

文章编号: 1000-8241(2016)02-0162-05

# 西气东输三线国产大口径阀门内漏分析与控制

王博韬

中国石油西部管道公司

**摘要:** 国产大口径阀门在西气东输三线工程中得到大量应用,但阀门“跑、冒、滴、漏”现象时有发生,给管道运行和维检修带来重大安全隐患。油气管道工程建设中,阀门内漏控制是工程质量管理的关键。以阀门解体试验为基础,结合数据统计分析,考虑地理位置和自然环境等因素,从阀门本体结构、质量检验和施工管理等环节入手,查找出阀门内漏的2个通道。针对内漏具体情况和严重程度,制定出堵塞2个内漏通道的具体措施,明确了阀门在设计、制造、检验、运输和维护保养各环节的注意事项,有效控制阀门内漏,使工程质量得以提升。(图3,参10)

**关键词:** 管道工程; 阀门内漏; 原因分析; 控制措施

中图分类号: TE88

文献标识码: A

doi: 10.6047/j.issn.1000-8241.2016.02.009

## Analysis and control for internal leakage of domestic large-diameter valve used in the 3rd West-to-East Gas Pipeline

WANG Botao

PetroChina West Pipeline Company

**Abstract:** The domestic large-diameter valves have been widely used in the 3rd West-to-East Gas Pipeline. However, valve blowing, puffing, dripping and leakage occur frequently, heavily threatening the pipeline operation and maintenance. For oil and gas pipeline engineering constructions, control of valve internal leakage is a top priority in engineering quality control. In this paper, two internal leakage paths of valves are identified in terms of their body structures, quality inspection and construction management on the basis of data statistics and analysis, as well as geographic locations and natural environments, after disassembly experiments are performed on the valves. Considering the specific situations and degrees of the internal leakage, the plugging measures for the two internal leakage paths are made out. Moreover, the considerations are confirmed for the design, production, inspection, transportation and maintenance of valves. In this way, the valve internal leakage is controlled effectively, and the engineering quality is promoted. (3 Figures, 10 References)

**Key words:** pipeline engineering, internal leakage of valve, causes analysis, control measures

西气东输三线西段工程建设中,使用 DN400 以上国产阀门 1 600 多台,国内较大阀门厂家均有参与,但各厂家提供的阀门均有不同程度内漏。在最早投产的霍尔果斯—乌鲁木齐段,个别厂家的阀门一次试压内漏率达到了 27%(数据统计截止到 2014 年 11 月),其他各标段也存在着类似问题,严重影响了工程质量,也给管道安全平稳运行埋下了隐患。

## 1 国产阀门内漏原因

### 1.1 阀门解体观察

对西三线霍尔果斯—乌鲁木齐段在系统试压过程

中出现内漏的 2 个阀门进行了解体,以查找内漏原因。2 个阀门分别是乌苏站压力越站电动球阀(DN 900, Class 900)和玛纳斯站站内循环电动球阀(DN450, Class 900)。

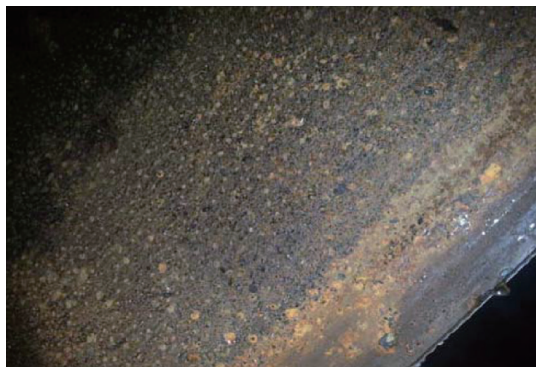
解体观察发现:乌苏站压力越站电动球阀球体在 4~5 点钟位置及 7~8 点钟位置球体表面有划痕,深 0.1~0.2 mm,阀座与阀球相对应的 9 点钟位置处有严重损伤,软密封缺失约 3 mm(图 1a);玛纳斯站站内循环电动球阀在球体及阀体上有少量焊渣,上下阀座都有严重损伤,上阀座软密封 9 点钟位置损伤约 3 mm,下阀座软密封 3 点钟位置损伤约 5 mm(图 1b),在球体及阀体上有少量焊渣(图 1c)。



