

调节阀使用与选型的思考

转鼓复合肥装置进管式反应器渣酸料浆调节阀损坏原因分析及选型建议——对转鼓复合肥装置进管式反应器渣酸料浆调节阀 FV-04601 内漏, 阀内件损坏原因的分析, C_v 值的重新计算, 以及运行数据的收集和思考, 选择笼套型旋塞阀, 运行良好, 为装置安稳长满优运行, 提供了可靠保证。

文 / 祁维军 胡彦文

转鼓复合肥装置自开车以来, 渣酸调节阀存在两个问题: 第一, 长期小开度运行, 阀门开度在 5% 左右, 导致很难控制, 无法投自动; 第二, 阀门衬套冲刷损坏, 阀芯腐蚀, 导致内漏, 甚至阀芯碎裂、卡死导致停车。

前后使用过 FLOWSERVE 旋塞阀、YADI 旋塞阀、SZZ 陶瓷阀以及 FLYGER 球阀, 均无法满足长周期运行的工艺要求, 具体情况见表 1。

2019 年 3 月 27 日使用 AZ 笼套型旋塞阀, 在运行中周期检查, 跟踪运行情况, 并无异常; 2020 年装置大修, 解体检查发现笼套有腐蚀情况, 但不影响工艺指标的控制。2020 年 5 月 9 日更换新备件。AZ 笼套型旋塞阀在线运行时长 13 个月, 可以保证装置长周期运行。

本文作者供职于青海云天化国际化肥有限公司。本文系仪表圈主办的第三届“定华杯·生产过程安全技术应用”征文活动入围作品。

表 1 阀门使用情况表

各类阀门使用情况统计					
位号	品牌	阀门类别	使用最长时间	故障现象	工艺影响
FV-04601	FLOWSERVE	衬套旋塞阀	约 6 个月	内漏	无法控制流量
	YADI	衬套旋塞阀	约 3 个月	内漏	无法控制流量
	SZZ	陶瓷阀	1 个月	阀座、阀芯碎裂	停车
	FLYGER	球阀	1 周	阀芯、阀座卡死	停车
	AZ	笼套型旋塞阀	13 个月	笼套 (小阀芯) 腐蚀	对工艺无影响

对阀门常在小开度运行原因分析

通过查询原设计资料发现, 原设计的阀门流量为 $7.5 \sim 30 \text{ m}^3/\text{h}$; 而工艺技术人员根据现在装置运行情况给出的工艺流量为 $3.5 \sim 18 \text{ m}^3/\text{h}$, 见表 2; 所以原设计阀门的流通能

力偏大, 要根据实际工艺参数计算阀门的流通能力 C_v 值, 选择相应的调节阀。

调节阀长期小开度运行, 也会导致阀门进口和出口阀座衬套长期冲刷, 衬套损坏, 出现内漏, 阀门的调节性能更低, 导致控制

表 2 工艺参数表

仪表选型工艺参数表											
进管式反应器渣酸流量调节阀 FV-04601											
仪表位号	介质密度 / kg/m ³	操作条件									
		温度 /℃	工作压力 / MPa	阀前压力 / MPa	阀后压力 / MPa	黏度 / MPa·s	酸度范围 /pH	气体 Nm ³ /h; 蒸汽 kg/h; 液体 m ³ /h			备注
								最小流量	正常流量	最大流量	
FV-04601	≤ 1 550	60~80	1.15	1.15	1.1	/	/	7.5	22.5	30	原设计参数
	1 450	65~180	0.8	0.8	0.45	/	1~4	3.5	12	18	现实际参数

PROCESS-Tip

* 更多信息请扫描二维码:



chem.vogel.com.cn

* 反馈编码: A220239

表 3 模拟验算开度、 C_v 值和流量表

	最小量	正常量	最大量	备注
开度 (%)	29.5	68.0	80.0	
对应 C_v	2.08	8.09	12.10	
流量 (m^3/h)	3.5	12	18	

