

文章编号: 1002-5855(2015)02-0001-03

液化天然气用上装式固定球阀的研究

张清双¹ 蒋 波² 王四方³ 茅博崑¹

(1. 江苏神通阀门股份有限公司 江苏 启东 226232; 2. 温州丰然阀门有限公司 浙江 温州 325105;

3. 上海欧鑫企业管理有限公司 上海 201800)

摘要 分析了液化天然气接收站上装式球阀的结构特性,介绍了波纹管密封上装式固定球阀的结构性能及装配过程和安装要求。

关键词 球阀;液化天然气;低温阀门;上装式;自动泄压;波纹管密封

中图分类号: TH134

文献标志码: A

Study of Top – Entry Trunnion – Mounted Ball Valves for LNG

ZHANG Qing-shuang¹ JIANG Bo² WANG Si-fang³ MAO Bo-wei¹

(1. Jiangsu Shentong Valve Co., Ltd, Qidong 226232, China; 2. Wenzhou Fengran Valve Co., Ltd, Wenzhou 325105, China;

3. Shanghai OCEAN Management Co., Ltd, Shanghai 201800, China)

Abstract: It analyzed the structural features of the top entry ball valve used at LNG receiving station, introduced the structural features, assembly procedure and mounting requirement of the bellows – sealed top – entry trunnion mounted ball valve.

Key words: ball valve; LNG; cryogenic valve; top entry; self – relieving; bellows – sealed

1 概述

液化天然气(LNG)是储存和运输时所采用的一种独特物态,有利于天然气的远距离运输。经LNG接收站进行储存及气化后进入城市天然气管网系统。球阀具有安装空间小、启闭迅速、密封可靠的优点,因此LNG接收站的罐区普遍采用球阀。为了避免因管道交变温度应力对阀门密封的影响,普遍采用上装式球阀。为了减少阀门的操作转矩,各接收站通常规定公称尺寸 \geq NPS 4的上装式球阀选用固定式结构。

2 结构分析

2.1 外置调节棒

外置调节棒上装式球阀(图1)阀座设有2~4个外置水平方向的调节棒,通过调节阀座的位移实现阀门的装配。该结构增加了阀门的外泄漏点,使阀门存在潜在的外泄漏风险,因此不适用于LNG工况。

2.2 内置调节棒

内置调节棒上装式固定球阀(图2)的每个阀

座靠2个内置垂直方向的调节棒调节阀座位移,实现阀门的装配。这种结构减少了阀门潜在的外泄漏点。由于受结构长度及调节棒尺寸、材料等因素的影响,该种结构只能适用于小口径(\leq NPS 6)上装式球阀。



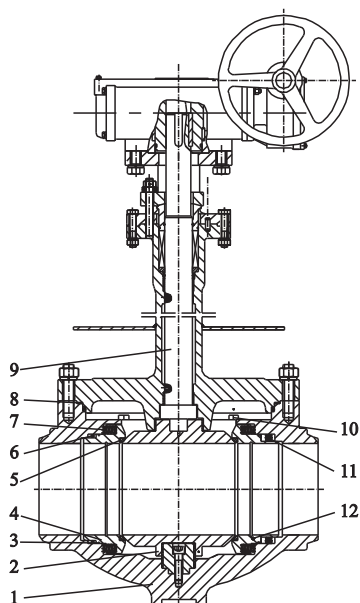
图1 外置调节棒上装式固定球阀

2.3 螺纹阀座

螺纹阀座的上装式固定球阀(图3)的阀座前端有径向螺纹,通过螺纹调节圈旋合调节阀座位移,实现阀门的装配。该结构也避免了潜在的外泄漏风险,但由于受螺纹加工精度及长期使用螺纹失效等

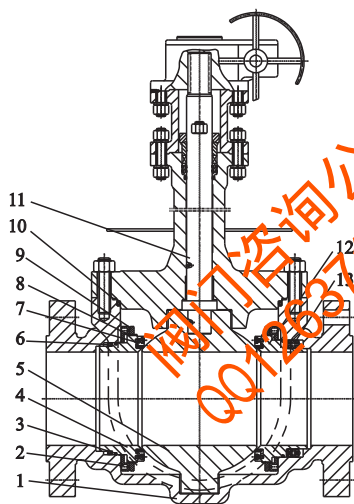
作者简介:张清双(1971-)男,吉林长春人,工程师,从事阀门产品开发和技术管理工作。

