

文章编号: 1002-5855(2015)01-0036-04

## 液化天然气用阀门检验标准的分析与研究

胡 军, 刘晓春, 宋忠荣, 陶国庆, 靳淑军, 章茂森  
(合肥通用机械研究院, 安徽 合肥 230031)

**摘要** 介绍了国内外液化天然气用阀门的主要检验标准, 指出了液化天然气阀门的外部冷却法和内部冷却法试验方法, 对比和分析了液化天然气阀门检验标准的主要内容。

**关键词** 阀门; 液化天然气; 试验; 标准; 分析  
**中图分类号**: TH134 **文献标志码**: A

## Analysis and Study on LNG Valve Inspection Standards

HU Jun, LIU Xiao-chun, SONG Zhong-rong, TAO Guo-qing, JIN Shu-jun, ZHANG Mao-sen  
(Hefei General Machinery Research Institute, Hefei 230031, China)

**Abstract:** It is introduced main inspection standards of Liquefied Natural Gas including domestic and a-broad. Meanwhile, it is pointed out two test methods of inspecting LNG valves which are cooling valves from outside and inside. Through comparing and analyzing main testing contents of these inspection standards, hope to give some help to the LNG valve manufacturers.

**Key words:** valve; liquefied natural gas; test; standards; analysis

### 1 概述

液化天然气(Liquefied Natural Gas—LNG)作为一种清洁能源, 由于其能效高, 易于运输和储存, 已经在国内外得到了广泛应用。目前, 我国沿海地区已建、在建和规划建设中的 LNG 项目达 20 多个, 随着国内外能源市场对液化天然气开发力度的不断加大, 液化天然气用阀门的需求量正在不断增长。国外 LNG 阀门制造已有几十年的生产经验, 较为成熟的制造厂家主要集中在欧美地区, 有西班牙 POYAM 公司、意大利 CMB 公司、法国 KSB 公司及加拿大 VELAN 公司等, 其产品已经在国内外 LNG 工程项目中得到了广泛的应用。目前我国阀门企业已经开始生产 LNG 阀门, 但在 LNG 工程中的实际应用较少, 国家能源系统已经在加快推进大型液化天然气技术装备的工作。LNG 阀门作为 LNG 管路中的控制元件, 在使用前其性能的检验尤为重要。

### 2 相关标准

#### 2.1 国内标准

我国根据实际情况制定了相应的国家标准, 有关液化天然气阀门的检验标准目录见表 1。20 世纪

末, 我国制定了低温阀门的行业标准 JB/T 7746—1995。随着技术的发展和进步, 在 2010 年 8 月发布了国家标准 GB/T 24925—2010, 该标准规定了低温阀门的术语、结构型式、技术要求、试验方法及检验规则等。该标准适用于法兰、对夹和焊接连接的低温闸阀、截止阀、止回阀、球阀和蝶阀产品, 适用温度范围为  $-196 \sim -50^{\circ}\text{C}$ , 涵盖了液化天然气用阀门的检验和试验温度。

表 1 国内外有关液化天然气用阀门检验标准

序号	标准号	标准名称(中文)
1	BS 6364—1984	低温阀门
2	EN12567: 2000	工业阀门—液化天然气用隔离阀适用性验证试验规范
3	ISO 28921—1: 2013	工业阀门—低温用隔离阀 第 1 部分 设计、制造和产品试验
4	GB/T 24925—2010	低温阀门 技术条件

#### 2.2 国外标准

目前, 国际上较为通用的液化天然气用阀门检验标准有英国标准和欧盟标准。英国标准 BS 6364—1984, 自 1984 年后共有 4 次修正, 主要是对附录

作者简介: 胡军(1982—), 男, 安徽人, 工程师, 从事阀门技术和阀门标准相关的工作。

A 的超低温试验内容进行了部分修正 2007 年确认有效的版本还是 1984 年。该标准规定了低温阀门的设计、制造和试验要求 ,主要包括闸阀、截止阀、止回阀、球阀和蝶阀 ,同时规定产品的适用温度范围为  $-196 \sim -50^{\circ}\text{C}$ 。该标准是低温阀门领域最早的标准之一 ,也是目前液化天然气用阀门设计制造和试验参考较多的标准。

欧盟有一项专门针对液化天气阀门的试验标准规范 ,EN 12567 - 2000 ,该标准主要是对液化天然气的生产、储存、运输( 管线输送、铁路运输、公路运输、船运) 中所使用的隔离阀门( 包括闸阀、截止阀、球阀、蝶阀) 总体性能要求 ,内容包括产品设计方面的要求、产品试验和型式试验等方面的内容。该标准是最早提出了液化天然气用阀门型式试验方面内容。

