

# 炼油设备设计参考资料

—— LIANYOU SHEBEI SHEJI CANKAO ZILIAO

## 炼油工业专用阀门文集

石油工业部炼油设备设计技术中心站

## 炼油工业专用阀门文集

---

石油工业部炼油设备设计技术中心站  
(北京市10053信箱 北京石油设计院)

燕山石油化学总公司印刷厂印刷

工本费: 1.20元

---

资料编号: C—82—1—10

# 前 言

由中国石油学会石油炼制学会和石油部规划设计总院组织的炼油工业专用阀门学术与技术讨论会于1981年8月在兰州炼油厂召开。根据会议的决定，由本站将部分论文整理出版，以供读者参考。

本文集包括二部分内容：

一、炼油厂Ⅳ型催化裂化装置改用提升管催化裂化或高效再生新工艺后，由于提高了操作温度和压力，使单、双动滑阀处在更加苛刻的条件下工作，致使单动滑阀在高温流动的催化剂中和双动滑阀在含催化剂的高温烟气中的阀板、导轨等零件磨损严重。本部分内容分析了磨损的原因以及采取的相应措施。

为了便于了解，将单、双动滑阀的安装位置示于下图，其具体操作条件见论文的有关部分。

二、炼油厂专用高温阀的设计和使用情况以及新型密封材料——柔性石墨在炼油厂阀门和机泵上的应用。

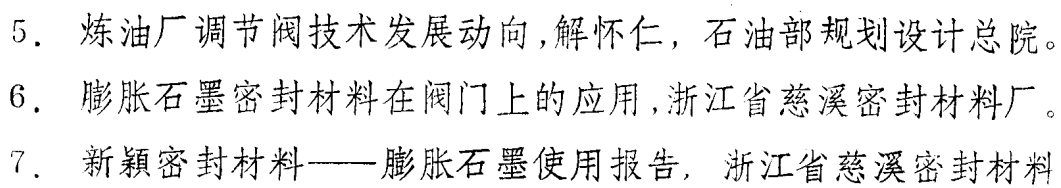
对以下未编入的论文如需参考，可直接与该文出版单位联系。

1. 国外流化催化裂化装置用滑阀——日本久保田公司来华技术座谈资料，石油工业部炼油设备设计技术中心站。

2. 国外正流式催化裂化装置塞阀简介，杜道基，石油部第二炼油设计研究院。

3. Dg800高温平板闸阀与Dg800高温蝶阀的设计与试验，烟气轮机组、机械组，石油部北京石油设计院。

4. 大升角碟形弹簧片力学试验及分析，梁光鸿，刘汉臣，大庆石油化工设计院。



石油工业部炼油设备设计技术中心站

## 目 录

|                                                    |                |
|----------------------------------------------------|----------------|
| IV型催化裂化装置单、双动滑阀在提升管催化裂化装置的应用·····                  | 陶行 ( 1 )       |
| 提升管催化裂化装置用 $\varnothing 1100$ 毫米双动滑阀的事故分析及其改进····· | 陆文高 ( 9 )      |
| 提升管催化裂化装置 $\varnothing 1100$ 毫米双动滑阀的使用及改造·····     | 刘秋实 ( 19 )     |
| 各种耐磨材料在催化裂化装置滑阀上的应用其及研究·····                       | 陆文高 ( 26 )     |
| 正流式催化裂化中的塞阀·····                                   | 杜道基 ( 39 )     |
| 滑阀、塞阀高温耐磨材料的试验研究·····                              | 执笔刘惠麟 ( 51 )   |
| 大型零件复杂型面等离子喷焊碳化钨硬质合金的试验·····                       | 陈丽辉 戚达强 ( 60 ) |
| 硫磺回收高温掺合阀的设计和研制·····                               | 朱国安 陆惠彬 ( 68 ) |
| LJ14H80高压角阀阀瓣断裂事故的分析 and 处理·····                   | 张清发 ( 72 )     |
| 柔性石墨的应用·····                                       | 张自强 ( 79 )     |
| 柔性石墨垫片和填料的制作与应用 ( 摘录 ) ·····                       | 胡 芸 ( 87 )     |
| 定压止回阀的改进型——阻尼单向阀 ( 摘录 ) ·····                      | 陆仁泉 ( 88 )     |
| 索特坦公司“D”型球阀及其结构 ( 摘录 ) ·····                       | 何宗炎 ( 89 )     |

