

中华人民共和国国家标准

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

2017-12-29 发布

2018-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义及符号	2
4 型式、参数、分类和型号	3
5 技术要求	5
6 试验方法和合格指标	8
7 检验规则	21
8 标记、包装、运输和储存	25
9 产品合格证和批量检验质量证明书	25
附录 A (资料性附录) 铝内胆最大允许缺陷尺寸确定方法	27
附录 B (规范性附录) 温度驱动安全泄压装置和阀门型式试验方法与合格指标	28
参考文献	39

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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：浙江大学、大连市锅炉压力容器检验研究院、中国特种设备检测研究院、沈阳斯林达安科新技术有限公司、北京天海工业有限公司、北京科泰克科技有限责任公司、中材科技(成都)有限公司、中国标准化研究院、北京海德利森科技有限公司、上海市特种设备监督检验技术研究院、张家港富瑞氢能装备有限公司。

本标准主要起草人：郑津洋、胡军、黄强华、黄改、姜将、孙冬生、张保国、杨明高、王赓、花争立、韩冰、刘岩、韩武林、孙黎、葛安泉。

车用压缩氢气铝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铝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、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、公称水容积不大于 450 L、贮存介质为压缩氢气、工作温度不低於-40℃且不高于 85℃、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等供氢用气瓶可参照本标准进行制造及检验。

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 1458 纤维缠绕增强塑料环形试样力学性能试验方法
- 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 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 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 7762—2014 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐臭氧龟裂 静态拉伸试验
- 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 11640 铝合金无缝气瓶
- GB/T 12137 气瓶气密性试验方法

- GB/T 13005 气瓶术语
- GB/T 15385 气瓶水压爆破试验方法
- 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 26749 碳纤维 浸胶纱拉伸性能的测定
- GB/T 30019 碳纤维 密度的测定
- GB/T 33215 气瓶安全泄压装置
- YS/T 67 变形铝及铝合金圆铸锭

3 术语和定义及符号

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

在外表面缠绕碳纤维增强层,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

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,使气瓶的环向和轴向都得到增强的缠绕方式。

3.1.3

全缠绕气瓶 fully-wrapped cylinder

在铝内胆外表面全缠绕碳纤维增强层,经加温固化成型的气瓶。

3.1.4

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。

3.1.5

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。

3.1.6

自紧压力 autofrettage pressure

自紧时施加在气瓶内的最高压力(表压)。

3.1.7

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。

3.1.8

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。

3.1.9

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。

3.1.10

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。

3.1.11

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。

3.2 符号

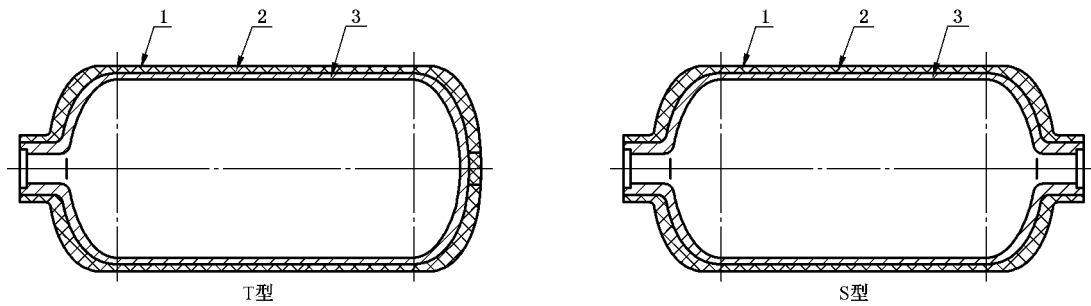
下列符号适用于本文件。

- 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 —— 气瓶公称水容积, L。

4 型式、参数、分类和型号

4.1 型式

气瓶的瓶体结构应符合图 1 所示的型式,其中 T 型为凸形底结构,S 型为两端收口结构。



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 气瓶公称工作压力一般应为 25 MPa、35 MPa、50 MPa 或 70 MPa。
- 4.2.2 气瓶公称水容积和铝内胆公称外直径一般应符合表 1 的规定。

表 1 气瓶公称水容积和铝内胆公称外直径

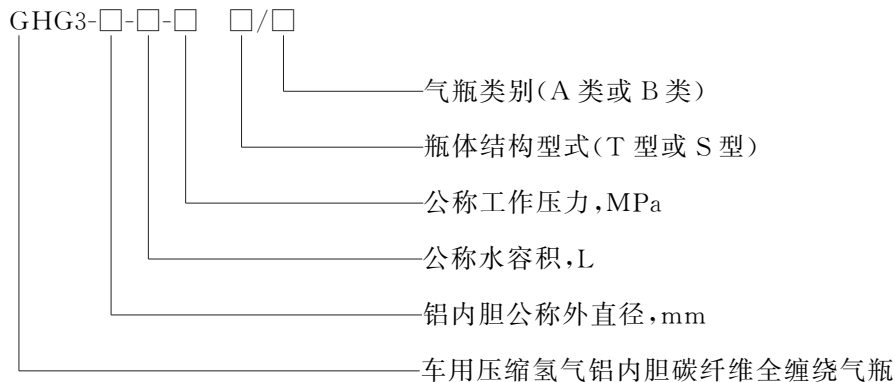
项目	数值	允许偏差/%
公称水容积(V)/L	≤120	+5 0
	120~450	+2.5 0
铝内胆公称外直径(D ₀)/mm	φ180~φ660	±1

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小于或者等于 35 MPa 的气瓶；B 类气瓶为公称工作压力大于 35 MPa 的气瓶。

4.4 型号

气瓶型号标记应由以下部分组成:



示例:铝内胆公称外直径为 356 mm、公称水容积为 120 L、公称工作压力为 35 MPa、结构型式为 S 型的 A 类车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶,其型号标记为:CHG3-356-120-35 S/A。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 公称水容积

A类气瓶的公称水容积不大于450 L;B类气瓶的公称水容积不大于230 L。

5.1.2 设计循环次数

A类气瓶的设计循环次数 N_d 为11 000次;B类气瓶的设计循环次数 N_d 为7 500次。

5.1.3 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。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。

5.1.4 许用压力

在充装和使用过程中,气瓶的许用压力 p_m 为公称工作压力 p 的1.25倍。

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 $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 且不高于 $85\text{ }^\circ\text{C}$ 。

5.1.6 氢气品质

充装气瓶的压缩氢气成分应符合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。

5.2 材料

5.2.1 一般要求

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。

5.2.2 铝内胆

5.2.2.1 内胆应采用6061铝合金,其化学成分应符合表2的规定。

表 2 6061 铝合金化学成分

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罐号根据 GB/T 7999 或 GB/T 20975 进行化学成分复验。

5.2.3 树脂

5.2.3.1 浸渍材料应采用环氧树脂或改性环氧树脂等耐热性高且稳定性好的热固性树脂。树脂的环氧当量测定应按 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 °C。

5.2.3.2 浸渍材料的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。

5.2.4 纤维

5.2.4.1 碳纤维

5.2.4.1.1 承载纤维应采用连续无捻碳纤维,不准许采用混合纤维。

注:当采用碳纤维作为承载纤维,用玻璃纤维作为防电偶腐蚀层或外表面保护层时,不认为是混合纤维。

5.2.4.1.2 每批碳纤维的力学性能应符合气瓶设计文件的规定。

5.2.4.1.3 气瓶制造单位应对碳纤维材料按批进行复验。纤维线密度(公制号数)应按 GB/T 3362 或 GB/T 30019 测定;纤维浸胶拉伸强度应按 GB/T 3362 或 GB/T 26749 测定。