国际标准化技术委员会于 2013 年发布了国际标准 ISO 28921: 1 - 2013。该标准主要规定了  $-196 \sim -50^{\circ}\text{C}$  低温隔离阀的设计、制造、材料以及产品试验方面的要求 ,主要包括闸阀、截止阀、止回阀、蝶阀和球阀。标准涵盖了液化天然气用阀门的检验和试验温度。国际标准化技术委员会正在制定的 ISO/ DIS 28921: 2 - 2014 ,正在征求意见中。

2.3 检验项目

国内外标准中规定的液化天然气阀门检验主要项目及内容见表 2。

3 检验方法

3.1 外部冷却法

检验方法对验证液化天然气阀门的性能至关重要。BS 6364 标准规定为外部冷却法 ,即通过将阀体浸泡在冷却介质( 通常是液氮) 中的方式以达到所需试验温度( 图 1) ,来检测阀门性能的方法。这种方法适用于阀门批量生产时的出厂检验。GB/T 24925 和 ISO 28921 - 1 和 EN 12567 关于产品出厂检验都采用这种方法。

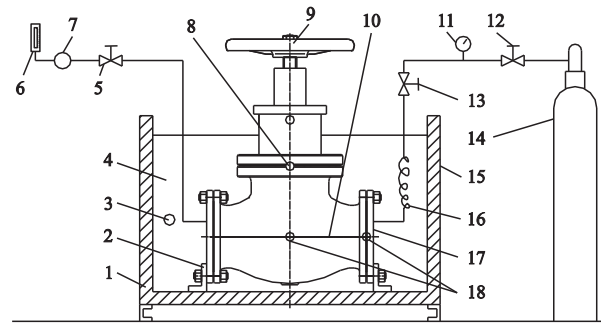
3.2 内部冷却法

内部冷却法 ,即通过阀腔内注入冷却介质的方式以达到所需试验温度来检测阀门性能的方法。EN 12567 标准规定阀门的寿命试验采用内部冷却法 ,试验装置见图 2。

尽管欧盟标准 EN 12567 规定的内部冷却法更符合 LNG 阀门的实际工况 ,但该标准规定的冷却介质可以为液化天然气 ,试验时的管路和阀门外部均需要包裹一层厚 160mm 以上的热绝缘材料 ,增加了

表 2 国内外标准关于液化天然气阀门检验内容的规定

标准号	产品检验项目
BS 6364 - 1984	①产品检验的试验装置 ②冷却介质的选择 ③动作性能和扭矩测试的要求 ④密封性能的要求 ⑤高压密封试验压力及压力增量的要求 ⑥密封泄漏率要求
EN12567 - 2000	①产品检验以及寿命试验的试验装置 ②冷却介质的选择 ③动作性能和扭矩测试的要求 ④密封性能的要求 ⑤高压密封试验压力的要求 ⑥密封泄漏率要求
ISO 28921: 1 - 2013	①产品检验的试验装置 ②冷却介质的选择 ③动作性能和扭矩测试的要求 ④密封性能的要求 ⑤高压密封试验压力及压力增量的要求 ⑥密封泄漏率要求
GB/T 24925 - 2010	①产品检验的试验装置 ②冷却介质的选择 ③动作性能和扭矩测试的要求 ④密封性能的要求 ⑤高压密封试验压力及压力增量的要求 ⑥密封泄漏率要求



1. 保温材料 2. 支架 3. 热电偶 4. 冷却介质 5. 下游隔离阀  
6. 流量计 7. 热电偶( 测氢气出口端温度) 8. 阀体处热电偶  
9. 试验阀门 10. 阀门内部热电偶 11. 压力表 12. 压力调节阀  
13. 上游隔离阀 14. 氢气瓶 15. 容器 16. 蛇形管 17. 法兰盲板  
18. 阀体或法兰盲板处热电偶( 可选)

图 1 外部冷却法 试验装置

实际操作时的困难。另一方面 ,由于液化天然气介质的特殊性 ,试验过程中对其安全性能的要求也很高。相比而言 ,外部冷却法更容易操作和控制 ,在液化天然气用阀门的出厂检验和试验中 ,该方法检验阀门的试验装置得到了广泛的使用 ,依据外部冷却

