



中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 168—2026

大容积塑料内胆碳纤维全缠绕压缩氢气瓶

Large capacity fully wrapped carbon fiber reinforced gas cylinders with plastic liners for compressed hydrogen

(ISO 11515:2022, Gas cylinders—Refillable composite reinforced tubes of water capacity between 450 L and 3 000 L—Design, construction and testing, NEQ)

2026-02-27 发布

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义、符号..... 2

4 型式和型号 4

5 技术要求 5

6 试验方法..... 10

7 检验规则..... 16

8 安装和防护..... 23

9 标志、电子标签、包装、运输和储存 23

10 产品合格证和批量检验质量证明书 24

附录 A（规范性） 气瓶用 O 形密封圈性能评定方法 26

附录 B（资料性） 直螺纹剪切应力安全系数的计算方法 29

附录 C（规范性） 层间剪切试验方法 30

参考文献 33

前 言

本文件为规范类指导性技术文件。

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件参考 ISO 11515：2022《气瓶 水容积 450 L～3 000 L、可重复充装复合材料增强管瓶 设计、制造和试验》起草，一致性程度为非等效。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国气瓶标准化技术委员会(SAC/TC 31)提出并归口。

本文件起草单位：合肥通用机械研究院有限公司、浙江大学、中国特种设备检测研究院、大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司、浙江蓝能氢能科技股份有限公司、上海市特种设备监督检验技术研究院有限公司、石家庄安瑞科气体机械有限公司、北京天海工业有限公司、浙江锦敦气体装备智造股份有限公司、北京化工大学、哈尔滨工业大学、沈阳欧施盾新材料科技有限公司。

本文件主要起草人：范志超、徐双庆、陈凡、王哲、曹文红、袁奕雯、刘孝亮、谢鹏程、张保国、马夏康、胡军、邓贵德、王红霞、杨帆、王荣国、李奇楠、姜将、吕炎峰、陈志伟、王修磊、韩冰、张强、王鑫淼。

大容积塑料内胆碳纤维全缠绕压缩氢气瓶

1 范围

本文件规定了大容积塑料内胆碳纤维全缠绕压缩氢气瓶(以下简称“气瓶”)的型式和型号、技术要求、试验方法、检验规则,以及安装和防护、标志、电子标签、包装、运输和储存要求。

本文件适用于在环境温度 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下使用、公称工作压力不超过 55 MPa 、公称容积不小于 450 L 且不大于 $3\,000\text{ L}$ 、可重复充装氢气的移动式塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶。

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 191 包装储运图形符号标志
- GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定
- GB/T 533—2008 硫化橡胶或热塑性橡胶 密度的测定
- GB/T 1040.1 塑料 拉伸性能的测定 第1部分:总则
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 1458 纤维缠绕增强复合材料环形试样力学性能试验方法
- GB/T 1633—2000 热塑性塑料维卡软化温度(VST)的测定
- GB/T 1636 塑料 能从规定漏斗流出的材料表观密度的测定
- GB/T 1677 增塑剂环氧值的测定
- GB/T 2941—2025 橡胶 物理试验方法试样制备和调节通用程序
- GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分
- GB/T 3191 铝及铝合金挤压棒材
- GB/T 3362 碳纤维复丝拉伸性能试验方法
- GB/T 3452.2 液压气动用O形橡胶密封圈 第2部分:外观质量检验规范
- GB/T 3512 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验
- GB/T 3634.1 氢气 第1部分:工业氢
- GB/T 3634.2 氢气 第2部分:纯氢、高纯氢和超纯氢
- GB/T 3682.1—2018 塑料 热塑性塑料熔体质量流动速率(MFR)和熔体体积流动速率(MVR)的测定 第1部分:标准方法
- GB/T 3934 普通螺纹量规 技术条件
- GB/T 4612 塑料 环氧化合物 环氧当量的测定
- GB/T 5720 O形橡胶密封圈试验方法
- GB/T 6031 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定($10\text{ IRHD}\sim 100\text{ IRHD}$)

- GB/T 6519 变形铝、镁合金产品超声波检验方法
- GB/T 7307 55°非密封管螺纹
- 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 9251 气瓶水压试验方法
- GB/T 9252 气瓶压力循环试验方法
- GB/T 12137 气瓶气密性试验方法
- GB/T 13005 气瓶术语
- GB/T 13262 不合格品百分数的计数标准型一次抽样检验程序及抽样表
- GB/T 13264 不合格品百分数的小批计数抽样检验程序及抽样表
- GB/T 15385 气瓶水压爆破试验方法
- 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 20666 统一螺纹 公差
- GB/T 20667 统一螺纹 极限尺寸
- GB/T 20668 统一螺纹 基本尺寸
- GB/T 20669 统一螺纹 牙型
- GB/T 20670 统一螺纹 直径与牙数系列
- GB/T 21060—2007 塑料 流动性的测定
- GB/T 21843 塑料 氯乙烯均聚和共聚树脂 用机械筛测定粒径
- GB/T 32249 铝及铝合金模锻件、自由锻件和轧制环形锻件 通用技术条件
- GB/T 33215 气瓶安全泄压装置
- GB/T 37244 质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气
- GB/T 39818—2023 塑料 热固性模塑材料 收缩率的测定
- GB/T 42610 高压氢气瓶塑料内胆和氢气相容性试验方法
- GB/T 42612—2023 车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶
- NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
- NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
- YS/T 479 一般工业用铝及铝合金锻件

3 术语和定义、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

公称工作压力 **nominal working pressure**

气瓶在基准温度 15℃时的限定充装压力。

[来源:GB/T 13005—2011,2.28,有修改]

3.1.2

塑料内胆 **plastic liner**

用于密封气体、按不承受压力载荷进行设计的内层塑料壳体。

[来源:GB/T 42612—2023,3.1.1,有修改]

3.1.3

瓶阀座 metal boss

位于塑料内胆两端,用来安装端塞、瓶阀或安全附件等的金属构件。

3.1.4

代表性气瓶 representative composite tube

比全尺寸气瓶长度更短的气瓶,筒体段长度至少为 2 倍气瓶的公称外径,两者具有相同的公称直径、相同的内胆结构、相同的瓶阀座结构、相同规格的碳纤维、相同的缠绕和固化工艺。

注:缠绕和固化工艺包括纤维缠绕角度、缠绕层数、固化温度和时间等。

3.1.5

内胆批量 batch of liner

采用同一设计,带有相同材料和结构尺寸的瓶阀座,具有相同结构尺寸,且具有同一塑料材料批号和制造工艺的内胆的限定数量。

[来源:GB/T 42612—2023,3.1.10]

3.1.6

气瓶批量 batch of gas cylinder

采用同一设计,带有相同材料和结构尺寸的瓶阀座,具有相同复合材料,且制造工艺相同的气瓶的限定数量。

注:包含全尺寸气瓶和代表性气瓶。

[来源:GB/T 42612—2023,3.1.9,有修改]

3.1.7

许用压力 allowable pressure

充装和使用过程中,气瓶所允许承受的最大压力。

[来源:GB/T 13005—2011,2.30,有修改]

3.1.8

设计爆破压力 design burst pressure

设计规定的气瓶最小爆破压力。

3.1.9

端塞 end plug

加工有连接螺纹,用于气瓶两端瓶口密封以及连接管路、装配阀门或安全泄压装置等附件的堵塞。

注:端塞也称螺塞。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

A_1 内螺纹开孔受压面积,单位为平方毫米(mm^2);

A_n 内螺纹牙受剪面积,单位为平方毫米(mm^2);

A_w 外螺纹牙受剪面积,单位为平方毫米(mm^2);

b 试样宽度,单位为毫米(mm);

$D_{1\max}$ 内螺纹最大小径,单位为毫米(mm);

$D_{2\max}$ 内螺纹最大中径,单位为毫米(mm);

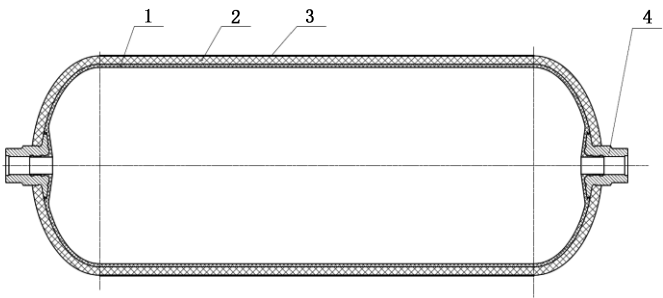
$d_{2\min}$ 外螺纹最小中径,单位为毫米(mm);

