

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 28053—2023

代替 GB/T 28053—2011

## 铝合金内胆碳纤维全缠绕气瓶

Fully wrapped carbon fibre reinforced composite gas cylinders with  
aluminium alloy liners

(ISO 11119-2:2020, Gas cylinders—Design, construction and testing of refillable  
composite gas cylinders and tubes—Part 2: Fully wrapped fibre reinforced  
composite gas cylinders and tubes up to 450 L with load-sharing metal liners,  
NEQ)

2023-03-17 发布

2023-10-01 实施

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 .....	V
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义、符号.....	2
3.1 术语和定义 .....	2
3.2 符号 .....	3
4 型式、参数、分类和型号 .....	3
4.1 型式 .....	3
4.2 参数 .....	4
4.3 分类 .....	4
4.4 型号 .....	4
5 技术要求 .....	4
5.1 材料 .....	4
5.2 设计 .....	5
5.3 制造 .....	6
5.4 附件 .....	7
6 试验方法和合格指标 .....	7
6.1 内胆 .....	7
6.2 气瓶 .....	10
7 检验规则.....	17
7.1 出厂检验 .....	17
7.2 型式试验 .....	17
7.3 设计变更 .....	18
8 标志、包装、运输和储存.....	20
8.1 标志 .....	20
8.2 电子标签 .....	20
8.3 包装 .....	20
8.4 运输 .....	20
8.5 储存 .....	20
9 产品合格证和批量检验质量证明书.....	20
9.1 产品合格证 .....	20
9.2 批量检验质量证明书 .....	21
附录 A（规范性） 气瓶装阀扭矩 .....	22
附录 B（资料性） 螺纹切应力安全系数计算方法 .....	23
B.1 计算公式 .....	23

GB/T 28053—2023

B.2 计算示例 .....	24
附录 C（规范性） 呼吸器用气瓶专项技术要求 .....	27
C.1 总则 .....	27
C.2 设计 .....	27
C.3 试验方法和合格指标 .....	28
C.4 出厂检验、型式试验和设计变更 .....	30
附录 D（规范性） 外保护套 .....	33
D.1 材料 .....	33
D.2 设计 .....	33
D.3 制造 .....	33
D.4 试验 .....	33
附录 E（规范性） 层间剪切试验方法 .....	36
E.1 一般要求 .....	36
E.2 试样制作 .....	36
E.3 取样和试样尺寸 .....	36
E.4 试验要求 .....	36
E.5 试验步骤 .....	37
E.6 层间剪切强度计算 .....	38
E.7 试验结果 .....	38
E.8 试样报告 .....	38
附录 F（资料性） 常见压缩气体的温升压力 .....	39
附录 G（资料性） 铝合金内胆碳纤维全缠绕气瓶批量检验质量证明书 .....	40
图 1 气瓶瓶体结构型式 .....	3
图 2 取样部位示意图 .....	8
图 3 拉伸试样图 .....	9
图 4 弯曲试验示意图 .....	10
图 5 裂纹缺陷示意图 .....	13
图 6 跌落试验示意图 .....	14
图 7 大于 150 L 气瓶冲击试验示意图 .....	15
图 B.1 瓶口内螺纹和外螺纹啮合尺寸及受力部位示意图 .....	24
图 D.1 外保护套强度试验示意图 .....	34
图 D.2 跌落试验示意图 .....	35
图 E.1 试样尺寸图 .....	36
图 E.2 试样安装示意图 .....	37
图 E.3 破坏模式示意图 .....	38
图 G.1 铝合金内胆碳纤维全缠绕气瓶批量检验质量证明书 .....	40
表 1 气瓶公称容积的允许偏差 .....	4
表 2 铝合金化学成分 .....	5
表 3 弯曲试验压头直径和压扁试验压头间距 .....	9
表 4 合格指标 .....	12

表 5	气瓶出厂检验及型式试验 .....	18
表 6	设计变更 .....	19
表 A.1	气瓶阀门装配扭矩 .....	22
表 B.1	M18×1.5-6H 内螺纹的极限尺寸 .....	25
表 B.2	M18×1.5-6g 外螺纹的极限尺寸 .....	25
表 C.1	呼吸器用气瓶出厂检验及型式试验 .....	31
表 C.2	呼吸器用气瓶设计变更 .....	32
表 D.1	暴露周期 .....	35
表 F.1	常见压缩气体在 65 °C 时的温升压力 .....	39



## 前 言

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

本文件代替 GB/T 28053—2011《呼吸器用复合气瓶》，与 GB/T 28053—2011 相比，主要技术变化如下：

- a) 更改了范围(见第 1 章,2011 年版的第 1 章)；
- b) 更改了水压试验压力的规定(见 5.2.2.2,2011 年版的 5.2.2.1)；
- c) 更改了最小爆破压力的规定(见 5.2.2.3,2011 年版的 5.2.2.2)；
- d) 增加了内胆弯曲、压扁试验(见 6.1.6.4、6.1.6.5)；
- e) 更改了常温压力循环试验(见 6.2.6,2011 年版的 6.2.6)；
- f) 增加了裂纹容限试验(见 6.2.8)；
- g) 更改了跌落/冲击试验(见 6.2.9,2011 年版的 6.2.9)；
- h) 更改了枪击试验(见 6.2.10,2011 年版的 6.2.10)；
- i) 更改了火烧试验(见 6.2.11,2011 年版的 6.2.11)；
- j) 增加了盐水浸渍试验(见 6.2.12)；
- k) 增加了电子标签(见 8.2)；
- l) 将 2011 年版的《呼吸器用复合气瓶》的部分技术要求纳入附录中(见附录 C,2011 年版的第 5 章、第 6 章、第 7 章)。

本文件参考 ISO 11119-2:2020《气瓶 可重复充装、复合气瓶和复合管式气瓶的设计、制造和试验 第 2 部分：不超过 450 L 的承载金属内胆纤维增强全缠绕复合气瓶和复合管式气瓶》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：沈阳欧施盾新材料科技有限公司、北京天海工业有限公司、大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司、浙江大学、中国特种设备检测研究院、北京科泰克科技有限责任公司、佛吉亚斯林达安全科技(沈阳)有限公司、中材科技(成都)有限公司、浙江凯博压力容器有限公司、沈阳特种设备检测研究院、沈阳中复科金压力容器有限公司、辽宁美托科技股份有限公司。

本文件主要起草人：姜将、胡军、张保国、郑津洋、黄强华、杨树军、邓红、孙冬生、石凤文、王艳辉、杨明高、吴庆锋、韩冰、陆国安、郝延平、刘扬涛、李召君。

本文件于 2011 年首次发布，本次为第一次修订。



## 铝合金内胆碳纤维全缠绕气瓶

### 1 范围

1.1 本文件规定了铝合金内胆碳纤维全缠绕气瓶(以下简称“气瓶”)的术语和定义、符号、型式、参数、分类和型号、技术要求、试验方法和合格指标、检验规则、标志、包装、运输、储存及产品合格证和批量检验质量证明书。

1.2 本文件适用于设计制造下列使用工况下的可重复充装的气瓶：

- a) 使用环境温度 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 公称工作压力不大于 $30\text{ MPa}$ ；
- c) 公称容积不大于 $450\text{ L}$ ；
- d) 盛装与铝合金内胆(以下简称“内胆”)材料具有相容性的天然气、氧气、空气、氮气、氩气、氦气、氟气、氖气等压缩气体和二氧化碳液化气体。

1.3 本文件不适用于车用气瓶。

### 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 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
- 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 3246.2 变形铝及铝合金制品组织检验方法 第2部分：低倍组织检验方法
- 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 7690.1 增强材料 纱线试验方法 第1部分：线密度的测定

GB/T 28053—2023

- GB/T 7690.3 增强材料 纱线试验方法 第3部分：玻璃纤维断裂强度和断裂伸长的测定
- 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 9789 金属和其他无机覆盖层 通常凝露条件下的二氧化硫腐蚀试验
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- 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 16422.3 塑料 实验室光源暴露试验方法 第3部分：荧光紫外灯
- 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 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 38106 压力容器用铝及铝合金板材
- GB/T 38512 压力容器用铝及铝合金管材
- YS/T 67 变形铝及铝合金圆铸锭
- 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

**屈服强度** yield stress

塑性延伸率为0.2%时的应力。

##### 3.1.2

**等效纤维** equivalent fibre

具有与设计原型相同的原始材料，且公称抗拉强度和模量均未超过设计原型规定值±5%的纤维。

##### 3.1.3

**铝合金内胆碳纤维全缠绕气瓶** fully wrapped carbon fibre reinforced composite gas cylinders with aluminium alloy liners

用浸渍树脂的连续碳纤维在铝合金内胆外表面沿环向和径向缠绕，经固化而制成的气瓶。

##### 3.1.4

**外保护套** protective sleeve

保护气瓶免受撞击而设置的保护附件。

##### 3.1.5

**剩余爆破压力** residual burst pressure

气瓶在经过高低温压力循环、裂纹容限等试验后所测得的实际爆破压力值。

##### 3.1.6

**最小爆破压力** minimum burst pressure

气瓶设计时规定的水压爆破试验满足的最低爆破压力值。



GB/T 28053—2023

## 4.2 参数

气瓶公称容积的允许偏差应符合表 1 的规定。

表 1 气瓶公称容积的允许偏差

公称容积 V/L	允许偏差/%
$V \leq 2$	+20 0
$2 < V \leq 12$	+10 0
$12 < V \leq 150$	+5 0
$150 < V \leq 450$	+2.5 0

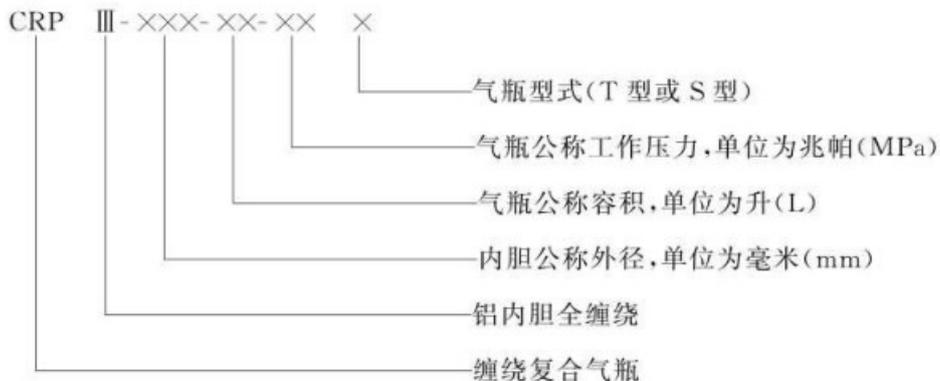
## 4.3 分类

4.3.1 呼吸器用气瓶,应采用容积不大于 12 L 的气瓶。

4.3.2 工业气体用气瓶,应采用容积大于 12 L 且不大于 450 L 的气瓶。

## 4.4 型号

气瓶型号标记表示如下。



示例:

内胆公称外径 182 mm,气瓶公称容积 12 L,气瓶公称工作压力 30 MPa,单口,其型号标记为:CRP III-182-12-30 T。

## 5 技术要求

### 5.1 材料

#### 5.1.1 内胆材料

5.1.1.1 内胆应采用 6061 铝合金材料,内胆制造单位应按炉罐号对材料化学成分进行验证分析,分析方法按 GB/T 7999 或 GB/T 20975(所有部分)执行,内胆材料的化学成分应符合表 2 的规定。

