

**GB/T 19158—202X**

**集装及站用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶**

**编制说明**

（征求意见稿）

2024年8月15日



## 1. 工作简况

### 1.1 任务来源

2022年推荐性国标统一复审工作中，经瓶标委组织相关专家对GB/T 19158-2003《站用压缩天然气钢瓶》的适用性、时效性、协调性等方面综合评价，为了使站用气瓶标准适应站用气瓶品种的新变化，对其修订，将其适用范围进行增删、调整，使其适应新的站用气瓶应用场景。该结论于2022年4月15日~4月30日经全体委员投票表决，TC31委员总数47人，参与投票人数46人，委员参与率97%，参与投票委员一致同意对其修订；复审结论于2022年5月上旬完成报送。2022年5月21日通过标准制修订系统提出修訂立项申请，2023年3月~4月，经国标委对《木质活性炭试验方法表观密度的测定》等2214项国家标准复审结论公示后，该修訂项目计划于2023年底下达，计划号为20232870-T-469，修訂周期16个月。

### 1.2 制定背景

GB/T 19158-2003《站用压缩天然气钢瓶》是为适应我国压缩天然气汽车的发展而制定的标准。上世纪九十年代末，以压缩天然气（CNG）为燃料的清洁能源汽车在全世界迅速兴起，在国家科委等有关部门的主持下，我国也积极开展了清洁能源汽车行动计划，使CNG汽车在我国得到迅猛的发展，CNG汽车的国内保有量曾高达620余万辆，从而也带动了CNG加气站的建设，基于当时市场的迫切需求，制定了GB/T 19158-2003《站用压缩天然气钢瓶》。该标准的发布，极大地促进了我国CNG汽车行业的发展，为我国的经济建设做出了显著的贡献。

通过近20年的发展，国际社会对环境污染越来越重视，特别是碳排放、碳中和、碳达峰等政策的来临，欧美等发达国家对新能源汽车的规划已列出时间表，以化石燃料（包括CNG）为能源的燃油燃气汽车将在2035年停止生产，将逐步以氢气为能源的燃料电池汽车所取代。氢燃料电池不仅可以实现二氧化碳、氮氧化物等有害气体的零排放，而且能源转化率高（理论上其能源转化率可达90%），是未来最具发展潜力的清洁能源技术，也将是能源发展的终极目标。世界各国都在加紧氢能源汽车研究和工业化试点工作，在2022年北京冬奥会上就有一千多辆氢能源汽车在运行。法国巴黎、挪威奥斯陆、美国洛杉矶等城市早就开展了氢燃料电池出租车运营的试点工作，我国的佛山、如皋等城市的氢能源汽车产业也在快速推进之中。

相比较而言，我国的CNG汽车经历了由盛及衰的转变，其主要原因是CNG汽车的续驶里程短，进而被续驶里程长的液化天然气（LNG）汽车所取代；其次是受国家相关法规政策的限制，不允许对

出厂车辆的燃料种类进行改装，影响了 CNG 汽车的普及；第三是其排放尾气中仍含有 CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 以及碳氢化合物等有害物质，难以达到人们的预期的排放目标。所以，近几年 CNG 汽车的社会保留量呈大幅度下降趋势，CNG 加气站的经营也举步维艰，能维持现有的加气站数量已十分困难，几乎没有新增的 CNG 加气站，站用压缩天然气钢瓶也不再有新的需求。

与之相反的是，随着我国氢能汽车产业的发展，加氢站对氢气储运及氢气加压后的压力储存用气瓶的市场需求十分迫切。根据国外加氢站的实地考察以及与国际同行的技术交流经验来看，工作压力 50MPa 以上的高压储氢气瓶，均采用金属内胆纤维缠绕的复合材料气瓶。这是因为缠绕气瓶具有如下显著特点：一是可以通过自紧处理降低内胆的应力，提高瓶体金属材料的抗氢脆能力；二是其失效模式为“未爆先漏”模式，即在正常工作状态下如果发生失效现象，一般以金属内胆的疲劳裂纹扩展的形式而产生泄漏，从而避免发生爆炸等恶性事故的发生。故在本文件修订中，拟将其修订为 GB/T 19158《集装及站用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶》，之所以选择铝合金内胆碳纤维全缠绕气瓶，是因为铝合金本身具有良好的抗氢脆性能，可进一步提高储氢气瓶的安全性；其次是由于其具有较低的重容比，可大幅度降低加氢站的氢气运输成本。为适应氢能汽车发展新的需求趋势，及时修订 GB/T 19158，以满足加氢站对氢气储运及充装的需要，促进我国氢能技术的发展，赶超国际先进水平，均具有十分重要的意义。

### 1.3 起草单位及起草人

起草单位：

主要起草人：

起草单位及人员分工如下：

### 1.4 起草过程

**起草阶段：**2024 年 4 月 23 日，瓶标委召集相关单位在江苏苏州召开了标准修订启动会，对标准草案进行讨论。

**征求意见阶段：**2024 年 8 月 15 日，形成标准征求意见稿；于 2024 年 9 月 7 日通过标准制修订系统向全社会广泛征求意见，并定向发送至瓶标委全体委员及相关单位征求意见，周期 60 天。

**送审阶段：**

**报批阶段：**

## 2. 国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

### 2.1 编制原则

目前国际上涉氢气瓶原则上要与联合国 GTR 和 ISO19881 的相关要求一致，但对运输压缩氢气用的集装箱及其他撬装结构的压缩氢气储运设备中使用的气瓶并没有专门的标准。由于国内目前没有采用集装箱气瓶瓶组给加氢站运输氢气的经验和标准，为提高氢气运输效率并保证氢气运输的安全性，国内企业参考 AP 公司集装箱使用的压缩氢气瓶组技术和工程经验，设计、制造符合 DOT-SP 14576 REV. 9<sup>th</sup> 特许令，同时符合 ISO11119-2 的铝内胆碳纤维全缠绕气瓶。但这两个标准都不是专门针对集装箱气瓶的标准，因此对高压氢气运输的特殊性关注不够。为规范此类集装箱在我国的应用，特通过修订 GB/T19158，增加了站用和运输用储氢瓶组相关内容，以满足氢能站用和运输的迫切需求。考虑到 GB/T35544《车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶》是专门用于储存高压氢气的铝内胆碳纤维全缠绕气瓶的标准，使用条件与集装用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶相近，本标准以 GB/T 35544《车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶》为蓝本编写，型式试验部分主要参考 ISO11119-2-2020<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>，考虑到储氢气瓶的特殊性，部分试验有针对性地参考了 GB/T 35544 和 DOT CFFC。站用气瓶的相关内容参考采用了 EN17533-2020<Gaseous hydrogen— Cylinders and tubes for stationary storage>的部分内容。

本标准的编写格式参照 GB/T 35544。

### 2.2 主要内容及其确定依据

标准主要包括：

- (1) 范围
- (2) 规范性引用文件
- (3) 术语、定义和符号
- (4) 型式、参数和型号
- (5) 技术要求
- (6) 试验方法和合格指标
- (7) 检验规则
- (8) 标记、包装、运输和储存

