附件 1

ICS 23.020.30
CCS J 74

中国特种设备安全与节能促进会标准

CPASE PXXX-XXXX

大容积铝合金内胆碳纤维全缠绕复合气瓶

Large capacity fully wrapped carbon fibre reinforced composite gas cylinders with aluminium alloy liners

XXXX-XX-XX 发布　　XXXX-XX-XX 实施

中国特种设备安全与节能促进会　发布

目　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 2
3.1　术语 2
3.2　符号 3
4　型号、结构型式和参数 4
4.1　型号 4
4.2　结构型式 4
4.3　参数 5
5　技术要求 5
5.1　一般要求 5
5.2　材料 5
5.3　设计 6
5.4　制造 7
5.5　附件 7
6　试验方法和合格指标 8
6.1　内胆 8
6.2　复合气瓶 11
7　检验规则 16
7.1　出厂检验 16
7.2　型式试验 17
7.3　设计变更 17
8　标志、包装、运输和储存 19
8.1　标志 19
8.2　包装 20
8.3　运输 20
8.4　储存 20
9　产品合格证、使用说明书和批量检验质量证明书 20
9.1　产品合格证 20
9.2　产品使用说明书 21
9.3　批量检验质量证明书 21
附录 A（资料性附录）大容积铝内胆全缠绕复合气瓶批量检验质量证明书 22
附录 B（资料性附录）直螺纹剪切应力安全系数计算方法 24

大容积铝合金内胆碳纤维全缠绕复合气瓶

1 范围

1.1 本标准规定了大容积铝合金内胆碳纤维全缠绕复合气瓶（以下简称“复合气瓶”）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 本标准适用于设计和制造下列使用工况下的可重复充装的复合气瓶：

a) 使用环境温度为-40℃～60℃；

b) 工作温度-40℃～60℃；

c) 气瓶公称工作压力为20MPa～70MPa；

d) 气瓶公称水容积为450L～1100L；

e) 充装介质为氢气、天然气等压缩气体。

1.3 依据本标准生产的复合气瓶用于长管拖车和管束式集装箱（气瓶集装箱）。

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显微组织检验方法 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显微组织检验方法 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、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 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 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　气瓶疲劳试验方法
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 17820　天然气
GB 18047　车用压缩天然气
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）　铝及铝合金化学试验方法
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 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 34359　变形铝合金精密锻件　通用技术条件
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
TSG 23　气瓶安全技术规程

3　术语和定义

GB/T 13005界定的以及本标准确定的下列术语和定义适用本文件。

3.1　术语

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。

3.1.2

内胆　liner
在外表面缠绕碳纤维增强层，用于密封气体且可承受部分压力的载荷的无缝铝合金容器。

3.1.3

全缠绕　fully-wrapped

用浸渍树脂基体的碳纤维连续在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。

3.1.4

内胆批量 batch of liners

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内胆的限定数量。

3.1.5

气瓶批量 batch of cylinders

采用同一设计条件，具有相同结构尺寸内胆，相同型号复合材料，且用相同工艺进行缠绕、固化的复合气瓶的限定数量。

3.1.6

自紧 autofrettage

通过向复合气瓶施加内压使内胆产生塑性变形，从而使得复合气瓶在零压力下内胆承受压应力、碳纤维承受拉应力的过程。

3.1.7

自紧压力 autofrettage pressure

自紧时施加在复合气瓶内的最高压力（表压）。

3.1.8

纤维应力比 fibre stress ratio

复合气瓶在最小设计爆破压力下的碳纤维应力与公称工作压力下的碳纤维应力之比。

3.1.9

极限弹性膨胀量 rejection elastic expansion; REE

在每种规格型号复合气瓶设计定型阶段，规定的复合气瓶弹性膨胀量的许用上限值，单位为毫升。

注：该数值不得超过设计定型批相同规格型号复合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 ——内胆材料断后伸长率，%；

D_o ——内胆公称外径，mm；

p_W ——公称工作压力，MPa；

p_H ——水压试验压力，MPa；

R_e ——内胆材料热处理后的屈服强度保证值，MPa；

R_{ea} ——内胆材料屈服强度实测值，MPa；

R_g ——内胆材料热处理后的抗拉强度保证值，MPa；

R_m ——内胆材料抗拉强度实测值，MPa；

S_{ao} ——内胆筒体实测平均壁厚，mm；

V ——公称水容积，L；
σ_c ——碳纤维抗拉强度，MPa；
τ_s ——树脂层间剪切强度，MPa；
N_d ——复合气瓶设计循环次数；
y ——复合气瓶设计使用年限。

