

《液化石油气高密度聚乙烯内胆玻 璃纤维全缠绕气瓶》

国家标准编制说明 (征求意见稿)

标准起草组

二〇二四年柒月

一. 工作简况

1.1 编写目的及任务来源

液化石油气（LPG）因其热值高、无烟尘、无炭渣以及操作方便等优点，成为居民生活中主要的燃料之一。居民生活中使用 LPG 的主要供应方式之一是通过气瓶将 LPG 从储配站配送到各个家庭。作为 LPG 消费大国，我国近几年的年新增需求量已超过 2000 万只。传统的 LPG 气瓶为全钢制，存在重量大、易生锈和寿命短等问题。相比之下，液化石油气高密度聚乙烯内胆玻璃纤维全缠绕气瓶（简称 LPG-IV 型瓶）具有轻质、耐腐蚀、寿命长、以及在火烧条件下不爆炸等优点，不仅实现了产品的轻量化，同时还提高了产品的可靠性，具有广阔的市场前景。LPG-IV 型瓶有助于丰富我国 LPG 气瓶的产品种类，推动 LPG 气瓶行业与国际接轨，提升国际竞争力，对促进我国经济发展和改善人民生活具有重要意义。

根据国家发改委发布的《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》（6.3 高性能复合材料产业）以及《中国制造 2025》中重点指出的“以特种金属功能材料、高性能结构材料、功能性高分子材料、特种无机非金属材料 and 先进复合材料为发展重点”等政策的指导，艾赛斯（杭州）复合材料有限公司、天津安易达复合气瓶有限公司等复合材料气瓶企业，已根据行业发展需求，开展了 LPG-IV 型瓶的设计与研发，并建立了自动化生产设备和生产工艺。此外，浙江大学联合大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司、中国特种设备检测研究院等科研单位对 LPG-IV 型瓶开展了大量的性能测试与研究，这些研究包括内胆材料介质相容性、耐压性能、火烧性能、疲劳寿命评估、爆破压力分布统计及气瓶冲击性能等方面，获得了丰富的试验数据，为气瓶安全性的保障和试验方法的合理性提供了坚实的基础。

基于上述试验研究，我国于 2019 年发布并实施了团体标准 T/CATSI 02 005-2019《液化石油气高密度聚乙烯内胆玻璃纤维全缠绕气瓶》，建立了较为完善的气瓶技术要求、试验方法和合格指标评价体系。该团标的实施总体良好，为 LPG-IV 型瓶产品的安全保障提供了有力支持。然而，在实施中也发现了一些问题：一方面，各地区主管部门及客户对团体标准的权威性存在疑虑，影响了产品的推广；另一方面，团体标准在实施过程中暴露出一些不足之处，亟需进一步修

订和完善。随着市场对 LPG-IV 型瓶认可度的不断提高，越来越多的传统钢瓶制造企业已启动或计划启动 LPG-IV 型瓶的生产。然而，由于这两种气瓶在技术上存在较大差异，部分企业在转型过程中缺乏充分准备，可能导致产品存在安全隐患。因此，需要制定一部国家标准，对 LPG-IV 型瓶的制造进行规范及指导。《液化石油气高密度聚乙烯内胆玻璃纤维全缠绕气瓶》国家标准的编制，对 LPG-IV 型瓶的规范化生产与管理具有重要意义，为持续、健康地推动 LPG 产品发展提供有力的技术支撑。

项目名称：液化石油气高密度聚乙烯内胆玻璃纤维全缠绕气瓶

计划号：20232436-T-469

制、修订：制订

项目周期：18 个月

下达日期：2023-12-28

提出单位：全国气瓶标准化技术委员会

归口单位：全国气瓶标准化技术委员会

标准性质：推荐性标准

1.2 主要工作过程

本文件《液化石油气高密度聚乙烯内胆玻璃纤维全缠绕气瓶》由全国气瓶标准化技术委员会归口，制订任务于 2023 年 12 月 28 日下达，项目周期为 18 个月，属于首次编写的推荐性国家标准。

根据全国气瓶标准化技术委员会下达的任务，浙江大学为该标准的主要起草单位，与其他多家单位共同承担本文件的制订工作。

预研阶段：2023 年 5 月 19 日，在杭州组织召开了团体标准实施研讨会，会议总结了团标在推广应用中发现的问题，具体包括：地方主管部门对团标认可度不高、团标未能充分体现 LPG-IV 型瓶的长寿命优势、批量试验中的抽样要求需进一步完善、充装了介质后在瓶阀与阀座间存在泄漏现象、阀门寿命与气瓶使用寿命不一致以及气瓶容积规格需考虑用户使用要求。还研究部署了下阶段工作计划，具体包括：研究国内外相关标准内容、开展气瓶内胆材料渗透性研究和气瓶整体密封性研究、需进一步明确气瓶检验要求、研发长寿命阀门提出阀门试验要求和合格指标以及开展 LPG-IV 型瓶气化率试验研究，以推动 LPG-IV 型气瓶的国标立项。