法制作的低温阀门试验装置已经发布行业标准 (JB/T 12003)。

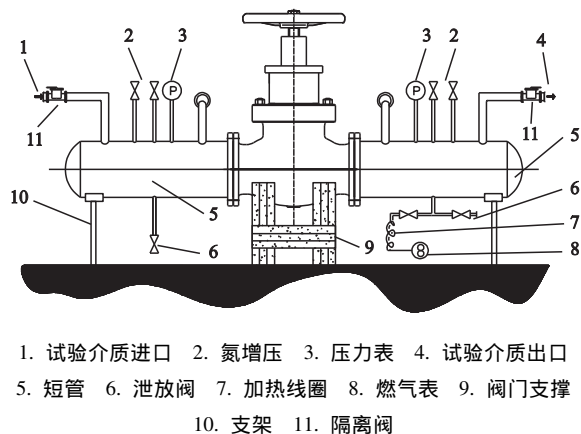


图2 内部冷却法试验装置

#### 4 对比分析

##### 4.1 检验内容

液化天然气阀门产品的出厂检验项目主要包括超低温状态下的动作性能和密封性能。BS 6364 标准、ISO 28921-2 标准和 GB/T 24925 标准对阀门产品冷却介质的选择、动作性能和扭矩测试要求、高压密封要求、高压密封试验的压力增量和阀座密封泄漏率要求等进行了规定。

##### (1) 冷却介质的选择

目前采用外部冷却法对液化天然气用阀门进行试验时,基本都选用液氮作为冷却介质。BS 6364 中规定,使用超低温试验应采用液氮对试验阀门进行冷却。ISO 28921-1 标准中规定,当试验温度达到  $-196^{\circ}\text{C}$  时,冷却介质应为液氮。温度高于  $-196^{\circ}\text{C}$  可选用其他冷却介质。EN 12567 标准中规定,当试验温度达到  $-196^{\circ}\text{C}$  时,冷却介质应为液氮。GB/T 24925 中规定,根据低温阀门的温度要求,低温试验冷却介质可以为液氮或液氮与酒精的混合液,当试验温度达到  $-196^{\circ}\text{C}$  时,冷却介质应为液氮。

##### (2) 动作性能和扭矩测试

BS 6364 标准中规定了在超低温试验温度下开启和关闭阀门 20 次,测量第 1 次和第 20 次的操作力。将阀门恢复到环境温度后,在阀门的公称压力下测量阀门的开关扭矩,并与超低温试验温度下的数值进行对比。ISO 28921-1 中规定,当达到超低温试验温度时,在 0.2 MPa 低压密封试验条件下,将阀门开关 5 次,测量第 1 次和第 5 次的开关力矩。然后,在高压密封试验时,达到最大允许工作压力之前,每一次升压稳定后,均测量并记录下阀门的开关

力矩。GB/T 24925 标准中规定,在试验温度和阀门的公称压力下,开关阀门 5 次进行动作试验,将阀门恢复到环境温度后,在阀门公称压力下测量阀门的开关扭矩。

液化天然气在超低温工况下的动作性能和扭矩是重要的性能指标。在超低温工况,用高压气体在最大允许压力的工况下进行开关阀门,实际上对阀座密封有一定的破坏性,我国标准未要求在高压、超低温工况下开关阀门。如何在超低温工况下测量阀门的开关力矩,是使用气体还是液体介质,有待研究。

##### (3) 高压密封要求

高压密封试验是检验液化天然气用阀门超低温工况下密封性能的重要指标,国内外标准关于高压密封试验压力的要求基本一致。BS 6364 中规定了高压密封试验压力为阀门的最大额定工作压力。ISO 28921-1 中规定了高压密封试验压力为最大允许工作压力。EN 12567 中规定,高压密封试验压力为额定工作压力。我国标准 GB/T 24925 中规定,阀门在低温下的高压密封试验压力为公称压力值。由于运行工况的不同,该压力值低于常温条件下的高压密封试验压力(即 1.1 倍最大允许工作压力)。

##### (4) 高压密封试验的压力增量

关于高压密封试验时的压力增量,国内外标准有一定的差异。BS 6364 标准中规定了高压密封试验升压的压力增量,不同的压力等级,压力增量数值不同,基本原则是压力越高,压力增量值要大一些。ISO 28921-1 标准中规定了高压密封试验压力的压力增量应分 4 次达到最大压力值。EN 12567 标准中对压力增量没有详细规定。GB/T 24925 中规定了在阀门进行高压密封试验时根据不同的压力等级,升压时的压力增量数值不一样。相比而言,我国标准与英国标准的规定相对合理。

##### (5) 阀座密封泄漏率要求

对于阀座的密封性能要求,EN 12567 标准对产品试验的密封泄漏率未作出明确规定,其他标准有规定。国内外主要标准关于阀座密封泄漏率要求见表 3。

我国标准 GB/T 24925 规定,在  $-196^{\circ}\text{C}$  试验条件下软密封阀门的阀座不允许泄漏,这个规定高于国外和国际标准。根据国内阀门产品的使用情况分析,在  $-196^{\circ}\text{C}$  的工况下低温阀门很难达到零泄漏。

