



中华人民共和国国家标准

GB/T 35544—202X
代替 GB/T 35544-2017

车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶

Fully-wrapped carbon fiber reinforced cylinders with an aluminum liner for the on-board storage of compressed hydrogen as a fuel for land vehicles

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202X- XX - XX 发布

202X - XX - XX 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.....	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、参数、分类和型号.....	4
5 技术要求和试验方法.....	5
6 检验规则.....	21
7 安装和防护.....	26
8 标志、包装、运输和储存.....	27
9 产品合格证和批量检验质量证明书.....	27
附录 A（规范性） 试验参数允差.....	29
附录 B（规范性） 气瓶日常保养检查.....	31
附录 C（规范性） 铝内胆最大允许缺陷尺寸确定方法.....	34
附录 D（规范性） 气瓶用 O 形密封圈性能评定方法.....	35
附录 E（规范性） 层间剪切试验方法.....	38
附录 F（规范性） 气瓶气密性氦泄漏检测方法.....	42
附录 G（规范性） 气瓶火烧试验方法.....	53
附录 H（资料性） 车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶批量检验质量证明书.....	59
参考文献.....	61

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 35544—2017《车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶》，与GB/T 35544—2017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，公称工作压力修改为 35 MPa 和 70 MPa，公称容积修改为大于或等于 20 L 且不大于 450 L（见第 1 章，2017 年版的第 1 章）；
- b) 更改了气瓶分类（见 4.3，2017 年版的 4.3）；
- c) 更改了氢气品质要求（见 5.1.6，2017 年版的 5.1.6）；
- d) 更改了材料一般要求（见 5.2.1，2017 年版的 5.2.1）；
- e) 增加了铝内胆材料的拉伸性能要求（见 5.2.2.4）；
- f) 更改了树脂材料要求（见 5.2.3，2017 年版的 5.2.3）；
- g) 更改了碳纤维和铝内胆的设计要求（见 5.3.1，2017 年版的 5.3.1）；
- h) 更改了纤维应力比和最小设计爆破压力的要求（见 5.3.2.3，2017 年版的 5.3.2.2 和 5.3.2.3）；
- i) 更改了纤维缠绕要求（见 5.4.4，2017 年版的 5.4.4）；
- j) 增加了瓶阀的相关规定（见 5.5.1）；
- k) 增加了气瓶安全泄放量和泄压装置额定排量的计算方法（见 5.5.3）；
- l) 增加了 A1 和 B1 类气瓶附件应满足气瓶全寿命期内不拆卸检查的安全使用要求（见 5.5.5）；
- m) 更改了缠绕层复合材料层间剪切强度值（见 5.7.1.1.1，2017 年版的 6.2.1.1.2）；
- n) 更改了水压爆破试验合格指标（见 5.7.5.1，2017 年版的 6.2.5.2）；
- o) 更改了常温压力循环试验、裂纹容限试验与跌落试验的合格指标（见 5.7.6.1、5.7.10.1 和 5.7.12.1，2017 年版的 6.2.6.2、6.2.10.2 和 6.2.12.2）；
- p) 更改了压力循环频率要求（见 5.7.6.2、5.7.8.2 和 5.7.10.2，2017 年版的 6.2.6.1、6.2.8.1 和 6.2.10.1）；
- q) 更改了极限温度压力循环试验、常温和极限温度气压循环试验的相对湿度要求（见 5.7.8.2 和 5.7.16.2.3，2017 年版的 6.2.8.1 和 6.2.16.2）；
- r) 更改了极限温度压力循环试验的瓶内介质温度要求（见 5.7.8.2，2017 年版的 6.2.8.1）；
- s) 更改了环境试验气瓶区域划分要求（见 5.7.11.2.1，2017 年版的 6.2.11.1）；
- t) 更改了环境试验暴露用环境液体（见 5.7.11.2.3，2017 年版的 6.2.11.3）；
- u) 更改了氢气循环试验的合格指标（见 5.7.13.1，2017 版的 6.2.13.2）；
- v) 更改了耐久性试验总体要求（见 5.7.15.2.1，2017 年版的 6.5.15）；
- w) 更改了耐久性试验中的“裂纹容限试验”名称为“表面损伤试验”（见 5.7.15.2.4，2017 年版的 6.2.15.3）；
- x) 更改了常温和极限温度气压循环试验（使用性能试验）的试验要求（见 5.7.16.2.3，2017 年版的 6.2.16.2）；
- y) 更改了使用性能试验中的“极限温度下气压泄漏/渗透试验”名称为“极限温度气压泄漏试验”，并更改了试验要求（见 5.7.16.2.4，2017 年版的 6.2.16.3）；
- z) 更改了气瓶的抽样规则（见 6.1.2.2.2，2017 年版的 7.1.2.2.2）；
- aa) 增加了用于型式试验的内胆基数（见 6.2.2）；

- ab) 增加了设计变更相关规定（见 6.3.1 和 6.3.2）；
- ac) 更改了设计变更需要进行的型式试验（见表 9，2017 年版的表 7）；
- ad) 增加了安装与防护要求（见第 7 章）；
- ae) 更改了气瓶制造标签标记内容（见 8.1.2，2017 年版的 8.1.2）；
- af) 增加了设置气瓶二维码标签的要求（见 8.1.3）；
- ag) 更改了气瓶产品合格证所包含内容（见 9.1.2，2017 年版的 9.1.2）；
- ah) 增加了附录 A（规范性）试验参数允差（见 5.1.4）；
- ai) 增加了附录 B（规范性）气瓶日常保养检查（见 5.1.8）；
- aj) 增加了附录 D（规范性）气瓶用 O 形密封圈性能评定方法（见 5.5.4）；
- ak) 增加了附录 E（规范性）层间剪切试验方法（见 5.7.1.1）；
- al) 增加了附录 F（规范性）气瓶气密性氦泄漏检测方法（见 5.7.4）；
- am) 增加了附录 G（规范性）气瓶火烧试验方法（见 5.7.7）；
- an) 增加了附录 H（资料性）车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶批量检验质量证明书（见 9.2.1）；
- ao) 删除了附录温度驱动安全泄压装置和阀门型式试验方法与合格指标的规定（见 2017 年版的附录 B）。

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。

本标准由全国气瓶标准化技术委员会(SAC/TC 31)提出并归口。

本标准起草单位：XX。

本标准主要起草人：XX

本文件于2017年首次发布，本次为第一次修订。

车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶

1 范围

本文件规定了车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶（以下简称气瓶）的型式、参数、分类和型号、技术要求和试验方法、检验规则以及安装、防护、标志、包装、运输和储存等要求。

本文件适用于设计和制造公称工作压力35 MPa和70 MPa、公称容积大于或等于20 L且不大于450 L、工作温度不低于-40℃且不高于85℃、固定在机动车辆上用于盛装氢气燃料的可重复充装气瓶。

氢燃料电池城市轨道交通、氢动力铁路车辆、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文件。

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 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：室温试验方法
- GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T标尺)
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法
- 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 533—2008 硫化橡胶或热塑性橡胶 密度的测定
- 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 1677 增塑剂环氧值的测定
- GB/T 2941—2006 橡胶物理试验方法试样制备和调节通用程序
- GB/T 3191 铝及铝合金挤压棒材
- GB/T 3246.1 变形铝及铝合金制品组织检验方法 第1部分：显微组织检验方法
- 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 3880.1 一般工业用铝及铝合金板、带材 第1部分：一般要求
- GB/T 3880.2 一般工业用铝及铝合金板、带材 第2部分：力学性能
- GB/T 3880.3 一般工业用铝及铝合金板、带材 第3部分：尺寸偏差
- GB/T 3934 普通螺纹量规 技术条件
- GB/T 4437.1 铝及铝合金热挤压管 第1部分：无缝圆管

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(10IRHD~100IRHD)
 GB/T 6519 变形铝、镁合金产品超声波检验方法
 GB/T 7690.3 增强材料 纱线试验方法 第3部分：玻璃纤维断裂强力和断裂伸长的测定
 GB/T 7758 硫化橡胶 低温性能的测定 温度回缩程序 (TR试验)
 GB/T 7759.1—2015 硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第1部分：在常温及高温条件下
 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 11640 铝合金无缝气瓶
 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 17394.1 金属材料 里氏硬度试验 第1部分：试验方法
 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 20668 统一螺纹 基本尺寸
 GB/T 20975 (所有部分) 铝及铝合金化学分析方法
 GB/T 26990 燃料电池电动汽车 车载氢系统技术条件
 GB/T 33215 气瓶安全泄压装置
 GB/T 37244 质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气
 GB/T 42536 车用高压储氢气瓶组合阀门
 GB/T 42626 车用压缩氢气纤维全缠绕气瓶定期检验与评定
 NB/T 47013.8 承压设备无损检测 第8部分：泄漏检测
 TSG D0001 压力管道安全技术监察规程 工业管道
 YS/T 67 变形铝及铝合金圆铸锭

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

铝内胆 aluminum liner

外部缠绕碳纤维增强层，用于密封气体且可承受或不承受部分压力载荷的无缝铝合金容器。

3.1.2

TPRD 端塞 thermally-activated pressure relief device(TPRD) end plug

安装在两端收口结构气瓶的一端，装有温度驱动安全泄压装置（以下简称TPRD），并具备盲堵功能的端塞。

3.1.3

全缠绕 fully-wrapped

用浸渍树脂基体的碳纤维连续在铝内胆上进行螺旋和环向缠绕,以增强气瓶环向和轴向强度的缠绕方式。

3.1.4

全缠绕气瓶 fully-wrapped cylinder

对铝内胆全缠绕后并经加热固化成型的气瓶。

3.1.5

公称工作压力 nominal working pressure

气瓶在基准温度(15°C)下的限定充装压力。

3.1.6

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。

3.1.7

自紧 autofrettage

通过向气瓶施加内压使铝内胆产生塑性变形,从而使得气瓶在零压力下铝内胆承受压应力、碳纤维承受拉应力的加压过程。

3.1.8

自紧压力 autofrettage pressure

自紧时施加在气瓶内的最高压力(表压)。

3.1.9

气瓶批量 batch of cylinder

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

3.1.10

铝内胆批量 batch of aluminum liner

采用同一设计条件,具有相同的公称外直径、设计壁厚,用同一炉罐号材料,同一制造工艺制成,按同一热处理规范及相同的工艺参数进行连续热处理的铝内胆的限定数量。

3.1.11

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。

3.1.12

纤维应力比 fiber stress ratio

气瓶在最小设计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。

3.2 符号

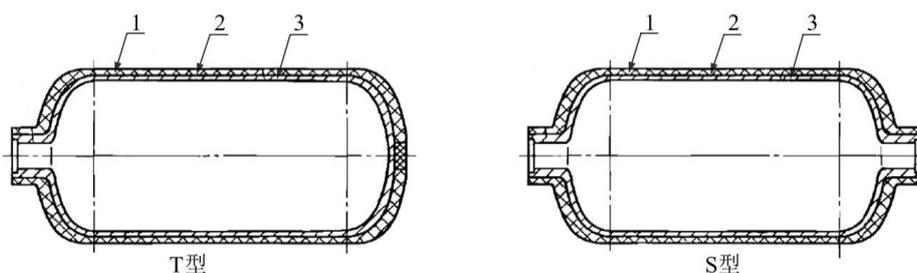
下列符号适用于本文件。

A	室温下铝内胆材料断后伸长率实测值,%;
a_0	铝内胆材料拉伸试样的原始厚度,mm;
b_0	铝内胆材料拉伸试样的原始宽度,mm;
D_f	冷弯试验弯心直径,mm;
D_0	铝内胆公称外直径,mm;
H	铝内胆材料压扁试验压头间距,mm;
l_0	铝内胆材料拉伸试样的原始标距,mm;
N_d	气瓶设计循环次数,次;
p	气瓶公称工作压力,MPa;
p_{bmin}	气瓶最小设计爆破压力,MPa;
p_{b0}	气瓶爆破压力期望值,MPa;
p_m	气瓶许用压力,MPa;
p_h	气瓶水压试验压力,MPa;
$R_{p0.2}$	室温下铝内胆材料0.2%非比例延伸强度,MPa;
R_m	室温下铝内胆材料抗拉强度实测值,MPa;
S_{a0}	冷弯试验铝内胆筒体实测平均壁厚,mm;
V	气瓶公称容积,L。

4 型式、参数、分类和型号

4.1 型式

气瓶结构型式如图1所示,其中T型为凸形底结构,S型为两端收口结构。



标引序号说明:

- 1——碳纤维缠绕层;
- 2——防电偶腐蚀层;
- 3——铝内胆。

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 气瓶公称容积、铝内胆公称外直径以及允许偏差应符合表 1 的规定。

表1 气瓶公称容积和公称外直径允差

项目	数值	允许偏差 / %
公称容积, V/L	$20 \leq V \leq 120$	+5.0 0
	$120 < V \leq 450$	+2.5 0
铝内胆公称外直径, D_o /mm	$\Phi 180 \leq D_o \leq \Phi 660$	± 1

4.3 分类

4.3.1 气瓶分为 A 类气瓶和 B 类气瓶。A 类气瓶的公称工作压力为 35 MPa；B 类气瓶的公称工作压力为 70 MPa。A 类气瓶又分为 A1 类气瓶和 A2 类气瓶；B 类气瓶又分为 B1 类气瓶和 B2 类气瓶。

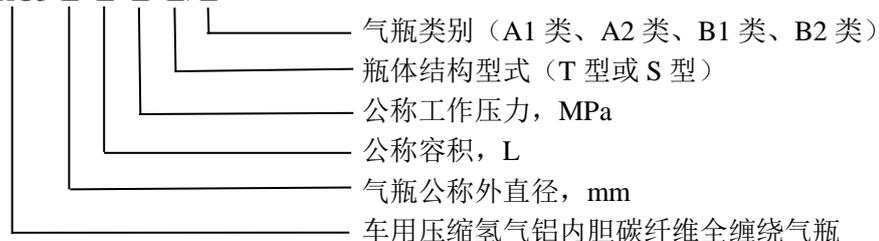
4.3.2 A1 类和 B1 类气瓶仅适用于至少有四个车轮、车长不超过 8 m 且座位数不超过 19 座的载客车辆。

4.3.3 A1 类和 B1 类气瓶不推荐用于运动型多功能乘用车（SUV）和越野车。

4.4 型号

气瓶型号标记应由以下部分组成：

CHG3-□-□-□-□/□



示例：气瓶公称外直径为 380 mm、公称容积为 120 L、公称工作压力为 35 MPa、结构型式为 S 型的 A1 类车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶，其型号标记为：CHG3-380-120-35 S/A1。

5 技术要求和试验方法

5.1 一般要求

5.1.1 设计循环次数

A 类气瓶的设计循环次数为 11000 次；B 类气瓶的设计循环次数为 7500 次。

5.1.2 设计使用年限

A 类气瓶的设计使用年限为 15 年；B 类气瓶的设计使用年限为 10 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 试验参数允差

除特别注明外，试验参数允差应符合附录 A 的规定。

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℃且不高于85℃。

5.1.6 氢气品质

充装燃料电池汽车用气瓶的压缩氢气应符合GB/T 37244的规定，充装其他车用气瓶的压缩氢气应符合相关标准的规定。

5.1.7 工作环境

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

- a) 间断地浸入水中或存在道路溅水；
- b) 行驶途径海洋附近或在用盐融化冰的路面；
- c) 暴露于阳光紫外线辐射下；
- d) 车辆振动或碎石冲击；
- e) 接触酸溶液、碱溶液和肥料；
- f) 接触汽车用液体，如汽油、液压油、电池酸、乙二醇和其他油脂；
- g) 接触排放的废气。

5.1.8 日常保养检查

气瓶使用寿命内应进行日常保养检查，检查的基本方法和技术要求应符合附录B的规定。

5.2 材料

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 材料性能应符合相应国家标准或行业标准的规定。

5.2.1.2 材料应有材料制造单位提供的质量证明书原件，或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 铝内胆

