

德士古气化炉氧气调节阀的波动原因及故障处理

刘立军

宁夏和宁化学有限公司

摘要: 本文全面分析了德士古气化炉氧气进气调节阀波动大及内漏严重的原因,对相关成因进行了系统分类和深入剖析,并提出了具体的解决措施,旨在为相关人员提供切实可行的参考意见。

关键词: 煤化工;氧阀;波动

氧气调节阀在德士古工艺气化炉中具有广泛应用,对整套气化装置的稳定性和安全性起着至关重要的作用。本文针对某化工企业氧气调节阀的故障原因,结合实际检修过程、措施及实施方案,对氧气调节阀的波动控制、始动流量优化以及密封改造等方面的经验进行了总结与分享,以期对相关领域的技术改进提供参考和借鉴。

1 控制阀参数及基本信息

某化工企业采用的氧气调节阀为原装进口阀门,自2014年开始投用,阀门位号01FV-2005,工艺介质为氧气(气态),阀前压力8.3 MPa,正常运行时工作压力8.0 MPa,工作温度40℃,阀门最大压差8.3 MPa。阀门型号ARCA 6H7-P1,阀门类型是双向平衡式 globe 阀,执行机构811.44 UV-60,规格型号NPS 6 Class 900LB,泄漏等级V级,作用形式为故障关,阀内件材质Inconel 625-Kolst,允许最大压差9.35 MPa,阀门附件包括定位器、加速器及冗余配置的电磁阀等。

2 工艺控制流程示意图及其说明

气化炉在开车投料前将来自空分

装置的氧气总阀01HV-2024关闭,氧气调节阀01FV-2005关闭,氧气切断阀01XV-2003与01XV-2004关闭,氧气放空阀01XV-2005关闭,通过打开高压氮气总阀01HV-2023,用高压氮气将01HV-2024与01FV-2005之间的氧管线充压到8.0 MPa,形成氮封。初始化后氧气放空阀01XV-2005打开,01HV-2024与01FV-2005之间的氧管线压力保持在8.0 MPa。一切准备就绪,关闭高压氮气总阀01HV-2023,打开氧气总阀01HV-2024,通过缓慢打开氧气调节阀01FV-2005建立开车所需的氧气流量。

此时对氧气调节阀01FV-2005要求非常严格,以0.1的阀位为基准,逐步打开,既要保证阀门的灵敏度,也要保证V级密封,同时还需要保证生产过程中阀门的稳定性。

3 阀门故障现象描述

该阀门主要存在以下4个故障现象:波动、内漏、初始反应慢以及小开度时流量过大。

3.1 故障一 波动

在投料正常且满负荷运行状态下,氧气调节阀01FV-2005的阀位开度约为

36%。然而,该阀门在手动操作模式下仍会偶尔出现无规律波动,每月约发生2~3次,具体如图1所示。每次波动时,氧气流量最大波动幅度约为2 000 Nm³/h,且在无人干预的情况下,阀门能够在短时间内自行恢复到原始流量和阀位(带位置反馈)。由于这一波动现象的存在,该阀门无法投入自动控制运行,目前仅由工艺人员远程手动操作。在停车后的空载状态下,控制阀阀位仍存在0.2%的波动。现场使用百分表检测发现,阀杆存在0.05 mm的振荡,进一步证实了阀位波动的现象。这种波动严重影响了气化炉的安全稳定运行。