# IV型催化裂化装置单、双动滑阀在 提升管催化裂化装置的应用

独山子炼油厂 陶 行

本文第一部份介绍了催化裂化单动滑阀阀板高温耐磨的要求,并阐述了IV型滑阀阀板头采用碳化钨硬质合金的堆焊工艺和使用效果。根据使用催化剂的性质,提出了阀板头几何形状与磨损的关系。第二部份介绍了防止IV型双动滑阀在提升管应用中的变形、双动滑阀的磨损情况和材质要求。

## 一、IV型催化裂化装置单动滑阀阀板用

### 铸造碳化钨的堆焊工艺及使用和磨损情况

#### 1. 单动滑阀工作状况和耐磨性能的要求

单动滑阀是催化裂化装置中调节再生器与反应器压差,达到压力平衡的关键设备。高低并列式催化装置两器高度相距较大,提升管相当于气力输送,斜管则相当于移动床的密相输送。两器压差较同高并列催化装置为大。再生器斜管相当于同高并列式装置的重腿,提升管则相当于轻腿。改变上述两类装置两器压差都可以改变两器催化剂的容量和循环量,但高低并列式装置主要靠改变斜管上滑阀的开度来调节的。因此,单动滑阀起了节流作用。因阀的设计压降为0.3公斤/厘米<sup>2</sup>左右(我厂实际操作压降0.49公斤/厘米<sup>2</sup>,开度31%时节流线速度为8.9米/秒),从而造成阀板磨损。

我厂用的催化剂为LWC—33高铝分子筛微球催化剂,其主要成分、粒度分布、磨损指数见表1。对于阀板头的耐磨性能,必须考虑满足催化剂磨损性很大和操作温度很高的条件,才能正常生产。

#### 2. 铸造碳化钨合金的性质

铸造碳化钨合金有高的耐磨性,其主要组成是WC + W<sub>2</sub>C的共晶组织碳化物。其状态图如图1所示,在WC + W<sub>2</sub>C的共晶点附近熔点低(共晶点熔点2525℃),结晶细且耐磨性比WC强。

表1

| 化 学 成 份 组 成             | % (重) |      |
|-------------------------|-------|------|
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | (干基)  | 24   |
| $\text{Na}_2\text{O}$   | (干基)  | 0.18 |
| $\text{SO}_4^{--}$      | (干基)  | 1.5  |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | (干基)  | 0.08 |
| $\text{RE}_2\text{O}_3$ | (干基)  | 2.4  |
| 灼烧减量                    | (湿基)  | 14.0 |

| 粒度分布(气动筛分) $\mu$ | % (重) |    |
|------------------|-------|----|
| 1.0~20           |       | 3  |
| 2.20~40          |       | 16 |
| 3.40~80          |       | 57 |
| 4.80~110         |       | 19 |
| 5~110            |       | 73 |

| 磨 损 指 数 | 4 |  |
|---------|---|--|
|---------|---|--|

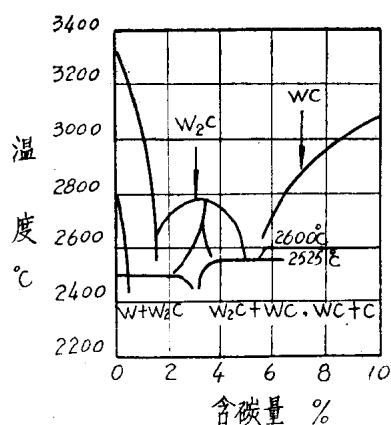


图1 铸造碳化钨合金状态图

铸造碳化钨的化学成份见表2。

铸造碳化钨合金的物理机械性能见表3。

铸造碳化钨合金的红硬性高,在高温下还能保持很高的硬度。如在500℃以下时,其硬度不变;当温度高于500℃时硬度虽有明显下降,但在1000~1100℃时硬度仍有HRA73~76,相当于HB430~477(HRC45~51)。铸造碳化钨合金堆焊试件的高温

