

团体标准

液氢气瓶 第2部分：操作要求
(征集意见稿)

编制说明

《液氢气瓶 第2部分：操作要求》
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2部分：操作要求》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，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。本标准从使用操作规程环节入手，开展液氢杜瓦使用管理等方面标准化，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。

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，提出了液氢气瓶的使用管理和操作要求和建议。

主要引用以下规范性文件：

GB 2894 安全标志及其使用导则

GB 4962 氢气使用安全技术规程

GB 3836.1 爆炸性气体环境用电气设备 第1部分：通用要求

GB 12014 防护服装 防静电服

GB 13392 道路运输危险货物车辆标志

GB 13690 常用危险化学品的分类及标志

GB 21146 个体防护装备 职业鞋

GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语

GB 50177 氢气站设计规范

JT 3130 汽车危险货物运输规则

T/XXX XXXX.1 液氢气瓶 第1部分：设计、制造、检验、试验

TSG 08 特种设备使用管理规则

（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，与气瓶使用、管理、操作的相关标准协调一致、衔接配套，符合特种设备监管和实际情况的基本要求和过程要求，能够满足液氢气瓶产品操作的需要。

3、合理性原则

本标准从全局出发，综合考虑气瓶使用和管理单位的实际和当前操作方面的发展方向的需求，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

本标准规定了液氢气瓶（以下简称“气瓶”）转交准备、培训和考核、安全、存放、正常操作、火灾控制、应急设备/程序、报废等内容的要求。

文件编制遵循了 TSG 23-2021《气瓶安全技术规程》的要求，并参考了 ISO 21029-2:2015《Cryogenic vessels — Transportable vacuum insulated vessels of not more than 1 000 litres volume —Part 2:Operational requirements》、ISO/TR 15916:2015《Basic considerations for the safety of hydrogen systems》、CGA G-5.5:2014《Hydrogen vent systems》、GB 4962-2008《氢气使用安全技术规程》、GB/T 29729-2013《氢系统安全的基本要求》的相关规定对液氢气瓶的操作提出了要求。气瓶产权单位/使用单位在执行本文件时，应根据自身条件、环境等制定企业的操作规程，用于规范液氢气瓶的使用。企业所编制的操作规程应不低于本文件的规定，同时应符合特种设备安全技术规范的要求及相应国家标准、行业标准的相关规定。

本文件中关于液氢气瓶的一些内容，为国内首次提出，还缺乏成熟的使用经验验证，因此不可能、也没有必要囊括范围规定的液氢气瓶的所有使用细节。在满足法规所规定安全要求的前提下，不禁止本文件没有提及的安全内容。本文件不能替代培训、工程经验，因此提请本文件使用者注意：应由其对产品一切操作负责，且在应用本文件的过程中，产生了不可预见的问题，并造成了人身安全事故和经济损失，本协会及编制单位和个人不承担任何责任。。

五、内容说明

（一） 关于标准的适用范围

本标准适用于液氢气瓶（以下简称“气瓶”）转交准备、培训和考核、安全、存放、正常操作、火灾控制、应急设备/程序、报废等内容的要求。

（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：

1.1 范围

本标准仅仅针对气瓶的操作提出了要求，与气瓶相关的液氢的充装站、液氢气瓶的使用场所、运输工具、运输押运程序等不属于本标准的管辖，应当满足相应的法规及标准。

1.2 术语和定义

术语主要来源于 GB 4962-2008、GB/T 24499-2009《氢气、氢能与氢能系统术语》。

1.3 氢的性质

要正确充装、使用、运输、贮存液氢及氢气就需要对氢的物理、化学特性以及产生的相应危险（危害）有足够的了解。因此本标准引用了 T/XXX XXXX.1-202X 的附 A，其资料来源于 GB/T 3634.1-2006《氢气 第 1 部分：工业氢》[7]第 6 条“安全要求”；表 1 来源于 GB/T 29729-2013 的附录 B“氢的性质”；氢的燃烧特性引用了 GB/T 29729-2013 的附录 C；“缺氧效应”表 2 来源于《液化天然气技术》的第 293 页。

