泄漏。

F.4.4.1.2 氦质谱仪应满足 GB/T 13979 中的技术要求。

##### F.4.4.2 标准漏孔

加压累积法宜采用毛细管型标准漏孔，真空舱法宜采用渗透型标准漏孔：

- a) 毛细管型标准漏孔——应是使示踪气体透过局部拉细管子的毛细管型漏孔，具有  $(1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}) \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  的氦气泄漏率，并应检定合格；
- b) 渗透型标准漏孔——应是经过熔制并已校准的玻璃或石英的渗透型漏孔，具有  $(1 \times 10^{-11} \sim 1 \times 10^{-7}) \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  的氦气泄漏率，并应检定合格。

##### F.4.4.3 压力管道

F.4.4.3.1 充气系统压力管道的设计、制造、安装和使用应参考 TSG D0001《压力管道安全技术监察规程—工业管道》的相关规定。

F.4.4.3.2 充气系统压力管道应经水压试验合格，水压试验压力不得小于受试气瓶气密性试验压力的 1.5 倍，保压时间不少于 3 min。

#### F.4.4.4 检测舱

F.4.4.4.1 加压累积法用检测舱可采用可承受外压的钢质或聚氯乙烯（PVC）塑料舱体。

F.4.4.4.2 真空舱法用检测舱应为可承受外压的钢质舱体。

#### F.4.4.5 压力测量装置

F.4.4.5.1 泄漏检测用刻度指示式和记录式压力表的量程应为预期最大压力的1.5倍至4倍，且宜为预期最大检测压力的2倍。

F.4.4.5.2 泄漏检测用压力表的精度不得低于1.6级。

F.4.4.5.3 泄漏检测用刻度指示式和记录式压力表/真空表应经检定合格后方可使用。使用期间，每年至少检定一次。使用期间若发现异常，应重新检定。

F.4.4.5.4 进行压力/真空泄漏检测时，指示式压力表/真空表应与气瓶直接相连，或从远端与气瓶相连接，使检测人员在检测的全过程中易于观察。

F.4.4.5.5 需用多个压力表/真空表时，宜至少有一个记录式压力表/真空表。

F.4.4.5.6 真空表/真空规管的量程应能测量被抽真空系统进行检测时的绝对压力，真空表/真空规管的位置应尽可能远离泵系统的进气口。

#### F.4.4.6 温度测量装置

温度测量装置应经检定合格后方可使用。

#### F.4.4.7 辅助设备

必要时，可使用以下辅助设备：

- a) 稳压器：当供电线路有电压波动时，应在仪器上接稳压器；
- b) 辅助泵系统：辅助泵系统的绝对压力和泵速需满足检测灵敏度和响应时间的需要；
- c) 多向接头：能正确连接真空表、辅助泵、标准漏孔、气瓶的管线和阀门。

#### F.4.5 检测工艺规程要求

检测工艺规程要求应包括对如下内容的说明：

- a) 氦质谱仪型号；
- b) 表面状态；
- c) 泄漏标准漏孔型号；
- d) 示踪气体及浓度；
- e) 真空源；
- f) 真空表；
- g) 试验压力；
- h) 保压时间；
- i) 系统灵敏度；
- j) 扫查距离、速度及方式；
- k) 验收准则；
- l) 人员资格。

#### F.5 检测准备

F.5.1 受试气瓶气密性试验前应先进行水压试验，水压试验合格后方可进行气密性试验。

F.5.2 气瓶及配件被检部位表面应无油脂、油漆以及其他可能妨碍检测的污物。使用液体清洁气瓶及配件或水压试验结束后，应充分干燥气瓶及配件。

F.5.3 检测前应使用塞子、盖板、密封脂、胶合剂或其他在检测后易于去除的材料把所有孔密封，密封用材料不应影响氦气的浓度。

F.5.4 气瓶充气

气瓶充气可采用舱内充气或舱外充气：

a) 采用舱内充气时，应将气瓶及配件按图 F.3 a) 或图 F.4 a) 与检测系统内充放气管路相连，确保接头部位密封良好。

b) 采用舱外充气时，将气瓶充装至公称工作压力，然后静置保压 1 min，并在待查部位涂专用检漏液，目视检查确认涂液部位无气泡逸出后，再将受试气瓶按图 F.3 b) 或图 F.4 b) 接入检测系统。

c) 使用氦体积含量X的氦氮混合气充装气瓶。当在瓶内配气时，完成充气后需静置气瓶使气体扩散均匀。应采用具有自动记录功能的氦浓度检测仪检测气瓶内氦气的体积含量并确定静置时间 $t_s$ ，静置时间不得少于3 min。

