

《压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕瓶式集装箱》行业标准

编制说明

一、目的和意义

由于氢能具有能量转化效率高、终端零排放、用途广泛等特点，在这次社会转型中氢能作为新能源将扮演重要的角色，而氢能利用中最重要的一环之一是氢的储运，目前氢气储运设备主要有 20MPa 氢气的管束式集装箱、长管拖车，其装运效率都比较低，经济性较差，因此我国在“十四五”期间开展对高压储氢气瓶的研究，并且根据研究成果制定了相应标准，目前已发布实施的标准有 GB/T 35544-2017《车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶》和中国技术监督情报协会的 T/CATSI 02016-2021《集装用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶》团体标准，但作为高压氢气储运设备则无相应的国家标准或行业标准。为加快推动绿色低碳发展，持续改善环境质量，同时规范压缩氢气铝内胆全缠绕瓶式集装箱的设计、制造，因此提出了《压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕瓶式集装箱》行业标准的编制，以保证其运行安全，对推进高压氢气储运设备的发展具有重要的实际意义，最终将为持续、健康的推进氢能产业发展提供有力的技术支撑。

二、主要依据

- GB/T 1413-2008 系列 1 集装箱 分类、尺寸和额定质量
- GB/T 35201-2017 系列 2 集装箱 分类、尺寸和额定质量
- NB/T 10355-2019 管束式集装箱
- TSG R0005 移动式压力容器安全技术监察规程
- TSG 23 气瓶安全技术规程

三、主要工作

2023 年 2 月，石家庄安瑞科气体机械有限公司完成征求意见稿第一稿，并在部分起草单位征求意见，并在 5 月完成征求意见稿第二稿。

四、标准结构

本文件含正文十三章。

本文件分为范围、规范性引用文件、术语与定义、总则、材料、设计、安全附件、仪表及装卸附件的专项要求、制造、试验方法、检验规则、标志、标识、出厂文件、储存、运输等共 13 章。

五、有关问题说明

1 范围

1.1 本文件中的气瓶为充装压缩氢气的铝内胆碳纤维全缠绕气瓶（以下简称“铝内胆全缠绕气瓶”），且按 TSG 23 的规定制造。根据产品的型式特点，确定压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶式集装箱（以下简称“瓶式集装箱”）用铝内胆全缠气瓶的公称工作压力为 $30\text{MPa} < P \leq 52\text{MPa}$ 、单只公称水容积为 $300\text{L} \sim 350\text{L}$ 、工作温度 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ 。

1.2 本文件适用于仅限运输的瓶式集装箱。

3 术语和定义

针对瓶式集装箱的结构特点，给出了瓶组单元、瓶式集装箱、铝内胆、全缠绕、全缠绕气瓶、纤维应力比等六个术语的定义。

4 总则

4.1 本文件对瓶式集装箱、铝内胆全缠气瓶提出了基本要求。

4.2 瓶式集装箱充装介质为氢气，由于氢气储运的特殊性，设计单位在设计时应充分考虑使用环境温度、工作压力范围、装卸条件及方式、充装频次等工作条件，因此对用户或设计委托方提出了基本要求。

5 材料

5.1 一般要求

5.1.1 提出了瓶式集装箱的材料选用的基本原则。

5.1.2 奥氏体不锈钢中镍含量提高可以增加材料抗氢脆性能，因此在参考 GB 50516-2021《汽车加油加气加氢站技术标准》的基础上，提出临氢奥氏体不锈钢管的镍含量的要求。

5.2 铝内胆全缠气瓶

5.2.1 铝内胆全缠气瓶的设计需满足 TSG 23 及相应产品标准的要求。

5.2.2 明确内胆和端塞材料采用 6061 铝合金材料。

5.3 管路

5.3.1 由于瓶式集装箱的装卸管路、泄放管路承受压力比较高，并且与氢接触，因此明确选用奥氏体不锈钢管。

5.3.2 气动控制管路承受一定压力，因此对气动控制管路用非金属管提出公称压力不低于 0.8MPa 的要求。

5.4 密封材料

5.4.1 密封材料必须满足 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ 范围，这与气瓶工作温度匹配。

5.4.2 对密封材料的选材作出了具体规定，同时，根据集装箱定期检验的要求、规定密封材料使用寿命应满足瓶式集装箱定期检验周期的要求。

6 设计

6.1 基本要求

本标准根据瓶式集装箱的特点和性能要求，提出了其设计的一般要求。

6.2 设计文件

6.2.1 瓶式集装箱的设计文件和风险评估报告参照了 NB/T 10355-2019 的相关要求。

6.2.2 对设计说明书、设计计算书、设计图样及产品使用说明书等提出了明确详细的要求。

6.3 铝内胆全缠气瓶

6.3.1 由于铝内胆全缠气瓶目前尚无国家标准或行业标准，因此对其提出基本要求，如结构、水压试验压力。纤维应力比等。

6.3.2 本文件中采用的铝内胆全缠气瓶应符合 TSG 23 及相应产品标准的规定，综合考虑气瓶的受力状态和最小爆破安全系数，确定了气瓶在工作压力下各种应力之和应不大于气瓶复合层材料抗拉强度的 30%。