4 型号、结构型式和参数

4.1 型号

复合气瓶型号由五部分组成，如图1所示。

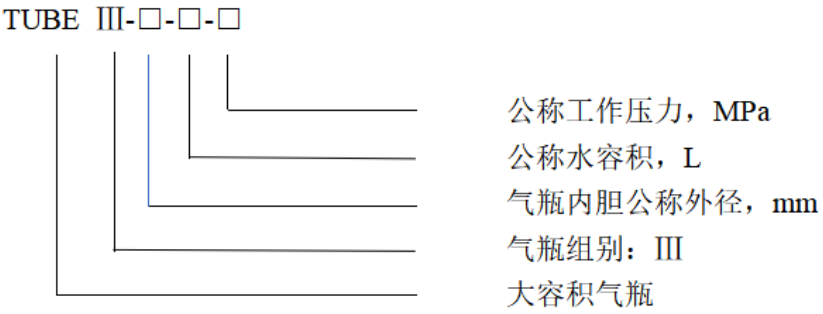
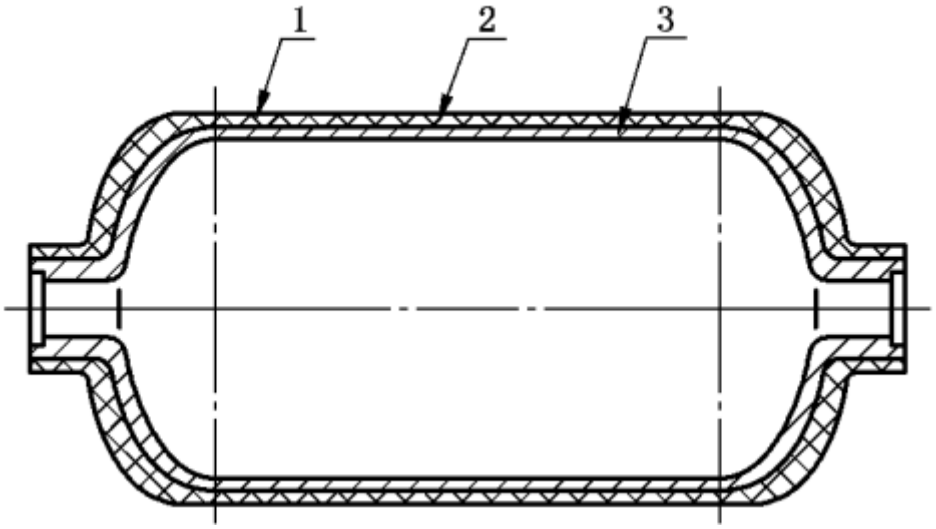


图1 大容积铝内胆碳纤维全缠绕复合气瓶型号

示例：TUBE Ⅲ-537-1100-52表示为：公称工作压力52MPa，内胆公称外径为537mm，且水容积为1100L的复合气瓶。

4.2 结构型式

复合气瓶结构一般如图2所示。



说明：
1——碳纤维缠绕层；2——防电偶腐蚀层；3——内胆。

图2 复合气瓶典型结构示意图

4.3 参数

公称水容积和内胆公称外径一般应符合表1的规定。

表1 复合气瓶公称水容积和内胆公称外直径

项目	数值	允许偏差 %
公称水容积V	450～1100L	$^{+2.5}_{0}$
内胆公称外径D_o	Φ165～Φ800mm	± 1

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 复合气瓶盛装压缩天然气或氢气时，车用压缩天然气应符合GB 18047的规定，民用压缩天然气应符合GB 17820中一、二类天然气的规定；氢气应符合GB/T 3634.1或GB/T 3634.2或GB/T 37244的规定。

5.1.2 复合气瓶可用作长管拖车、管束式集装箱（气瓶集装箱）等移动式压力容器上的气瓶。

5.1.3 复合气瓶的公称工作压力p_w不应高于TSG 23对相应介质最高公称工作压力的规定。

5.1.4 复合气瓶设计使用年限为15年。

5.2 材料

5.2.1 内胆材料

5.2.1.1 内胆应选用牌号为6061的铝合金，材料化学成分应满足表2的规定，化学成分允许偏差应符合GB/T 3190的规定。

5.2.1.2 应按材料炉罐号根据GB/T7999或GB/T20975（所有部分）进行化学成分复验，复验合格后方可使用。

表2 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	0.40	—	0.15	—	0.80	0.04	—	—	—	—	—	—	余量
	最大	0.80	0.70	0.40	0.15	1.20	0.35	0.25	0.15	0.003	0.003	0.05	0.15	

