

尾气超重力脱硫系统新工艺的应用

逯玉龙 中海石油宁波大榭石化有限公司

【摘要】2018年11月大榭石化硫磺回收联合装置试运行超重力尾气脱硫相关设备，并在停工和正常生产期间烟气二氧化硫排放控制指标上取得理想的效果。试运行期间出现部分问题，已经通过优化处理得到解决，并运行正常。正常生产期间，制硫部分尾气进焚烧炉燃烧后尾气由直接排放烟囱改至硫磺超重力脱硫治理装置，先后通过烟气换热器、急冷塔、超重力脱硫装置、节水装置净化后排放烟囱，从而实现烟气达标排放。停工期间，制硫部分吹硫尾气不进焚烧炉燃烧，直接通过急冷塔顶进入硫磺尾气超重力脱硫治理装置，也实现了硫磺装置停工期间全过程烟气达标排放。

【关键词】尾气脱硫；烟气换热器；急冷塔；超重力机；节水装置；优化处理方案；达标排放

【DOI】10.12316/j.issn.1674-0831.2022.03.030

前言

硫磺回收装置由镇海工程有限公司设计，装置设计规模为3万吨/年，操作弹性为30%~110%，年操作时间为8400小时。硫磺装置由 Claus 制硫系统、尾气处理系统、尾气焚烧系统、液硫脱气系统组成。设计烟气SO₂排放浓度小于400mg/Nm³，生产实际烟气SO₂排放浓度小于100mg/Nm³。这套组成系统确实使稳定生产期间烟气SO₂的排放达到了当前严格的环保要求指标，但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。

一、硫磺回收烟气超重力脱硫系统简述

1. 超重力技术原理

超重力工程技术的基本原理是利用超重力条件下多相流体系的独特流动行为，强化相与相之间的相对速度和相互接触，从而实现高效的传质传热过程和化学反应过程。获取超重力的方式主要是通过转动设备整体或部件形成离心力场，涉及的多相流体系主要包括气—固体体系和气—液体系。

2. 超重力机的工作原理

气相经气体进口管由切向引入转子外腔，在气体压力的作用下由转子外缘处进入填料。液体由液体进口管引入转子内腔，经喷头淋洒在转子内缘上。进入转子的液体受到转子内填料的作用，周向速度增加，所产生的离心力将其推向转子外缘。在此过程中，液体被填料分散、破碎形成极大的、不断更新的表面积，曲折的流道加剧了液体表面的更新。这样，在转子内部形成了极好的传质与反应条件。液体被转子抛到外壳汇集后经液体出口管离开超重力机。气体自转子中心离开转子，由气体出口管引出，完成传质与反应过程。

3. 脱硫流程简述

本脱硫系统包括五部分，分别为：烟气换热器系统、吸收剂补充系统、超重力脱硫系统、节水系统、仪表控制系统。

(1) 烟气换热器系统

焚烧炉烟气管路经过烟气换热器降温后，从预吸收器进口法兰进入脱硫处理系统。

(2) 吸收剂补充系统

脱硫剂采用液态烧碱，由厂区酸碱站供给，通过管道将液态烧碱送至本项目烧碱储罐备用。使用时通过非净化风加压使烧碱经计量流量计后，将烧碱投加至循环箱，然后用泵送入超重力反应器内。碱液管道内应保证始终供应一定压力的碱液，碱液补充由高位槽碱液进料调节阀控制。

(3) 超重力脱硫系统

自装置外来的碱液先进入碱液罐，吸收液经循环泵升压后分成二路，一路至超重力反应器入口预喷淋器部分急冷烟气，第二路至超重力反应器进液口，在超重力机内腔体及旋转填料床内与烟气逆向接触。在脱硫系统中，来自前系统的200℃烟气先经过预喷淋段的急冷降温，然后进入超重力反应器，脱硫液与烟气充分接触，对烟气进行洗涤。烟气中的酸性气体在脱硫液的液滴表面完成传质传热的化学过程，最后进入脱硫液中。反应器入口处的洗涤液及喷淋的洗涤液与烟气接触后自流至脱硫液循环罐。烟气从超重力反应器出来进入节水系统。维持超重力反应器脱硫液的pH值在7左右。脱硫液不断循环，新鲜的脱硫液进入系统中和，吸收了酸性气体的脱硫液，当循环箱中的脱硫液密度达到1200kg/m³时，部分脱硫液被泵送出至外装置进行废水处理。