硬度测试数据见表 4。

铸造碳化钨合金试件堆焊后的高温硬度曲线见图 2。

表2

| 化 学 成 份    | 含 量 %   |
|------------|---------|
| 钨          | 95~96   |
| 总 碳        | 3.7~4.2 |
| 游 离 碳 (小于) | 0.1     |
| 氯化残渣 (小于)  | 0.25    |

表3

| 物 理 机 械 性 能                       | W C     | W <sub>2</sub> C |
|-----------------------------------|---------|------------------|
| 硬度 (HRA)                          | 93~93.7 | 90~91            |
| 抗压强度 公斤/毫米 <sup>2</sup>           | 156~162 | —                |
| 显微硬度 公斤/毫米 <sup>2</sup>           | 1830    | 3000             |
| 导热性 卡/厘米·秒·度                      | 0.07    | —                |
| 线胀系数 $\alpha \times 10^6$ 毫米/毫米·度 | 5.2     | 1.2              |
| 熔点 度                              | 2600    | 2850             |
| 密度 克/厘米 <sup>3</sup>              | 15.7    | 17.15            |

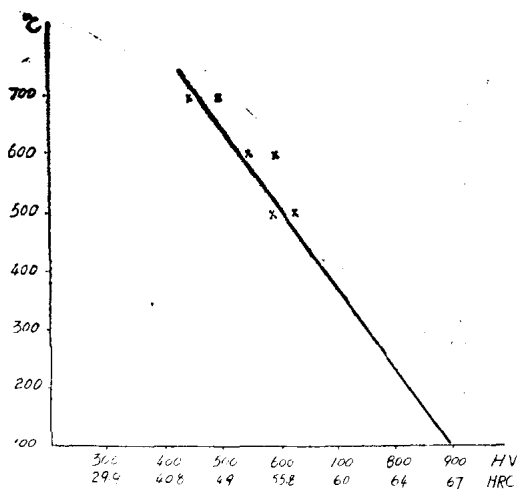


图 2 铸造碳化钨堆焊后试件高温硬度曲线



表4

| 温 度 | 试件编号                          | 硬度HV (相当HRC) | 试件编号                          | 硬度HV (相当HRC) |
|-----|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|
| 500 | A <sub>1</sub>                | 618 (56)     | A <sub>2</sub>                | 598 (53)     |
|     | B <sub>1</sub>                | 571 (53)     | B <sub>2</sub>                | 603 (53)     |
| 600 | A <sub>1</sub>                | 573 (54)     | A <sub>2</sub>                | 420 (44)     |
|     | B <sub>1</sub>                | 540 (52)     | B <sub>2</sub>                | 423 (44)     |
| 700 | A <sub>1</sub>                | 470 (47)     | A <sub>2</sub>                | 190          |
|     | B <sub>1</sub>                | 445 (45)     | B <sub>2</sub>                | 172          |
| 常 温 | A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> | 940 (68)     | A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> | 930 (68)     |

注 试件高温硬度测试数据系北京钢铁研究所测试。

### 3. 铸造碳化钨合金在再生滑阀阀板上堆焊使用概况

由于铸造碳化钨合金具有很高的红硬性，在高温滑阀上使用要比其它合金优越。因此我厂提升管催化裂化再生单动滑阀阀板，从1977年11月开始，一直采用铸造碳化钨合金堆焊。第一次采用电焊与气焊两种形式。经过试用，电焊法堆焊龟裂、气孔均比较严重，使用效果不好，而气焊法堆焊则效果比较好。经过一年（一周期）后检查，还有1~3毫米厚的堆焊合金，若不修复还可以继续使用一年。从1979年起全部采用气焊法堆焊。但为了保证安全生产，还是每个周期检修时作修复堆焊。根据实际使用效果，采用铸造碳化钨合金堆焊阀板时，在流速8~10米/秒、温度630~670℃、压降0.4公斤/厘米<sup>2</sup>、滑阀开度为30%的情况下，堆焊厚度5~6毫米即可以经受1~2年的生产周期，不会磨损基体金