F.5.5 采用舱外充气时，允许仅在每天开始检测时对检测系统校准一次。

F.6 氦泄漏检测

F.6.1 加压累积法

F.6.1.1 仪器校准

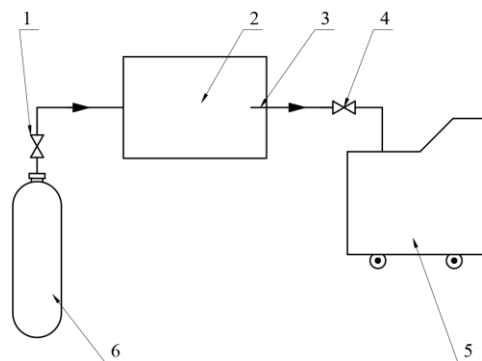
F.6.1.1.1 预热

使用标准漏孔校准前，仪器应通电预热，预热的最短时间应按照仪器制造厂的规定。

F.6.1.1.2 标准漏孔校准

氦质谱仪使用前，需按仪器制造厂的操作和维修手册使用毛细管型标准漏孔校准。若仪器示值偏差超过 10%，则需采用大气校准法或标准浓度法重新校准。

F.6.1.1.3 大气校准法



说明：

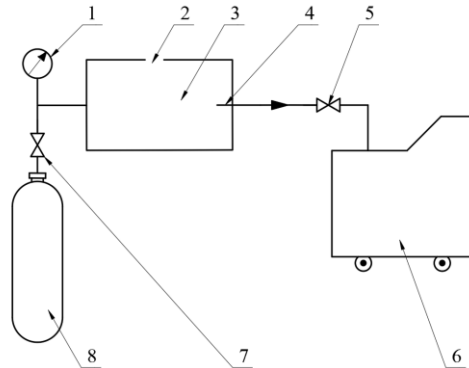
- |           |          |
|-----------|----------|
| 1——减压阀；   | 4——吸枪阀；  |
| 2——容器或气袋； | 5——氦质谱仪； |
| 3——吸枪；    | 6——纯氮气瓶。 |

图F.1 大气校准法原理图

向容器或气袋中充入氮气，将氮质谱仪的吸枪探头插入容器或气袋，调整氮质谱仪读数归零。再使用氮质谱仪吸枪吸收空气得到新的示值，其值应与空气中 5 ppm 氮浓度一致。

#### F.6.1.1.4 标准浓度法

向容器或气袋中充入体积浓度已校准的氮氮混合气，将氮质谱仪的吸枪探头插入容器或气袋，记录仪器读数，其值应与已校准的氮浓度一致。



说明：

- |           |               |
|-----------|---------------|
| 1——压力表；   | 5——吸枪阀；       |
| 2——排气孔；   | 6——氮质谱仪；      |
| 3——容器或气袋； | 7——减压阀；       |
| 4——吸枪；    | 8——氮氮混合标准气气瓶。 |

图F.2 标准浓度法原理图

### F.6.1.2 检测系统校准

#### F.6.1.2.1 校准步骤

F.6.1.2.1.1 将具有100%氮气的经校准的毛细管型标准漏孔与检测系统相连。

F.6.1.2.1.2 将一只校准专用气瓶按F.5.4的要求接入检测系统。

F.6.1.2.1.3 检测舱应抽真空至真空度为（5~10）kPa，或采用氮气置换舱内空气。将氮质谱仪的吸枪探头接入检测舱，打开标准漏孔，直至仪器信号稳定，稳定的仪器读数记为 $M_{02}$ 。

