

团体标准

液氢气瓶 第1部分：设计、制造、检验、试验
(征集意见稿)

编制说明

《液氢气瓶 第1部分：设计、制造、检验、试验》
起草小组

二〇二二年三月

一、任务来源

根据“广东省特种设备行业协会团体标准《液氢气瓶 第1部分：设计、制造、检验、试验》等立项公告”（粤特协[2021]20号），《液氢气瓶 第1部分：设计、制造、检验、试验》列入广东省特种设备行业协会团体标准制定计划，由广东省特种设备检测研究院、华南理工大学、北京天海工业有限公司、鸿达兴业集团等单位共同制定该标准。

二、编制背景、目的和意义

能源作为新世纪发展的动力，是制约世界经济发展的重要因素。然而地球上的化石能源是有限的，在现阶段能源紧缺、环境保护形势严峻的全球背景下，氢能作为一种十分重要的可持续、清洁型能源而越来越被重视和推广，是调整能源消费结构，带动相关传统产业向新兴产业转型升级的重要组成部分。十九大报告要求加快生态文明体制改革，建设美丽中国，并首次把“必须树立和践行绿水青山就是金山银山的理念”写入报告。“绿水青山就是金山银山”，重心在和谐，核心在绿色发展、循环发展和低碳发展，通过现代化的绿色产业体系实现国民经济的绿色化。氢能的开发使用不仅仅是一种绿色发展理念，更是涉及生产方式、生活方式、思维方式和价值观念的一场绿色革命，功在当代、利在千秋。

氢能运用中最重要的一个环节是氢的储运，我国早在“十五”期间就已经开始展开对储氢气瓶的研究，氢能的储运是遏制氢能产业化速度亟需解决的瓶颈。目前有高压储氢、吸附储氢、低温储氢以及高压低温储氢等方式。气瓶作为低温储氢的一种高效的手段备受关注，

但气瓶的设计、制造、检验、试验等没有规范及标准可依，因此编制液氢气瓶的标准需求更加突显。

三、编制的思路和原则

(一) 编制思路

本标准是以《中华人民共和国特种设备安全法》等法律法规及特种设备相关技术规范为基础，结合车液氢气瓶产品本身和目前国内外对该类气瓶的现状，提出了液氢气瓶的设计、制造、检验方法和要求等。主要引用以下规范性文件：

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 1804 一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB/T 1954 铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测量方法

GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法

GB 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求

GB/T 7144 气瓶颜色标志

GB/T 9251 气瓶水压试验方法

GB/T 12137 气瓶气密性试验方法

GB/T 12241 安全阀 一般要求

GB/T 12243 弹簧直接载荷式安全阀

GB/T 13005 气瓶术语

GB 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管

GB/T 13305 不锈钢中 α -相面积含量金相测定法

GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管

GB/T 16804 气瓶警示标签

GB/T 17925 气瓶对接焊缝 X 射线数字成像检测

GB/T 18442.1 固定式真空绝热深冷压力容器 第 1 部分：总则

GB/T 18442.3 固定式真空绝热深冷压力容器 第 3 部分：设计

GB/T 18443.2 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 2 部分：真空度测量

GB/T 18443.3 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 3 部分：漏率测量

GB/T 18443.4 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 4 部分：漏放气速率测量

GB/T 18443.5 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 5 部分：静态蒸发率测量

GB/T 18443.8 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 8 部分：容积测量

GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语

GB/T 24511 承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带

GB/T 25198 压力容器封头

GB/T 31480 深冷容器用高真空多层绝热材料

GB/T 31481 深冷容器用材料与气体的相容性判定导则

GB/T 33209 焊接气瓶焊接工艺评定

GB/T 33215 气瓶安全泄压装置

JB 4732-1995 钢制压力容器—分析设计文件

JB/T 6896 空气分离设备表面清洁度

NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件

- NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测
- NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测
- NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
- NB/T 47013.11 承压设备无损检测 第11部分：X射线数字成像检测
- NB/T 47013.14 承压设备无损检测 第14部分：X射线计算机辅助成像检测
- NB/T 47018.1 承压设备用焊接材料订货技术条件 第1部分：采购通则
- NB/T 47018.3 承压设备用焊接材料订货技术条件 第3部分：气体保护电弧焊钢焊丝和填充丝

(二) 编制原则

本标准制定遵循以下原则：

1、基础性原则

本标准的主要内容来源于特种设备法律法规及特种设备相关技术规范，基础性强，覆盖面广，具有较强的操作性。

2、协调性原则

本标准符合国家的政策，贯彻国家的法律法规，与气瓶制造和监管的相关标准协调一致、衔接配套，符合监督检验服务的基本要求和过程要求，能够满足液氢气瓶产品设计、制造、检验的需要。