表 2 铝合金化学成分

牌号	化学成分(质量分数)/%												
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Pb	Bi	其他		Al
											单项	总体	
6061	0.40~ 0.80	≤0.70	0.15~ 0.40	≤0.15	0.80~ 1.20	0.04~ 0.35	≤0.25	≤0.15	≤0.003	≤0.003	≤0.05	≤0.15	余量

5.1.1.2 铸锭应符合 YS/T 67 的规定,挤压棒材应符合 GB/T 3191 的规定,铸锭的晶粒度不应低于二级,晶粒度的检验按 GB/T 3246.2 执行。铸锭、挤压棒材应按  $\phi 2$  mm 当量平底孔进行超声波检测,检验按 GB/T 6519 执行。

5.1.1.3 管材应符合 GB/T 4437.1、GB/T 32249、GB/T 38512 或 YS/T 479 的规定。在 GB/T 6519 产品规格要求内的管材,应按 A 级进行超声波检测,检验按 GB/T 6519 执行。

5.1.1.4 板材应符合 GB/T 3880.1~GB/T 3880.3 或 GB/T 38106 的规定。在 GB/T 6519 产品规格要求内的板材,应按 A 级进行超声波检测,检验按 GB/T 6519 执行。

## 5.1.2 缠绕层材料

### 5.1.2.1 碳纤维

5.1.2.1.1 承载纤维应采用连续无捻碳纤维。

5.1.2.1.2 每批碳纤维力学性能应符合气瓶设计文件的规定。

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

### 5.1.2.2 玻璃纤维

5.1.2.2.1 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。

5.1.2.2.2 气瓶制造单位应按批对玻璃纤维进行复验。玻璃纤维断裂强度应按 GB/T 7690.3 测定。

### 5.1.2.3 树脂基体

5.1.2.3.1 应采用环氧树脂或改性环氧树脂基体,其玻璃化转变温度应不低于 105 °C,玻璃化转变温度按 GB/T 19466.2 测定。

5.1.2.3.2 气瓶制造单位应按批对树脂进行复验。环氧当量应符合气瓶设计文件的规定,检验方法按 GB/T 4612 测定。

## 5.2 设计

### 5.2.1 内胆

5.2.1.1 内胆端部应采用凸形结构。

5.2.1.2 内胆端部应采用渐变厚度设计,内胆端部与筒体应圆滑过渡。

5.2.1.3 瓶口应开在内胆端部,且应与内胆筒体同轴。

5.2.1.4 瓶颈厚度应满足气瓶装阀时的扭矩要求,其装阀扭矩应符合附录 A 的规定。

5.2.1.5 瓶口螺纹应采用直螺纹,螺纹应贯穿瓶口,长度大于瓶阀螺纹的有效长度,且不少于 6 牙。

5.2.1.6 瓶口螺纹在水压试验压力下的切应力安全系数至少为 4,公称容积不大于 12 L 的呼吸器用气

GB/T 28053—2023

瓶的螺纹切应力安全系数至少为 10。螺纹切应力安全系数计算方法见附录 B。

5.2.2 气瓶

5.2.2.1 呼吸器用气瓶可由制造厂选择按第 5 章～第 7 章或附录 C 设计、试验和检验。

5.2.2.2 水压试验压力应为公称工作压力的 1.5 倍。

5.2.2.3 最小爆破压力应为公称工作压力的 3 倍；呼吸器用气瓶，最小爆破压力应为公称工作压力的 3.4 倍。

5.2.2.4 气瓶外表面应采用玻璃纤维作为保护层。

5.2.2.5 容积大于 12 L 且不大于 50 L 的气瓶，应采用带有外保护套的设计结构。

5.2.2.6 容积大于 50 L 的气瓶，应采用气瓶集束装置，且集束装置气瓶的总容积不大于 3 000 L。

5.2.2.7 气瓶的设计使用年限为 15 年。

5.2.3 应力分析

5.2.3.1 应采用有限元应力分析方法，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、水压试验压力和最小爆破压力下，内胆和缠绕层中的最大应力及各点的应力分布，应考虑内胆的材料非线性、缠绕层材料各向异性和结构的几何非线性特性。

5.2.3.2 纤维应力比不小于 3，呼吸器用气瓶纤维应力比不小于 3.4。

5.3 制造

5.3.1 一般要求

5.3.1.1 气瓶应符合设计图样及相关技术文件的规定。

5.3.1.2 制造应分批管理，内胆和气瓶均以不大于 200 只加上破坏性试验用内胆或气瓶的数量为一个批量。

5.3.2 内胆

5.3.2.1 应采用挤压、拉深或旋压成型的制造方法，经收口制成。

5.3.2.2 颈部与肩部过渡部分表面应光滑，不应有突变或明显褶皱。

5.3.2.3 不应进行焊接处理。

5.3.2.4 成形后的内胆应按评定合格的热处理工艺进行固溶时效热处理，热处理温度和时间允许偏差应符合 GB/T 11640 的规定。

5.3.2.5 可采用机加工或修磨的方法去除表面缺陷，缺陷去除后其部位应圆滑过渡，且壁厚不应小于设计壁厚。

5.3.3 瓶口螺纹

瓶口螺纹的牙型、尺寸和公差应符合 GB/T 192、GB/T 196、GB/T 197 和 GB/T 20668 等规定，螺纹和密封面应光滑平整。

5.3.4 气瓶

5.3.4.1 内胆外表面应有聚合物涂层或浸渍树脂基体的玻璃纤维层，防止铝内胆外表面与碳纤维缠绕层之间发生电偶腐蚀。

5.3.4.2 不应将不同种类的纤维混合缠绕。

5.3.4.3 碳纤维缠绕时应施加可控的张力。

- 5.3.4.4 缠绕和固化工艺应进行工艺评定。固化温度不应内胆力学性能产生影响。
- 5.3.4.5 水压试验前应按规定的自紧压力进行自紧处理。
- 5.3.4.6 气瓶外表面打磨不应损伤到碳纤维。

## 5.4 附件

- 5.4.1 根据充装气体选配相应的瓶阀，瓶阀装配扭矩应符合附录 A 的规定，采用附录 A 以外的螺纹规格瓶阀装配扭矩应符合设计的规定。
- 5.4.2 气瓶阀门应设置安全泄压装置 (PRD)，PRD 应采用压力驱动型或温度驱动型的结构型式。压力驱动型装置动作压力应为 90%~100% 水压试验压力，温度驱动型装置动作温度应为  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。呼吸器用气瓶安全泄压装置应采用压力驱动型的结构型式。
- 5.4.3 安全泄压装置应符合 GB/T 33215 的规定。
- 5.4.4 外保护套应符合附录 D 的规定。
- 5.4.5 集束装置应符合相关标准的规定。

## 6 试验方法和合格指标

### 6.1 内胆

#### 6.1.1 壁厚

##### 6.1.1.1 试验方法

壁厚应采用超声波测厚仪或专用测量工具进行检测。

##### 6.1.1.2 合格指标

内胆任意一点壁厚应不小于设计壁厚。

#### 6.1.2 制造公差

##### 6.1.2.1 测量方法

应采用标准或专用量具进行检测。

##### 6.1.2.2 合格指标

- 6.1.2.2.1 筒体平均外径应不超过公称外径的  $\pm 1\%$ 。
- 6.1.2.2.2 筒体圆度，在同一截面上测量其最大与最小外径之差，应不超过该截面平均外径的 2%。
- 6.1.2.2.3 筒体直线度应不超过筒体长度的 0.3%。

#### 6.1.3 瓶口螺纹

##### 6.1.3.1 测量方法

应采用符合 GB/T 3934 等相关标准规定的螺纹量规进行检测。

##### 6.1.3.2 合格指标

- 6.1.3.2.1 瓶口螺纹应满足设计要求，螺纹牙型、尺寸及制造公差应符合 GB/T 192、GB/T 196、GB/T 197 和 GB/T 20668 等相关标准的规定。
- 6.1.3.2.2 螺纹和密封面粗糙度应符合设计的规定。
- 6.1.3.2.3 螺纹的有效螺距数应符合设计的规定。

GB/T 28053—2023

#### 6.1.4 内、外表面

##### 6.1.4.1 检查方法

目测检查,内表面可采用内窥镜或内窥灯进行检查。

##### 6.1.4.2 合格指标

6.1.4.2.1 内、外表面不应有肉眼可见的尖锐表面压痕、明显凸起、重叠、裂纹和夹杂,颈部与肩部过渡部分不应有突变或明显褶皱。

6.1.4.2.2 端部与筒体过渡圆滑。

#### 6.1.5 硬度试验

##### 6.1.5.1 试验方法

按 GB/T 230.1、GB/T 231.1 执行。

##### 6.1.5.2 合格指标

硬度值应符合设计的规定。

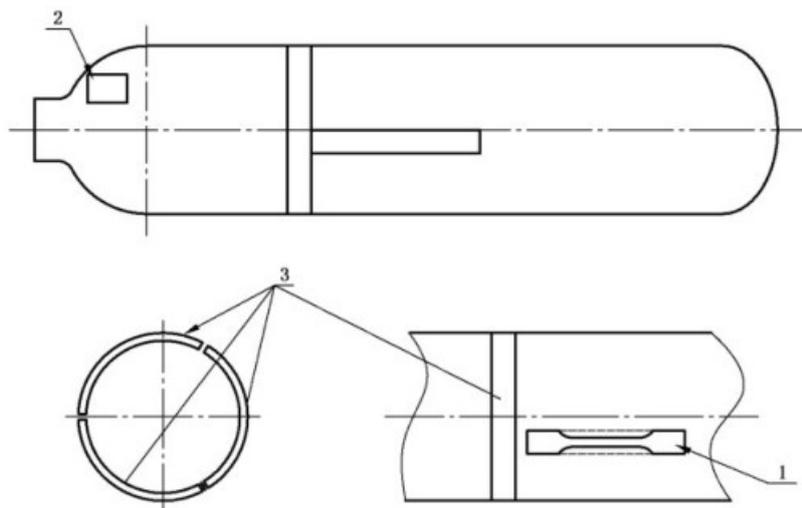
#### 6.1.6 热处理后各项性能指标

##### 6.1.6.1 取样

6.1.6.1.1 取样部位如图 2 所示。

6.1.6.1.2 取样数量。

- a) 取纵向对称拉伸试样 2 件。
- b) 取金相试样 1 件。
- c) 取环向弯曲试样 2 件,或压扁试样瓶(环)1 件。



标引序号说明:

1——拉伸试样;

2——金相试样;

3——弯曲试样或压扁试样环。

图 2 取样部位示意图

6.1.6.2 拉伸试验

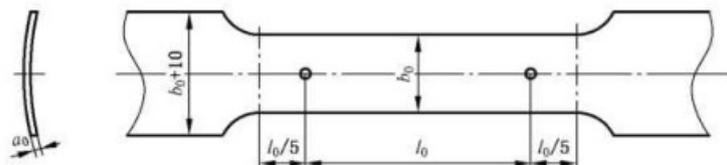
6.1.6.2.1 试验方法

6.1.6.2.1.1 在内胆筒体部位沿轴向对称截取 2 个试样，见图 2。

6.1.6.2.1.2 拉伸试样形状尺寸应符合图 3 的要求，原始标距取  $l_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$ 。