F.6.1.2.1.4 将标准漏孔关闭，待氮质谱仪读数稳定时记录背景读数 $M_{01}$ 。

#### F.6.1.2.2 累积时间

F.6.1.2.2.1 根据所测参数计算气密性试验所需的累积时间 $t_a$ ：

$$t_a = \frac{P_{atm} V_c (M_{02} - M_{01})}{Q_c X} \dots\dots\dots(F.1)$$

F.6.1.2.2.2 气密性试验所需的累积时间 $t_a$ 也可以由制造厂或检验机构通过实验方法确定，但不得小于3 min。

#### F.6.1.3 氮泄漏检测

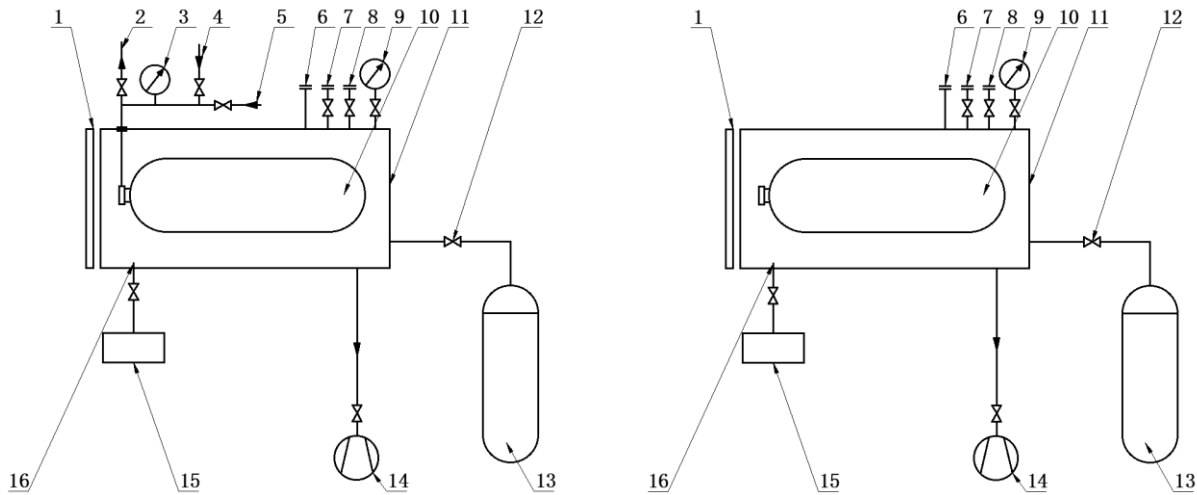
F.6.1.3.1 将被检气瓶按图F.3 a) 或图F.3 b) 所示接入检测系统。

F.6.1.3.2 检测舱抽真空至真空度为(5~10) kPa, 将氦质谱仪的吸枪探头接入检测舱。达到累积时间  $t_a$  后, 记录仪器读数  $M_{03}$ 。若输出信号不稳定, 需延长检测时间至输出信号稳定。

F.6.1.3.3 根据式 (F.2) 计算氦泄漏率  $Q_{He}$  :

$$Q_{He} = \frac{P_{atm} V_c (M_{03} - M_{01})}{t_a X} \dots\dots\dots (F.2)$$

F.6.1.3.4 必要时, 应根据仪器制造厂提供的氦质谱仪气体吸入量对氦泄漏率进行修正。



a) 检测舱内充气

b) 检测舱外充气

说明:

- |             |             |
|-------------|-------------|
| 1——检测舱快开门;  | 9——真空表;     |
| 2——充气、排气管路; | 10——受试气瓶;   |
| 3——压力表;     | 11——检测舱;    |
| 4——氮气充装管路;  | 12——氮气冲洗阀门; |
| 5——氦气充装管路;  | 13——氮气源;    |
| 6——机械防爆接口;  | 14——真空泵;    |
| 7——空气交换口;   | 15——氦质谱仪;   |
| 8——标准漏孔接口;  | 16——吸枪探头。   |

注: 氮气充装管路和氦气充装管路可合并。

图F.3 加压累积法检测系统

F.6.1.4 结果评价

若检出的氦泄漏率或转换得到的氦泄漏率满足相关标准要求, 则气瓶气密性试验合格。否则, 需根据 NB/T 47013.8 或 GB/T 15823 中吸枪法检测的相关规定检测泄漏点, 待消除泄漏点后重新进行气密性试验。

