

文章编号: 1002-5855(2015) 05-0038-02

液化天然气用低温球阀的选用

宋 亮¹, 王 秀¹, 程红晖²

(1. 中国寰球工程公司, 北京 100012; 2. 合肥通用机械研究院, 安徽 合肥 230031)

摘要 介绍了不同液化天然气系统中低温球阀的设计选型方案, 分析各种方案的异同, 提出了低温球阀设计选用方案的优化建议。

关键词 低温球阀; 对比和优化; 液化天然气; 阀门结构形式

中图分类号: TH134

文献标志码: A

Comparison and Optimization for Cryogenic Ball Valve Used in LNG Projects

SONG Liang¹, WANG Xiu¹, CHENG Honghui²

(1. China Huanqiu Contracting & Engineering Corp., Beijing 100012, China;

2. Hefei General Machinery Research Institute, Hefei 230031, China)

Abstract: This article introduces design selection plan for cryogenic ball valve used in different LNG system, differences among design plans have been analyzed. Suggestions on optimization for valve selection have been given.

Key words: cryogenic ball valve; comparison and optimization; LNG; valve structure

1 概述

天然气在能源构成中所占的比例日益提高。液化天然气(LNG)的体积仅为其气态时体积的 1/600, 质量仅约为同体积水的 45%, 其运输成本低于天然气的运输成本。LNG 有助于实现能源供应多元化、保障能源安全, 促进国民经济发展。球阀由于其具有流阻低、流量系数 C_v 值高、关断速度快等特点, 在 LNG 系统中大量使用。

2 结构特点

球阀只需用旋转 90°的操作和很小的转动力矩就能关闭严密, 因此球阀适宜做开关和截断阀使用。一般情况下, 作为截断功能的阀门有闸阀、球阀和蝶阀等。不考虑特殊情况, 球阀具有可靠性高、适用性强等特点(表 1)。

表 1 不同类型阀门性能

阀门类型	闸阀	球阀	蝶阀
流阻	中	低	高
流量系数 C_v	中	高	低
开关速度	慢	快	快
最高使用压力	高	中	低
质量	重	中	轻

作者简介: 宋亮(1979-)男, 高级工程师, 从事阀门设计工作。

3 选用

LNG 用低温球阀有锻钢球阀(NPS 1/2 ~ 1¹/₂)和铸钢球阀(\geq NPS 2)。阀体采用一体顶装式。分体式球阀在阀体中间有法兰连接, 法兰在整个管线中既要承受介质内压作用, 又要承受来自管系的弯矩和管线收缩的拉力(冷缩效应), 不同于通常的管线膨胀产生的推力, 冷态介质导致此处承受的不是推力而是拉力, 所以分体式阀体的连接法兰形成了一个薄弱点。分体式球阀在价格上可能存在优势, 但是分体式球阀选用时需要同时考虑管道设计、工艺要求、应力分析等因素, 不但增加设计难度, 而且增加装置的危险系数。如果经济因素占主导, 分体式球阀应放置在管线中非应力集中的位置, 在相应安全措施及应力计算的配合下才可应用。EN 1473 明确提出, 低温工况不推荐使用分体式阀体。承插焊和法兰连接的锻钢球阀需要进一步进行经济对比, 价格上会有优势。但某些规范上禁止在低温管线采用承插焊接, 选用时需要慎重。由于 LNG 为易燃介质, 阀门需要设置防火和防静电结构。

3.1 锻钢球阀

根据锻钢球阀阀体端连接方式、密封要求和限

定的压力级等条件,将设计选用方案分为 4 种(表 2)。方案一和方案二是焊接连接的阀体,其最低压力等级选用 150 磅级。方案三和方案四选用法兰连接,其最低压力等级选用 300 磅级。这种提高磅级的目的主要是考虑管道系统在低温状态下产生冷缩和弯矩时,低磅级的法兰无法满足应力计算的要求造成的。对于最高阀门磅级的选择,按照最高管线等级进行选取,对于 900 磅级的管线,考虑到小口径在 900 磅级时没有对应的法兰尺寸,选择了升高磅级的处理方式。