$d_{\min}$	外螺纹最小大径,单位为毫米(mm);
F_{sbs}	层间剪切强度,单位为兆帕(MPa);
F_w	螺纹最大轴向外载荷,单位为牛顿(N);
h	试样厚度,单位为毫米(mm);
K_n	内螺纹剪切应力安全系数;
K_w	外螺纹剪切应力安全系数;
L	气瓶长度,单位为毫米(mm);
m	试样数量,单位为个;
N	加压至试验压力的循环次数,单位为次;
N_d	加压至许用压力的循环次数,单位为次;
Ni_{eq}	镍当量,%;
n	每年设计循环次数,单位为次;
P	气瓶公称工作压力,单位为兆帕(MPa);
P_b	气瓶爆破压力,单位为兆帕(MPa);
P_{bmin}	气瓶设计爆破压力,单位为兆帕(MPa);
P_h	气瓶水压试验压力,单位为兆帕(MPa);
P_m	气瓶许用压力,单位为兆帕(MPa);
P_{ml}	试验过程中最大载荷,单位为牛(N);
T_g	玻璃化转变温度,单位为摄氏度(°C);
W_C	碳元素在钢中的质量分数,%;
W_{Cr}	铬元素在钢中的质量分数,%;
W_{Si}	硅元素在钢中的质量分数,%;
W_{Mo}	钼元素在钢中的质量分数,%;
W_{Mn}	锰元素在钢中的质量分数,%;
W_{Ni}	镍元素在钢中的质量分数,%;
$\overline{X}$	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);
Y	设计使用年限,单位为年;
α	螺纹牙形角,单位为度(°);
z	螺纹啮合牙数;
τ_n	内螺纹剪切应力,单位为兆帕(MPa);
τ_{nm}	内螺纹材料剪切强度,单位为兆帕(MPa);
τ_w	外螺纹剪切应力,单位为兆帕(MPa);
τ_{wm}	外螺纹材料剪切强度,单位为兆帕(MPa)。

4 型式和型号

4.1 型式

气瓶结构型式如图 1 所示,采用双口结构。

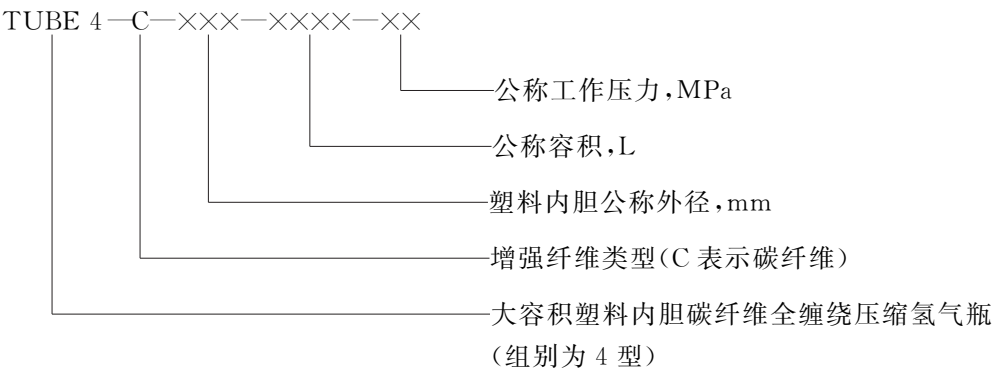


标引序号说明：
1——塑料内胆；
2——碳纤维缠绕层；
3——玻璃纤维保护层；
4——瓶阀座。

图 1 气瓶结构型式

4.2 型号

气瓶型号标记由以下部分组成：



示例：

气瓶公称工作压力为 50 MPa、公称容积为 1 500 L、塑料内胆公称外径为 780 mm 的大容积塑料内胆碳纤维全缠绕压缩氢气瓶，其型号标记为：TUBE 4—C—780—1500—50。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 设计使用年限

气瓶的设计使用年限 Y 为 15 年。

5.1.2 工作温度范围

在使用过程中，气瓶适用的环境温度不应低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 且不高于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
在卸氢和充氢过程中，气瓶的工作温度不应低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 且不高于 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.3 许用压力

气瓶许用压力 P_m 为 1.25 倍公称工作压力。

5.1.4 氢气品质

气瓶充装的压缩氢气应为符合 GB/T 3634.1 规定的工业氢和 GB/T 3634.2 规定的纯氢、高纯氢和超纯氢,以及符合 GB/T 37244 规定的氢气。

5.1.5 工作环境

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

- a) 环境温度与相对湿度反复变化,包括高温、低温、雨水、雪水、冰雹环境;
- 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) 道路行驶中车辆随机振动和碎石意外冲击;
- e) 以大跨距安装在集装箱框架的两个端板上;
- f) 接触酸溶液、碱溶液、肥料;
- g) 接触汽车用液体,包括汽油、液压油、电池酸、乙二醇和其他油脂;
- h) 接触排放的废气。

5.2 材料

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 材料性能应符合相应的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二维码,或者加盖了材料经营单位公章且有经办人签字(章)的质量证明书复印件。

5.2.1.3 材料经气瓶制造单位复验合格后方可使用。

5.2.2 塑料内胆

5.2.2.1 塑料内胆材料应选用聚乙烯(包括改性聚乙烯或聚乙烯基复合材料)或聚酰胺(包括改性聚酰胺或聚酰胺基复合材料),其与氢气相容性应满足 GB/T 42610 的要求。

5.2.2.2 塑料内胆材料的使用温度范围应满足 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的要求。

5.2.2.3 塑料内胆原材料为粒状时,聚乙烯(包括改性聚乙烯)熔体质量流动速率和聚酰胺(包括改性聚酰胺)熔体体积流动速率应满足设计文件的要求。

5.2.2.4 塑料内胆原材料为粉状时,其表观密度、粉体流动性、粒度分布和粉体颗粒形态应满足设计文件的要求。

5.2.2.5 气瓶制造单位应按批对塑料内胆材料进行复验。当塑料内胆原材料为粒状时,熔体质量流动速率或熔体体积流动速率按 GB/T 3682.1—2018 中描述的方法 A 测定,试验温度和负荷根据设计文件确定。当塑料内胆原材料为粉状时,表观密度按 GB/T 1636 的规定测定,采用 A 型漏斗;粉体流动性按 GB/T 21060—2007 中描述的方法 A 测定;粒度分布按 GB/T 21843 的规定测定。

5.2.2.6 塑料内胆在常温和 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下的拉伸强度和拉伸断裂标称应变应满足设计文件的要求,拉伸试验速度为 10 mm/min 。拉伸强度和拉伸断裂标称应变按照 GB/T 1040.1 的规定进行。

5.2.2.7 聚酰胺(包括改性聚酰胺及聚酰胺基复合材料)塑料内胆的材料维卡软化温度不应低于 $115\text{ }^{\circ}\text{C}$,聚乙烯(包括改性聚乙烯及聚乙烯基复合材料)塑料内胆的材料维卡软化温度不应低于 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,按 GB/T 1633—2000 的规定进行检测。

5.2.2.8 更换塑料内胆材料时,按 GB/T 39818—2023 中 7.5 的规定在塑料内胆上测量线性尺寸,按 GB/T 39818—2023 中 8.1 的规定计算成型后塑料内胆收缩率。

5.2.3 瓶阀座

5.2.3.1 瓶阀座材料应采用铝合金 6061 或奥氏体不锈钢 S31603 的挤压棒材或锻件。铝合金挤压棒材应符合 GB/T 3191 的规定,按 $\phi 2\text{ mm}$ 当量平底孔进行超声波检测,检测按 GB/T 6519 执行;奥氏体不锈钢棒材应符合 GB/T 1220 的规定。铝合金锻件应符合 GB/T 32249、YS/T 479 的规定,奥氏体不锈钢锻件应符合 NB/T 47010 的规定。

5.2.3.2 铝合金 6061 的化学成分应符合表 1 的规定,其化学成分偏差应满足 GB/T 3190 的要求。

表 1 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	

5.2.3.3 奥氏体不锈钢 S31603 的镍含量应大于或等于 12%、镍当量应大于或等于 28.5%、断面收缩率应大于或等于 70%。镍当量按照公式(1)计算:

$$Ni_{eq} = 12.6W_C + 0.35W_{Si} + 1.05W_{Mn} + W_{Ni} + 0.65W_{Cr} + 0.98W_{Mo} \dots\dots\dots (1)$$