3.2 故障二 内漏

当阀门处于全关状态时,估算其内漏量约为200~1 000 Nm³/h。

3.3 故障三 初始反应慢

工艺专业反馈,该阀门在给定信号为0~0.8%时无任何动作,只有当信号增加至1%左右时,阀位开度才会达到约1%。

3.4 故障四 小开度时流量大

当阀门从0%开度调整至1%时,氧气流量瞬间达到8 000~12 000 Nm³/h。这种瞬间流速过快的现象容易产生静电,对生产安全构成严重威胁。

4 故障原因的分析

4.1 波动原因分析

该装置高压料浆泵采用隔膜活塞泵结构，料浆的压力存在一定的波动，气化炉中氧气与料浆发生剧烈的气化反应，会导致氧气调节阀后压力的变化，这一变化将导致氧气流量存在一定的波动；料浆管线振动较大，也会引起阀门波动；工艺对该阀起始要求过高，主控输出 0.5% 时阀门就要动，因而定位器的动作死区设置的过小，这也会造成一定的波动；填料压得过紧；执行机构推力偏弱，无法保证定位器的输出与实际阀位保持一致；该阀平衡环采用改良橡胶带支撑的 V 形蓄能环，该蓄能环损坏后会引起波动；该阀附件原始厂家出厂配置时较多如图 2 所示，其中开关气阻阀（⑨）比例控制调试不好，极易产生阀门波动。

4.2 内漏原因分析

内漏问题主要由以下原因导致：平衡密封环与上套筒之间间隙过大；平衡

密封环磨损严重，密封效果不佳；阀芯与阀座密封面不严；执行机构弹簧疲劳，弹力不足以克服介质推力。

4.3 初始反应慢原因分析

初始反应慢的主要原因包括：气阻阀未调整至最佳工作位置；定位器动作死区设置过大；填料压紧过度。

4.4 小开度流量大原因分析

小开度时流量过大的原因可能包括：平衡环存在缺陷；阀芯与阀座存在损伤或缺陷；原始设计的流量特性与实际工况不匹配。

5 解决方案

5.1 波动解决措施

稳定工艺操作，减少压力波动；加强对高压料浆泵的运行监护，减少管道振动；对阀芯流量特性进行技改，减少工艺对初始阀位的要求，进而将定位器的动作死区设置到合理的区间；填料和阀杆上均匀涂抹氧气专用脂，按规范紧填料，不要过紧，上线前做密封性试验；

执行机构推力偏弱，更换大推力的执行机构；定期更换蓄能环或不采用平衡式阀芯；对其气控元件设置的必要性开展 HAZOP 分析，同时积累开关气阻阀的开度比例经验。

5.2 内漏解决措施

定期检查，仔细测绘，严格控制平衡密封环与上套筒之间的装配间隙，配合总间隙 0.01 ~ 0.02 mm 为宜；定期检查更换蓄能环或不采用平衡式阀芯；严格控制阀芯与阀座密封面的装配精度，配套研磨；增加执行机构的弹簧力，增加弹簧或更换执行机构。

5.3 初始反应慢解决措施

反复调整气阻阀；将定位器动作死区设置在 0.3% ~ 0.5% 为宜；填料和阀杆上均匀涂抹氧气专用脂，按规范紧填料，不宜过紧。

5.4 小开度流量大解决措施

定期检查更换蓄能环或不采用平衡式阀芯；定期检查阀芯、阀座；每次维修时，都需要对密封面加工、修光，同时将密封面轴向移动一定距离，如果不同时对流量控制型面进行加工，则会在密封面与原流量控制型面之间形成一段直圆柱，如图 3 所示。变化的阀芯型面，会相应地反映在流量特性的变化上，对应于上述的型面变化，正好解决了小开度下流量大的问题；流量特性变化曲线变化如图 3 所示。从检修后的开车情况来看，以前 1% 就有 8 000 Nm³/h 甚至更大的流量，而现在该阀门每次开度均在 10% 左右时，才有流量显示（小流量切除），约 5 000 Nm³/h，这一改变较适用于某化工企业现场实际运行工况。