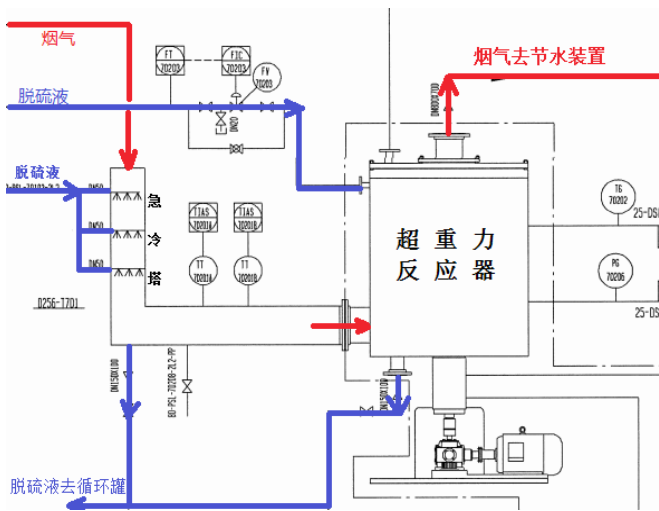


图1 超重力脱硫工艺原理示意图

（4）节水系统

经超重力脱硫后的烟气进入节水装置进行换热降温，烟气温度降温 53°C 。同时将烟气中雾滴经除雾器进行去除。节水装置分为三段，最底部为循环池区，降温后的液体收集在该区域，再通过节水循环泵循环至降温区。循环池内设置换热设备，通过引入厂区循环水将循环池内热量带出。节水装置中段为降温区，通过气液接触，烟气温度降低，同时该区域可作为超重力机后的脱硫补充，开停机时，加大该区碱液补充，确保烟气达标排放。节水装置上部设置除雾器区，将烟气中雾滴降至 $75\text{mg}/\text{m}^3$ ，以减轻后部烟气带水问题。

节水系统降温冷凝出的水以及除雾器冲洗的水通过管道溢流至超重力机，作为超重力机的系统补水，已确保系统水平衡。

（5）仪表控制系统

整个超重力脱硫装置的检测和控制调节仪表，包括就地远传仪表、分析仪表和主要模拟量控制回路。

就地远传仪表：包括压力表、液位计等。分析仪表：超重力脱硫机设置循环脱硫液pH计，用以测量pH值，以控制碱液的加入量；循环槽设置密度计，用以测量脱硫液密度，到设定的一定密度时，打出部分液体，加水，以控制脱硫液密度。

主要模拟量控制回路：pH值—液碱供应量控制回路，脱硫液液位—加水量控制回路，脱硫液液位—排放量控制回路，脱硫液密度—排放量控制回路。

二、超重力系统投用试运行出现的问题和优化处理方案

1.超重力机漏润滑油

超重力机润滑油站启动，由润滑油泵向超重力机轴承箱内注润滑油，直到润滑油站回油口有润滑油流出，

超重力机轴承润滑油系统投用正常并开始循环。此时从超重力机油封盖板处往下流润滑油。

（1）问题原因

超重力机润滑油站回油口管线配置位置过高，这样就必须使轴承箱内的润滑油全部注满，然后通过润滑油泵的压力才能使润滑油从回油口流出，因轴承箱内压力过高，使油封盖板破裂，润滑油流出。

（2）优化处理方案

将超重力机润滑油回油管线重新配置，由原来高过头顶的位置改至平贴平台地面，并加槽钢保护，进行酸洗处理后回装。超重力机更换油封盖板后，漏油现象消除，润滑油泵负载降低，润滑油回油更流畅。

2.节水装置液位持续下降

超重力脱硫系统运行时，节水装置液位一直下降，需要持续补新鲜水，造成循环液浓度降低。

（1）问题原因

烟气入口距离降温喷洒口较近，节水装置循环液经过循环泵注入降温区，由于注入口是喷洒方式，从而使部分循环液直接喷洒到烟气入口上方管壁，顺着管壁由烟气逆流到超重力机内。

（2）优化处理方案

在烟气入口和节水装置法兰连接处加入直径 15cm 的环形挡液板，既能有效阻挡循环液逆流，又不妨碍烟气正常流通。

3.脱硫液罐液位持续上涨

超重力脱硫系统正常运行时，脱硫液罐液位持续上涨，需要一直外送，造成外装置负荷过大。

（1）问题原因

P-701泵为超重力装置循环泵，是将脱硫液罐内的液体注入超重力机和急冷塔，然后再溢流回脱硫液罐。而P-701机封冷却系统入口为除盐水，给机封冷却完之后直接进入脱硫液系统内，这就使得外部冷却除盐水持续不断的进入脱硫液系统内造成液位升高。