2023 年 10 月 09 日在杭州组织召开了第二次研讨会，会议汇报了 5 月研讨会上所列问题的研究进展，开展了国内外相关标准、充装介质气瓶型号和浸泡时间对 LPG-IV 型瓶渗透性能影响、气瓶连接气瓶类型和丙烷含量对液化石油气燃烧效果影响、波纹管组件小型化以及改进自闭口组件密封材料配方对阀门性能影响等相关研究。总结了现阶段存在的问题，具体包括：需明确设计寿命为 12 年的瓶阀专项技术要求、需明确永久电子识读标志相关要求、需明确外套的更换单位以及更换的要求等，并研究了部署下阶段工作计划，推动 LPG 复合材料气瓶国标初稿的不断完善。

起草阶段：2024 年 06 月 13 日在镇江召开了国标制定启动会，会上主要介绍了国标讨论稿的主要问题及待研讨事项。经专家深入讨论，会议达成了相关共识，具体包括：规定了冲击试验须带外套进行并规定外套可以进行更换、明确了 LPG 复合材料气瓶均为气相瓶和公称容积、明确了气瓶批量检验要求以及规定无需进行定期检验，但在标准中需要增加附录，规定日常自检与维护的说明（包括更换外套以及更换瓶阀要求）。还明确了需要进一步研究的技术问题，包括：材料的性能指标需进一步开展研究、完善内胆低压气密性试验技术要求、完善气瓶气体循环试验技术要求、完善气瓶低温跌落试验技术要求、完善电子识读标志类型和安装位置等相关规定、增加附录关于气瓶日常自检与维护说明的规定以及需进一步开展长寿命瓶阀及 O 型密封圈加速老化实验等。会议结束后根据收集到的专家反馈意见对标准初稿进行了多次修改，形成了《液化石油气高密度聚乙烯内胆玻璃纤维全缠绕气瓶》（征求意见稿）。

征求意见阶段：2024 年 07 月，通过国标制修订系统面向社会征求意见，并定向发送到各委员单位进行征求意见。

1.3 编制单位、主要起草人员及分工

标准编制单位：浙江大学等。

标准主要起草人：略。

二. 国家标准编制依据及标准主要内容说明

2.1 国家标准编制依据

本文件编制起草过程中，主要参考了以下现行法律法规及相关标准：

- 1) 《特种设备安全法》；
- 2) 《特种设备安全监察条例》；

- 3) TSG 23-2021 《气瓶安全技术规程》;
- 4) 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》;
- 5) GB 5842-2023 《液化石油气钢瓶》;
- 6) GB 7512-2023 《液化石油气瓶阀》;
- 7) T/CATSI 02 005-2019 《液化石油气高密度聚乙烯内胆玻璃纤维全缠绕气瓶》;
- 8) ISO 11119-3:2020 Gas cylinders — Design, construction and testing of refillable composite gas cylinders and tubes.

本标准的制订原则为：①与现行法律、法规协调一致；②与我国现有标准相协调；③技术指标与国际接轨；④充分吸收国内外最新研究成果；⑤各方（高等院校、科研院所、企业单位等）参与。

2.2 标准主要内容说明

本标准主要包括：

- （1）范围；
- （2）规范性引用文件；
- （3）术语、定义和符号；
- （4）型式、型号和基本参数；
- （5）技术要求；
- （6）试验方法与合格指标；
- （7）检验规则；
- （8）标志、包装、运输、储存和出厂文件；
- （9）产品合格证、产品使用说明书和批量检验质量证明书；

附录 A（规范性）气瓶日常检查保养；

附录 B（规范性）气瓶瓶阀技术要求；

附录 C（规范性）气瓶可追溯唯一性瓶号编制规则；

附录 D（资料性）气瓶批量检验质量说明书；

附录 E（资料性）气瓶使用说明。

2.2.1 范围

本文件规定了液化石油气高密度聚乙烯内胆玻璃纤维全缠绕气瓶（以下简称

气瓶)的型式、型号和基本参数、材料、设计、制造、试验方法和检验规则、标志、包装、运输和储存等要求。

本文件适用于设计和制造在正常环境温度($-40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$)下使用的,公称工作压力为 2.1 MPa,公称容积不大于 50 L,可重复盛装符合 GB 11174 的液化石油气的气瓶。