(9) 安装和防护

(10) 产品合格证和批量检验质量证明书

附录 A (规范性) 气瓶用密封件性能试验方法

附录 B (资料性) 铝内胆最大允许缺陷尺寸确定方法

附录 C (规范性) 截止阀和安全泄压装置型式试验方法与合格指标

附录 D (规范性) 层间剪切试验方法

附录 E (规范性) 瓶式集装箱气瓶火烧试验方法

附录 F (规范性) 站用气瓶附加要求

### 2.2.1 范围

本文件为《压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕瓶式集装箱》行业标准的配套标准，规定了安装于瓶式集装箱、气瓶集束装置等集装储运用途及加氢站等应用场景以浅幅压力循环方式运行作为缓冲容器固定使用的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。

根据实际调研情况，确定了本文件适用于设计制造工作温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 的可重复充装气瓶：瓶式集装箱用气瓶，公称工作压力 $30\text{ MPa}\sim 52\text{ MPa}$ ，公称水容积为 $150\text{ L}\sim 450\text{ L}$ ；气瓶集束装置用气瓶，公称工作压力不大于 $35\text{ MPa}$ ，公称水容积为 $40\text{ L}\sim 150\text{ L}$ ；加氢站等固定场合用气瓶(以下简称站用气瓶)，公称工作压力不大于 $70\text{ MPa}$ ，公称水容积为 $150\text{ L}\sim 450\text{ L}$ 。

### 2.2.2 规范性引用文件

列出了本标准的规范性引用文件。

### 2.2.3 术语、定义和符号

收录了本标准中涉及的 21 条术语和定义(包括铝内胆、全缠绕、全缠绕气瓶、压力循环幅度、全幅压力循环、站用气瓶浅幅压力循环等)以及 24 个符号(包括浅幅压力循环等效于全幅压力循环的循环次数、浅幅压力循环次数、设计最大浅幅压力循环次数、气瓶最小设计爆破压力、站用气瓶实际的浅幅压力循环幅等)。

### 2.2.4 型式、参数和型号

规定了气瓶的结构型式、公称工作压力及公称容积等气瓶参数、气瓶分类和型号标记等内容。根据调研及现有使用情况，本文针对气瓶适不同的使用场景对气瓶的公称工作压力进行了限定：瓶式集装箱用气瓶公称工作压力应小于等于  $52\text{ MPa}$ 、气瓶集束装置用气瓶公称工作压力应小于等于  $35\text{ MPa}$  以及加氢站等固定场合用气瓶公称工作压力应小于等于  $70\text{ MPa}$ 。

## 2.2.5 技术要求

主要包括气瓶的公称水容积、设计循环次数、温度范围、工作环境等一般要求，及材料、设计、制造等要求：

### 2.2.5.1 一般技术要求

#### (1) 公称水容积

参照 GB/T 35544，规定气瓶的公称水容积不大于 450L。

#### (2) 设计循环次数

根据压缩氢气集装箱的使用条件，根据国际同类产品的运行经验，按每天2.5次充装，15年设计使用年限内充装次数约14000次，因此规定气瓶的设计循环次数为15000次。

站用气瓶浅幅压力循环次数，按每小时1次，15年约135000次，本文件规定150000次为设计允许的最大浅幅压力循环次数。如果实际运行工况循环次数大于10000次/每年，按实际需求确定最大浅幅压力循环次数。最大浅幅压力循环次数所对应的按照F3.3得出的等效全幅压力循环次数应小于15000次。

#### (3) 温度范围

根据使用条件，在充装和使用过程中气瓶的温度。本文件保持与GB/T 35544的规定一致，即不低于-40℃且不高于85℃。

#### (4) 工作环境

考虑到集装箱等应用场景，其所用气瓶的环境要求与物流车、重卡等类似，采用GB/T 35544的规定。

### 2.2.5.2 材料

参照GB/T 35544，制造气瓶的内胆材料采用6061铝合金，树脂、纤维材料的技术要求也应符合GB/T 35544。

### 2.2.5.3 设计

(1) 对内胆结构及瓶口螺纹的要求与GB/T 35544一致。

(2) 由于用于瓶式集装箱气瓶的设计原型参考了 SCI的同类产品（得到DOT特许令DOT-SP 14576 REV. 9th批准），为达到与SCI的同类产品相近的安全性，本文件采用了SCI气瓶的参数，规定用于瓶式集装箱的气瓶纤维应力比应不低于3.4。气瓶最小设计爆破压力应不低于3.4倍公称工作压力。

(3) 气瓶外表面可以采用玻璃纤维保护层进行防护。考虑到瓶式集装箱、气瓶集束装置所用气瓶及站用瓶组使用环境有可能受到阳光照射，规定气瓶成品外表面玻纤缠绕层或其上涂覆的白色聚氨酯漆涂层应具有防紫外线功能，并参考ISO19881提出防紫外线能力测试要求。经查询，与ISO19881中引用

的ASTM G154及涉及涂层耐紫外线能力测试的引用标准ISO16474-3等效的国标是GB/T 23987，因此本标准确定依据GB/T 23987对试样进行耐紫外线能力测试，评定标准仍按ISO19881的规定，即采用UVA 340灯使试样暴露在荧光紫外线中1000h，应无鼓泡、开裂、粉化或软化现象。

(4) 气瓶的应力分析采用的方法与GB/T 35544一致。考虑到集装瓶组遇火灾泄放时的安全性及工程经验，规定气瓶应水平布置。

#### 2.2.5.4 制造

气瓶制造的要求与 GB/T 35544 相同。

#### 2.2.5.5 附件

AP公司集装箱气瓶采用了TESCOM气动阀及SHERWOOD的PRD，鉴于此种气动阀及PRD在美国有使用案例和成熟的设计和制造技术及经验，本标准采用了相同结构的气动阀及PRD，一端设置带安全泄压装置的气动截止阀，气动阀为常闭阀。另一端设置带安全泄压装置的端塞。安全泄压装置的型式为爆破片-易熔合金塞复合装置，如下图1。爆破片采用铜合金制造，平板结构。

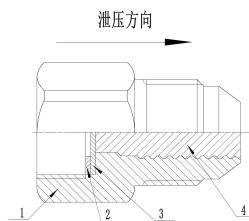


图1 安全泄压装置的型式

SHERWOOD的PRD所用易熔合金塞动作温度为100℃，为保证易熔合金塞在使用过程中的稳定性，规定易熔合金塞装置应采用防挤出结构，经对PRD组合装置进行液压爆破试验，压力达228MPa 仍未爆破，在使用条件下有足够的裕度。

大连锅检院及大连理工度达安全装备厂对AP公司集装箱气瓶采用的TESCOM气动阀及SHERWOOD的PRD进行了验证试验。

SHERWOOD 的 PRD 测试结果如表 1、表 2、表 3 和表 4 所示：

表1 PRD组合装置爆破片液压爆破试验---100℃

验证值 52*1.2=62 .4MPa @100℃	PRD 编号	1	2	3	4	5	6	7	8
	爆破温度, °C	97.3	106.5	108.1	109.3	104.1	104.0	104.1	104.1
	爆破压力, MPa	62	63.2	62.28	61.15	61.1	61.7	61.2	61.5

	允差	+0 -10%	62.4MPa ~ 56.16MPa
--	----	------------	--------------------

表2 PRD组合装置爆破片液压爆破试验---150℃

验证值 52*1.15=5 9.7MPa @150℃	PRD 编号	1	2	3	4	5	6	7	8
	爆破温度, °C	150	153.8	151	149	149.2	149.2	149.1	149.3
	爆破压力, MPa	58	57.8	58	59.7	58.8	58.1	57.7	57.2
	允差	+0 -10%	59.7MPa ~ 53.73MPa						

