

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℃)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

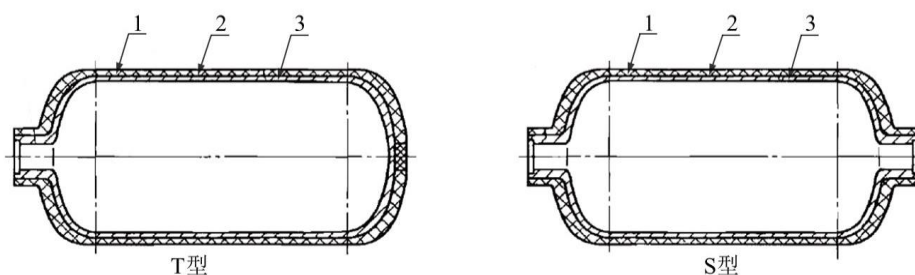
下列符号适用于本文件。

A	室温下铝内胆材料断后伸长率实测值,%;
a_o	铝内胆材料拉伸试样的原始厚度,mm;
b_o	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_o	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_o	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_{ao}	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

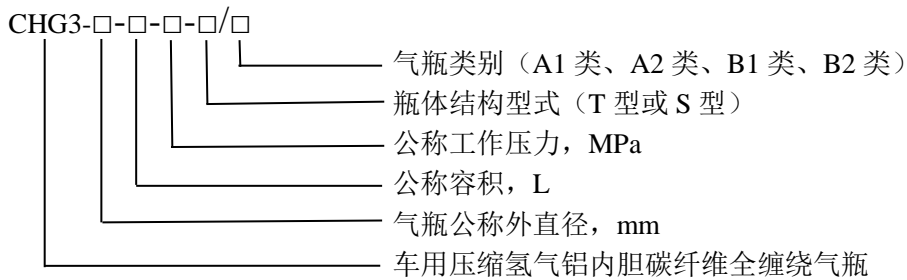
项目	数值	允许偏差 / %
公称容积, V/L	$20 \leq V \leq 120$	$\begin{smallmatrix} +5.0 \\ 0 \end{smallmatrix}$
	$120 < V \leq 450$	$\begin{smallmatrix} +2.5 \\ 0 \end{smallmatrix}$
铝内胆公称外直径, D_o /mm	$\Phi 180 \leq D_o \leq \Phi 660$	± 1

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：



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 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 、 、 的规定，管材应符合 的规定，挤压棒材应符合 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 Φ2 mm 当量平底孔进行，检验方法应符合 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 7999 或 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 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 测定；环氧当量按 测定；玻璃化转变温度按 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 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 进行测试。

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 、 或 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 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 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 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

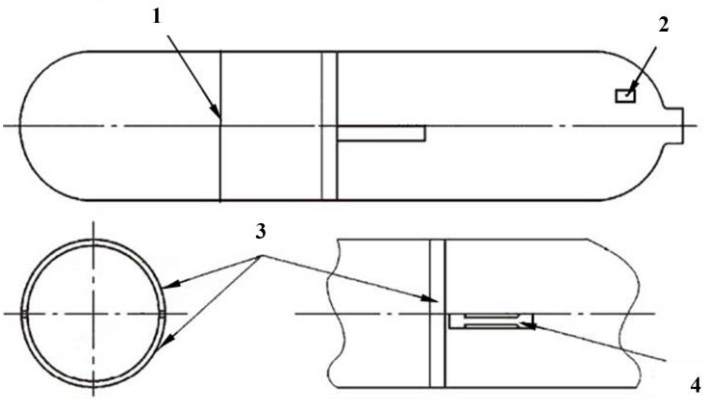
在充足光线下用量规对瓶口螺纹进行目视检查，量规应与瓶口螺纹相匹配，宜用符合 的 标准量规检查；表面粗糙度用粗糙度仪进行检查。

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

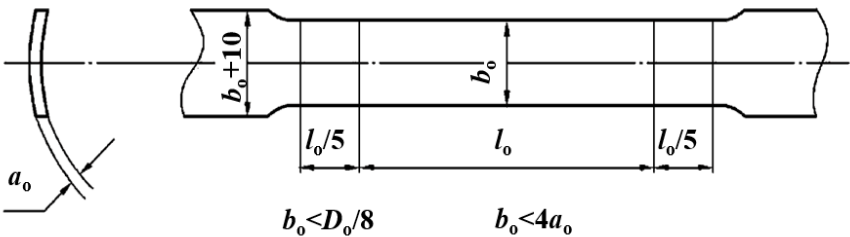


图3 拉伸试样图

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：

- a) 试样应为实物扁试样，如图 3 所示；
- b) 试样制备和拉伸试验方法应按 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 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 规定的方法执行，并同时符合以下要求：