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 15 条术语和定义(包括高密度聚乙烯内胆、全缠绕气瓶、外套、阀座、允许充装量、气瓶可追溯唯一性瓶号等)以及 10 个符号(包括外套试验压力、气瓶公称长度、气瓶允许最大使用重量、气瓶最小爆破压力等)。

2.2.4 型式、型号和基本参数

规定了气瓶的结构型式、型号表示方法以及基本参数。目前规定了我国 LPG-IV 型瓶均为气相瓶,公称容积分别为 12.5 L、18.0 L、27.4 L、35.5 L 和 47.8 L。

2.2.5 技术要求

主要包括气瓶的公称容积、设计循环次数、设计使用年限、耐压试验压力、温度范围、工作环境以及日常保养检查等一般要求,及气瓶各部件的材料、设计与制造等要求:

目前,国内尚未生产公称容积超过 50 L 的 LPG-IV 型气瓶,因此本标准规定气瓶的公称容积不大于 50 L。为确保气瓶长期使用的安全性,本标准规定气瓶的设计循环次数为 12000 次,设计使用年限为 12 年。此外,依据 TSG 23 规定 LPG-IV 型瓶在充装和使用过程中,气瓶的温度应不低于 -40°C 且不高于 60°C 。由于 LPG-IV 型瓶无需进行定期检验,本标准还提出了日常保养检查的具体要求,包括外观检查、瓶阀检查、外套更换和瓶阀更换等相应要求。

塑料内胆材料应选择与 LPG 具有良好相容性的高密度聚乙烯或改性高密度聚乙烯,这些材料均有充分的实践经验。标准中规定了塑料内胆材料的熔融峰温、密度以及熔体质量流动速率等性能,并提出了具体的复测方法和合格指标。瓶阀座中的塑料应采用高密度聚乙烯或改性高密度聚乙烯,阀座中的金属应与液化石油气相容,宜采用铜合金 HPb59-1 棒材,并对这两种材料的力学性能提出了具

体要求。本标准还规定了 LPG-IV 型瓶应采用 E-CR 型玻璃纤维，并对其纤维断裂强度提出了具体要求。由于一般环氧树脂或改性环氧树脂玻璃化转变温度应比其最高使用温度高出 35 °C，因此本标准规定树脂的玻璃化转变温度为 95 °C，并给出了树脂玻璃化转变温度和环氧当量测定的执行标准。此外，本标准还规定了外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。

本标准不提供具体的设计公式，但要求在设计时应采用有限元应力分析方法，建立合适的气瓶分析模型，计算气瓶在公称工作压力、耐压试验压力和最小爆破压力下内胆和缠绕层中的应力与应变，以使气瓶能顺利通过本标准规定的试验要求。考虑 LPG-IV 型气瓶不进行定期检验，本标准将纤维应力比提高至 3.6，与 ISO 11119-3:2020 保持一致；最小爆破压力应不低于 3.6 倍的公称工作压力（7.6 MPa）。气瓶设计时还应考虑瓶阀座的静强度、疲劳寿命及其与内胆连接接头的静强度、疲劳强度和密封性能，并对瓶口螺纹型式、尺寸、切应力安全系数以及外套的镂空面积比例以及筒体 单孔尺寸等做出规定。

内胆和气瓶制造应分批管理，严格控制生产车间的环境温度和湿度，要求气瓶内胆整体成型、纤维缠绕、气瓶固化等过程的所有操作均应由自动化设备和连续工艺协同完成，不允许设置人工操作岗位。标准还规定了塑料内胆应采用吹塑成型，并明确了工艺参数控制要求，以及阀座成型方式和内胆牢固连接的要求。在气瓶制造方面，标准规定了纤维缠绕和气瓶固化等要求。此外，标准还规定了外套制造的相应技术要求，以及在气瓶的使用年限内，如需更换外套，应由原气瓶制造单位或委托单位进行更换。

本标准还提出了所用瓶阀的相应技术要求。标准规定了长寿命瓶阀的试验方法和合格指标，要求其最小设计使用年限应不小于气瓶的设计使用年限。对于使用最小设计使用年限小于气瓶设计使用年限的瓶阀，标准规定在使用年限内应由气瓶产权单位更换新的有制造资格单位生产的瓶阀，并明确了更换要求。此外，标准还规定了瓶阀螺纹、连接、密封材料相容性以及安装力矩等技术要求。