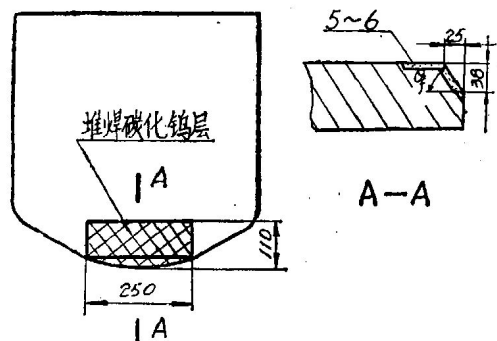


图3 阀板堆焊的几何形状



图4 再生阀板磨损一年后的情况

属。阀板堆焊的几何形状见图3，磨损情况见图4（再生和待生单动滑阀磨损情况相似）。由于铸造碳化钨具有高温硬度，在高温下耐磨性能好的特点，又有成本低，堆焊工艺简单并可重复堆焊，堆焊后可用砂轮磨削修整等优越性，近几年来我厂对于单动滑阀阀板一直采用这一工艺。

#### 4. 铸造碳化钨合金堆焊工艺

（1）堆焊层厚度：根据我厂实际情况，如以二年为一周期，要磨损5～6毫米的厚度。一般气焊堆焊一次厚度为0.75～1.5毫米，需堆焊4～5次。以多次堆焊的厚度好，能够防止气孔和过热现象的发生。

（2）堆焊合金粒度配比：粒度配比试验见表5。从表5可以看出，采用60～80目粒度粘结金属（08钢）与硬质合金的重量比以36/64为宜，其粒度分布均匀度见图5。

表5

| 编号  | 焊层 | 厚度 | 火焰性质         | W C 粒 度                | 粘结金属/WC<br>重量 % | 表面<br>成形 | 内部缺陷          |
|-----|----|----|--------------|------------------------|-----------------|----------|---------------|
| 001 | 2  | 5  | 3~4<br>碳 化 焰 | 10~20目                 | 36.2/63.8       | 较好       | 气孔较多<br>(加硼砂) |
| 002 | 2  | 5  | 3~4<br>碳 化 焰 | 10~20目33%<br>60~80目67% | 32.5/67.5       | 较好       | 气孔较多<br>(加硼砂) |
| 007 | 3  | 5  | 3~4<br>碳 化 焰 | 60~80目                 | 36/64           | 较好       | 气孔较少<br>(加硼砂) |

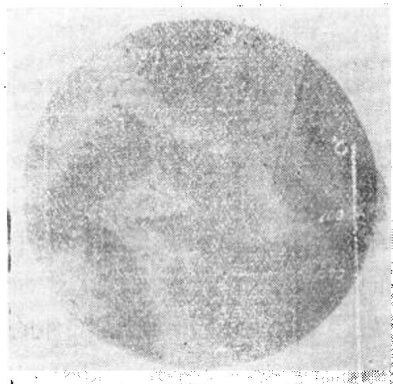


图5 ×100

60~80目。粘结金属/WC为36/46，3~5倍碳化焰。碳化钨硬质合金颗粒分布情况

（3）堆焊材质：我们主要使用的是管装粒状铸造碳化钨合金。用氧—乙炔焰进行堆焊。在堆焊过程中，铸造碳化钨颗粒本身不熔化，而借助于钢管与基体金属熔化后粘结在一起的。堆焊温度一般在1600～1700℃。在这样的温度下，铸造碳化钨合金不会发生相变（从图1状态图可以看出）。