5.2.1.3 铸锭应符合YS/T 67的规定。挤压棒应符合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Φ2mm当量平底孔进行超声超检验，检验按GB/T6519执行。

5.2.1.4 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。

5.2.2 缠绕层材料

5.2.2.1 树脂材料

5.2.2.1.1　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℃。

5.2.2.1.2　浸渍材料的性能和技术指标应符合其相应的国家标准或行业标准的规定。

5.2.2.1.3　应按批复验环氧树脂的环氧当量。

5.2.2.2　碳纤维

5.2.2.2.1　承载纤维应采用连续无捻碳纤维，不允许采用混合纤维。

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，不应认为是混合纤维。

5.2.2.2.2　每批碳纤维的力学性能应符合复合气瓶设计文件的规定。

5.2.2.2.3　纤维复丝线密度（公制号数）应按GB/T 3362或GB/T 30019测定；纤维复丝浸胶纱拉伸强度应按GB/T 3362或GB/T 26749测定。

5.2.2.2.4　应对碳纤维材料按批进行复验。

5.2.2.3　玻璃纤维

5.2.2.3.1　应采用S型或E型玻璃纤维，其力学性能应符合复合气瓶设计文件的规定，并有质量合格证明书。

5.2.2.3.2　玻璃纤维只允许用作外表面保护层或防电偶腐蚀层。

5.2.3　端塞

端塞应选用锻件。当选用S30408、S30403、S31608、S31603等奥氏体不锈钢锻件时，材料应符合NB/T 47010中III级锻件的规定。当选用6061T6态铝合金锻件时，材料应满足GB/T 34359或GB/T 32249中的规定。

5.3　设计

5.3.1　内胆

5.3.1.1　内胆端部应采用凸形结构。

5.3.1.2　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　内胆最小设计壁厚应通过应力分析验证。

5.3.1.4　复合气瓶瓶口应开在气瓶端部，且应与内胆同轴。

5.3.1.5　瓶口的外径和厚度应满足复合气瓶支撑的要求。必要时瓶口可采用加强结构如钢套等。复合气瓶两端瓶颈的厚度自螺纹的根径计算不得小于筒体最小设计壁厚，且保证在承受支撑附加力时不产生变形或损坏。

5.3.1.6　瓶口应采用符合相应标准的直螺纹。螺纹长度应大于复合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。螺纹精度应能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；采用英制UN直螺纹时，内/外螺纹精度宜为2B/2A。

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，计算螺纹剪切应力安全系数时，铝合金剪切强度取0.6倍的材料抗拉强度保证值。

5.3.2　复合气瓶

5.3.2.1　复合气瓶可采用系列化设计，同系列复合气瓶公称工作压力相同，其内胆材料、外径、壁厚、封头型式、复合层材料、复合层铺层设计和复合层厚度均一致，仅长度不同，且最短长度应为复合气瓶直径的2倍，最长长度不得超过最短长度的5倍。同系列复合气瓶仅需进行一次型式试验。

5.3.2.2　复合气瓶水压试验压力为公称工作压力的1.5倍。

5.3.2.3　纤维应力比应不低于3。

5.3.2.4　复合气瓶最小爆破压力应不低于3倍公称工作压力。

5.3.2.5　复合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，应符合相关规定的要求。

5.3.2.6　采用有限单元法，建立合适的复合气瓶分析模型，计算复合气瓶在自紧压力、自紧压力后零压力、公称工作压力、水压试验压力和最小爆破压力下，内胆和缠绕层中的应力和应变。计算结果应满足5.3.2.3的规定。分析模型应考虑内胆的材料非线性、复合材料各向异性和结构的几何非线性。

5.3.2.7　复合气瓶使用条件中不包括因外力等引起的附加载荷。

5.4　制造

5.4.1　内胆和复合气瓶制造应符合本标准规定，并应符合产品图样和有关技术文件的规定。

5.4.2　内胆应进行整体固溶时效（T6）热处理，热处理应按评定合格的工艺进行，防止内胆变形。内胆热处理后应按批进行材料力学性能试验，试验的结果不应低于复合气瓶设计文件的规定值。内胆应逐只进行硬度测试，硬度值不应低于设计文件的规定值。