5.2.2.1 内胆应采用铝合金 6061，其化学成分应符合表 2 的规定。

表2 铝合金 6061 化学成分

元素		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Pb	Bi	其他		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	

5.2.2.2 铝内胆材料应满足相应标准的规定，板材应符合 GB/T 3880.1、GB/T 3880.2、GB/T 3880.3 的规定，管材应符合 GB/T 4437.1 的规定，挤压棒材应符合 GB/T 3191 的规定，铸锭应符合 YS/T 67 的规定。铸锭应进行超声检测，超声检测按 $\Phi 2$ mm 当量平底孔进行，检验方法应符合 GB/T 6519 的规定。

5.2.2.3 铝内胆材料应经气瓶制造单位复验合格后方可使用。气瓶制造单位应按材料炉号根据 GB/T 7999 或 GB/T 20975 的规定进行化学成分复验。

5.2.2.4 铝内胆材料的拉伸性能应满足气瓶制造单位保证值要求。气瓶制造单位应按材料批号对铝合金 6061 进行拉伸性能复验。铝内胆材料的拉伸试验按 GB/T 228.1 的规定执行。

5.2.3 树脂

5.2.3.1 浸渍树脂基体应采用环氧树脂或改性环氧树脂。树脂的环氧值或环氧当量应符合设计文件要求，玻璃化转变温度应大于或等于 105℃。

5.2.3.2 气瓶制造单位应按批对树脂进行复验。环氧值按 GB/T 1677 测定；环氧当量按 GB/T 4612 测定；玻璃化转变温度按 GB/T 19466.2 测定。

5.2.4 纤维

5.2.4.1 碳纤维

5.2.4.1.1 碳纤维力学性能应符合气瓶设计文件的规定。

5.2.4.1.2 气瓶制造单位应按批对碳纤维进行复验。碳纤维线密度和纤维浸胶拉伸强度按 GB/T 3362 测定，试样制备应不加捻。

5.2.4.2 玻璃纤维

5.2.4.2.1 气瓶玻璃纤维保护层应采用 S 玻璃纤维或 E 玻璃纤维。

5.2.4.2.2 玻璃纤维力学性能应符合气瓶设计文件的规定。

5.2.4.2.3 气瓶制造单位应按批对玻璃纤维进行复验。玻璃纤维力学性能按 GB/T 7690.3 进行测定。

5.3 设计

5.3.1 碳纤维和铝内胆

5.3.1.1 碳纤维应连续无捻且强度级别相同。

5.3.1.2 铝内胆端部应采用凸形结构。

5.3.1.3 铝内胆端部应采用渐变厚度设计，筒体与端部应圆滑过渡。

5.3.1.4 铝内胆最小设计壁厚应通过应力分析验证。

5.3.1.5 气瓶瓶口应开在气瓶端部，且应与铝内胆同轴。

5.3.1.6 瓶口的外径和厚度应满足瓶阀装配时的扭矩要求。必要时，瓶口可采用增强结构，如钢套等。

5.3.1.7 瓶口螺纹应与瓶阀螺纹相匹配，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。螺纹长度应大于瓶阀螺纹的有效长度。

5.3.1.8 瓶口螺纹在水压试验压力下的切应力安全系数应大于或等于 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。

5.3.1.9 瓶口设计需考虑所装配瓶阀的密封材料、密封形式和密封结构尺寸，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 A1 类和 B1 类气瓶全寿命期内、在 A2 类和 B2 类 2 个气瓶定期检验周期内不泄漏。

5.3.2 气瓶

5.3.2.1 气瓶的水压试验压力应大于或等于 1.5 倍公称工作压力。

5.3.2.2 气瓶设计时应建立气瓶有限元分析模型，计算内胆和碳纤维缠绕层在以下压力下的应力和应变：自紧压力、自紧后零压力、公称工作压力、许用压力、水压试验压力和最小设计爆破压力。气瓶有限元分析模型应考虑铝内胆的材料非线性、复合材料各向异性和结构的几何非线性。

注：气瓶采用以有限元分析为基础的试验导向设计方法。

5.3.2.3 气瓶的纤维应力比和最小设计爆破压力应符合表 3 的规定。

表3 气瓶的纤维应力比和最小设计爆破压力

类别	A类		B类	
	A1类	A2类	B1类	B2类
纤维应力比	≥ 2.30	≥ 2.25	≥ 2.30	≥ 2.00
最小设计爆破压力	$\geq 2.30P$	$\geq 2.25P$	$\geq 2.30P$	$\geq 2.00P$

5.3.2.4 气瓶外表面可以采用适当的保护层进行防护。如果保护层作为设计的一部分时，应符合5.7.11条规定的要求。

5.3.2.5 气瓶使用条件中不包括因外力等引起的附加载荷。

5.3.3 最大允许缺陷尺寸

采用含裂纹气瓶常温压力循环试验方法或者基于断裂力学的工程评估方法，确定铝内胆无损检测时的最大允许缺陷尺寸，参见附录C。

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（不包括破坏性试验用内胆或气瓶的数量）为一批。

5.4.2 铝内胆

5.4.2.1 铸锭和挤压棒材应挤压成形，或者挤压后冷拉伸成形；板材应冲压冷拉伸或旋压成形；管材应旋压成形。铝内胆不得进行焊接。

5.4.2.2 成形后的铝内胆应按评定合格的热处理工艺进行固溶时效热处理。

5.4.2.3 铝内胆热处理后应逐只进行硬度测定。

5.4.3 瓶口螺纹

螺纹和密封面应光滑平整，不应有倒牙、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。

5.4.4 纤维缠绕

5.4.4.1 缠绕纤维前，应清洁铝内胆内外表面，不得有金属碎屑等杂物，并应采取措施防止铝内胆外表面与碳纤维缠绕层之间发生电偶腐蚀。

5.4.4.2 缠绕和固化应按评定合格的工艺进行。固化温度不应影响铝内胆性能。

5.4.4.3 监控缠绕过程并记录工艺要求的定位尺寸、纤维张力等。

5.4.4.4 监控固化过程并记录时间和温度。

5.4.4.5 水压试验前应按规定进行自紧处理，并详细记录每只气瓶的自紧压力、容积膨胀量等。

5.5 附件

5.5.1 瓶阀应符合 GB/T 42536 的规定。

5.5.2 气瓶应安装温度驱动安全泄压装置（TPRD），TPRD 应采用易熔合金塞或玻璃泡，其动作温度为 $(110\pm 5)^\circ\text{C}$ 。易熔合金塞应符合 GB/T 33215 的规定，玻璃泡应符合有关标准的规定。TPRD 泄放口不应朝向瓶体。

5.5.3 气瓶安全泄放量和泄压装置额定排量应按 GB/T 33215 计算，其中，泄放系数可取 0.975。对于 B 类气瓶和公称容积大于 100 L 的 A 类气瓶，可按实际泄放口径加 1.5 mm 计算泄压装置额定排量，并通过 5.7.7 规定的火烧试验验证泄压装置额定排量是否满足气瓶安全泄放要求。

5.5.4 O 形密封圈应采用与高压氢气具有良好相容性的材料，材料性能应符合附录 D 中 D.2 的要求。O 形密封圈选用前应按附录 D 中 D.3 的规定进行试验，压缩永久变形试验、硬度变化试验和氢气损伤试验应由 O 形密封圈制造单位进行并提供试验报告，气瓶制造单位应对 O 形密封圈外观、尺寸和硬度等进行复验。

5.5.5 气瓶安装其他保护装置、支撑装置、固定装置时，装置不应影响气瓶受力和 TPRD 的正常开启。

5.5.6 A1 和 B1 类气瓶附件应满足气瓶全寿命期内不拆卸检查的安全使用要求。

5.6 铝内胆合格指标和试验方法

5.6.1 壁厚和制造偏差

5.6.1.1 合格指标

铝内胆的壁厚和制造偏差应符合以下要求：

- a) 壁厚大于或等于设计壁厚；
- b) 筒体外直径平均值与公称外直径之差小于或等于公称外直径的 1%；
- c) 筒体同一截面上最大外直径与最小外直径之差小于或等于公称外直径的 2%；
- d) 筒体直线度小于或等于筒体长度的 0.3%。

5.6.1.2 试验方法

铝内胆壁厚和制造偏差按以下方法进行检查：

- a) 壁厚宜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，测量精度应不低于 0.1 mm；
- b) 制造偏差应采用专用量具进行检查。

5.6.2 内外表面

5.6.2.1 合格指标

铝内胆的内外表面应符合以下要求：

- a) 内、外表面无肉眼可见的表面压痕、凸起、重叠、裂纹和夹杂，颈部与端部过渡部分无突变或明显皱折；
- b) 筒体与端部应圆滑过渡；
- c) 若采用机加工或机械修磨的方法去除表面缺陷，缺陷去除部位应圆滑过渡。

5.6.2.2 试验方法

在充足光线下对外表面进行目视检查，必要时可采用内窥镜或工业内窥镜对内表面进行检查。

5.6.3 瓶口螺纹

5.6.3.1 合格指标

瓶口螺纹应符合以下要求：

- a) 螺纹的有效螺距数应符合气瓶设计文件的规定；
- b) 螺纹牙型、尺寸、公差和表面粗糙度应符合气瓶设计文件的规定。

5.6.3.2 试验方法

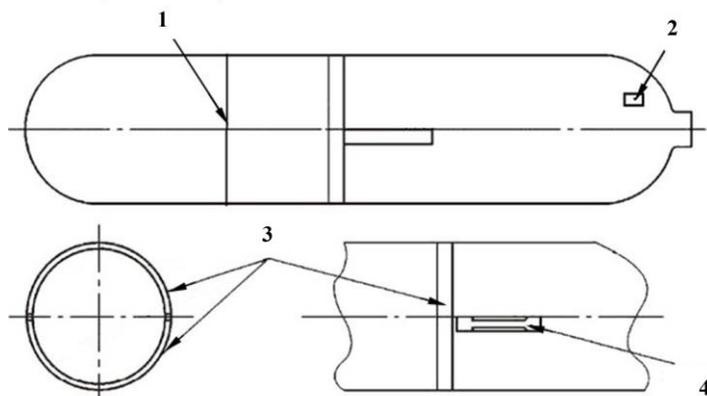
在充足光线下用量规对瓶口螺纹进行目视检查，量规应与瓶口螺纹相匹配，宜用符合GB/T 3934的标准量规检查；表面粗糙度用粗糙度仪进行检查。

5.6.4 铝内胆热处理后的性能测量

5.6.4.1 取样

取样要求如下：

- a) 取样部位：拉伸试样、冷弯试样和压扁试样应从筒体中部截取，金相试样应从铝内胆肩部截取，如图2所示；
- b) 取样数量：拉伸试样3件、冷弯试样2件或压扁试样1件、金相试样1件。



标引序号说明：

- 1——压扁试样；
- 2——金相试样；
- 3——冷弯试样；
- 4——拉伸试样。

图2 取样部位图

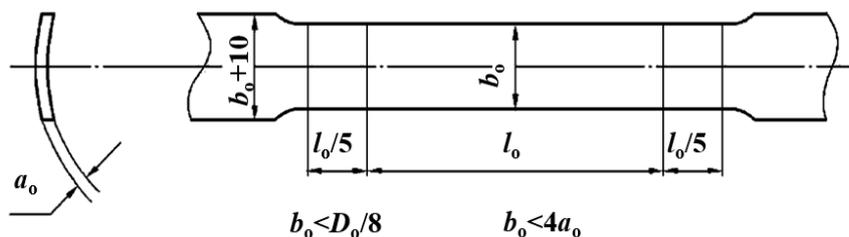


图3 拉伸试样图

5.6.4.2 拉伸试验

5.6.4.2.1 合格指标

实测抗拉强度 R_m 与0.2%非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 应满足设计制造单位保证值，断后伸长率 A 不得小于12%。

5.6.4.2.2 试验方法

拉伸试验应符合以下要求：

- 试样应为实物扁试样，如图3所示；
- 试样制备和拉伸试验方法应按GB/T 228.1的规定执行。

5.6.4.3 金相试验

5.6.4.3.1 合格指标

无过烧组织。

5.6.4.3.2 试验方法

试样的制备、尺寸和试验方法应按GB/T 3246.1的规定执行。

5.6.4.4 冷弯试验

5.6.4.4.1 合格指标

目测试样无裂纹。

5.6.4.4.2 试验方法

冷弯试验应按GB/T 232规定的方法执行，并同时符合以下要求：

- 圆环应从拉伸试验所取试样的铝内胆上用机械方法环向截取；
- 圆环试样的宽度为25 mm，将圆环等分成2条，任取1条试样进行冷弯试验。试验前应对试样侧面进行加工，其轮廓算术平均偏差 R_a 的值应小于或等于12.5 μm ，圆角半径应小于或等于2 mm；
- 弯心直径应按表4选取，试样按图4进行弯曲，弯曲角度180°。

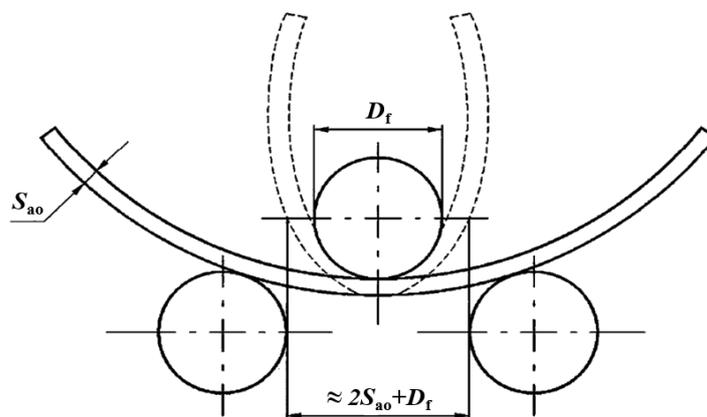


图4 冷弯试验示意图

5.6.4.5 压扁试验

5.6.4.5.1 合格指标

在保持规定压头间距和压扁载荷条件下，目测铝内胆压扁变形处无裂纹。

5.6.4.5.2 试验方法

试样制备和试验方法按GB/T 11640执行。试样应被压扁至表4规定间距 H 。

表4 冷弯试验弯心直径和压扁试验压头间距

拉伸强度实测值 R_m /MPa	弯心直径 D_f /mm	压扁试验压头间距 H /mm
≤ 325	$6S_{ao}$	$10S_{ao}$
325~440	$7S_{ao}$	$12S_{ao}$
> 440	$8S_{ao}$	$15S_{ao}$

5.6.5 硬度试验

5.6.5.1 合格指标

硬度值不得超出设计制造单位规定的范围。

5.6.5.2 试验方法

试验方法应按GB/T 17394.1、GB/T 230.1或GB/T 231.1的规定执行。

5.6.6 无损检测

5.6.6.1 合格指标

铝内胆最大缺陷尺寸应小于5.3.3规定的最大允许缺陷尺寸。

5.6.6.2 试验方法

采用超声检测或其他合适的检测方法，对铝内胆进行无损检测。

5.7 气瓶合格指标和试验方法

5.7.1 缠绕层力学性能

5.7.1.1 层间剪切试验

5.7.1.1.1 合格指标

缠绕层层间剪切强度应大于或等于34.5 MPa。

5.7.1.1.2 试验方法

按附录E的规定制备试样。试样在沸水中煮24 h，取出冷却至室温，擦干表面水分，再按附录E的规定进行试验。

5.7.1.2 拉伸试验

5.7.1.2.1 合格指标

拉伸强度应大于或等于设计制造单位保证值。

5.7.1.2.2 试验方法

按GB/T 1458的规定进行试验，有效试样数应不少于6个。

5.7.2 缠绕层外观

5.7.2.1 合格指标

缠绕层应无纤维裸露、纤维断裂、树脂积瘤、分层及纤维未浸透等缺陷。标签应无褪色、文字模糊等缺陷。

5.7.2.2 试验方法

在充足光线下对缠绕层外观进行目视检查。

5.7.3 水压试验

5.7.3.1 合格指标

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。规定的极限弹性膨胀量应小于或等于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。