5.2.3.4 气瓶制造单位应按材料炉号进行化学成分复验。铝合金 6061 和奥氏体不锈钢 S31603 化学复验按 GB/T 42612—2023 的规定进行。

5.2.3.5 铝合金 6061 的拉伸性能、奥氏体不锈钢 S31603 的拉伸和冲击性能应满足气瓶制造单位保证值要求。

5.2.3.6 气瓶制造单位应按材料批号对铝合金 6061 的拉伸性能、奥氏体不锈钢 S31603 的拉伸和冲击性能进行复验。铝合金 6061 的拉伸试验按 GB/T 228.1 的规定进行;奥氏体不锈钢 S31603 的拉伸和冲击试验分别按 GB/T 228.1 和 GB/T 229 的规定进行。

5.2.4 端塞

5.2.4.1 端塞应选用锻件。

5.2.4.2 端塞材料选用 30CrMo、35CrMo 时,其化学成分及力学性能应满足 NB/T 47008 的要求,锻件级别不低于Ⅲ级。并进行-40℃夏比冲击试验,夏比冲击试验按照 GB/T 229 的规定进行,其 3 个标准冲击试样的冲击吸收能量平均值不低于 41 J,允许 1 个试样的冲击吸收能量低于 41 J,但不准许低于 29 J。

5.2.4.3 端塞材料采用 S30408、S30403、S31608 或 S31603 时,其化学成分及力学性能应满足 NB/T 47010 的要求,锻件级别不应低于Ⅲ级。

5.2.4.4 当气瓶公称工作压力 P 大于 41 MPa 时,端塞应采用奥氏体型不锈钢锻件,其镍含量及镍当量应符合 5.2.3.3 的规定,且铁素体显示含量不应大于 0.2%。

5.2.5 O 形密封圈

5.2.5.1 O 形密封圈材料应采用硅橡胶、氟橡胶、氟碳橡胶、氟硅橡胶、三元乙丙橡胶或氢化丁腈橡胶等与高压氢气具有良好相容性的聚合物。

5.2.5.2 O 形密封圈材料的使用温度范围应满足-50℃~85℃的要求。

5.2.5.3 O 形密封圈材料性能评定按附录 A 的规定进行。

5.2.6 树脂

5.2.6.1 浸渍树脂基体应采用环氧树脂体系。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 T_g 应大于或等于 105 °C。

5.2.6.2 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。

5.2.7 纤维

5.2.7.1 碳纤维

5.2.7.1.1 碳纤维的力学性能应符合气瓶设计文件的规定。

5.2.7.1.2 气瓶制造单位应对碳纤维材料按批进行复验。纤维复丝拉伸性能和纤维线密度(公制号数)按 GB/T 3362 测定。

5.2.7.2 玻璃纤维

气瓶玻璃纤维保护层应采用 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。

5.3 设计

5.3.1 碳纤维、塑料内胆和瓶阀座

5.3.1.1 碳纤维

碳纤维应连续无捻且强度级别相同。

5.3.1.2 塑料内胆

5.3.1.2.1 滚塑成型塑料内胆的塑料部分应无结构不连续位置,且无粘接接缝。

5.3.1.2.2 焊接塑料内胆应无纵向焊接接头,且环向焊接接头应小于或等于 2 道。

注:焊接塑料内胆指含有拼接环焊缝的塑料内胆。

5.3.1.3 瓶阀座

5.3.1.3.1 瓶阀座静强度、疲劳寿命及其与塑料内胆连接接头的静强度、疲劳强度和密封性能应满足气瓶全寿命期内的安全要求。

5.3.1.3.2 瓶阀座应安装在塑料内胆端部,且与塑料内胆同轴。

5.3.1.3.3 塑料内胆两端的瓶阀座应按要求单独设计,瓶阀座的设计需考虑与集装箱等外部连接支撑结构的固定和滑动。

5.3.1.3.4 瓶阀座与塑料内胆之间应采用止转和防塑料收缩错位结构,与碳纤维缠绕层之间应采用止转结构。瓶阀座上应设计止退结构,防止气瓶在工作过程中碳纤维与塑料内胆发生轴向相对位移。

5.3.1.3.5 气瓶两端瓶口应采用符合相应标准的螺纹连接。可采用下列螺纹:

- a) 55°非密封管螺纹,符合 GB/T 7307 的规定;
- b) 普通公制螺纹,符合 GB/T 196 的规定;
- c) 统一螺纹,基本尺寸符合 GB/T 20668 的规定,直径与牙数系列符合 GB/T 20670 的规定,螺纹公差符合 GB/T 20666 的规定,牙型符合 GB/T 20669 的规定,极限尺寸符合 GB/T 20667 的规定。

5.3.1.3.6 瓶口螺纹在水压试验压力 P_b 下的切应力安全系数应大于或等于 4。直螺纹剪切应力安全系数参考附录 B 进行计算。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。

5.3.1.3.7 螺纹精度应满足气密性能的需要。采用公制直螺纹时,内/外螺纹精度宜为 6H/6g;采用统一螺纹时,内/外螺纹精度应为 2B/2A。

5.3.1.3.8 瓶口设计需考虑所装配端塞或阀门的密封形式、密封材料和密封尺寸,应确定合理的尺寸公差和表面粗糙度,确保瓶口与端塞或瓶阀装配之后在定期检验周期内不发生泄漏。

5.3.1.3.9 气瓶两端瓶阀座的开孔直径不应大于塑料内胆外径的 $1/2$ 。

5.3.1.3.10 气瓶两端瓶阀座的厚度应保证在承受端塞的力偶矩和支撑附加力时不产生肉眼可见的显著变形或损坏。

5.3.2 气瓶

5.3.2.1 气瓶的水压试验压力应大于或等于公称工作压力的 1.5 倍。

5.3.2.2 气瓶的设计爆破压力 P_{bmin} 应大于或等于公称工作压力的 3 倍。

5.3.2.3 气瓶设计时应建立气瓶有限元分析模型,计算碳纤维缠绕层与瓶阀座在以下压力下的应力和应变:公称工作压力、水压试验压力 and 设计爆破压力。气瓶有限元模型应能表征气瓶的几何特征、材料特性和边界条件。

5.3.2.4 气瓶纤维应力比不应低于 3.0。

5.3.2.5 气瓶直筒段应有玻璃纤维保护层,气瓶两端应设置肩部保护罩或者玻璃纤维保护层。

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,内胆批量和气瓶批量均不大于 50 只(不包括破坏性试验用塑料内胆或气瓶的数量)。

5.4.1.3 气瓶生产车间应按工艺文件规定控制环境温度和相对湿度。

5.4.1.4 塑料内胆成型、纤维缠绕、气瓶固化等过程的所有操作均应由自动化设备和连续的工艺协同完成,无人干预工艺条件。

5.4.2 塑料内胆

5.4.2.1 塑料内胆在成型之前应按照材料成型要求对需要干燥的材料进行干燥处理。

5.4.2.2 塑料内胆应按评定合格后的成型工艺进行加工,成型工艺应为滚塑、注塑、挤塑和焊接组合成型。

- a) 塑料内胆采用滚塑成型时,成型前应对模具和瓶阀座进行预热处理,成型过程中应控制模具轴向与环向温度、模具运动速度、冷却时间等参数;必要时,可采用分段加热冷却的方式控制成型质量。
- b) 塑料内胆采用注塑、挤塑和焊接组合成型时,符合下列要求。
 - 1) 注塑应控制温度(包括模具温度、料筒温度、喷嘴温度)、背压、注射压力及保压压力、注射速度、保压时间及冷却时间等参数。
 - 2) 筒体挤塑应控制模头环向壁厚均匀性、温度(包括料筒温度、模头温度)、挤出速率、牵引速率、真空压力、冷却速率等参数。
 - 3) 热熔焊时应控制焊接面温度、接触压力、焊接时间等参数,红外线焊接应控制红外线灯功率、加热温度、瓶体与红外线灯间距、焊接压力、压焊时间、环境温度等参数;焊接应在温度不低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恒温恒湿室内进行。
 - 4) 塑料内胆采用焊接时,应按评定合格后的焊接工艺进行焊接。焊接过程应控制环境温度和相对湿度,且在温度不低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的室内进行,焊接完成后应对焊接接缝进行退火处理。塑料内胆焊接工艺评定和焊接接头质量检测应分别按 GB/T 42612—2023 中附录 E 和附

