

A Review of Low-Temperature Air Tightness Detection Technology of LNG Cylinder Valve

Jian Wu, Qian Li

Shanghai Institute of Special Equipment Inspection and Technical Station, Shanghai
Email: liqian624000@sohu.com

Received: Mar. 4th, 2014; revised: Mar. 11th, 2014; accepted: Mar. 19th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

This article focuses on the gas tightness test of LNG cylinder accessories. Through the analysis of the advantages and disadvantages of two kinds of test methods, helium mass spectrometer leak detection method and normal & low temperature differential pressure method, it analyzes the key technology of the low-temperature air tightness test, puts forward the detailed improvement suggestions, and solves the gas tightness test problem of LNG cylinder accessories under the low temperature of -196°C .

Keywords

LNG, Cylinder Valve, Low Temperature Gas Tightness

LNG气瓶阀门低温气密性检测方法研究

吴 俭, 李 前

上海市特种设备监督检验技术研究院, 上海
Email: liqian624000@sohu.com

收稿日期: 2014年3月4日; 修回日期: 2014年3月11日; 录用日期: 2014年3月19日

摘 要

本文重点对LNG气瓶附件的气密性测试方法进行了研究, 通过分析氦质谱检漏法和常低温压差法两种测

试方法的优势和弊端，分析了低温气密性测试的关键技术，提出了具体的改进意见，解决了LNG气瓶附件在 -196°C 低温下进行气密性检测的技术难题。

关键词

LNG, 气瓶附件, 低温气密性

1. 引言

随着我国经济和汽车工业的迅速发展，石油资源短缺的形势更加严峻，与此同时环境污染也日益加重。LNG 作为天然气的一种气源形式，具有成本低、充装使用方便、体积小、自重轻、充装量大、气液纯净、运输装卸方便等优点。十几年的实践证明，天然气汽车的环保性和经济性得到了人们广泛的认可，环保效益相当显著。LNG 作为车用燃料，可以应用于城际大巴、重卡、城市公交、环卫车辆、出租车等，在国家倡导清洁能源的时代背景下，随着 LNG 工业的发展、车用 LNG 相关技术的不断成熟，以及政府对车用 LNG 相关优惠政策的逐步落实，可以预见，车用 LNG 产业将具有广阔的市场前景。

LNG 低温绝热气瓶是用于贮存、运输液化空气产品的高真空多层绝热可移动式低温液体容器[1]，LNG 气瓶附件主要是指截止阀、调压阀，这些气瓶附件属于特种设备，具有比较高的危险性，必须进行严格的检验检测。然而，国内目前尚无成熟的检验检测技术，更没有相应的技术标准和专用设备。由于 LNG 气瓶附件的使用温度约在 -196°C ，这对气瓶附件的低温气密性要求较高，在深冷工况下气瓶附件内部的密封元件和密封结构能否保证其气密性对整个 LNG 气瓶的影响很大。

因此，本文针对 LNG 气瓶附件的低温气密性检测方法展开了系统研究，综合考虑国内外 LNG 气瓶附件制造企业的检验现状和相关标准的参考，低温气密性检测方法主要有氦质谱检漏法和常低温压差法两种测试方法，现将两种测试方法介绍如下。考虑到截止阀和调压阀的实际使用工况，需采用液氮作为低温试验介质，高纯氦气作为试验气体，分别检测产品的外部、内部气密性能。

1.1. 常低温压差法

常低温压差法是利用气体的热胀冷缩原理，即人为建造一个密闭的管路空间，在保证管路体积和温度不变的情况下，压力应该也应保持恒定，如图 1 所示[2]，将试样阀安装在管路上，将氦气源、压力表

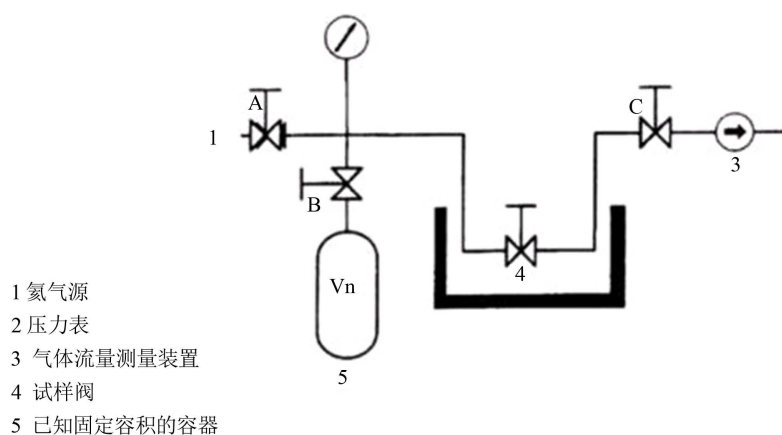


Figure 1. Schematic diagram of differential pressure method
图 1. 常低温压差法示意图

和一个已知固定容积的容器与试样阀进气口相连，用氦气冲洗整个系统[1]。在常温下往密闭管路中充入一定量的试验压力 P_1 ，然后把试验阀放入液氮环境内冷却至 -196°C ，待保温一定时间后再取出试验阀恢复至起始的常温环境，这时的试验压力 P_2 应与 P_1 一致或略低，此种方法仅能检测其外部气密性。