注：极限弹性膨胀量是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，以毫升（mL）为单位。

5.7.3.2 试验方法

采用外测法，按GB/T 9251的规定进行试验，试验压力 P_n 为1.5倍公称工作压力，保压时间至少30 s。

5.7.4 气密性试验

5.7.4.1 合格指标

氢气漏率应小于或等于6 mL/(h·L)。

5.7.4.2 试验方法

采用水压试验合格后的气瓶，按附录F的规定进行试验，温度为 (15 ± 5) °C。

5.7.5 水压爆破试验

5.7.5.1 合格指标

气瓶爆破压力应为 $0.9P_{b0}\sim 1.1P_{b0}$ ，且大于或等于 P_{bmin} 。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）应由气瓶制造单位提供。

5.7.5.2 试验方法

按GB/T 15385的规定进行试验。试验过程中加压速率同时满足以下要求：

- a) 当试验压力大于1.5倍公称工作压力时，升压速率应小于或等于1.4 MPa/s；
- b) 当升压速率小于或等于0.35 MPa/s时，可加压直至爆破；当升压速率大于0.35 MPa/s且小于1.4 MPa/s时，如果气瓶处于压力源和测压装置之间，可加压直至爆破，否则应在最小设计爆破压力下保压至少5 s后，再继续加压直至爆破。

5.7.6 常温压力循环试验

5.7.6.1 合格指标

A1类和B1类气瓶在循环次数 $2N_d$ 次内，气瓶不应泄漏或破裂，继续循环至 $4N_d$ 次或至泄漏，气瓶不应破裂。A2类和B2类气瓶在设计循环次数 N_d 次内，气瓶不应泄漏或破裂，继续循环至 $2N_d$ 次或至泄漏，气瓶不应破裂。

5.7.6.2 试验方法

按 GB/T 9252 的规定进行试验，循环压力下限为 2 MPa，上限大于或等于 1.25 倍公称工作压力，压力循环频率小于或等于 10 次/min。

5.7.7 火烧试验

5.7.7.1 合格指标

火烧试验过程中，热电偶温度应达到附录G规定的范围，从点火到TPRD打开的时间应大于或等于 10 min。气瓶内气体通过TPRD泄放，泄放过程应连续，且气瓶不应爆破。

5.7.7.2 试验方法

气瓶安装附件后，按附录G的规定进行试验。

5.7.8 极限温度压力循环试验

5.7.8.1 合格指标

在压力循环试验过程中应无纤维松开、气瓶泄漏或破裂现象；水压爆破试验时，其爆破压力应大于或等于1.8倍公称工作压力。

5.7.8.2 试验方法

5.7.8.2.1 高温压力循环试验

试验步骤如下：

- a) 将气瓶置于温度大于或等于 85°C、相对湿度大于或等于 90%的环境中直至气瓶外表面温度大于或等于 85°C；
- b) 在此环境中按 GB/T 9252 的规定进行压力循环试验，循环压力下限为 2 MPa，上限大于或等于 1.25 倍公称工作压力，压力循环频率小于或等于 10 次/min，压力循环次数为 4 000 次；
- c) 试验过程中应保证气瓶表面及瓶内试验介质的温度大于或等于 85°C。

5.7.8.2.2 低温压力循环试验

试验步骤如下：

- a) 将气瓶置于温度小于或等于-40°C的环境中直至气瓶外表面温度小于或等于-40°C；
- b) 在此环境中按GB/T 9252的规定进行压力循环试验，循环压力下限为2 MPa，上限大于或等于 0.8倍公称工作压力，压力循环频率小于或等于10 次/min，压力循环次数为4 000 次；
- c) 试验过程中应保证气瓶表面及瓶内试验介质的温度小于或等于-40 °C。

5.7.8.2.3 水压爆破试验

对经高温和低温压力循环试验的气瓶，按5.7.5.2的规定进行水压爆破试验。

5.7.9 加速应力破裂试验

5.7.9.1 合格指标

爆破压力应大于或等于1.8倍公称工作压力。

5.7.9.2 试验方法

在温度大于或等于85℃的环境中，将气瓶加水压至1.25倍公称工作压力，并在此温度和压力下静置1 000 h，再按5.7.5.2的规定进行水压爆破试验。

5.7.10 裂纹容限试验

5.7.10.1 合格指标

A1类气瓶在前7 500次压力循环内，瓶体不应泄漏或破裂；继续循环至设计循环次数 N_d 之前，瓶体不应破裂。

A2类气瓶在前3 000次压力循环内，瓶体不应泄漏或破裂；继续循环至设计循环次数 N_d 之前，瓶体不应破裂。

5.7.10.2 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) 一条裂纹位于气瓶的瓶阀端，长度为25 mm，深度大于或等于1.25 mm；
 - 2) 另一条裂纹位于气瓶的另一端，长度为200 mm，深度大于或等于0.75 mm；
- b) 按GB/T 9252的规定进行压力循环试验，并同时满足以下要求：
 - 1) 循环压力下限为2 MPa，上限大于或等于1.25倍公称工作压力；
 - 2) 压力循环频率小于或等于10次/min；
 - 3) 循环次数为设计循环次数 N_d 。

5.7.11 环境试验

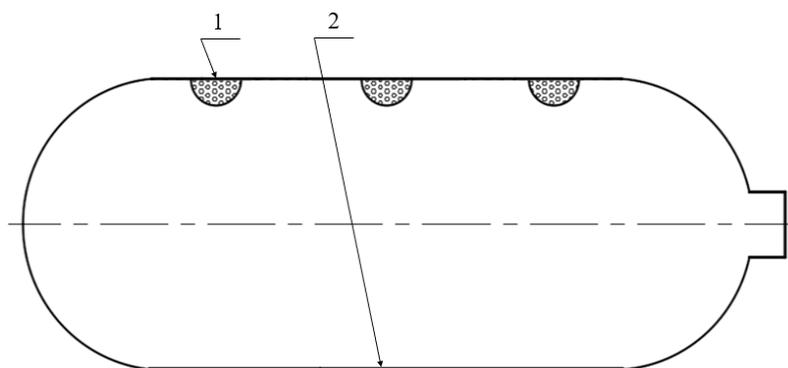
5.7.11.1 合格指标

气瓶在试验过程中，瓶体不应泄漏；试验后，其爆破压力应大于或等于1.8倍公称工作压力。

5.7.11.2 试验方法

5.7.11.2.1 气瓶放置和区域划分

在气瓶筒体（B类气瓶应在裂纹加工表面的对侧）划分3个明显区域，以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。3个区域可不是一条直线上，但不应重叠。



标引序号说明:

- 1——摆锤冲击和化学暴露区域;
- 2——裂纹加工表面。

图5 气瓶冲击和化学暴露区域图

5.7.11.2.2 摆锤冲击预处理

在3个区域各自的中心附近用摆锤进行冲击预处理。摆锤为钢制正四棱锥体，其侧面为等边三角形，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。

5.7.11.2.3 暴露用环境液体

在3个经摆锤冲击预处理的区域表面，分别放置厚度为1.0 mm、直径为100 mm的玻璃棉衬垫。分别向衬垫加入足够的化学试剂溶液，确保试验过程中化学试剂溶液均匀地由衬垫渗透到气瓶表面。化学暴露区域应朝上，可加盖塑料薄膜，以防化学试剂溶液蒸发。3种化学试剂溶液为：

- a) 体积分数为19%的硫酸水溶液；
- b) 体积分数为10%的乙醇汽油溶液；
- c) 体积分数为50%的甲醇水溶液。

5.7.11.2.4 压力循环

按GB/T 9252的规定进行压力循环试验，循环压力下限为2 MPa，循环压力上限大于或等于1.25倍公称工作压力，升压速率小于或等于2.75 MPa/s，压力循环次数为3000次。

5.7.11.2.5 保压

将气瓶加压至1.25倍公称工作压力，在此压力下保压，并同时满足以下要求：

- a) 保压时间至少 24 h；
- b) 化学溶液腐蚀时间（保压时间与 5.7.11.2.4 中压力循环时间之和）至少 48 h。

5.7.11.2.6 水压爆破试验

按5.7.5.2的规定进行试验。

5.7.12 跌落试验

5.7.12.1 合格指标

A1类气瓶在前7 500次常温压力循环内，不应破裂或泄漏；继续循环至设计循环次数 N_d 之前，瓶体不应破裂。A2类气瓶在前3 000次常温压力循环内，不应破裂或泄漏；继续循环至设计循环次数 N_d 之前，瓶体不应破裂。

5.7.12.2 试验方法

采用无内压、不安装瓶阀的气瓶进行试验。跌落面应为水平、光滑的水泥地面或类似的坚硬表面。试验过程如图 6 所示。试验步骤如下：

- a) 水平跌落：气瓶下表面距跌落面 1.8 m，跌落 1 次；
- b) 垂直跌落：气瓶两端分别垂直跌落 1 次。跌落高度（气瓶较低端距跌落面的距离）大于或等于 0.1 m 且小于或等于 1.8 m，使气瓶跌落势能大于或等于 488 J。当 1.8 m 跌落高度下气瓶跌落

势能不足 488 J 时，以 1.8 m 为跌落高度。为保证气瓶能够自由跌落，可采取措施防止气瓶翻倒；

- c) 45°角跌落：气瓶瓶口向下与竖直方向成 45°角跌落 1 次。若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；
- d) 气瓶跌落后，按 5.7.6.2 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 。

单位为米

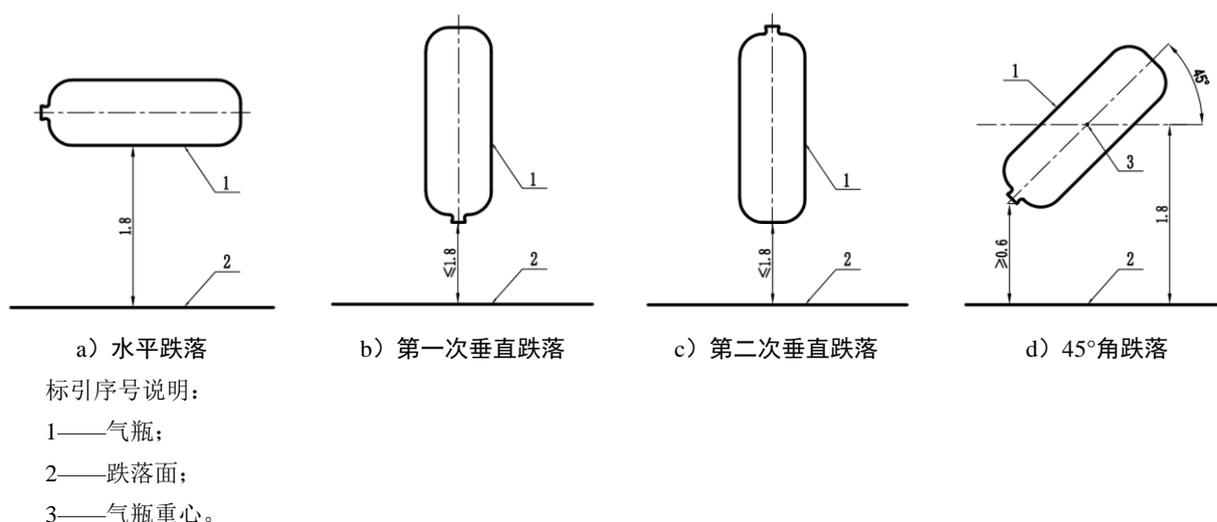


图6 跌落试验示意图

5.7.13 氢气循环试验

5.7.13.1 合格指标

在氢气循环过程中，气瓶不应泄漏或破裂；在气密性试验中，氢气漏率应小于或等于 6 mL/(h·L)。

5.7.13.2 试验方法

采用氢气，对安装附件后的气瓶进行氢气循环试验，并同时满足以下要求：

- a) 循环压力的下限为 2 MPa，上限大于或等于 1.25 倍公称工作压力；
- b) 充氢速率小于或等于 60 g/s，充氢过程中瓶内气体温度小于或等于 85 °C；
- c) 放氢速率大于或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大于或等于 -40 °C；
- d) 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 1.15 倍公称工作压力，并在 55 °C 环境中至少静置至少 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；
- e) 按 5.7.4.2 的规定对气瓶进行气密性试验。

5.7.14 枪击试验

5.7.14.1 合格指标

气瓶不应破裂。

5.7.14.2 试验方法

试验步骤如下：

- a) 采用氢气或氮气将气瓶加压至公称工作压力;
- b) 从下列两种方法中任选一种进行射击:
 - 1) 采用直径为 7.62 mm 的穿甲弹以 850 m/s 的速度射击气瓶, 射击距离小于或等于 45 m;
 - 2) 采用维氏硬度(HV)大于或等于 870、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, 射击能量大于或等于 3300 J。
- c) 子弹应以 90°角射击气瓶一侧瓶壁。

5.7.15 耐久性试验

5.7.15.1 合格指标

在水压试验、跌落试验、表面损伤试验、环境试验、加速应力破裂试验、极限温度压力循环试验和常温静压试验过程中, 气瓶不应泄漏或破裂; 在剩余强度液压爆破试验中, 气瓶爆破压力应大于或等于 $0.8P_{b0}$ 。

5.7.15.2 试验方法

5.7.15.2.1 总体要求

随机抽取1只气瓶按5.7.15.2.2~5.7.15.2.9的规定顺序进行试验, 如图7所示。

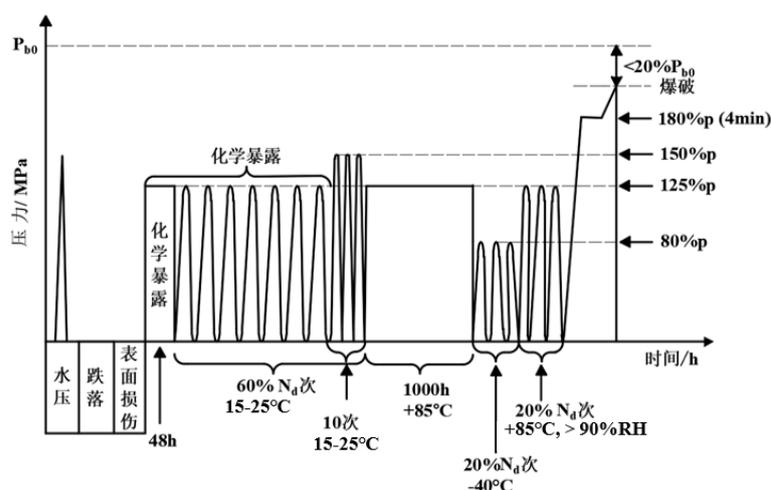


图7 耐久性试验流程图

5.7.15.2.2 水压试验

按5.7.3.2的规定进行水压试验, 将气瓶加压至1.5倍公称工作压力并保压至少30 s。气瓶制造单位已做过水压试验的气瓶可不进行此项试验。

5.7.15.2.3 跌落试验

按5.7.12.2 a)、b)、c)的规定进行跌落试验。

5.7.15.2.4 表面损伤试验

试验步骤如下:

- a) 先按 5.7.10.2 中 a)的规定对气瓶进行裂纹制备;
- b) 将气瓶在小于或等于-40 °C的环境中至少静置 12 h;

c) 静置完成后应立即对气瓶按 5.7.11.2.1 和 5.7.11.2.2 的规定进行摆锤冲击。

5.7.15.2.5 环境试验

试验步骤如下：

- a) 按 5.7.11.2.3 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 1.25 倍公称工作压力，环境温度为 (20 ± 5) °C；
- b) 在循环压力下限为 2 MPa、上限大于或等于 1.25 倍公称工作压力，环境温度为 (20 ± 5) °C 条件下对气瓶进行压力循环，压力循环频率应小于或等于 10 次/min，循环次数为 $0.6N_d$ 。在进行最后 10 次循环前，应将压力上限升高为 1.5 倍公称工作压力。压力循环结束后，移走玻璃棉衬垫并用清水冲洗气瓶表面。