录 F 的规定进行。

- 5) 焊接应连续,外表面卷边切除后,表面不应有未熔合、烧焦、孔洞、肉眼可见的杂质等缺陷。
- 6) 检查焊接接头的错边量和卷边中心高度,测量精度为 0.1 mm。焊接接头的错边量应小于或等于塑料内胆厚度的 10%,卷边中心高度应大于 0 mm。
- 7) 焊接接头不合格的塑料内胆应报废。

5.4.3 瓶阀座

5.4.3.1 瓶阀座锻压成型时,表面应色泽一致,且不应有裂纹、折皱、夹杂物、疏松、缩孔、未充满等有损瓶阀座性能的缺陷。

5.4.3.2 瓶阀座采用铝合金 6061 时,应进行固溶时效热处理;采用奥氏体不锈钢 S31603 时,应进行固溶处理。处理后的性能应符合设计文件的规定。

5.4.3.3 瓶口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。

5.4.4 纤维缠绕固化

5.4.4.1 缠绕纤维前,应清洁塑料内胆外表面。

5.4.4.2 缠绕和固化应按评定合格的工艺进行。

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、充气压力等。

5.4.4.4 固化过程应监控并记录时间、温度及内压。

5.5 安全泄放装置

5.5.1 气瓶的安全泄放装置可采用爆破片或爆破片与易熔合金塞串联组合装置。

5.5.2 气瓶的安全泄放量和泄放装置额定排量按 GB/T 33215 计算,且超压泄放装置的排放能力不应小于气瓶的安全泄放量。

5.5.3 爆破片的公称爆破压力为气瓶的水压试验压力,标定爆破压力的允差为 $\pm 5\%$;易熔合金塞的动作温度为 $102.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.5.4 采用爆破片与易熔合金塞串联组合装置时,易熔合金塞装置应当串联在爆破片装置出口侧。

5.5.5 气瓶所安装的安全泄放装置应通过火烧试验。

6 试验方法

6.1 塑料内胆

6.1.1 壁厚和制造偏差

塑料内胆壁厚和制造偏差按以下方法进行检查:

- a) 壁厚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,测量精度不低于 0.1 mm;
- b) 制造偏差采用专用量具或等同工具进行检查。

6.1.2 内外表面

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

6.1.3 母材拉伸试验

母材拉伸试样取样及试验按 GB/T 42612—2023 中 5.6.3 的规定进行。

6.1.4 焊接接头检测

6.1.4.1 拉伸试验

焊接接头拉伸试样取样及试验按 GB/T 42612—2023 中 5.6.4 的规定进行。

6.1.4.2 解剖检查

对取完拉伸试样的剩余焊接接头部位,先在每条焊接接头部位环向 45°、135°、225°、315°四个位置沿轴向解剖,用带测量系统的光学显微镜观察熔融部位的熔融范围,并测量熔融宽度,测量精度为 0.1 mm。

6.1.5 维卡软化温度

按 GB/T 1633—2000 规定的 A_{50} 法测定。

6.1.6 瓶阀座螺纹

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

6.1.7 瓶阀座与塑料内胆连接接头

按以下方法进行:

- a) 尺寸检查:采用光学设备通过非接触测量方法对连接接头进行尺寸检查,测量精度不低于 0.1 mm;
- b) 低压气密性检查:采用无油洁净干燥空气或其他惰性气体进行低压气密性检查,试验压力小于或等于 0.2 MPa,保压时间大于或者等于 1 min,其余参数按气瓶设计文件进行;
- c) 解剖检查:按工艺文件要求解剖瓶阀座与塑料内胆连接接头后,在充足光线下进行目视检查。

注:电子计算机断层扫描(CT)检查具有不破坏气瓶的优点,是一种未来有可能替代目视检查的方法。

6.1.8 O 形密封圈

按附录 A 的规定进行试验。其中,压缩永久变形试验、硬度试验和氢气损伤试验由 O 形密封圈制造单位或气瓶制造单位完成,并提供相应的试验报告。气瓶制造单位对 O 形密封圈外观、尺寸和硬度等进行复验。

6.2 气瓶

6.2.1 缠绕层力学性能

6.2.1.1 层间剪切强度

按附录 C 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 C 的规定进行试验。

6.2.1.2 拉伸强度

按 GB/T 1458 的规定制备具有代表性的缠绕层试样,试验有效试样数不少于 9 个。按 GB/T 1458 的规定进行试验。

6.2.2 缠绕层外观

在光线充足的条件下对缠绕层外观进行目视检查。

6.2.3 水压试验

6.2.3.1 耐压试验

在常温条件下,按 GB/T 9251 的规定进行耐压试验,在水压试验压力下保压时间不少于 2 min。

6.2.3.2 容积膨胀试验

6.2.3.2.1 在常温条件下,加压至水压试验压力,保压时间不少于 2 min,使瓶体充分膨胀后卸压。

6.2.3.2.2 保压期间不准许发生连续压降或泄漏,压力正偏差不应超过试验压力的 3% 或 1 MPa 两者中的较小值。

6.2.4 水压爆破试验

在常温条件下,按 GB/T 15385 的规定进行水压爆破试验,加压速率不大于 1.0 MPa/s。

6.2.5 常温压力循环试验

6.2.5.1 在常温条件下,按 GB/T 9252 的规定进行压力循环试验。

6.2.5.2 循环压力上限为水压试验压力或许用压力,循环压力下限为压力循环上限的 10%,且不超过 3 MPa,循环频率不超过 5 次/min,试验过程中瓶体表面温度不准许超过 50 °C,压力传感器放置于非加压端。

6.2.6 极限环境温度压力循环试验

按以下步骤进行试验。

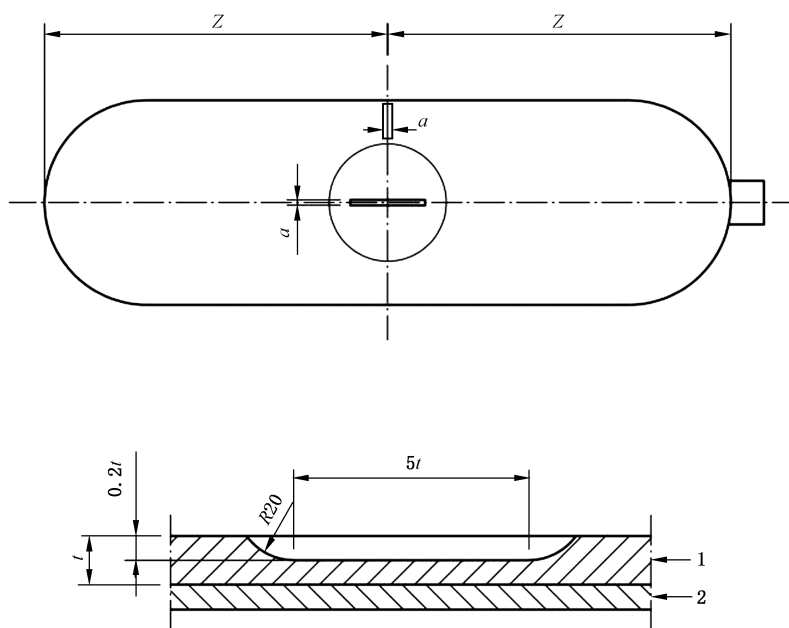
- a) 将充满介质并卸压至常压状态的气瓶置于温度 60 °C~70 °C、相对湿度不低于 90% 的环境中 48 h。
- b) 在维持上述环境条件下,按 GB/T 9252 进行压力循环试验,循环压力上限为公称工作压力,循环压力下限不高于公称工作压力的 10% 且不超过 3 MPa;加载频率不超过 10 次/min。
- c) 循环次数为 5 000 次;试验过程中通过控制环境箱条件和加载频率使瓶体表面温度保持在 60 °C~70 °C 范围内。
- d) 完成试验后,将气瓶卸压至常压,静置至瓶体表面温度恢复至常温(约 20 °C)。
- e) 将气瓶置于低温环境,直至气瓶及介质温度稳定在 -50 °C~-40 °C 范围内。
- f) 在低温环境下按 GB/T 9252 进行压力循环试验,循环压力上限为公称工作压力,循环压力下限不高于公称工作压力的 10% 且不超过 3 MPa;循环次数为 5 000 次;试验过程中通过控制环境箱条件和加载频率使瓶体表面温度保持在 -50 °C~-40 °C 范围内;循环试验选用的试验介质应当能够在试验温度范围内正常工作。
- g) 完成试验后,将气瓶卸压至常压,静置至瓶体表面温度恢复至常温(约 20 °C)。
- h) 按 6.2.11 的要求进行气瓶泄漏试验。
- i) 气瓶泄漏试验合格后,按 6.2.4 的要求进行水压爆破试验。