1.4 准备工作

1.4.1 气瓶移交

移交时的检查工作对于气瓶的登记很重要，资料齐全、标签和标志完整、外观完好等是产权单位接受气瓶的基础。

在用户接收气瓶以前应当确保气瓶的合规性、合法性、完好性，为后续的充装、使用、存放等提供必要的基本保障。

1.4.2 气瓶登记

按照 TSG 08-2017《特种设备使用管理规则》[9]第 2.2 条规定：使用单位应当办理使用登记，领取《特种设备使用登记证》以后才允许投入使用。

1.5 安全要求

1.5.1 个人防护

参照 GB 4962-2008 及 GB/T 11651-2008《个体防护装备选用规范》[10]对工作服、工作鞋、防护镜、手套提出了要求。

1.5.2 充装站/供氢站

对充装站/供氢站提出了满足 GB 50177-2005《氢气站设计规范》[11]的要求外，还提出了应设置警告标记，且设置时要符合 GB 2894-2008《安全标志及其使用导则》[12]的规定；场地的设置要符合本标准第 10 章的规定；如果需要设置集中排放系统时，要满足本标准第 6.3 条的规定。

1.5.3 排放系统

氢气的集中排放有利于安全管控，可以集中点燃氢气保证安全。

在靠近气瓶端安装拉断阀、限流装置是防止气瓶意外移动而拉断管道或者阀门导致气体大量外泄引发火灾的危险。

管道长径比的规定来源于 CGA G-5.5-2014 版第 6.2.10 条：爆燃的特征是燃烧产生以亚音速传播的压力波。当任何部分的 L/D 比大于 60:1 但小于 100:1 时，所含空气氢气混合物可能发生爆燃。

管道的温差收缩的规定来源于 CGA G-5.5-2014 版第 5.3 条：从环境温度到液态氢温度，不锈钢将收缩大约 0.050 英寸/英尺。

背压下降率的规定来源于 CGA G-5.5-2014 版第 6.2.1 条：当所有预期的安全阀都在排放时，排放系统中的压降不应超过最低安全阀设定点的 10% 压降。10% 的最大允许背压是为了防止安全阀过早关闭（颤动），这会减少设备的预期流量。流量计算应考虑排气管上的背压，以确保有足够的泄放流量。

导电连续性及跨接的要求来源于 GB/T 4962-2008 第 4.4.11 条：不应使用生料带或其他绝缘材料作为连接密封手段。如无法避免使用，则应考虑部件之间的导电跨接，跨接电阻应小于 $0.03\ \Omega$ 。

管道安装阻火器的规定来源 GB/T 4962-2008 第 8.2 条“氢气排放管应设置阻火器，阻火器应设在管口处”，但是由于液氢的低温性能在多次重复排放间隔不足以让管道回复常温的情况下有可能会在通道内凝结水、固态氧，在适合的情况下可能发生着火甚至爆炸，且固态氧会堵塞排放通道造成排放量小于需要的泄放量从而引起气瓶内部压力升高。因此要求增加复温装置，使温度不低于 0°C 。

1.5.4 液（气）管道

液（气）管道设置拉断阀同样是防止气瓶意外移动而拉断管道或者阀门导致气体大量外泄引发火灾的危险。

1.5.5 电气设备

ISO 21029-2:2015 第 16.1.2 条：在分类区域，人员不得携带火源或未经认可的电气设备，包括所有电气设备，例如：移动电话和广播发射机。

1.5.6 接地系统

ISO 21029-2:2004 第 16.1.3 条：接地电阻 $\leq 10\ \Omega$ 。设备的主要物品（例如容器）应直接与地面相连，并且不应以管道为接地方式。

1.6 人员培训

培训对于操作人员掌握氢气的性质、使用的安全可提供必要的保障。培训时应重点培训操作人员对氢的性质以及危害和人身伤害的认识，重点培训操作人员的安全意识，重点训练应急程序的演练。