(a) 软密封损伤严重



(b) 阀座损伤情况



(c) 阀体内可见残渣

图 1 受损阀门解体实物图

### 1.2 阀门内漏通道

阀门有 2 个内漏通道 A、B(图 2), 其中通道 A 密封失效较常见, 产生原因主要有: ①三角圈阀座密封

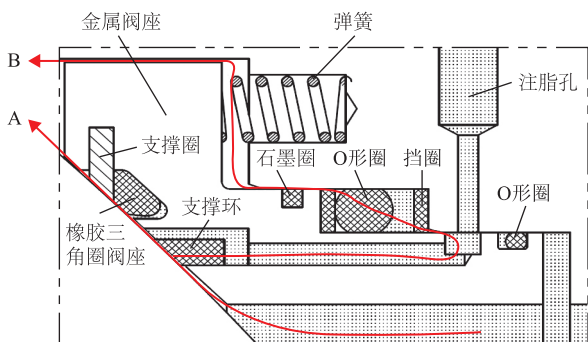


图 2 主阀内漏通道示意图

失效,造成阀座密封面擦伤;②球体密封面密封失效,造成球体密封面擦伤。通道 B 密封失效原因主要是 O 形圈擦伤。

造成 2 个通道泄漏原因主要集中在本体、检验、施工 3 个方面。

#### 1.2.1 本体原因

(1)解体后发现内漏阀门软密封损伤较严重,突起较高,韧性较差。硬密封和起到刮板作用的软尼龙圈未见任何损伤,可见未发挥其作用。

(2)阀座支撑圈壁厚较薄,接近许用极限,安全裕量不够,易因材料性能个体差异和意外因素出现功能失效。

(3)在投运过程中,部分内漏阀门经保养、调节行程限位后,内漏量减少甚至消除,说明阀门本体存在行程调节不到位、阀球研磨表面精度不够等质量缺陷。

#### 1.2.2 检验原因

(1)主阀密封试验按中国石油 CDP 文件规定执行 API 6D-2014《管线阀门》标准,该标准规定“在工厂试压后,如果现场不具备试压条件,可以不进行试压”<sup>[1]</sup>。同时,西三线工程采用的《油气管道站场工程工艺管道与设备安装技术规范》中规定阀门密封试验可以在工厂或现场进行<sup>[2]</sup>。阀门厂家在工厂进行阀门密封试验一般都采用低压气 0.6~1 MPa,高压水 1 倍运行压力进行密封试验<sup>[3-5]</sup>。高压水密封试验在微渗情况下,试验时间段内阀腔很难排出水,压力表因精度问题也不易产生波动,很难判断阀门内漏情况。如果是高压气体,出现微漏,阀腔将很快充满。在实际阀门内漏排查过程中,也多次验证这个问题,在主阀的阀腔排空后,部分阀门在 2~20 min 时间段内阀腔就会充满气体,而这些阀门在用水进行系统试压时进行分压力台阶检测均未发现内漏。

(2)导致阀门出现大漏的原因是试压造成阀座软密封大部分损坏。阀门与管道在进行系统试压时,阀门处于半开半关状态。进行系统强度试验时,在管道泄压前,先将阀门关闭,再将管道压力泄放,此时阀门中腔带液压,压力为强度试验压力。阀门中腔的压力未及时排放,当温度略有上升时,阀门中腔的液体由于不可压缩,压力急剧膨胀,同时阀体上安装的泄压阀在系统在试压时,为防止其泄压,是与系统隔离开的。阀门中腔膨胀的压力必须泄放,否则阀门壳体会受到破坏。由于阀门是双活塞,阀座不能自动泄压,中腔的膨

胀压力越来越高,此时泄压阀又处于隔离状态,压力只能从阀门内件最薄弱处往管道内泄放,而阀座 9:00 位置的密封圈是最薄弱处,因此,膨胀的压力通过破坏该处,造成阀门密封损坏形成大漏。

### 1.2.3 施工原因

从各标段阀门内漏分析数据和阀门解体后阀腔洁净度上分析,施工导致内漏原因有:

(1)施工清管不净是造成阀门内漏的重要原因。硬物(如细碎砂石和焊渣)粘在通道口处,造成球面、软密封划痕等轻微损伤。阀门保养后,球体通道口处有油脂,易粘上硬物<sup>[6]</sup>。

(2)在安装、系统试压过程中操作不当、频繁操作,导致杂物划伤球体密封面、阀座软密封,或阀座软密封面上粘有杂物造成阀门内漏<sup>[7]</sup>。三标段(连木沁—瓜州段)地处于戈壁石方段的阀门内漏明显高于其他标段,就验证了这点。