由于堆焊工艺的需要，铸造碳化钨合金经1600～1700℃短时的受热，碳化钨晶粒没有明显的长大。

（4）为了保证堆焊的质量，在堆焊时必须注意的几点：

①堆焊前，堆焊表面要清除油污，锈迹和氧化皮。  
②堆焊时，堆焊表面应平放，防止碳化钨颗粒密集（因碳化钨比重比钢重两倍）。

③堆焊前对阀板采取整体预热，预热温度200～300℃，焊后缓慢冷却，防止焊后裂纹。

④堆焊时基体金属表面预热至“朦胧”状态，直到金属表面从模糊状态变为荧光，形成一层较薄的熔融金属时再进行堆焊。

⑤应用还原焰，采用微过量的乙炔（氧：乙炔 $<1.0\sim1.3$ ），即焊接过程中采用3倍乙炔过剩焰，（产生气孔很少），以防止堆焊表面与堆焊金属氧化。

⑥堆焊过程中，为避免铸造碳化钨颗粒被氧化，焰心与被堆焊工件表面之间的距离应保持3~4毫米。为了尽快地加热堆焊表面，又要避免堆焊表面过热和熔化，应同时预热相邻堆焊部位，焊枪中心线与堆焊表面约成 $15\sim20^\circ$ 的倾角。

⑦堆焊时，要注意乙炔不宜过量太大。即要产生过量的碳，影响堆焊质量，增加孔隙和皮层；同时会降低熔化温度。氧气工作压力 $3\sim3.5$ 公斤/厘米<sup>2</sup>。

⑧在整个堆焊过程中，应注意堆焊温度。温度过高和时间过长，会造成合金颗粒熔化、剥落和产生气孔等现象。此外温度过高，还会促使合金颗粒沉积。堆焊温度过低，会造成熔融物流动性减低，影响基体金属与堆焊层的连接强度。因此必须严格控制堆焊温度和一次堆焊时间。

⑨堆焊件使用一周期后，可用同一工艺堆焊修复。

⑩焊后可以用砂轮磨削修整。

#### 5. 阀板头几何形状与磨损的关系

单动滑阀阀板磨损部位主要是阀板头。其磨损除与操作温度、催化剂性质、流速有关外，还与阀板的几何形状有关。从阀板头的磨损情况看，其磨损线（近似直线）与水平线的夹角，接近于催化剂的内磨擦角 $Q_t$ ，见图3。

我厂催化剂装在一直立的容器内（底部有孔板），作内磨擦角试验时，其磨擦角 $Q_t$ 约为 $56^\circ$ 。

阀板头的斜角采用了 $56^\circ$ 。这样，阀板的磨损主要是由于催化剂的摩擦，而冲刷很小，因而磨损少。

## 二、IV型催化裂化装置双动滑阀用于提升

### 管催化裂化再生器的情况

再生器产生的烟气温度为 $650\sim700^\circ\text{C}$ ，烟气中夹带着未能净化的催化剂粉尘（ $0.2$ 克/标米<sup>3</sup>）通过双动滑阀排入大气，其催化剂粒度分布见表6。

再生器的压力通过调节双动滑阀的开度控制。根据以上生产工况对双动滑阀各部件的机械性能提出以下的要求：

（1）各部件在 $650\sim700^\circ\text{C}$ 时不发生严重变形而影响控制 and 操作。

（2）含有催化剂粉尘的烟气通过双动滑阀，其磨损正常。

根据以上要求采取如下措施：

（1）提高阀体的壁温，补偿内部固定件的线膨胀量。我厂将阀体内壁耐磨隔热衬里厚度改为50毫米后实测壁温为 $320^\circ\text{C}$ 左右（平均值），阀体材质为20g，在使用的温度范围内，机械强度没有问题。由于提高了阀体壁温，内部部件膨胀量的很大一部份得到壳体补偿，一小部份由结构补偿。双动滑阀使用三年内部部件无明显的变形和磨损，操作灵活，

表6

烟气含催化剂粒度分布

| 粒 度 $\mu$ | 累 计 百 分 数 | 粒 度 $\mu$ | 累 计 百 分 数 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| >38.55    | 1.30      | >6.63     | 84.65     |
| >30.76    | 2.30      | >5.27     | 88.25     |
| >24.41    | 7.96      | >5.03     | 89.23     |
| >19.57    | 19.77     | >4.00     | 91.52     |
| >15.53    | 39.35     | >3.17     | 92.83     |
| >12.33    | 55.80     | >2.59     | 94.19     |
| >10.00    | 69.33     | >2.15     | 96.47     |
| > 8.00    | 79.39     | >1.70     | 97.35     |
|           |           | >1.44     | 98.41     |