5.2.4.2 玻璃纤维

5.2.4.2.1 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。

5.2.4.2.2 玻璃纤维只允许用作气瓶外表面保护层或防电偶腐蚀层。

5.2.4.2.3 采用 GB/T 7690.3 规定的方法,按批对玻璃纤维力学性能进行复验。

5.3 设计

5.3.1 铝内胆

5.3.1.1 铝内胆端部应采用凸形结构。

5.3.1.2 铝内胆端部应采用渐变厚度设计,筒体与端部应圆滑过渡。

5.3.1.3 铝内胆最小设计壁厚应通过应力分析验证。

5.3.1.4 气瓶瓶口应开在气瓶端部,且应与铝内胆同轴。

5.3.1.5 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。

5.3.1.6 瓶口螺纹应采用直螺纹,螺纹长度应大于气瓶阀门螺纹的有效长度,且应符合 GB/T 192、

GB/T 196、GB/T 197 或 GB/T 20668 的规定。

5.3.1.7 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,铝合金剪切强度取 0.6 倍的材料抗拉强度保证值。

5.3.2 气瓶

5.3.2.1 气瓶水压试验压力应不低于 1.5 倍公称工作压力。

5.3.2.2 纤维应力比应不低于 2.25。

5.3.2.3 气瓶最小爆破压力应不低于 2.25 倍公称工作压力。

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 6.2.11 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 应力分析

采用有限单元法,建立合适的气瓶分析模型,计算气瓶在自紧压力、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爆破压力下,铝内胆和缠绕层中的应力和应变。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。

5.3.4 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 A。

5.4 制造

5.4.1 一般要求

5.4.1.1 气瓶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,铝内胆成品和气瓶成品均以不大于 200 只加上破坏性试验用铝内胆或气瓶的数量为一个批。

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。

5.4.4 纤维缠绕

5.4.4.1 缠绕碳纤维前,铝内胆内外表面应清理干净,不得有金属碎屑等杂物,且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。固化温度不得对铝内胆力学性能产生影响。

5.4.4.3 水压试验前应按规定的自紧压力进行自紧处理,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 气瓶应当设置温度驱动安全泄压装置(TPRD)和截止阀。TPRD应采用易熔合金塞或其他合适的结构型式,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,其他结构型式的 TPRD 应满足相应标准的要求。

5.5.3 气瓶设置其他火烧保护装置时,装置不得影响气瓶的受力状态和 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附录 B 的规定。

6 试验方法和合格指标

6.1 铝内胆

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

铝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得超过公称外直径的 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) 筒体直线度不得超过筒体长度的 3‰。

6.1.2 内外表面

6.1.2.1 试验方法

目测检查外表面,用内窥镜或内窥镜镜检查内表面。

6.1.2.2 合格指标

铝内胆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,且壁厚不小于最小设计壁厚。

6.1.3 瓶口螺纹

6.1.3.1 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。

6.1.3.2 合格指标

瓶口螺纹应符合以下要求:

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

6.1.4 铝内胆热处理后的性能测量

6.1.4.1 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；
- a) 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。

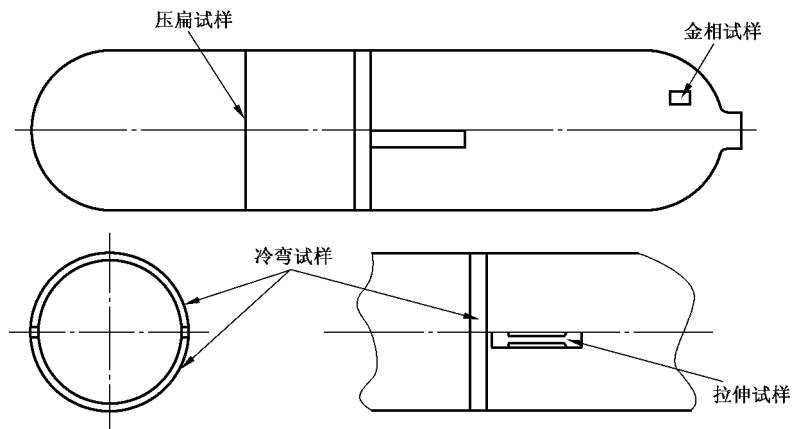


图 2 取样部位图

6.1.4.2 拉伸试验

6.1.4.2.1 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 GB/T 228.1 的规定执行。

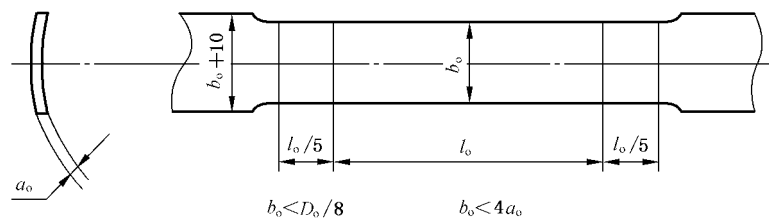


图 3 拉伸试样图

6.1.4.2.2 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%。

6.1.4.3 金相试验

6.1.4.3.1 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。

6.1.4.3.2 合格指标

无过烧组织。

6.1.4.4 冷弯试验

6.1.4.4.1 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:

- 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 的值应不大于 $12.5 \mu\text{m}$,圆角半径应不大于 2 mm;
- c) 弯心直径应按表 3 选取,试样按图 4 进行弯曲,弯曲角度 180° 。

表 3 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	$6S_{a0}$	$10S_{a0}$
$325 \sim 440$	$7S_{a0}$	$12S_{a0}$
> 440	$8S_{a0}$	$15S_{a0}$

6.1.4.4.2 合格指标

目测试样无裂纹。

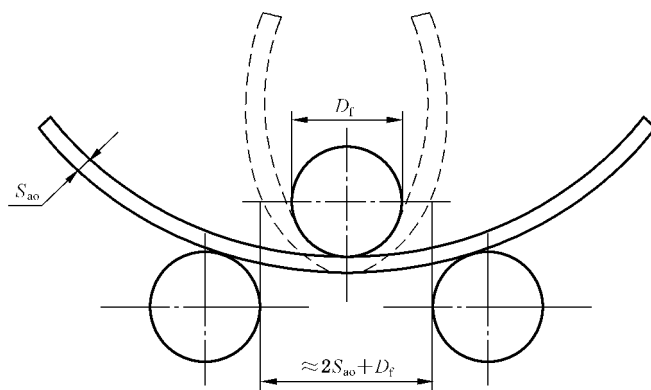


图 4 冷弯试验示意图

6.1.4.5 压扁试验

6.1.4.5.1 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 3 规定间距 H 。

6.1.4.5.2 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。

6.1.5 硬度试验

6.1.5.1 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。

6.1.5.2 合格指标

硬度值不得超出设计制造单位规定的范围。

6.1.6 无损检测

6.1.6.1 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。

6.1.6.2 合格指标

铝内胆最大缺陷尺寸应小于 5.3.4 规定的最大允许缺陷尺寸。

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值应不低于 13.8 MPa。

6.2.1.2 拉伸试验

6.2.1.2.1 试验方法

按 GB/T 3362 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,并按 GB/T 3362 规定的试验方法进行试验。

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 规定的外测法进行水压试验,试验压力 p_h 为 $1.5p$ 。

6.2.3.2 合格指标

在试验压力下保压至少 30 s,压力不应下降,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,且泄压后容积残余变形率不大于 5%。

6.2.4 气密性试验

6.2.4.1 试验方法

在水压试验合格后,按 GB/T 12137 规定的试验方法采用氮气进行气密性试验,试验压力为 p 。

6.2.4.2 合格指标

在试验压力下保压至少 1 min,瓶体、瓶阀和瓶体瓶阀连接处均不应泄漏。因装配引起的泄漏,允许返修后重做试验。

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,并同时满足以下要求:

- a) 试验介质应为非腐蚀性液体;
- b) 当试验压力大于 $1.5p$ 时,升压速率应小于 1.4 MPa/s 。若升压速率小于或者等于 0.35 MPa/s ,加压直至爆破;若升压速率大于 0.35 MPa/s 且小于 1.4 MPa/s ,如果气瓶处于压力源和测压装置之间,则加压直至爆破,否则应在达到最小爆破压力后保压至少 5 s 后,继续加压直至爆破。

6.2.5.2 合格指标

爆破起始位置应在气瓶筒体部位。对于 A 类气瓶,实测爆破压力应大于或者等于 $p_{b\min}$;对于 B 类气瓶,实测爆破压力应在 $0.9p_{b0} \sim 1.1p_{b0}$ 内,且大于或者等于 $p_{b\min}$ 。气瓶爆破压力期望值 p_{b0} 应由制造单位提供数值及依据(含实测值及其统计分析)。

6.2.6 常温压力循环试验

6.2.6.1 试验方法

试验介质应是非腐蚀性液体,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) 试验前,在规定的环境温度和相对湿度条件下,气瓶温度应达到稳定;试验过程中,监测环境、液体和气瓶表面的温度并维持在规定值;
- b) 循环压力下限应为 $(2 \pm 1) \text{ MPa}$,上限应不低于 $1.25p$;
- c) 压力循环频率应不超过 6 次/min。

6.2.6.2 合格指标

在设计循环次数 N_d 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。

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压装置,火源应处于安全泄压装置间的中心位置;
- 试验前,用氢气或空气缓慢将气瓶加压至公称工作压力 p ;
- 火源为液化石油气(LPG)、天然气或者煤油燃烧器,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 ± 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 个设置在其他区域)。设置在其他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 ± 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 5 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,但也不得高于 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,但不得高于 1 100 °C。热电偶指示温度应满足表 4 的规定。

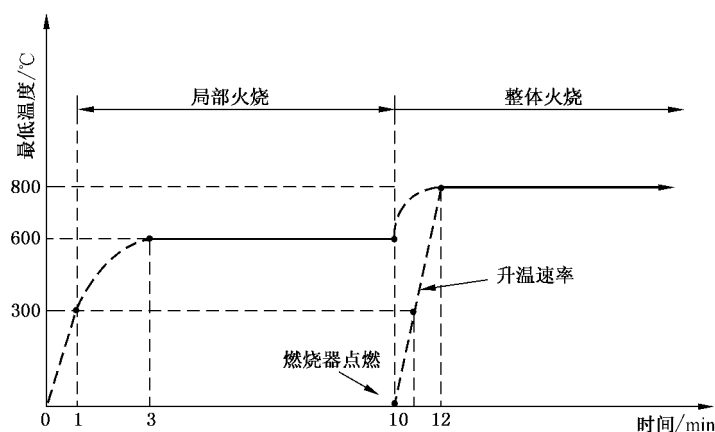


图 5 火烧试验过程最低温度要求

表 4 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/℃	最高温度/℃	最低温度/℃	最高温度/℃
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

6.2.7.2 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,气瓶内气体应通过安全泄压装置及时泄放,泄放过程应连续,气瓶不得发生爆破。

6.2.8 极限温度压力循环试验

6.2.8.1 试验方法

6.2.8.1.1 高温压力循环试验

试验步骤如下:

- 将零压力下的气瓶置于温度不低于 85 ℃、相对湿度不低于 95% 的环境中 48 h;
- 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 ± 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/min,压力循环次数为 4 000 次;
- 试验过程中应保证气瓶表面与试验介质温度均达到规定值。

6.2.8.1.2 低温压力循环试验

试验步骤如下:

- 将零压力的气瓶置于温度不高于 -40 ℃ 环境中直至纤维缠绕层外表面温度不高于 -40 ℃;
- 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 ± 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/min,压力循环次数为 4 000 次;
- 试验过程中应保证气瓶表面与试验介质温度均达到规定值。

6.2.8.1.3 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。

6.2.8.2 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 $1.8p$ 。

6.2.9 加速应力破裂试验

6.2.9.1 试验方法

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

6.2.9.2 合格指标

爆破压力不得低于 $1.8p$ 。

6.2.10 裂纹容限试验

6.2.10.1 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 $(2\pm 1)\text{ MPa}$,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/min ;
 - 3) 循环次数为设计循环次数 N_d 。

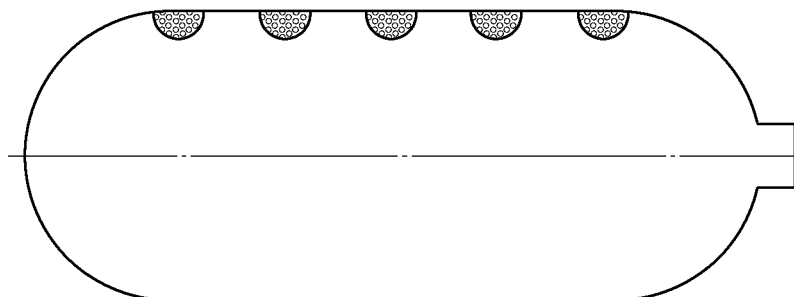
6.2.10.2 合格指标

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。

6.2.11 环境试验

6.2.11.1 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 6 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。



说明:

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,应能耐暴露区域的所处环境。

图 6 气瓶取向和暴露区域图

6.2.11.2 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。摆锤撞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。

6.2.11.3 暴露用环境液体

在 5 个经预处理的区域上面,分别放置厚 0.5 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)。

6.2.11.4 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 ± 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。

6.2.11.5 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。

6.2.11.6 水压爆破试验

按 6.2.5.1 规定进行水压爆破试验。

6.2.11.7 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 $1.8p$ 。

6.2.12 跌落试验

6.2.12.1 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° 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。试验过程如图 7 所示。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,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 。

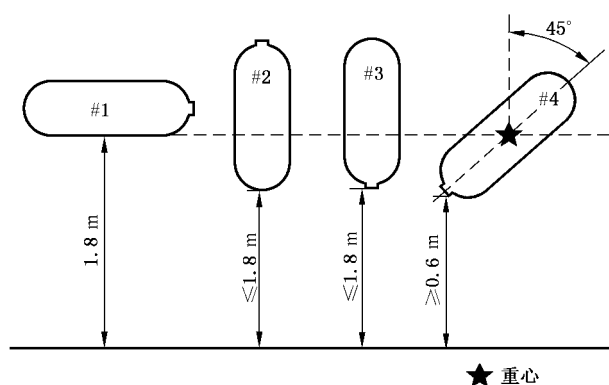


图7 跌落方向

6.2.12.2 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。

6.2.13 氢气循环试验

6.2.13.1 试验方法

氢气循环试验应同时满足以下要求:

- 循环压力的下限应为 (2 ± 1) MPa, 上限应不低于 $1.25p$;
- 充氢速率不得大于 60 g/s, 充氢过程中气瓶温度不得高于 85 °C;
- 放氢速率应大于或者等于实际使用时气瓶最大放氢速率, 放氢过程气瓶温度不得低于 -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。

6.2.13.2 合格指标

瓶体、瓶阀和瓶体瓶阀连接处均不得泄漏。

6.2.14 枪击试验

6.2.14.1 试验方法

试验步骤如下:

- 采用氢气、氮气或氦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 kg~9.75 kg 的锥形钢制子弹(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。

6.2.14.2 合格指标

气瓶不得发生破裂。

6.2.15 耐久性试验

在 6.2.6 规定的常温压力循环试验中,如果 3 只气瓶的实测循环次数均大于 11 000 次,或 3 只气瓶的实测循环次数最大值与最小值之比小于或者等于 1.25,则仅随机抽取 1 只气瓶按图 8 进行耐久性试验,否则,应抽取 3 只气瓶按图 8 进行耐久性试验。