6.1.6.2.1.3 拉伸试验方法按 GB/T 228.1 执行。

单位为毫米



注：当  $a_0 \geq 3$  时， $b_0 < D_0/8$ ， $b_0 \leq 4a_0$ 。

图 3 拉伸试样图

6.1.6.2.2 合格指标

实测抗拉强度与实测屈服强度不小于内胆热处理保证值，断后伸长率不小于 12%。

6.1.6.3 金相试验

6.1.6.3.1 试验方法

在内胆的肩部取样。试验方法应按 GB/T 3246.1 执行。

6.1.6.3.2 合格指标

无过烧组织。

6.1.6.4 弯曲试验

6.1.6.4.1 试验方法

6.1.6.4.1.1 从内胆筒体上截取一个筒体环，等分三段或两段，制备两个试样。试样宽度为 25 mm，试样侧面加工粗糙度不大于  $12.5 \mu\text{m}$ ，棱边圆角半径不大于 2 mm。压头直径见表 3。

表 3 弯曲试验压头直径和压扁试验压头间距

实测抗拉强度 $R_m/\text{MPa}$	压头直径 $D_f/\text{mm}$	压头间距 $T/\text{mm}$
$R_m \leq 325$	$6S_{e0}$	$10S_{e0}$
$R_m > 325$	$7S_{e0}$	$12S_{e0}$

注：压头间距大于或等于内胆外径时，由弯曲试验代替。

6.1.6.4.1.2 弯曲试验示意按图 4 所示。弯曲角度  $180^\circ$ ，试验方法按 GB/T 232 执行。

GB/T 28053—2023

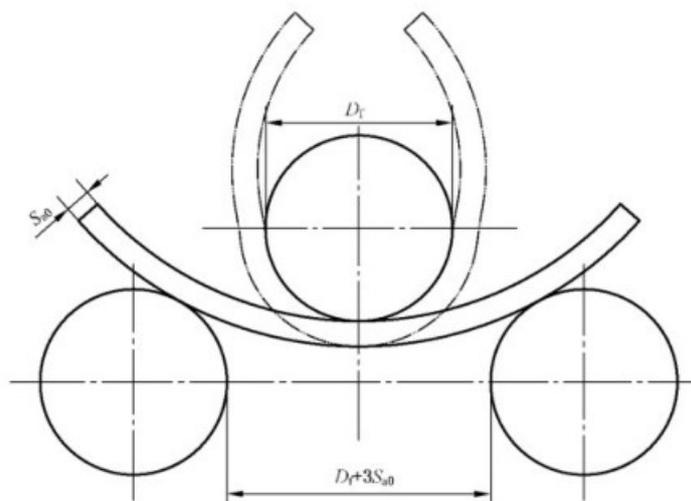


图 4 弯曲试验示意图

#### 6.1.6.4.2 合格指标

目测试样无裂纹。

#### 6.1.6.5 压扁试验

##### 6.1.6.5.1 试样方法

6.1.6.5.1.1 压扁试验方法按 GB/T 11640 中附录 F 的规定执行。

6.1.6.5.1.2 压头间距见表 3。

6.1.6.5.1.3 压扁试验可采用试样胆或试样环。对于试样环的压扁试验,应从内胆上截取宽度为内胆壁厚的 4 倍且不小于 25 mm 的试样环,仅对试样环的边缘进行机加工,对试样环采用平压头进行压扁。

##### 6.1.6.5.2 合格指标

目测试样无裂纹。

### 6.2 气瓶

#### 6.2.1 层间剪切试验

##### 6.2.1.1 试验方法

采用环氧树脂或改性环氧树脂基体,制作具有代表性的缠绕层试样,有效试样数不应少于 9 个,试验方法应按附录 E 的规定执行。

##### 6.2.1.2 合格指标

在沸水中煮 24 h 后,缠绕层层间剪切强度应不小于 34.5 MPa。

#### 6.2.2 外表面

##### 6.2.2.1 检查方法

目测检查。

### 6.2.2.2 合格指标

6.2.2.2.1 瓶口螺纹及密封面应清洁，不应有残留物。

6.2.2.2.2 外表面不应有纤维裸露、纤维断裂、树脂积瘤、纤维分层及纤维未浸透等影响性能的缺陷。

6.2.2.2.3 气瓶应标记准确、清晰、完整。

### 6.2.3 水压试验

#### 6.2.3.1 试验方法

按 GB/T 9251 的规定进行外测法水压试验。不大于 150 L 的气瓶，在水压试验压力下保压至少 30 s；大于 150 L 的气瓶，在水压试验压力下保压至少 120 s。

#### 6.2.3.2 合格指标

气瓶保压期间不应有泄漏或明显变形，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

带瓶阀出厂的气瓶以及充装可燃或有毒介质的气瓶应进行气密性试验。在水压试验合格后，气瓶应按 GB/T 12137 的规定进行气密性试验，试验压力为公称工作压力。

#### 6.2.4.2 合格指标

在试验压力下，保压不少于 1 min，瓶体、瓶阀和瓶体瓶阀联接处均不应泄漏。因装配而引起的泄漏现象，允许返工后重做试验。

### 6.2.5 水压爆破试验

#### 6.2.5.1 试验方法

对气瓶逐渐加压直至爆破，升压速率不大于 1 MPa/s，试验方法应按 GB/T 15385 执行。

#### 6.2.5.2 合格指标

实测爆破压力不小于最小爆破压力。

### 6.2.6 常温压力循环试验

#### 6.2.6.1 试验方法

6.2.6.1.1 在常温条件下，按 GB/T 9252 进行常温压力循环试验。

6.2.6.1.2 试验步骤如下：

第一阶段，气瓶从不大于水压试验压力的 10% 和 3 MPa 中的较小值到水压试验压力下进行 3 750 次压力循环，或气瓶从不大于最高温升压力（见附录 F）的 10% 和 3 MPa 中的较小值到最高温升压力下进行 7 500 次压力循环。

第二阶段，气瓶从不大于水压试验压力的 10% 和 3 MPa 中的较小值到水压试验压力下再进行 3 750 次压力循环，或气瓶从不大于最高温升压力的 10% 和 3 MPa 中的较小值到最高温升压力下再进行 7 500 次压力循环。

GB/T 28053—2023

### 6.2.6.2 合格指标

压力循环后的气瓶应符合表 4 的规定。

表 4 合格指标

试验阶段	第一阶段	第二阶段
循环次数	0~3 750	3 750~7 500
	0~7 500	7 500~15 000
合格指标	第一阶段无泄漏或破裂	第二阶段可泄漏但不应破裂

### 6.2.7 高低温压力循环试验

#### 6.2.7.1 试验方法

6.2.7.1.1 按 GB/T 9252 的规定进行压力循环试验。

6.2.7.1.2 将气瓶充装无腐蚀性液体，在常压下，温度为 60℃~70℃，相对湿度为 90% 以上的环境中静置 48 h。

6.2.7.1.3 静置后，从不大于 10% 公称工作压力至公称工作压力进行压力循环 5 000 次，循环频率不大于 5 次/min。在试验期间，气瓶表面温度应保持在 60℃~70℃。

6.2.7.1.4 气瓶泄压至零压力在常温下稳定后，气瓶表面温度降至 -50℃~-60℃，从不大于 10% 公称工作压力到公称工作压力进行压力循环 5 000 次，循环频率不大于 5 次/min。在试验期间，气瓶表面温度应保持在 -50℃~-60℃。然后将气瓶泄压至零压力在常温下稳定。

6.2.7.1.5 按 6.2.5 进行水压爆破试验。

#### 6.2.7.2 合格指标

气瓶在压力循环试验过程中不应出现任何可见损伤、变形和泄漏。剩余爆破压力应不小于 1.7 倍水压试验压力。

### 6.2.8 裂纹容限试验

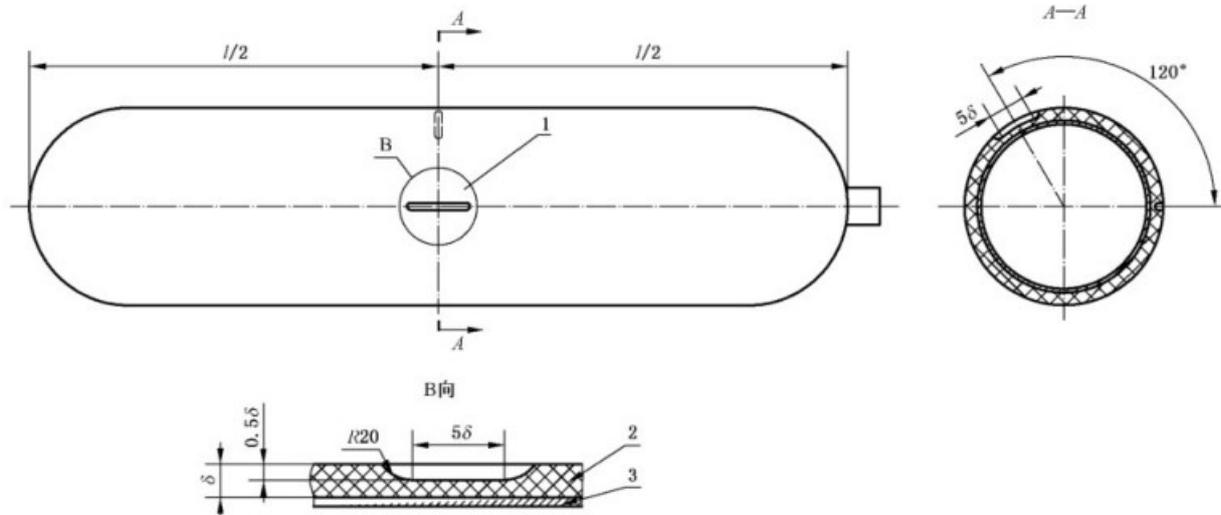
#### 6.2.8.1 试验方法

6.2.8.1.1 按图 5 所示在气瓶筒体中间加工一条纵向缺陷，缺陷宽度 1 mm，深度不小于缠绕层厚度的 50%，且不大于 2.5 mm，长度为 5 倍缠绕层厚度；再加工一条环向缺陷，尺寸与纵向缺陷相同，并与纵向缺陷相差约 120°。

6.2.8.1.2 1 只气瓶按 6.2.5 进行水压爆破试验。

6.2.8.1.3 1 只气瓶按 GB/T 9252 进行常温压力循环试验，循环压力上限为公称工作压力。如果气瓶再进行 5 000 次压力循环后未失效，则停止试验。

单位为毫米



标引序号说明：  
 1——1 mm 宽；  
 2——缠绕层；  
 3——内胆。

图 5 裂纹缺陷示意图

### 6.2.8.2 合格指标

6.2.8.2.1 剩余爆破压力不小于 1.33 倍水压试验压力。

6.2.8.2.2 在压力循环至 1 000 次的过程中，气瓶不应泄漏或破裂，再加压循环至 5 000 次，可泄漏失效，但不应破裂。

### 6.2.9 跌落/冲击试验

#### 6.2.9.1 公称容积不大于 50 L 且充装液化气体的气瓶

##### 6.2.9.1.1 试验方法

气瓶按下列方法进行跌落试验：

- a) 将气瓶盛装 50% 容积的水；
- b) 安装盲堵，盲堵直径不大于瓶口外径；
- c) 按图 6 所示的 5 个位置，气瓶下表面距跌落面应不小于 1.2 m，跌落至钢板上 2 次，钢板厚度应不小于 10 mm，且表面任意两点间的高度差应不大于 2 mm；
- d) 1 只气瓶按 6.2.5 进行水压爆破试验，另 1 只气瓶按 6.2.6 进行常温压力循环试验。