6.2.7 裂纹容限试验

按以下步骤进行试验:

- a) 沿气瓶筒体轴线方向加工一道纵向裂纹,在与纵向裂纹错开 120° 的圆周位置加工一道横向裂纹,裂纹宽度为 $1\text{ mm}\sim 3\text{ mm}$,裂纹深度为缠绕层厚度的 20% ,裂纹长度为缠绕层厚度的 5 倍,如图 2 所示;
- b) 缺陷制作完成后,按照 6.2.5 的要求进行常温压力循环试验,循环压力上限为公称工作压力,循环压力下限不高于公称工作压力的 10% 且不超过 3 MPa ,加载频率不超过 5 次/min ,循环次数为 $3\ 000$ 次;
- c) 气瓶完成常温压力循环试验后,按 6.2.4 的要求进行水压爆破试验。

单位为毫米



标引序号说明:

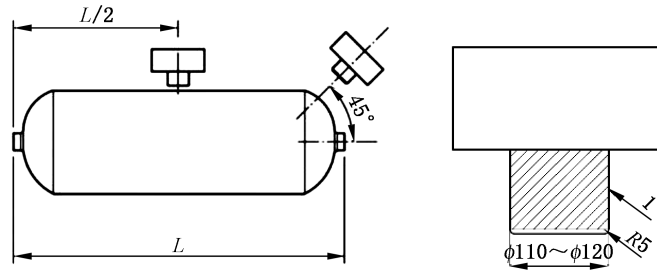
- 1 ——纤维层;
- 2 ——塑料内胆;
- a ——裂纹宽度,取 $1\text{ mm}\sim 3\text{ mm}$;
- t ——缠绕层厚度;
- Z ——气瓶瓶体长度的 $1/2$ 。

图 2 裂纹尺寸示意图

6.2.8 钝物冲击试验

按以下步骤进行试验:

- a) 固定空载气瓶,采取有效措施防止其受冲击后移动;
- b) 采用落锤或者其他重物,对气瓶的筒体中部进行 1 次垂直冲击,对气瓶的瓶肩部位进行 1 次 45° 冲击,冲击能量为 $1\ 200\text{ J}$,冲击锤头采用钢棒制成,直径应在 $\phi 110\text{ mm}\sim \phi 120\text{ mm}$ 范围内,如图 3 所示;
- c) 气瓶完成冲击试验后,按照 6.2.5 的要求进行常温压力循环试验,循环压力上限为公称工作压力,循环压力下限不高于公称工作压力的 10% 且不超过 3 MPa ;循环次数为 $3\ 000$ 次。



标引序号说明：

1 —— 钢棒；

L —— 气瓶长度。

图 3 钝物冲击试验示意图

6.2.9 火烧试验

6.2.9.1 火烧试验应使用符合环保要求的燃料，所选燃料应能提供均匀充足的热量，确保气瓶测温点达到规定试验温度，并维持燃烧至气瓶泄放。

6.2.9.2 气瓶充装氢气至公称工作压力，并按以下步骤进行试验。

- a) 气瓶水平放置，气瓶中点在火源中心，最低部位距火源顶部约 0.1 m。
- b) 沿火源长度方向等距布置 3 只热电偶以监测瓶体表面温度，并采用厚度大于或等于 0.4 mm 的金属挡板防止火焰直接冲击热电偶；试验过程中，热电偶温度及气瓶压力数据间隔 10 s 或更短时间进行记录。
- c) 试验火源选用长度为 1.65 m 的均匀火源，确保火焰能对气瓶形成周向包覆燃烧，且在火源点燃后 2 min 内，气瓶底部温度不低于 590 °C。
- d) 当任意 1 只热电偶温度达到 590 °C 时，火烧试验开始计时；试验过程中，至少有 2 只热电偶记录温度大于或等于 590 °C，否则试验无效。
- e) 气瓶持续暴露于火焰中，直至满足以下任一条件时终止试验：
 - 1) 气瓶在大于或等于 590 °C 温度下，压力泄放装置动作，且瓶内压力降至 0.7 MPa 以下；
 - 2) 气瓶在大于或等于 590 °C 温度下，压力泄放装置不动作，但暴露火焰中至少 15 min，无泄漏且无爆破。
- f) 停止火烧，气瓶安全排气，终止试验。

6.2.10 扭矩试验

按以下步骤进行试验：

- a) 固定空载气瓶防止其旋转；
- b) 按照气瓶制造单位定的最大扭矩或者设计图纸上的推荐扭矩的 150% 拧紧端塞或瓶阀；
- c) 拆卸端塞或瓶阀，检查瓶阀座、端塞或瓶阀的螺纹；
- d) 按照 b) 中规定重新安装端塞或瓶阀；
- e) 按照 6.2.11 的要求进行气瓶泄漏试验。

6.2.11 泄漏试验

6.2.11.1 一般要求

对公称工作压力小于或等于 35 MPa 的气瓶，泄漏试验可采用浸水法或氦质谱检漏法；对公称工作

压力大于 35 MPa 的气瓶,泄漏试验应采用氦质谱检漏法。

6.2.11.2 浸水法

当采用浸水法时,按 GB/T 12137 的规定进行,其中:

- a) 采用干燥空气或氮气等压缩气体作为试验介质;
- b) 试验压力为公称工作压力;
- c) 保压时间不少于 3 min。

6.2.11.3 氦质谱检漏法

当采用氦质谱检漏法时,按 GB/T 12137 的规定进行,其中:

- a) 采用合适的示踪气体作为试验介质;
- b) 试验压力为公称工作压力;
- c) 保压时间不少于 3 min。

6.2.12 加速应力破裂试验

按以下步骤进行试验:

- a) 将充满液体介质的常压气瓶置于 85 °C 的环境箱中;
- b) 待气瓶瓶壁温度达到 85 °C 时,对其加压至 1.5 倍公称工作压力,并在 85 °C 环境温度条件下保持此压力 1 000 h;
- c) 试验完成后,按 6.2.4 的要求进行水压爆破试验。

6.2.13 高温蠕变试验

按以下步骤进行试验:

- a) 将充满液体介质的常压气瓶置于 100 °C 的环境箱中;
- b) 待气瓶瓶壁温度达到 100 °C 时,对其加压至 1.5 倍公称工作压力,并在 100 °C 环境温度条件下保持此压力 200 h;
- c) 试验完成后,按 6.2.4 的要求进行水压爆破试验。

6.2.14 常温渗透试验

按以下步骤进行试验。

- a) 将气瓶充装氢气至公称工作压力。
- b) 将气瓶置于温度为 $(15 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的密闭容器中,缓慢充气至公称工作压力,并在此压力下静置 12 h,测量氢气渗透率。之后,每间隔不少于 12 h 测量 1 次氢气渗透率,至少连续测量 3 次,直至连续两次测量值之差小于或等于前一次测量值的 $\pm 10\%$,即认为达到稳态。
- c) 自达到稳态起计时 500 h,每间隔 12 h 记录 1 次气瓶氢气渗透率,获得氢气渗透率随时间变化曲线。

6.2.15 氢气循环试验

6.2.15.1 本试验应在水压试验和泄漏试验合格后进行。

6.2.15.2 采用氢气在室温下进行气体循环试验,并同时满足以下要求:

- a) 以不大于 4 MPa/min 的升压速率,将气瓶压力升至公称工作压力;
- b) 保压 20 h;
- c) 卸压至气瓶压力不高于公称工作压力的 10% 且不超过 3 MPa;

- d) 静置 4 h;
- e) 重复步骤 a)~d),直到 30 次循环完成。

6.2.15.3 30 次循环后,检查内胆、缠绕层与瓶阀座界面结合处等部位是否有劣化现象(包括但不限于鼓泡、裂纹或静电损伤)。如果观测到劣化现象,则应当记录此时状态,并按照 6.2.11 和 6.2.14 的要求对被测样瓶进行泄漏试验和常温渗透试验。

