

# Discussion on the Optimization of the Sulfur Equipment Production Process in the Refinery

Yaxiang Lin

Operates Nine Departments, CNOOC Ningbo Daxie Petrochemical Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315812, China

## Abstract

With the deep secondary processing of sulfur crude oil and low sulfur oil production, a large amount of H<sub>2</sub>S acid gas is produced. In order to maintain the sustainable development of the refinery and adapt to the requirements of increasingly strict national environmental protection standards, the sulfur recovery device is optimized and transformed to meet the requirements of pollutant emission standards and realize the high-quality development of green environmental protection.

## Keywords

sulfur recovery unit; low load; process; optimization

## 炼厂硫磺装置生产工艺的优化探讨

林亚祥

中海石油宁波大榭石化有限公司运行九部, 中国·浙江 宁波 315812

## 摘要

随着大型炼厂对含硫原油深度二次加工和低硫油品的生产, 产生了大量富含H<sub>2</sub>S酸性气体。为了保持炼厂的可持续性发展和适应日益严格的国家环保标准的要求, 对硫磺回收装置进行优化、改造, 满足污染物排放标准要求, 实现绿色环保高质量发展。

## 关键词

硫磺回收装置; 低负荷; 工艺; 优化

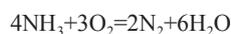
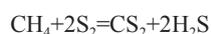
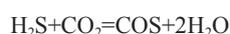
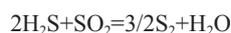
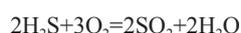
## 1 引言

硫磺回收装置作为炼厂配套的环保装置, 为环境保护发挥着重要的作用, 有着较大的环保效益和社会效益。论文重点介绍了硫磺工艺优化、技术革新等系列改进, 实现了装置能够在超低负荷状态下污染物排放达标运行。

## 2 硫磺的生产原理

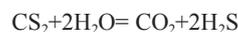
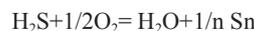
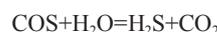
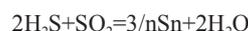
### 2.1 反应炉工艺原理

酸性气与空气混合, 在反应炉内硫化氢与空气中的氧反应生成 S<sub>x</sub> 和 SO<sub>2</sub>, 反应如下:

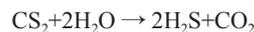
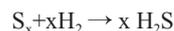
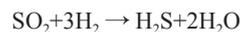


### 2.2 催化转化反应

H<sub>2</sub>S 与 SO<sub>2</sub> 继续进行催化转化反应, 同时 COS、CS<sub>2</sub> 发生水解反应。反应如下:



### 2.3 尾气加氢还原反应



## 3 硫磺回收装置问题

### 3.1 低负荷问题

某硫磺装置自投产以来一直处于低负荷运行状态, 见表 1。

从表 1 可以看出, 硫磺装置自开工运行以来, 生产负荷基本在 20%~50% 之间, 这就给生产带来了诸多困难。

【作者简介】林亚祥 (1968-), 男, 中国吉林舒兰人, 本科, 高级工程师, 从事炼油、化工新技术研究及应用等研究。

从表2可以看出,硫磺制硫炉温度在含氨酸性气存在的情况下达不到烧氨条件,容易造成后路堵塞。一级反应器达不到水解条件,造成有机硫带到焚烧炉燃烧,造成烟囱排放超标。

表1 硫磺装置运行负荷

| 项目    | 单位   | 设计   | 2016.10 | 2017.7 | 2018.7 | 2019.7 |
|-------|------|------|---------|--------|--------|--------|
| 原料加工量 | kg/h | 2100 | 1050    | 500    | 980    | 650    |
| 硫化氢含量 | %    | 85   | 60      | 65     | 60     | 60     |
| 生产负荷  | %    | —    | 50      | 23     | 46     | 30     |

表2 低负荷状态制硫炉温度和反应器温度

| 项目      | 单位                  | 设计        | 低负荷       | 采取措施后     |
|---------|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| 制硫炉温度   | ℃                   | 1250-1350 | 1100-1200 | 1260-1280 |
| 一级反应器温度 | ℃                   | 300-320   | 280-290   | 290-300   |
| 二级反应器温度 | ℃                   | 240-260   | 240-250   | 240-250   |
| 加氢反应器温度 | ℃                   | 240-260   | 240-260   | 300-310   |
| 烟囱二氧化硫  | mg/N m <sup>3</sup> | < 100     | 150       | 50        |