表 2 NPS 1/2 ~ 1 1/2 锻钢球阀设计条件

方案	方案一		方案二		方案三		方案四	
阀门设计	API 6D /BS 6364		ISO 17292 /BS 6364		ISO 17292 /BS 6364		API 6D/B16.34 /BS 6364	
管线等级 /磅级	150	1 500	150	1 500	150	1 500	150	900
阀体端连接	SW	SW	BW	BW	法兰	法兰	法兰	法兰
袖管/mm	100		100		NA		NA	
阀体压力 /磅级	800	1 500	150	1 500	300	1 500	300	1 500
球体类型	浮动球		浮动球		浮动球/ 固定球		浮动球/ 固定球	
密封	双向		单向		单向/双向		(未要求)	
阀体/ 盖材料	A182 F316L		A182 F304 /304L		Cast/ Forge S. S. 304/304L		A182 F304/204L 或 A351 CF3	
球体材料	F316		F316		304L		F304	
阀座材料	KEL-F		KEL-F		软密封		软密封	
阀杆材料	A276 316		F316		(未要求)		Monel K500	
泄压结构	向高压侧		向高压侧		中腔泄放		向上游泄放	
防火设计	API 607/ BS6755		API 607		ISO 10497		API 607/ ISO 10497	

(1) 阀门设计。阀门设计选用的标准是阀门常用的设计标准,如 API 6D、ISO 17292 和 ASME B16.34 等。对于低温测试要求参照 BS 6364。

(2) 管线等级。管线等级是阀门磅级选用的依据,由管线系统的温度、压力和选材确定,一般情况下,阀门的磅级与管线等级一致。

(3) 阀体端连接。LNG 系统采用法兰连接的阀门时,在很多法兰处都需要配备 LNG 收集盘,回收法兰处泄漏的 LNG 到回收系统,增加了系统投资成本。从更换维修方面分析,法兰式阀门不易于维修。如果大量采用法兰阀门,会导致泄漏点增多,安全隐患增加。采用对焊连接的阀门易于防止泄漏和维修。但全部对焊连接时,不利于施工阶段的吹扫及试压工作。

(4) 袖管。焊接阀门都配有 100mm 的袖管,以防施工焊接时破坏软密封阀座。

(5) 阀门压力。承插焊阀门的最低压力选用了 800 磅级,其余磅级均随管线等级。法兰阀门有升磅级的考虑。

(6) 球体类型。球体可选用浮动球或固定球。方案一和方案二明确使用浮动球,方案三和方案四即接受浮动球又接受固定球。从价格上分析,浮动球低温球阀比固定球低温球阀有很大优势。

(7) 密封。4 种方案在密封方向上都做了要求。但是如果低温球阀考虑阀腔泄压的设计,则密封方向是单向的。

(8) 材料。阀体/盖材料选用奥氏体不锈钢锻件。球体材料选用奥氏体性能不低于阀体/盖的材料。阀座选用软密封材料,软密封阀座在低温球阀的设计中为首选考虑。阀杆采用奥氏体不锈钢材料或者是 Monel 合金。

(9) 泄压结构。几种方案明确要求有泄压结构,但对泄压方向要求不同,其中向高压侧泄压可以保护阀门截断后需要检修的管线。对于泄压结构建议在尺寸较小的阀门中采用球体打孔的方式,避免由于面积差太小导致泄压阀座无法正常开启。

3.2 铸钢球阀

铸钢球阀的四种方案(表 3)中,阀体端全部选用对焊连接,袖管均为 100mm,减少了泄漏点,增加安全性。阀门磅级没做升级处理,球体采用固定球。

表 3 等于大于 NPS2 铸钢球阀设计条件

方案	方案一		方案二		方案三		方案四	
阀门设计	API 6D/ BS 6364		API 6D/ BS 6364		ISO 17292 /BS 6364		API 6D/B16.34/ BS 6364	
管线等级 /磅级	150	1 500	150	1 500	150	1 500	150	900
阀体压力 /磅级	150	150	150	1 500	150	1 500	150	900
密封	双向		单向		双向		(未要求)	
阀体/ 盖材料	A351 CF3M (316L)		A351 CF3 /CF8		Cast/ Forge S. S. 304/304L		A351 CF3	
阀球材料	F316		F316		304L		304	
阀座材料	KEL-F		KEL-F		软密封		软密封	
阀杆材料	A276 316		F316		(未要求)		Monel K500	
泄压结构	向高压侧		向高压侧		中腔泄放		向上游泄放	
防火设计	API 607/ BS 6755		API 607		ISO 10497		API 607/ ISO 10497	

(下转第 43 页)