渣酸流量更难。

计算调节阀流通能力系数 C_v 值

由工艺提供渣酸流量调节阀 FV-04601 工艺参数由表 2 得知：

调节阀阀前压力： $P_1=0.8\text{ MPa}$

调节阀阀后压力： $P_2=0.45\text{ MPa}$

调节阀最大流量： $Q=18\text{ m}^3/\text{h}$

温度选择： $T=60^\circ\text{C}$

渣酸比重： $G_F=1.45$

①首先判断是否为阻塞流。

判别式： $F_L^2(P_1 - F_F P_v)$

笼套型旋塞阀与 V 型球阀相近，查表： $F_L=0.57$

渣酸溶液以水估算，查表

60°C 的饱和蒸汽压： $P_v=0.02$

查临界压力表： $F_F=0.95$

故 $F_L^2(P_1 - F_F P_v)$

$$=0.57^2 \times (800-0.95 \times 0.02)=260\text{ KPa}$$

因为 $\Delta P=P_1-P_2=0.8-0.45$

$$=0.35\text{ MPa}=350\text{ KPa}$$

及 $\Delta P > F_L^2(P_1 - F_F P_v)$ ，所以产生阻塞流。

②流量系数的计算

$$\begin{aligned}K_v &= 10 Q_{\max} \sqrt{F_L^2(P_1 - F_F P_v)} \\&= 10 \times 18 \sqrt{260} \\&= 13.4\end{aligned}$$

$$C_v=1.156 \quad K_v=15.5$$

根据计算 C_v ，从产品标准系列中，选取大于计算 C_v 值，并最接近一级的阀门。选择 C_v 值为 31 的旋塞阀，进行模拟验算开度和流量，能满足工艺操作要求，见表 3（数据来自 AZ 厂家 C_v 值验算出厂报告）。根据《自动仪表选型规定》(HG20507—1992)，等百分比特性阀门，最大开度 $\leq 90\%$ ，最小开度 $\leq 30\%$ ，阀门选择符合规定。

在实际运行过程中，也得到了

验证：例如 2021 年 3 月 11 日，生产硫铵产品时，流量 $11\text{ m}^3/\text{h}$ ，阀门开度 65%；其他配方的产品生产，FV-04601 运行也很稳定。原设计旋塞阀 C_v 值 172，流通能力超出实际所需值 5 倍多，平时开度在 5%~10%，可调区间太小，又内漏，基本无调节功能，全靠手动阀控制工艺指标。阀门 C_v 值选择太大，也是导致阀门长期小开度运行和无法准确控制的根本原因。

旋塞阀门内漏的分析

内漏主要出现在 FLOWERVE 的旋塞阀和 YADI 的旋塞阀，解体检查，都是阀门小开度时，PTFE 衬套接液部分损坏，阀芯表面有白色晶体，很难去除。分析有两个原因：第一，在小开度时，介质流速最高，根据介质成分表 5，含固量在 5%~20%，当介质高流速或压力损失和含固体介质流过 PTFE 衬套时，对其造成冲刷，磨损最严重；长时间在小开度运行，造成衬套损坏，如图 1 和图 2 所示，也导致内漏增大；第二，工艺水以渣场回水为主，会有氟硅酸盐产生，如氟硅酸钾和氟硅酸钠性质，均为白色微不溶结晶，几乎不溶于冷水，在热水中水解成氟化钾、氟化氢及硅酸，其水溶液呈酸性，微量结晶体吸附于阀芯，增大阀芯的表面粗糙度，长时间开关调节，会对衬套有磨损。

表 4 原设计阀门和现使用阀门比较表

原设计和先使用阀门比较表											
位号	阀形式	阀体材质	流开 / 流闭	阀 体 / 阀 芯尺寸	阀芯材质	阀座材质	笼套材质	选择 C_v 值	阀门运行开度	介质流量	备注
FV-04601	衬套旋塞阀	CD-4MCuN	流开	2"	CD-4MCuN	PTFE	无	172	5%~10%	波动	原设计阀
	笼套型旋塞阀	CD-4MCuN	流开	1 1/2"	CD-4MCuN	TFM	CD-4MCuN	31	65%	11 m³/h	现使用阀

注：流量 $11\text{ m}^3/\text{h}$ ，阀门开度 65%，为 2021 年 3 月 11 日，开硫铵时的数据。不同产品、负荷，需要的流量根据配方定，阀门运行比较稳定，能满足装置所有产品、负荷的长周期生产。

表 5 工艺介质成分统计表

进管式反应器渣酸流量调节阀 FV-04601 介质成分						
序号	成分名称	成分含量 (%)	序号	成分名称	成分含量 (%)	备注
1	磷酸 (或 MAP 溶液)	25~30	6	Na^+	≤ 1	
2	硫酸	≤ 8	7	Cl^-	≤ 1	
3	P_2O_5	25~30	8	SO_4^{2-}	$\leq$	
4	F^-	≤ 1	9	其余含固量	5~20	
5	K^+	≤ 1				

球阀卡死的原因分析

陶瓷阀在使用过程中，随运行时间变长，阀门会出现卡涩现象，阀芯和阀座表面有白色结晶，一个月左右会出现阀座、阀芯碎裂的现象，如图 3 所示。

原因分析：第一，由表 5 看出，介质含有硅酸盐，会随时间有微

量吸附阀内件，增大了阀芯和阀座之间摩擦阻力，开关力矩变大，当超过陶瓷阀内件的可承受扭力时，造成阀内件碎裂；第二，在开车过程中，根据管式反应器运行状态，使用中压蒸汽不定期吹扫管道，压力在 0.8 MPa 左右，