GB/T 28053—2023

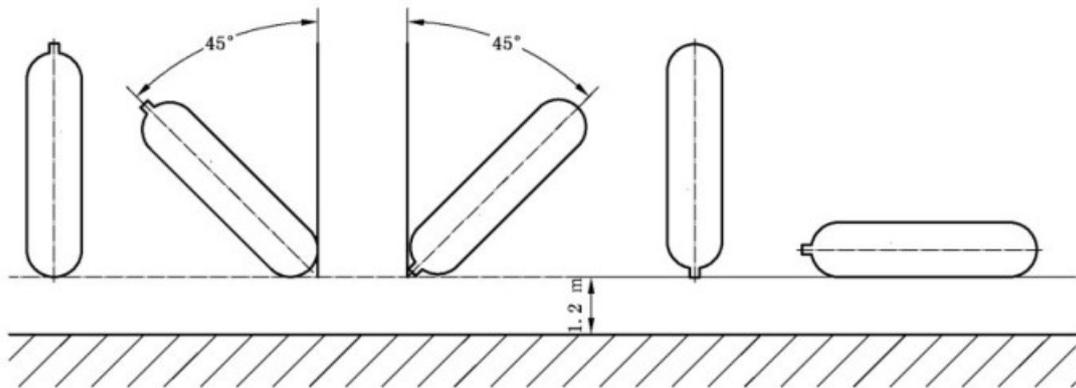


图 6 跌落试验示意图

6.2.9.1.2 合格指标

爆破压力应不小于最小爆破压力，常温压力循环试验应符合 6.2.6.2 的规定。

6.2.9.2 公称容积不大于 50 L 且充装压缩气体的气瓶

6.2.9.2.1 试验方法

气瓶按下列方法进行跌落试验：

- a) 安装盲堵，盲堵直径不大于瓶口外径；
- b) 按图 6 所示的 5 个位置，气瓶下表面距跌落面跌落高度按式(1)计算，跌落至钢板上 2 次，钢板厚度应不小于 10 mm，且表面任意两点间的跌落高度差应不大于 2 mm；

$$h = 1.2 + (0.6 \times V/W) \quad \dots\dots\dots (1)$$

- c) 1 只气瓶按 6.2.5 进行水压爆破试验，另 1 只气瓶按 6.2.6 进行常温压力循环试验。

6.2.9.2.2 合格指标

爆破压力应不小于最小爆破压力，常温压力循环试验应符合 6.2.6.2 的规定。

6.2.9.3 公称容积大于 50 L 且不大于 150 L 的气瓶

6.2.9.3.1 试验方法

气瓶按下列方法进行跌落试验。

- a) 安装盲堵，盲堵直径不大于瓶口外径。
- b) 按下面 3 个位置进行跌落试验。气瓶跌落面应为光滑、水平的混凝土平台或地面：
  - 1) 1 只气瓶从气瓶下表面距跌落面不小于 1.8 m 高度水平跌落；
  - 2) 1 只气瓶竖直跌落，使气瓶具有不小于 1 220 J 的势能，且应保证气瓶下表面距跌落面不小于 1.8 m 高度；
  - 3) 1 只气瓶以 45° 跌落，可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；
  - 4) 可使用同 1 只气瓶按上面 3 个位置进行跌落试验。
- c) 气瓶在受初始冲击后，可在跌落面上弹跳。
- d) 按 GB/T 9252 进行常温压力循环试验，循环压力上限为公称工作压力。

### 6.2.9.3.2 合格指标

在压力循环至 3 000 次的过程中,气瓶不应泄漏或破裂,再加压循环至 12 000 次,可泄漏失效,但不应破裂。

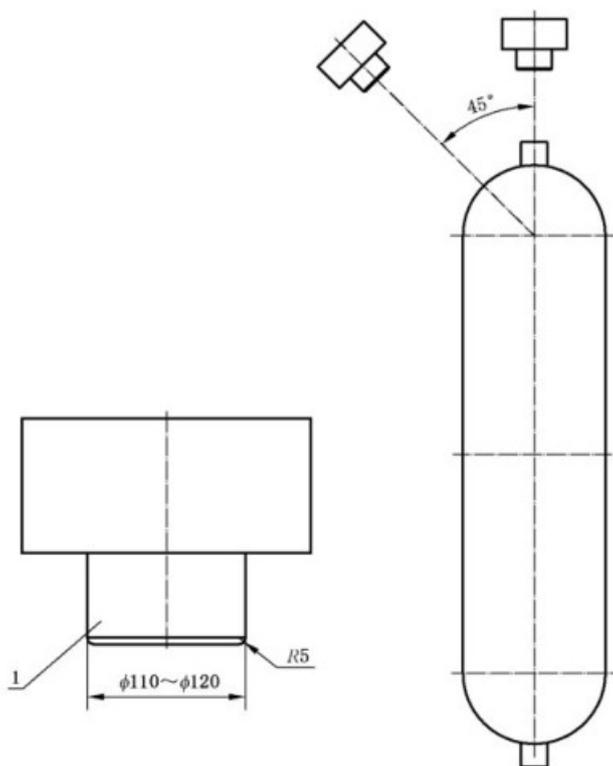
### 6.2.9.4 公称容积大于 150 L 的气瓶

#### 6.2.9.4.1 试验方法

气瓶按下列方法进行冲击试验。

- a) 带有盲堵,且无内压的气瓶,在室温下按图 7 所示,分别从不同方向对气瓶进行冲击试验:
  - 1) 撞击气瓶一端;
  - 2) 以 45°撞击气瓶肩部。
- b) 固定气瓶以保证撞击过程中不会移动。可使用钢质的重物或摆锤进行冲击,冲击能量不小于 488 J。
- c) 按 GB/T 9252 进行常温压力循环试验,循环压力上限为公称工作压力。

单位为毫米



标引序号说明:

1——重物或摆锤。

图 7 大于 150 L 气瓶冲击试验示意图

#### 6.2.9.4.2 合格指标

在压力循环至 3 000 次的过程中,气瓶不应泄漏或破裂,再加压循环至 12 000 次,可泄漏失效,但不应破裂。

GB/T 28053—2023

## 6.2.10 枪击试验

### 6.2.10.1 试验方法

6.2.10.1.1 气瓶充装空气或氮气至公称工作压力。

6.2.10.1.2 气瓶放置的位置应使子弹入射方向与瓶体轴线呈 90°。

6.2.10.1.3 气瓶直径大于  $\phi 120$  mm 应采用大于或等于 7.62 mm 的穿甲弹，不大于  $\phi 120$  mm 应采用大于或等于 5.6 mm 的穿甲弹，子弹公称速度约 850 m/s，射击距离不大于 45 m。

6.2.10.1.4 可采用能穿透气瓶侧壁的非穿甲弹。

### 6.2.10.2 合格指标

6.2.10.2.1 试验后的气瓶不应破裂。

6.2.10.2.2 采用穿甲弹时，可不射穿瓶体；采用非穿甲弹时，应至少穿透气瓶一侧瓶壁。

## 6.2.11 火烧试验

### 6.2.11.1 一般要求

6.2.11.1.1 将装有满足设计泄放要求瓶阀的气瓶，充装空气或氮气至公称工作压力。

6.2.11.1.2 1 只气瓶水平放置，1 只气瓶垂直放置；公称容积大于 50 L 水平安装的气瓶，2 只水平放置。

6.2.11.1.3 改变安全泄压装置，应重新进行本项试验。

### 6.2.11.2 试验方法

#### 6.2.11.2.1 水平测试

气瓶水平放置按下列方法进行火烧试验：

- a) 火源中心处于气瓶长度中间，且气瓶下侧在火源上方约 100 mm 处；
- b) 应采用金属挡板防止火焰直接接触安全泄放装置，但金属挡板不应直接接触安全泄放装置；
- c) 至少用 3 只热电偶沿气瓶下侧均匀设置，以监控气瓶表面温度，其间隔距离应不大于 0.75 m；
- d) 应采用金属挡板防止火焰直接接触热电偶，金属挡板厚度应不小于 0.4 mm；
- e) 火源长度和宽度应能吞没整个气瓶，产生的温度不低于 590 °C；
- f) 气瓶应暴露在火焰中直到全部气体排空为止。

#### 6.2.11.2.2 垂直测试

气瓶垂直放置按下列方法进行火烧试验。

- a) 安装一个瓶阀的气瓶，瓶阀位于最上方。
- b) 气瓶下侧在火源上方约 100 mm 处。
- c) 应采用金属挡板防止火焰直接接触安全泄放装置，但金属挡板不应直接接触安全泄放装置。
- d) 火源长度和宽度应能吞没整个气瓶，产生的温度不低于 590 °C。
- e) 在气瓶下部设置热电偶，以监控气瓶表面温度。长度不大于 305 mm 的气瓶，应在气瓶顶部和底部分别设置一个热电偶，应采用金属挡板防止火焰直接接触热电偶，金属挡板厚度应不小于 0.4 mm。长度大于 305 mm 的气瓶，应在气瓶侧壁的中间设置一个附加的热电偶。
- f) 气瓶应暴露在火焰中直到全部气体排空为止。

### 6.2.11.3 合格指标

气瓶不应发生爆破，瓶内气体可通过安全泄压装置泄放。

## 6.2.12 盐水浸渍试验

### 6.2.12.1 试验方法

6.2.12.1.1 水下使用的气瓶应进行本试验。

6.2.12.1.2 将气瓶充装无腐蚀性液体。

6.2.12.1.3 在不低于 20 ℃ 的条件下,在盐水(浓度为 35 g/L 的氯化钠水溶液)中浸泡 1 h~2 h。

6.2.12.1.4 升压至公称工作压力,在盐水中浸泡不少于 22 h。

6.2.12.1.5 将气瓶从盐水中取出,放置在室温、大气压力条件下自然干燥不少于 22 h。在此干燥期内,保压不少于 2 h,然后泄压。

6.2.12.1.6 重复循环进行 45 次。

6.2.12.1.7 1 只气瓶按 6.2.5 进行水压爆破试验,另 1 只气瓶按 6.2.6 进行常温压力循环试验。

### 6.2.12.2 合格指标

爆破压力应不小于最小爆破压力,常温压力循环试验应符合 6.2.6.2 的规定。

## 7 检验规则

### 7.1 出厂检验

#### 7.1.1 逐只检验

内胆和气瓶应按表 5 规定的项目进行逐只检验。

#### 7.1.2 批量检验

7.1.2.1 内胆和气瓶应按表 5 规定的项目进行批量检验。

7.1.2.2 从每批内胆中随机抽取 1 只或 2 只内胆,进行拉伸试验、金相试验、弯曲试验或压扁试验。

7.1.2.3 从每批气瓶中随机抽取 1 只或 2 只气瓶,1 只进行常温压力循环试验,1 只进行水压爆破试验。常温压力循环试验后的气瓶可用于水压爆破试验。

#### 7.1.3 复验规则

##### 7.1.3.1 内胆

如果批量检验时某项不合格,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失误所造成,应重做同样数量试样的试验。如重新试验结果合格,则首次试验无效。
- b) 如果确认不合格是由于热处理造成的,允许该批内胆重新热处理,但热处理次数不应多于两次(不包括单纯的人工时效处理次数),经重新热处理的该批内胆应作为新批进行批量检验。
- c) 如果确认不合格是由于其他原因造成的,则整批内胆判废。