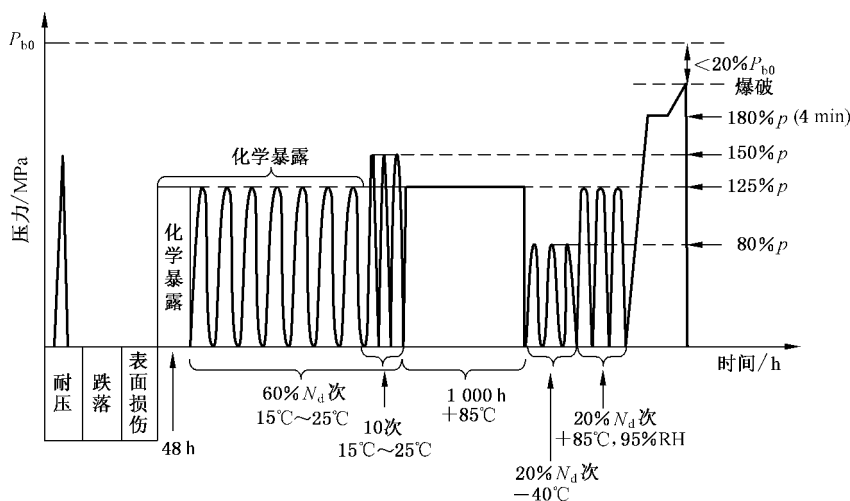


图 8 耐久性试验

6.2.15.1 耐压试验

按 6.2.3.1 的规定进行耐压试验。试验介质为非腐蚀性液体,试验时应将气瓶缓慢加压至 $1.5p$ 并保压 30 s。制造单位已做过耐压试验的气瓶可不进行此项试验。

6.2.15.2 跌落试验

气瓶应按 6.2.12.1 规定进行跌落试验,之后按照 6.2.6 的规定进行常温压力循环试验。跌落试验可采用单只或者 3 只气瓶。采用单只气瓶时,跌落试验合格后进行 6.2.15 规定的后续试验;采用 3 只气瓶时,按以下方法确定后续试验用气瓶:

- 若每只气瓶均能达到常温压力循环试验的要求,则采用进行 45° 角跌落的气瓶;
- 若有气瓶不能满足常温压力循环试验的要求,则应先确定压力循环次数最小的跌落方向,再用新气瓶进行该方向的跌落试验,常温压力循环试验合格后再进行后续试验。

6.2.15.3 裂纹容限试验

试验步骤如下:

- 先按 6.2.10.1 中 a) 规定对气瓶进行裂纹制备;
- 将气瓶在 -40°C 环境中静置 12 h;
- 按 6.2.11.1 和 6.2.11.2 规定对各区域的中心进行摆锤冲击。

6.2.15.4 环境试验

试验步骤如下:

- 按照 6.2.11.3 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 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

- b) 在循环压力下限为 (2 ± 1) MPa、上限不低于 $1.25p$ 、环境温度为 (20 ± 5) ℃条件下对气瓶进行压力循环,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 $1.5p$,移走玻璃棉衬垫并用清水冲洗气瓶表面。

6.2.15.5 加速应力破裂试验

在温度大于或者等于 85 ℃的环境中将气瓶加压至 $1.25p$,并保压 $1\ 000$ h。试验过程中应保持试验箱和非腐蚀性试验介质的温度维持在规定温度,允许温度偏差为 ± 5 ℃。

6.2.15.6 极限温度压力循环试验

先将气瓶置于温度小于或者等于 -40 ℃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,循环次数为 $0.2N_d$;再将气瓶置于温度大于或者等于 85 ℃、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 $0.2N_d$,试验方法见6.2.6.1。

6.2.15.7 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。

6.2.15.8 剩余强度液压爆破试验

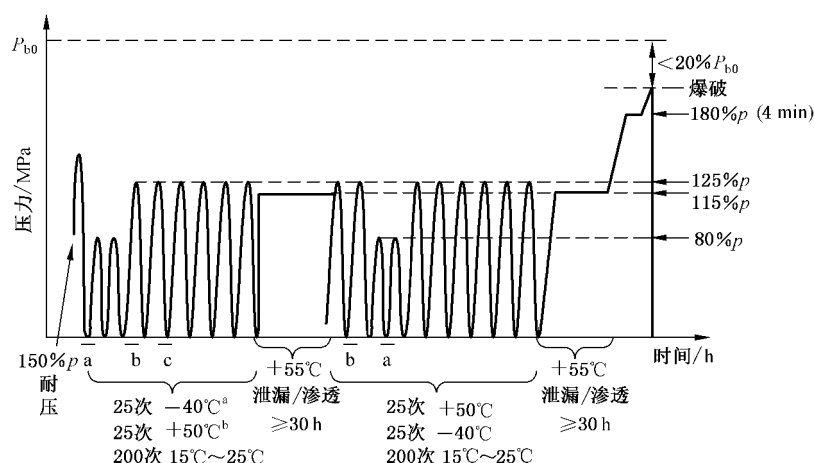
气瓶应按6.2.5.1规定进行水压爆破试验。

6.2.15.9 合格指标

按6.2.15规定进行耐压试验、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 $0.8p_{b0}$ 。

6.2.16 使用性能试验

按图9对气瓶及其附件进行使用性能试验。



^a 试验环境温度小于或者等于 -40 ℃,其中5次循环使用 (20 ± 5) ℃的氢气,5次循环使用小于或者等于 -35 ℃的氢气。

^b 试验环境温度大于或者等于 $+50$ ℃,其中5次循环使用小于或者等于 -35 ℃的氢气。

^c 试验环境温度为 15 ℃~ 25 ℃。

图9 使用性能试验图示

6.2.16.1 耐压试验

按 6.2.3.1 规定进行耐压试验,将气瓶加压至 $1.5p$ 并保压 30 s。制造单位已做过耐压试验的气瓶可不进行此项试验。

6.2.16.2 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 9 和表 5 所示。每组气压循环试验后应按 6.2.16.3 的规定进行极限温度下气压泄漏/渗透试验。试验应同时满足以下要求:

- a) 试验前,将气瓶在规定的温度、相对湿度环境中至少静置 24 h;
- b) 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限温度,在试验时可使用该装置;
- c) 循环压力的下限为 (2 ± 1) MPa,上限为规定的压力(允许偏差为 ± 1 MPa)。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;
- d) 应在 3min 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高于 85 °C,则应适当降低充氢速率;
- e) 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 5 常温和极限温度下气压循环试验

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 ^a /°C	最大压力	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	20 ± 5	$1.25p$	
第二组 (250 次)	25	≤ -40	≥ 50	$1.25p$	95
	25	≤ -40	≤ -40	$0.8p$	
	200	≤ -40	20 ± 5	$1.25p$	

^a 气瓶及其附件都达到环境温度后方可进行气压循环试验。

6.2.16.3 极限温度下气压泄漏/渗透试验

极限温度下气压泄漏/渗透试验应在 6.2.16.2 中每组气压循环试验之后进行。试验步骤如下:

- a) 气体泄漏试验步骤如下:
 - 1) 用氢气将气瓶及其附件加压至 $1.15p$;
 - 2) 将气瓶及其附件置于温度大于或者等于 55 °C 的密闭容器内保压,保压时间应取泄漏稳定所需时间与 30 h 中的较大值。测量稳态时的泄漏速率,最大允许氢气泄漏速率应为 46 mL/(h·L)。
- b) 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应不超过 3.6 NmL/min (0.005 mg/s)。局部泄漏试验方法应采用气泡法,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) 将气瓶及其附件浸没在专用检漏液中或在室外将气瓶及其附件涂上专用检漏液;
- 3) 根据气泡尺寸和气泡形成速率评估氢气泄漏程度。局部泄漏速率不得大于 0.005 mg/s。当气泡直径为 1.5 mm 时,允许的气泡生成速率为 2 030 个/min;当气泡直径为 6 mm 时,允许的气泡生成速率为 32 个/min。

