

氨法脱硫工艺研究

吴雪琴 (西安航天源动力工程有限公司, 陕西 西安 744000)

摘要: 目前, 氨法脱硫工艺已经广泛应用于国内外化工、火电厂中小型机组领域当中, 并发挥着不可替代的作用。在我国提高了大气污染物排放监测标准之后, 氨法脱硫工艺也需要得到进一步的优化与改进。基于此, 本文利用 Aspen Plus 软件模拟实际情况, 对氨法脱硫工艺进行了详细的分析, 以供参考。

关键词: 氨法脱硫工艺; 物性选择; 灵敏度

氨法脱硫工艺的应用具有一定的典型性, 是液体与气体相接触的过程。这一过程既包含物理吸收, 又涉及到了化学吸收, 同时还伴随着各种复杂的化学反应。利用 Aspen Plus 软件模拟实际工况, 可以对氨法脱硫工艺进行深入的研究, 进而了解氨法脱硫工艺的实际运行情况以及各种操作条件对脱硫效率的影响。而这, 就可以为现阶段氨法脱硫工艺的改进与优化提供指导性作用。

1 模拟工况及模型建立

1.1 模拟工况

利用 Aspen Plus 软件模拟实际情况, 将烟气温度控制在 155℃, 将烟气压力控制在 3876Pa (G)。烟气主要由 SO₂、O₂、N₂、CO₂ 等组成。其具体组成如表 1 所示。

表 1 烟气工况

组分	体积流量 Nm ³ /h	体积百分比
CO ₂	45769.3	0.122403482
SO ₂	319.2	0.000853656
N ₂	278368	0.744456
H ₂ O	27029.4	0.0722864
O ₂	22435.3	0.06
实际烟气流	373921	1

表 2 吸收剂参数

吸收液量 kg/h	吸收液温度	NH ₃ %	H ₂ O%
3003	25	20	80

1.2 模型假定

为了简化模拟过程, 方便计算收敛, 现对过程做了如下简化: 假定烟气中参加反应的为 SO₂ 和 CO₂, 不考虑 SO₃、卤化氢及烟尘的影响; 不考虑固体和盐析;

由于实际工艺复杂, 将塔分成三个模块进行模拟, 分别为浓缩段 B2、吸收段 C101 和水洗段 B1; 吸收段回流管线经过混合器 MIXER 与氨水充分混合后, 进入氧化槽 REACTOR 进行氧化反应, 氧化后的产物由于含有少量气相, 经 FLASH 模块分离后, 回塔浓缩, 得到产品。

1.3 模型建立流程

1.3.1 模型建立

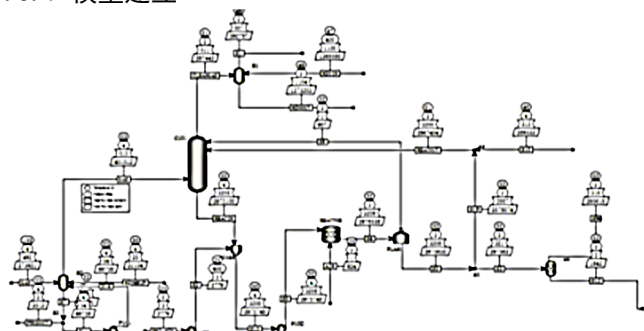


图 1 Aspen Plus 软件建立模型

利用 Aspen Plus 软件模拟实际情况, 建立模型如图 1 所示。

1.3.2 物性选择

由于系统含有电解质组分参与反应, 需要选择电解质物性模型作为流程模拟的全局物性模型。利用 Aspen Plus 调用二元交互参数、电解质对等内置参数。然后选择参与电解质反应的组分, 筛选反应产物, 得到一系列电解质反应方程式, 根据前述假定, 筛选合适的反应方程式。

1.4 模拟结果与讨论

烟气进入浓缩段, 饱和降温后带走 22t/h 水量进入吸收段。在吸收段与吸收剂进行中和反应, 吸收段补水 5t/h; 吸收段的循环量根据实际工况中 3200t/h 设计给定, 但根据计算结果分析, 此处给定的循环量过大, 重新修正模型后发现, 当循环量为 2148t/h 可满足处理要求。

1.4.1 吸收剂流量度出口烟气中 SO₂ 及 NH₃ 含量的影响

保持其他条件不变, 通过调节液相进料物流 NH₃-H₂O 的流量, 来考察吸收剂流量变化对吸收塔吸收 SO₂ 效果的影响情况及氨逃逸情况。首先, 刚开始出口烟气中 SO₂ 的百分含量, 随着液相进料中 NH₃-H₂O 流量的增大而迅速下降, 当 NH₃·H₂O 流量达到 2.5t/h, 出口气体中 SO₂ 含量的下降幅度大幅度减少, 即自变量对因变量影响的灵敏度大幅度下降。在不灵敏区, 一味增大操纵变量, 对改变因变量的作用不大。所以, 在实际工程操作中, 灵敏度分析可以指导工艺参数的优化, 对降低能耗与原料浪费, 有着重要的指导意义^[1]。