5.4.3　内胆不允许进行焊接。

5.4.4　对内胆和复合气瓶的表面缺陷允许采用专用工具进行修磨，且修磨后内胆最小壁厚不应小于设计最小壁厚。

5.4.5　制造应分批管理，内胆成品和复合气瓶成品均以不大于200只加上破坏性试验用内胆或复合气瓶数量为一个批。

5.4.6　铸锭和挤压棒材应挤压成形，或者挤压后冷拉伸成形；管材应旋压成形。

5.4.7　复合气瓶制造前应对缠绕层材料按批进行确认，结果应符合5.2.2的要求。

5.4.8　在缠绕碳纤维前，为避免内胆与碳纤维复合层之间的电腐蚀，内胆外表面应涂敷绝缘的聚合物涂层。

5.4.9　瓶口螺纹的牙型、尺寸和公差，应符合GB/T 196和GB/T 197或相关标准的规定。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。螺纹轴线应与复合气瓶轴线同轴。

5.4.10　缠绕碳纤维前内胆内外表而应清理干净，不得有金属碎屑等杂物，且应采取措施防止内胆外表面与碳纤维缠绕层之间发生电偶腐蚀。

5.4.11　缠绕和固化应按评定合格的工艺进行。固化温度不得对内胆力学性能产生影响。

5.4.12　复合气瓶水压试验前应按设计文件规定的自紧压力进行自紧处理，且自紧压力不小于水压试验压力。并详细记录每只复合气瓶的自紧压力、容积膨胀量等。

5.5　附件

5.5.1　复合气瓶应设置安全泄压装置（PRD），PRD应满足TSG 23的要求。

5.5.2　当安全装置装有爆破片时，爆破片的生产厂家应有生产相应规格爆破的生产许可证，且应按TSG 23的要求通过型式试验。

5.5.3　安全泄放装置的额定排量应按照GB/T 33215的规定进行计算确定。

6 试验方法和合格指标

6.1 内胆

6.1.1 壁厚和制造公差

6.1.1.1 试验方法

壁厚应采用超声波测厚仪测量；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

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，用内窥灯或内窥镜检查内表面或其他有效检验方法进行检查。

6.1.2.2 合格指标

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

目视检查或其他有效检验方法，并用符合按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 内胆热处理后的性能测试