3.1 量化力矩值

与供应商澄清电动装置力矩值,并固化指导性文件,现场在运行过程中严格执行。

(1) J961Y160 - DN32/40 填料紧固力矩允许调整范围为 $13.3 \sim 17.5 \text{ N} \cdot \text{m}$,电动装置调定力矩允许调整范围为 $32.4 \sim 48.6 \text{ N} \cdot \text{m}$ (额定力矩 $81 \text{ N} \cdot \text{m}$ 的 $40\% \sim 60\%$)。

(2) J961Y160 - DN50/65 填料紧固力矩允许调整范围为 $15.4 \sim 20.3 \text{ N} \cdot \text{m}$,电装调定力矩允许调整范围为 $70.2 \sim 81 \text{ N} \cdot \text{m}$ (额定力矩 $108 \text{ N} \cdot \text{m}$ 的 $65\% \sim 75\%$)。

3.2 优化结构

(1) 调整电动装置与阀杆的连接方式,新的结构将采用导向键连接(图4),阀杆只升降不旋转。仅需将阀门上部支架、阀杆、阀杆螺母等进行改造或更换,支架上部接盘处增加注润滑油嘴,该改造可以在线实施。

(2) 新结构的阀门送到第3方泵阀产品质量监督检验中心进行1500次带压寿命试验,结果合格。

(3) 在同型号阀门的运行维护手册、图纸中重新核实并明确填料压盖螺栓拧紧力矩值及范围,并增加对电动装置力矩设置、调整范围的详细描述。

3.3 排查及处理

(1) 对不同核电站项目同类阀门进行全面排查,共排查出14台问题阀门。型号分别为 J961Y150 - 32/40P、J961Y150 - 50/65P、J961Y50 - 40/50P,阀杆与电动装置连接结构均为旧方式。

(2) 针对以上类型阀门全部实施优化改进,规范文件,优化阀门结构。

3.4 处理结果

阀杆扭曲事件按上述措施处理后,目前该核电站有多台机组已商运或具备商运条件,改造后的同型号阀门使用效果良好。并且其他型号的阀门出现类似问题时,借鉴同样处理方式,进行结构改造后,均使用良好。

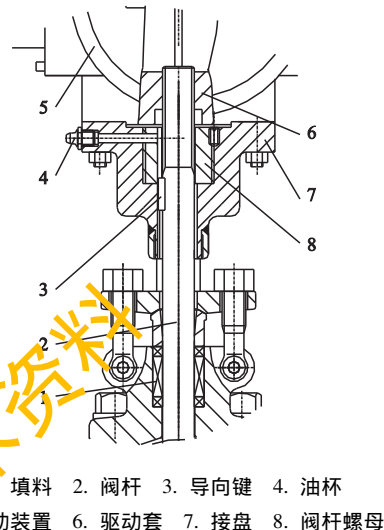


图3 导向键式连接结构

4 结语

对于 CPR1000 核电站电动截止阀,建议电动装置与阀杆连接采用导向键的结构,使阀杆只升降不旋转。该结论为实践中的经验,可参考相应分析方法处理项目上阀门相应问题,设计及制造同类型阀门。

参考文献

- [1] GB/T 1220 - 2007 不锈钢棒[S].
- [2] 杨源泉. 阀门设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.

(收稿日期: 2015.03.15)

(上接第39页)

4 结语

通过分析,应用于 LNG 系统的低温球阀其与管线连接端推荐使用焊接结构,以减少泄漏点。除试压和分界等需要外,法兰连接方式的阀门宜严格受控。阀体推荐使用一体顶装式结构,减少由于管系冷缩效应导致的阀体连接法兰泄漏。阀座采用软密封,并且要求有中空泄压功能。阀门主要部件推荐选用奥氏体不锈钢材料。设计选用过程中,可以根据工况条件和管系材料,选用阀门各结构件的材料。为保证阀门质量,应建立详尽可靠的测试规范。

参考文献

- [1] 宋亮. 液化天然气用深冷阀门的选用[J]. 中国石油和化工, 2012 (2).
- [2] ASME B16.34 - 2013 法兰、螺纹和焊接连接的阀门[S].
- [3] API 6D - 2008 管线阀门规范[S].
- [4] EN 1473 - 2007 Installation and equipment for liquefied natural gas - Design of onshore installations[S].
- [5] BS 6364 - 1985 Specification for Valves for cryogenic service[S].
- [6] API 607 - 2010 转 1/4 圈软阀座阀门的耐火试验[S].
- [7] ISO 10497 - 2004 阀门耐火试验要求[S].

(收稿日期: 2014.11.24)