7 检验规则

7.1 试验和检验合格判定依据

7.1.1 内胆

7.1.1.1 壁厚和制造偏差

塑料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者等于公称外直径的 2%;
- d) 筒体直线度小于或者等于筒体长度的 0.3%。

7.1.1.2 内外表面

塑料内胆的内外表面应符合以下要求:

- a) 干净无污物;
- b) 无鼓包、褶皱、重叠以及边缘尖锐的表面压痕等缺陷。

7.1.1.3 母材拉伸试验

试样的破坏类型为韧性断裂,拉伸断裂应力和拉伸断裂标称应变应大于或者等于气瓶制造单位设计保证值。

7.1.1.4 焊接接头检测

7.1.1.4.1 拉伸试验

试样的破坏类型为韧性断裂,拉伸断裂应力和拉伸断裂标称应变应大于或等于气瓶制造单位设计保证值。

7.1.1.4.2 解剖检查

熔融宽度应满足设计文件要求。

7.1.1.5 维卡软化温度

聚乙烯(包括改性聚乙烯)的维卡软化温度应大于或等于 115 °C,聚酰胺(包括改性聚酰胺)的维卡软化温度应大于或等于 135 °C。

7.1.1.6 瓶阀座螺纹

瓶阀座螺纹符合以下要求:

- 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。

7.1.1.7 瓶阀座与塑料内胆连接接头

瓶阀座与塑料内胆连接接头质量检测至少应包括尺寸(仅针对塑料内胆成型后再与瓶阀座组装的情况)、低压气密性和解剖检查。瓶阀座与塑料内胆连接接头质量应符合气瓶设计文件的规定。

7.1.1.8 O形密封圈

O形密封圈的外观、尺寸、硬度、断裂拉伸强度、拉断伸长率、压缩永久变形率、硬度变化和氢气损伤应符合附录A的规定。

注：此处指位于瓶阀座与塑料内胆连接接头内的O形密封圈。

7.1.2 缠绕气瓶

7.1.2.1 缠绕层力学性能

7.1.2.1.1 层间剪切强度

缠绕层层间剪切强度应大于或等于 34.5 MPa。

7.1.2.1.2 拉伸强度

拉伸强度应大于或等于制造单位保证值。

7.1.2.2 缠绕层外观

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。

7.1.3 水压试验

7.1.3.1 耐压试验

保压期间瓶体不应泄漏或者明显变形。

7.1.3.2 容积膨胀试验

保压期间瓶体不应泄漏或者明显变形,卸压后气瓶容积弹性膨胀量不超过极限弹性膨胀量。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全尺寸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全尺寸气瓶设计定型阶段,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。

7.1.4 水压爆破试验

气瓶爆破压力 P_b 应大于或等于气瓶设计爆破压力 P_{bmin} ,且不应小于气瓶公称工作压力的 3 倍。

7.1.5 常温压力循环试验

气瓶应达到在水压试验压力下 N 次循环或者在许用压力下 N_d 次循环,没有泄漏或者爆破失效。此处：

$$N = 15(\text{年}) \times n(\text{次/年});$$

$N_d = 15(\text{年}) \times 2n(\text{次/年})$;
 n 不少于 500 次/年,由气瓶制造单位确定。

同时,按照表 2 的要求进行两阶段共不超过 24 000 次或 48 000 次循环,或者直到气瓶因泄漏而失效。两阶段试验都通过则认为本次试验通过,但如果在试验的第二阶段由于爆破而失效,则认为没有通过本次试验。

表 2 常温压力循环试验合格判定

项目	第一阶段	第二阶段	判定结果
循环次数	$0 \sim N$	$N \sim 2N$,但 $2N$ 不超过 24 000 次	—
	$0 \sim N_d$	$N_d \sim 2N_d$,但 $2N_d$ 不超过 48 000 次	
失效模式	无泄漏		合格
	无泄漏或爆破	有泄漏无爆破	合格
	无泄漏或爆破	爆破	不合格

7.1.6 极限环境温度压力循环试验

在压力循环过程中应无纤维脱离、瓶体泄漏和爆破现象;水压爆破试验时,其爆破压力不应低于气瓶设计爆破压力的 85%。

7.1.7 裂纹容限试验

带裂纹缺陷的气瓶按 6.2.5 的要求进行常温压力循环试验至 3 000 次的过程中,瓶体不应泄漏或破裂。

7.1.8 钝物冲击试验

气瓶按照 6.2.8 的要求进行钝物冲击试验,符合以下要求为合格:

- a) 经冲击后的气瓶按 6.2.5 的要求进行常温压力循环试验至 3 000 次的过程中,瓶体不应泄漏或破裂;
- b) 在随后的 12 000 次循环中允许气瓶泄漏失效,但不准许爆破失效。

7.1.9 火烧试验

气瓶按照 6.2.9 的要求进行火烧试验,符合下列要求之一时为合格:

- a) 安全泄放装置泄放并且泄放压力不低于气瓶许用压力,气瓶未发生爆炸;
- b) 试验开始计时后 15 min 内未发生爆炸,可以终止试验。

试验过程中,气瓶可通过瓶壁表面泄漏。

对于所有大容积气瓶,制造单位应向系统设计者提供防火性能数据,以便对系统防火性能进行风险评估,避免气瓶在使用中破裂。

7.1.10 扭矩试验

7.1.10.1 瓶阀座、内胆和复合材料界面之间不准许产生永久性的可见损伤。

7.1.10.2 在气瓶泄漏试验中,采用浸水法时泄漏率不应大于 2 泡/min;采用氦质谱检漏法时,泄漏率不应大于 $5 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

7.1.11 泄漏试验

7.1.11.1 采用浸水法时,泄漏率不应大于 2 泡/min。

7.1.11.2 采用氦质谱检漏法时,泄漏率不应大于 $5 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

7.1.12 加速应力破裂试验

7.1.12.1 85℃、1 000 h 的保压过程中,试验气瓶不应泄漏或破裂。

7.1.12.2 保压 1 000 h 后,其剩余爆破压力不应低于气瓶设计爆破压力的 85%。

7.1.13 高温蠕变试验

7.1.13.1 100℃、200 h 的保压过程中,试验气瓶不应泄漏或破裂。

7.1.13.2 保压 200 h 后,其剩余爆破压力不应低于气瓶设计爆破压力的 85%。

7.1.14 常温渗透试验

渗透速率应小于或等于 6 mL/(h·L)。

7.1.15 氢气循环试验

7.1.15.1 氢循环试验过程中,气瓶不应泄漏或破裂。

7.1.15.2 30 次循环试验后,观察到劣化现象(包括但不限于鼓泡、裂纹或静电损伤)而进行泄漏试验和常温渗透试验的气瓶,还应满足 7.1.11 和 7.1.14 的规定。

7.2 出厂检验

7.2.1 逐只检验

塑料内胆和气瓶应按表 3 规定的项目进行逐只检验。

7.2.2 批量检验

7.2.2.1 检验项目

塑料内胆和气瓶应按表 3 规定的项目进行批量检验。

7.2.2.2 抽样规则

7.2.2.2.1 O 形密封圈

O 形密封圈的抽样规则应在订货时由制造单位和供应商商定。当 O 形密封圈批量大于 250 个且批量与样本量之比大于 10 时,应符合 GB/T 13262 的规定;当 O 形密封圈批量小于或等于 250 个或批量与样本量之比小于或等于 10 时,应符合 GB/T 13264 的规定。

7.2.2.2.2 塑料内胆

从每批塑料内胆中随机抽取 1 只。

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,则可重新试验;若重新试验结果合格,则以重新试验后的合格结果为准。否则应查明试验不合格原因,若确认不合格是由于塑料内胆缺陷造成的,则应对该批次塑料内胆进行 100% 检查并移除有缺陷的内胆后,重

新随机抽取 2 只进行内胆批量检验,2 只塑料内胆全部通过试验,则本批塑料内胆合格;若其中有 1 只未通过试验,则本批塑料内胆不合格。

7.2.2.2.3 气瓶

从每 5 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。若气瓶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,则可重新试验;若重新试验结果合格,则以重新试验后的合格结果为准。若气瓶批量检验有不合格的项目,允许再随机抽取 2 只气瓶进行该项目试验。2 只气瓶全部通过试验,则该 5 批气瓶合格;若其中有 1 只未通过试验,则该 5 批气瓶不合格。5 批气瓶抽样时间间隔不超过 12 个月。