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，金相试样应从内胆肩部截取，如图3所示；

b） 取样数量：拉伸试样3件、冷弯试样2件或压扁试样1件、金相试样1件。

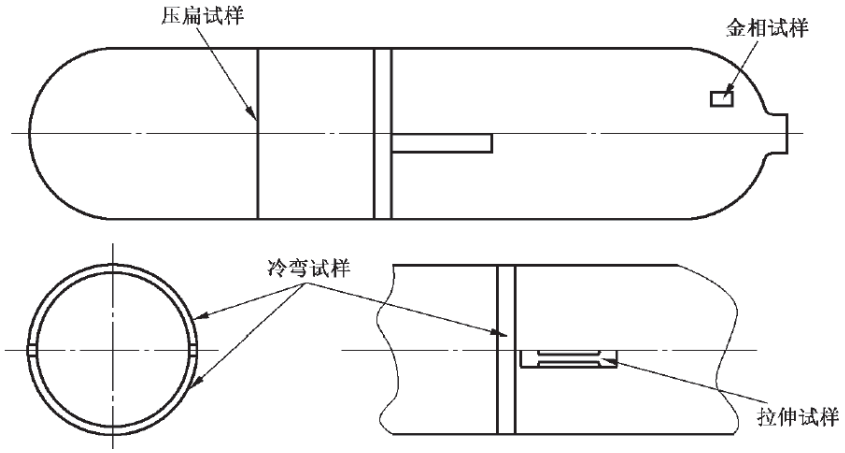


图3　取样部位图

6.1.4.2　拉伸试验

6.1.4.2.1 试验方法

拉伸试样应符合以下要求：

a） 试样应为实物扁试样，如图4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。

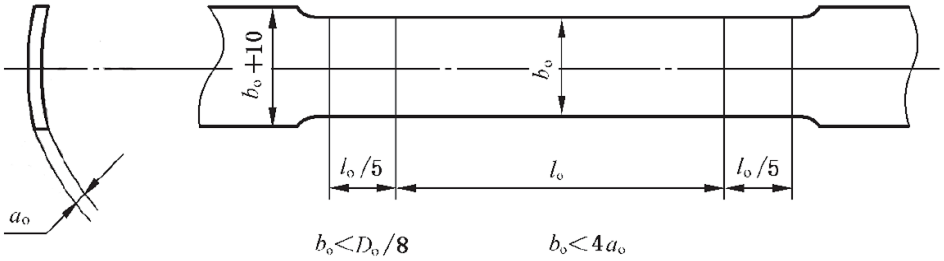


图4　拉伸试样图

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

从T6热处理后的内胆肩部上截取，试样的制备、尺寸和试验方法依据GB/T 3246执行。

显微组织检验方法按GB/T 3246.1执行。

低倍组织检验方法按GB/T 3246.2执行。

6.1.4.3.2　合格指标

无过烧组织为合格，并记录显微和低倍晶粒度等级。

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） 圆环应从拉伸试样所取试样的内胆上用机械方法环向截取；

b） 圆环试样的宽度为25mm，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 μm，圆角半径应不大于2mm；

c） 弯心直径应按表3选取，试样按图5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	6 S_{ao}	10 S_{ao}
325～440	7 S_{ao}	12 S_{ao}
>440	8 S_{ao}	15 S_{ao}

6.1.4.4.2 合格指标

目测试样无裂纹。

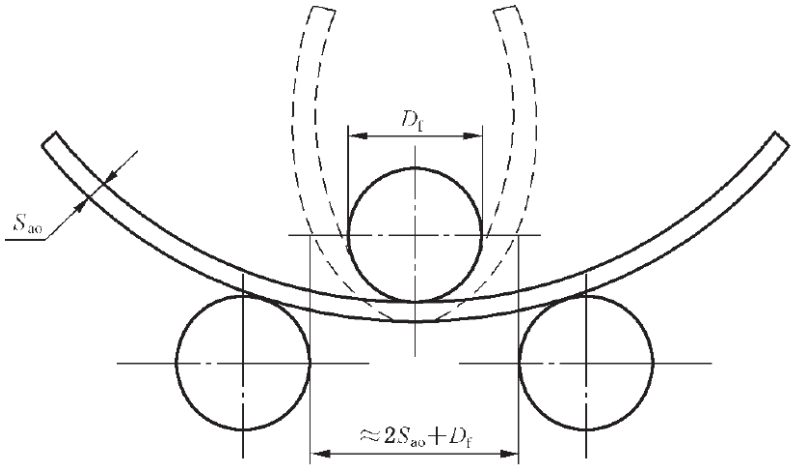


图5 冷弯试验示意图

6.1.4.5 压扁试验

6.1.4.5.1 试验方法

压扁试验可采用试样瓶或试样环，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

采用超声检测或其它合适的检测方法，对内胆进行无损检测。

6.1.6.2 合格指标

内胆最大缺陷尺寸应小于设计文件规定的最大允许缺陷尺寸。

6.1.7 内胆爆破试验

6.1.6.1 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） 试验介质应为干净水；

b） 升压速度应不大于1.0 MPa/s；

c） 内胆数量1支；

d） 试验过程中应记录压力-时间曲线。

6.1.6.2 合格指标

内胆爆破压力不小于设计文件中规定的内胆最小爆破压力，且爆破开口应位于筒身直筒段，爆破开口处有明显变形。内胆爆破后不允许破裂为两片。

6.2 复合气瓶

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件。将试样在沸水中煮24h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13.8MPa。

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件，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

复合气瓶水压试验前，应按设计文件的规定进行复合气瓶自紧试验。

按GB/T 9251规定的外测法进行水压试验，试验介质采用干净水，试验压力p_H为1.5倍的公称工作压力，试验压力允许偏差取$P_H{}_0^{3\%}$和$P_H{}_0^{10bar}$小值。水压试验完成后，应将复合气瓶内壁吹干。

6.2.3.2 合格指标

在试验压力下保压至少120s，压力不应下降，瓶体不应泄漏或明显变形。复合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应不大于5%。

6.2.4 气密性试验

6.2.4.1 试验方法

气密性试验前，复合气瓶应进行水压试验，且结果合格。

以单只复合气瓶形式出厂时，应逐只对复合气瓶瓶口与螺栓或瓶阀连接处进行气密性试验，试验方法按GB/T 12137规定的涂液法，试验介质为干燥空气或氮气，试验压力为公称工作压力，保压时间3分钟。