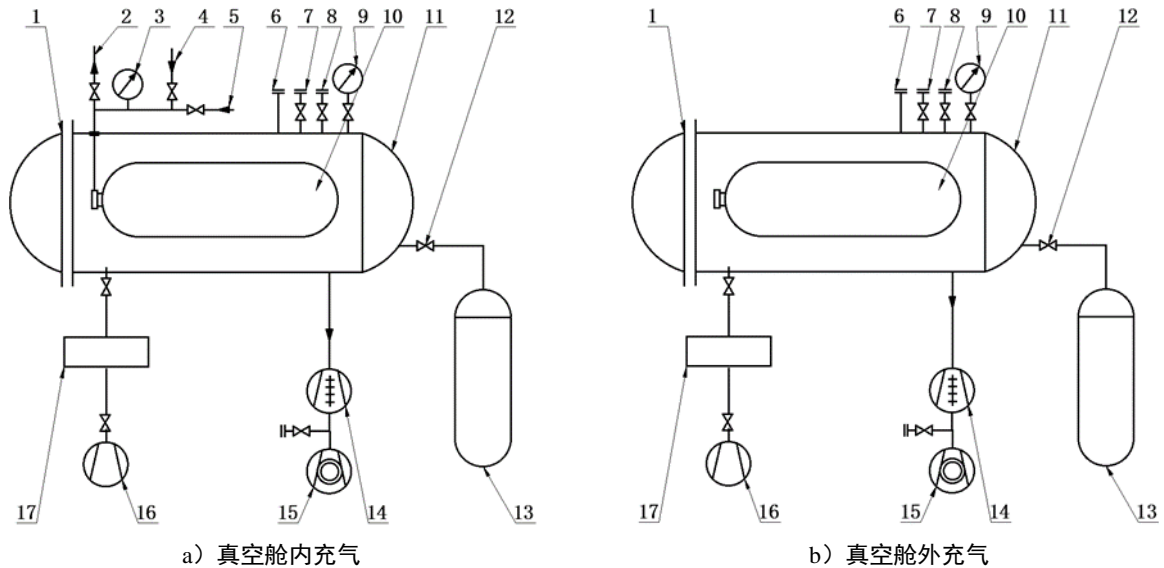
F.6.2 真空舱法

F.6.2.1 气瓶连接和充气

采用真空舱外充气法时, 应先将一只校准专用气瓶按图 F.4 的要求接入检测系统进行初始校准。气瓶型式试验机构只能采用真空舱内充气法。

### F. 6. 2. 2 预泄漏检测

使用真空舱内充气法进行氦泄漏检测之前可先进行预泄漏检测，先用氦体积含量  $X$  的氦氮混合气将气瓶充装至公称工作压力，采用吸枪法检出泄漏点并排除大泄漏点。检测时不得封堵气瓶上可能存在的泄漏。



说明：

- |             |              |
|-------------|--------------|
| 1——真空舱快开门；  | 10——受试气瓶；    |
| 2——充气、排气管路； | 11——真空舱；     |
| 3——压力表；     | 12——氮气源；     |
| 4——氮气充装管路；  | 13——氮气冲洗阀；   |
| 5——氦气充装管路；  | 14——罗茨泵；     |
| 6——机械防爆接口；  | 15——机械泵；     |
| 7——空气交换口；   | 16——检漏泵+前级泵； |
| 8——标准漏孔接头；  | 17——氦质谱仪。    |
| 9——真空表；     |              |

注：氮气充装管路和氦气充装管路可合并。

图F.4 真空舱检测系统

### F. 6. 2. 3 仪器校准

#### F. 6. 2. 3. 1 预热

使用标准漏孔校准前，仪器应通电预热，预热的最短时间应按照仪器制造厂的规定。

#### F. 6. 2. 3. 2 标准漏孔校准

氦质谱仪使用前，需按仪器制造厂的操作和维修手册使用渗透型标准漏孔校准。氦质谱仪的灵敏度至少为 $1 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

