

进口阀门配件国产化在LNG装车平台的应用

毛宗学¹ 王 森² 杨庆威³ 王敏娟⁴

1, 2, 3, 4. 陕西液化天然气投资发展有限公司 陕西杨凌 712100

摘要: 阀门市场容量巨大, 而且杨凌LNG工厂装置使用的深冷阀门居多, 多数是进口, 关键技术控制在外国品牌手中, 这成为制约企业高质量发展的重大技术瓶颈之一。通过介绍杨凌LNG工厂装车平台的工艺流程及进口低温球阀出现泄漏的情况, 对阀门泄露问题进行了分析。进口阀门更换或维修, 采购周期长、采购或维修成本高、售后服务跟不上。故对此进口阀门开展国产化维修, 打破单一来源、国外封锁的壁垒, 节约公司采购成本, 缩短采购周期, 切实起到了降本增效的作用。

关键词: 装车平台; 维修; 进口阀门

一、概述

在LNG槽车的充装过程中, 泄漏是主要的安全风险。在泄漏初发阶段, 快速切断泄漏管线的物料来源, 能够有效地控制泄漏事故。阀门是LNG装运系统中的控制部件, 具有截止、调节、导流、防止逆流、泄压等功能, 在LNG装车操作起着至关重要的作用。

二、LNG装车平台存在的风险

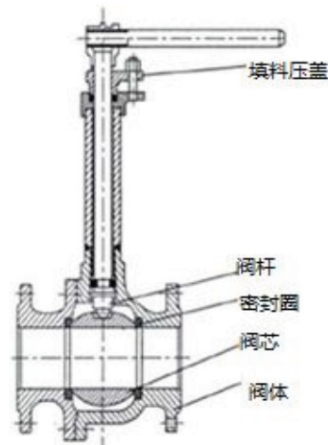
LNG即液化天然气的英文缩写, 主要成分为甲烷。LNG是通过在常压下气态的天然气冷却至 -162°C , 凝结成液体, 具有易燃易爆等特性。在装车时, LNG经罐内泵升压至 0.65Mpa , 30085Kg/h 输送至装车站, 由10台装车臂给外输槽车充装。由于LNG低温特性, 在充装过程中, 管线的金属部件会出现明显收缩, 管道系统有泄漏的安全风险。LNG临界温度 -82.3°C , 当LNG大量泄漏后遇到空气最初会猛烈沸腾, 随后迅速汽化, 达到原体积的600倍。其与空气中水蒸气结合, 形成白色蒸汽云, 形成爆炸性混合物, 易燃、易爆; LNG接触皮肤时, 可造低温灼伤, 过度吸入后还会造成窒息; 当LNG车辆发生持续泄漏, 罐内LNG与空气接触后迅速气化, 导致罐压持续上升, 从而发生物理爆炸。

三、低温切断阀的国产化改造

1. 国产化改造背景

杨凌LNG工厂装车平台进口装车撬共计4台, 8条臂, 阀门品牌为艾默生, 平均每3年换一次密封圈, 但厂家无法进行单一备件更换及维修, 必须整阀更换, 这样做成本也高、周期也长、影响装车。

加液臂切断阀突然出现泄漏, 加完液后不能完全密封, 出现LNG外漏, 需要抢修处理, 否则出安全事故。此阀门为超低温球阀, 具有密封性好、可靠性高、流体阻力小, 阀体内通道平整, 寿命长, 开关迅速等优点, 超低温球阀结构一般如图所示:



针对如此特殊工况及阀门自身结构的缺陷, 经勘察现场、整理分析数据, 探索出切实可行的处理密封工艺方案; 对阀门介质温度、压力及阀门材质等进行细致研究, 对密封阀座制作到结构的选型分析, 然后制定出重新加工密封阀座工艺, 并严格按照工艺流程执行, 成功解决了该难题。

2. 国产化改造方案

(1) 泄漏原因分析

阀门产生内漏主要原因是密封性能降低导致, 通过此阀门的结构进行分析, 低温对于密封性的干扰主要分为以下几种^[1]:

①非金属密封副。在常温下球阀一般采用金属对非金属密封副。采用此类材料的原因是因为本身的弹性非常高, 其获取密封需要的比压不是很大, 所以密封

作者简介: 毛宗学, 男, 汉族, 1969.11, 重庆, 硕士, 无职称, 研究方向: 设备制造与机械; 邮箱: 121804777@360qq.com

性比较好。然而在低温环境中，此材料的膨胀性较高，会引起它在低温的时候收缩性和金属等材质有着较高的差别，导致密封性变差，难以实现密封的效果。

②金属密封副。当处在低温环境中，金属物质的强度及硬度增强，相反其塑性及韧性性能等变弱，这种情况下就会差不多产生冷脆现象，从而影响了阀门密封性。所以金属密封副在设计时，为了避免这种问题，根据温度的不同，采用不同的材料^[2]。

③密封副质量。密封副质量主要表现在表面的加工质量和表面粗糙度。提高圆度，降低粗糙度能有效减小在阀门开启关闭过程中的扭矩，可以提高阀门的使用寿命，也能提高阀门的密封性能。

④阀杆填料。在低温环境下一般选用的填料函密封结构和波纹管密封结构。波纹管结构经常用于介质不允许微量泄漏和不适宜填料的场合，再加上单层结构的波纹管结构寿命较短，而多层成本又过高，所以实际生产中应用较少。填料函的密封结构相对波纹管来说比较有优势，填料函的密封结构制作简单、维护难度小，所以应用相对较广泛。

⑤中法兰垫片。垫片一般用于阀门的外部连接，无论是阀门的中法兰密封还是法兰连接式阀门均采用垫片的形式。在低温条件下，垫片材料会产生硬化、也会降低其塑性，因此在低温环境中对阀门的垫片要求更加严格，必须在常温、低温及温度变化下具有可靠的密封性和复原性，应综合考虑低温对垫片密封性能的影响。依据常用垫片密封形式（图2）可知，螺栓长度、密封垫片和法兰的厚度随着温度的降低而逐渐收缩变小，为了保证低温下垫片的可靠密封，须满足 $\Delta HT + \Delta HT3 - \Delta HT1 - \Delta H1 < 0$ 。

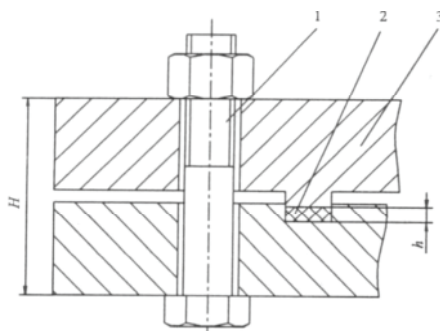


图2 垫片密封结构

(1.螺栓 2.密封垫片 3.法兰)

式中：

ΔHT ——密封垫片在 ΔT 温区内的收缩量，mm

$\Delta HT = h \alpha 2 \Delta T$

$\Delta H1$ ——螺栓装配时的拉伸变形量，mm

$\Delta H1 = \sigma 1 / E1 H$

$\Delta HT1$ ——在 ΔT 的温区间螺栓的收缩量，mm

$\Delta HT1 = H \alpha 1 \Delta T$

$\Delta HT3$ ——上、下法兰在 ΔT 温区内的收缩量，mm

$\Delta HT3 = (H - h) \alpha 3 \Delta T1$

$\sigma 1$ ——螺栓预紧力，N/mm

$E1$ ——螺栓的弹性模量，N/mm

$\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\alpha 3$ ——分别为螺栓、垫片和法兰材料的线膨胀系数，mm/m

H 、 h ——如图2所示，mm

从常温到达设计工作低温时，垫片密封的上下法兰的收缩量与密封垫片的收缩量之和必须不大于螺栓的收缩量与螺栓装配时的拉伸变形量之和，这样才能保证密封垫片在工作温度时仍有部分预紧力存在，保证垫片的密封能力^[3]。