6.2.4.2 合格指标

保压时间内复合气瓶压力不得下降，且涂液处无气泡形成。

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：

e） 试验介质应为干净水；

f） 升压速度应不大于1.0MPa/s；

g） 数量3支；

h） 测出从开始到内胆爆破瞬间水的总压入量并自动绘制压力-时间和压力-进水量曲线。

6.2.5.2 合格指标

爆破起始位置应在复合气瓶筒体部位，破口形貌，爆破后的内胆应保持完整。爆破压力应大于等于最小设计爆破压力。

6.2.6 常温压力循环试验

6.2.6.1 试验方法

试验介质应为干净水，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） 试验过程中应检测复合气瓶外壁温度，且温度最高值不得超过50℃；

b） 当复合气瓶用于充装氢气时，循环压力的上限值为公称工作压力的1.25倍；

c） 当复合气瓶用于充装其他介质时，循环压力的上限值为60℃时的介质温升压力；

d） 循环压力下限不超过3MPa；

e） 压力循环频率不超过5次/min；

f） 试验复合气瓶数量2支；

g） 试验过程中应监控和记录参数，复合气瓶温度、压力循环次数、最大、最小循环压力值、试验的周期频率。

6.2.6.2 合格指标

在设计循环次数N_d内，复合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，复合气瓶不得发生破裂。

N_d为设计使用年限y乘以500。

6.2.7 火烧试验

6.2.7.1 试验方法

复合气瓶应在装配安全泄放装置后进行火烧试验，并同时满足以下要求：

a） 试验前，应用空气、氮气或指定的专用气体缓慢将复合气瓶加压至公称工作压力；

b） 火源可以使用任何燃料，只要能提供均匀、充足的热量，以维持规定的试验温度至复合气瓶泄放。燃料的选择应该考虑空气污染问题。火源的宽度应大于或者等于复合气瓶直径，使火焰由复合气瓶的下部及两侧将其环绕；

c） 复合气瓶应水平放置，并使其下表面距火源约100mm。火源延复合气瓶轴向方向长度至少为1.65m，且火源中心位置应位于复合气瓶轴向重心位置正下方；

d） 在火源1.65m方向的区域内至少均布设置3个热电偶。热电偶距复合气瓶下表面的距离为（25±10）mm。必要时，还可设置更多的热电偶。应采用最小0.4mm厚的金属档板防止火焰直接接触热电偶。火源产生的温度不应小于590℃；

e） 试验时应采用挡风板等遮风措施，使复合气瓶受热均匀；

f） 有必要时应采用金属挡板防止火焰直接接触安全装置，且金属挡板不应直接接触安全装置；

g） 火烧试验时，火烧计时从至少有1只热电偶指示温度应达到590℃时开始，且从点火开始到试验计时开始，时长不应超过2分钟。在整个计时的火烧试验中，至少有2只热电偶的指示温度持续超过590℃；

h） 试验过程中应至少能记录复合气瓶内初始压力，温度，时间。

6.2.7.2 合格指标

复合气瓶应至少在试验计时开始后30分钟内不发生破裂，或气体从安全装置、瓶身卸放或泄漏，试验合格。

试验完成后，如复合气瓶内仍有压力，应有安全可靠的措施将压力卸放。

当更换安全卸压装置后，应重新进行火烧试验。

6.2.8 极限温度压力循环试验

6.2.8.1 试验方法

该实验在高低温环境箱内进行。

6.2.8.2 高温压力循环试验

试验步骤如下：

a） 将装有试验介质的、零压力下的复合气瓶置于温度60～70℃、相对湿度不低于90%的环境中48小时，且用于试验的复合气瓶外介质温度也应处于同样环境中；

b） 在此环境中按GB/T 9252的规定进行压力循环试验，其中：循环压力下限不超过3MPa，循环压力上限为复合气瓶公称工作压力，压力循环频率应不超过10次/min，压力循环次数为5000次，试验过程中，应保持复合气瓶外表温度处于60℃～70℃之间；

c） 试验结束后泄放压力并将复合气瓶温度稳定在20℃左右。

6.2.8.3 低温压力循环试验

试验步骤如下：

a） 将装有试验介质的、零压力下的复合气瓶置于温度-50℃～-40℃环境中直至纤维缠绕层外表面温度不高于-40℃，且用于试验的复合气瓶外介质温度也应处于同样环境中；

b） 在此环境中按GB/T 9252的规定进行压力循环试验，其中：循环压力下限不超过3MPa，循环压力上限为复合气瓶公称工作压力，压力循环次数为5000次，试验过程中，应调整压力循环频率，以保持复合气瓶外表温度处于-50℃～-40℃之间；