表3 爆破片气压爆破试验---20~70℃

爆破片设计 爆破压力(产品 验收值) 68.95MPa @70℃	PRD 编号	1*	2	3					
	爆破温度, °C	20.4	69.5	69.3					
	爆破压力, MPa	68.37	69.9	67.3					
	允差	+0 -10%	68.95MPa ~ 62MPa						

表4 PRD组合装置液压爆破试验

PRD 组合 装置液压 爆破试验	PRD 编号	1	2	3					
	爆破温度, °C	20	60	65					
	爆破压力, MPa	228	228	228					
	注: 压力达 228MPa 未爆, 停止试验。								

根据对AP公司集装箱气瓶采用的TESCOM气动阀及SHERWOOD的PRD所进行的验证试验, 以及对度达公司同类PRD的测试结果, 为提高易熔合金塞安全性, 确定PRD所用易熔合金塞动作温度采用与GB/T35544相同的融化温度, 即 $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 。为保证易熔合金塞在使用过程中的稳定性, 规定易熔合金塞装置应采用比SHERWOOD的PRD更长的防挤出结构。根据反复试验的结果, 确定集装箱气瓶所用的爆破片-易熔合金塞复合装置参数如下: 确定 $20^\circ\text{C}$ 下爆破片设计爆破压力为 $4/3$ 公称工作压力 $P$ , 爆破片的验收值允许偏差为 $+0/-10\%$ 。 $150^\circ\text{C}$ 下的PRD组合装置爆破片爆破压力验证值应为 $1.15$ 倍公称工作压力 $P$ , 允许偏差为 $+0/-10\%$ ;  $110^\circ\text{C}$ 下的PRD组合装置爆破片爆破压力验证值应为 $1.2$ 倍公称工作压力 $P$ , 允许偏差为 $+0/-10\%$ 。瓶阀上安全泄压装置的安全泄放量及泄放口径按GB/T 33215进行设计计算, 并保证缠绕气瓶在6.2.12所规定的火烧试验条件中安全泄压。

根据实际应用情况, 气瓶集束装置及站用气瓶不需要在瓶口安装泄放装置。

## 2.2.6 试验方法和合格指标

本文件对气瓶型式试验项目的要求以ISO11119-2为主, 兼顾GB/T35544。

(1) 材料、缠绕层和内胆的常规试验与 GB/T35544 一致。

(2) 为了实现 AP 公司技术引进的目的，参考 AP 公司压缩氢气集装箱所用气瓶，本文件规定气瓶的型式试验原则上以 ISO11119-2 为主，兼顾 GB/T 35544 的要求，按 GB/T 35544 以及 SCI 产品的实际情况，增加了 ISO11119 没有的项目，具体说明如下：

**a) 水压试验**

按 GB/T 9251 规定的外测法进行水压试验，试验压力  $P_t$  为  $1.5P$ 。气瓶在试验压力下保压至少 120s。保压期间压力不应下降，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%。

**b) 气密性试验**

相比 ISO11119-2，本文件参考 GTR 和 ISO19881，提高了气密性试验的要求，规定逐只按 GB/T 24612 规定的方法进行气密性试验，试验压力为气瓶公称工作压力。氢气泄漏率不应大于  $6 \text{ NmL}/(\text{h}\cdot\text{L})$ 。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。

**c) 水压爆破试验**

与 GB/T35544 一致。

**d) 常温压力循环试验**

根据气瓶的使用条件，参考 ISO11119-2，要求循环压力下限为  $(2\pm 1) \text{ MPa}$ ，上限不低于 1.25 倍公称工作压力，在 15000 次循环内，气瓶不得发生泄漏或破裂，之后继续循环至 30000 次或至泄漏发生，气瓶不得发生破裂。

**e) 环境温度压力循环试验**

根据 ISO11119-2，将试验参数确定为温度不低于  $85^\circ\text{C}$ ，相对湿度 95% 以上的环境中，从  $(2\pm 1) \text{ MPa}$  至公称工作压力进行压力循环 5000 次；再在气瓶表面温度  $-50^\circ\text{C} \sim -60^\circ\text{C}$  之间，从  $(2\pm 1) \text{ MPa}$  到公称工作压力进行压力循环 5000 次。完成上述试验后进行水压爆破试验。

规定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。剩余爆破压力不应低于 1.7 倍水压试验压力。

**f) 热循环试验**

此试验仅针对瓶式集装箱气瓶，参考 CFFC 的试验要求，根据 SCI 产品增加此项试验，将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 10000 次；然后在  $93.3^\circ\text{C}$  和  $-52^\circ\text{C}$  温度下进行热循环试验至少各 20 次，完成上述试验后进行水压爆破试验。

要求在压力循环的试验过程中气瓶不应出现任何可见损伤、变形和泄漏。剩余爆破压力应不低于3倍公称工作压力 $P$ 。

ISO11119-2没有此项试验。

#### g) 裂纹容限试验

根据 ISO11119-2, 按图 2 所示在气瓶筒体中间用宽度 1 mm 的刀具加工一条纵向缺陷, 深度至少为缠绕层厚度的 50%, 但不能超过 2.5mm, 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, 并与纵向缺陷在环向相差约 120 度。1 只气瓶进行爆破试验, 另 1 只气瓶进行常温压力循环试验, 循环压力上限为公称工作压力  $P$ 。如果气瓶在进行 5000 次压力循环后未失效, 则停止试验。

要求进行水压爆破试验的气瓶剩余爆破压力不低于 1.33 倍  $P_b$ ; 进行疲劳试验的气瓶在公称工作压力  $P$  下进行至少 5000 次压力循环, 或者气瓶因破裂或泄漏而失效, 则停止试验。

#### h) 跌落试验

考虑到集装箱储氢气瓶的运行工况与车用燃料箱用储氢气瓶的工况相似, 跌落试验采用 GB/T 35544 的规定。跌落高度只要满足大于或者等于 488 J 或者最高跌落高度 1.8m 其中一个条件即可, 对于重量大于 27.66kg 的气瓶应根据势能计算跌落高度, 对于重量小于 27.66kg 的气瓶跌落高度应为 1.8m。

该试验参数能够覆盖 ISO11119-2 的要求, ISO11119-2 修订稿对容积大于 150L 的气瓶采用了肩部冲击试验, 并不适合集装箱气瓶的应用场景, 所以跌落试验采用 GB/T 35544 的方法。

#### i) 枪击试验

按 GB/T35544 进行枪击试验。试验后的气瓶不应爆破。该试验要求与 ISO11119-2 的规定略有不同。

#### g) 火烧试验

考虑到集装箱储氢气瓶的运行工况与车用燃料箱用储氢气瓶的工况相似, 火烧试验采用 GB/T35544 的规定。但对集束装置用气瓶, 试验要求与 ISO11119-2 的规定相同, 根据使用中气瓶的布置情况, 分别采用水平和竖直火烧试验。

站用气瓶不要求火烧试验。

#### k) 环境试验

ISO11119-2 采用盐水浸没试验, 考虑到车载集装箱储氢气瓶的运行工况与车用燃料箱用储氢气瓶的工况相似, 环境试验采用 GB/T 35544 的规定。

#### l) 加速应力破裂试验

按 GB/T 35544 的规定先在温度不低于 85°C 的环境中, 将气瓶加水压至 1.25 倍公称工作压力  $P$ , 并在此温度和压力下静置 1000 h, 再进行水压爆破试验。爆破压力不得低于 1.8 倍公称工作压力  $P$ 。