5.7.15.2.6 加速应力破裂试验

将气瓶置于温度大于或等于 85°C 的高温环境中，将气瓶加水压至 1.25 倍公称工作压力，并在此温度和压力下静置 1 000 h。

5.7.15.2.7 极限温度压力循环试验

先将气瓶置于温度小于或等于 -40°C 的低温环境中，在压力下限为 2 MPa、上限大于或等于 0.8 倍公称工作压力条件下进行压力循环试验，压力循环频率应小于或等于 10 次/min，循环次数为 $0.2N_d$ ，试验过程中应保证气瓶表面及瓶内试验介质的温度小于或等于 -40°C。再将气瓶置于温度大于或等于 85°C、相对湿度大于或等于 90% 的环境中，在压力下限为 2 MPa，上限大于或等于 1.25 倍公称工作压力条件下进行压力循环试验，循环次数为 $0.2N_d$ ，试验过程中应保证气瓶表面及瓶内试验介质的温度大于或等于 85°C。

5.7.15.2.8 常温静压试验

按 5.7.3.2 的规定进行静压试验，试验压力为 1.8 倍公称工作压力，保压时间为 4 min。

5.7.15.2.9 剩余强度液压爆破试验

按 5.7.5.2 的规定进行水压爆破试验。

5.7.16 使用性能试验

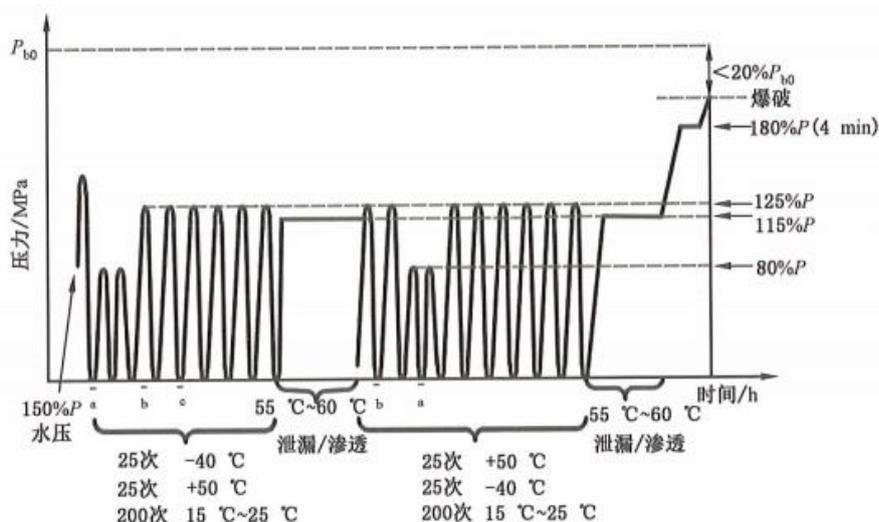
5.7.16.1 合格指标

在水压试验、常温和极限温度气压循环试验、极限温度气压泄漏试验和常温静压试验过程中，气瓶不应泄漏或破裂；在极限温度气压泄漏试验中，泄漏达稳定状态的时间应小于或等于 500 h，测得稳定状态时的氢气漏率（含气瓶及其附件的泄漏）应小于或等于 46 mL/(h·L)，且每个泄漏点的氢气漏率均应小于或等于 3.6 mL/min (0.005 mg/s)；在剩余强度液压爆破试验中，气瓶爆破压力应大于或等于 $0.8P_{b0}$ 。

5.7.16.2 试验方法

5.7.16.2.1 总体要求

随机抽取 1 只气瓶，安装附件后，按 5.7.16.2.2~5.7.16.2.6 的规定顺序进行试验，如图 8 所示。



- a) 试验环境温度小于或等于 -40°C ，其中5次循环使用 $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的氢气。
- b) 试验环境温度大于或等于 $+50^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 试验环境温度为 $15^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。

图8 使用性能试验流程图

5.7.16.2.2 水压试验

按5.7.3.2的规定进行水压试验，试验压力 P_h 为1.5倍公称工作压力，保压时间至少30 s。气瓶制造单位已做过水压试验的气瓶可不进行此项试验。

5.7.16.2.3 常温和极限温度气压循环试验

对安装附件后的气瓶用氢气进行500次气压循环。气压循环分为两组，每组各250次，试验顺序和试验条件如图8和表5所示。每组气压循环后按5.7.16.2.4的规定进行极限温度气压泄漏试验。

表5 常温和极端温度下气压循环试验

试验组号	压力循环次数/次	试验条件				
		氢气温度/ $^{\circ}\text{C}$	环境温度 ^a / $^{\circ}\text{C}$	循环压力上限	相对湿度/%	
第一组 (250次)	5	20 ± 5	≤ -40	0.8P		
	20	$-33\sim -40$				
	25	$-33\sim -40$	≥ 50	1.25P		≥ 90
	200	$-33\sim -40$	(20 ± 5)	1.25P		
第二组 (250次)	25	$-33\sim -40$	≥ 50	1.25P	≥ 90	
	25	$-33\sim -40$	≤ -40	0.8P		
	200	$-33\sim -40$	(20 ± 5)	1.25P		

^a环境温度变化时气瓶及其附件均应达到规定的环境温度后方可进行后续气压循环试验。

试验应同时满足以下要求：

- a) 试验前，将气瓶在规定的温度、相对湿度环境中静置至少24 h；
- b) 试验过程中，应保持环境温度和相对湿度稳定，氢气温度应实时记录，并控制在表5规定的温度范围内。若气瓶实际使用时采用特殊装置防止内部出现极端温度，试验时可使用该装置；

- c) 循环压力下限为 2 MPa, 循环压力上限应符合表 5 的规定。若气瓶在使用过程中的压力始终大于 2 MPa, 则应以此压力为循环压力下限;
- d) 气瓶应匀速充氢至规定压力, 充氢速率应小于或等于 60 g/s, 充氢时间应符合表 6 的规定。若试验过程中气瓶内温度大于 85°C, 应适当降低充氢速率, 使气瓶内的温度不超过 85°C;
- e) 放氢速率应大于或等于实际使用时气瓶最大放氢速率。500 次循环中, 任意 50 次循环的放氢速率应大于或等于气瓶日常保养检查或定期检验时的放氢速率。放氢时, 阀门的出气口温度应大于或等于-40°C。

表6 气瓶公称容积与最长充氢时间

公称容积 ^a /L	≤165	200	250	300	350	400	450
最长充氢时间/min	3.0	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1
^a 其他公称容积气瓶的充氢时间可采用线性插值法计算。							

5.7.16.2.4 极限温度气压泄漏试验

在5.7.16.2.3中每组气压循环之后进行。试验步骤如下:

- a) 气体泄漏试验步骤如下:
- 1) 将气瓶及其附件置于温度为 55°C~60°C的密闭容器中;
 - 2) 用氢气将气瓶及其附件缓慢加压至 1.15 倍公称工作压力, 并在此压力下静置至少 12 h;
 - 3) 测量氢气泄漏量; 之后, 每隔 12 h 以上测量 1 次氢气泄漏量, 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±10%, 结束试验;
 - 4) 记录从静置开始到最后一次测量氢气泄漏量的时间为泄漏达稳定状态的时间, 记录气瓶氢气泄漏量随时间变化曲线。
- b) 若实测氢气漏率大于 3.6 mL/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漏率小于或等于 3.6 mL/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, 寻找泄漏点;
 - 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。不同直径气泡的允许个数如表 7 所示。表 7 中 d 为气泡直径, N 为气泡直径对应的每分钟允许个数;
 - 5) 可用图像识别等方法来确定气泡尺寸、生成速率、数量等信息。

表7 气泡直径与允许个数

d ^a /mm	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
N/ (个/min)	6851	2030	856	439	254	160	107	75	55	41	32	25	20	16	13	11	9	8	7
^a 其他直径气泡的每分钟允许个数可采用线性插值法计算。																			

5.7.16.2.5 常温静压试验

按5.7.3.2的规定进行静压试验, 试验压力为1.8倍公称工作压力, 保压时间为4 min。

5.7.16.2.6 剩余强度液压爆破试验

按5.7.5.2的规定进行水压爆破试验。

6 检验规则

6.1 出厂检验

6.1.1 逐只检验

铝内胆和气瓶应按表8规定的项目进行逐只检验。

6.1.2 批量检验

6.1.2.1 检验项目

铝内胆和气瓶应按表8规定的项目进行批量检验。

6.1.2.2 抽样规则

6.1.2.2.1 铝内胆

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，按下列规定进行处理：

- a) 如果不合格是由于试验操作异常或测量误差造成，应重新试验；如重新试验结果合格，则首次试验无效。
- b) 如果试验操作和测量正确，应先查明试验不合格原因，再按以下规则处理：
 - 1) 如确认铝内胆不合格是由于热处理不当造成的，允许对该批铝内胆重新热处理，但热处理次数不得超过2次。经重新热处理的该批铝内胆应作为新批重新进行批量检验；
 - 2) 如果铝内胆不合格是由于其他原因造成的，则整批铝内胆报废。

6.1.2.2.2 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。

若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；若重新试验结果合格，则首次试验无效。若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；若其中有一只未通过试验，则本批气瓶不合格。

6.2 型式试验

6.2.1 新设计气瓶应按表8规定的项目进行型式试验。

6.2.2 用于型式试验的气瓶基数为30只，内胆基数为5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) A类气瓶：水压爆破试验3只；常温压力循环试验2只（可以用于水压爆破试验）；火烧试验1只；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；
- b) B类气瓶：水压爆破试验3只；常温压力循环试验3只（可以用于水压爆破试验）；火烧试验1只；耐久性试验1只；使用性能试验1只。

所有进行型式试验的铝内胆和气瓶在试验后都应进行消除使用功能处理。

表8 试验和检验项目

试验项目		出厂检验		型式试验	试验方法	合格指标	
		逐只检验	批量检验				
铝 内 胆	壁厚和制造偏差	√	—	√	5.6.1.2	5.6.1.1	
	内外表面	√	—	√	5.6.2.2	5.6.2.1	
	瓶口螺纹	√	—	√	5.6.3.2	5.6.3.1	
	拉伸试验	—	√	√	5.6.4.2.2	5.6.4.2.1	
	金相试验	—	√	√	5.6.4.3.2	5.6.4.3.1	
	冷弯试验或压扁试验 ^a	—	√	√	5.6.4.4.2 或 5.6.4.5.2	5.6.4.4.1 或 5.6.4.5.1	
	硬度试验	√	—	√	5.6.5.2	5.6.5.1	
	无损检测 ^b	√	—	√	5.6.6.2	5.6.6.1	
气 瓶	A 类 和 B 类	缠绕层层间剪切试验	—	—	√	5.7.1.1.2	5.7.1.1.1
		缠绕层拉伸试验	—	—	√	5.7.1.2.2	5.7.1.2.1
		缠绕层外观	√	—	√	5.7.2.2	5.7.2.1
		水压试验	√	—	√	5.7.3.2	5.7.3.1
		气密性试验	√	—	√	5.7.4.2	5.7.4.1
		水压爆破试验	—	√	√	5.7.5.2	5.7.5.1
		常温压力循环试验	—	√	√	5.7.6.2	5.7.6.1
		火烧试验	—	—	√	5.7.7.2	5.7.7.1
	A 类	极限温度压力循环试验	—	—	√	5.7.8.2	5.7.8.1
		加速应力破裂试验	—	—	√	5.7.9.2	5.7.9.1
		裂纹容限试验	—	—	√	5.7.10.2	5.7.10.1
		环境试验	—	—	√	5.7.11.2	5.7.11.1
		跌落试验	—	—	√	5.7.12.2	5.7.12.1
		氢气循环试验	—	—	√	5.7.13.2	5.7.13.1
		枪击试验	—	—	√	5.7.14.2	5.7.14.1
	B 类	耐久性试验	—	—	√	5.7.15.2	5.7.15.1
使用性能试验		—	—	√	5.7.16.2	5.7.16.1	
注：“√”表示做试验或检验，“—”表示不做试验或检验。							
^a 铝内胆冷弯试验和压扁试验选择其中一项执行。							
^b 可选项。							

6.3 设计变更

6.3.1 对设计原型进行设计变更时，允许减少型式试验项目。设计变更应按表 9 规定的项目重新进行型式试验。未列入表 9 的设计变更应视为新设计，需作为设计原型按表 8 的规定进行全部项目的型式试验。

6.3.2 对于已完成以下设计变更的设计原型，在该原型上再进行其他设计变更时，不必再进行该设计变更所要求的型式试验项目：

- a) 纤维制造单位；
- b) 等效纤维材料；
- c) 新树脂材料；
- d) 等效树脂材料；
- e) 玻璃纤维保护层；
- f) 瓶口几何形状（含瓶口螺纹形式或尺寸变化）。

6.3.3 除 6.3.2 的规定外，不准许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 9 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。

6.3.4 当设计变更项目为新树脂材料、气瓶公称工作压力变化 $\leq 20\%$ 、内胆壁厚减薄、内胆外直径变化、气瓶长度变化或端部结构变化时，应重新进行应力分析。

6.3.5 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与设计原型规定值之差均小于或等于设计原型规定值 $\pm 5\%$ 的纤维视为等效纤维材料。

6.3.6 牌号或配方发生变化的树脂视为新树脂材料。

6.3.7 玻璃化转变温度大于或等于参照树脂，且制备成的缠绕层试样满足 5.7.1.1.1 要求的树脂视为等效树脂材料。

表9 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																	
	A类和B类									A类						B类		
	内胆型式试验项目	水压试验	气密性试验	缠绕层外观	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	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	耐久性试验	使用性能试验
纤维制造单位	—	√	√	√	√	√	√	√	√	—	√	—	—	√	—	√	√	—
等效纤维材料 ^a	—	√	√	√	√	√	√	√	—	—	√	—	—	√	—	—	—	—
新树脂材料	—	√	√	√	√	√	√ ^b	√ ^b	√	√	√	√	√	√	—	√	√	—
等效树脂材料 ^a	—	√	√	√	√	√	√ ^b	√ ^b	—	—	√	—	—	—	—	—	—	—
内胆外直径变化 ^c	≤20%	√ ⁱ	√	√	√	—	—	√ ^b	√ ^b	√	—	—	—	√	—	√ ^d	√	—
	>20%	√ ⁱ	√	√	√	—	—	√	√	√	—	—	—	√	√ ^e	√	√	√ ^e

表9 设计变更需重新进行型式试验的试验项目（续）

设计变更		试验项目																		
		A类和B类									A类						B类			
		内胆型式试验项目	水压试验	气密性试验	缠绕层外观	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	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	耐久性试验	使用性能试验	
气瓶长度变化	≤50%	—	√	√	√	—	—	√ ^b	√ ^b	√ ^e	—	—	—	—	—	—	√ ^d	—	—	
	>50%	—	√	√	√	—	—	√ ^b	√ ^b	√	—	—	—	—	√	√ ^e	—	√	√ ^e	
内胆壁厚减薄		—	—	—	—	—	—	√	√	—	—	—	—	—	√	—	—	√	—	
内胆成型工艺		—	—	—	—	—	—	√	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
端部结构		—	—	—	—	—	—	√	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
瓶口螺纹 ^f		√ ^k	√	—	—	—	—	√ ^b	√ ^b	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
玻璃纤维保护层 ^g		—	—	—	√	—	—	—	—	—	—	—	√	—	—	—	—	√	—	
瓶阀/TPRD端塞		—	—	—	—	—	—	—	—	√ ^h	—	—	—	—	—	—	√ ⁱ	—	—	√ ⁱ
注：“√”表示做试验，“—”表示不做试验。																				
<p>a 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。</p> <p>b 仅要求采用1只气瓶进行试验。</p> <p>c 仅适用于当直径变化时，缠绕层壁厚与原设计保持同样或较低的应力水平(例如：直径增加，则壁厚应成比例增加)。</p> <p>d 仅在筒体长度小于直径或直径减小时进行试验。</p> <p>e 仅在内胆直径或气瓶长度增加时进行试验。</p> <p>f 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。</p> <p>g 指作为设计部分的保护层。</p> <p>h 仅适用于瓶阀或TPRD端塞制造单位变化、瓶阀或TPRD端塞上的TPRD类型变化或TPRD泄放通路减小、瓶阀或TPRD端塞质量变化超过30%或发生对试验结果有影响的结构变化。</p> <p>i 仅适用于瓶阀或TPRD端塞制造单位变化、瓶阀或TPRD端塞由于密封结构改变引起的产品型号变化，且该型号产品从未进行过该项试验时。</p> <p>j 仅进行内胆型式试验项目中壁厚、制造偏差和内外表面。</p> <p>k 仅进行内胆型式试验项目中瓶口螺纹。</p>																				