- a) 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；
- b) 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；
- c) 弯心直径应按表 4 选取，试样按图 4 进行弯曲，弯曲角度 180°。

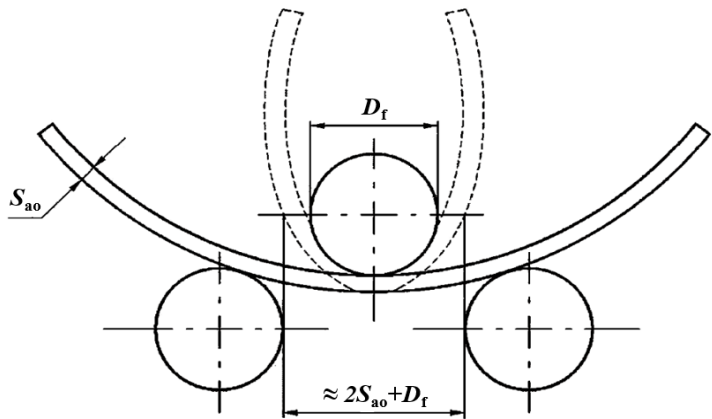


图4 冷弯试验示意图

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 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	$6S_{ao}$	$10S_{ao}$
$325\sim 440$	$7S_{ao}$	$12S_{ao}$
> 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 .1、 或 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 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 的规定进行试验，试验压力 P_h 为1.5倍公称工作压力，保压时间至少30 s。

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）℃。

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 的规定进行试验。试验过程中加压速率同时满足以下要求：

- 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；
- 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 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：

- 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；
- 在此环境中按 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；
- 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：

- 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；
- 在此环境中按 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；
- 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 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

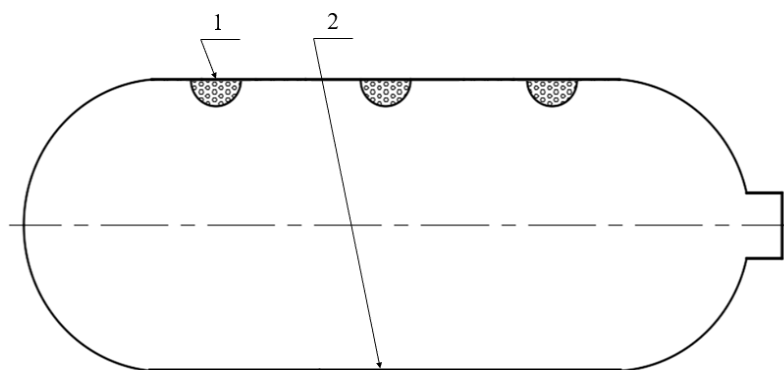
5.7.11.1 合格指标

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个区域可不在一条直线上，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 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