#### F. 6. 2. 4 检测系统初始校准

F. 6. 2. 4. 1 将具有100%氦气的经校准的渗透型标准漏孔与真空舱检测系统相连，并尽可能远离氦质谱仪与真空舱的连接处。

F. 6. 2. 4. 2 对检测舱抽真空至足以允许氦质谱仪与系统相连接的绝对压力，将氦质谱仪的探头接入检测舱，打开标准漏孔直至氦质谱仪信号稳定。将标准漏孔开启至输出信号稳定的时间记录为检测时间 $t_d$ ，将稳定的仪器读数记为 $M_2$ 。

F. 6. 2. 4. 3 将标准漏孔关闭，待氦质谱仪读数稳定时记录背景读数 $M_1$ 。

F. 6. 2. 4. 4 初始的系统灵敏度 $S_1$ 应按式（F.3）计算：

$$S_1 = \frac{Q_1}{M_2 - M_1} \dots\dots\dots (F.3)$$

F. 6. 2. 4. 5 当泄漏检测系统的布置发生改变（如采用辅助泵时，旁路至辅助泵的氦气流分配改变）或经校准的泄漏率有变动，应重新校准。完成初始系统灵敏度校准后，标准漏孔应与系统断开。

### F. 6. 2. 5 氦泄漏率检测

F. 6. 2. 5. 1 完成初始校准后，用氦体积含量 $X$ 的氦氮混合气将气瓶充装至公称工作压力，气瓶完成充气后需静置。

F. 6. 2. 5. 2 完成静置后开始检测，达到检测时间 $t_d$ 后，记录仪器输出读数 $M_5$ 。若输出信号不稳定，延长检测时间至输出信号稳定。

### F. 6. 2. 6 检测系统最终校准

采用真空舱内充气法时，氦泄漏率检测完成后，将气瓶内压力泄压至0，再进行真空舱检测系统最终校准。气瓶仍放置在真空舱内并保持标准漏孔关闭，测定仪器读数 $M_3$ ，再次开启标准漏孔，仪器输出读数增大至 $M_4$ 。按式(F.4)计算最终的检测系统灵敏度 $S_2$ ：

$$S_2 = \frac{Q_1}{M_4 - M_3} \dots\dots\dots (F.4)$$

最终灵敏度 $S_2$ 达到初始灵敏度 $S_1$ 的35%及以上，检测结果有效。若最终灵敏度 $S_2$ 减小到初始灵敏度 $S_1$ 的35%以下，应用氮气清洗真空舱清洗或修理仪器、重新校准后再次进行检测。

### F. 6. 2. 7 检测结果

对检测系统进行最终校准合格后，由下述规定确定气瓶氦泄漏率 $Q_{He}$ ：

- 当输出信号不改变，即 $M_5=M_1$ ，应记录为“低于系统的可探测范围”和检测合格；
- 当输出信号 $M_5$ 超过系统可探测范围，应记录为“大于系统可探测范围”和检测不合格；
- 当输出信号 $M_5$ 发生改变（但输出信号在可检范围），应按式(F.5)确定 $Q_{He}$ ：

$$Q_{He} = \frac{S_2(M_5 - M_1)}{X} \dots\dots\dots (F.5)$$

### F. 6. 2. 8 结果评价

若检出的氦泄漏率或转换得到的氢泄漏率满足标准要求，则气瓶气密性试验合格。否则需根据 NB/T 47013.8 或 GB/T 15823 中吸枪法检测的相关规定检测泄漏点，待消除泄漏点后重新进行气密性试验。

## F. 7 泄漏率转换系数

将氦泄漏量换算成氢泄漏量，需考虑氢气、氦气、氮气不同介质之间透过系数的影响，以及氦质谱仪的吸收量（必要时），对公式 F.2 和 F.5 进行修正，得出公式 F.9 和 F.10。