因素的影响,这种结构尽管在各 LNG 接收站普遍采用,但其潜在的失效模式不可避免。



1. 阀体 2. 球体 3. 防火圈 4. SPE 阀座 5. 密封圈 6、11. Lip-seal 密封圈 7. 弹簧 8. 垫片 9. 阀杆 10. 调节棒 12. DPE 阀座

图 2 内置调节棒上装式固定球阀



1. 阀体 2. 弹簧 3. 防火圈 4. SPE 阀座 5. 球体
6、13. Lip-seal 密封圈 7. 密封圈 8. 弹簧座 9. 螺纹调节圈
10. 垫片 11. 阀杆 12. DPE 阀座

图 3 螺纹阀座上装式固定球阀

2.4 波纹管密封

外置调节棒、内置调节棒及螺纹阀座上装式固定球阀的阀体和阀座之间由于采用 Lip-seal 密封圈,该密封圈对于配合尺寸精度及表面粗糙度要求高,在深冷工况下有诸多不确定因素,阀门会产生内漏。波纹管密封上装式固定球阀(图 4)解决了上

装式结构的局限性、不可靠性以及阀门的内漏问题。

波纹管密封上装式固定球阀采用螺纹导向套结构。波纹管一端和阀座焊接,另一端和阀座螺纹导向套焊接。导向套的端面设有螺纹孔,阀座法兰上设有光孔,靠 2~3 个内六角螺钉调整阀座的位置,实现球体从上面装入阀体。

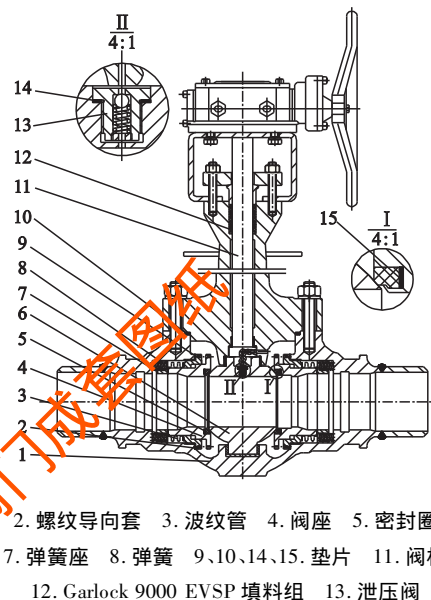


图 4 螺纹导向套结构波纹管密封上装式固定球阀

上装式固定球阀中腔容留的介质因温度升高而导致 LNG 汽化。异常升压时,有可能导致阀门承压边界的失效,因此相关 LNG 阀门的产品技术要求及标准均规定其中腔具有自泄压功能。目前现有产品基本是通过阀座前后的面积差或 Lip-seal 密封圈实现。对于 DIB-2 结构阀门,通过面积差实现,通常一个阀座设计为单活塞效应(SPE,或称为自泄放阀座),另一个阀座设计为双活塞效应(DPE)。通过 Lip-seal 密封圈实现,单活塞效应阀座安装 1 个泛塞,而双活塞效应阀座则安装 2 个背靠背的泛塞。

为确保阀门能自动泄压,球体上装有自动泄压阀。泄压阀的设定压力为壳体材料在 38℃ 时压力额定值的 1.1~1.33 倍,而泄压阀的回座压力不低于壳体材料在 38℃ 时压力额定值的 1.05 倍。当中腔压力达到设定压力时,阀门即可实现自泄压功能。阀体上的箭头方向指向泄压端方向。可根据工艺要求,按箭头指向安装阀门,将泄压端安装到工艺要求的泄压方向,确保装置安全运行。

LNG 接收站用上装式固定球阀密封圈一般采用 PCTFE。由于 PCTFE 在低温下易收缩并变

硬,因而该部位存在密封失效的风险。针对这一问题,在密封圈和阀座之间加柔性石墨垫进行密封。柔性石墨在低温下渗透系数小,热膨胀率低,在低温下仍保持较好的弹性,因此可确保阀座和密封圈的密封。