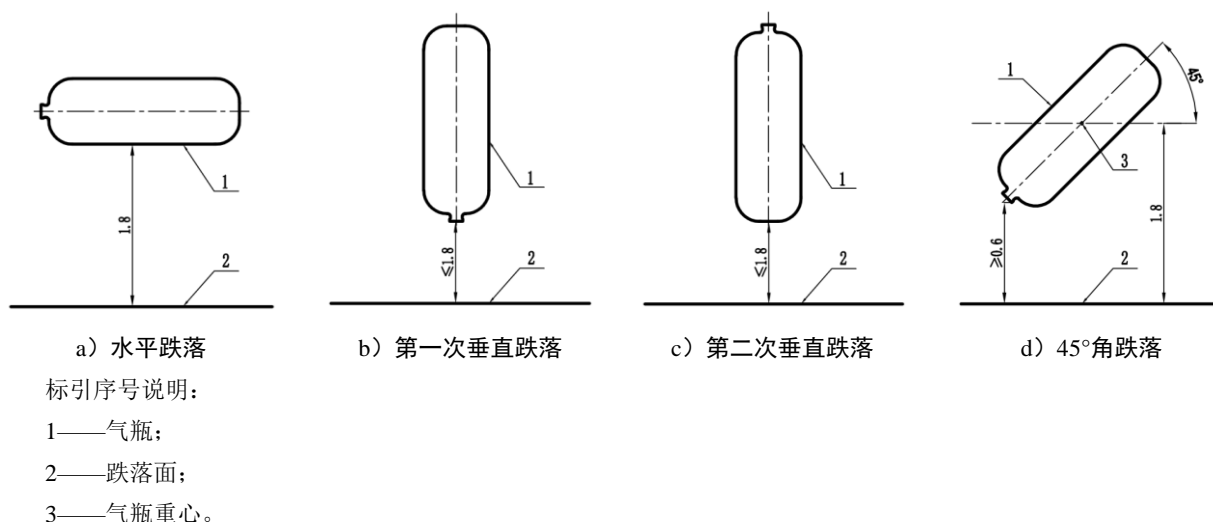


图6 跌落试验示意图

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。

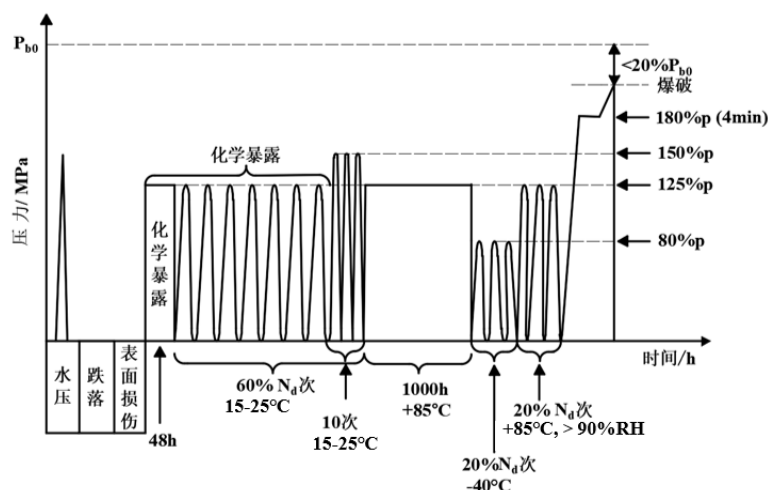


图7 耐久性试验流程图

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 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；
- 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 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 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

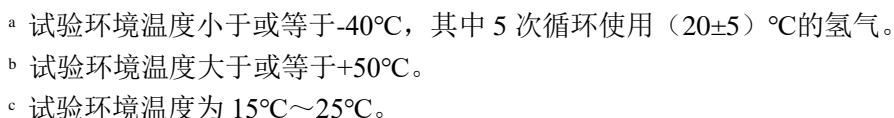
5.7.16.1 合格指标

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 $46 \text{ mL}/(\text{h} \cdot \text{L})$ ，且每个泄漏点的氢气漏率均应小于或等于 $3.6 \text{ mL}/\text{min}$ (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。



- 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℃，应适当降低充氢速率，使气瓶内的温度不超过 85℃；
- 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℃。

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℃~60℃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
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%	√ ^j	√	√	√	—	—	√ ^b	√ ^b	√	—	—	—	√	—	√ ^d	√	—
	>20%	√ ^j	√	√	√	—	—	√	√	√	—	—	—	√	√ ^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。																			
<div>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。</div> <div>b 仅要求采用1只气瓶进行试验。</div> <div>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)。</div> <div>d 仅在筒体长度小于直径或直径减小时进行试验。</div> <div>e 仅在内胆直径或气瓶长度增加时进行试验。</div> <div>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。</div> <div>g 指作为设计部分的保护层。</div> <div>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性变化。</div> <div>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。</div> <div>j 仅进行内胆型式试验项目中壁厚、制造偏差和内外表面。</div> <div>k 仅进行内胆型式试验项目中瓶口螺纹。</div>																			

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	$\geq 1.25 \text{ mm}$	0.5	mm
		裂纹 1 长度	$\geq 25 \text{ mm}$	1	mm
		裂纹 2 深度	$\geq 0.75 \text{ mm}$	0.5	mm
		裂纹 2 长度	$\geq 200 \text{ mm}$	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	$\geq 30 \text{ J}$	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	$\geq 48 \text{ h}$	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
		气瓶与竖直方向成 45°角跌落高度	1.8 m	-0.04	m
		气瓶与竖直方向成 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	°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	°C
			$\leq -40^{\circ}\text{C}$	-10	°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

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/216200121155010155>