c） 试验结束后泄放压力并将复合气瓶温度稳定在20℃左右。

6.2.8.4 水压爆破试验

复合气瓶经高温和低温压力循环试验之后，按6.3.5.1的规定进行水压爆破试验。

6.2.8.5 合格指标

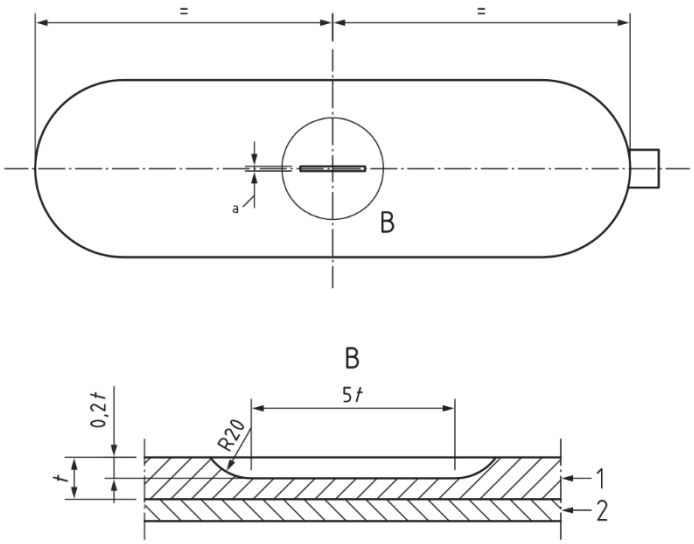
复合气瓶进行高温和低温压力循环试验过程中无纤维脱离、瓶体泄漏和破裂现象。经极限温度压力循环试验后，其爆破压力不应低于0.85倍的设计爆破压力。

6.2.9 裂纹容限试验

6.2.9.1 试验方法

试验步骤如下：

在复合气瓶纵向方向中心位置用1mm～3mm厚切刀加工一条纵向裂纹，裂纹深度为0.2倍的复合层厚度，裂纹直线段长度为5倍的复合层厚度。如图6所示。



注：1——复合层；2——内胆层。

图6　预制裂纹

预制裂纹的复合气瓶按GB/T 9252的要求进行常温压力循环试验，循环压力下限不高于3MPa，循环压力上限按6.2.6.1的规定，压力循环频率不超过10次/min。

6.2.9.2　合格指标

在前3000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。

6.2.10　钝物撞击试验

6.2.10.1　试验方法

未充气复合气瓶按图7所示进行钝物撞击试验。其中，筒身撞击应位于复合气瓶筒体纵向方向中间位置，封头撞击应位于封头中间位置。

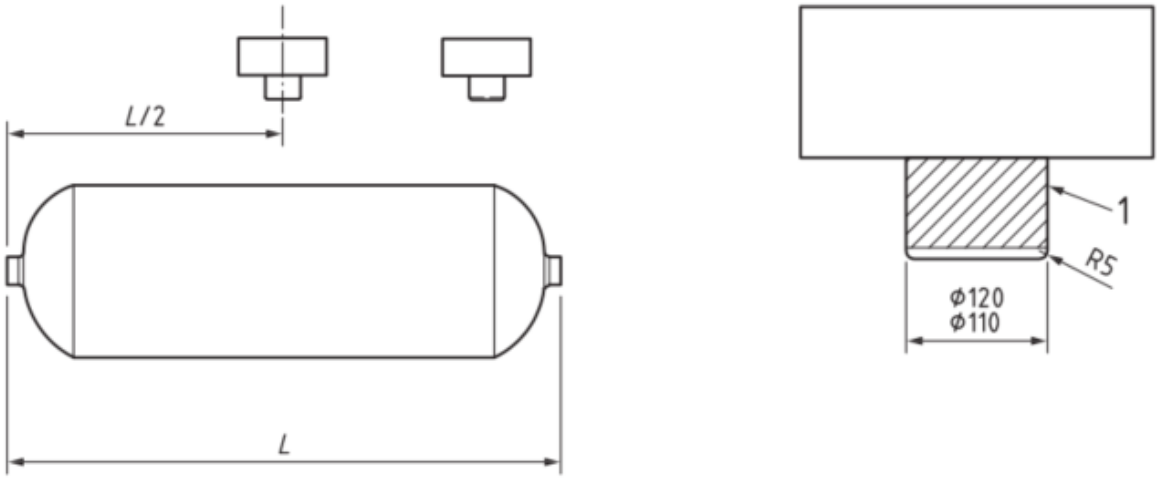


图7　撞击试验示意图

在没有充装气体的空复合气瓶的筒体中部和封头缠绕层中间用撞击体各进行1次撞击，撞击可以采用适合高度跌落或摆锤撞击，摆锤可用钢棒制作，其直径应处于110mm到120mm之间，其示意见图7。摆锤撞击中心与锥体重心的连线应在复合气瓶撞击点法线上，摆锤的冲击能量应大于或等于1200J。在摆锤冲击过程中，应保持复合气瓶固定且始终无内压。