(3)管道试压用水经多试压段使用后杂物太多,导致在试压过程中将通道 B 的 O 形圈擦伤,发生内漏;在阀门开关过程中,杂物划伤球体球面、阀座软密封,或阀座软密封面粘有杂物,则造成阀门通道 A 内漏<sup>[8]</sup>。

(4)进口驱动器(包括电动驱动器、气液联动驱动器等)交货周期长,满足不了管道施工进度要求,故阀门供应商用手动驱动器代替,先进行施工,待进口驱动器到位后,直接到现场更换手动驱动器。虽然带手动驱动器时阀门已在工厂进行组装调试,并做好全开、全关位置的标识,但更换进口驱动器后,因阀门已投入运行,不能进行有效的行程调试及密封测试,会出现因行程不足造成内漏。

(5)带有电动执行机构的阀门,在不超过扭矩情况下强制关闭阀门,也会出现软密封损坏造成内漏。

## 2 预防控制措施

要控制阀门内漏,需要从控制 A、B 内漏通道的泄漏入手。其中解决通道 A 密封失效主要是减少管道内残留的硬质异物,管道投产前尽可能少开关阀门;解决通道 B 密封失效主要是减少管道介质颗粒物含量。

### 2.1 管道试压过程中阀门内漏控制措施

#### 2.1.1 阀门本体控制措施

(1)结构设计上,阀座密封采用多重密封方式和防磨损措施,提高阀门密封性能。

(2)提高阀门加工、装配质量,加强生产过程质量控制。

(3)加强运输过程中的成品保护,避免在运输过程中对阀门的密封结构造成损坏<sup>[9]</sup>。

#### 2.1.2 阀门检验措施

(1)在阀门出厂前增加了高压气体密封试压。

(2)站场、阀室系统试压时,在 3 MPa、6 MPa、9 MPa 等压力等级时分别稳压,通过排污、放空阀进行检漏。

(3)站场水压强度试验后,在进气前,无论工厂内依据何种标准进行压力试验,在安装前进行高压气体密封试验,其主要作用一是对主阀进一步检漏,二是在主阀出现内漏后,更容易查找问题原因及责任方。

(4)对手动驱动器代替进口驱动器安装的阀门,条件允许情况下,尽可能等进口驱动器回厂,在工厂组装调试合格后再发到现场;若条件不允许,每一种规格的阀门用一台相应进口驱动器安装调试合格,做好标识后再用手动驱动器代替,并按已标识好的位置进行调试合格再发往现场。

(5)阀门系统试压用水应清洁,并应添加合适的防锈剂。试验合格后,管道系统及阀门应该排尽水分。阀门内腔通过排污小球阀与管道同时泄压排水。

#### 2.1.3 施工控制措施

(1)阀门进场后,验收人员严格开箱验收管理,按技术协议核对相关资料及各种参数。

(2)在系统试压前,严格按照施工规范,对管道进行清扫,并达到合格标准,试压用水进行清洁过滤。

(3)加强施工过程中管道清管力度,当天施工的工艺管道需及时进行封堵,避免脏物进入管道。

(4)阀门在安装过程中尽量少操作,在系统试压检漏后及投产前,尽量避免对阀门进行开关操作,减少对阀门密封面损伤,对于部分常开或者长关阀门尽量不进行开关操作<sup>[10]</sup>。

(5)系统试压干燥后,按要求由专业队伍进行阀门维护保养,使用合适型号清洗液对阀门进行清洗,适当进行润滑保养,但不允许使用密封脂。

### 2.2 管道投运过程中阀门内漏处理措施

#### 2.2.1 阀门微漏

一般采用清洗及注脂养护,或调节行程限位来处理。三标段(连木沁—瓜州段)投产后,采取以上处理措施,基本可消除内漏或减少内漏量,处理后无泄漏阀

门占总泄漏阀门 88.4%。对于处理后还发生微漏的阀门,一般采用的是让步接收,持续关注,待投产一年后再对该阀门进行检漏,如果内漏量达到不可接受范围,应进行更换处理。

### 2.2.2 主阀大漏

目前发现的大漏阀门,基本都是单侧漏,暂时可以起到截断作用,但阀腔内气体泄放不尽。对于内漏较严重的阀门,可以判断为软密封出现较大损坏,无法修复,必需进行更换。

## 3 实例对比

在西三线西段工程霍尔果斯—乌鲁木齐段投产,对在建或后续投产的管段,采取阀门内漏预防控制措施。现分别在自然环境接近的一二标段(霍尔果斯—连木沁段)和四五标段(瓜州—中卫段)各选取 5 个站场,对投运过程中发现内漏阀门数据(图 3)进行对比,其中四五标段采取了阀门内漏预防控制措施。