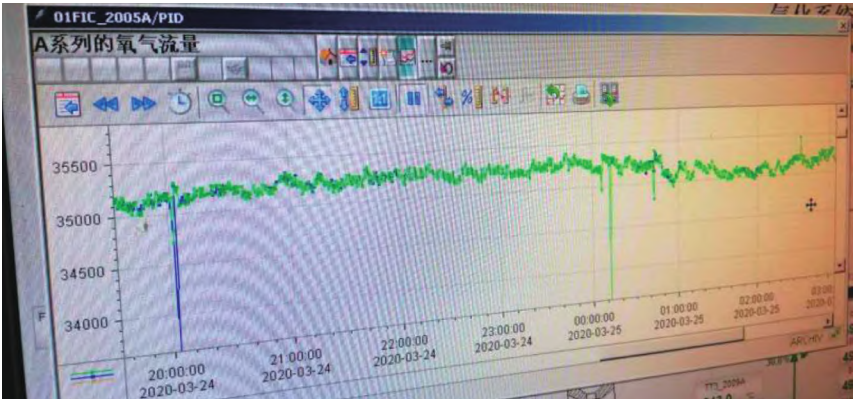


图 1 氧气流量波动趋势图

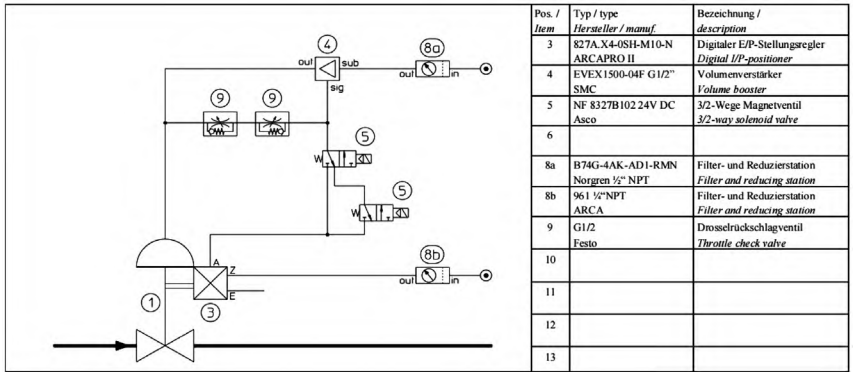
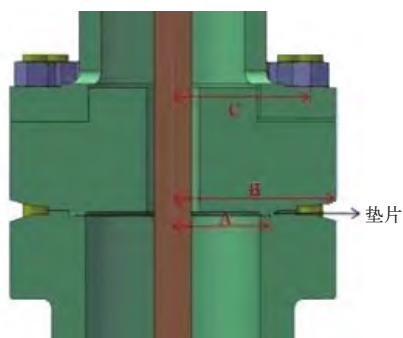


图 2 阀门原始出厂气路控制图

6 结语

综上所述，随着国内机械加工及检修能力的显著提升，调节阀的检修国产化水平已完全能够满足生产现场的实际需求。因此，积极推进机械加工行业的自主发展及调节阀的自主研发，对推动

（下转第 85 页）



A: 垫片槽内径到阀门中腔内径的距离, B: 法兰外侧到阀门中腔的距离, C: 螺栓圆中心到阀门中腔内径的距离

图 10 法兰中 A、B、C 位置示意图

4 结论

在中法兰的设计过程中, 确立其适当的结构强度和优化的结构尺寸至关重要。不同几何尺寸的中法兰会显著影响其应力强度。通过对简化后的有限元 ANSYS 闸阀模型进行稳态热-结构静力学分析, 获得了闸阀的三向应力(径向应力、环向应力和轴向应力)分布情况。通过对多组分析结果的对比, 确定了优化后的中法兰结构尺寸。

具体而言, 在保持垫片槽内径与阀门中腔内径距离不变的前提下, 增大螺栓圆心至阀门中腔内径的距离, 并减小法兰外侧至阀门中腔内径的距离, 可

表 2 A=155 mm, C=170 mm, 调整 B 值的三向应力变化情况

A/mm	B/mm	C/mm	P_{x1}/MPa	P_{x2}/MPa	P_{y1}/MPa	P_{y2}/MPa	P_{z1}/MPa	P_{z2}/MPa
155	225	170	2 540.8	-3 746.9	770.63	-1 919.1	1 289.8	-1 094.8
155	226	170	1 279.7	-1 113.4	1 780.3	-3 032.6	1 349.8	-1 136.6
155	227	170	2 928.6	-1 134.8	782.9	-1 687	1 188.96	-1 047
155	228	170	1 165.8	-2 596.5	1 026.9	-1 570.2	485.56	-1 755.9
155	229	170	3 200.1	-4 256.8	3 281.3	-5 210.6	2 876	-5 319