现有的 LNG 接收站上装式固定球阀的阀杆密封均采用矩形截面填料,通过活载荷弥补填料压缩使用过程中因磨损而带来的填料作用力的减小,但并未彻底解决问题。通过对填料的受力分析发现,阀杆密封是靠径向力实现的,大量的试验及工程实践已证明,随着填料函深度的增加,填料径向密封力呈递减趋势(图 5),趋于下层的填料密封性能较差,整个填料组并没有完全实现密封功能。

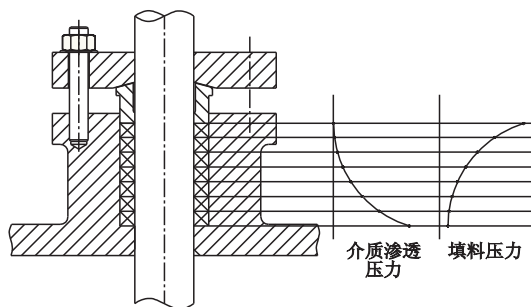
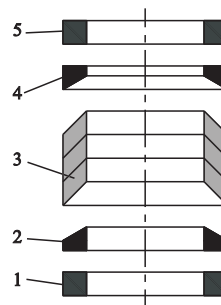


图 5 填料的受力分析

针对这一问题,采用 Garlock 9000 EVSP 填料组(图 6)。该填料组两端为 2 个编织环,起到消除填料挤出与密封的作用,中间自上而下为 1 个 30° 高密度凹面适配环,3 个 45° 低密度碟形密封环,1 个 30° 高密度凸面适配环。当填料压紧压上端编织填料时,上端编织填料将载荷传递给 30° 高密度凹面适配环,30° 高密度凹面适配环将载荷传递至 45° 碟形密封环上,密封环外径径向膨胀以密封填料函壁,内径径向膨胀以密封阀杆。低密度石墨会填充阀杆上最细小的缺陷并且在密封环上形成一个石墨层,以利于密封。相比传统矩形截面填料,杯锥形设计允许多次调节,并使填料组均实现密封。

3 安装要求

在一些 LNG 接收站上,发现多台低温阀门将阀杆处于水平方向安装。从图 7 中可以看出填料部位已经结冰,该阀门的填料已经失去密封作用,并且由于冻结,阀门已经很难实现启闭。文献[6]规定了低温阀门的安装方法,对于壳体装有保温冷箱结构的阀门,其阀杆轴线与水平方向的夹角不应小于 45°,对于阀门壳体没有保温冷箱的结构,其阀杆轴线与水平方向的夹角不应小于 15°。



1.5. 编织端环 2. 30°凹面适配环
3. 45°凹面/凸面中心环 4. 凹面适配环
图 6 填料组(Garlock 9000 EVSP)



1. 填料函外部(结冰) 2. 阀门 3. 阀门壳体冷箱
图 7 某 LNG 接收站低温阀门

4 结语

LNG 深冷上装式固定球阀由于其低温工况,其结构设计应分析其介质的特殊性,使阀门球体既能实现从上面装入阀体,便于操作及可靠运行,又要保证阀座和阀体之间及密封圈和阀座之间的有效密封,避免阀门产生内漏影响装置安全运行。由于阀门的介质为 LNG,当阀门关闭时必须有效隔离介质。另一方面,低温阀门在管道上的安装也应引起注意,应按照产品的相关标准或使用要求安装阀门。以确保装置的安全运行,减少对环境的污染及危害。

参 考 文 献

- [1] 顾安忠. 液化天然气手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [2] 张清双. 阀门手册: 选型[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [3] 张清双. LNG 用隔离阀适用性验证试验规范的分析—EN 12567 标准的解读[J]. 阀门, 2013(2).
- [4] MESC SPE 77/200 - 2013, VALVES IN LOW TEMPERATURE AND CRYOGENIC SERVICES [S].
- [5] API SPEC 6D - 2014, Specification for Pipeline and Piping Valves [S].
- [6] ISO 28921 - 1: 2013, Industrial valves - Isolating valves for low - temperature applications - Part 1: Design, manufacturing and production testing [S].
- [7] 张清双. 一种上装式深冷球阀: 中国, ZL201320297657. X [P]. 2013 - 12 - 04.

(收稿日期: 2014. 07. 15)