##### 7.1.3.2 气瓶

如果批量检验时某项不合格,可再随机抽取 5 只气瓶进行该项试验,5 只气瓶全部通过试验,则该批气瓶合格。如果其中有 1 只未通过试验,则整批气瓶判废。

### 7.2 型式试验

7.2.1 新设计的气瓶应按表 5 规定的项目进行型式试验。

GB/T 28053—2023

7.2.2 用于型式试验的同批气瓶，不大于 12 L 的，气瓶数量应不少于 50 只，内胆数量应不少于 10 只；大于 12 L 的，气瓶数量应不少于 30 只。试验数量如下：

- a) 内胆：拉伸试验、金相试验、弯曲试验或压扁试验 1 只或 2 只；
- b) 气瓶：水压爆破试验 3 只，常温压力循环试验 2 只，高低温压力循环试验 1 只，裂纹容限试验 2 只，跌落/冲击试验 1 只~3 只，枪击试验 1 只，火烧试验 2 只，盐水浸渍试验 2 只。

7.2.3 用于一项试验后的气瓶，可用于另一项试验。

表 5 气瓶出厂检验及型式试验

序号	项目名称		出厂检验		型式试验	试验方法和合格指标
			逐只检验	批量检验		
1	内胆	壁厚	√	—	√	6.1.1
2		制造公差	√	—	√	6.1.2
3		瓶口螺纹	√	—	√	6.1.3
4		内、外表面	√	—	√	6.1.4
5		硬度试验	√	—	√	6.1.5
6		拉伸试验	—	√	√	6.1.6.2
7		金相试验	—	√	√	6.1.6.3
8		弯曲试验或压扁试验 <sup>a</sup>	—	√	√	6.1.6.4/6.1.6.5
9	气瓶	层间剪切试验	—	√	√	6.2.1
10		外表面	√	—	√	6.2.2
11		水压试验	√	—	√	6.2.3
12		气密性试验	√	—	√	6.2.4
13		水压爆破试验	—	√	√	6.2.5
14		常温压力循环试验	—	√	√	6.2.6
15		高低温压力循环试验	—	—	√	6.2.7
16		裂纹容限试验	—	—	√	6.2.8
17		跌落/冲击试验	—	—	√	6.2.9
18		枪击试验	—	—	√	6.2.10
19		火烧试验	—	—	√	6.2.11
20		盐水浸渍试验 <sup>b</sup>	—	—	√	6.2.12
<p>注 1：“√”表示为做，“—”表示为不做。</p> <p>注 2：对于带有外保护套结构的气瓶，试验时去除外保护套。</p> <p><sup>a</sup> 弯曲试验与压扁试验任取其一进行。</p> <p><sup>b</sup> 根据设计选择试验。</p>						

7.3 设计变更

7.3.1 设计变更的气瓶应按表 5 规定的项目进行逐只检验，并按表 6 规定的项目进行型式试验。未列入表 6 的设计变更应视为新设计，需作为设计原型按表 5 的规定进行全部项目的型式试验。

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

7.3.3 当设计变更项目为气瓶长度变化、气瓶公称外径变化、内胆最小壁厚变化、公称工作压力变化、内胆底部形状变化或自紧压力变化时，均应重新进行应力分析。

7.3.4 具有与设计原型相同的化学性质，且层间剪切强度和玻璃化转变温度不小于设计原型实测值的基体材料为等效基体。

表 6 设计变更

序号	试验项目	长度变化		公称外径变化		内胆最小壁厚变化 >5%	公称工作压力变化		复合层厚度 <sup>d</sup>	内胆底部形状 <sup>e</sup>	等效纤维 <sup>f</sup>	等效基体	自紧压力变化 >5%
		>5%~50%	>50%	≤20%	>20%~50%		≤20% <sup>c</sup>	>20%~60%					
1	内胆拉伸试验	—	—	—	—	√	—	—	—	—	—	—	—
2	内胆金相试验	—	—	—	—	√	—	—	—	—	—	—	—
3	内胆弯曲试验或压扁试验	—	—	—	—	√	—	—	—	—	—	—	—
4	层间剪切试验	—	—	—	—	—	—	—	—	—	√	√	—
5	水压爆破试验	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
6	常温压力循环试验	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
7	高低温压力循环试验	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	√	—
8	裂纹容限试验	—	—	—	√	—	—	—	√ <sup>c</sup>	—	—	—	—
9	跌落/冲击试验	—	√	—	√	√ <sup>c</sup>	—	√	√ <sup>c</sup>	—	√	—	—
10	枪击试验	—	—	—	√ <sup>b</sup>	√ <sup>c</sup>	—	√	√ <sup>c</sup>	—	—	—	—
11	火烧试验	—	√	—	√	√ <sup>c</sup>	—	√	—	—	—	—	—
12	盐水浸渍试验 <sup>g</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	√	—

注：“√”表示为做，“—”表示为不做。

<sup>a</sup> 根据设计选择试验。

<sup>b</sup> 仅在公称外径减小时进行试验。

<sup>c</sup> 仅在内胆壁厚或复合层厚度减小时进行试验。

<sup>d</sup> 直径或长度的改变导致复合层厚度的变化。

<sup>e</sup> 内胆底部形状相对于气瓶直径、最小壁厚有变化，并在设计提交的公差之外。

<sup>f</sup> 新等效纤维已按现有设计进行了型式试验后，采用该等效纤维设计的其他气瓶不必再进行任何补充试验。

GB/T 28053—2023

## 8 标志、包装、运输和储存

### 8.1 标志

8.1.1 应对每只气瓶作清晰的永久性的标记，标记应植入树脂层内。带外保护套的气瓶，应能透过镂空使标记清晰可见。

8.1.2 标记项目应包含以下内容：

- a) 气瓶编号；
- b) 气瓶公称容积，单位为升(L)；
- c) 气瓶公称重量，单位为千克(kg)；
- d) 气瓶充装介质名称或化学分子式；
- e) 气瓶公称工作压力，单位为兆帕(MPa)；
- f) 气瓶水压试验压力，单位为兆帕(MPa)；
- g) 制造单位名称或代号；
- h) 气瓶制造年月；
- i) 气瓶设计使用年限，年；
- j) 监督检验标志；
- k) 制造单位许可证编号；
- l) 产品执行标准(按附录 C 制造的呼吸器用气瓶，气瓶标签上应注明“附录 C”)；
- m) 水压试验极限弹性膨胀量，单位为毫升(mL)(适用时)。

### 8.2 电子标签

气瓶树脂层应植入二维码、射频标签等可追溯的永久性电子识读标志。

### 8.3 包装

8.3.1 气瓶出厂时，若不带瓶阀，其瓶口应采取可靠措施加以密封，以防止沾污。

8.3.2 气瓶应妥善包装，防止运输时损伤。

### 8.4 运输

8.4.1 气瓶的运输应符合运输部门的有关规定。

8.4.2 在运输和装卸过程中，应防止碰撞、受潮和损坏附件，尤其要防止缠绕层的划伤。

### 8.5 储存

气瓶不应储存在日光曝晒和高温、潮湿及含有腐蚀介质的环境中。

## 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 经检验合格的每只气瓶均应附有产品合格证及使用说明书。

9.1.2 产品合格证应包含以下内容：

- a) 气瓶型号；
- b) 气瓶编号；

- c) 气瓶实测水容积,单位为升(L);
- d) 气瓶实测重量,单位为千克(kg);
- e) 气瓶充装介质或化学分子式;
- f) 气瓶公称工作压力,单位为兆帕(MPa);
- g) 气瓶水压试验压力,单位为兆帕(MPa);
- h) 制造单位名称或代号;
- i) 气瓶制造年月;
- j) 气瓶设计使用年限,年;
- k) 监督检验标记;
- l) 气瓶制造单位许可证编号;
- m) 产品标准(按附录 C 制造的呼吸器用气瓶,气瓶合格证上应注明“附录 C”);
- n) 水压试验极限弹性膨胀量,单位为毫升(mL)(适用时);
- o) 内胆材料牌号;
- p) 纤维材料牌号;
- q) 树脂材料牌号;
- r) 定期检验周期,年。

## 9.2 批量检验质量证明书

9.2.1 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。

9.2.2 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,见附录 G。

9.2.3 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 15 年。

GB/T 28053—2023

附录 A  
(规范性)  
气瓶装阀扭矩

气瓶阀门装配扭矩见表 A.1。

表 A.1 气瓶阀门装配扭矩

螺纹规格	扭矩/(N·m)	
	最小值	最大值
M18×1.5-6H	85	100
M25×2-6H	95	130
M30×2-6H	95	130

附录 B

（资料性）

螺纹切应力安全系数计算方法

B.1 计算公式

螺纹切应力安全系数即材料剪切强度( $\tau_m$ )与螺纹切应力的比值。铝合金材料剪切强度( $\tau_m$ )取 0.6 倍的材料抗拉强度。螺纹切应力计算见式(B.1)和式(B.2)：

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

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

式中：

- $\tau_n$  ——内螺纹的切应力,单位为兆帕(MPa)；
- $F_w$  ——最大轴向外载荷,单位为牛(N)；
- $z$  ——啮合的螺纹牙数；
- $A_n$  ——内螺纹牙的受剪面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)；
- $\tau_w$  ——外螺纹的切应力,单位为兆帕(MPa)；
- $A_w$  ——外螺纹牙的受剪面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)。

最大轴向外载荷计算见式(B.3)：

$$F_w = p_{\text{内}} A \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

- $F_w$  ——最大轴向外载荷,单位为牛(N)；
- $p_{\text{内}}$  ——气瓶内压力,单位为兆帕(MPa)；
- $A$  ——瓶口内螺纹开孔受压面积(取内螺纹的大径),单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)。

螺纹牙的受剪面积计算见式(B.4)和式(B.5)：

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

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

式中：

- $A_n$  ——内螺纹牙的受剪面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)；
- $A_w$  ——外螺纹牙的受剪面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)；
- $d_{\text{min}}$  ——外螺纹最小大径,单位为毫米(mm)；
- $P$  ——螺纹的螺距,单位为毫米(mm)；
- $\alpha$  ——螺纹的牙形角,单位为度(°)；
- $D_{2\text{max}}$  ——瓶口内螺纹最大中径,单位为毫米(mm)；
- $D_{1\text{max}}$  ——瓶口内螺纹最大小径,单位为毫米(mm)；
- $d_{2\text{min}}$  ——外螺纹最小中径,单位为毫米(mm)。