3、合理性原则

本标准从全局出发，综合考虑特种设备检验检测机构监督检验服务的实际和当前服务的发展方向以及气瓶制造企业单位的需求，合理可行，便于实施与监督。

4、规范性原则

本标准按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》规定的格式进行编写。

四、编制过程及内容的确定

（一）编制过程

为解决目前氢能快速发展的氢能储运瓶颈，随着氢燃料电池技术不断成熟，美国、日本、欧洲等发达国家和地区纷纷把发展氢能看作是能源转型和变革的重要抓手。近年来，在氢能产业发展热潮下，我国已初步掌握燃料电池及其关键材料、动力系统、整车和基础设施等核心技术，氢能产业发展已初具规模。然而，随着产业不断发展，市场规模不断扩大，氢能供应与产业发展不匹配的现象已逐步显现，其中缺乏高效率、低成本、大规模的氢能储运技术路线已经成为制约氢能产业健康持续发展的瓶颈问题。液氢具有储存密度大、运输效率高、单位质量储运成本低等优势，是降低氢气成本的有效技术途径。但液氢气瓶作为液氢储运的关键一环，一直以来缺乏标准支撑，目前国内已初具液氢气瓶的生产制造能力，且有较大的市场需求，提前布局即将井喷的液氢市场，势在必行，因此需提出液氢气瓶操作和检验标准以服务行业和产业的健康快速发展。

氢能运用中最重要的一个环节是氢的储运，我国早在“十五”期间就已经开始展开对储氢气瓶的研究，国家重点研发专项早就有了液氢气瓶相关的研究并成功生产制造出试制样品。广东省作为沿海经济

发达省份，对于氢能利用也走在全国前列，省内现已建成多条氢能新能源公交线路，并且其规模还将不断扩大，这意味着将有越来越多的氢能汽车投入使用。本标准从材料、设计、制造、检验等环节入手，开展液氢杜瓦关键绝热结构设计、建造技术等方面标准化，有利于规范行业发展提升行业水平，保障特种设备安全，促进粤港澳大湾区经济发展。同时，液氢储运技术将西南和三北地区相对富余的可再生能源储能或消纳提供更经济、高效的路径选择，促进可再生能源规模化发展。

2021 年年初，广东省特种设备检测研究院组织有关专家成立本标准起草组，并在广州召开了第一次工作会议，讨论了制订原则、总体思想、重点内容和标准结构。

2021 年全年，起草组系统收集并综合对比分析了国际标准化组织（ISO）、欧盟、美国、日本等的液氢气瓶产品标准和研究进展等，也参考了 GB/T 2459-2009《焊接绝热气瓶》的部分内容，调研国内目前开展低温绝热气瓶型式试验工作的多家检验机构，与国内主要的液氢储存装置的生产制造企业交流沟通借鉴其相关经验，并在此基础上形成了标准讨论稿。

本着对标准审查情况认真分析和研究的态度，2021 年 12 月，起草组在佛山组织召开了工作会议，对材料、设计、制造等关键核心问题进行深入讨论。并将本标准中区别于已有焊接绝热气瓶产品，并针对我国特种设备管理情况的内容着重讨论，形成标准征集意见稿草案。

（二）内容的确定

本标准规定了气瓶的型号命名方法、基本参数、材料、设计、制造、试验、检验、型式试验、标志、包装、运输、出厂资料、资料保存等要求。

五、内容说明

（一） 关于标准的适用范围

本标准适用于在正常环境温度（ $-40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ）下使用，贮存液氢，设计温度不高于 -253°C ，公称工作压力为 $0.2\text{MPa}\sim 1.2\text{MPa}$ ，公称容积为 $150\text{L}\sim 450\text{L}$ ，可重复充装的立式气瓶。

（二） 关于标准的属性

本标准建议为团体标准。

（三） 有关条款的说明

主要内容：

1 范围：

环境温度（ $-40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ）的规定来源于 TSG 23-2021。公称工作压力为 $0.2\text{MPa}\sim 1.2\text{MPa}$ 的下限 0.2MPa 的规定来源于 TSG 23-2021，上限 1.2MPa 的规定来源于液氢的临界压力 1.215MPa 的取整。

设计温度不高于 -253°C 的规定是根据液氢的沸点温度为 20.38K （ -252.77°C ）。公称容积为 $150\text{L}\sim 450\text{L}$ 的下限 150L 的规定是借鉴 GB/T 34510-2017 版《汽车用液化天然气气瓶》的规定，上限是参照 DOT 4L:2018 的规定。气瓶只允许立式的规定来源于 DOT 4L:2018。