#### m) 氢气循环试验

考虑到车载集装箱储氢气瓶的运行工况与车用燃料箱用储氢气瓶的工况相似，氢气循环试验采用 GB/T 35544 的规定。ISO11119-2 没有此项试验。

#### n) 未爆先漏 (LBB) 试验

根据EN17533设置了这项试验。

### 2.2.7 检验规则

- (1) 逐只检验和批量检验按 GB/T 35544 的要求。
- (2) 新设计的气瓶应按表 7 规定的项目进行型式试验。
- (3) 设计变更按表 8 规定的项目进行型式试验。表 7 参考了 GB/T 35544 和 GBT24612《车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶》表 7 的规定。
- (4) 本标准与 ISO11119-2、GB/T35544 型式试验要求对照表如下表 5：

表5 ISO11119-2、GB/T35544型式试验要求对照表

对比内容		ISO11119-2	GB/T35544	本文件	EN17533
铝内胆	壁厚	√	√	√	
	制造公差	√	√	√	
	内外表面	√	√	√	
	瓶口螺纹	√	√	√	
	拉伸试验	√	√	√	
	金相试验		√	√	
	冷弯试验或压扁试验 <sup>a</sup>	√	√	√	
	硬度试验		√	√	
	无损检测 <sup>b</sup>		√	√	
	内胆爆破	√		与 GB/T35544 相同， 不要求	不要求

表 5 ISO11119-2、GB/T35544 型式试验要求对照表（续）

对比内容		ISO11119-2	GB/T35544	本文件	EN17533
气瓶	缠绕层层间剪切试验	√	√	√	√
	缠绕层拉伸试验	√	√	√	√
	缠绕层外观	√	√	√	√
	水压试验	$P_h$ 下, 30s	$P_h$ 下, 30s	$P_h$ 下, 30s	√
	气密性试验	—	√	√	√
	水压爆破试验	碳纤 $3P$ ;	实测爆破压力应在 $(0.9\sim 1.1) P_{b0}$ 内, 且大于或者等于 $P_{bmin}=2.25P$	实测爆破压力应在 $(0.9\sim 1.1) P_{b0}$ 内, 且大于或者等于 $P_{bmin}=3.4P$	碳纤 $2.8P$ ;
	常温压力循环试验	当 $P_h \geq 6\text{MPa}$ : $\min(10\%P_h, 3\text{MPa}) \sim P_h - 1.5P$ , 设计年限 *500 次, 介质温升压力明确时可按 1.25 温升压力。	$2\sim 1.25P$ , 11000 次	2 只, $2\sim 1.25P$ , 在 15000 次循环内, 气瓶不得发生泄漏或破裂, 之后继续循环至 30000 次或至泄漏发生, 气瓶不得发生破裂。	2 只, $2\sim 1.25P$ , 在 15000 次循环内, 气瓶不得发生泄漏或破裂, 之后继续循环至 30000 次或至泄漏发生, 气瓶不得发生破裂。
	环境温度压力循环试验	$60^\circ\text{C}\sim 70^\circ\text{C}$ : 90%: $10\%P\sim P$ , 5000 次 ; $-50^\circ\text{C}\sim -60^\circ\text{C}$ : $10\%P\sim P$ , 5000 次; $P_b \geq 2.55P$	$85^\circ\text{C}$ 、95%: $2\sim 1.25P$ , 4000 次; $-40^\circ\text{C}$ : $2\sim 0.8P$ , 4000 次; 爆破, $P_{ba} \geq 1.8P$	1 只, $85^\circ\text{C}$ 、95%: $2\sim P$ , 5000 次; $-50^\circ\text{C}\sim -60^\circ\text{C}$ : $2\sim P$ , 5000 次; $P_b \geq 2.55P$	—
裂纹容限试验	1 只 爆 破 , $P_b \geq 1.33P_h$ ; 另 1 只疲劳, $10\%P_h$ , $3\text{MPa})\sim P$ , 5000 次内不得泄漏或爆破	$2\sim 1.25P$ , 11000 (A) /7500 (B) 次, 3000 次后可以泄漏	1 只爆破, $P_b \geq 1.33P_h$ ; 另 1 只疲劳, $(10\%P_h, 3\text{MPa})\sim P$ , 5000 次内不得泄漏或爆破	—	
跌落试验	$V > 50\text{L}$ , 仅 1 只疲劳, $0\sim P$ , 12000 次, 3000 次后可泄漏失效	水平、竖直、45 度跌落, 疲劳 15000 次, $2\sim 1.25P$ , 3000 次内不得泄漏或爆破	3 只, 水平、竖直、45 度跌落, 疲劳 15000 次, $2\sim 1.25P$ , 3000 次内不得泄漏或爆破	√	

表 5 ISO11119-2、GB/T35544 型式试验要求对照表（续）

对比内容		ISO11119-2	GB/T35544	本文件	EN17533
气瓶	枪击试验	当直径 > 120mm, 7.62mm; 当直径 ≤ 120mm, 5.6mm, 45 度	7.62mm 90 度	1 只 7.62mm 90 度	1 只 7.62mm 45 度
	火烧试验	2 只气瓶, 1 只水平、1 只竖直, 2min 内不爆破, 泄放通过安全泄放装置, 或通过瓶壁或其他表面泄漏	局部+整体	1 只局部+整体	—
	环境试验	盐水浸没试验	摆锤冲击、液体腐蚀, 2~1.25 <i>P</i> , 3000 次, 爆破, $P_b \geq 1.8P$	1 只摆锤冲击、液体腐蚀, 2~1.25 <i>P</i> , 3000 次, 爆破, $P_b \geq 1.8P$	—
	加速应力破裂试验	—	85°C, 1.25 <i>P</i> 下, 1000h, 爆破, $P_b \geq 1.8P$ ;	1 只 85°C, 1.25 <i>P</i> 下, 1000h, 爆破, $P_b \geq 1.8P$ ;	1 只 85°C, 1.25 <i>P</i> 下, 2000h, 爆破, $P_b \geq 1.8P$ ;
	氢气循环试验	—	氢气介质, 2~1.25 <i>P</i> , 1000 次 (500 次/组)	1 只氢气介质, 2~1.25 <i>P</i> , 1000 次 (500 次/组)	—
	热循环试验 (参考 SCI)	—	—	2 只, 疲劳, 0~ <i>P</i> , 10000 次, 93.3°C, 10min, -51.6°C, 10min, 20 次, 爆破压力 $\geq 3P$	—

### 2.2.8 标志、包装、运输和储存

规定了气瓶的标志、包装、运输和储存要求。应对每只气瓶作清晰的永久性标记, 并植入树脂层内。气瓶树脂层应引入二维码或射频标签等可追溯的永久性电子标签。

### 2.2.9 安装和防护

标准对气瓶的安装方式提出了具体要求: 气瓶制造单位应提供水平的安装方式, 公称容积小于 50L

的气瓶集束装置允许采用 T 型气瓶、立式和瓶口朝上方的方式安装。

对气瓶安装防护提出具体要求，包括设置固定支架、紧固带等措施防止松动，气瓶与固定措施之间要求柔性接以适应因压力、温度变化引起的气瓶膨胀或收缩，避免气瓶磨损。

气瓶安装空间设计时应避免氢气聚集，氢气可自由扩散到集装箱外部空间。

考虑到定期检验，氢系统集成单位在进行氢系统结构设计时，应保证日常维护保养时能够通过适当的方法清楚地观察到气瓶外表面（除与固定支架、紧固带等接触的表面），在定期检验时能够方便地拆卸气瓶及瓶阀。