### F.7.1 一般要求

F.7.1.1 泄漏率转换系数的测定方法包括差压法和微压法。

F.7.1.2 泄漏率转换系数应在60 °C下测定。

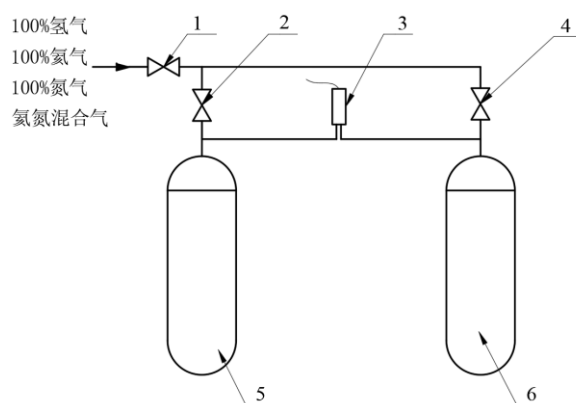
### F.7.2 差压法

F.7.2.1 差压法系统连接如图F.5所示。通过微差压传感器检测基准气瓶和被测气瓶的压差，得到被测气瓶在充装氢气（或氦气、氮气及氦气体积含量为X氮氦混合气）时的泄漏量，据此计算得到 $\alpha$ 、 $\beta$ 。

F.7.2.2 差压法试验操作步骤如下：

- 将被测气瓶和基准气瓶抽真空；
- 高压气体经阀门2、阀门3充入压差传感器两端的被测气瓶和基准气瓶内，此时传感器两端气压相等，记为检测压力 $p_t$ ；
- 检测时应同时关闭阀门2、阀门3，形成2个独立封闭的容腔。保证基准气瓶无泄漏，当被测气瓶有泄漏时，通过压差传感器示数显示两侧压差；
- 通过差压传感器测得差压变化量 $\Delta p$ ，记录阀门关闭至产生压差 $\Delta p$ 对应的时间 $t_p$ 。按式（F.6）计算气体泄漏率：

$$Q' = \frac{\Delta p}{P_{\text{atm}} t_p} \left[ V_T + \frac{\Delta V}{\Delta p} \left( 1 + \frac{V_T}{V_R} \right) p_t \right] \dots\dots\dots (F.6)$$



说明：

- |            |          |
|------------|----------|
| 1——阀门1；    | 4——阀门3；  |
| 2——阀门2；    | 5——基准气瓶； |
| 3——微压差传感器； | 6——被测气瓶。 |

图F.5 差压法泄漏率转换系数测试系统

F.7.2.3 改变充入被测气瓶和基准气瓶的气体种类，重复F.7.2.2所述步骤，得到不同种类气体的体积泄漏率。

### F.7.3 微压法

微压法泄漏率转换系数测试系统见图F.6。

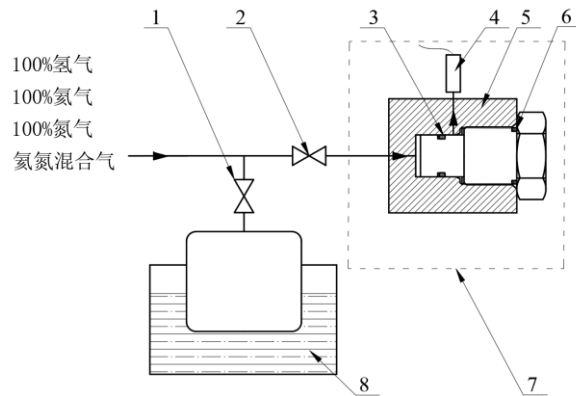
### F.7.4 转换系数计算

按式（F.7）计算纯氦气泄漏率与氦气体积含量为X的氮氦混合气泄漏率转换系数 $\alpha$ ，按式（F.8）

计算纯氢气泄漏率与纯氦气泄漏率的转换系数  $\beta$ ：

$$\alpha = \frac{Q_{\text{He}}'}{Q_{\text{X-He}}' - (1-X)Q_{\text{N}_2}'} \dots\dots\dots (\text{F.7})$$

$$\beta = \frac{Q_{\text{H}_2}'}{Q_{\text{He}}'} \dots\dots\dots (\text{F.8})$$



说明：

- |           |                    |
|-----------|--------------------|
| 1——阀门 1；  | 5——瓶阀/气瓶密封处模拟工装系统； |
| 2——阀门 2；  | 6——O 型圈；           |
| 3——O 型圈；  | 7——恒温箱；            |
| 4——微压检漏仪； | 8——温度稳定系统。         |