（2）优化处理方案

从P-701出口配置一根接到机封冷却水入口的管线，用脱硫系统内部水作为冷却水对机封进行冷却，然后再进入脱硫液系统。既能冷却机封，又不会使脱硫液罐液位升高。

三、超重力系统投用后的净化处理

1.超重力脱硫净化装置投用前后正常生产时烟气 SO_2 的排放

2018年11月之前大榭石化硫磺装置烟气超重力脱硫

净化系统还没有投用，装置正常生产期间烟气在线分析仪二氧化硫含量数据如下：

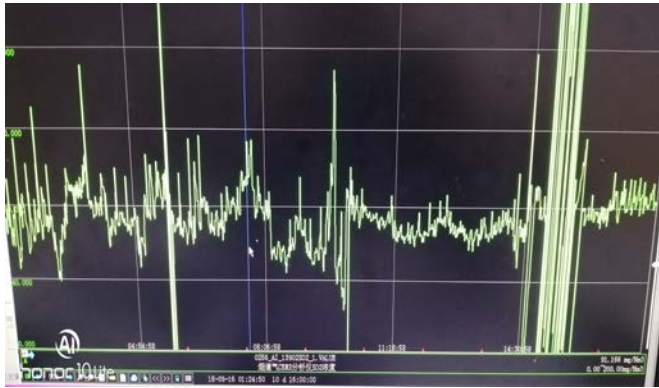


图2 正常生产期间二氧化硫排放数据

从图中可以看出：2018年11月之前制硫系统正常运行期间，硫磺尾气排放二氧化硫含量数值在90mg/m³左右，而且波动严重，甚至会出现尾气二氧化硫排放超指标。

2019年3月之后大树石化硫磺装置烟气超重力脱硫净化系统投用，装置正常生产期间烟气在线分析仪二氧化硫含量数据如下：

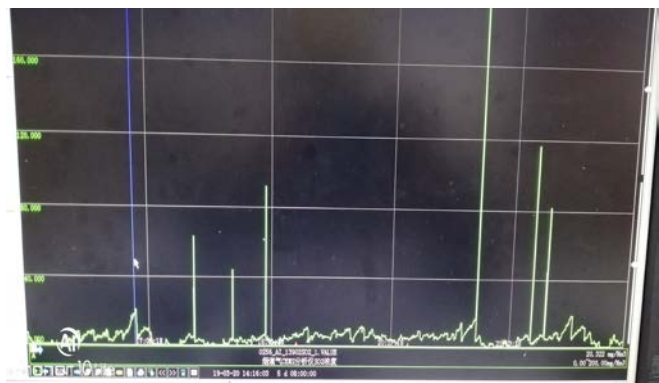


图3 正常生产期间二氧化硫排放数据

从图中可以看出：2019年3月之后制硫系统正常运行期间，硫磺尾气排放二氧化硫含量数值在20mg/m³左右，而且相对稳定，不会出现尾气二氧化硫排放超指标。

2.超重力脱硫系统投用时停工期间烟气SO₂的排放

2018年12月大树石化硫磺装置停工，吹硫期间烟气排放二氧化硫含量低至20mg/m³以下；在2019年3月，1#制硫系统停工，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烟气超重力脱硫处理系统。在1#制硫系统停工吹硫，2#制硫系统正常运行的情况下，烟气二氧化硫含量约在50mg/m³以下，达到了最新环保法的要求，彻底实现装置停工期间全过程烟气净化达标排放和钝化期间系统超温的难题。

2018年12月大树石化硫磺停工吹硫，烟气在线分析仪二氧化硫含量数据如下：



图4 停工吹硫烟气经超重力脱硫净化后二氧化硫排放数据

采用超重力脱硫系统，从图中可以看出12月1日至12月5日吹硫期间，硫磺尾气排放二氧化硫含量数值在20mg/m³左右，远远低于其他硫磺回收装置的尾气排放二氧化硫含量。

2019年3月硫磺回收装置1#制硫系统停工吹硫期间，烟气在线分析仪二氧化硫含量数据如下：

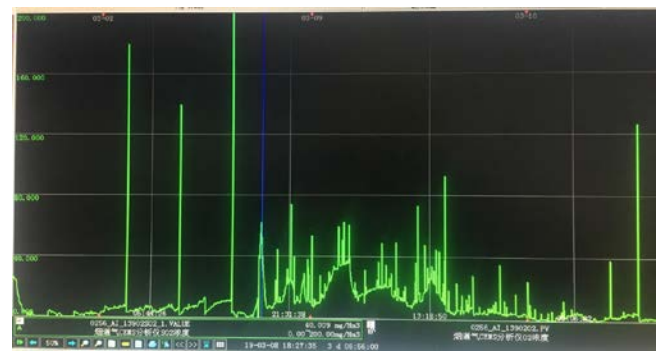


图5 1#制硫系统停工吹硫烟气经超重力脱硫净化后二氧化硫排放数据

从图中可以看出：3月7日至3月10日1#制硫系统停工吹硫，2#制硫系统正常运行期间，硫磺尾气排放二氧化硫含量数值在40mg/m³左右，远远低于其他硫磺回收装置的尾气排放二氧化硫含量。

四、结论

第一，硫磺回收尾气超重力脱硫净化系统设备运行稳定，从2018年12月停工投用到现在，没有出现任何振动和异响。第二，采用尾气超重力脱硫净化系统，在正常生产期间排放SO₂含量数值稳定，没有大范围波动，达到预期效果。第三，采用超重力脱硫净化系统，在停工吹硫期间排放SO₂含量数值基本在国家规定特别排放限值以下，达到最新排放标准要求。

参考文献：

- [1]王柏林, 袁纪文, 李崇.超重力技术在硫酸装置尾气脱硫中的应用效果[J].硫磷设计与粉体工程, 2011, 4:31-34.
- [2]陈建峰.超重力技术及应用—新一代反应与分离技术[M].化学工业出版社, 2003.
- [3]王 俊.超重力烟气脱硫工艺研究[D].北京: 北京化工大学, 2009.