1.7 充装

首次充装前确认气瓶外观、阀门等的完好性，产权登记的合规性，介质正确、表面无油、接地完好适应性等可以保证气瓶的安全。

首次充装前，一般情况下瓶内的介质为氮气。没有压力的气瓶，内胆可能有空气及水蒸汽，因此置换时需要检测露点避免在充装液氢后由于水汽结冰造成堵塞。露点的要求来自于 CGA H-3-2019 版

《Standard for cryogenic hydrogen storage》[13]第 13.3.2 条：将低温流体引入内胆以进行冷冲击和冷真空测试应在暖真空保持测试完成且内胆大气经测试并显示露点为 -40°F (-40°C) 或更低。

首次充装时，应注意控制液氢充装速度，没有经受冷冲击的气瓶在超低温冲击下内胆可能出现裂纹。当然用液氮做低温冲击时同样要控制速度。

重复充装前，应确定气瓶有余压。余压可以说明气瓶在充装前的使用是正常的。充装没有余压的气瓶，建议复温处理，然后检漏确认，在进行气密性试验验证气瓶是由于操作失误导致压力泄放完的才能充装。

1.8 供液（气）

1.9 对外的供液（气）在满足本标准的安全要求（第 6 章）、人员资格（第 7 章）、场地（第 10 章）等的规定外，再按照操作说明书则可以降低事故发生的几率。

1.10 存放

存放的条款主要来源于 ISO 21029-2:2015 第 8 章及针对易燃气体特殊规定的第 16.3 条，但没有选用其在室内存放的要求。因此液氢气瓶不允许在室内使用。

1.11 火灾控制

火灾对于氢气的使用场所来说是非常危险的，因此有必要有相应的控制措施。规定主要来源 ISO/TR 15916:2015 第 7.4.2 条和第 7.5.11 条。

1.12 运输

运输的规定主要来源于 ISO 21029-2:2015 第 8 章及针对易燃气体特殊规定的第 16.3 条。

1.13 维护

定期维护是保证气瓶安全运行的重要手段。维护时应符合法规、法律的要求，且要注意维护人员的安全。

充装过程中连接液源与气瓶之间的管道不能完全吹除干净，由此可能有空气中的氧会进入气瓶，氧在低温下（低于 -219°C ）被固化在气瓶内部，如果长期如此，氧积聚到一定的量在适合的情况下就可能发生事故，因此复温维护对于液氢气瓶来说非常重要。

复温处理时也需要考虑气瓶的温度要高于氮的三相点（ -210°C ），否则进入气瓶的氮气有可能被凝固成固态氮的可能，这样可能会引起阀门的堵塞。

温度 -184°C 的规定来源与 CGA G-5:2017 版《Hydrogen》[14]第 9.3 条：“如果容器被空气或其他杂质污染，应将剩余的液氢从容器中排出。然后充分加热容器以蒸发任何残留的杂质并用氮气吹扫。与初始灌装一样，应使用温度高于 -300°F （ -184.4°C ）的氢气代替氮气吹扫气体”，此温度高于液氮的沸点 -196°C 是合适的。

1.14 定期检验

定期进行法定检验时是约束气瓶所有者的法律行为，对气瓶的安全使用有积极的作用。

1.15 应急设备/程序

一旦发生事故，则需要由相应的应急设备/程序来防止事态的扩大，将事故的影响最小化。定期的演练是保证应急顺利实施的重要保障。

应急设备/程序条款来源 ISO/TR 15916:2015 版第 7.6.7.2 条。

1.16 报废

不适合使用的气瓶应当强制报废，这有利于气瓶的安全使用。

（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操作、使用经验和科研研究成果的基础上，在国内成熟的 GB/T 24159-2009《焊接绝热气瓶》的框架下，结合我国实际国情和液氢介

质的特殊性，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使用操作标准。

（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。