7.3 型式试验

7.3.1 新设计的气瓶应按表 3 规定的项目进行型式试验。

7.3.2 用于型式试验的塑料内胆基数为 5 只,从中随机抽取进行型式试验的塑料内胆数量为 1 只;气瓶基数为 30 只(包括全尺寸气瓶和代表性气瓶),从中随机抽取进行型式试验的气瓶数量为:水压爆破试验 3 只,常温压力循环试验 2 只,极限环境温度压力循环试验 1 只,裂纹容限试验 1 只,火烧试验 1 只,钝物冲击试验 1 只,扭矩试验 1 只,加速应力破裂试验 1 只,高温蠕变试验 1 只,常温渗透试验 1 只,氢气循环试验 1 只。上述试验中,水压爆破试验、常温压力循环试验采用全尺寸气瓶,其他试验可采用筒体段长度至少为 2 倍气瓶公称外径的长度的代表性气瓶,其中钝物冲击试验、火烧试验的气瓶总长度还应至少为气瓶总长度的 1/5。

表 3 气瓶出厂检验及型式试验

序号	检验项目		出厂检验		型式试验	试验方法	合格标准	
			逐只检验	批量检验				
1	塑 料 内 胆	壁厚和制造偏差		√	—	√	6.1.1	7.1.1.1
2		内外表面		√	—	√	6.1.2	7.1.1.2
3		母材拉伸试验		—	√	√	6.1.3	7.1.1.3
4		焊接接头检测	拉伸试验	—	√	√	6.1.4	7.1.1.4
5			解剖检查	—	√	√		
6		维卡软化温度		—	—	√	6.1.5	7.1.1.5
7		瓶阀座螺纹		√	—	√	6.1.6	7.1.1.6
8		瓶阀座与塑料内胆 连接接头	尺寸检查	√	—	—	6.1.7	7.1.1.7
9			低压气密性检查	√	—	—		
10			解剖检查	—	—	√		
11		O 形密封圈	外观	√	—	—	6.1.8	7.1.1.8
12			尺寸	√	—	—		
13			硬度	—	√	—		
14			拉伸试验	—	√	—		

表 3 气瓶出厂检验及型式试验（续）

序号	检验项目		出厂检验		型式试验	试验方法	合格标准	
			逐只检验	批量检验				
15	气瓶	缠绕层力学性能	层间剪切试验	—	—	√	6.2.1.1	7.1.2.1.1
16			拉伸试验	—	—	√	6.2.1.2	7.1.2.1.2
17		缠绕层外观		√	—	√	6.2.2	7.1.2.2
18		水压试验	耐压试验	√	—	√	6.2.3.1	7.1.3.1
19			容积膨胀试验	—	—	√	6.2.3.2	7.1.3.2
20		水压爆破试验		—	√	√	6.2.4	7.1.4
21		常温压力循环试验		—	√	√	6.2.5	7.1.5
22		极限环境温度压力循环试验		—	—	√	6.2.6	7.1.6
23		裂纹容限试验		—	—	√	6.2.7	7.1.7
24		钝物冲击试验		—	—	√	6.2.8	7.1.8
25		火烧试验		—	—	√	6.2.9	7.1.9
26		扭矩试验		—	—	√	6.2.10	7.1.10
27		泄漏试验		—	—	√	6.2.11	7.1.11
28		加速应力破裂试验		—	—	√	6.2.12	7.1.12
29		高温蠕变试验		—	—	√	6.2.13	7.1.13
30		常温渗透试验		—	—	√	6.2.14	7.1.14
31		氢气循环试验		—	—	√	6.2.15	7.1.15
注：“√”为做试验，“—”为不做试验。								

7.4 设计变更

7.4.1 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 4 规定的项目重新进行型式试验。未列入表 4 的设计变更应视为新设计,需作为设计原型按表 3 的规定进行全部项目的型式试验。

表 4 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															
		塑料内胆型式试验项目	缠绕层力学性能	缠绕层外观	水压试验	水压爆破试验	常温压力循环试验	极限环境温度压力循环试验	裂纹容限试验	钝物冲击试验	火烧试验	扭矩试验	泄漏试验	加速应力破裂试验	高温蠕变试验	常温渗透试验	氢气循环试验
新设计		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
等效内胆		√	—	—	√	√	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
等效纤维		—	√	√	√	√	—	—	—	√	—	—	—	√	—	—	—
等效基体		—	√	√	√	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
气瓶公称直径	≤20%	—	—	—	√	√	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	>20%且≤50%	—	—	—	√	√	√	—	—	√ ^b	√	—	—	√	—	√	—
水压试验压力	≤20%	—	—	—	√ ^a	√ ^a	√ ^a	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	>20%且≤50%	—	—	—	√	√	√	—	√	√	√	—	—	√	—	√	—
最小塑料内胆厚度	>105%	√	—	—	√	√	√	—	—	—	—	—	—	—	—	√	—
瓶阀座		—	—	—	√	√	√	√	—	—	—	√	√	√	—	—	√
仅瓶阀座螺纹		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	√	—	—	—	—	—
注：“√”为做试验，“—”为不做试验。																	
^a 该试验适用于内壁厚减少 20%或更多的气瓶。																	
^b 试验仅适用于减少直径条件。																	

7.4.2 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) 塑料内胆材料;
- f) 瓶阀座几何形状(含瓶阀座螺纹形式或尺寸变化)。

7.4.3 除 7.4.2 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 4 中两个或两个以上设计变更项目时,试验项目应能覆盖此次所有变更项目。

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

7.4.5 当气瓶与设计原型相比仅是瓶阀座螺纹改变,则应根据 6.2.10 的要求进行扭矩试验。

7.4.6 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±5%的纤维视为等效纤维材料。

7.4.7 牌号或配方发生变化的树脂视为新树脂材料。

7.4.8 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 7.1.2.1.1 要求的树脂视为等效树脂材料。

8 安装和防护

8.1 气瓶制造单位应规定端塞、安全泄放装置、瓶阀等型号、规格及其安装力矩。

8.2 气瓶固定在管束式集装箱或长管拖车上,其侧面和底部应设置钢质防火隔离板,以保证气瓶在火灾状况下具有充分的安全性能。防火隔离板的设置应符合下列规定。

- a) 在不低于 590 °C 时不变形。
- b) 厚度不小于 1.0 mm。
- c) 拼接处不留有缝隙。
- d) 防火隔离板与气瓶之间的距离,保证不会对气瓶产生任何影响。
- e) 侧面防火隔离板一般为封闭结构。当需开口或开孔时,其开口或开孔位置需考虑气体扩散、散热及火灾等影响。
- f) 底部防火隔离板除排水孔外,不准许有其他开口或开孔,且排水孔远离半挂车轮胎部位。

8.3 气瓶安装在管束式集装箱及长管拖车上时,应有防止气瓶转动,纤维缠绕层接触磨损,以及因压力、温度变化引起的膨胀或收缩等导致气瓶失效的措施。

9 标志、电子标签、包装、运输和储存

9.1 标志

9.1.1 每只气瓶应在玻璃纤维保护层中植入完整的制造标签,以形成清晰可见的永久性标记。制造标签的字高不小于 8 mm。

9.1.2 标记项目应至少包含以下内容:

- a) 制造单位名称或代号;
- b) 制造单位许可证编号;
- c) 气瓶编号;
- d) 本文件编号;
- e) 气瓶型号;
- 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) 公称容积,L;
- j) 气瓶重量,kg;
- k) 设计循环次数,次;
- l) 气瓶设计使用年限,年;
- m) 气瓶的制造年月;
- n) 监督检验标志。

9.2 电子标签

气瓶玻璃纤维保护层应植入二维码或射频标签等可追溯的永久性电子标签,电子标签内容至少应包括以下内容:

- 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；
- e) 型式试验证书。

9.3 包装

- 9.3.1 气瓶应充装不低于 0.2 MPa 压力的氮气,瓶口应采取可靠措施加以密封,防止沾污。
- 9.3.2 气瓶应妥善包装,防止运输时损伤。
- 9.3.3 包装运输标志应符合 GB/T 191 的有关规定。

9.4 运输

- 9.4.1 气瓶的运输应符合道路运输管理方面的有关规定。
- 9.4.2 在运输和装卸过程中,应防止碰撞、受潮和附件损坏,尤其要防止缠绕层的划伤。

9.5 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,不准许接触强酸、强碱、强辐射,不准许切割、刻划、抛掷和剧烈撞击。