7 安装和防护

7.1 安装

7.1.1 气瓶安装空间设计时应采取措施防止氢气聚集，氢气可自由扩散到车辆外部空间。

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

7.1.3 气瓶制造单位应向车辆制造单位或车载氢系统集成单位提供气瓶的水平安装方式。

7.1.4 车辆制造单位或车载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；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。

7.1.5 对 A2 类和 B2 类气瓶，车辆制造单位或车载氢系统集成单位在进行车载氢系统结构设计时，应保证日常维护保养时能够通过适当的方法清楚地观察到气瓶外表面（除与固定支架、紧固带等接触的表面），在定期检验时能够方便地拆卸气瓶及瓶阀。

7.2 防护

7.2.1 车辆制造单位或车载氢系统集成单位应对气瓶、瓶阀/TPRD 端塞及其连接件进行防冲击保护。

7.2.2 车辆制造单位或车载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辆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程度。

7.2.3 充氢时加氢枪与气瓶间宜具备通讯和安全联动功能，应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。

7.2.4 对 A1 类和 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、瓶阀/TPRD 端塞及其连接件受到来自路面等方向飞溅物（如石块等）的撞击。

8 标志、包装、运输和储存

8.1 标志

8.1.1 每只气瓶应当在玻璃纤维保护层中设置完整的制造标签，形成可追溯的永久性标记；同时在玻璃纤维保护层中沿环向间隔 120°植入 3 只二维码标签，以形成可追溯的永久性电子识读标志。

8.1.2 气瓶制造标签的字高一般大于或等于 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) 本文件编号；
- e) 气瓶型号；
- f) 公称工作压力，MPa；
- g) 水压试验压力，MPa；
- h) 充装介质；
- i) 公称容积，L；
- j) 设计使用年限，年；
- k) 设计循环次数，次；
- l) 气瓶的制造年月；
- m) 监督检验标记；
- n) 气瓶的最小工作压力，MPa（应大于或等于 1 MPa）；
- o) 水压试验极限弹性膨胀量，mL。

8.1.3 气瓶二维码标签至少应包含以下内容：

- a) 产品合格证;
- b) 产品使用说明书;
- c) 批量检验质量证明书;
- d) 监督检验证书。

8.2 包装

- 8.2.1 不带瓶阀出厂时, 瓶口应采取可靠措施加以密封, 防止沾污。
- 8.2.2 气瓶应妥善包装, 防止运输时损伤。

8.3 运输

- 8.3.1 气瓶的运输应符合运输部门的有关规定。
- 8.3.2 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。

8.4 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。

9 产品合格证和批量检验质量证明书

9.1 产品合格证

- 9.1.1 出厂的每只气瓶均应附有产品合格证, 且应向用户提供产品使用说明书。
- 9.1.2 产品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) 本文件编号;
 - e) 瓶阀和 TPRD 端塞的制造单位和型号;
 - f) 充装介质名称或化学分子式;
 - g) 公称工作压力, MPa;
 - h) 水压试验压力, MPa;
 - i) 气密性试验压力, MPa;
 - j) 公称容积, L;
 - k) 实测空瓶质量(不含附件), kg;
 - l) 铝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) 设计使用年限, 年;
 - p) 出厂检验标记;
 - q) 制造年月;
 - r) 定期检验周期;
 - s) 设计循环次数, 次;
 - t) 瓶阀装配扭矩。

9.1.3 产品使用说明书至少应包含以下内容：

- 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。

9.2 批量检验质量证明书

9.2.1 批量检验质量证明书的内容，应包括本文件规定的批量检验项目，见附录 H。

9.2.2 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。

9.2.3 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。

附 录 A

(规范性)

试验参数允差

表A.1规定了本文件中试验参数的允差。

表A.1 试验参数的允差

本文件的章条编号	试验名称	试验参数			
		名称	数值	允差	单位
5.7.3.2	水压试验	试验压力	$\geq 1.5P$	$0.05P$	MPa
5.7.6.2	常温压力循环试验	压力循环下限	2 MPa	± 1	MPa
		压力循环上限	$\geq 1.25P$	$0.05P$	MPa
5.7.8.2	极限温度压力循环试验	压力循环下限	2 MPa	± 1	MPa
		低温压力循环上限	$\geq 0.8P$	$0.05P$	MPa
		高温压力循环上限	$\geq 1.25P$	$0.05P$	MPa
		温度	$\geq 85^{\circ}\text{C}$	10	$^{\circ}\text{C}$
			$\leq -40^{\circ}\text{C}$	-10	$^{\circ}\text{C}$
相对湿度	$\geq 90\%$	10%	/		
5.7.9.2	加速应力破裂试验	试验压力	$\geq 1.25P$	$0.05P$	MPa
		温度	$\geq 85^{\circ}\text{C}$	10	$^{\circ}\text{C}$
		静置时间	1000 h	72	h
5.7.10.2	裂纹容限试验	压力循环下限	2 MPa	± 1	MPa
		压力循环上限	$\geq 1.25P$	$0.05P$	MPa
		裂纹 1 深度	≥ 1.25 mm	0.5	mm
		裂纹 1 长度	≥ 25 mm	1	mm
		裂纹 2 深度	≥ 0.75 mm	0.5	mm
		裂纹 2 长度	≥ 200 mm	5	mm
5.7.11.2	环境试验	压力循环下限	2 MPa	± 1	MPa
		压力循环上限	$\geq 1.25P$	$0.05P$	MPa
		保压压力	$\geq 1.25P$	$0.05P$	MPa
		区域直径	100 mm	± 10	mm
		顶点和棱的圆角半径	3 mm	± 1	mm
		冲击能量	≥ 30 J	5	J
		硫酸水溶液	体积分数 19%	$\pm 1\%$	/
		乙醇汽油溶液	体积分数 10%	$\pm 1\%$	/
		甲醇水溶液	体积分数 50%	$\pm 1\%$	/
		化学溶液腐蚀时间	≥ 48 h	2	h

表 A.1 试验参数的允差 (续)

本文件的章条编号	试验名称	试验参数			
		名称	数值	允差	单位
5.7.12.2	跌落试验	水平跌落高度	1.8 m	± 0.02	m
		垂直跌落高度	计算跌落高度	± 0.02	m
		气瓶与垂直方向成 45°角跌落高度	1.8 m	-0.04	m
		气瓶与垂直方向成 45°角	45°	± 5	(°)
5.7.13.2	氢气循环试验	压力循环下限	2 MPa	± 1	MPa
		压力循环上限	$\geq 1.25P$	$0.05P$	MPa
5.7.15	耐久性试验				
5.7.15.2.2	水压试验	同 5.7.3.2			
5.7.15.2.3	跌落试验	同 5.7.12.2			
5.7.15.2.4	表面损伤试验	温度	$\leq -40^{\circ}\text{C}$	-10	$^{\circ}\text{C}$
		静置时间	$\geq 12\text{ h}$	72	h
		其余同 5.7.10.2			
5.7.15.2.5	环境试验	压力循环上限(升高)	$\geq 1.5P$	$0.05P$	MPa
		总浸渍时间	$\geq 48\text{ h}$	2	h
		其余同 5.7.11.2			
5.7.15.2.6	加速应力破裂试验	同 5.7.9.2			
5.7.15.2.7	极限温度压力循环试验	同 5.7.8.2			
5.7.15.2.8	常温静压试验	试验压力	$\geq 1.8P$	$0.05P$	MPa
		保压时间	$\geq 4\text{ min}$	1	min
5.7.16	使用性能试验				
5.7.16.2.2	水压试验	同 5.7.3.2			
5.7.16.2.3	常温和极限温度气压循环试验	压力循环下限	2 MPa	-1	MPa
		低温压力循环上限	$\geq 0.8P$	$0.05P$	MPa
		常温和高温压力循环	$\geq 1.25P$	$0.05P$	MPa
		温度	$\geq 50^{\circ}\text{C}$	10	$^{\circ}\text{C}$
			$\leq -40^{\circ}\text{C}$	-10	$^{\circ}\text{C}$
		相对湿度	$\geq 90\%$	10%	/
放氢速率	大于或等于实际使用时气瓶最大放氢速率	该速率的 -0/+100%	g/s 或 NL/min		
	大于或等于气瓶日常保养检查或定期检验时的放氢速率	该速率的 -0/+100%	g/s 或 NL/min		
5.7.16.2.4	极限温度气压泄漏试验	试验压力	$\geq 1.15P$	$0.05P$	MPa
5.7.16.2.5	常温静压试验	试验压力	$\geq 1.8P$	$0.05P$	MPa
		保压时间	$\geq 4\text{ min}$	1	min

附录 B

(规范性)

气瓶日常保养检查

B.1 概述

本附录规定了4S店等单位在汽车维修、保养时进行气瓶日常保养检查的基本方法和技术要求。除此之外,还应遵守国家主管部门或地方政府颁布的有关氢燃料电池汽车维护保养规范、标准中对车载储氢系统、气瓶、管路等承压系统的维保、检查要求。

B.2 基本要求

B.2.1 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。

B.2.2 日常保养检查前,检查人员应清除气瓶外表面的污垢、沾染物等。

B.2.3 保养检查中若发现B.3、B.4、B.5提及的问题,应及时由相关单位处理。原则上乘用车的A1、B1类气瓶及承压系统由有氢燃料电池汽车维保资质的4S店处理。商用车的A2、B2类气瓶及承压系统应由气瓶定期检验机构,或汽车制造单位/气瓶制造单位处理。

B.3 气瓶外观检查

B.3.1 逐只对气瓶瓶体进行外观检查,检查气瓶瓶体外表面是否存在划伤、磨损、冲击损伤。若发现有明显的划伤、磨损或冲击损伤,且碳纤维层已暴露或断裂,应立即停止使用,并按B.2.3的规定处理。

B.3.2 逐只对瓶阀和TPRD端塞(如有)进行外观检查,检查瓶阀和TPRD端塞(如有)是否有严重损伤、变形,或瓶阀工作不正常的现象。若发现有严重损伤、变形,或工作不正常的现象,应立即停止使用,并按B.2.3的规定处理。

B.4 氢泄漏检测

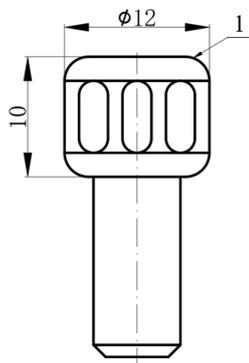
B.4.1 逐只对气瓶、瓶阀、TPRD端塞(如有)及储氢系统连接管路可能泄漏的部位进行泄漏检测,试验介质为瓶内氢气,检测压力为(60%~100%)气瓶公称工作压力。

B.4.2 应使用便携式氢气检测仪进行检测,氢气检测仪应符合以下要求:

- a) 分辨率应大于或等于 1 mL/m^3 ;
- b) 最小检测浓度应小于或等于 100 mL/m^3 ;

B.4.3 氢气检漏仪应定期进行检定或校准,检定或校准周期按有关规定执行。

B.4.4 检测部位可能有冷凝水滴落时,宜在氢气检测仪上安装如图B.1所示的探测头护罩。将探测头的端部轻轻接触受试气瓶的待检部位,检测持续时间不少于10 s,读取氢气浓度,氢气浓度应小于或等于 300 mL/m^3 ;若发现氢气浓度大于 300 mL/m^3 ,应及时安全地排放瓶内氢气,立即停止使用,并按B.2.3的规定处理。。



标引序号说明：

1——端部。

图B.1 探测头护罩示意图

B.5 气瓶安装状况检查

B.5.1 对氢气管路、框架、固定支架/紧固带和防护装置的安装状况进行检查。检查储氢系统和单个气瓶装置的氢气管路和阀门是否存在松动、管路/部件之间有无磨损、管路有无变形或损坏、固定支架或紧固带是否完好等。若发现有上述问题，应查明原因并由经培训的专业人员进行处理。

B.5.2 清除排放管路系统中的污染物和水，检查氢气泄放管路及阀门有无异常。若发现泄放管路及阀门有冰堵迹象，应立即停止使用，并按B.2.3的规定处理。

B.5.3 检查框架、固定支架/紧固带与气瓶，或框架、固定支架/紧固带与汽车安装部位，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，橡胶垫有无磨损或老化；
- d) 固定支架/紧固带是否受到严重腐蚀，框架有无开裂或严重变形。

若发现有上述问题，应查明原因并由经培训的专业人员进行处理。

B.5.4 应检查汽车上的砂石防护罩或气瓶防护罩等气瓶防护装置是否完好，有无严重变形。检查气瓶与防护罩之间的间隙，若发现防护罩变形严重或间隙中有异物，应查明原因并由经培训的专业人员进行处理。

B.6 日常检查中若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，应及时告知相关人员及汽车制造单位或气瓶制造单位处理。

B.7 检查记录

气瓶日常保养检查应形成检查记录，记录至少应包括以下内容：

- a) 气瓶编号；
- b) 气瓶所在车辆标记号码；
- c) 检查项目和检查结果；

- d) 检查日期:
- e) 检查人员。

附 录 C

(规范性)

铝内胆最大允许缺陷尺寸确定方法

C.1 总则

本附录规定了气瓶铝内胆无损检测时的最大允许缺陷尺寸确定方法。

C.2 铝内胆最大允许缺陷尺寸确定方法

C.2.1 一般要求

气瓶铝内胆最大允许缺陷尺寸可以按照C.2.2或C.2.3规定的方法确认。

C.2.2 含裂纹气瓶常温压力循环试验方法

含裂纹气瓶常温压力循环试验方法按下列规定进行：

- a) 在铝内胆收口和热处理前，在铝内胆内表面预制轴向裂纹；
- b) 裂纹长度和深度应根据无损检测能力确定；
- c) 将 3 只带有预制裂纹缺陷的气瓶按照 5.7.6 的规定进行常温压力循环试验；
- d) 如果经设计循环次数后，3 只气瓶均未泄漏或破裂，则最大允许缺陷尺寸规定为小于或等于预制裂纹尺寸。

C.2.3 基于断裂力学的工程评估方法

基于断裂力学的工程评估方法按下列规定进行：

- a) 在铝内胆的疲劳敏感部位设置轴向裂纹，作为平面缺陷；
- b) 压力范围为 10%公称工作压力~公称工作压力；
- c) 气瓶压力循环次数应大于或等于设计循环次数；
- d) 按 GB/T 19624 的要求计算最大等效裂纹尺寸，最大允许缺陷尺寸应小于或等于此计算值。

附 录 D

(规范性)