2.2.6 试验方法与合格指标

规定了内胆和气瓶的试验方法和合格指标。内胆试验包括内胆重量、壁厚和制造偏差、内外表面检查、母材拉伸试验、阀座螺纹、阀座和内胆连接检查和介质相容性试验。气瓶试验包括外观检查、缠绕层力学性能试验、气瓶耐压试验、

气密性试验、爆破试验、常温压力循环试验、人工时效试验、加速应力破裂试验、冲击试验、跌落试验、裂纹容限试验、极限温度压力循环试验、火烧试验、枪击试验、渗透试验、气体循环试验、扭矩试验、阀座强度试验和外套试验等项目。

内胆壁厚和制造公差、重量偏差从局部和整体两个方面控制内胆的一致性。在保证塑料内胆成型质量方面，除应进行常温、 -40°C 和 60°C 下的母材拉伸试验，还应用量规对阀座螺纹进行检查。为保证瓶阀座和塑料内胆连接处的质量，标准对连接接头检测提出了低压气密性检查和解剖检查等试验项目。针对缠绕层力学性能，明确了缠绕层试样拉伸强度应不低于 960 MPa ；在沸水煮 24 h 后层间剪切强度应不低于 20 MPa 。参考 ISO 11119-3 标准给出了气瓶耐压试验、气密性试验、爆破试验、常温压力循环试验等试验方法。根据 TSG 23-2021 的规定，耐压试验压力为 1.5 倍公称工作压力，LPG-IV 型瓶的公称工作压力为 2.1 MPa ，因此本标准规定耐压试验压力为 3.2 MPa ，并且明确要求每只气瓶耐压试验的现场或视频监检确认文件应至少保存 12 年。为了降低气瓶爆破性能的离散型，提高产品质量的稳定性，本标准增加了气瓶爆破压力一致性指标，规定型式试验中，爆破压力最大值与最小值之差与爆破压力平均值的比值不应超过 20%；批次试验爆破压力与型式试验爆破压力平均值之差不得超过型式试验爆破压力平均值的 10%。人工时效、加速应力破坏、冲击以及跌落试验等合格指标规定最小爆破压力应不低于 6.3 MPa （3 倍安全系数）。本标准还增加了外套的冲击损伤评定以及合并了缠绕层的冲击损伤评定，明确冲击试验应带外套进行，避免造成歧义。关于跌落试验，统一规定在经过 10 次跌落试验后，无论是否出现明显损伤均对 1 只气瓶进行爆破试验，另 1 只气瓶进行常温压力循环。这一做法增加了试验的严苛性，提高产品的质量要求，与 ISO 1119-3:2020 保持一致。在火烧试验中，区分了水平测试和垂直测试热电偶的相关要求，保证试验过程中温度测量的准确性；此外明确了气瓶在 20 min 以内气瓶不得发生爆裂，提高产品的质量要求。关于渗透试验，依照团体标准，在进行渗透性试验前需先进行气密性试验，通常采用空气作为试验介质。在涂液法测试过程中未发现渗漏现象，但在实际使用过程中却出现了渗漏。这种渗透与试验介质和温度有关。因此本标准规定采用实际充装的 LPG 作为试验介质，将气瓶置于 $40^{\circ}\text{C}_{+5^{\circ}\text{C}}_{-0}$ 的恒温环境中静置 24 h ，再进行涂液法检查，可以在瓶阀、气瓶与阀座连接处观察到气泡现象，从而判断是否产生了渗漏。为保障 LPG 气瓶可更换外套在实际运输、使用过程中的安全性，本标准

新增外套试验（低温跌落试验和外套强度试验）。

2.2.7 检验规则

标准规定了内胆和气瓶逐只检验项目、批量检验的抽样规则和检验项目、型式试验项目和要求以及设计变更需进行的试验项目。TSG 23 规定本气瓶以不大于 200 只为一个批量。但当气瓶稳定生产时，若能减少批次试验次数，将有助于降低企业制造成本，因此本标准增加了稳定生产后的批量抽样要求。规定在连续生产 15 批气瓶，且经监检机构确认爆破试验与常温压力循环试验均合格时，抽样可以放宽至每 5 批取样。在连续生产 50 批气瓶，且经监检机构确认爆破试验与常温压力循环试验均合格时，抽样可以放宽至每 10 批取样。参照 TSG 23 《气瓶安全技术规程》，本标准提高了用于型式试验的内胆数量，规定“用于型式试验的气瓶基数为 100 只，内胆基数为 5 只”。