10 产品合格证和批量检验质量证明书

10.1 产品合格证

- 10.1.1 出厂的每只气瓶应附有产品合格证,并向用户提供产品使用说明书。
- 10.1.2 产品合格证至少应包含以下内容:

- a) 制造单位名称或代号；
- b) 制造单位许可证编号；
- c) 气瓶型号；
- d) 气瓶编号；
- e) 本文件编号；
- f) 实测水容积,L；
- g) 实测空瓶重量,kg；
- h) 充装介质或化学分子式；
- i) 公称工作压力,MPa；
- j) 水压试验压力,MPa；
- k) 制造年月；
- l) 设计循环次数,次；
- m) 设计使用年限,年；
- n) 监督检验标记；
- o) 塑料内胆材料牌号；
- p) 出厂检验标记；
- q) 纤维材料牌号；
- r) 树脂材料牌号；
- s) 定期检验周期,年。

10.2 批量检验质量证明书

10.2.1 经检验合格的每批气瓶,均应附有批量检验质量证明书,气瓶使用方均应有批量检验质量证明书的复印件。

10.2.2 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。

10.2.3 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),保存时间不少于气瓶的设计使用年限。

附 录 A
(规范性)
气瓶用 O 形密封圈性能评定方法

A.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。

A.2 材料

A.2.1 拉伸试验

A.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。

A.2.1.2 试验方法

试样制备按 GB/T 2941—2025 的规定执行,试验方法按 GB/T 528 的规定执行。

A.2.2 温度回缩试验

A.2.2.1 合格指标

O 形密封圈材料回缩温度应满足设计文件的要求。

A.2.2.2 试验方法

按 GB/T 7758 的规定进行试验,初始冷却温度为 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$,测定试样回缩率为 10%时的温度。

A.3 O 形密封圈

A.3.1 外观

A.3.1.1 合格指标

外观质量应满足设计文件的要求。

A.3.1.2 试验方法

按 GB/T 3452.2 的规定进行检查。

A.3.2 尺寸

A.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。

A.3.2.2 试验方法

按 GB/T 2941—2025 中描述的方法 D 进行测量。

A.3.3 硬度

A.3.3.1 合格指标

硬度应满足设计文件的要求。

A.3.3.2 试验方法

按 GB/T 6031 的规定进行试验。

A.3.4 拉伸试验

A.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。

A.3.4.2 试验方法

按 GB/T 5720 的规定进行试验。

A.3.5 压缩永久变形

A.3.5.1 合格指标

压缩永久变形率应满足设计文件的要求。

A.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 $(150 \pm 2)^\circ\text{C}$,试验时间为 $(72 \pm 1)\text{h}$ 。

A.3.6 硬度变化试验

A.3.6.1 合格指标

硬度变化应满足设计文件的要求。

A.3.6.2 试验方法

按 GB/T 3512 的规定进行老化试验,老化温度为 $(150 \pm 2)^\circ\text{C}$,老化时间为 $(72 \pm 1)\text{h}$ 。按 GB/T 6031 的规定测量老化试验前后 O 形密封圈硬度。

A.3.7 氢气损伤试验

A.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%。

A.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,测量值精确到 1 mg;
- b) 按 GB/T 533—2008 中描述的方法 A 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 $(15 \pm 2)^\circ\text{C}$ 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 形密封在压力为气瓶公称工作压力、温度为 $(-50 \pm 2)^\circ\text{C}$ 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 形密封圈表面情况并测量其体积变化率和质量变化率。

附录 B

(资料性)

直螺纹剪切应力安全系数的计算方法

B.1 概述

本附录提供了一种直螺纹的剪切应力及其安全系数的计算方法。

B.2 螺纹剪切应力的计算

内螺纹剪切应力 τ_n 和外螺纹剪切应力 τ_w , 按公式(B.1)和公式(B.2)计算。

$$\tau_n = \frac{F_w}{zA_n} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

$$\tau_w = \frac{F_w}{zA_w} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

在水压试验压力下, 螺纹最大轴向外载荷 F_w , 按公式(B.3)计算。

$$F_w = P_h A_1 \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

单个内螺纹牙受剪面积 A_n 和单个外螺纹牙受剪面积 A_w , 按公式(B.4)和公式(B.5)计算。

$$A_n = \pi d_{\min} \left[\frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{\min} - D_{2\max}) \right] \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

$$A_w = \pi D_{1\max} \left[\frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{2\min} - D_{1\max}) \right] \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

B.3 螺纹剪切应力安全系数的计算

螺纹剪切应力安全系数即材料剪切强度与螺纹剪切应力的比值。材料剪切强度通常取材料抗拉强度的 0.6 倍。

内螺纹剪切应力安全系数 K_n 和外螺纹剪切应力安全系数 K_w , 按公式(B.6)和公式(B.7)计算。

$$K_n = \frac{\tau_{nm}}{\tau_n} \quad \dots\dots\dots (B.6)$$

$$K_w = \frac{\tau_{wm}}{\tau_w} \quad \dots\dots\dots (B.7)$$

附 录 C
(规范性)
层间剪切试验方法

C.1 原理

通过位于剪切试样中点的加载头对层间界面施加载荷,使其在剪切应力状态下发生破坏,从而计算出该界面的层间剪切强度等性能参数。

C.2 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。

C.3 仪器设备

C.3.1 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 $\pm 1\%$ 。

C.3.2 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 b 至少 2 mm,洛氏硬度(HRC)值为 60~62。加载头和支座表面应光滑,不准许有凹痕、毛刺、锐边等。加载头中心线与两支座跨距中心线重合。

C.3.3 尺寸测量仪

千分尺或卡尺,分度值为试样尺寸的 1%。

C.4 取样和试样制作

C.4.1 取样

从圆环上切割试样,试样表面应平滑,不准许有划痕和分层。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。

C.4.2 试样尺寸

剪切试样尺寸如图 C.1 所示。

单位为毫米

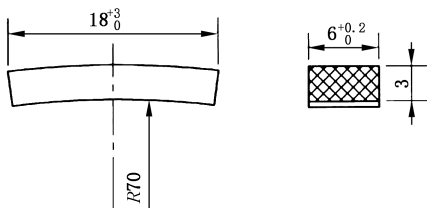


图 C.1 试样尺寸

C.5 试验步骤

C.5.1 环境条件

试验环境的温度为 $(23\pm3)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $(50\pm10)\%$ 。

C.5.2 试验速度

试验速度为 1 mm/min。

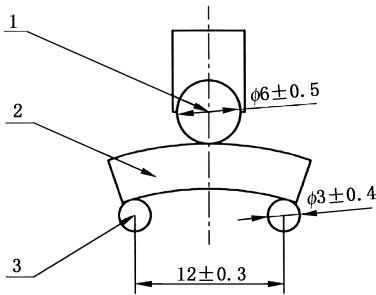
C.5.3 试验尺寸测量

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。

C.5.4 试样安装

将试样放入加载工装中，如图 C.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 $(12.0\pm0.3)\text{mm}$ 。

单位为毫米



标引序号说明：
1——加载头；
2——试样；
3——支座。

图 C.2 试样安装示意图

C.5.5 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。

C.5.6 记录

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

C.5.7 破坏模式

试样层间剪切破坏模式如图 C.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 C.3 试样层间剪切破坏模式示意图

C.6 计算结果与表示

按公式(C.1)计算单个试样的层间剪切强度：

$$F_{\text{sbs}} = 0.75 P_{\text{ml}} / (bh) \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

按公式(C.2)计算层间剪切强度算术平均值：

$$\bar{X} = (\sum_{i=1}^n X_i) / m \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

C.7 试验报告

试验报告应至少包括以下信息：

- a) 试验依据:GB/Z 168—2026 附录 C；
- 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。

参 考 文 献

- [1] GB/T 13005—2011 气瓶术语
 - [2] GB/T 33145—2023 大容积钢质无缝气瓶
-

中 华 人 民 共 和 国
国家标准化指导性技术文件
大容积塑料内胆碳纤维全缠绕压缩氢气瓶
GB/Z 168—2026

*

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)

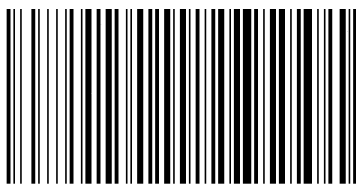
网址: www.spc.net.cn

服务热线: 400-168-0010

2026年2月第1版

*

书号: 155066·1-83602



GB/Z 168—2026

版权专有 侵权必究