### 3.2 开停车时的排放超标问题

硫磺停工吹硫期间和正常生产系统波动时的环保排放依然是困扰着硫磺装置的一大难题。硫磺回收装置在停工时一般要对制硫单元进行吹硫操作,二氧化硫排放浓度可高达30000mg/m<sup>3</sup>,对环境影响巨大。

## 4 流程优化方案

### 4.1 采用氢气伴烧

硫磺回收装置一直处于低负荷生产状态,当上游装置加氢或DCC装置降量生产或停工检修时,硫磺需要伴烧生产,使用瓦斯伴烧时,容易在配风不足的情况下积碳,对后路造成影响<sup>[1]</sup>。为了防止上述现象,对两系列制硫炉分别增加一条氢气伴烧管线,并增加相应的调节系统,具体见表3。

表3 氢气用量和酸性气量、制硫炉温度表

| 时间                      | 7.21 | 7.22 | 7.23 | 7.24 | 7.25 | 7.26 | 7.27 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 氢气量 Nm <sup>3</sup> /h  | 23.6 | 25.2 | 24.7 | 24.8 | 25.2 | 24.5 | 0    |
| 酸性气量 Nm <sup>3</sup> /h | 902  | 824  | 802  | 861  | 865  | 882  | 1336 |
| F201 温度℃                | 1259 | 1262 | 1271 | 1265 | 1262 | 1258 | 1270 |

从上表可以看出,当上游装置出现异常工况,清洁酸性气流量低于800Nm<sup>3</sup>/h,制硫炉温度会低于1250℃,通过采用氢气伴烧,提高温度,可以满足低负荷状况下的生产需要。

### 4.2 采用热氮吹硫新工艺

硫磺停工吹硫新工艺与传统“瓦斯吹硫”工艺、“酸气完全燃烧吹硫”工艺的区别主要有以下几点:

①无副反应,对系统及吹硫效果不会产生其他影响。

②用热氮气吹硫,不易与制硫系统过程气体及硫磺发生化学反应,工艺操作容易控制,彻底实现装置停工期间全过程烟气达标排放和钝化期间系统超温的安全难题。

### 4.3 硫磺回收装置停工吹硫新工艺应用效果

1#制硫系统停工采用吹硫新工艺,由于2#制硫系统在正常运行,此次停工吹硫尾气不进入加氢反应器,直接进通过焚烧炉后进入尾气脱硫处理系统。

采用新工艺吹硫,从图1中可以看出,硫磺尾气排放二氧化硫含量数值在20mg/m<sup>3</sup>左右,远远低于其他硫磺回收装置采用“瓦斯吹硫”和“酸气完全燃烧吹硫”时的尾气排放二氧化硫含量,彻底实现装置停工期间全过程烟气净化和达标排放<sup>[2]</sup>。

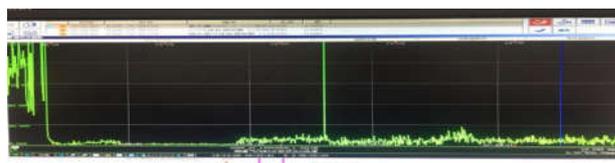


图1 停工吹硫新工艺的二氧化硫排放数据

此外,也避免了“酸气完全燃烧吹硫”造成反应器床层严重超温现象的发生,延长了催化剂的使用寿命。

## 5 结语

①低负荷工况下采用氢气伴烧,避免催化剂积碳堵塞,满足低负荷工况下烧氨的要求。

②采用停工热氮吹硫新工艺尾气排放二氧化硫含量数值基本在国家规定特别排放限值以下,远远低于其他硫磺回收装置采用“瓦斯吹硫”和“酸气完全燃烧吹硫”时的尾气排放二氧化硫含量,达到最新排放标准要求<sup>[3]</sup>。

③采用吹硫新工艺效果良好,时间可控,达到了预期目的。为同行业交流提供实践经验,是一种优越的新工艺,适合推广。

### 参考文献

- [1] 汪家铭.硫磺回收尾气处理技术进展及应用[J].石油化工技术与经济,2010,26(5):57-62.
- [2] 温崇荣,段勇,朱荣海,等.我国硫磺回收装置排放烟气中SO<sub>2</sub>达标方案探讨[J].石油与天然气化工,2017(1):1-7.
- [3] 陈康良,肖学兰.克劳斯法硫磺回收工艺技术[M].北京:石油工业出版社,2007.