2.2.8 标志、包装、运输、储存、出厂文件

本标准规定了气瓶的标志、包装、运输、储存和出厂文件等要求。明确了每只气瓶制造标签、可追溯唯一性编号、永久性电子识读标志、公示网站和出厂文件等相关规定。

2.2.9 产品合格证、产品使用说明书和批量检验质量证明书

规定了气瓶的产品合格证、产品使用说明书和批量检验质量证明书要求。

2.2.10 附录

本标准包含了 5 个附录，其中 3 个为规范性附录（包括气瓶日常检查保养、气瓶瓶阀技术要求以及气瓶可追溯唯一性瓶号编制规则），2 个为资料性附录（包括气瓶批量检验质量说明书和气瓶使用说明）。

三. 主要试验（或验证）的分析以及技术经济论证

3.1 主要试验（或验证）的分析

过去几年间相关单位开展了大量 LPG-IV 型瓶试验研究，包括水压试验、爆破试验、常温压力循环试验、加速应力破裂试验、瓶嘴强度试验、火烧试验、跌落试验、裂纹容限试验等。详细研究了升压速率对气瓶保压阶段压力降的影响、气瓶水压试验压降随时间变化规律、气瓶爆破压力的分布规律、气瓶失效时的疲劳循环次数、气瓶在高温高湿条件下的性能演变规律、气瓶火烧时的失效形式及安全性、气瓶的阀座强度、气瓶冲击后的爆破压力及疲劳寿命、气瓶在预置裂纹条件下的爆破压力和疲劳性能、气瓶内胆和复合材料层之间出现大面积分层对内

胆屈曲的影响、气瓶若出大面积分层对气瓶的疲劳寿命和气密性的影响、气瓶内胆与增强层的贴合性能、在使用温度范围内气瓶内液位随温度变化的关系。基于上述实验研究，2019 年发布 LPG-IV 型瓶团体标准，标准号为 T/CATSI 02 005-2019。

3.2 技术经济论证

LPG 作为一种重要的替代能源，能降低对单一能源的依赖，提高能源供应的多样性和安全性。LPG 燃烧产生的有害物质较少，特别是相比煤炭和传统汽油，能显著减少二氧化硫、氮氧化物和颗粒物的排放，改善空气质量。LPG 作为清洁的家庭燃料，可以广泛应用于烹饪、取暖和热水供应，提升居民生活质量，减少传统燃料带来的健康风险，居民生活用 LPG 的主要供应方式之一是通过气瓶将 LPG 从储配站分配到家庭。LPG-IV 型气瓶是一种与民生和公共安全密切相关的重要产品，国际上有关 LPG-IV 型气瓶的研究十分活跃，并已经制订了相关规范和标准。因此，为推动 LPG 气瓶行业与国际标准的接轨，消除国际贸易中存在的技术壁垒，促进技术的全球互认与协调发展，制定我国 LPG 国家标准具有重要意义。同时，本标准的实施将丰富 LPG 气瓶行业产品种类，对推动我国相关产业的技术进步和经济发展具有重要意义。

四. 采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

近年来，LPG 复合材料气瓶相关的国外标准相继发布和修订，主要有：国际标准 ISO 11119-3《气瓶-可重复重装复合气瓶的设计、建造与测试》、欧洲标准 EN 14427《液化石油气设备和附件-液化石油气用可运输可重复充装复合气瓶-设计和结构》、EN 16728《液化石油气设备和附件-液化石油气用可运输可重复充装复合气瓶-定期检验》以及 EN 1439《液化石油气设备和附件-液化石油气用可运输可重复充装复合气瓶在充装前、充装中和充后的检查流程》等。

本文件是在理论分析和试验研究基础上，非等效采用 ISO 11119-3:2020《气瓶-可重复重装复合气瓶的设计、建造与测试》。除参考 ISO 11119-3 提出的技术要求外，还依据国内企业实际制造情况提出了相应的技术要求，如内胆母材拉伸试验、阀座和内胆连接检查、介质相容性试验、外套试验、长寿命瓶阀技术要求等。此外，本文件各项技术指标均不低于国际先进标准，处于国际先进水平。

五. 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与现行法律、法规及相关标准协调一致。

六. 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准遵循了各方参与原则，制定时充分吸收了相关领域专家的意见，无重大分歧。

七. 国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

建议将本标准作为推荐性国家标准。

八. 贯彻国家标准的要求和措施建议

本标准发布后 6 个月实施。

九. 代替或废止现行标准的建议

无。

十. 其他应予说明的事项

无。