气瓶用O形密封圈性能评定方法

D.1 概述

本附录规定了气瓶用O形密封圈性能评定方法，包括材料和O形密封圈的合格指标和试验方法。

D.2 材料

D.2.1 拉伸试验

D.2.1.1 合格指标

断裂拉伸强度和拉断伸长率应满足设计文件的要求。

D.2.1.2 试验方法

按GB/T 528规定进行试验，试样制备按GB/T 2941—2006的规定执行。

D.2.2 温度回缩试验

D.2.2.1 合格指标

O形密封圈材料温度应满足设计文件的要求。

D.2.2.2 试验方法

按GB/T 7758规定进行试验，初始冷却温度为-80℃，测定试样回缩率为10%时的温度。

D.3 O形密封圈

D.3.1 外观

D.3.1.1 合格指标

外观质量应满足设计文件的要求。

D.3.1.2 试验方法

按GB/T 3452.2规定进行检查。

D.3.2 尺寸

D.3.2.1 合格指标

O形密封圈截面直径和内径应满足设计文件的要求。

D.3.2.2 试验方法

按GB/T 2941—2006规定的方法D进行测量。

D.3.3 硬度

D.3.3.1 合格指标

硬度应满足设计文件的要求。

D.3.3.2 试验方法

按GB/T 6031规定进行试验。

D.3.4 拉伸试验

D.3.4.1 合格指标

断裂拉伸强度和拉断伸长率应满足设计文件的要求。

D.3.4.2 试验方法

按GB/T 5720规定进行试验。

D.3.5 压缩永久变形

D.3.5.1 合格指标

压缩永久变形率应满足设计文件的要求。

D.3.5.2 试验方法

按GB/T 7759.1—2015的规定进行试验，采用B型试样，试验温度为 (150 ± 2) ℃，试验时间为 (72 ± 1) h。

D.3.6 硬度变化试验

D.3.6.1 合格指标

硬度变化应满足设计文件的要求。

D.3.6.2 试验方法

按GB/T 3512规定进行老化试验，老化温度为 (150 ± 2) ℃，老化试验为 (72 ± 1) h。按GB/T 6031的规定测量老化试验前后O形密封圈硬度。

D.3.7 氢气损伤试验

D.3.7.1 合格指标

O形密封圈无破损等异常现象，其体积膨胀率不超过25%或体积收缩率不超过1%，质量变化率不超过10%。

D.3.7.2 试验方法

试验步骤如下：

- a) 使用分析天平测量 3 个 O 形密封圈的质量，测量值应精确到 1 mg；
- b) 按 GB/T 533—2008 中 A 法的规定，测量 3 个 O 形密封圈密度，并计算体积；
- c) 将 O 形密封圈在压力为气瓶公称工作压力、温度为 (15 ± 2) °C 的氢气中放置 168 h 后，将压力在 45 s 内降至大气压力；
- d) 将 O 形密封圈在压力为气瓶公称工作压力、温度为 (-50 ± 2) °C 的氢气中放置 168 h 后，将压力在 45 s 内降至大气压力；
- e) 取出 O 形密封圈后应立即观察 O 形密封圈表面并测量其体积变化率和质量变化率。

附 录 E

（规范性）

层间剪切试验方法

E.1 概述

本附录规定了缠绕层的层间剪切试验方法。

E.2 符号

下列符号适用于本附录。

- b 试样宽度，单位为毫米（mm）；
- F_{sbs} 层间剪切强度，单位为兆帕（MPa）；
- h 试样厚度，单位为毫米（mm）；
- n 试样数量，单位为个；
- P_m 试验过程中最大载荷，单位为牛（N）；
- \bar{X} 层间剪切强度的算术平均值，单位为兆帕（MPa）；
- X_i 每个试样的性能值，单位为兆帕（MPa）。

E.3 一般要求

试样两端置于两个支座上并可横向移动，通过位于试样中点的加载头直接施加载荷。

E.4 试样制作

采用环氧树脂或改性环氧树脂基体，制备缠绕层试样。试样制作方法和模具结构按照 GB/T 1458 的规定，试样尺寸按本附录的规定。

E.5 取样和试样尺寸

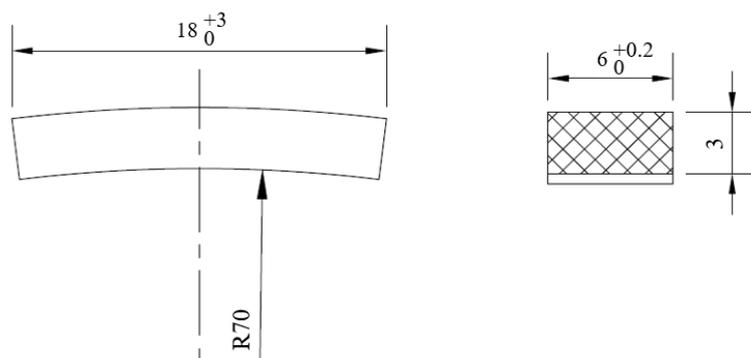
E.5.1 取样

从圆环上切割试样，试样表面应平滑，不应有划痕和分层。可采用金刚砂工具，通过水润滑进行切割、碾磨或磨削得到最终尺寸，有效试样数不应少于 9 个。其余应符合 GB/T 1458 的规定。

E.5.2 试样尺寸

剪切试样尺寸如图 E.1 所示。

单位为毫米



图E.1 试样尺寸

E.6 仪器设备

E.6.1 试验机

试验机应具有恒定的试验速度，载荷相对误差应小于或等于 $\pm 1\%$ 。

E.6.2 加载工装

加载头和支座分别为直径 (6 ± 0.5) mm 和 (3 ± 0.4) mm 的圆柱体，长度应超过试样宽度至少 2 mm，洛氏硬度（HRC）值为 60~62。加载头和支座表面应光滑，不应有凹痕、毛刺、锐边等。加载头中心线与两支座跨距中心线重合。

E.6.3 尺寸测量仪

千分尺或卡尺，分度值为试样尺寸的 1%。

E.7 试验步骤

E.7.1 环境条件

试验环境的温度为 (23 ± 3) °C，相对湿度为 (50 ± 10) %。

E.7.2 试验速度

试验速度为 1 mm/min。

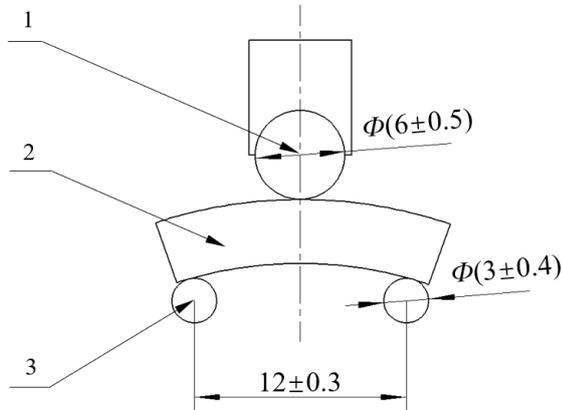
E.7.3 试样尺寸测量

试验前测量并记录试样中心截面处的宽度、厚度及试样的长度。

E.7.4 试样安装

将试样放入加载工装中，如图 E.2 所示，试样应对齐并居中，使其纵轴与加载头和支座垂直，调整跨距为 (12.0 ± 0.3) mm。

单位为毫米



标引序号说明：

- 1——加载头；
- 2——试样；
- 3——支座。

图E.2 试样安装示意图

E.7.5 加载

对试样进行加载，连续加载直至出现以下情况：

- a) 加载回落 30%；
- b) 试样破坏为两片；
- c) 加载头位移超过试样的厚度。

E.7.6 记录

记录整个试验过程中的载荷-位移数据，记录最大载荷、最终载荷以及在载荷-位移数据中明显不连续的载荷。

E.7.7 破坏模式

试样层间剪切破坏模式如图 E.3 所示。若试样发生弯曲、挤压等非层间剪切破坏时，则该试样作废。



图E.3 试样层间剪切破坏模式示意图

E.8 结果计算与表示

按公式 (E.1) 计算单个试样的层间剪切强度：

$$F_{sbs} = 0.75P_m / (bh) \dots\dots\dots(E.1)$$

按公式 (E.2) 计算层间剪切强度算术平均值:

$$\bar{X} = \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) / n \dots\dots\dots(E.2)$$

E.9 试验报告

试验报告应包括以下信息:

- a) 注明引用本附录;
- b) 原材料名称、规格型号、批号等;
- c) 试样编号、尺寸、外观质量及数量;
- d) 试验温度、相对湿度;
- e) 试验设备型号;
- f) 试验结果;
- g) 试验日期;
- h) 其他。

附录 F

(规范性)

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，包括加压累积法和真空舱法。气瓶制造单位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.2 符号

下列符号适用于本附录。

C	氦氮混合气中的氦气摩尔分数，%
M_{01}	加压累积法检测舱标准漏孔关闭时的背景读数值，单位为毫升每立方米 (mL/m^3)；
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，单位为毫升每立方米 (mL/m^3)；
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，单位为毫升每立方米 (mL/m^3)；
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_{atm}	大气压力（绝压），单位为帕（Pa）；
P_i	差压法检测压力，单位为（Pa）；
Q_c	规定的氦泄漏率（为规定的氢气泄漏率与 $\alpha\beta$ 乘积之比），单位为帕立方米每秒 ($\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$)；
Q_{He}	通过气瓶气密性氦泄漏检测获得的气瓶氦泄漏率，单位为帕立方米每秒 ($\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$)；
Q_{H_2}	氢气泄漏率，单位为帕立方米每秒 ($\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$)；
\dot{Q}	通过差压法获得的气体泄漏率，单位为立方米每秒 (m^3/s)；
\dot{Q}_{H_2}	通过差压法获得的纯氢气泄漏率，单位为立方米每秒 (m^3/s)；
\dot{Q}_{He}	通过差压法获得的纯氦气泄漏率，单位为立方米每秒 (m^3/s)；
\dot{Q}_{N_2}	通过差压法获得的纯氮气泄漏率，单位为立方米每秒 (m^3/s)；
$\dot{Q}_{\text{X-He}}$	通过差压法获得的氦气体积分数为X时的氦氮混合气的泄漏率，单位为立方米每秒 (m^3/s)；
Q_1	渗透型标准漏孔漏率，单位为帕立方米每秒 ($\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$)；
S_1	真空舱法检测系统初始灵敏度，单位为帕立方米每秒 ($\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$)；
S_2	真空舱法检测系统最终灵敏度，单位为帕立方米每秒 ($\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$)；
t_a	采用加压累积法时，气密性试验所需的累积时间，单位为秒（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，单位为秒（s）；
t_p	采用差压法时，阀门关闭至产生压差 ΔP 对应的时间，单位为秒（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，单位为秒（s）；
V_c	检测舱内体积减去气瓶体积，单位为立方米 (m^3)；

V_R	基准气瓶容积，单位为立方米（ m^3 ）；
V_T	被测气瓶容积，单位为立方米（ m^3 ）；
X	氦氮混合气中氦气的体积分数，%；
Δp	差压变化量，单位为帕（Pa）；
$\frac{\Delta V}{\Delta p}$	差压传感器系数，取 1.36×10^{-16} ，单位为立方米每帕（ m^3/Pa ）；
α	纯氦气与氦气体积分数为 X 的氦氮混合气的泄漏率转换系数；
β	纯氢气与纯氦气的泄漏率转换系数；
ρ_0	充氦压力和温度下对应氦气的摩尔密度，单位为摩尔每升（mol/L）；
ρ_{He}	混合气压力和温度下对应氦气的摩尔密度，单位为摩尔每升（mol/L）；
ρ_{N_2}	混合气压力和温度下对应氮气的摩尔密度，单位为摩尔每升（mol/L）。

F.3 一般要求

F.3.1 试验介质

F.3.1.1 试验介质应采用干燥、洁净、无油的氦气、氮气、氢气及氦氮混合气，单一气体纯度应大于或等于99.97%。

F.3.1.2 试验用氦氮混合气中氦的体积分数 X 应由气瓶制造单位、检验机构或型式试验机构通过试验确定，确保 α 、 β 值能满足试验精度。否则，采用累积法时 X 应大于或等于10%，采用真空舱法时 X 应大于或等于5%。氦氮混合气制备可采用F.7.5给出的压力配比法。

F.3.2 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.3.3 压力

试验时充装压力为气瓶公称工作压力。

F.3.4 仪器设备

F.3.4.1 氦检漏仪

氦检漏仪应能传感和测量微量示踪氦气，并通过检测仪器上的或附接于仪器上的仪表来指示泄漏。氦质谱检漏仪应满足GB/T 13979中的技术要求。

F.3.4.2 标准漏孔

加压累积法应采用毛细管型标准漏孔，真空舱法可采用渗透型或毛细管型标准漏孔，氦检漏仪校准应采用渗透型标准漏孔：

- 毛细管型标准漏孔：应是带有大于或等于 0.1 MPa 独立氦气罐并使示踪气体透过局部拉细管子的毛细管型漏孔，具有 $1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \sim 1 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的氦气泄漏率，并应校准合格；
- 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 $1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \sim 1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的氦气泄漏率，并应校准合格。

F.3.4.3 压力管道

F.3.4.3.1 充气系统压力管道的设计、制造、安装和使用应符合TSG D0001的相关规定。

F.3.4.3.2 充气系统压力管道应经水压试验合格，水压试验压力应大于或等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.3.4.4 检测舱

F.3.4.4.1 加压累积法用检测舱可采用可承受外压的钢质、铝合金或聚氯乙烯（PVC）塑料舱体。

F.3.4.4.2 真空舱法用检测舱应为可承受外压的钢质舱体。

F.3.4.4.3 检测舱尺寸应与受试气瓶大小相匹配。

F.3.4.5 压力测量装置

F.3.4.5.1 泄漏检测系统中，应至少安装一只检测用压力表和一只校验用压力表。试验前，应使用校验用压力表对检测用压力表进行校验，若压力显示值有异常应进行更换。

F.3.4.5.2 压力表的量程应在1.5倍~4倍预期最大检测压力范围内，宜为2倍预期最大检测压力。其精度应不低于1.6级。

F.3.4.5.3 压力表/真空表应经检定或校准合格后方可使用，压力表/真空表每半年至少检定或校准一次，使用期间若发现异常，应重新检定或校准。

F.3.4.5.4 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.3.4.5.5 当使用多个压力表/真空表时，宜至少有一个记录式压力表/真空表。

F.3.4.5.6 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/真空规管的位置应远离泵系统的进气口。

F.3.4.6 温度测量装置

温度测量仪表的最小分度值应小于或等于 1.0 °C。温度测量仪表应定期进行检定或校准，检定或校准周期按有关规定执行。

F.3.4.7 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.3.5 检测工艺规程要求

检测工艺规程要求应包括以下内容：

- a) 氦检漏仪型号；
- b) 气瓶表面温度；
- 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。

F.4 检测准备

F.4.1 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.4.2 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.4.3 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氮气的浓度。

F.4.4 气瓶充气可采用检测舱内充气或外部充气。

- a) 采用舱内充气时，应将气瓶及配件按要求与检测系统内充放气管路相连，接头部位应密封良好。
- b) 采用舱外充气时，应将受试气瓶充装至试验压力并静置保压，瓶体温度应小于或等于55℃。可采用吸枪法快速扫描或在待查部位涂专用检漏液排除较大泄漏点后，再将受试气瓶接入检测系统。若采用涂液法，应在接入系统前将检漏液清理干净，以免影响测试结果。
- c) 当使用氮体积分数 X 的氮氮混合气充装受试气瓶时，若在瓶内配气，充气完成后需静置使气体扩散均匀。应保证受试气瓶内氮气的体积分数数值准确并确定静置时间 t_s ，静置时间不应少于3 min。

F.4.5 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.5 氮泄漏检测

F.5.1 加压累积法

F.5.1.1 仪器校准

F.5.1.1.1 预热

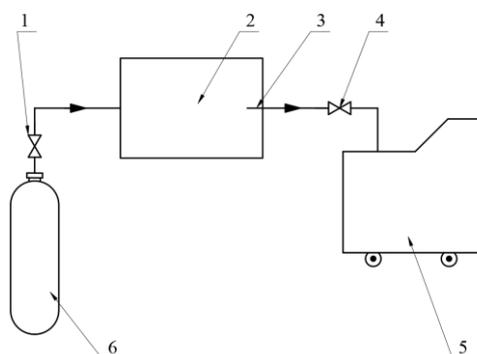
使用标准漏孔校准前，仪器应通电预热，预热的最短时间应按仪器制造单位的规定。

F.5.1.1.2 标准漏孔校准

氮检漏仪使用前，需按仪器制造单位的操作和维修手册使用毛细管型标准漏孔校准。若仪器示值偏差大于10%，则应采用大气校准法或标准浓度法重新校准。

F.5.1.1.3 大气校准法

大气校准法原理如图F.1所示。向容器或气袋中充入氮气，将氮检漏仪的吸枪探头插入容器或气袋，调整氮检漏仪读数归零。再使用氮检漏仪吸枪吸收空气得到新的示值，其值应与空气中5 mL/m³氮浓度一致。