氢系统集成单位还应对气瓶、瓶阀及其连接件进行防冲击保护。

## 2.2.10 产品合格证和批量检验质量证明书

规定了气瓶的产品合格证和批量检验质量证明书要求。

## 2.2.11 附录

附录标准包含了 6 个附录，其中 5 个为规范性附录（包括气瓶用密封件性能试验方法、截止阀和安全泄压装置型式试验方法与合格指标、层间剪切试验方法、瓶式集装箱气瓶火烧试验方法、站用气瓶附加要求），1 个为资料性附录（铝内胆最大允许缺陷尺寸确定方法）。

### 2.2.11.1 附录 A（规范性） 气瓶用密封件性能试验方法

参考 GB/T24612《车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶》规定了气瓶用密封件性能试验方法，包括密封件材料拉伸试验和 O 形圈试验。

### 2.2.11.2 附录 B（资料性） 铝内胆最大允许缺陷尺寸确定方法

内胆最大允许缺陷尺寸确定方法按 GB/T 35544 的要求。

### 2.2.11.3 附录 C（规范性） 截止阀和安全泄压装置型式试验方法与合格指标

参考了 GB/T 35544 的附录要求，规定了自动/手动截止阀以及爆破片-易熔合金塞复合装置和温度驱动型（玻璃泡或易熔合金塞）安全泄压装置型式试验方法与合格指标。并针对自动/手动截止阀和爆破片/易熔合金组合安全泄压装置的特殊性，对型式试验方法与合格指标做了特殊规定。

自动/手动截止阀和温度驱动安全泄压装置型式试验方法编制主要依据 GB/T 35544-2017 附录 B《温度驱动安全泄压装置和阀门型式试验方法与合格指标》、和 EN ISO 10297:2014(E)《Gas cylinders - Cylinder valves - Specification and type testing》。爆破片-易熔合金塞复合装置还参考了 ISO15500-13《Road vehicles — Compressed natural gas (CNG) fuel system components — Pressure relief device (PRD)》和 GB/T

17926—2022《车用压缩天然气瓶阀》中对爆破片/易熔合金复合装置进行气体循环试验、加速寿命试验以及动作试验的要求。

集装箱用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶的瓶口阀若采用气动/手动截止阀和爆破片-易熔合金塞复合装置，其使用环境为车载移动使用。使用流程为：场内充气-移动至需要加气的设备旁-将气瓶内气体泄至设备内-返回场内充气。使用模式类似车用氢瓶的瓶口阀，所以本标准试验项目主要参考 GB/T 35544-2017 附录 B，在此基础上根据使用环境以及瓶阀自身结构的特殊性进行局部修改。

本标准确定的瓶阀型式试验项目包括爆破片-易熔合金塞复合装置（以下简称复合装置）、温度驱动型安全泄压装置、自动/手动截止阀以及非金属橡胶密封件试验，详见下表6。

表6 型式试验项目一览表

对象	试验项目	试验方法及合格指标
安全泄压装置	氢循环试验	C. 3. 1. 1
	加速寿命试验	C. 3. 1. 2
	温度循环试验	C. 3. 1. 3
	耐盐雾腐蚀性试验	C. 3. 1. 4
	耐冷凝腐蚀性试验	C. 3. 1. 5
	跌落试验	C. 3. 1. 6
	耐振性试验	C. 3. 1. 7
	泄漏试验 <sup>a</sup>	C. 3. 1. 8
	耐压性试验 <sup>a</sup>	C. 3. 1. 9
	应力腐蚀开裂试验	C. 3. 1. 10
	动作试验	C. 3. 1. 11
	流量试验	C. 3. 1. 12
自动/手动截止阀	耐压性试验 <sup>b</sup>	C. 3. 2. 1
	泄漏试验 <sup>b</sup>	C. 3. 2. 2
	极限温度压力循环试验	C. 3. 2. 3
	耐盐雾腐蚀性试验	C. 3. 2. 4
	耐冷凝腐蚀性试验	C. 3. 2. 5
	耐振性试验	C. 3. 2. 6
	电气试验	C. 3. 2. 7
	应力腐蚀开裂试验	C. 3. 2. 8
非金属橡胶密封件	耐氧化性试验	C. 3. 3. 1
	臭氧相容性试验	C. 3. 3. 2
	氢气相容性试验	C. 3. 3. 3
<sup>a</sup> 当安全泄压装置仅是进气口螺纹规格和外形尺寸发生变更时，应进行该试验； <sup>b</sup> 当截止阀仅是外形尺寸，进气口、出气口和其他外接口的连接方式及规格尺寸发生变更时，应进行该试验。		

本标准确定的瓶阀型式试验项目除下面所列项目之外，其他项目与 GB/T 35544-2017 附录 B 相同。

下面所列项目的修改说明：

(1) C.3.1.1 氢循环试验

修改内容：将循环次数由 11000 改为 15000，并且将试验循环次数按比例调整；采用氢气安全泄压装置进行压力循环试验，修改后表 7 如下：

表7 氢循环试验要求

安全泄压装置形式	试验样品数量	循环压力	循环次数/次	试验温度℃
温度驱动型安全泄压装置	5 个	$(2\pm 1)\text{MPa}\sim 1.5p(\pm 1\text{MPa})$	5	$\geq 85$
		$(2\pm 1)\text{MPa}\sim 1.25p(\pm 1\text{MPa})$	1995	$\geq 85$
		$(2\pm 1)\text{MPa}\sim 1.25p(\pm 1\text{MPa})$	13000	$55\pm 5$
复合装置	5 个	$(2\pm 1)\text{MPa}\sim 1.5p(\pm 1\text{MPa})$	5	$\geq 75$
		$(2\pm 1)\text{MPa}\sim 1.25p(\pm 1\text{MPa})$	1995	$\geq 75$
		$(2\pm 1)\text{MPa}\sim 1.25p(\pm 1\text{MPa})$	13000	$55\pm 5$
复合装置	5 个	$(2\pm 1)\text{MPa}\sim p(\pm 1\text{MPa})$	2000	$\geq 85$
		$(2\pm 1)\text{MPa}\sim p(\pm 1\text{MPa})$	18000	$57\pm 2$

理由：在进行摸底试验中，按 GB/T 35544 要求对复合装置进行氢循环试验，由于 85℃ 下试验压力大于此温度下爆破片爆破压力，试验时复合装置的易熔合金部分受力过大，导致试验失败。所以 GB/T 35544 中对氢循环试验的要求仅适用于温度驱动安全泄压装置，针对爆破片-易熔合金塞复合装置，需要根据集装箱气瓶的设计工况调整试验参数。根据集装箱上使用的气瓶瓶阀及端塞的使用温度不会超过