6.3.3 为保证密封可靠，对气瓶螺纹型式、螺纹的有效长度提出要求；为确保气瓶两端瓶颈的在正常使用状态下不产生变形和损坏，对两端瓶颈的厚度提出了要求。

6.3.4 考虑高压情况下，密封的重要性及密封的难度，对密封结构提出了基本要求。

6.3.5 强调了气瓶在允许的最高工作温度下，气瓶内的压力不允许超过气瓶许用压力。

6.4 尺寸、公差和额定质量

为实现运输时，瓶式集装箱轻量化、大容积、运输效率高的目标，规定瓶式集装箱尺寸、公差和额定质量应符合 GB/T 1413 或 GB/T 35201 的规定，即系列 1 集装箱或系列 2 集装箱均适用于本文件。

6.5 载荷

6.5.1 本文件中对瓶式集装箱设计载荷的要求与 NB/T 10355-2019 的规定基本一致。

6.5.2 瓶式集装箱的设计应保证箱体、框架的强度和刚度，保证集装箱在承受惯性力载荷和试验载荷时不被破坏，保证瓶式集装箱的外形尺寸满足集装箱标准和本文件的要求，保证瓶式集装箱运行过程中的稳固和安全。

6.6 框架、起吊和系固件

略。均为通用要求。

6.7 结构

6.7.1 根据国际上已有使用案例，本文件中的瓶式集装箱由瓶组单元组成，规定了瓶式集装箱的单元数量、单元间距离，以及气瓶长度要求和卧式放置状态。单元的支撑和固定应能防止气瓶发生周向转动和轴向窜动。

6.7.2 在火灾状态下，为保证气瓶纤维缠绕层在短时间内不与火焰直接接触，在瓶式集装箱的底部和侧面设置防火隔离板，便于能争取到更多的安全时间。

6.7.3 考虑到气瓶外部为纤维缠绕复合层结构，由纤维材料和树脂系统组成，因此瓶式集装箱的设计结构应有防护措施，防止缠绕气瓶受紫外线辐射、砾石冲击、尖锐物伤害。

6.7.4 基于氢气介质的特殊性，为防止氢气一旦泄漏时不会聚集在集装箱内造成危险，瓶式集装箱如果设置顶盖时，其设计应确保氢气能够快速排放。

6.8 管路

6.8.1 为保证管路的可靠性，本文件规定了装卸管路、气动控制管路、泄放管路和放散管

路的设计和安装等要求，以确保管路系统的运行和使用安全。

6.8.2 对于泄放管路与放散管路的长径比 (L/D) 是参照 CGA G-5.5—2021《氢气排放系统标准》所提出。

7 安全附件、仪表及装卸附件

7.1 提出了安全附件、仪表和装卸附件的基本要求。

7.2 当气瓶超压泄压装置采用爆破片与易熔合金塞的串联组合装置，应符合气瓶相关产品的规定和本标准的相应要求；如果采用其他型式的泄压装置时，其要求应符合 TSG 23 的有关规定。

7.3 瓶式集装箱在遇到火灾等情况时，使气动控制管路失压，根部截止阀或瓶组单元应急关断阀关闭，起到紧急切断装置的作用，防止产生安全事故。

7.4 由于氢气属于易燃易爆介质，对静电接地端子的电阻值提出具体要求。

7.5 本章节对压力测量装置和温度测量装置的设置要求及数量提出相应要求。

7.6 本章节对装卸附件的公称压力、布置要求、功能要求等提出了相应要求。

8 制造

8.1 本章节对瓶式集装箱的制造提出了基本要求。

8.2 气瓶应满足 TSG 23 和相应产品标准的要求，并且对气瓶长度允差、内表面质量提出相应要求。

8.3 因氢气有致脆的特性、而焊接连接接头耐氢脆性能不稳定，因此对管路的连接方式提出了要求和限制。同时对管路清洁度提出要求、且不允许存在与氢反应的油脂等杂质。

8.4 规定防火隔离板不允许有缝隙，是为防止发生火灾时火苗不会从缝隙中窜入。

8.5 为防止瓶式集装箱在装卸、运输过程中不会发生氢气泄漏，保证气瓶和管路的组装质量，提出气瓶和装卸管路组装后应进行氦检漏的要求。

8.6 为保证气瓶内部的洁净和干燥、防止产生锈蚀，本章节规定瓶式集装箱应采用氮气或其他惰性气体进行置换，并且提出置换后的含氧量应小于 0.5%，保留 0.1MPa 的余压。

8.7 对瓶式集装箱的涂敷和外观质量提出了要求。

9 试验方法

瓶式集装箱的试验方法主要依据 TSG R0005 并参照 NB/T 10355《管束式集装箱》的有关规定而提出的。

10 检验规则

本文件规定了瓶式集装箱的型式试验项目和要求。因本文件中的瓶式集装箱仅适用于运输，其型式试验的检验项目，依据 TSG R0005，并参照 NB/T 10355-2019 的要求确定。

10 标志、标识

本文件关于标志、标识的要求是参照 GB/T 1836《集装箱 代码、识别和标记》、NB/T 10355 及 TSG R0005 的有关要求确定的。

11 出厂文件

瓶式集装箱出厂文件的要求是参照 NB/T 10355-2019 的规定。

12 储存、运输

瓶式集装箱储运是指产品制造完工后的存放和运输，运输是指产品交货的运输环节，该章节参照了 NB/T 10355-2019 的规定。

13 风险评估报告

本附录规定了瓶式集装箱的风险评估报告的制定原则和程序要求，以及风险评估报告的基本内容要求。

14 管路壁厚计算

装卸管路壁厚计算是参照 GB/T20801 的有关规定，装卸管路壁厚计算方法与公式。

《压缩气体铝内胆全缠绕瓶式集装箱》行业标准

编制组

二〇二三年五月