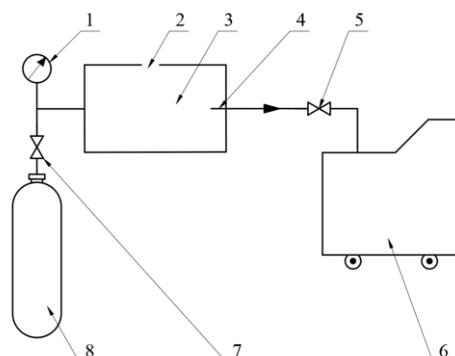
标引序号说明:

- | | |
|-----------|----------|
| 1——减压阀; | 4——吸枪阀; |
| 2——容器或气袋; | 5——氦检漏仪; |
| 3——吸枪; | 6——纯氮气瓶。 |

图 F.1 大气校准法原理图

F.5.1.1.4 标准浓度法

标准浓度法原理如图 F.2 所示。向容器或气袋中充入体积浓度已校准的氦氮混合气，将氦检漏仪的吸枪探头插入容器或气袋，记录仪器读数，其值应与已校准的氦浓度一致。



标引序号说明:

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

图 F.2 标准浓度法原理图

F.5.1.2 检测系统校准

F.5.1.2.1 校准步骤

F.5.1.2.1.1 将具有100%氦气的经校准的毛细管型标准漏孔与检测系统相连。

F.5.1.2.1.2 将一只校准专用气瓶按F.4.4的要求接入检测系统。

F.5.1.2.1.3 检测舱抽真空至真空度为(5~10) kPa, 或用氮气置换舱内空气。将氦检漏仪的吸枪探头接入检测舱, 打开标准漏孔, 至少连续测量3次, 每次测量间隔时间相同, 若所测得的浓度值之间相对偏差小于或等于±10%, 则确认系统达到稳定状态, 此时仪器读数记为 M_{O_2} 。

F.5.1.2.1.4 将标准漏孔关闭，待氦检漏仪读数稳定时记录背景读数 M_{01} 。

F.5.1.2.2 累积时间

F.5.1.2.2.1 根据所测参数按公式 (F.1) 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.5.1.2.2.2 气密性试验所需的累积时间 t_a 也可以由气瓶制造单位或检验机构通过实验方法确定，但应大于或等于3 min。

F.5.1.3 氦泄漏检测

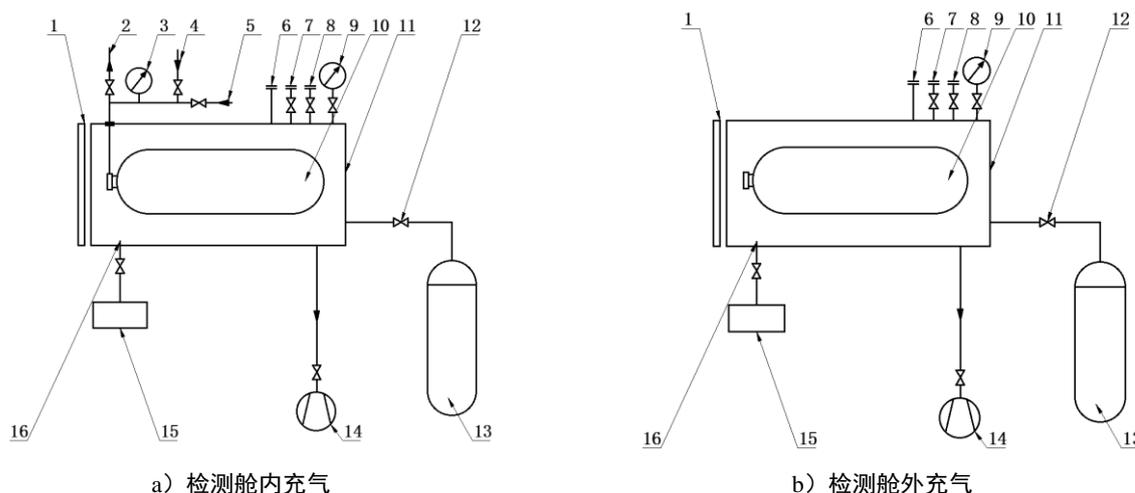
F.5.1.3.1 将受试气瓶按图F.3 a) 或图F.3 b) 所示接入检测系统。

F.5.1.3.2 检测舱抽真空至真空度为 (5~10) kPa，将氦检漏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，应延长检测时间至输出信号稳定。

F.5.1.3.3 按公式 (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.5.1.3.4 必要时，应根据仪器制造单位提供的氦检漏仪气体吸入量对氦泄漏率进行修正。



标引序号说明：

- | | |
|--------------------------|-------------|
| 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 ^a ； | 12——氮气冲洗阀门； |
| 5——氦气充装管路 ^a ； | 13——氮气源； |
| 6——机械防爆接口； | 14——真空泵； |
| 7——空气交换口； | 15——氦检漏仪； |
| 8——标准漏孔接口； | 16——吸枪探头。 |

^a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.5.1.4 结果评价

若检出的氦泄漏率或转换得到的氢泄漏率满足相关标准要求，则气瓶气密性试验合格。否则，应按 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。

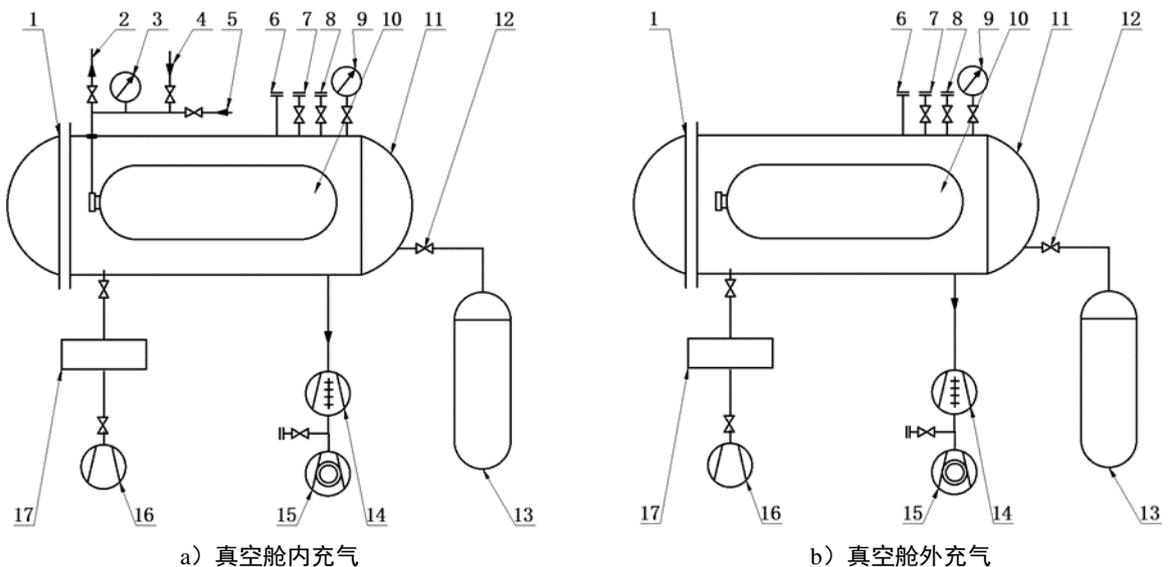
F.5.2 真空舱法

F.5.2.1 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.5.2.2 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，先用氦体积分数 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。检测时不应封堵气瓶上可能存在的泄漏。



标引序号说明：

- | | |
|--------------------------|--------------|
| 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——氮气冲洗阀； |
| 4——氮气充装管路 ^a ； | 13——氮气源； |
| 5——氮气充装管路 ^a ； | 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——氦检漏仪。 |
| 9——真空表； | |

^a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.5.2.3 仪器校准

F.5.2.3.1 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仪器制造单位的规定。

F.5.2.3.2 标准漏孔校准

氦检漏仪使用前，应按仪器制造单位的操作和维修手册使用渗透型标准漏孔校准。氦检漏仪的灵敏度至少为 $1 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

F.5.2.4 检测系统初始校准

F.5.2.4.1 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.5.2.4.2 对检测舱抽真空至足以允许氦检漏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检漏仪信号稳定。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.5.2.4.3 将标准漏孔关闭，待氦检漏仪读数稳定时记录背景读数 M_1 。

F.5.2.4.4 初始的系统灵敏度 S_1 应按公式(F.3)计算：

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

F.5.2.4.5 当泄漏检测系统的布置改变（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。

F.5.2.5 氦泄漏率检测

F.5.2.5.1 完成初始校准后，用氦体积分数 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，瓶体温度应小于或等于 55°C 。

F.5.2.5.2 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.5.2.6 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。受试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 。按公式(F.4)计算最终的检测系统灵敏度 S_2 ：

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

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.5.2.7 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 改变（但输出信号在可检范围），应按公式(F.5)确定 Q_{He} ：

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

F.5.2.8 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，应根据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 泄漏率转换系数

F.6.1 一般要求

F.6.1.1 将氦泄漏量换算成氢泄漏量时，需考虑氢气、氦气、氮气不同介质之间的泄漏转换系数。

F.6.1.2 泄漏率转换系数的测定方法包括差压法和微压法。

F.6.1.3 泄漏率转换系数应在55℃下测定。

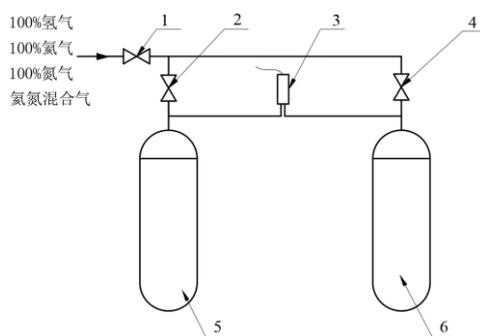
F.6.2 差压法

F.6.2.1 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、氮气及氦气体积分数为X氮氦混合气）时的泄漏量，据此计算 α 、 β 。

F.6.2.2 差压法试验操作步骤如下：

- 试验前，应采取适当方法确保基准气瓶、阀门2和阀门3无泄漏；
- 将被测气瓶和基准气瓶抽真空或置换为相应气体；
- 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。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 Δp ，记录阀门关闭至产生压差 Δp 对应的时间 t_p 。按公式(F.6)计算气体泄漏率：

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



标引序号说明：

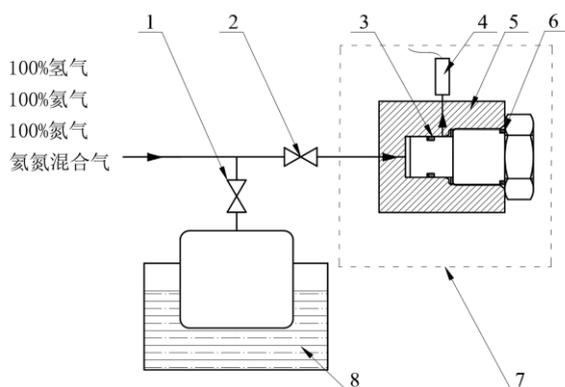
- | | |
|------------|----------|
| 1——阀门1； | 4——阀门3； |
| 2——阀门2； | 5——基准气瓶； |
| 3——微压差传感器； | 6——被测气瓶。 |

图 F.5 差压法泄漏率转换系数测试系统

F.6.2.3 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.6.3 微压法

微压法泄漏率转换系数测试系统见图 F.6。



标引序号说明：

- | | |
|------------|--------------------|
| 1——阀门 1； | 5——瓶阀/气瓶密封处模拟工装系统； |
| 2——阀门 2； | 6——O 形密封圈； |
| 3——O 形密封圈； | 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.6.4 转换系数计算

按公式 (F.7) 计算纯氦气泄漏率与氦气体积分数为 X 的氦氮混合气泄漏率转换系数 α ，按公式 (F.8) 计算纯氦气泄漏率与纯氮气泄漏率的转换系数 β ：

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

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

F.6.5 氦氮混合气制备的压力配比法

按公式 (F.9) 计算氦氮混合气的充氦压力 P_{He} 对应氦气的摩尔密度 ρ_0 ：

$$\rho_0 = \frac{C\rho_{\text{He}}\rho_{\text{N}_2}}{\rho_{\text{He}} - C\rho_{\text{He}} + C\rho_{\text{N}_2}} \dots\dots\dots(\text{F.9})$$

式中，氦氮混合气中氦气的摩尔分数 C 的值等于 X 。表 F.1 给出了几种常用压力、温度和氦气体积分数的混合气制备时的充氦压力。

表 F.1 氮氮混合气配备表

氮氮混合气压力 /MPa	氮气的体积 分数 X/%	温度/°C	ρ_{He} /(mol/L)	ρ_{N_2} /(mol/L)	充氮压力/MPa
35	3	20	12.336	12.039	0.88
	5				1.46
	8				2.37
	10				2.99
	15				4.51
43.75	3	20	14.916	13.886	1.03
	5				1.72
	8				2.76
	10				3.47
	15				5.24
70	3	20	21.79	17.783	1.32
	5				2.21
	8				3.57
	10				4.51
	15				6.89
87.5	3	20	25.787	19.588	1.45
	5				2.43
	8				3.97
	10				5.01
	15				7.71

注：公式（F.9）和表 F.1 为推荐采用，需通过工艺验证确保配比准确，且满足试验精度要求。

F.7 氢气泄漏率计算

氢气泄漏率按公式（F.10）和公式（F.11）计算单位容积的氢气泄漏率：

a) 采用加压累积法时：

$$Q_{H_2} = \frac{P_{atm} V_c (M_{03} - M_{01}) \alpha \beta}{t_a V_T} \dots \dots \dots (F.10)$$

b) 采用真空舱法时：

$$Q_{H_2} = \frac{S_2 (M_5 - M_2) \alpha \beta}{V_T} \dots \dots \dots (F.11)$$

注：1 Pa·m³/s=9.9 atm·cm³/s=9.9 mL/s=594 mL/min=35640 mL/h。

附 录 G

(规范性) 气瓶火烧试验方法

G.1 概述

本附录规定了气瓶火烧试验方法。

G.2 符号

下列符号适用于本附录。

T_{BLOC}	局部火烧阶段气瓶底表面温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
T_{BLOC25}	局部火烧阶段气瓶下方温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
T_{BENG}	整体火烧阶段气瓶底表面温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
T_{BENG25}	整体火烧阶段气瓶下方温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
$T_{\min LOC25}$	主试验局部火烧阶段火源最低温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
$T_{\min ENG25}$	主试验整体火烧阶段火源最低温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
TMF_{LOC}	局部火烧阶段气瓶前表面温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
TMF_{ENG}	整体火烧阶段气瓶前表面温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
TMR_{LOC}	局部火烧阶段气瓶后表面温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
TMR_{ENG}	整体火烧阶段气瓶后表面温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
TU_{LOC}	局部火烧阶段气瓶顶表面温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
TU_{ENG}	整体火烧阶段气瓶顶表面温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

G.3 一般要求

G.3.1 防风

试验在室外进行时，应采取防风板等遮风措施，使受试气瓶受热均匀。

G.3.2 燃料

火源燃料应选用液化石油气（LPG）或压缩天然气（CNG）。

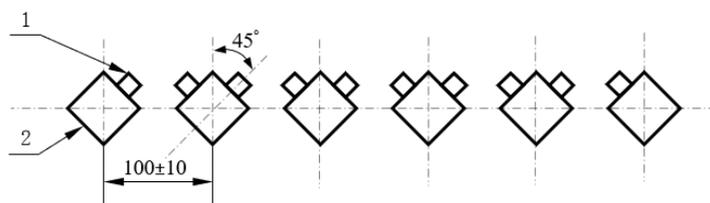
G.3.3 火源尺寸

火源宽度应大于或等于受试气瓶外直径，火源长度应大于或等于受试气瓶总长（包含瓶体、瓶阀和TPRD端塞），使火焰由受试气瓶的下方及侧面将其环绕。火源包括局部火源区和延伸火源区。局部火源区长度为（ 250 ± 50 ）mm。火源由数根燃料管组成，燃料管间距为（ 100 ± 10 ）mm，燃料管数量应根据受试气瓶外直径确定，但应不少于6根。