6.2.16.4 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。

6.2.16.5 剩余强度液压爆破试验

应按 6.2.5.1 规定进行液压爆破试验。

6.2.16.6 合格指标

按 6.2.16 规定进行耐压试验、常温和极限温度气压循环试验、极限温度气压泄漏/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

铝内胆和气瓶均应按表 6 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

铝内胆和气瓶均应按表 6 规定的项目进行批量检验。

7.1.2.2 抽样规则

7.1.2.2.1 铝内胆

从每批铝内胆中随机抽取 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。

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。A 类气瓶常

温压力循环试验的压力循环总次数应大于或者等于 11 000 次, B 类气瓶常温压力循环试验的压力循环总次数应大于或者等于 7 500 次。

如果批量检验时有不合格项目, 允许再随机抽取 5 只气瓶进行该项试验。5 只气瓶全部通过试验, 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 6 规定项目进行型式试验。

7.2.2 用于型式试验的同批气瓶, 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; 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) 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; 耐久性试验 1 只或 3 只; 使用性能试验 1 只。

7.2.3 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。

7.3 设计变更

7.3.1 设计变更允许减少型式试验项目。设计变更除应按表 6 规定项目进行逐只检验和批量检验外, 还应按表 7 规定的项目重新进行型式试验。

7.3.2 当气瓶使用新纤维材料或新树脂材料, 公称工作压力变化 $\leq 20\%$, 内胆壁厚减薄, 外直径、长度或端部结构发生变化时, 均应重新进行应力分析。

7.3.3 碳纤维符合下列条件之一时应认为是新纤维材料:

- a) 纤维由不同原始材料(初始材料)制造, 如: 聚丙烯腈纤维或沥青纤维;
- b) 纤维制造单位规定的公称纤维模量超过设计原型规定的 $\pm 5\%$;
- c) 纤维制造单位规定的公称纤维强度超过设计原型规定的 $\pm 5\%$ 。

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 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
铝 内 胆	壁厚	√		√	6.1.1
	制造公差	√		√	6.1.1
	内外表面	√		√	6.1.2
	瓶口螺纹	√		√	6.1.3
	拉伸试验		√	√	6.1.4.2
	金相试验		√	√	6.1.4.3
	冷弯试验或压扁试验 ^a		√	√	6.1.4.4 或 6.1.4.5
	硬度试验	√		√	6.1.5
	无损检测 ^b	√		√	6.1.6

表 6 (续)

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	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
		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
	A类	火烧试验			√	6.2.7
		极限温度压力循环试验			√	6.2.8
		加速应力破裂试验			√	6.2.9
		裂纹容限试验			√	6.2.10
		环境试验			√	6.2.11
		跌落试验			√	6.2.12
		氢气循环试验			√	6.2.13
	B类	枪击试验			√	6.2.14
		耐久性试验			√	6.2.15
				√	6.2.16	
^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。						

表 7 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	
	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	√	√	√	√		√	√			√		√	√	
新纤维材料	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
等效纤维材料	√	√	√	√										

表 7 (续)

设计变更	试验项目													
	A类和B类					A类							B类	
	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	裂纹容忍试验	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
新树脂材料	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
等效树脂材料	√	√	√	√										
内胆外直径变化≤20%			√	√	√					√		√	√	
内胆外直径变化>20%			√	√	√	√				√		√	√	
长度变化≤50%			√	√	√ ^a							√		
长度变化>50%			√	√	√ ^a	√				√			√	
公称工作压力变化≤20% ^b			√	√										
内胆壁厚减薄			√	√						√			√	
内胆成型工艺			√	√										
端部结构			√	√										
瓶口螺纹			√	√										
保护层 ^c									√			√	√	
温度驱动安全泄压装置					√									

^a 仅在长度增加时要求进行试验；
^b 仅适用于壁厚变化与压力变化成比例时；
^c 指作为设计部分的保护层。

8 标记、包装、运输和储存

8.1 标记

8.1.1 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。

8.1.2 气瓶制造标签的字高应不小于 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) 气瓶类别(A类、B类);
- f) 公称工作压力,MPa;
- g) 水压试验压力,MPa;
- h) 充装介质名称或化学分子式;
- i) 气瓶公称水容积,L;
- j) 设计使用年限,年;
- k) 气瓶的制造年月;
- l) 设计循环次数,次;
- m) 水压试验极限弹性膨胀量,L;
- n) 监督检验标记。

8.2 包装

8.2.1 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。

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

气瓶应分类存放整齐。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 出厂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) 产品标准号;
- e) 气瓶类别(A类、B类);
- 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) 实测水容积,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) 阀门制造单位名称和制造许可证编号(带阀门出厂时);
- u) 阀门装配扭矩。

9.1.3 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。

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,应包括本标准规定的批量检验项目。

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

(资料性附录)

铝内胆最大允许缺陷尺寸确定方法

A.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。

A.2 铝内胆最大允许缺陷尺寸确定方法

气瓶铝内胆最大允许缺陷尺寸可以按照以下任一方法确认。

A.2.1 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 6.2.6 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者等于预制裂纹尺寸。

A.2.2 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者等于设计循环次数;
- 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 B

(规范性附录)

温度驱动安全泄压装置和阀门型式试验方法与合格指标

B.1 总则

本附录规定了温度驱动安全泄压装置(TPRD)、单向阀、手动/自动截止阀型式试验方法与合格指标。

B.2 型式试验项目

型式试验包括 TPRD 试验、单向阀和手动/自动截止阀试验以及非金属密封件试验,详见表 B.1。型式试验试件数量及试验顺序见图 B.1 和 B.2。

表 B.1 型式试验项目一览表

对象	试验项目	试验方法及合格指标
温度驱动安全泄压装置(TPRD)	氢循环试验	B.3.1.1
	加速寿命试验	B.3.1.2
	温度循环试验	B.3.1.3
	耐盐雾腐蚀性试验	B.3.1.4
	耐冷凝腐蚀性试验	B.3.1.5
	耐应力腐蚀试验(仅限铜合金部件)	B.3.1.6
	跌落试验	B.3.1.7
	耐振性试验	B.3.1.8
	泄漏试验	B.3.1.9
	动作试验	B.3.1.10
	流量试验	B.3.1.11
单向阀和截止阀	耐压性试验	B.3.2.1
	泄漏试验	B.3.2.2
	极限温度压力循环试验	B.3.2.3
	耐盐雾腐蚀性试验	B.3.2.4
	耐冷凝腐蚀性试验	B.3.2.5
	电气试验	B.3.2.6
	耐振性试验	B.3.2.7
	应力腐蚀开裂试验	B.3.2.8
预冷氢气暴露试验(仅限 B 类气瓶)	B.3.2.9	
非金属密封件	耐氧化性试验	B.3.3.1
	臭氧相容性试验	B.3.3.2
	氢气相容性试验	B.3.3.3