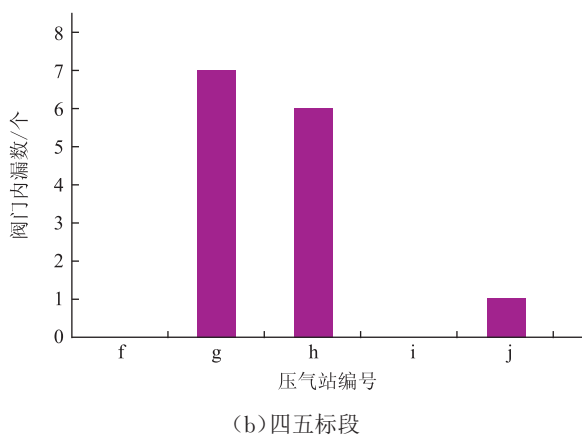
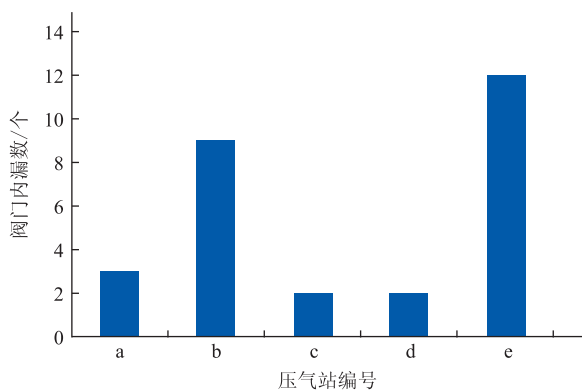


图 3 西三线西段站场内漏阀门数量柱状图

经统计,未采取阀门内漏预防控制措施的一二标段发生阀门内漏数为 28 个,采取阀门内漏预防控制措

施的四五标段发生阀门内漏数为 14 个。对比可以看出,采取预防措施后,四五标段比一二标段站场阀门内漏率降低了 50%,说明采取的措施有效。

## 4 结论

在西三线西段工程建设中,从设计、监造、施工和保养各个环节全方位采取严格的内漏控制措施,内漏改善效果明显。在西三线西段工程线路段投入运行一年多的时间里,通过加大阀门维护保养措施,全线国产内漏阀门除一台因内漏严重而更换外,其余阀门内漏量明显减少或处于可接受水平,没有导致严重的质量安全问题。

### 参考文献:

- [1] American Petroleum Institute. Valve inspection and testing: API 598-2009[S]. Washington D C: American Petroleum Institute, 2009.
- [2] 续理,徐进,魏国昌,等. 油气管道工程站场工艺管道及设备安装技术规范 第 1 部分 工艺管道安装: Q/SY GJX 136.1—2012[S]. 北京: 中国石油天然气股份有限公司管道建设项目经理部, 2012.  
XU L, XU J, WEI G C, et al. Technical specification of station process pipeline & equipment installation for oil and gas pipeline project-Part1: Process pipeline installation: Q/SY GJX 136.1—2012[S]. Beijing: CNPC Pipeline Construction Administration Department, 2012.
- [3] 王晓钧,黄明亚,林美,等. 工业阀门压力试验: GB/T 13927—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.  
WANG X J, HUANG M Y, LIN M, et al. Industrial valves-pressure testing: GB/T 13927-2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [4] 李利娟,丁仁义,郭葆军,等. 阀门检验与安装规范: SY/T 4102—2013[S]. 北京: 石油工业出版社, 2013.  
LI L J, DING R Y, GUO B J, et al. Specification for inspection and installation of valve: SY/T 4102-2013[S]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2013.
- [5] 王晓钧,刘晓春,宋忠荣,等. 阀门的检验与试验: GB/T 26480—2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.  
WANG X J, LIU X C, SONG Z R, et al. Valve inspection and