综上所述，所以在设计时应从四个方面考虑：1.法兰可采用线膨胀系数较小的材料，以此来减小 $\Delta HT3$ ；2.螺栓可采用线膨胀系数较大的材料，使得其在低温下有较大的收缩量；3.增加螺栓的拉伸变形量；4.减小密封垫片的厚度，用线膨胀系数小的材料作密封垫。

(2) 国产化改造过程

球阀密封副的质量主要表现为球体的圆度和球体与阀座密封面的表面粗糙度。球体的圆度影响球体与阀座的吻合度。如果吻合度高，则增加流体沿密封面运动的阻力，从而提高密封性。密封副质量除了影响密封性外，还直接影响球阀的使用寿命，因此，制造时必须提高密封副质量。

超低温球阀普遍采用PCTFE密封圈，PCTFE在低温下其线膨胀系数远高于金属，因此在低温下PCTFE密封圈会因收缩而使尺寸变小，其结果是导致与球体的密封比压降低及其与阀座间产生泄漏通道。因此设计时需考虑PCTFE密封圈低温下尺寸收缩的影响，工艺上还要采用冷装配工艺^[4]。

对于阀杆密封采用泛塞封，泛塞密封圈是一种唇形用于往复运动的单向密封元件。它既可用于液压缸的孔内壁圆孔面密封，称之为孔用密封件，又可密封活塞杆外圆柱面，又称轴用密封件。在防火设计方面，填料函部位采用唇形密封圈和石墨填料的双道密封，发生火灾时，唇形密封圈熔化失效，石墨填料起主要密封作用防止火灾继续蔓延。

(3) 密封性能测试

在常温及阀门公称压力下，使用氮气或空气做初始检测试验，确保阀门在合适的条件下试验。将阀门浸入

液氮中冷却至阀门低温试验温度，其水平面盖住阀门与阀盖连接部位上端。试验温度跟阀门的设计温度温度相一致，浸泡阀门直到各处的温度稳定为止，热电偶温度变化在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内；在试验温度下，按照阀座密封性能最大允许测试值 1.5MPa，测试压力增量值 1.5MPa，在试验温度和阀门的公称压力下，开关阀门 5 次做低温操作性能试验，按正常流向做阀门密封测试，用流量计测试泄漏量时，泄漏量符合填料密封 900S 无可见泄漏，垫片密封 900S 无可见泄漏，密封性能 900S 无可见泄漏，关闭阀门出口端，按照正常流向向阀体加压至密封试验压力，保持 15min。检查阀体和阀盖连接处无泄漏，测试合格。

密封性能测试表

	耐压及填料 密封性能测试	泄漏量试验
实验介质	水	空气
实验压力	1.5MPa	1.5MPa
保持时间	900S	900S
允许泄漏量	无泄漏	VI
实际泄漏量	无泄漏	VI
实验结果	合格	合格

四、结语

1. 经过此次国产化的维修改造，目前投用状况良好，相比于更换整阀价格此次解决泄露问题节约成本 88%。

根据更换周期计算，平均每年节约成本近 20 万元。在进口阀门配件国产化技术方面开创了先河，打破了技术壁垒。

2. 抓住此次进口阀门配件国产化的契机，充分挖掘杨凌 LNG 工厂设备的内在潜力，可更广泛地推广应用，对推动 LN 该行业技术水平具有重要意义，可大大降低投资，节约外汇，提高产业竞争力。

3. 《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》提出，要加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局。当前发展深冷阀门配件及深冷阀门的国产化正当其时，也是突破技术瓶颈的有利契机，更是企业实现创新性发展的实际需要。

参考文献：

- [1] 孙银辉，煤化工进口阀门国产化展望[J]，内蒙古，包头 2015.1：49-53.
- [2] 付源，低温阀门密封性能研究[J]，机械工程师，2016（03）：199-200.
- [3] 单思宇，赵庆轩等，液化天然气超低温球阀的密封技术研究综述[J]，化工设备与管理，2017（12）：38-42.
- [4] 宋亮，王秀，程红辉，液化天然气用低温球阀的选用[J]，阀门，2015（5）：38-39，43.