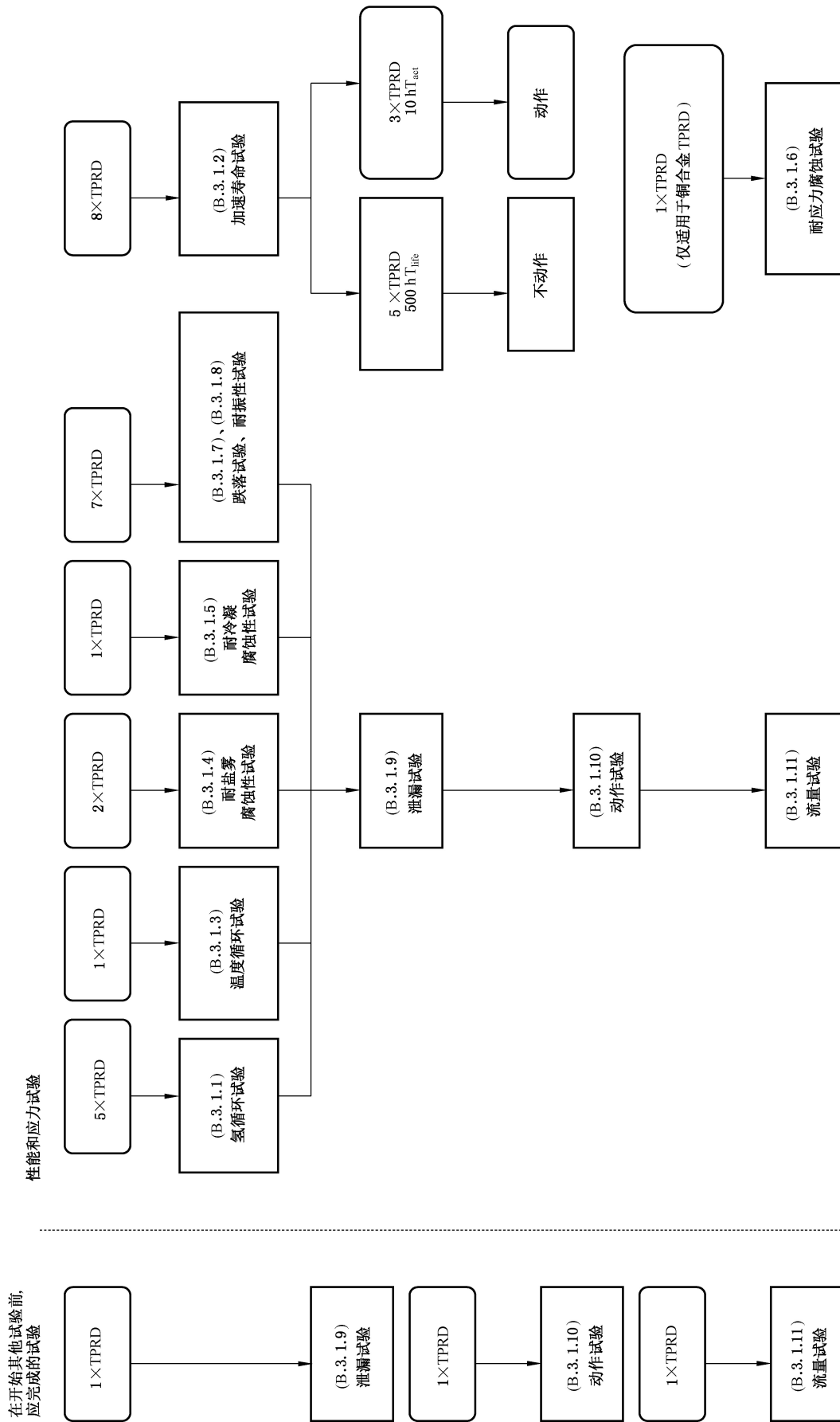


图 B.1 温度驱动安全泄压装置(TPRD)型式试验试样数量和试验顺序

B.3 型式试验方法与合格指标

B.3.1 TPRD 试验方法与合格指标

B.3.1.1 氢循环试验

B.3.1.1.1 试验方法

采用氢气对 5 个 TPRD 进行 11 000 次压力循环,循环频率应不超过 10 次/min,试验要求如表 B.2 所示。

表 B.2 氢循环试验要求

循环压力	循环次数/次	试验温度/℃
$(2 \pm 1) \text{MPa} \sim 1.5p (\pm 1 \text{MPa})$	5	85
$(2 \pm 1) \text{MPa} \sim 1.25p (\pm 1 \text{MPa})$	1 495	85
$(2 \pm 1) \text{MPa} \sim 1.25p (\pm 1 \text{MPa})$	9 500	55 ± 5

B.3.1.1.2 合格指标

循环试验后,TPRD 应符合 B.3.1.9 泄漏试验、B.3.1.10 动作试验和 B.3.1.11 流量试验的规定。

B.3.1.2 加速寿命试验

B.3.1.2.1 试验方法

试验步骤如下:

- 对 8 个 TPRD 进行此项试验,其中 3 个 TPRD 的试验温度为动作温度 T_{act} ,另外 5 个 TPRD 的试验温度为加速寿命温度 T_{life} ($T_{\text{life}} = 9.1T_{\text{act}}^{0.503}$);
- 将 TPRD 置于恒温箱或水浴中,试验中温度允许偏差为 $\pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- TPRD 进气口的氢气压力应为 $1.25p \pm 1 \text{ MPa}$ 。压力源可位于恒温箱或水浴箱的外部,并以单一或者采用分支管路系统为 TPRD 加压。若采用分支管路系统,则每个分支管路都应包含一个单向阀。

B.3.1.2.2 合格指标

在 T_{act} 下测试的 TPRD 动作时间应不超过 10 h,在 T_{life} 下测试的 TPRD 动作时间应不超过 500 h。

B.3.1.3 温度循环试验

B.3.1.3.1 试验方法

试验步骤如下:

- 将 1 个无内压的 TPRD 先在温度小于或者等于 $-40 \text{ } ^\circ\text{C}$ 的液体中静置至少 2 h,然后在 5 min 内将其转移到温度大于或者等于 $85 \text{ } ^\circ\text{C}$ 的液体中,并在此温度下静置至少 2 h,之后在 5 min 内将 TPRD 转移到温度小于或者等于 $-40 \text{ } ^\circ\text{C}$ 的液体中;
- 重复 a) 的步骤,完成 15 次循环;
- 将 TPRD 在温度小于或者等于 $-40 \text{ } ^\circ\text{C}$ 的液体中静置至少 2 h,之后在此温度下用氢气对

TPRD 进行 100 次压力循环,试验压力为 $2 \text{ MPa}(+1/0 \text{ MPa})^{1)} \sim 0.8p(+2/0 \text{ MPa})$ 。

B.3.1.3.2 合格指标

在温度循环试验后,TPRD 应符合 B.3.1.9 泄漏试验、B.3.1.10 动作试验和 B.3.1.11 流量试验的规定,其中泄漏试验的温度为 $-40 \text{ }^\circ\text{C}(+5/0 \text{ }^\circ\text{C})$ 。

B.3.1.4 耐盐雾腐蚀性试验

B.3.1.4.1 试验方法

试验步骤如下:

- a) 移除 2 个 TPRD 所有非永久固定的排气口阀帽,将 TPRD 安装到专用装置上;
- b) 将 TPRD 在以下规定的盐雾中暴露 500 h。其中 1 个 TPRD 试验时,以 2:1 的比例向盐溶液中添加硫酸和硝酸溶液,使盐溶液的 pH 为 4.0 ± 0.2 ;另 1 个 TPRD 试验时,通过向盐溶液中添加氢氧化钠将盐溶液的 pH 调整为 10.0 ± 0.2 ;
- c) 盐雾室的温度应维持在 $30 \text{ }^\circ\text{C} \sim 35 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

B.3.1.4.2 合格指标

经过耐盐雾腐蚀性试验后,TPRD 应符合 B.3.1.9 泄漏试验、B.3.1.10 动作试验和 B.3.1.11 流量试验的规定。

B.3.1.5 耐冷凝腐蚀性试验

B.3.1.5.1 试验方法

试验步骤如下:

- a) 封闭 TPRD 的进出口,在常温下,将 TPRD 在以下溶液中分别浸泡 24 h:
 - 1) 体积浓度为 19% 的硫酸水溶液(电池酸);
 - 2) 质量浓度为 25% 的氢氧化钠水溶液;
 - 3) 质量浓度为 28% 的硝酸氨水溶液;
 - 4) 体积浓度为 50% 的甲醇水溶液(挡风玻璃清洗液)。
- b) 采用 1 个 TPRD 完成此项试验,在每种溶液中浸泡后,将 TPRD 上残留溶液擦除并用水冲洗干净。