G.3.4 喷嘴间距及尺寸

在燃料管上等间距排布喷嘴，喷嘴间距为 (50 ± 5) mm，燃料和空气混合气出口与垂直方向夹角为 45° ，如图G.1所示。喷嘴上有1个燃料入口、4个空气入口以及1个燃料和空气混合气出口，如图G.2所示。燃料入口内径为 (1.0 ± 0.1) mm，空气入口内径为 (6.4 ± 0.6) mm，燃料和空气混合气出口内径为 (10 ± 1) mm。

单位为毫米

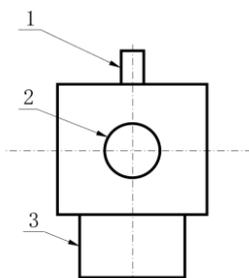


标引序号说明：

1——喷嘴；

2——燃料管。

图G.1 火源燃料管及喷嘴布置



标引序号说明：

1——燃料入口；

3——燃料和空气混合气出口。

2——空气入口；

图G.2 喷嘴示意图

G.3.5 热电偶布置及温度计算

G.3.5.1 热电偶应采用K型热电偶，且热电偶丝直径应小于或等于3.2 mm。热电偶布置位置与气瓶表面的距离应小于或等于5 mm。热电偶布置时应采用机械支撑，防止测温过程中热电偶位置变化，影响测量结果。

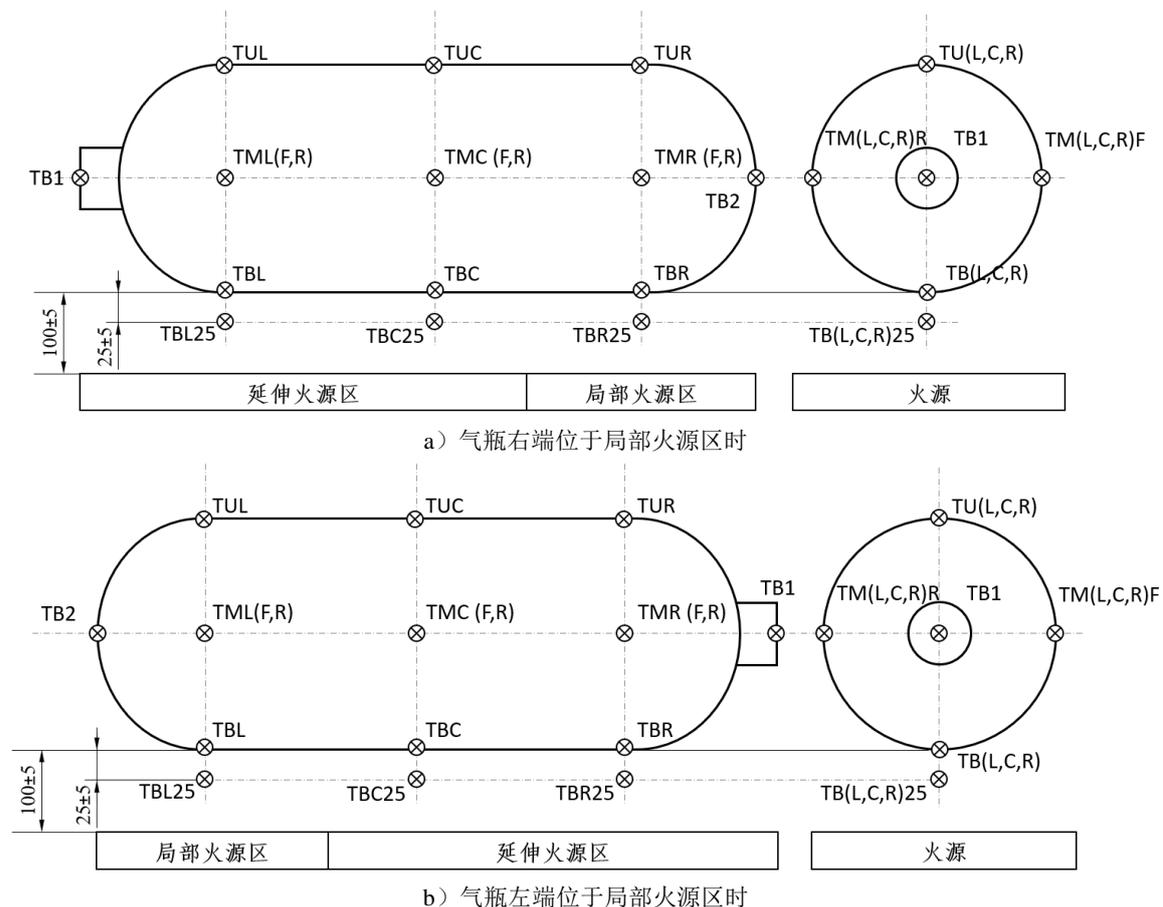
G.3.5.2 热电偶布置至少应包括以下5个部分（如图G.3）：

- a) 位于瓶口和瓶尾的TB1、TB2；
- b) 位于气瓶筒体右端，沿环向在气瓶上部、前部、下部和后部等间距布置的TUR、TMRF、TBR、TMRR；
- c) 位于气瓶筒体中部，沿环向在气瓶上部、前部、下部和后部等间距布置的TUC、TMCF、TBC、TMCR；
- d) 位于气瓶筒体左端，沿环向在气瓶上部、前部、下部和后部等间距布置的TUL、TMLF、TBL、TMLR；
- e) 位于气瓶下方 (25 ± 5) mm处，沿轴向布置TBL25、TBC25、TBR25，分别位于局部火源区中央、延伸火源区的筒体中心和延伸火源区的筒体端部。

必要时，还可在 TPRD 及受试气瓶其他部位设置热电偶。

G.3.5.3 根据热电偶温度数据，按表G.1的规定确定气瓶各部位温度。

单位为毫米



图G.3 预试验热电偶布置

表G.1 热电偶温度数据与气瓶各部位温度关系

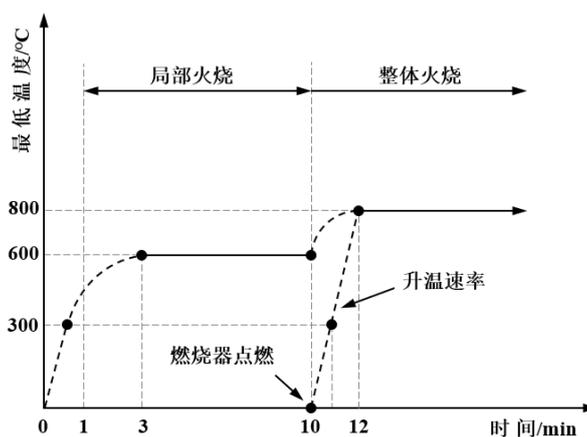
火烧阶段	热电偶温度数据	部位	符号
局部火烧	TBR 或 TBL ^a	底表面	<i>TB</i> _{LOC}
	TMR _F 或 TML _F ^a	前表面	<i>TM</i> _F _{LOC}
	TMR _R 或 TML _R ^a	后表面	<i>TMR</i> _{LOC}
	TUR 或 TUL ^a	顶表面	<i>TU</i> _{LOC}
	TBR25 或 TBL25 ^a	下方	<i>TB</i> _{LOC} 25
整体火烧	TBR、TBC 和 TBL 的平均值	底表面	<i>TB</i> _{ENG}
	TML _F 、TMC _F 和 TMR _F 的平均值	前表面	<i>TM</i> _F _{ENG}
	TML _R 、TMC _R 和 TMR _R 的平均值	后表面	<i>TMR</i> _{ENG}
	TUR、TUC 或 TUL 的平均值	顶表面	<i>TU</i> _{ENG}
	TBR25、TBC25 和 TBL25 的平均值	下方	<i>TB</i> _{ENG} 25

^a 局部火烧时，气瓶各部位温度为局部火源区相应部位热电偶测得的温度。例如，当气瓶右端位于局部火源区时，气瓶

底表面温度 T_{BLoc} 为 TBR 热电偶温度；气瓶前表面温度 T_{MFLoc} 为 TMR F 热电偶温度；气瓶后表面温度 T_{MRLoc} 为 TMR R 热电偶温度；气瓶顶表面温度 T_{ULoc} 为 TUR 热电偶温度；气瓶下方温度 T_{BLoc25} 为 TBR25 热电偶温度。

G.3.6 火烧过程

火烧过程包括局部火烧和整体火烧，如图G.4所示。局部火烧仅局部火源区点火，整体火烧开始时，延伸火源区点火。



图G.4 火烧试验温度图

G.4 预试验

G.4.1 一般要求

在试验装置搭建完毕后，至少应进行一次预试验，以检验试验装置布置、试验参数能否满足预期要求。当试验装置布置、试验参数或受试气瓶尺寸有重大变化时，宜重新进行预试验。

G.4.2 合格指标

气瓶各部位温度应符合表G.2的规定。

表G.2 气瓶各部位温度要求

区域	底表面温度/°C	前表面和后表面温度/°C	顶表面温度/°C
局部火源	$450^{\circ}\text{C} < T_{BLoc} < 750^{\circ}\text{C}$	$T_{M(F,R)Loc} < 750^{\circ}\text{C}$	$T_{ULoc} < 300^{\circ}\text{C}$
整体火源	$T_{BENG} > 600^{\circ}\text{C}$	/	$T_{UENG} > 100^{\circ}\text{C}$ ；当 $T_{UENG} > 750^{\circ}\text{C}$ 时， $T_{UENG} < T_{BENG}$

G.4.3 试验对象

采用气瓶进行预试验。气瓶外直径宜为320 mm，长度应大于或等于受试气瓶。

注：预试验的目的是验证火烧试验温度是否满足表G.2的要求，不需要对气瓶充压。

G.4.4 试验步骤

对气瓶进行预试验，试验步骤如下：

- a) 将气瓶水平放置，其下表面距火源（ 100 ± 5 ）mm，气瓶尾端位于局部火源区。之后按 G.3.5.1

和 G.3.5.2 的规定布置热电偶；

- b) 试验前，按 G.3.1 规定进行防风；
- c) 设置火源燃料流量，依次进行局部火烧和整体火烧。燃料流量设置基于火源的单位面积热释放率 (HRR/A)， HRR/A 按公式 (G.1) 计算。局部火烧时， HRR/A 推荐范围为 $200 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\sim 500 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ；整体火烧时， HRR/A 推荐范围为 $400 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\sim 1000 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ；
- d) 试验时，记录热电偶温度数据，并计算其 60 s 滚动平均值。按 G.3.5.3 的规定确定气瓶对应部位温度。

$$HRR/A = \frac{HQ}{A} \dots\dots\dots (G.1)$$

式中：

HRR/A ——火源的单位面积热释放率，单位为千瓦每平方米 (kW/m^2)；

H ——燃料的低位热值，单位为兆焦每千克 (MJ/kg)；

Q ——燃料流量，单位为克每秒 (g/s)；

A ——火源面积，单位为平方米 (m^2)。

G.4.5 主试验火源最低温度确定

预试验合格后，按公式 (G.2) 计算主试验火源最低温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ：

$$\begin{aligned} T_{\min \text{ LOC25}} &= \min (TB_{\text{LOC25}} - 50, 600) \dots\dots\dots (G.2) \\ T_{\min \text{ ENG25}} &= \min (TB_{\text{ENG25}} - 50, 800) \end{aligned}$$

G.5 主试验

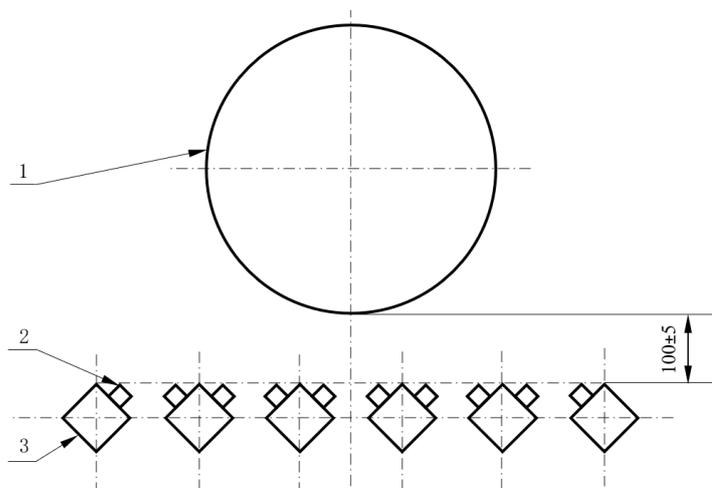
G.5.1 试验步骤

对受试气瓶及其附件进行主试验，试验步骤如下：

- a) 将气瓶水平放置，其下表面距火源 (100 ± 5) mm，气瓶轴线应与火源燃料管的中心线平行（如图 G.5），气瓶局部火烧位置应为气瓶上距 TPRD 最远的区域；
- b) 试验前，用氢气缓慢将气瓶加压到公称工作压力；
- c) 按 G.3.5.1 和 G.3.5.2 中 e) 的规定布置热电偶；
- d) 按经预试验合格的燃料流量，依次进行局部火烧和整体火烧，试验过程中热电偶温度应符合表 G.3 的规定；
- e) 应在 TPRD 打开且气瓶内压力降至 1 MPa 后停止火源燃料供应。

G.5.2 试验结果

记录火烧试验的布置方式、燃料类型及流量、火源 HRR/A 、热电偶温度、气瓶内压力、从点火到 TPRD 打开的时间及从 TPRD 打开到气瓶内压力降至 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应小于或等于 10 s。当试验在室外进行时，应记录风速和风向。



标引序号说明：

1——气瓶；

2——喷嘴；

3——燃料管。

图G.5 气瓶布置示意图

表G.3 主试验各操作阶段温度要求

时间/min	操作	温度
0~1	局部火源点火	/
1~3	稳定局部火源	$T_{B_{LOC25}}$ 的 10 秒滚动平均值 $\geq 300^{\circ}\text{C}$
3~10	稳定局部火源	$T_{B_{LOC25}}$ 的 60 秒滚动平均值 $\geq T_{\min_{LOC25}}$
10~12	延伸火源点火	/
12~结束	稳定整体火源	$T_{B_{ENG25}}$ 的 60 秒滚动平均值 $\geq T_{\min_{ENG25}}$

附录 H

(资料性)

车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶批量检验质量证明书

图 H.1 给出了车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶批量检验质量证明书示例。

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:													
1 主要技术数据													
公称容积/L		气瓶公称外直径/mm		铝内胆设计壁厚/mm									
公称工作压力/MPa		水压试验压力/MPa		气密性试验压力/MPa									
2 材料													
2.1 铝内胆													
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													
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													

图H.1 车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶批量检验质量证明书示例

3 内胆试验

试验内胆号_____

检验项目	拉伸试验			瓶口螺纹		
	抗拉强度/MPa	0.2%非比例延伸强度/MPa	断后伸长率/%	有效螺距数	尺寸	表面粗糙度
规定值						
实测值						
检验项目	压扁试验或冷弯试验 ^a	金相试验	硬度试验	壁厚	制造偏差	内外表面
规定值						
实测值						

注：^a铝内胆冷弯试验和压扁试验选择其中一项执行。

4 水压爆破试验

试验瓶号_____，实测爆破压力_____MPa。

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，气瓶未泄漏或破裂

经检查和试验符合 GB/T 35544-202x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

图 H.1 车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶批量检验质量证明书示例（续）

参 考 文 献

- [1] GB/T 19624 在用含缺陷压力容器安全评定
 - [2] EC79 Regulation (EC) No.79/2009 of the European Parliament and of the Council of 14 January 2009 on Type-approval of Hydrogen-powered Motor Vehicles
 - [3] ECE R134 Regulation No.134 Hydrogen and Fuel Cell Vehicles
 - [4] UN GTR 13 Global Technical Regulation No. 13 on Hydrogen and Fuel Cell Vehicles
-