瓶口内螺纹和外螺纹的啮合情况和计算取值见图 B.1,且有以下关系式成立,见式(B.6)和式(B.7)：

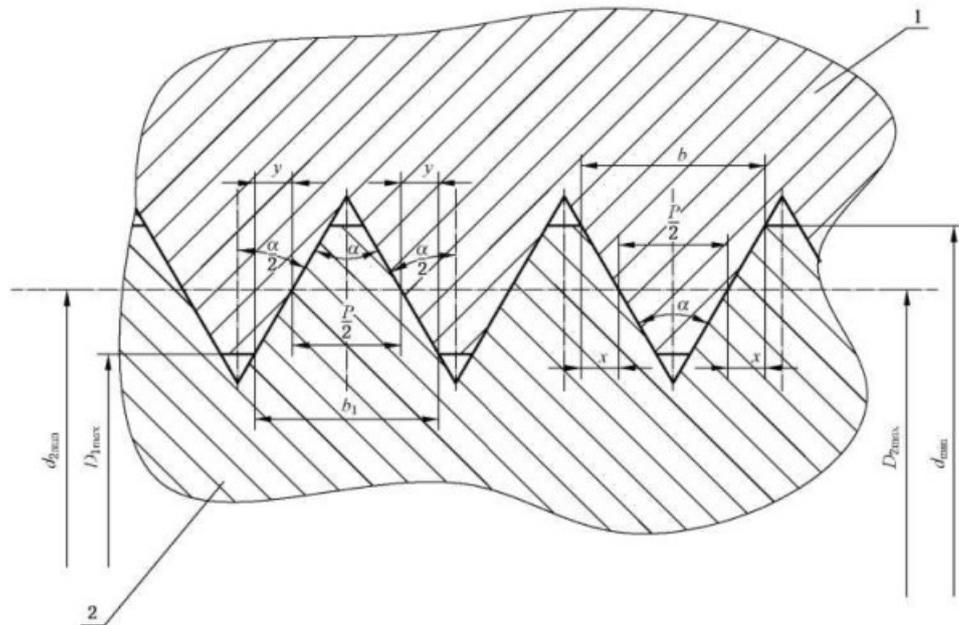
$$b = \frac{P}{2} + 2x = \frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{\text{min}} - D_{2\text{max}}) \dots\dots\dots (B.6)$$

GB/T 28053—2023

$$b_1 = \frac{P}{2} + 2y = \frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{2\min} - D_{1\max}) \quad \dots\dots\dots (B.7)$$

式中：

- $b$  —— 外螺纹啮合总长度,单位为毫米(mm);
- $b_1$  —— 内螺纹啮合总长度,单位为毫米(mm);
- $x$  —— 螺纹中径至大径轴向啮合长度,单位为毫米(mm);
- $y$  —— 螺纹中径至小径轴向啮合长度,单位为毫米(mm);
- $P$  —— 螺纹的螺距,单位为毫米(mm);
- $\alpha$  —— 螺纹的牙形角,单位为度(°);
- $d_{\min}$  —— 外螺纹最小大径,单位为毫米(mm);
- $d_{2\min}$  —— 外螺纹最小中径,单位为毫米(mm);
- $D_{2\max}$  —— 瓶口内螺纹最大中径,单位为毫米(mm);
- $D_{1\max}$  —— 瓶口内螺纹最大小径,单位为毫米(mm)。



标引序号说明：

- 1—— 瓶口内螺纹；
- 2—— 外螺纹。

图 B.1 瓶口内螺纹和外螺纹啮合尺寸及受力部位示意图

### B.2 计算示例

气瓶采用铝合金内胆,材料抗拉强度保证值为 290 MPa,气瓶公称工作压力为 30 MPa,水压试验压力为 45 MPa,瓶口螺纹为 M18×1.5-6H,有效螺纹 12 牙,计算气瓶水压试验压力下螺纹切应力安全系数。

解:根据螺纹标准,M18×1.5 螺纹的牙型角为 60°。其中,6H 内螺纹的极限尺寸见表 B.1。

表 B.1 M18×1.5-6H 内螺纹的极限尺寸

单位为毫米

公称直径 <i>D</i>	螺距 <i>P</i>	大径		中径		小径	
		<i>D<sub>min</sub></i>	<i>D<sub>2max</sub></i>	<i>D<sub>2min</sub></i>	<i>D<sub>1max</sub></i>	<i>D<sub>1min</sub></i>	
18.0	1.50	18.000	17.216	17.026	16.676	16.376	

相应的 6g 外螺纹的极限尺寸见表 B.2。

表 B.2 M18×1.5-6g 外螺纹的极限尺寸

单位为毫米

公称直径 <i>d</i>	螺距 <i>P</i>	大径		中径		小径
		<i>d<sub>max</sub></i>	<i>d<sub>min</sub></i>	<i>d<sub>2max</sub></i>	<i>d<sub>2min</sub></i>	<i>d<sub>1max</sub></i>
18.0	1.50	17.968	17.732	16.994	16.854	16.344

内螺纹牙的受剪面积  $A_n$  计算见式(B.8)：

$$\begin{aligned}
 A_n &= \pi d_{\min} \left[ \frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{\min} - D_{2\max}) \right] \\
 &= 3.14 \times 17.732 \left[ \frac{1.50}{2} + \tan \frac{60^\circ}{2} \times (17.732 - 17.216) \right] \\
 &= 58.336(\text{mm}^2) \dots\dots\dots (\text{B.8})
 \end{aligned}$$

式中：

$A_n$  ——内螺纹牙的受剪面积,单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ )；

$d_{\min}$  ——外螺纹最小大径,单位为毫米(mm)；

$P$  ——螺纹的螺距,单位为毫米(mm)；

$\alpha$  ——螺纹的牙形角,单位为度( $^\circ$ )；

$D_{2\max}$  ——瓶口内螺纹最大中径,单位为毫米(mm)。

最大轴向外载荷  $F_w$  计算见式(B.9)：

$$F_w = p_{\text{内}} A = 45 \times 3.14 \times 18.0^2 / 4 = 11\,445.3(\text{N}) \dots\dots\dots (\text{B.9})$$

式中：

$F_w$  ——最大轴向外载荷,单位为牛(N)；

$p_{\text{内}}$  ——气瓶内压力,单位为兆帕(MPa)；

$A$  ——瓶口内螺纹开孔受压面积(取内螺纹的大径),单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ )。

内螺纹的切应力  $\tau_n$  计算见式(B.10)：

$$\tau_n = \frac{F_w}{z A_n} = \frac{11\,445.3}{12 \times 58.336} = 16.35(\text{MPa}) \dots\dots\dots (\text{B.10})$$

式中：

$\tau_n$  ——内螺纹的切应力,单位为兆帕(MPa)；

$F_w$  ——最大轴向外载荷,单位为牛(N)；

$z$  ——啮合的螺纹牙数；

$A_n$  ——内螺纹牙的受剪面积,单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ )。

螺纹切应力安全系数计算见式(B.11)：

GB/T 28053—2023

$$\frac{\tau_m}{\tau_n} = \frac{0.6 \times 290}{16.35} = 10.64 \quad \dots\dots\dots ( B.11 )$$

式中：

$\tau_m$  ——材料剪切强度，单位为兆帕(MPa)；

$\tau_n$  ——内螺纹的切应力，单位为兆帕(MPa)。

计算值满足气瓶瓶口螺纹的设计要求。

## 附录 C

### （规范性）

#### 呼吸器用气瓶专项技术要求

#### C.1 总则

C.1.1 本附录规定了呼吸器用气瓶的设计、试验方法和合格指标、出厂检验、型式试验和设计变更。

C.1.2 公称容积不大于 12 L,使用环境温度 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

C.1.3 呼吸器用气瓶除满足本附录的要求外,还应符合本文件其他有关条款的规定。

C.1.4 出厂气瓶标签注明按本附录制造的呼吸器用气瓶,应符合本附录的规定。

#### C.2 设计

##### C.2.1 内胆

C.2.1.1 气瓶端部应采用凸形结构。

C.2.1.2 气瓶端部的厚度应满足气瓶水压爆破试验和常温压力循环试验的要求。

C.2.1.3 为获得合理的应力分布,气瓶端部应采用渐变厚度设计,气瓶端部与筒体均应圆滑过渡。

C.2.1.4 内胆最小设计壁厚应通过应力分析验证。

C.2.1.5 瓶颈厚度应满足装阀时的扭矩要求,其装阀扭矩应符合附录 A 的规定。

C.2.1.6 瓶口螺纹应采用直螺纹,螺纹长度不少于 6 个螺距。

C.2.1.7 瓶口螺纹在水压试验压力下的切应力安全系数至少为 10,螺纹切应力安全系数计算方法见附录 B。

##### C.2.2 气瓶

C.2.2.1 水压试验压力应为公称工作压力的 5/3 倍。

C.2.2.2 最小爆破压力应为公称工作压力的 3.4 倍。

C.2.2.3 气瓶的设计使用年限为 15 年。

C.2.2.4 瓶阀上爆破片的爆破压力应为水压试验压力的 83%~100%。

##### C.2.3 应力分析

C.2.3.1 应力分析应采用有限元技术,并建立适当模型,计算自紧后在零压力、工作压力、试验压力及最小爆破压力下,内胆和缠绕层中的最大应力及各点的应力分布,应考虑内胆的材料非线性、缠绕层材料各向异性和结构的几何非线性特性。

C.2.3.2 应力分布符合下列要求:

- a) 零压力下内胆筒体部分的压应力应在内胆实测屈服强度的 60%~95%;
- b) 工作压力下内胆的最大拉应力应不大于内胆实测屈服强度的 60%;
- c) 在设计爆破压力下,玻璃纤维承担的载荷应不大于总压力载荷的 15%;
- d) 工作压力下碳纤维最大应力应不大于设计爆破压力下碳纤维应力的 30%;
- e) 最大应力应位于筒体部分。

GB/T 28053—2023

### C.3 试验方法和合格指标

#### C.3.1 内胆拉伸试验

##### C.3.1.1 试验方法

在内胆筒体部位沿轴向对称截取两个试样。试样标距长度不小于 24 倍内胆设计壁厚，试样宽度不大于 6 倍内胆设计壁厚。若内胆的尺寸不够制作笔直试样，可将试样夹持端拉直或压直，不应加热或敲击，也可用同样工艺制造的长试件做试样，且在试验报告中注明试样制备的方法，试验方法应符合 GB/T 228.1 的规定。

##### C.3.1.2 合格指标

实测抗拉强度不小于 262 MPa，实测屈服强度不小于 242 MPa，断后伸长率不小于 10%。

#### C.3.2 气瓶

##### C.3.2.1 层间剪切试验

###### C.3.2.1.1 试验方法

试样方法应符合 GB/T 1458 的规定，制作具有代表性的缠绕层试样，有效试样数应不少于 3 个。

###### C.3.2.1.2 合格指标

在沸水中煮 24 h 后，剪切强度不小于 34.5 MPa。

##### C.3.2.2 水压试验

###### C.3.2.2.1 试验方法

按 GB/T 9251 的规定进行外测法水压试验，水压试验压力为 5/3 倍公称工作压力。试验前应实测气瓶水容积和重量，其数值应以三位有效数字表示，第四位数值，对于容积应舍去，对于瓶重应进位。

###### C.3.2.2.2 合格指标

在水压试验压力下，保压 1 min，瓶体不应有泄漏或明显变形，且水压试验压力下弹性膨胀量应不大于气瓶极限弹性膨胀量。

##### C.3.2.3 水压爆破试验

###### C.3.2.3.1 试验方法

匀速加压至最小爆破压力，最小爆破压力为 3.4 倍公称工作压力，保压不少于 5 s，然后加压直到爆破。加压速率应不大于 1.37 MPa/s，试验方法应符合 GB/T 15385 的规定。