未更换过一个零件。

(2) 在双动滑阀出口增设了三层降压孔板, 降低了双动滑阀前后的压差, 在通常开度40~50%时, 双动滑阀前后压差为0.55公斤/厘米<sup>2</sup> (平均值)。

三层降压孔板压降分别是: 第一层0.14公斤/厘米<sup>2</sup>; 第二层0.35公斤/厘米<sup>2</sup>; 第三层0.31公斤/厘米<sup>2</sup>。从而降低了烟气通过阀板的流速, 减少了阀后涡流, 改善了双动滑阀的工况。

#### 几点看法

(1) 气流通过阀板孔流动情况: 气流在管道中流动, 根据空气动力学的原理将产生边界效应。即气体沿着通流部份截面的速度分布是不均匀的。可分为两部份, 通道中间是主气流, 靠近通道壁面有一层不厚的边界层。边界层中气流速度从壁面处等于零逐渐增加至主气流的速度。流动摩擦损失主要集中在边界层中, 摩擦能量损失的大部份也集中在边界层中, 这样边界层的气流与壁面相对流动摩擦能量损失理论上是零, 实际上也是极微的。

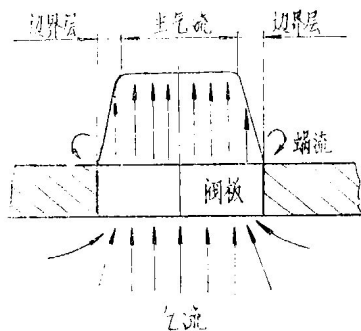


图 6

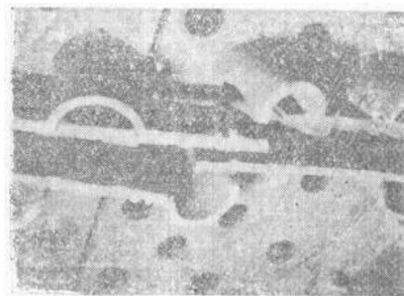


图 7

根据这个道理，双动滑阀节流孔气流和速度分布示意图见图6。

从图中可以看出，在阀的孔板前气流以球面方向会聚到孔板处，速度不高。对阀板不能形成冲刷；气流进入孔中边界部份由于边界效应，边界层流体与壁的相对速度很低，磨损轻微；中间主气流部份虽速度较高，但不与孔壁接触。总之气流对阀板造成的磨损和冲刷均很轻微。从我厂双动滑阀使用三年的情况来看，阀板头上的倒角和各几何形状均完整，无明显损伤。

图7是降压孔板与孔板横梁冲刷情况。孔板的孔无明显的磨损和冲刷，但挡住孔板孔出口的横梁被切断。从这一典型例子，证实了以上的分析。

(2) 冲刷磨损：是夹带尘粒的高速气流冲击物体而造成的磨损，磨损是非常严重的。例如降压孔板孔出口线速达200~210米/秒，尘粒平均直径为 $12\mu$ ，每粒粉尘的动能约 $6.15 \times 10^5$ 焦耳。如以烟气含尘0.2克/标米<sup>3</sup>计，即每秒钟孔内以0.1公斤·米动能的粉尘冲击横梁，同时催化剂高温硬度比金属要高数倍，因此造成在很短时间内将横梁冲断。

从横梁冲断分析，对于阀门的设计要尽量避免有冲刷的可能性，如取消或减少导轨、阀座圈的松动蒸汽，以免除或减少冲刷；如果存在不可避免的冲刷部位，除从几何形状改善外，还需要一层具有高温硬度和耐冲刷层；尽量降低阀板前后的压差。减少阀后涡流和降低流速。