今后我国标准可能需要进行相应的修订 ,才能满足实际需求。

表 3 阀座密封泄漏率要求

标准	闸阀、截止阀、 球阀和蝶阀泄	止回阀	备注
	漏率要求( mm <sup>3</sup> /s)	泄漏率要求 ( mm <sup>3</sup> /s)	
BS 6364 - 1984	100 × DN	200 × DN	软硬阀座密封 泄漏量要求一致
ISO 28921 - 1: 2013	50 × DN	250 × DN	软硬阀座密封 泄漏量要求一致
	( Class 1 500 以下) 100 × DN ( Class 1 500 )		
GB/T 24925 - 2010	100 × DN	200 × DN	软密封阀座不 允许泄漏
EN 12567 - 2000	分为四个泄漏等级	—	软硬阀座密封 泄漏量要求一致

4. 2 阀门的寿命试验

对于液化天然气用阀门的寿命试验 ,国内外目前还没有一个统一的认识。液化天然气阀门在低温状态下的寿命是很重要的。EN 12567 是最早规定了液化天然气阀门寿命试验要求的标准。标准 BS 6364 和 GB/T 24925 没有规定低温阀门寿命试验方面的内容。目前 ISO 正在制定的标准 ISO/DIS 28921 - 2 - 2014 征求意见稿中规定了低温阀门寿命试验内容。

( 1 ) EN 12567 中规定了阀门的低温寿命试验 ( 或者称为疲劳试验 ) 分 2 个等级。等级为 I 级的阀门寿命试验启闭循环 2 000 次 ,等级为 II 级的阀门寿命试验启闭循环 500 次。在开关循环过程中 ,要测量阀门的内部和外部的密封性以及超低温工况下的操作力矩。

( 2 ) ISO/DIS 28921 - 2 - 2014( 征求意见稿 ) 规定阀门寿命试验共进行 205 次循环。第 1 阶段为 10 次阀座在全压差下从全关位置到全开位置的循环试验。第 2 阶段为 180 次阀腔内最大允许工作压力 ,两端阀座不带压差下从全关位置到全开位置的循环试验。第 3 阶段为 10 次阀座在最大允许工作压力压差下的从全关位置到全开位置的循环试验 ,同时测量最后一次最大允许工作压力下阀座的密封性能和开启扭矩。3 个阶段完成后 ,对阀门再进行 5 次全开和全关动作循环试验。液化天然气阀门的寿命试验究竟应为多少次 ,是在最大允许工作压力下进行 ,还是在空载状态下进行 ,阀体的介质选择气体还是液体 ,这些需要进行深入的研究。

5 总结

由于液化天然气阀门应用的特殊性 ,在阀门研制和生产过程中 ,检验和试验内容可能还远不止这些 ,如对原材料的低温冲击试验值的要求、低温材料的深冷处理要求等。液化天然气用阀门的检验项目和试验标准对阀门的性能检验非常重要。加快制定液化天然气用阀门相关的技术标准和试验标准 ,对我国液化天然气领域阀门技术水平的提高将会有一定的推动作用。

参 考 文 献

[1] BS 6364 - 1984 ,低温阀门[S].  
[2] EN12567 - 2000 ,工业阀门—液化天然气用隔离阀 适用性验证试验规范[S].  
[3] ISO 28921 - 2013 ,工业阀门 低温隔离阀 第 1 部分: 设计、制造和产品试验[S].  
[4] GB/T 24925 - 2010 ,低温阀门技术条件[S].  
( 收稿日期: 2014. 05. 22 )

书 讯

《阀门和驱动装置技术手册》——本书由化学工业出版社 2010 年出版发行 , [英] Brian Nestitt 著 ,张清双、尹玉杰和李树勋等译。本书是一本详细介绍阀门及其应用的综合性技术手册 ,涵盖了流体基本理论、术语、阀门和驱动装置的类型和选用、材料、质量保证、测试、安装、维修以及阀门的选择、应用等。技术内容、数据均来自现场 ,切合实际 ,可帮助读者对阀门的选择和使用做出准确的、有依据的决定 ,从而大节约生产成本。本书适用于阀门制造、安装、使用、维修等工程技术人员学习、查阅和参考。书号: ISBN 978 - 7 - 122 - 06786 - 9 ,定价 118.00 元。

每册加收书价 10% 的邮寄包装费 ,需要者 ,请与沈阳经济技术开发区开发大路 15 号沈阳阀门研究所科技开发信息中心的尹玉杰联系 ,邮编: 110142 ,电话: 024 - 25653780。

E - mail: fam2011@ 126. com      http: //www. chinavalveinfo. net