表 3 C=175 mm, 调整 A 和 B 值的三向应力变化情况

A/mm	B/mm	C/mm	P_{x1}/MPa	P_{x2}/MPa	P_{y1}/MPa	P_{y2}/MPa	P_{z1}/MPa	P_{z2}/MPa
155	225	175	2 533.3	-4 185.2	1 780.2	-5 108.6	2 810.4	-5 302.6
155	226	175	2 483.8	-1 047.1	669.53	-1 181.5	1 612.7	-1 045.6
155	227	175	2 962.8	-1 284.7	665.87	-1 186.3	1 090.9	-1 045.4
155	228	175	2 793.7	-3 917.1	1 667.2	-5 450.1	3 187.1	-4 993.1
155	229	175	2 481.7	-4 319	1 759.8	-5 060.3	2 771.9	-5 331.9
160	225	175	1 279.7	-1 113.4	1 780.3	-3 032.6	1 349.8	-1 136.6
160	226	175	2 515.6	-1 047.1	669.49	-1 181.4	1 616	-1 045.6
160	227	175	2 515.2	-1 047.2	669.57	-1 181.5	1 616.9	-1 045.6
160	228	175	2 766.3	-1 467.3	716.92	-1 768.4	1 405.3	-1 296.6
160	229	175	2 514.5	-1 047.2	669.53	-1 181.5	1 616.2	-1 045.6

表 4 优化前、后中法兰的尺寸与三向应力对比情况

	A/mm	B/mm	C/mm	P_{x1}/MPa	P_{x2}/MPa	P_{y1}/MPa	P_{y2}/MPa	P_{z1}/MPa	P_{z2}/MPa
优化前	155	225	198	2 403.5	-1 042.1	652.33	-1 175.1	1 512.8	-1 040.6
优化后	155	228	170	1 165.8	-2 596.5	1 026.9	-1 570.2	485.56	-1 755.9

以显著降低中法兰的径向压力和轴向压力, 同时仅略微提升环向应力。这一优化方案不仅有效提升了中法兰的结构性

能, 还为实现其轻量化设计目标提供了有力支持。

(上接第 81 页)

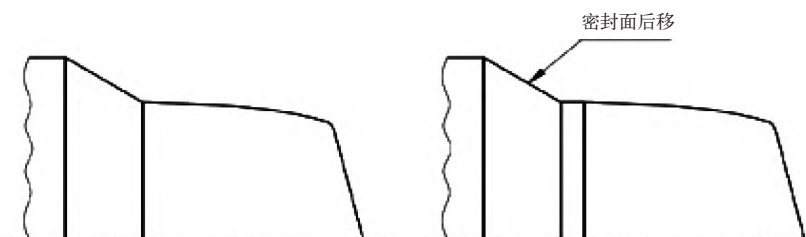


图 3 阀芯型面与密封线改造前与改造后对比图

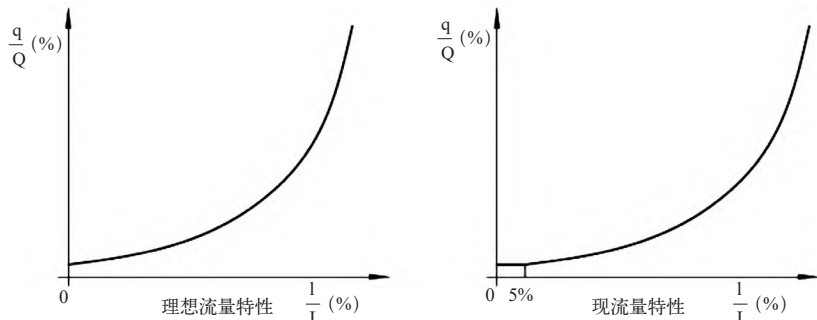


图 4 阀芯型面与密封线改造前与改造后流量曲线对比图

化工产业的可持续发展具有重要意义。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国工业和信息化部. 自动化仪表选型设计规范: HG/T 20507—2014 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [2] 中华人民共和国工业和信息化部. 石油化工仪表安装设计规范: SH/T 3104—2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 气动调节阀: GB/T 4213—2009 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.