2 规范性引用文件

给出了本标准中引用的标准和规范情况。

3 术语和定义

给出了本标准中用到的术语和相关缩略语。

4 符号

给出了本标准中用到的符号解释。

5 气瓶型号和基本参数

目前没有标准规定液氢气瓶的命名方法，因此本标准借鉴 GB/T 15384-2011 版《气瓶型号命名方法》规定这类气瓶的命名。

5.1 压力规定

本条对气瓶分为内胆和外壳进行了压力要求。内胆计算压力采用设计压力，设计压力等于压力试验压力。DOT-4L:2018 版规定：“耐压试验压力一般不低于 2 倍公称工作压力”。内胆由于需要进行检漏，且规定方法为 GB/T 18443.3，因此规定了外压计算压力 0.21 MPa。氢的特性确定管路系统也要不泄漏，因此规定了气密性试验压力不应小于公称工作压力。外壳内压由外壳防爆装置予以保证安全，因此只规定了外压计算压力 0.21 MPa。

5.2 有效容积

设置允许充装的最大容积，实际上也就是预留气相空间。当液体受热膨胀后，有可以容纳膨胀的地方。

6 材料

对受压元件、内胆焊接材料的性质、标记以及质量证明书提出了具体要求，从源头保证材料的真实性。

7 设计

规定了液氢气瓶的主要组成，内胆、外壳、绝热系统、内胆与外壳之间的连接件、阀门管路系统、保护阀门管路系统的保护装置、底座等组成。

8 制造、试验和检验

规定了单位职责：制造单位应当对制造的产品的安全性负责，首先制造的产品应经过验证，其次要对制造的质量进行控制。

以及沿用低温绝热气瓶标准中类似的组批、材料复验、标志移植、筒体、封头的制造及组装、焊前准备及施焊环境及坡口要求、焊接工艺评定、内胆产品焊接试板、焊缝余高、无损检测、内胆耐压试验、内胆检漏、表面清洁度、分子筛、吸气剂、真空夹层漏气速率、真空夹层漏放气速率、管道、阀门、气密性试验、露点、常温真空度、静态蒸发率、复验规则等方面的要求。

9 型式试验

型式试验是验证气瓶设计、制造工艺、安全性能等是否符合预期的一种验证手段。当确定符合预期以后，则图样以及重要的工艺不能随意变更。型式试验也只能对样品负责，不对生产的产品质量负责。

10 标志、包装、运输、存放

气瓶的铭牌是表明气瓶类别（容量、介质）、安全（压力、允许充装量、使用寿命）等重要参数的方式。

气瓶标签是表明气瓶类别、使用安全（警示标签、警示语、急救措施）等信息的重要载体。

必要的警告内容是对用户的基本要求和规范，应把有关安全的尽可能罗列（应该有但不限于，如应有“密闭或通风不良空间禁止使用”、“远离点火源”，“应保持直立”、“每两年应恢复常温置换处理”等）。

11 出厂资料

产品说明书对于气瓶的安全使用、维护等至关重要。

12 资料保存

资料的保管是出于当气瓶出现事故时可以为事故原因分析提供佐证资料。

附录 A （资料性） 氢的物性及危险性

附录 A 的资料来源于 NIST (national institute of Standards and Technology)，由于储存的仲氢含量大于 95%，因此性质偏向于仲氢。

通过附录 A 可以了解氢的性质，在设计时关注氢的安全。

附录 B （规范性） 最大准许充装系数

由于外部热量的传入会引起贮存的液氢的液体部分膨胀，甚至直至充满气瓶而引发危险。澳大利亚标准 AS 2809.6:2019 版附录 A 对于氢的最大允许充满率是 0.98，而本标准要求是 0.93，因此其最大充满率的公式及表格不能直接使用。根据 AS 2809.6:2019 版公式采用的质量守恒的原理（初始充装的质量与安全阀整定压力时的质量相等），把其中公式的系数 0.98 替换为 0.93，系数 0.02 替换为 0.07。根据替换后的公式，按照本标准整定压力的规定，计算出部分数据供查阅。

附录 C （规范性） 阀门进口接头与出口接头

编制本附录的原因见本编制说明第 3.5.6 条。本附录提供的图纸的螺纹与 CGA V-1:2013 版的 CGA 795 是一致的，只是通径（10mm）比 CGA 795（5.3mm）的大，把英制的管换成了公制管。

这是一段真空管道，标准没有对真空值提出要求，由制造单位自行决定，但至少应该不低于气瓶的要求。

附录 D （规范性） 振动试验

由于气瓶车上进行运输，但固定简单、不牢固，因此工况比较恶劣。振动次数、频率按照 GB/T 34510-2017 版附录 A。参照 GB 18296-2019 版《汽车燃油箱及其安装的安全性能要求和试验方法》第 5.9 条“金属燃油箱振动耐久性试验”。