常低温压差法操作简单，设备简易，成本低，仅需要将试样阀连接在指定的管路中，仅通过比较两次的压力表显示值即可得出结论，特别是该方法可以完全避开在 -196°C 下检测不方便、检漏不准确带来的测试误差。但是，该试验方法仅能检测试样阀的外部气密性，且试验时间整个周期较长，对周围的环境温度要求较高，并且对管路中的连接接头和针形阀的密封性能要求较高，往往会出现因连接接头或针形阀微漏导致试验结果出现偏差，不能准确反映试样阀的真实密封性能。

1.2. 氦质谱检漏法

氦质谱检漏仪是根据质谱学原理，用氦气作示漏气体制成的气密性检测仪器。喷氦法、吸氦法是最常用的两种方法，考虑到 LNG 气瓶附件体积较小，操作空间不大，因此推荐采用吸枪检漏，具体如图 2 所示[3]。将试验阀打开并浸入液氮中，关闭针形阀，往其内部通入高纯氦气，利用吸枪检查试验阀的外部气密性；再按规定力矩关闭试验阀，打开针形阀，往其进气口通入高纯氦气，在针形阀的出口处用吸枪检查试验阀的内部气密性。这样会得到一组泄漏率的试验数据，以此来判断试验阀的低温气密性[4]，这是一个定量的测试方法。

氦质谱检漏技术检漏效率高，仪器反应灵敏，精度高，不易受其他气体的干扰，得到了广泛应用。但是，该试验方法成本较高，需要配备氦质谱检漏仪，并且受吸枪测试选取点的影响较大，往往要求测试人员具有一定的氦检漏经验，并熟悉试验阀的结构特性，否则将会导致测试结果与真实的泄漏率产生一定的误差。

2. 低温气密性测试的关键技术

综合分析以上 LNG 气瓶阀门低温气密性的两种测试方法，各自都有优势和弊端。因此，建议制造企业或检验检测机构可以根据现有的设备情况，选择合适的测试方法。但是，由于是在 -196°C 下测试，需要注意几个方面的关键点，尽量减少以上两种测试方法的误差。

当采用常低温压差法时，应尽量减少连接接头，并尽可能将连接接头置于液氮上方，防止连接接头

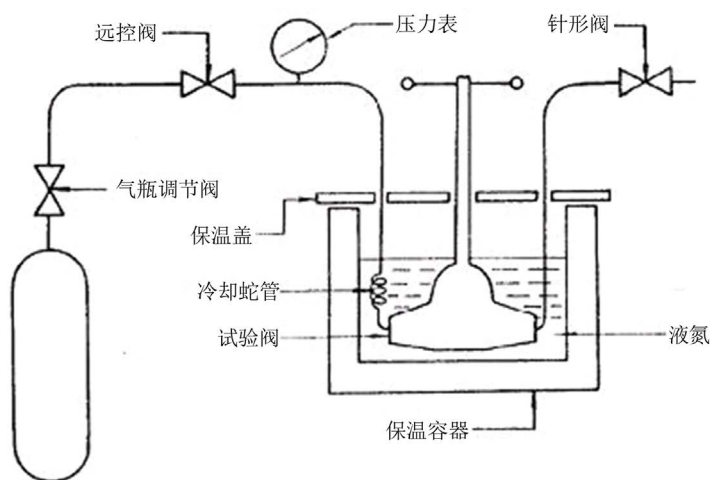


Figure 2. Schematic diagram of helium mass spectrometer leak detection method

图 2. 氦质谱检漏法示意图

在液氮中发生微漏；而且所使用的连接管路应尽可能又细又短，可以节省氦气源并减少深冷保温时间；两次的常温环境建议在保温箱内进行，有利于深冷后的试样阀能够准确快速的恢复至起始常温，降低试验时间并得到准确的数据。

当采用氦质谱检漏法时，可以在试验阀的上密封处放置一个倒扣的小漏斗，用吸枪放入漏斗内进行精确的测量，防止因测量位置不对或受液氮挥发影响导致数据出现偏差等；由于低温内部泄漏与其关闭力矩有着直接的关系，因此需精确测量关闭力矩的大小并做记录。

3. 结论

通过 LNG 气瓶阀门低温气密性能的两测试方法介绍和比较，深入分析了两种方法的优势和弊端，总结归纳了低温气密性测试的关键技术，并提出了有效可靠的建议，解决了-196℃低温下的气密性检测难题，在一定层面上协助解决了国家监管和检验检测的难题，为制定国家技术标准提供了技术支撑。

参考文献 (References)

- [1] 中国国家标准化管理委员会 (2011) 固定式真空绝热深冷压力容器. GB/T 18442-2011.
- [2] BS EN 1626:2008 (2008) Cryogenic vessels—Valves for cryogenic service.
- [3] 中国机械工业联合会 (2010) 低温阀门·技术条件. GB/T 24925-2010.
- [4] BS 6364-1998 (1998) Specification for valves for cryogenic service.