###### C.3.2.3.2 合格指标

实测爆破压力不小于最小爆破压力，爆破起始位置应在气瓶筒体部位。

##### C.3.2.4 常温压力循环试验

###### C.3.2.4.1 试验方法

C.3.2.4.1.1 在常温条件下，按 GB/T 9252 进行常温压力循环试验。压力循环频率应不大于 10 次/

min,在最大压力的 90%~100%期间保压不少于 1.2 s。

C.3.2.4.1.2 气瓶从小于 10%公称工作压力到公称工作压力进行压力循环不少于 10 000 次。然后,从接近零压力到水压试验压力进行压力循环不少于 30 次。

C.3.2.4.1.3 按 C.3.2.3 进行水压爆破试验。

#### C.3.2.4.2 合格指标

在压力循环试验过程中,气瓶不应出现任何可见损伤、变形和泄漏。剩余爆破压力应不小于最小爆破压力的 90%。

#### C.3.2.5 高低温压力循环试验

##### C.3.2.5.1 试验方法

C.3.2.5.1.1 按 GB/T 9252 的规定进行压力循环试验。压力循环频率应不大于 10 次/min,在最大压力的 90%~100%期间保压不少于 1.2 s。

C.3.2.5.1.2 气瓶在零压力下,温度不低于 60 ℃,相对湿度 95%以上的环境中放置 48 h,从接近零压力到公称工作压力进行压力循环不少于 5 000 次。

C.3.2.5.1.3 气瓶泄压至零压力在常温下稳定后,在温度不高于-51.6 ℃环境中,从接近零压力到公称工作压力进行压力循环不少于 5 000 次。

C.3.2.5.1.4 气瓶泄压至零压力在常温下稳定后,在常温下从接近零压力到水压试验压力进行压力循环不少于 30 次。

C.3.2.5.1.5 按 C.3.2.3 进行水压爆破试验。

##### C.3.2.5.2 合格指标

试验结果应符合 C.3.2.4.2 的规定。

#### C.3.2.6 热循环试验

##### C.3.2.6.1 试验方法

C.3.2.6.1.1 按 GB/T 9252 的规定进行压力循环试验。压力循环频率应不大于 10 次/min,在最大压力的 90%~100%期间保压不少于 1.2 s。

C.3.2.6.1.2 气瓶在常温下从接近零压力到公称工作压力进行压力循环 10 000 次。

C.3.2.6.1.3 将气瓶充压并保持在公称工作压力下,在 93.3 ℃和-51.6 ℃温度下进行热循环试验不少于 20 次,在每个温度下保持不少于 10 min。

C.3.2.6.1.4 按 C.3.2.3 进行水压爆破试验。

##### C.3.2.6.2 合格指标

试验结果应符合 C.3.2.4.2 的规定。

#### C.3.2.7 跌落试验

##### C.3.2.7.1 试验方法

C.3.2.7.1.1 将未充气的装有瓶阀的气瓶按下列方法从 3 m 高处自由坠落到混凝土地面上:

- a) 气瓶垂直坠落,瓶底着地;
- b) 气瓶水平坠落,瓶体侧壁着地;

GB/T 28053—2023

- c) 气瓶水平坠落到 38 mm×4.8 mm 角钢的棱边上,角钢两侧边与地面呈 45°放置,撞击点在气瓶侧壁的中部附近。

C.3.2.7.1.2 跌落试验后的气瓶,按 GB/T 9252 的规定进行压力循环试验。从小于 10%公称工作压力到公称工作压力进行压力循环不少于 1 000 次,压力循环频率应不大于 10 次/min,在最大压力的 90%~100%期间保压不少于 1.2 s。

C.3.2.7.1.3 按 C.3.2.3 进行水压爆破试验。

C.3.2.7.2 合格指标

在压力循环试验过程中气瓶不应出现任何可见泄漏。剩余爆破压力应不小于最小爆破压力的 90%。

C.3.2.8 枪击试验

C.3.2.8.1 试验方法

C.3.2.8.1.1 气瓶充装空气或氮气至公称工作压力。

C.3.2.8.1.2 气瓶直径大于  $\phi 120$  mm 应采用 7.62 mm 的穿甲弹,不大于  $\phi 120$  mm 应采用 5.6 mm 或 7.62 mm 的穿甲弹,射击距离不大于 45 m。

C.3.2.8.1.3 气瓶放置的位置应使弹头撞击点在筒体侧壁,子弹入射方向与瓶体轴线呈 45°,并保证子弹击中且穿透气瓶。

C.3.2.8.2 合格指标

试验后的气瓶不应破裂。

C.3.2.9 火烧试验

C.3.2.9.1 试验方法

C.3.2.9.1.1 将装配有满足设计要求爆破片瓶阀的气瓶,充装空气或氮气至公称工作压力。

C.3.2.9.1.2 气瓶垂直放置(另一只水平放置),在火源上方约 100 mm 处;应采用金属挡板防止火焰直接接触安全泄放装置,但金属挡板不应直接接触安全泄放装置,火源宜采用浇有煤油的干燥木柴,沿气瓶轴线设置不少于 3 只热电偶,以监控气瓶表面温度。同时,还应配置测定和监控瓶内压力的压力表和泄压阀门,并用管线将其从瓶口引到安全区域。

C.3.2.9.1.3 点火后火源产生的火焰应能包覆住气瓶的全部表面,试验过程应每间隔不超过 30 s 记录一次热电偶的显示温度和气瓶压力,点火后 2 min 内至少应有 1 只热电偶的显示温度达到 590 °C,并在随后的试验过程中不应低于这一温度。气瓶应暴露在火焰中直到全部气体排空为止。

C.3.2.9.2 合格指标

在点火开始试验后 2 min 内气瓶不应发生爆炸,瓶内气体可通过瓶阀安全泄放装置泄放。当火烧时间超过 2 min 时,可通过旁路泄放瓶内气体。气瓶应保持完整。

C.4 出厂检验、型式试验和设计变更

C.4.1 出厂检验

C.4.1.1 逐只检验

内胆和气瓶应按表 C.1 规定的项目进行逐只检验。

**C.4.1.2 批量检验**

C.4.1.2.1 内胆和气瓶应按表 C.1 规定的项目进行批量检验。

C.4.1.2.2 从每批内胆中随机抽取 1 只,进行拉伸试验、金相试验。

C.4.1.2.3 从每批气瓶中随机抽取 1 只进行常温压力循环试验,1 只进行水压爆破试验。常温压力循环试验的气瓶可用于水压爆破试验。

**C.4.2 型式试验**

新设计的呼吸器用气瓶应按表 C.1 规定的项目进行型式试验。除逐只检验项目外,随机抽取进行型式试验的内胆数量为:拉伸试验、金相试验 1 只;气瓶数量为:水压爆破试验 3 只,常温压力循环试验 2 只,高低温压力循环试验 2 只,热循环试验 2 只,跌落试验 1 只,枪击试验 1 只,火烧试验 2 只。

**C.4.3 设计变更**

C.4.3.1 在原设计基础上设计变更的气瓶,应按表 C.2 规定的试验项目做相应的型式试验。

C.4.3.2 设计的气瓶与原设计有下列不同时则不作为设计变更,不必补充型式试验项目:

- a) 直径和工作压力变化小于或等于 10%;
- b) 容积变化小于或等于 30%。

**表 C.1 呼吸器用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	试验方法和合格指标
			逐只检验	批量检验		
1	内胆	壁厚	√	—	—	6.1.1
2		制造公差	√	—	—	6.1.2
3		瓶口螺纹	√	—	—	6.1.3
4		内、外表面	√	—	—	6.1.4
5		硬度试验	√	—	—	6.1.5
6		拉伸试验	—	√	√	C.3.1
7		金相试验	—	√	√	6.1.6.3
8	气瓶	层间剪切试验	—	—	√	C.3.2.1
9		外表面	√	—	—	6.2.2
10		水压试验	√	—	√	C.3.2.2
11		气密性试验	√	—	√	6.2.4
12		水压爆破试验	—	√	√	C.3.2.3
13		常温压力循环试验	—	√	√	C.3.2.4
14		高低温压力循环试验	—	—	√	C.3.2.5
15		热循环试验	—	—	√	C.3.2.6
16		跌落试验	—	—	√	C.3.2.7
17		枪击试验	—	—	√	C.3.2.8
18		火烧试验	—	—	√	C.3.2.9

注：“√”表示为做，“—”表示为不做。

GB/T 28053—2023

表 C.2 呼吸器用气瓶设计变更

试验项目	材料变化	外径和工作压力变化		容积变化		制造设备变化 不满足工艺	内胆变化 端部或厚度减小
		10%~20%	>20%	30%~50%	>50%		
层间剪切试验	√	—	—	—	—	—	—
水压爆破试验	√	√	√	√	√	√	√
常温压力循环试验	√	√	√	√	√	√	√
高低温压力循环试验	√	—	√	—	√	√	—
热循环试验	√	—	√	—	√	√	—
跌落试验	√	√	√	√	√	√	√
枪击试验	√	√	√	√	√	√	—
火烧试验	√	√	√	√	√	√	—
应力分析	√	√	√	—	√	—	√