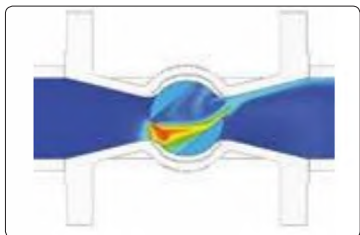


图 1 普通旋塞阀小开度，冲刷衬套



图 2 旋塞阀衬套冲蚀损坏



图 3 陶瓷球阀阀内件碎裂

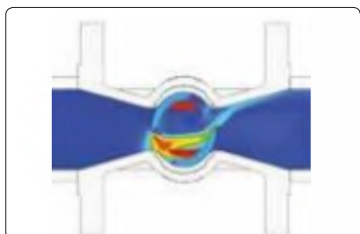


图 4 笼套型旋塞阀小开度，衬套保护

温度在 170 ℃ 左右，冷热介质交替，陶瓷和阀体受热膨胀系数不同，导致陶瓷加剧疲劳；第三，介质比较脏，有编织袋，微小颗粒等异物，进入阀体腔室，卡在阀芯和阀座之间，开关力矩增大；第四，介质由于有氟离子，氢氟酸，会对陶瓷有腐蚀性也加速了阀内件的损坏。

阀内件腐蚀原因分析

以磷酸为主要原料生产复合肥时，渣酸介质复杂，以渣场回水作为尾洗工序的洗涤液，在预洗槽加入硫酸，在管反槽加入磷酸，配比 25%~30%；从表 5 中看出还有 F^- 、 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 以及 SO_4^{2-} 等离子，对金属腐蚀很厉害，管道材质为 904L，FLOWERVE 的旋塞阀、YADI 的旋塞阀、AZ 旋塞阀的阀体和阀内件材质都是 CD4MCu，属于双相不锈钢，耐腐蚀（磷酸）优于 904L。2020 年 4 月份调整生产工艺为半料浆生产法，调节阀 FV-04601 主要介质调整为 MAP 溶液，AZ 旋塞阀运行 15 个月后，发现笼套有比较严重的全面腐蚀。仅渣场回水中磷酸的含量 < 1%，但是硫酸的量有所增加（0.5~1.0 m³/h），因为 904L 可以解决硫酸、磷酸的全面腐蚀问题，又可以解决氯化物点腐蚀、缝隙腐蚀、应力腐蚀和晶间腐蚀问题，在半料浆生产生产工艺中，阀内件选 904L 会更耐腐蚀，这需要在在今后的使用中去验证。

渣酸调节阀选型方面的思考

调节阀选型 C_v 值计算要准确

选型首先要根据实际工艺参数来计算调节阀 C_v 值，进行选型，

避免小开度运行。 C_v 值计算是否准确，主要决定于产品部工艺参数提供得是否准确，必须重视。

调节阀类型选择要适合实际生产的工艺

渣酸介质中有产生结晶的因子，而且介质中有编织袋碎屑、微小颗粒等异物，所以不能选择球阀。笼式旋塞阀比较合适，第一因为阀芯少量结晶，不会导致与 PTFE 阀座卡死，PTFE 比金属软，又有自润性能和抗变形能力；在 PTFE 中添加一定比例的玻璃纤维，衬套的抗冲击强度和耐磨损度提高 30%，可以在 220~250 ℃ 长期使用。第二流体经过笼式旋塞阀时，只有内阀芯（笼套）被冲刷，很好地保护了衬套的冲蚀，如图 4 所示，避免出现内漏，可以长周期使用。如果腐蚀而损坏，也不影响调节阀的正常工作。第三笼式旋塞阀的流道虽有缩颈，但全开时阀芯对介质流通无任何阻挡，与 O 型球阀相似，介质有杂物，也不会堵塞阀芯。且流路简单，流阻很小，具有高压恢复能力。

根据阀门运行情况和生产工艺尝试新材料

半料浆生产工艺中，对于阀芯的腐蚀，可以尝试 904L 材质的阀内件；也可以尝试阀内件喷涂特种陶瓷，提高抗冲蚀强度和耐腐蚀能力。

小结

转鼓复合肥装置渣酸调节阀 FV-04601 选笼式旋塞阀，适合本装置的长周期运行；对于阀内件的腐蚀，要继续收集工艺数据，进行分析，并尝试新材料。