B.3.1.5.2 合格指标

试验后的 TPRD 不得有影响其功能的裂纹、软化、膨胀等物理损伤(不包括凹痕、表面变色)。同时,TPRD 应符合 B.3.1.9 泄漏试验、B.3.1.10 动作试验和 B.3.1.11 流量试验的规定。

B.3.1.6 耐应力腐蚀试验

B.3.1.6.1 试验方法

对 1 个含铜合金(如黄铜)零件的 TPRD 进行试验。试验要求如下:

- a) 清除铜合金零件上的油脂;
- b) 将 TPRD 在装有氨水的玻璃环境箱中连续放置 10 天;
- c) 环境箱内氨水溶液比重应为 0.94,氨水体积应为环境箱容积的 2%;

1) 表示允许上偏差为 1 MPa,下偏差为 0 MPa。

- d) TPRD 应置于氨水液面上方(35±5)mm 处不与氨水发生反应的托盘上;
- e) 试验过程中应保持氨水和环境箱温度为(35±5)℃。

B.3.1.6.2 合格指标

不得产生裂纹或发生分层现象。

B.3.1.7 跌落试验

B.3.1.7.1 试验方法

在常温下将 6 个 TPRD 从 2 m 高处自由跌落到光滑水泥地面上。跌落方向为 6 个方向(3 个正交轴的正反方向)。

B.3.1.7.2 合格指标

不得出现影响 TPRD 正常使用的可见外部损伤。

B.3.1.8 耐振性试验

B.3.1.8.1 试验方法

将 TPRD(含 1 个未经试验的 TPRD 和经跌落试验的 6 个 TPRD)装在专用装置上,沿 3 个正交轴方向以共振频率各振动 2 h。以 1.5g 的加速度进行 10 min 正弦扫频,频率范围 10 Hz~500 Hz,确定 TPRD 的共振频率,若未发现共振频率,则试验以 40 Hz 的频率进行。

B.3.1.8.2 合格指标

试验后的 TPRD 应符合 B.3.1.9 泄漏试验、B.3.1.10 动作试验和 B.3.1.11 流量试验的规定。

B.3.1.9 泄漏试验

B.3.1.9.1 试验方法

将 1 个未经试验的 TPRD 依次在以下规定的温度和压力下放置 1 h,在每个温度条件的试验完成后,将 TPRD 在对应温度的液体中浸泡 1 min,试验条件如下:

- a) 常温:在常温和 0.05p(0/-2 MPa)、1.5p(+2/0 MPa)的试验压力下;
- b) 高温:在温度为 85℃和 0.05p(0/-2 MPa)、1.5p(+2/0 MPa)的试验压力下;
- c) 低温:在温度为-40℃和 0.05p(0/-2 MPa)、p(+2/0 MPa)的试验压力下。

B.3.1.9.2 合格指标

若在规定的试验时间内没有气泡产生,则 TPRD 通过试验;若检测到气泡,则应采用适当方法测量泄漏速率。氢气的泄漏速率不应超过 10 NmL/h。

B.3.1.10 动作试验

B.3.1.10.1 试验方法

对 2 个未经试验和 16 个已经完成其他试验项目(包括 B.3.1.1、B.3.1.3、B.3.1.4、B.3.1.5、B.3.1.7 和 B.3.1.8)的 TPRD 进行试验,试验要求如下:

- a) 试验装置应包含可控制空气温度和流量的环境箱,使空气温度达到(600±10)℃。TPRD 不应直接接触火焰。将 TPRD 装在专用装置上,并记录试验布置方式;

- b) 应采用热电偶监测环境箱温度。试验开始前 2 min,环境箱温度应稳定在规定温度范围内;
- c) 应在 TPRD 放入环境箱之前,对 TPRD 加压。对于 2 个未经试验的 TPRD,一个加压至 $0.25p$,另一个加压至公称工作压力 p ;对于已进行其他试验的 TPRD,加压至 $0.25p$;
- d) 将带压的 TPRD 放到环境箱中直至 TPRD 动作,记录动作时间。

B.3.1.10.2 合格指标

2 个未经试验的 TPRD 的动作时间之差应小于或者等于 2 min。已进行过其他试验的 TPRD 的动作时间与未经试验且加压至 $0.25p$ 的 TPRD 的动作时间之差应小于或者等于 2 min。

B.3.1.11 流量试验

B.3.1.11.1 试验方法

试验要求如下:

- a) 对 8 个 TPRD 进行流量试验,其中 3 个 TPRD 未经试验,5 个 TPRD 已按照 B.3.1.1、B.3.1.3、B.3.1.4、B.3.1.5、B.3.1.8 的规定分别进行了相应试验(其中每个试验抽取 1 个);
- b) 按照 B.3.1.10 的规定对每个 TPRD 进行动作试验,TPRD 动作后,在不进行清洗、拆除部件或修整的情况下,采用氢气、空气或惰性气体对每个 TPRD 进行流量试验;
- c) 进气口压力应为 (2 ± 0.5) MPa,出气口压力应为大气压力,记录进气口压力及温度;
- d) 流量的测量精度应为 $\pm 2\%$ 。

B.3.1.11.2 合格指标

8 个 TPRD 实测流量的最小值应大于或者等于最大值的 90%。

B.3.2 单向阀和手动/自动截止阀试验方法与合格指标

B.3.2.1 耐压性试验

B.3.2.1.1 试验方法

先对 1 个未经试验的阀进行该项试验,将其爆破压力作为阀的基准爆破压力。试验要求如下:

- a) 封堵阀的出气口,并使阀内部处于连通状态;
- b) 对阀的进气口施加 $2.5p(+2/0)$ MPa 的液压,并保压 3 min,之后对阀进行检查;
- c) 以小于或者等于 1.4 MPa/s 的升压速率继续加压,直至阀失效,记录阀失效时的压力。

B.3.2.1.2 合格指标

保压 3 min 后,阀不得发生破裂。对于已进行过其他试验的阀,其实测爆破压力应不小于基准爆破压力的 0.8 倍,或大于 4 倍的公称工作压力 p 。

B.3.2.2 泄漏试验

B.3.2.2.1 试验方法

将 1 个未经试验的阀装在试验专用装置上,封堵出气口,在下列规定的试验温度下从阀的进气口充入氢气至不同的试验压力,在每个温度条件的试验完成后,将阀在对应温度液体中浸泡 1 min。

- a) 常温:在常温、 $0.05p(0/-2)$ MPa)、 $1.5p(+2/0)$ MPa)的试验压力下;
- b) 高温:在温度为 85 °C 和 $0.05p(0/-2)$ MPa)、 $1.5p(+2/0)$ MPa)的试验压力下;
- c) 低温:在温度为 -40 °C 和 $0.05p(0/-2)$ MPa)、 $p(+2/0)$ MPa)的试验压力下。

B.3.2.2.2 合格指标

若在规定的试验时间内没有气泡产生,则阀通过试验,若检测到气泡,则应采用适当方法测量泄漏速率。氢气的泄漏速率不应超过 10NmL/h。

B.3.2.3 极限温度压力循环试验

B.3.2.3.1 试验方法

单向阀的循环次数为 11 000 次,自动截止阀的循环次数为 50 000 次,手动截止阀的循环次数为 100 次。试验步骤如下:

- a) 将阀装在专用装置上。在规定的压力下,采用氢气对阀连续进行循环。对于一个循环的定义如下:
 - 1) 对于单向阀,将其装在试验专用装置上,关闭阀出气口,在 6 个增压步内向阀进气口充入氢气至公称工作压力 $p(+2/0 \text{ MPa})$ 。之后从阀进气口泄压,在进行下次循环前,应使单向阀出气口压力小于 $0.6p$;
 - 2) 对于截止阀,将其装在试验专用装置上,向其进气口和出气口持续加压;
 - 3) 一个循环应包括一次上述操作和一次复位。
- b) 对 1 个阀进行如下试验:
 - 1) 常温循环。试验压力为 $1.25p(+2/0 \text{ MPa})$,循环次数为总循环次数的 90%,试验温度应为常温。试验完成后,阀应符合 B.3.2.2.1 a) 常温泄漏试验的规定;
 - 2) 高温循环。试验压力为 $1.25p(+2/0 \text{ MPa})$,循环次数为总循环次数的 5%,试验温度应大于或者等于 $85 \text{ }^\circ\text{C}$ 。试验完成后,阀应符合 B.3.2.2.1 b) 高温泄漏试验的规定;
 - 3) 低温循环。试验压力为公称工作压力 $p(+2/0 \text{ MPa})$,循环次数为总循环次数的 5%,试验温度应小于或者等于 $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ 。试验完成后,阀应符合 B.3.2.2.1 c) 低温泄漏试验的规定;
- c) 单向阀阀瓣颤动试验。在完成 11 000 次循环试验和 B.3.2.2.1 b) 规定的泄漏试验后,以能引起阀瓣最大颤动的氢气流速进行 24 h 颤动试验。

B.3.2.3.2 合格指标

极限温度压力循环试验应符合以下要求:

- a) 常温循环试验完成后,阀应符合 B.3.2.2.1 a) 常温泄漏试验的规定;高温循环试验完成后,阀应符合 B.3.2.2.1 b) 高温泄漏试验的规定;低温循环试验完成后,阀应符合 B.3.2.2.1 c) 低温泄漏试验的规定。
- b) 单向阀颤动试验完成后,单向阀应符合 B.3.2.2.1 a) 常温泄漏试验和 B.3.2.1 耐压性试验的规定。

B.3.2.4 耐盐雾腐蚀性试验

B.3.2.4.1 试验方法

应将 1 个阀固定在试验装置上,使其处于正常安装状态,在规定的盐雾中暴露 500 h。盐雾室的温度应维持在 $30 \text{ }^\circ\text{C} \sim 35 \text{ }^\circ\text{C}$,盐溶液应由 5% 的氯化钠和 95% 的蒸馏水(质量分数)组成。试验后,应立即冲洗试样,清除盐垢并检查变形。

B.3.2.4.2 合格指标

试验后的阀不得有影响其功能的裂纹、软化、膨胀等物理损伤(不包括凹痕、表面变色)。同时,阀应符合 B.3.2.2.1 a) 常温泄漏试验和 B.3.2.1 耐压性试验的规定。

B.3.2.5 耐冷凝腐蚀性试验

B.3.2.5.1 试验方法

试验步骤如下:

- a) 封堵阀的进出口,在常温下,将阀在以下溶液中分别浸泡 24 h:
 - 1) 体积浓度为 19% 的硫酸水溶液(电池酸);
 - 2) 质量浓度为 25% 的氢氧化钠水溶液;
 - 3) 质量浓度为 28% 的硝酸氨水溶液;
 - 4) 体积浓度为 50% 的甲醇水溶液(挡风玻璃清洗液)。
- b) 采用 1 个阀完成此项试验,在每种溶液中浸泡后,应将阀上残留溶液擦除并用水冲洗干净。

B.3.2.5.2 合格指标

试验后的阀不得有影响其功能的裂纹、软化、膨胀等物理损伤(不包括凹痕、表面变色)。同时,阀应符合 B.3.2.2.1 a) 常温泄漏试验和 B.3.2.1 耐压性试验的规定。

B.3.2.6 电气试验

B.3.2.6.1 试验方法

对 1 个自动截止阀进行试验,试验应同时满足以下要求:

- a) 异常电压试验。将电磁阀与可变压直流电源相连,对其进行如下操作:
 - 1) 在 1.5 倍额定电压下稳定(温度恒定)1 h;
 - 2) 将电压增大到 2 倍额定电压或 60 V 中的较小值,持续 1 min;
 - 3) 自动截止阀失效不得导致外部泄漏、阀门的动作以及冒烟、熔化或着火等危险情况。
- b) 绝缘电阻试验。在电源和阀外壳之间施加 1 000 V 直流电压,持续至少 2 s。

B.3.2.6.2 合格指标

对于异常电压试验,在公称工作压力和室温下,12 V 系统的阀的最小动作电压应小于或者等于 9 V,24 V 系统的阀的最小动作电压应小于或者等于 18 V;对于绝缘电阻试验,阀的绝缘电阻值应大于或者等于 240 k Ω 。

B.3.2.7 耐振性试验

B.3.2.7.1 试验方法

将 1 个未经试验的阀装在专用装置上,封堵出气口,从阀的进气口充入氢气至公称工作压力 p ,并沿 3 个正交轴方向以共振频率各振动 2 h。以 1.5g 的加速度进行 10 min 正弦扫频,频率范围 10 Hz~40 Hz,确定阀的共振频率,若未发现共振频率,则试验以 40 Hz 的频率进行。

B.3.2.7.2 合格指标

无可见外部损伤。同时,阀应符合 B.3.2.2.1 a) 常温泄漏试验的规定。

B.3.2.8 应力腐蚀开裂试验**B.3.2.8.1 试验方法**

对 1 个含铜合金(如黄铜)零件的阀进行试验。试验要求如下:

- a) 拆开阀,清除铜合金零件上的油脂,再将其重新组装;
- b) 将阀在装有氨水的玻璃环境箱中连续放置 10 天;
- c) 环境箱内氨水溶液比重应为 0.94,氨水体积应为环境箱容积的 2%;
- d) 试样应置于氨水液面上方(35±5)mm 处不与氨水发生反应的托盘上;
- e) 试验过程中应保持氨水和环境箱温度为(35±5)℃。

B.3.2.8.2 合格指标

不得产生裂纹或发生分层现象。

B.3.2.9 预冷氢气暴露试验**B.3.2.9.1 试验方法**

对 1 个阀进行试验,在常温下以 30 g/s 的流速向阀充入温度小于或者等于-40℃的预冷氢气至少 3 min,保压 2 min 后,降低阀内压力。重复 10 次上述操作,直至保压时间达到 15 min,否则应另外再进行 10 次上述操作。

B.3.2.9.2 合格指标

试验后,阀应符合 B.3.2.2.1 a) 常温泄漏试验的规定。

B.3.3 非金属密封件的试验方法与合格指标

本项试验适用于单向阀和截止阀中的非金属密封件。

B.3.3.1 耐氧老化性试验**B.3.3.1.1 试验方法**

将 3 个非金属密封件置于温度为(70±2)℃和试验压力为 2 MPa 的氧气(纯度≥99.5%)中 96 h。

B.3.3.1.2 合格指标

无裂纹或其他可见缺陷。

B.3.3.2 臭氧相容性试验**B.3.3.2.1 试验方法**

将 3 个试样按 GB/T 7762—2014 中的方法 A 进行试验。

B.3.3.2.2 合格指标

试样表面无龟裂。

B.3.3.3 氢气相容性试验**B.3.3.3.1 试验方法**

试验步骤如下:

- a) 对 3 个非金属密封件测量体积,并称重;
- b) 将密封件在压力为气瓶公称工作压力、温度为 15 ℃ 的氢气中放置 168 h 后,将压力在 1 s 内降至大气压力;
- c) 将密封件在压力为气瓶公称工作压力、温度为 -40 ℃ 的氢气中放置 168 h 后,将压力在 1 s 内降至大气压力;
- d) 取出密封件,并立即测量其体积变化率和质量损失率。

B.3.3.3.2 合格指标

密封件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%。

参 考 文 献

- [1] GB/T 19624 在用含缺陷压力容器安全评定
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶
GB/T 35544—2017

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2018年1月第一版

*

书号: 155066 · 1-59794

版权专有 侵权必究



GB/T 35544-2017