- testing: GB/T 26480-2011[S]. Beijing: Standards Press of China, 2011.
- [6] 刘凯. 涩宁兰管道阀门内漏原因分析及建议处理措施[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2012(15): 261.
- LIU K. Cause analysis for internal leakage of pipeline valve in the Sebei-Xining-Lanzhou Pipeline and the suggestions for handling measures[J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2012(15): 261.
- [7] 李春艳, 孙在蓉, 李强, 等. 球阀现场安装和维护技术规定: CDP-G-OGP-OP-026-2013-1[S]. 北京: 中国石油天然气股份有限公司天然气与管道分公司, 2013.
- LI C Y, SUN Z R, LI Q, et al. Site installation and maintenance technical requirements for ball valves: CDP-G-OGP-OP-026-2013-1[S]. Beijing: PetroChina Company Limited Natural Gas & Pipeline Company, 2013.
- [8] 杨开, 杨士. 石化管道场站阀门泄漏原因分析与对策[J]. 化工设备与管道, 2009, 46(4): 48-52, 60.
- YANG K, YANG S. Cause analysis of leakage occurred in valves used in gas station and protection measures[J]. Process Equipment & Piping, 2009, 46(4): 48-52, 60.
- [9] 李春艳, 李巧, 郭佳春, 等. 输气管道工程球阀技术规格书: CDP-S-OGP-PR-016-2012-2[S]. 北京: 中国石油天然气股份有限公司天然气与管道分公司, 2012.
- LI C Y, LI Q, GUO J C, et al. The ball valve technical specification of gas transmission pipeline project: CDP-S-OGP-PR-016-2012-2[S]. Beijing: PetroChina Company Limited Natural Gas & Pipeline Company, 2012.
- [10] 肖莉, 文志雄, 张玉树, 等. 石油天然气工业管道输送系统管道阀门: GB/T 20173-2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- XIAO L, WEN Z X, ZHANG Y S, et al. Petroleum and natural gas industries-Pipeline transportation systems-Pipeline valves: GB/T 20173-2013[S]. Beijing: Standards Press of China, 2013.
- (收稿日期: 2015-06-28; 修回日期: 2015-12-01; 编辑: 李华)
- 
- 作者简介:** 王博韬, 男, 工程师, 1971年生, 1995年毕业于承德石油高等专科学校热能工程专业, 现主要从事石油天然气管道建设工程质量安全管理。地址: 新疆乌鲁木齐市天津北路西五巷99号中国石油乌鲁木齐大厦620室, 830013。电话: 13579966182, Email: wangbot@cnpc.com.cn
- 
- (上接第 161 页)
- 用[J]. 油气储运, 2010, 29(6): 440-442.
- LI Y C, LIU J H, XU C W, et al. Improvement and application of surge reliever in long-distance pipelines[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2010, 29(6): 440-442.
- [7] 张加恩, 张世富. 长输管道泄压阀水力瞬变分析及瞬变工况测试[J]. 阀门, 2009, 38(5): 11-13.
- ZHANG J E, ZHANG S F. Analysis of hydraulic transient and transient condition test of pressure relief valve on long-distance pipeline[J]. Valve, 2009, 38(5): 11-13.
- [8] 瞿慧卿, 李素杰, 雍永鹏. 泄压阀在成品油管道上的应用[J]. 自动化仪表, 2013, 34(4): 84-86.
- QU H Q, LI S J, YONG Y P. Application of the pressure relief valve in refined oil pipeline[J]. Process Automation Instrumentation, 2013, 34(4): 84-86.
- [9] 周耀辉. DANIEL 氮气式水击泄压阀的安装和功能维护[J]. 油气储运, 2011, 30(3): 227-230.
- ZHOU Y H. The Installation and maintenance of DANIEL nitrogen water hammer relief valve[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2011, 30(3): 227-230.
- [10] 刘靓, 田远, 王群雁. 日照—仪征原油管道水击分析与保护[J]. 油气储运, 2014, 33(8): 909-912.
- LIU L, TIAN Y, WANG Q Y. Water hammer analysis and protection of Rizhao-Yizheng Crude Oil Pipeline[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2014, 33(8): 909-912.
- (收稿日期: 2015-03-10; 修回日期: 2015-10-15; 编辑: 刘朝阳)
- 
- 基金项目:** 中国石油天然气股份公司重大科技专项“油气管道关键设备国产化”, 2012E-2802-01。
- 作者简介:** 张兴, 男, 工程师, 1986年生, 2013年硕士毕业于兰州理工大学化工过程机械专业, 现主要从事油气管道阀门的可靠性评估及相关技术的研究工作。地址: 河北省廊坊市金光道51号, 065000。电话: 15803160252, Email: zhangzhang147852@126.com