(3) 材质：对于气流节流控制阀门在高温下都要具有抗氧化性，除固定螺丝要有较高的高温机械强度性能，防止高温应力松弛而发生松动外，其它零部件的机械性能无特殊要求，即高温下有适量的机械强度防止变形就可满足需要。阀板头高温硬度也无特殊要求，一般耐高温的材质不需硬化处理即可满足工况要求。

我厂使用的双动滑阀的阀板、阀座、阀杆、导轨和联接阀座与导轨的双头螺栓材质为25Cr2MoVA，阀体为20g。

# 提升管催化裂化装置用 $\phi 1100$ 毫米

## 双动滑阀的事故分析及其改进

北京石油设计院 陆文高

本文对提升管催化裂化装置初次使用的 $\phi 1100$ 毫米双动滑阀在使用中的问题作了详细分析,在此基础上改进了原滑阀的结构并设计了新的双动滑阀,都取得了良好的效果,可以满足操作要求。

### 一、 $\phi 1100$ 毫米双动滑阀的设计概况

在分子筛催化剂的提升管催化裂化装置上,双动滑阀的作用和IV型催化裂化装置一样,用于控制两器(再生器和反应器)压差或再生器内的烟气的压力。由于滑阀的操作压力和温度均比IV型的要高,因此滑阀的设计不论从结构型式、材料选择到耐磨方式的考虑均不同于IV型装置的滑阀。

我院于1977年8月完成了 $\phi 1100$ 毫米气动调节风动双动滑阀的施工图设计工作,该阀与 $\phi 820$ 毫米气动调节风动单动滑阀配套,适用于120万吨/年的提升管催化裂化装置。

$\phi 1100$ 双动滑阀的技术特性如下:

|        |                       |
|--------|-----------------------|
| 设计压力   | 2.4kg/cm <sup>2</sup> |
| 设计温度   | 700℃                  |
| 设计压差   | 2kg/cm <sup>2</sup>   |
| 全开口径   | 650×500mm             |
| 全开面积   | 3250cm <sup>2</sup>   |
| 阀杆最大行程 | 325mm                 |
| 风动马达功率 | 2.5HP                 |
| 出轴转速   | 38.05rpm              |
| 开(关)时间 | 43sec                 |
| 灵敏度    | 1/400                 |
| 精确度    | 1/100                 |

$\phi 1100$ 毫米双动滑阀的驱动和控制部分与IV型装置的滑阀相同,其阀体部分的结



衬里,其端部装有一条用螺栓连接的表面喷焊硬质合金的“阀舌”。导轨为L型,与阀板一样,滑导部分采用渗硼处理。这些耐磨措施都是为了抵御高温烟气中含有的催化剂对它们的冲蚀。

导轨和座圈采用T型螺栓与阀体连接,这是为了防止螺栓与螺母咬死后影响拆卸而选择的一种结构型式。

主要零部件(阀体、阀板和导轨等)的材质均采用耐热铸钢Cr5Mo,阀体内的连接螺栓为1Cr18Ni12Mo2Ti。考虑到这二种材料的线胀系数不同,1Cr18Ni12Mo2Ti的线胀系数 $\alpha$  ( $700^{\circ}\text{C} = 18.2 \times 10^{-6}$ )比Cr5Mo ( $705^{\circ}\text{C} = 13.1 \times 10^{-6}$ )大,高温时螺栓的伸长比被连接的导轨等零件大,螺栓会松动,为此在导轨的连接螺栓上采用1Cr18Ni9Ti的补偿套(见图1)来消除它们之间的膨胀差。

1977年该阀由兰州炼油厂机械厂制造完毕,先后在荆门、浙江两炼油厂的催化裂化装置上使用。

## 二、荆门炼油厂的事故情况

荆门炼油厂的催化裂化装置于1979年6月进行改造,采用了这套 $\varnothing 1100$ 毫米双动滑阀,但因烟气必须自下而上通过滑阀,并且滑阀节流口的尺寸从 $650 \times 500$ 毫米缩小至 $560 \times 410$ 毫米以满足工艺的要求,为此我院对该滑阀进行了如下的修改:

1. 驱动和控制部分不变,把阀体部分整体翻转 $180^{\circ}$ ,以适应烟气自下而上地通过滑阀;

2. 取消节流锥,改为如图2所示的阀口型式,使节流口的尺寸缩小到工艺要求的尺寸。

该阀于1979年7月28日随装置投入生产,曾发生二次严重故障,致使装置被迫停工。第一次发生在8月19日,累计运行20来天,因东侧阀板脱离了导轨(图3),将阀杆别弯(图4),使滑阀不能调节,迫使装置停工。另外还发现:

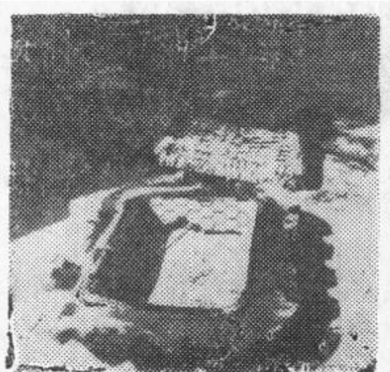


图2

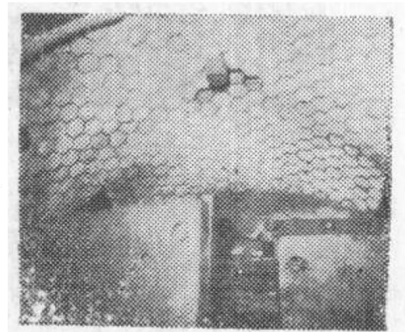


图3

1. 连接导轨和座圈的T型螺栓有3条被带催化剂的烟气吹断,其余的螺栓表面也存



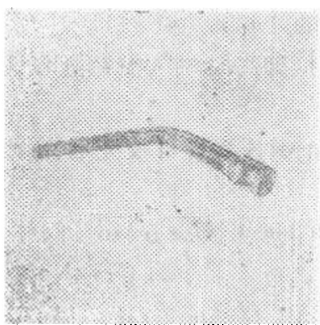


图 4

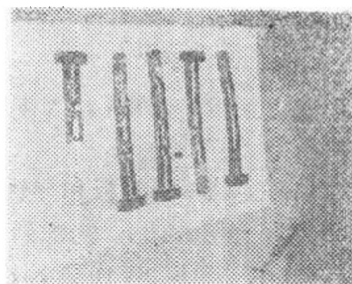


图 5

在严重的冲蚀沟槽（图 5）；

2. 导轨冲蚀也很严重，靠近阀口中间的部位冲蚀达 20~30 毫米深，除沿中心方向拱起外，还发生扭曲变形（图 6）；

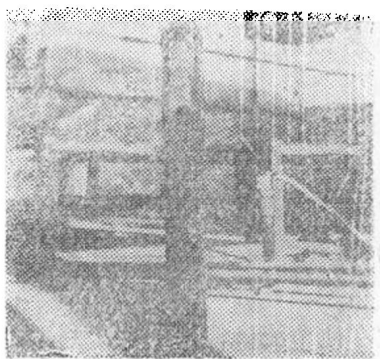


图 6

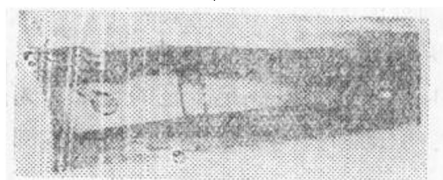


图 7



图 8

3. 阀体内固定座圈的平板沿气流方向凸起达 4 毫米；

4. 座圈沿气流方向凸起变形达 10 毫米左右（图 7）；

5. 阀板沿气流方向拱起，最大弯曲达 13 毫米左右（图 7），两侧滑导部分有明显的冲蚀痕迹；

6. 阀板端部连接阀舌的固定螺栓被催化剂冲断两条，阀舌弯曲变形达 15 毫米以上（图 8），沿轴向间隔 40~50 毫米有裂纹数条，表面有较深的冲蚀刻痕。

第二次发生在 10 月 7 日，累计运行 17 天，情况和第一次差不多，在此不予赘述。