表 金属燃油箱振动耐久性试验要求

振动加速度 m/s ² (米/秒 ²)	振动频率 Hz (赫兹)	振动时间, h (小时)			装水量
		上下	左右	前后	
30	30	4	2	2	额定容量的 50%

GB 18296-2019 版规定液体的充装体积为 50%额定容积, GB/T 34510-2017 版第 A.2.1.2 条规定充装与装满 LNG 等重的液氮(约 50% 的容积)。在容积一半的情况下振动冲击更加激烈, 因此做此规定。

振动结果只要内胆不泄漏, 外壳结露或结霜是允许的。

附录 E (规范性) 跌落试验

立式气瓶阀门端保护罩(圈)试验是验证保护罩(圈)的抗冲击性能; 底部的试验是模拟气瓶在吊装时突然跌落到地面时外壳上封头、内胆是否因冲击而损坏; 侧面(瓶体)跌落是验证气瓶的外壳在受冲击时是否可以保持完好; 上述试验同时能验证内胆与外壳之间连接件的抗冲击性能。

本标准参照了 ISO 21029-1:2018 版的第 10.4.4 条有关试验, 其包含: 提升试验、堆垛试验、跌落试验(垂直、反向)、水平冲击试验, 本标准选择了跌落试验及水平冲击试验(本标准用跌落替代)。

跌落试验的高度按 ISO 21029-1:2018 版要求为 1.2m, 方法按标准 ISO 11117:2019 版《Gas cylinders — Valve protection caps and guards — Design, construction and tests》[52]。ISO 11117:2019 版提出阀门保护装置应该具有足够的强度, 在搬运和运输过程中保护阀门。它与气瓶本体的连接应该是固定的、不易拆卸的, 保证在正常使用条件气瓶能够受到保护。

要求受冲击面应为坚硬、平坦、光滑和水平的厚度不小于 10mm 的钢板, 钢板置于厚度不小于 100mm 的混凝土地面上。跌落高度为 1.2m, 跌落时气瓶轴线与竖直方向夹角为 30°。

水平冲击试验速度按 ISO 21029-1:2018 版要求不低于 2.6m/s, 方法按标准 ISO 2244:2002 版《Packaging — Complete, filled transport packages and unit loads —Horizontal impact tests》。ISO 2244:2002 版实际是对气瓶的端头（阀门端或非阀门端）保护装置进行冲击试验，有斜坡冲击试验和摆锤冲击试验两种。斜坡冲击是把气瓶放置在小车上，小车置于 10° 的斜坡上一定高度（满足冲击时速度不低于 2.6m/s），受冲击面与斜坡成 90°，然后释放。

如果采用 1.5m 自由落体冲击，则速度约 3.88m/s 远远大于标准要求的 2.6m/s。汽车的车厢底板高度约为 1.5 米。因此本标准选用 1.5 米作为试验要求。

试验评定采用 GB/T 34510-2017 版第 A.2.3.4 条的规定。气瓶受损后不发生的泄漏可以避免人员受低温灼伤、窒息、可燃介质爆炸等危险。

附录 F （规范性） 安全泄放量和泄放面积 29

安全泄放的计算正确与否关系气瓶的安全。

本附录的计算公式采用 CGA S-1.2:2009 版的规定。其中 λ_1 和 λ_2 来源于 ISO 21013-3:2016 版《Cryogenic vessels-Pressure relief accessories for cryogenic service》的表 1，超临界压力计算数据来源于 ISO 21013-3:2016 版的表 2。

（四） 与现有相关标准的关系

本标准是在系统总结原仅有到达液氮温区的焊接绝热气瓶设计、制造、使用经验和检验、研究成果的基础上，在国内成熟的 GB/T 24159-2009《焊接绝热气瓶》的框架下，并参考 ISO 13985-2001《液氢-车载燃料箱-2：设计、制造、检验和试验》制订的，技术指标与

国际先进标准相当，处于国际先进水平。本标准的颁布，将成为我国第一个液氢气瓶的产品标准。

（五） 贯彻本标准的要求和措施建议

本标准实施后，标准起草单位可会同标准化技术机构组织全国的特种设备检验检测机构，对本标准进行宣贯，推荐各单位积极使用本标准，扩大标准的影响力和使用范围。

（六） 其他需要说明的事项

- 1、本标准为第一次编制。
- 2、本标准没有涉及重大分歧意见。
- 3、本标准没有涉及废止现行有关技术规范。