注：“√”表示为做，“—”表示为不做。

**附 录 D**  
**（规范性）**  
**外保护套**

**D.1 材料**

外保护套材料宜采用高密度聚乙烯或改性高密度聚乙烯，且应具有抗老化、抗氧化和耐低温等性能。

**D.2 设计**

外保护套不应出现细长形的镂空，气瓶外表面未被外保护套覆盖的面积之和占气瓶总表面积的比例应不大于 35%。

**D.3 制造**

**D.3.1** 安装外保护套的气瓶应易于安装、运输，外保护套应能有效保护气瓶。

**D.3.2** 外保护套应与瓶体紧密配合，且不损坏瓶体表面。

**D.3.3** 外保护套制造应符合设计文件的要求。

**D.4 试验**

**D.4.1 低温跌落试验**

**D.4.1.1 试验方法**

取 1 只装配外保护套的气瓶，气瓶充装防冻液至最大使用重量，进行试验：

- a) 将气瓶在 -40℃ 环境中静置不少于 30 min；
- b) 将气瓶迅速取出，并采取一定保温措施，进行 1.2 m 水平跌落。

**D.4.1.2 合格指标**

气瓶应无明显损伤，外保护套应保持完整。

**D.4.2 外保护套强度试验**

**D.4.2.1 试验方法**

装配外保护套的气瓶，充水至气瓶最大使用重量，进行试验。

- a) 试验 A：外保护套上表面竖直向下施加压力  $F_1$  计算见式 (D.1)，如图 D.1(a) 所示。

$$F_1 = 6Mg \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

$F_1$ ——外保护套强度试验压力，单位为牛(N)；

$M$ ——气瓶最大使用重量，单位为千克(kg)；

$g$ ——重力加速度，单位为米每二次方秒(m/s<sup>2</sup>)。

- b) 试验 B：任意把手上施加拉力  $F_2$  计算见式 (D.2)，如图 D.1(b) 所示。

$$F_2 = 1.5Mg \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

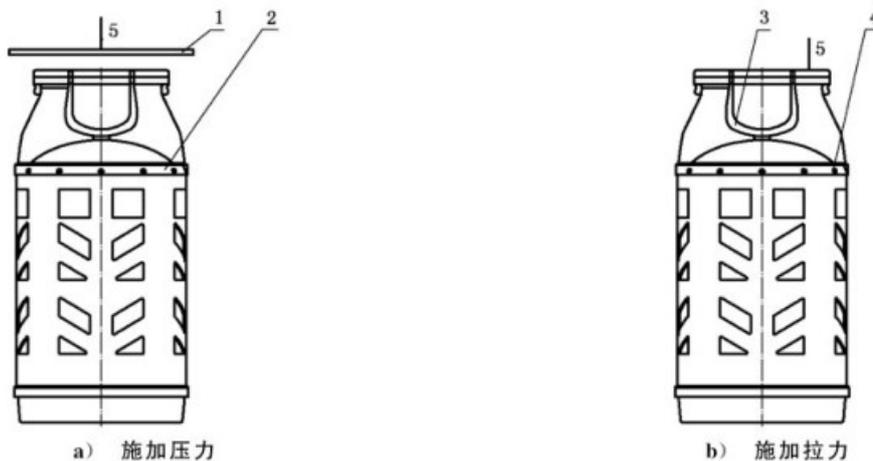
GB/T 28053—2023

式中：

$F_2$ ——外保护套强度试验拉力，单位为牛(N)。

$M$ ——气瓶最大使用重量，单位为千克(kg)；

$g$ ——重力加速度，单位为米每二次方秒( $m/s^2$ )。



标引序号说明：

1——压板；

2——外保护套；

3——外保护套把手；

4——气瓶；

5——外保护套强度试验压力( $F_1$ )或拉力( $F_2$ )。

图 D.1 外保护套强度试验示意图

#### D.4.2.2 合格指标

合格指标如下：

- a) 试验 A, 外保护套不破坏, 无脱落；
- b) 试验 B, 外保护套把手不破坏, 无脱落。

#### D.4.3 外保护套抗老化试验

##### D.4.3.1 试验方法

取 2 只装配外保护套的气瓶充水至气瓶最大使用重量, 进行试验：

- a) 按 GB/T 10125 的规定进行中性盐雾试验, 试验时间 10 d；
- b) 按 GB/T 9789 的规定进行二氧化硫环境试验, 以 24 h 为一个试验周期, 在试验箱内暴露 8 h, 然后在室内环境大气中暴露 16 h, 相对湿度应不低于 30% 且不高于 70%, 试验时间 10 d；
- c) 按 GB/T 16422.3 的规定进行荧光紫外灯加速应力破坏试验, 并采用表 D.1 所示的暴露周期进行循环, 试验时间 10 d；
- d) 取 1 只气瓶进行 D.4.2 外保护套强度试验；

取 1 只气瓶进行跌落试验。气瓶按图 D.2 所示 5 种位置, 从 1.2 m 的高度跌落到钢板上各 2 次(共跌落 10 次)；钢板厚度应大于 10 mm, 表面应足够平整, 表面上任意两点之间的水平差异不超过 2 mm。钢板应置于混凝土上, 混凝土厚度应不低于 100 mm；完成 10 次跌落后, 外保护套应进行外观检查。

表 D.1 暴露周期

循环序号	暴露周期	灯型	340 nm 时的辐照度 W/m <sup>2</sup>	黑标温度 ℃
1	4 h 干燥	UVA-340	0.83	60±3
	4 h 凝露		关闭光源	50±3
2	5 h 干燥		0.83	50±3
	1 h 凝露		关闭光源	25±3

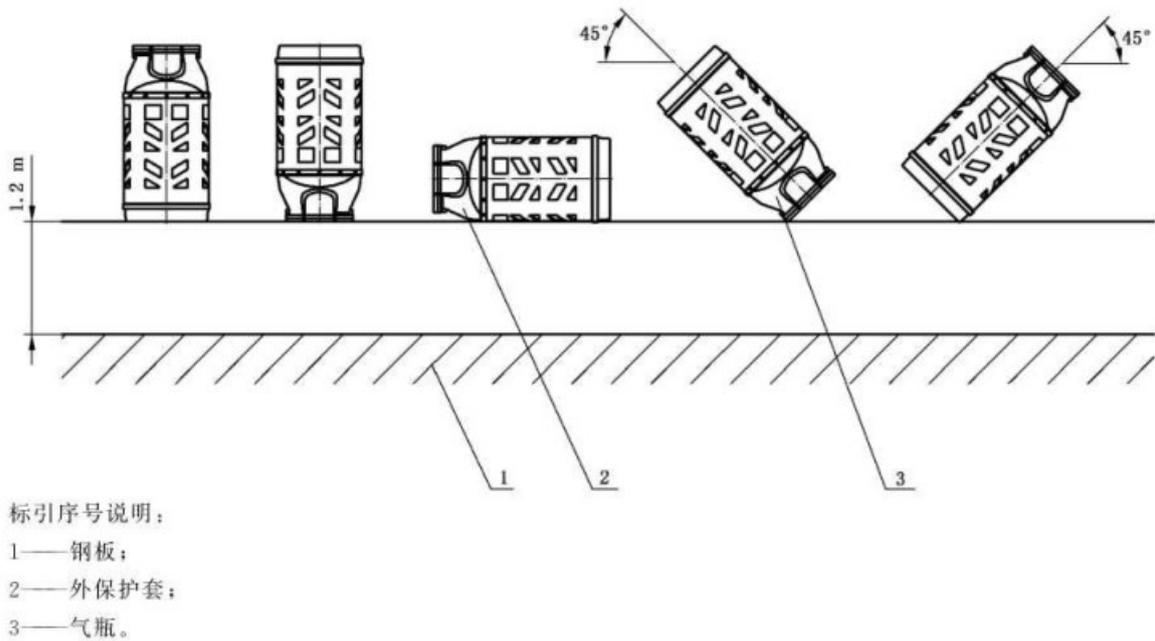


图 D.2 跌落试验示意图

#### D.4.3.2 合格指标

外保护套跌落试验后应完整，无因部件损坏致外壳无法有效安装的现象；应无贯穿性裂纹；允许存在磨损、局部塌陷和微裂纹等不影响其使用功能的损伤。

附 录 E  
(规范性)  
层间剪切试验方法

E.1 一般要求

试样两端置于两个支座上并可横向移动,通过位于试样中点的加载头直接施加载荷。

E.2 试样制作

试样制作方法和模具按照 GB/T 1458 的规定,试样尺寸应按本文件的规定。

E.3 取样和试样尺寸

E.3.1 取样

从圆环上切割试样,试样表面应平滑,不应有划痕和分层。可采用金刚砂工具,通过水润滑进行切割、碾磨或磨削得到最终尺寸。

E.3.2 试样尺寸

剪切试样尺寸,如图 E.1 所示。

单位为毫米

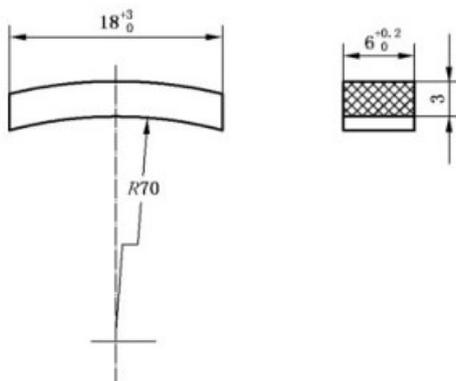


图 E.1 试样尺寸图

E.4 试验要求

E.4.1 试验设备

试验设备应经过校准,具有恒定的试验速度,载荷相对误差不应超过±1%。

E.4.2 加载工装

加载头和支座应分别采用直径为(6±0.5)mm 和(3±0.4)mm 的圆柱体,硬度(HRC)应为 60~62。加载头和支座表面应光滑,不应有凹痕、毛刺、锐边等。

E.4.3 检验仪器

应使用千分尺测量试样宽度和厚度,精度应为试样尺寸的 1%。

#### E.4.4 环境条件

温度： $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，相对湿度： $(50 \pm 10)\%$ 。

#### E.5 试验步骤

##### E.5.1 试验加载速度

试验加载速度为  $1 \text{ mm/min}$ 。

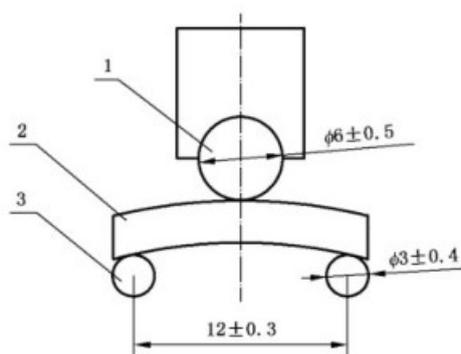
##### E.5.2 试样尺寸测量

试验前测量并记录试样中心截面处的宽度、厚度及试样的长度。

##### E.5.3 试样安装

将试样放入加载工装中，如图 E.2 所示，试样应对齐并居中，使其纵轴与加载头和支座垂直，调整跨距为  $(12 \pm 0.3) \text{ mm}$ ，加载头所放位置应与两边支座等距，精度为  $\pm 0.3 \text{ mm}$ ，加载头和支座每个侧边应超过试样宽度至少  $2 \text{ mm}$ 。

单位为毫米



标引序号说明：

- 1——加载头；
- 2——试样；
- 3——支座。

图 E.2 试样安装示意图

##### E.5.4 加载

以  $1 \text{ mm/min}$  的加载速度对试样进行加载，连续加载直到下列情况发生：

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

##### E.5.5 数据记录

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

**E.5.6 破坏模式**

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



图 E.3 破坏模式示意图

**E.6 层间剪切强度计算**

层间剪切强度计算见式(E.1):

$$\tau_s = 0.75 \times P_m / (b \times t) \quad \dots\dots\dots ( E.1 )$$

式中:

- $\tau_s$  —— 层间剪切强度,单位为兆帕(MPa);
- $P_m$  —— 试验过程中最大载荷,单位为牛(N);
- $b$  —— 试样宽度,单位为毫米(mm);
- $t$  —— 试样厚度,单位为毫米(mm)。

**E.7 试验结果**

层间剪切强度算术平均值 $\bar{\tau}_s$ 计算见式(E.2):

$$\bar{\tau}_s = \left( \sum_{i=1}^n \tau_{si} \right) / n \quad \dots\dots\dots ( E.2 )$$

式中:

- $\bar{\tau}_s$  —— 层间剪切强度算术平均值,单位为兆帕(MPa);
- $\tau_{si}$  —— 每个试样的性能值,单位为兆帕(MPa);
- $n$  —— 试样数量。

**E.8 试验报告**

试验报告应包括以下各项全部或部分内容:

- a) 试验项目名称及本文件编号;
- 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;给出每个试样的性能值、算术平均值等;
- g) 试验人员、日期及其他。

**附录 F**  
(资料性)  
**常见压缩气体的温升压力**

常见压缩气体在 65 ℃ 时的温升压力见表 F.1。

**表 F.1 常见压缩气体在 65 ℃ 时的温升压力**

单位为兆帕

介质	20 ℃ 基准温度下的公称工作压力				
	10	15	20	25	30
天然气	12.599	19.819	27.315	34.724	41.921
氮气	11.884	18.048	24.305	30.614	36.941
空气	11.899	18.087	24.384	30.743	37.124
氦气	11.528	17.285	23.036	28.784	34.527
氖气	11.565	17.366	23.178	28.996	34.819
氟气	11.937	18.204	24.633	31.168	37.755
氩气	12.596	19.971	27.806	35.573	43.058
氧气	11.954	18.24	24.702	—	—