6.2.10.2 压力循环

完成撞击试验后，复合气瓶按6.2.6.1的要求进行压力循环试验。

6.2.10.3 合格指标

复合气瓶在钝物撞击试验过程后以及在随后的3000次压力循环试验过程中，瓶体不得发生泄漏或破裂。压力循环试验3000次后，复合气瓶应继续进行压力循环试验，直至复合气瓶泄漏或达到复合气瓶压力循环次数。此过程中，复合气瓶不得发生破裂。

6.2.11 枪击试验

6.2.11.1 试验方法

试验步骤如下：

a） 采用氢气、氮气或氦气将复合气瓶加压至公称工作压力；

b） 从下列两种方法中任选一种进行射击：

1） 采用直径为7.62mm的穿甲弹以850m/s的速度射击复合气瓶，射击距离不超过45m；

2） 采用维氏硬度不小于870HV、直径为6.08mm～7.62mm、质量为3.8kg～9.75kg的锥形钢制子弹（锥角为45°）以850m/s的速度射击复合气瓶，射击能量不小于3300J。

c） 子弹应以90°角射击复合气瓶一侧瓶壁。

6.2.11.2 合格指标

复合气瓶不得发生破裂。

7 检验规则

7.1 出厂检验

7.1.1 逐只检验

内胆和复合气瓶均应按表4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

内胆和复合气瓶均应按表4规定的项目进行批量检验。

7.1.2.2 抽样规则

7.1.2.2.1 内胆

从每批内胆中随机抽取1只。

如果批量检验时有不合格项目，按下列规定进行处理：

a） 如果不合格是由于试验操作异常或测量误差造成，应重新试验；如重新试验结果合格，则首次试验无效；

b） 如果试验操作和测量正确，应先查明试验不合格原因，再按以下规则处理：

1） 如确定内胆不合格是由于热处理不当造成的，允许对该批内胆重新热处理，但热处理次数不得超过2次。经重新热处理的该批内胆应作为新批重新进行批量检验；

2） 如果内胆不合格是由于其它原因造成的，则整批内胆报废。

7.1.2.2.2 复合气瓶

从每批复合气瓶中随机抽取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。

如果批量检验时有不合格项目，允许再随机抽取5只复合气瓶进行该项目。5只复合气瓶全部通过试验，则本批复合气瓶合格；如果其中有一只未通过试验，则整批复合气瓶判废。

7.2 型式试验

7.2.1 新设计复合气瓶应按TSG 23和本标准的规定进行设计文件鉴定和型式试验。型式试验项目按表4。

7.2.2 用于型式试验的同批复合气瓶，数量不得少于30只。复合气瓶缠绕制造前，应先随机抽取1只或2只内胆用于型式试验。

7.2.3 随机抽取的用于型式试验的复合气瓶数量为：水压爆破试验3只；常温压力循环试验2只；火烧试验1只；枪击试验1只；极限温度压力循环试验1只；裂纹容限试验1只；钝物撞击试验1只；水压试验和气密试验1只。

7.2.4 所有进行型式试验的内胆和复合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4规定项目进行逐只检验和批量检验外，还应按表5规定的项目重新进行型式试验。未列入表5的设计变更视为新设计，需作为设计原型进行全部项目的型式试验。

7.3.2 当设计变更项目为复合气瓶长度变化、复合气瓶或内胆外径变化、内胆最小壁厚变化、公称工作压力变化、内胆封头形状变化或自紧压力变化时，均应重新进行应力分析。

7.3.3 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±5%，则应认为是等效纤维材料。

7.3.4 不能满足7.3.3条的纤维视为新纤维材料。

7.3.5 相同类型和相同种类化学性质，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树脂材料等效树脂材料。

7.3.6 不能满足7.3.5条的树脂视为新树脂材料。

表4 试验和检验项目

试验项目		出厂检验		型式检验	试验方法和合格指标
		逐只检验	批量检验		
铝内胆	壁厚	√		√	6.1.1
	制造公差	√		√	6.1.1

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/295202112021011323