图F.6 微压法泄漏率转换系数测试系统

### F.8 氢气泄漏率计算

氢气泄漏率按式 (F.9) 和式 (F.10) 计算单位容积的氢气泄漏率：

a) 采用加压累积法时：

$$Q_{\text{H}_2} = \frac{P_{\text{atm}} V_c (M_{03} - M_{01}) \alpha \beta}{t_a V_T} \dots\dots\dots (\text{F.9})$$

b) 采用真空舱法时：

$$Q_{\text{H}_2} = \frac{S_2 (M_5 - M_2) \alpha \beta}{V_T} \dots\dots\dots (\text{F.10})$$

注：1 Pa·m<sup>3</sup>/s=9.9 std·cm<sup>3</sup>/s=9.9 NmL/s=594 NmL/min=35640 NmL/h。



**附 录 G**  
**(规范性附录)**  
**气瓶用密封件性能试验方法**

### G.1 概述

本附录规定了气瓶用密封件性能试验方法，包括密封件材料拉伸试验和O形圈试验。

### G.2 密封件材料拉伸试验

#### G.2.1 试验方法

密封件材料拉伸试验应符合GB/T 528的规定。

#### G.2.2 合格指标

拉伸强度和拉断伸长率应满足设计文件的要求。

### G.3 O形圈试验

#### G.3.1 外观检查

##### G.3.1.1 试验方法

按照GB/T 3452.2的试验方法，对O形圈外观质量进行检查。

##### G.3.1.2 合格指标

外观质量应满足设计文件的要求。

#### G.3.2 尺寸检查

##### G.3.2.1 试验方法

按照GB/T 2941的试验方法，对O形圈尺寸进行非接触测量。

##### G.3.2.2 合格指标

O形圈截面直径和内径应满足设计文件的要求。

#### G.3.3 硬度检查

##### G.3.3.1 试验方法

按照GB/T 6031的试验方法，对O形圈硬度进行检查。

##### G.3.3.2 合格指标

硬度应满足设计文件的要求。

### G.3.4 拉伸试验

#### G.3.4.1 试验方法

按照GB/T 5720的试验方法，对O形圈进行拉伸试验。

#### G.3.4.2 合格指标

拉伸强度和拉断伸长率应满足设计文件的要求。

### G.3.5 压缩永久变形试验

#### G.3.5.1 试验方法

试验之前测定O形圈的截面直径。参照GB/T 3512的试验方法，将O形圈压缩成规定厚度，在温度为 $(150\pm 2)$  °C大气中放置72 h（允许偏差为-2 h~+0 h）后，使O形圈恢复自由状态并测定其厚度，计算O形圈压缩永久变形率。

#### G.3.5.2 合格指标

压缩永久变形率应满足设计文件的要求。

### G.3.6 硬度变化试验

#### G.3.6.1 试验方法

参照GB/T 3512的试验方法，将O形圈压缩成规定厚度，在温度为 $(150\pm 2)$  °C大气中放置72 h（允许偏差为-2 h~+0 h）后，使O形圈恢复自由状态并测定其硬度。试验前后O形圈的硬度应按照GB/T 6031的规定并依据O形圈尺寸选择合适的方法进行测量。

#### G.3.6.2 合格指标

硬度变化应满足设计文件的要求。

### G.3.7 氢气损伤试验

#### G.3.7.1 试验方法

- a) 测量3个O形圈体积，并称重；
- b) 将O形圈在压力为气瓶公称工作压力、温度为15 °C的氢气中放置168 h后，将压力在45 s内降至大气压力；
- c) 将O形圈在压力为气瓶公称工作压力、温度为-40 °C的氢气中放置168 h后，将压力在45 s内降至大气压力；
- d) 取出O形圈后应立即观察O形圈表面并测量其体积变化率和质量损失率。

#### G.3.7.2 合格指标

O形圈应无破损等异常现象，其体积膨胀率应不超过25%或者体积收缩率应不超过1%，质量损失率应不超过10%。

### G.3.8 温度回缩试验

#### G.3.8.1 试验方法

参照GB/T 7758的试验方法，在拉长状态下将与O形圈相同材料的标准试样冷却至-80 °C使其固化，除去拉伸力并以均匀的速率提高试样温度，并测定试样回缩率为10%时的温度。