65℃这一条件,确定在 75℃下按 GB/T 35544 要求对复合装置进行氢循环试验,保证有 10℃的安全裕量。

集装用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶的设计常温循环次数为 15000 次;采用温度驱动安全泄压装置的,按 GB/T 35544 中的规定进行试验,试验次数按比例进行相应调整;采用复合装置的,为进一步提高复合装置安全性,参考 ISO 15500-13:2012(E)中 6.5 Continued operation 和 GB/T 17926—2022《车用天然气瓶阀》中 6.7.3 安全泄压装置的耐用性试验对复合装置的要求,增加了氢气循环试验的要求。摸底试验数据如下表 8。

表8 摸底实验数据:

样品	试验温度℃	试验压力 MPa	次数	试验结果	备注
AP 试样 1	85	0-78	5	未泄漏	易熔合金动作温度 100℃
	85	0-65	567	泄漏	易熔合金动作温度 100℃
AP 试样 2	85	0-65	476	泄漏	易熔合金动作温度 100℃
度达试样 1	85	0-65	348	泄漏	结构同 AP, 易熔合金动作温度 100℃
度达试样 2	85	0-65	954	泄漏	结构同 AP, 易熔合金动作温度 110℃
度达试样 3	70	0-65	3609	泄漏	结构同 AP, 易熔合金动作温度 110℃
度达试样 4	85	0-65	1499	泄漏	结构加长, 易熔合金动作温度 110℃
度达试样 5	65	0-65	1495	未泄漏	结构加长, 易熔合金动作温度 110℃
	65	0-78	5	未泄漏	
	55	0-65	9500	未泄漏	
度达试样 6/7	85	52	2000	未泄漏	结构加长, 易熔合金动作温度 110℃
度达试样 8	70	0-78	5	未泄漏	结构加长, 易熔合金动作温度 110℃
	70	0-65	1995	未泄漏	
	75	0-78	5	未泄漏	结构加长, 易熔合金动作温度 110℃
	75	0-65	1995	未泄漏	
	80	0-78	5	未泄漏	
	80	0-65	30	泄漏	

经前期摸底试验发现，SHERWOOD 的爆破片-易熔合金塞复合装置无法通过本文件相关试验。为解决此问题，大连度达公司对复合装置进行了改进。经过多次调整参数进行试验，从表 8 试验结果可以看出，经大连度达公司改进的复合装置，其试验结果能够满足本标准规定工况下的试验要求。

### (2) C.3.1.2 加速寿命试验

修改内容：

#### C.3.1.2.1 试验方法

试验步骤如下：

a) 对 8 个安全泄压装置进行此项试验，其中 3 个安全泄压装置的试验温度为动作温度  $T_{act}$ ，另外 5 个安全泄压装置的试验温度为加速寿命温度  $T_{life}$ ：

对于温度驱动型安全泄压装置： $T_{life} = 9.1T_{act}^{0.503}$ ；

对于复合装置： $T_{life} = 12.88T_{act}^{0.420}$ 。

b) 将安全泄压装置置于恒温箱或水浴中，试验中温度允许偏差为  $\pm 1^\circ\text{C}$ ；

c) 温度驱动型安全泄压装置进气口的氢气压力应为  $1.25p \pm 1\text{MPa}$ ；复合装置进气口的氢气压力应为  $p \pm 1\text{MPa}$ 。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安全泄压装置加压。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。

#### C.3.1.2.2 合格指标

在  $T_{act}$  下测试的安全泄压装置动作时间应不超过 10h，在  $T_{life}$  下测试的安全泄压装置应 500h 不动作。

理由：参考 GBT35544、ISO 15500-13:2012(E) 中 6.6 Accelerated life 及《车用天然气瓶阀》中 6.7.4 加速寿命试验，对温度驱动型安全泄压装置和复合装置分别作出了规定。GBT35544 中对加速寿命试验的要求仅适用于温度驱动安全泄压装置，不适用于爆破片-易熔合金塞复合装置。

摸底实验数据：

a. 对 1 个 AP 的安全泄压装置按 GB/T35544 要求进行试验。 $T_{life} = 9.1T_{act}^{0.503}$ ， $T_{act} = 100^\circ\text{C}$ ， $T_{life} = 92.3^\circ\text{C}$ 。在进行  $92.3^\circ\text{C}$  保压 65MPa，500h 内不应动作的试验中。AP 的安全泄压装置 6h 内持续掉压，停止了试验，拆下安全泄压装置，发现爆破片已明显变形，分析易熔合金一直处于蠕变状态。在  $92.3^\circ\text{C}$  下 65MPa 已处于爆破片的爆破压力范围。所以不能按 GB/T35544 对复合装置进行试验。

b. 参考 ISO 15500-13:2012(E) 中 6.6 Accelerated life 和《车用天然气瓶阀》中 6.7.4 加速寿命试验对复合装置的要求，对 1 个度达的安全泄压装置按  $T_{life} = 12.88T_{act}^{0.420}$ ， $T_{act} = 110^\circ\text{C}$ ， $T_{life} = 92.7^\circ\text{C}$ 。在进行  $92.7^\circ\text{C}$  保压 52MPa，无泄漏，没有出现掉压现象，因此确定 ISO 15500 的方法对复合装置是可用的。

### (3) C.3.1.6 跌落试验

修改内容：将跌落试验所需 6 个安全泄压装置，改为 2 个安全泄压装置。

理由：GB/T 35544-2017 中跌落试验需要 6 个安全泄压装置试验，每个安全泄压装置进行 6 各方跌落。使用 2 个安全泄压装置进行试验足以验证跌落性能。所以减少试验样品数量。

摸底实验数据：

对 1 个 AP 的安全泄压装置进行本项试验。试验后无明显损伤，无影响使用功能损伤。

#### (4) C.3.1.11 动作试验

修改内容：增加复合装置试验流程。

##### C.3.1.11.1 试验方法

1) 复合装置试验流程如下：

对 2 个未经试验和 12 个已经完成其他试验项目(包括 C.3.1.1、C.3.1.3、C.3.1.4、C.3.1.5、C.3.1.6 和 C.3.1.7)的安全泄压装置进行试验，试验要求如下：

a) 将安全泄压装置放入温度高于易熔材料动作温度以上  $11^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$  的烘箱中，直至安全泄压装置温度稳定；

b) 加压至安全泄压装置动作。；

c) 记录动作压力。

##### C.3.1.11.2 合格指标

1) 对于复合装置,已进行过其他试验的安全泄压装置的动作压力应在未经试验安全泄压装置的动作压力的 75%~105%之间。

理由：GB/T 35544-2017 附录 B 的动作试验针对的是温度驱动安全泄压装置，复合装置的动作试验参照 ISO 15500-13:2012(E)中 6.7.3 Series-combination relief devices 的动作试验。

摸底实验数据：

对 1 个 AP 的安全泄压装置进行本项试验。此安全泄压装置已经过跌落实验和振动试验，后进行动作试验，动作压力 58.1MPa。

#### (5) C.3.2.3 极限温度压力循环试验

修改内容：试验方法全部替换。

##### C.3.2.3.1 试验方法

自动截止阀的循环次数为 15000 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。在规定的压力和温度下，采用氢气对阀进气口连续进行加压并进行

开关试验。试验流程如图 C.1。

b) 试验条件:

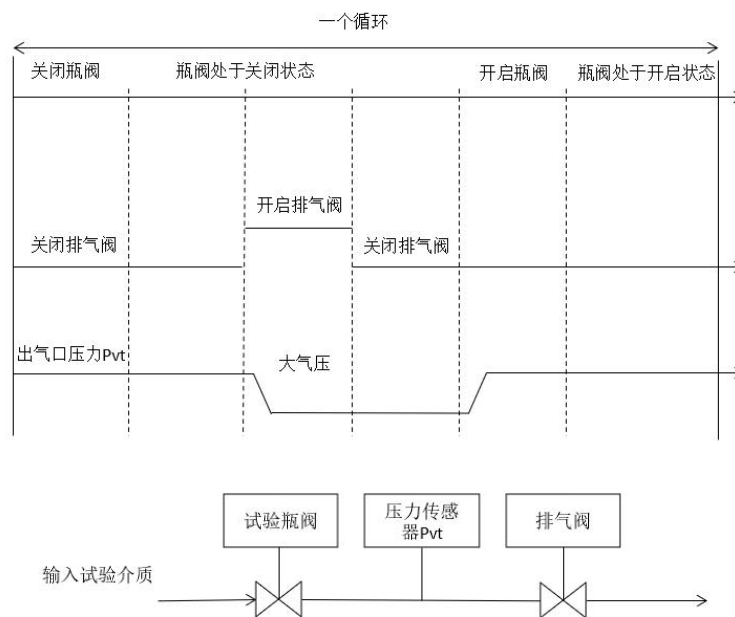
1) 常温循环。试验压力为  $1.25p(+2/0\text{MPa})$ ，循环次数为总循环次数的 90%，试验温度应为常温。试验完成后，阀应符合 C.3.2.2.1a)常温泄漏试验的规定；

2) 高温循环。试验压力为  $1.25 p(+2/0\text{MPa})$ ，循环次数为总循环次数的 5%,试验温度应大于或者等于  $85^{\circ}\text{C}$ 。试验完成后，阀应符合 C.3.2.2.1b)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  $-40^{\circ}\text{C}$ 。试验完成后，阀应符合 C.3.2.2.1c)低温泄漏试验的规定；

### C.3.2.3.2 合格指标

常温循环试验完成后，阀应符合 C.3.2.2.1a)常温泄漏试验的规定；高温循环试验完成后，阀应符合 C.3.2.2.1b)高温泄漏试验的规定；低温循环试验完成后，阀应符合 C.3.2.2.1c)低温泄漏试验的规定。



图C.1截止阀极限温度压力循环试验流程图

理由：车用氢阀使用中瓶阀进口和出口压力相差较小，开启关闭过程两端压差很小。集装用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶的瓶阀是在大压差状态下进行开启的，所以参考标准 ISO 10297:2014(E) 中 6.13 的 Endurance test 对本条试验进行修改。

摸底实验数据:

对 1 个 tescom 的气动截止阀进行本项试验，试验结果合格。

#### 2.2.11.4 附录 D（规范性） 层间剪切试验方法

层间剪切试验方法参考气瓶标准化技术委员会确认的最新缠绕气瓶标准中所规定的新方法和合格指标。

#### 2.2.11.5 附录 E（规范性） 瓶式集装箱气瓶火烧试验方法

规定了瓶式集装箱气瓶火烧试验方法，对火源尺寸、火烧装置和试验方法等做了详细规定。

#### 2.2.11.6 附录 F（规范性） 站用气瓶附加要求

随着越来越多的加氢站投入建设，为了降低成本，方便加油站改造成加油、加氢混建站，借鉴欧洲的做法，将按气瓶设计、制造的气瓶用于加氢站，对加氢站建设将是有力推动。为了解决按气瓶设计、制造的气瓶用于加氢站的问题，本文件及附录F参考采用EN17533的部分技术内容，结合我国的应用实际，提出我国自己的按照气瓶设计制造的气瓶产品应用到加氢站、实验室等固定使用用途储氢瓶组上的压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶的技术要求。考虑到方便程度和准确性，本文件采用压力循环次数换算法，结合浅幅压力循环试验法取得浅幅压力循环试验循环次数进行验证来提高储氢气瓶使用过程中的安全性。

本附录适用于公称工作压力不大于70MPa，公称水容积为150~450L、设计温度不低于-50℃且不高于85℃、储存介质为车用氢气的站用储氢气瓶(组)。主要技术内容包括材料、设计、使用条件、原型气瓶用于站用储氢气瓶的流程、型式试验要求等。

本文件及附录F关于站用气瓶的主要技术内容如下：

(1) EN17533规定，用于加氢站的气瓶，可以按EN17533进行设计、试验，也可以利用已有气瓶产品，只要符合相应产品标准及EN17533的要求，就可以用于加氢站。参考EN17533, 本文件规定，按瓶式集装箱气瓶或集束装置气瓶设计、制造、试验方法生产的气瓶，在满足附录F的附加要求后，允许用于加氢站、实验室等固定场合。

##### (2) 浅幅压力循环

EN17533规定：浅幅压力循环的幅度从不低于MAWP的70%到MAWP，即可以使用压力循环次数换算公式的最大浅幅压力循环幅度只能是在这个范围内。本文件规定浅幅压力循环试验的压力上限应大于 $P_A$ ，下限不大于 $70\%P_A$ 。循环幅度小于等于 $30\%P_A$ 。

只要浅幅压力循环幅度在最大浅幅压力循环幅度范围内，都可以使用这个公式计算等效循环次数。循环幅度大于 $30\%P_A$ 的，都应当视为全幅压力循环，计入全幅压力循环次数。

##### (3) 全幅压力循环寿命

EN17533 规定：全幅压力循环寿命应由气瓶制造单位按照相关气瓶标准确定。本文件规定全幅压力循环寿命为 15000 次。

#### (4) 浅幅压力循环寿命

站用气瓶经常处于浅幅压力循环工况，制造单位应根据不同加氢站的运行条件明确浅幅压力循环下的最大幅和循环次数。

同时规定了应使用公式换算法来确定气瓶的压力循环寿命。

压力循环次数换算：

应当对浅幅压力循环次数进行换算，按照公式（1）计算出实际浅幅压力循环次数对应的等效全幅压力循环次数。公式（2）计算最大浅幅压力循环次数对应的等效全幅压力循环次数。

$$n_{eq} = n_i \left( \frac{\Delta P_i}{\Delta P_{max}} \right)^3 \quad (1)$$

$$n_{eq} = n_{i_{max}} \left( \frac{\Delta P_{i_{max}}}{\Delta P_{max}} \right)^3 \quad (2)$$

注：仅由环境温度变化引起的压力变化不计入压力循环。

#### (5) 浅幅压力循环试验

为了验证制造厂气瓶产品用于加氢站时计算寿命的可靠性，对新设计的气瓶，本文件采用了试验验证的方法来确定浅幅压力循环寿命，规定应按 6.2.7 的要求通过浅幅压力循环试验来验证设计确定的浅幅压力循环寿命。