#### G.3.8.2 合格指标

O形圈材料温度应满足设计文件的要求。

## Ⅱ

附录 H  
(资料性附录)

## 本标准与 ISO 19881:2018 主要差异及其原因

表H.1给出了本标准与ISO 19881:2018的主要技术性差异及其原因。

表H.1 本标准与 ISO 19881:2018 的主要技术性差异及其原因

本标准的章条编号	技术性差异	原因
1	缩小了适用范围	本标准仅适用于公称容积不大于 450 L 的车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶。
2	<p>关于规范性引用文件，本标准做了具有技术性差异的调整，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：</p> <p>用修改采用国际标准的 GB/T 229 代替 ISO 1481；</p> <p>用等同采用国际标准的 GB/T 1633 代替 ISO 306；</p> <p>用等同采用国际标准的 GB/T 1040.1 代替 ASTM D638；</p> <p>用等同采用国际标准的 GB/T 19466.2 代替 ASTM D3418；</p> <p>用等同采用国际标准的 GB/T 19466.3 代替 ASTM D3418；</p> <p>增加标准 GB/T192、GB/T 196、GB/T 197、GB/T 228.1、GB/T 528、GB/T1033.1、GB/T 1040.2、GB/T 1220、GB/T 1458、GB /T 1636、GB/T 2941、GB/T 3190、GB/T 3191、GB/T 3362、GB/T 3452.2、GB/T 3512、GB/T 3682.1、GB/T 3934、GB/T 4612、GB/T 5720、GB/T6031、GB/T 7690.1、GB/T 7758、GB/T 7999、GB/T 9251 、GB/T 9252 、GB/T 13005、GB/T 13979、GB/T 15385 、GB/T 15823、GB/T 20668 、GB/T 20975、GB/T 21060 、GB/T 26749、GB/T 32249 、GB/T 33215、GB/T 35544、GB/T 37244、HG/T 4280 、NB/T 47010 、NB/T 47013.8、T/CATSI 02 009、YS/T 479、ASTM D1921</p>	适应我国技术标准
4.2.1	气瓶公称工作压力只包含 35 MPa 和 70 MPa 系列	适应我国产品需要
4.2.2	增加了气瓶水容积偏差的要求	产品质量要求
4.3	将公称工作压力为 70 MPa 气瓶分为 B1 和 B2 两类	我国气瓶规范需要
5.1.1	气瓶设计循环次数统一为 11 000 次	产品质量要求
5.1.7	增加了工作环境的具体要求	产品质量要求

表 H.1 (续)

本标准的章条编号	技术性差异	原因
5.1.8	增加 A 类和 B2 类气瓶定期检验及 B1 类气瓶日常保养检查要求	我国气瓶规范需要
5.2.2	增加了塑料内胆材料与氢气相容性评定方法；增加了塑料内胆材料熔体流动速率（粒状塑料）以及表观密度、粉体流动性、粒度分布（粉状塑料）的要求	产品质量要求
5.2.3	增加了瓶阀座材料要求	产品质量要求
5.2.4	增加了密封件材料要求	产品质量要求
5.3.1	增加了塑料内胆和瓶阀座的设计要求	产品质量要求
5.3.2	B1 类气瓶纤维应力比不低于 2.3, 最小爆破压力不低于 2.3 倍公称工作压力	产品质量要求
5.4	增加了塑料内胆制造要求，包括塑料内胆焊接接头要求及焊接工艺评定要求	产品质量要求
6.1.4	增加了塑料内胆焊接接头检测方法 with 指标	产品质量要求
6.1.5	增加了 O 形圈检测方法 with 指标	产品质量要求
6.1.6	增加了瓶阀座螺纹、瓶阀座与塑料内胆连接接头检测方法 with 指标	产品质量要求
6.2.4	修改了气密性试验的方法 with 指标	根据试验研究完善试验方法
6.2.5	修改了水压爆破试验的指标	产品质量要求
6.3.8	提高了 B1 类气瓶常温压力循环试验的合格指标	产品质量要求