这也是 EN17533 规定的可以采用的验证方法之一。

#### (6) 使用寿命

站用气瓶使用寿命应由储氢气瓶制造单位结合加氢站设计工况确定。当站用气瓶实际压力循环计数达到设计规定的浅幅循环次数或全幅压力循环次数时，气瓶应停止使用。

与 EN17533 的要求一致。为实现这个要求，加氢站应当有很好的管理，能够可靠地记录和保存循环次数、压力幅、最高运行压力等数据。

#### (7) 原型气瓶用于站用储氢气瓶的流程

7.1 制造厂应按 F3.1 的规定选定所用原型气瓶，由型式试验机构按条款 6 完成原型气瓶的设计文件鉴定和型式试验。

7.2 制造厂应根据每个加氢站的工艺条件确定站用储氢气瓶实际承受的压力波动范围，并由型式试验机构对原型气瓶补充进行如下验证试验。

对新设计的站用气瓶，制造厂应抽取试样瓶按本文件的要求分别进行最大浅幅压力循环试验和全幅压力循环试验，用以验证试验结果是否满足 4.3.1 或 4.3.2 的计算。

通过验证试验得到的实际浅幅压力循环次数应至少是实际全幅压力循环次数的四倍，且循环次数应至少达到 150000 次。

对其后生产的具有相同材料、相同制造工艺的产品，若循环幅度在最大浅幅压力循环幅度范围内，可直接用 4.3.1 和 4.3.2 的方法核算与设计浅幅压力循环次数等效的全幅压力循环次数是否小于 15000 次。

(8) 制造厂应在站用储氢气瓶设计文件上明确注明经试验验证的使用寿命，以及允许的全幅压力循环次数和浅幅压力循环波动范围及次数、许用压力。

(9) 在每只储氢气瓶或相互连通的瓶组上应当加装压力循环计数装置，能够实时记录各个压力波动范围的累计循环次数，并在累计循环次数达到气瓶设计使用年限、气瓶允许的全幅压力循环次数或浅幅压力循环次数时，进行报警提示。

(10) 对符合规定的站用储氢气瓶，应在瓶体上明显做出公称工作压力标志和压力波动范围。

(11) 型式试验要求

本文件明确规定气瓶用于加氢站储氢的条件是按本文件设计、制造的气瓶应先按本文件完成要求的全部型式试验并合格，然后进行补充试验合格后才能作为储氢气瓶用在加氢站上。

(12) 使用管理

对操作参数监测和定期检验提出了有关要求。

### 3. 试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

#### 3.1 试验验证的分析

对气动阀及 PRD 进行了的验证试验。SHERWOOD 的 PRD 测试结果见 2.2.5.5 条。

大连锅检院还对氢循环试验、加速寿命试验、跌落试验、动作试验、极限温度压力循环试验进行试验验证，结果见 2.2.11.3 条。

#### 3.2 技术经济论证

氢能的开发与利用技术已经成为新一轮世界能源技术变革的重要方向，也是很多产业未来发展的战略制高点，发展氢能对实现碳中和具有重大意义。随着我国氢能汽车产业的发展，加氢站对氢气储运及氢气加压后的压力储存用气瓶的市场需求十分迫切。根据国外加氢站的实地考察以及与国际同行的技术交流经验来看，工作压力 50MPa 以上的高压储氢气瓶，均采用金属内胆纤维缠绕的复合材料气瓶。为了解决加氢站对氢气储运及充装的需要，促进我国氢能技术的发展，推动国内氢能规模化应用，紧跟国

际氢能发展步伐，修订 GB/T 19158《集装及站用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶》具有重要意义。

### 3.3 预期的经济效益、社会效益和生态效益

自 2022 年 3 月，国家发改委、国家能源局印发《氢能产业发展中长期规划（2021—2035 年）》以来，我国氢能和燃料电池汽车产业进入快速发展新阶段。目前，全国已有 20 多个省（区、市）发布了促进氢能或燃料电池汽车产业发展的政策文件，拟建绿氢产能规模超 100 万吨，是国家规划预期“2025 年非化石能源制氢 10 万到 20 万吨”目标的 5 倍。各地规划至 2025 年燃料电池汽车保有量超 10 万辆，是国家预期目标的两倍。

截至 2023 年底，中国燃料电池汽车保有量超 1.8 万辆，超过美国位居全球第二，其中，2023 年增加近 6,000 辆，位居全球第一。全球在营加氢站 930 座，同比增长 12.2%，主要集中在以我国为首的东亚地区。近期很多地市都在积极布局氢能产业，据统计，广东、山东、浙江、江苏、河北建成运营加氢站居多，分别达到 55 座、33 座、26 座、25 座、23 座。河北、河南、北京等地公布的专项氢能产业投资项目已经超过千亿元，预计到 2025 年推广燃料电池汽车累计超过 13 万辆，加氢站超过 700 座。氢能及燃料电池汽车产业累计产值将超过 9500 亿元。本标准的发布，将为我国氢燃料电池汽车的大规模应用提供有力支撑，推动我国氢能产业的进一步发展。

## 4. 与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

国外加氢站的实地考察以及与国际同行的技术交流经验来看，工作压力 50MPa 以上的高压储氢气瓶，均采用金属内胆纤维缠绕的复合材料气瓶；国际上已发布 ISO 11119-2: 2020《气瓶—可重复充装复合气瓶和管瓶的设计、制造和试验—第 2 部分：不超过 450 L、承载金属内胆的全缠绕纤维增强复合气瓶和管瓶》；另外，国际上涉氢气瓶原则上要是执行联合国 GTR 和 ISO19881，两者主要技术要求一致。但对运输压缩氢气用的集装箱及其他撬装结构的压缩氢气储运设备中使用的气瓶并没有专门的标准。

由于国内目前没有采用集装箱气瓶瓶组给加氢站运输氢气的经验和标准，为提高氢气运输效率并保证氢气运输的安全性，国内企业参考 AP 公司集装箱使用的压缩氢气瓶组技术和工程经验，设计、制造符合 DOT-SP 14576 REV. 9<sup>th</sup> 特许令，同时符合 ISO11119-2 的铝内胆碳纤维全缠绕气瓶。

我国中国技术监督情报协会还发布团体标准 T/CATSI 02013-2021《加氢站用高压储氢气瓶安全技术要求》、T/CATSI 02016-2022《集装用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶》。

## 5. 未采用国际标准的原因

此次修订 GB/T 19158《集装及站用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶》，仅选择铝合金内胆碳纤维全缠绕气瓶，是因为铝合金本身具有良好的抗氢脆性能，可进一步提高储氢气瓶的安全性；其次是由于其具有较低的重容比，可大幅度降低加氢站的氢气运输成本。

但以上文中提到的 ISO 11119-2、联合国 GTR、ISO 19881 及 DOT-SP 14576 REV. 9<sup>th</sup> 特许令等标准文件都不是专门针对集装箱气瓶的标准，故在本标准编制时仅将它们作为参考，并与 GB/T 35544 的相关技术要求保持一致。

## 6. 与有关法律、行政法规及相关标准的关系

该标准是在满足《特种设备安全法》、TSG 23-2021《气瓶安全技术规程》的有关规定基础上起草的。该标准与法律、法规及相关标准等均协调一致。

## 7. 重大分歧意见的处理经过和依据

本部分标准的修订无重大分歧意见。

## 8. 涉及专利的有关说明

本标准的起草严格按照 GB/T 20003.1-2014《标准制定的特殊程序 第1部分：涉及专利的标准》的规定执行。截止目前，本标准未接到任何涉及相关专利或知识产权争议的信息、文件。

## 9. 国家标准的实施建议

建议本标准发布后6个月实施；从本标准实施之日起，原标准 GB/T 19158-2003《站用压缩天然气钢瓶》废止。

## 10. 其他应当说明的事项

无。