在本项目中, 当 NH₃·H₂O 流量达到 2.5t/h 时, 出口气体中 SO₂ 含量几乎保持不变。考虑理论与实际偏差及烟气进料波动等情况, 可以初步认为实际工艺中, 液相进料中的 NH₃·H₂O 流量不宜超过 2.75t/h。

1.4.2 进口烟气温度对出口烟气 SO₂ 及 NH₃ 含量的影响

在 120~170℃ 范围内, 出口净烟气中 SO₂ 及 NH₃ 的百分含量逐步增加, 而且增加的幅度也越来越大。可见, 低温有利于 SO₂ 的吸收, 因此在实际工艺操作中, 应保持气相温度在低幅增长区域, 但同时也要考虑换热工艺的经济性。

2 氨法脱硫工艺的应用优势

氨法脱硫工艺的应用, 主要表现出了以下两方面的优势。首先, 氨法脱硫工艺中, 脱硫液的成分都容易与水相溶, 所以不用担心脱硫塔运行过程中出现结垢问题。其次, 氨是最主要的脱硫剂, 脱硫之后会产生硫酸铵, 而硫酸铵经过蒸发结晶, 还可以用作化肥原料。在我国提高了对废水排放要求之后, 发现氨法脱硫工艺并不会产生废水的排

放,具有较强的环保性^[2]。

3 氨法脱硫工艺应用过程中面临的挑战与解决方法

3.1 氨逃逸与生成气溶胶

氨法脱硫工艺的应用,会产生气溶胶。所谓气溶胶,其实就是一种胶体分散体系,由液体与固体小质点在大气中分散悬浮而成,经过阳光照射,会呈现出蓝色烟雾的状态。分析氨法脱硫工艺应用过程中产生气溶胶的原因,主要与以下两方面因素有关。首先,烟气从烟囱中排放出来,会混入少量逃逸的氨水和二氧化硫。二者发生化学反应,就会生成亚硫酸盐等组分,进而形成气溶胶。其次,脱硫反应之后,会生成亚硫酸铵液滴。如果其随着烟气经过烟囱进入大气,那么就会形成硫酸铵结晶,进而形成气溶胶^[3]。

3.2 解决措施

通过本次模拟工况,可以明确降低氨法脱硫工艺运行中氨逃逸量,避免生成气溶胶的方式有两种。一种是从根源上控制氨的蒸发,以此来避免生成过多的气溶胶,实现SO₂脱出效率的大幅度提升。另一种是捕集已经蒸发到系统中的氨和已经生成的气溶胶^[4]。在具体实践中,可以采取以下八大措施。第一,科学选择液气比。第二,对氧化罐进行分区设置,为亚硫酸铵氧化充分创造有利条件,避免出现二次分解的情况。第三,对浓缩段浆液的pH值进行严格的控制,加强SO₃的脱除有效性。第四,将气动脱硫单元设置到浓缩段。这样一来,气动单元内部就会形成烟气,并与浆液的气液两相持液层。之后,SO₃溶解过程中释放的热能就会被持液层所吸收,SO₃雾滴气溶胶的二

次生成也就得到了有效的避免。第五,优化加氨的位置,对进塔的游离状态的氨含量进行严格的控制。第六,增加水洗段,通过水洗的方式,将烟气中的氨进行去除。第七,将气动高效除尘除雾器应用到脱硫系统中,以此来加强雾滴的捕集,使烟气中混入雾滴的含量明显降低。第八,增加喷嘴覆盖率。这样也可以使气液传质面积明显增加,进而实现脱硫效率的提升,二氧化硫出口含量的降低。

4 结语

综上所述,氨法烟气脱硫工艺的模拟,可以用于物料衡算以及热量衡算、各工艺参数对工艺影响情况的灵敏度分析、以及工艺参数的优化等。通过本次模拟,可以明确氨法脱硫工艺的应用有着脱硫塔不易结垢、无外排废水、环保性强等优势。但是在实际应用中,还面临着很多挑战。所以,还需要加强氨法脱硫工艺的研究与分析,并结合时代的发展,结合我国的实际国情,对氨法脱硫工艺进行优化和改造。

参考文献:

- [1] 朱秀梅. 氨法脱硫工艺 CEMS 问题分析与解决策略 [J]. 仪器仪表用户, 2020, 28(01): 101-103.
- [2] 张超然, 杨树卿. 氨法脱硫工艺及其应用 [J]. 硫酸工业, 2020(12): 30-32+36.
- [3] 孙常青. 烟气脱硫技术应用与展望 [C]// 第四届火电行业化学(环保)专业技术交流会论文集, 2013.
- [4] 斯俊. 两种典型脱硫工艺的比较与分析 [J]. 化工设计通讯, 2019, 45(11): 80+107.

(上接第 64 页) 1 所示。

2.2.2 装置改造前后优势对比

根据上述表格内容可知,该化工企业在进行粗苯加氢装置技术工艺改造后,粗苯经过精馏系统,通过分段蒸发的方式,获得纯苯、甲苯、二甲苯总量相比装置改造前有所增加,加工量和总产品量呈现正向对比趋势,非芳烃中苯含量有所下降,在此过程中,该化工企业利用粗苯加氢装置,改善苯组分精馏和蒸发环境,精简苯加氢工艺流程,保证甲苯质量和纯度,提高苯产品对市场的适应能力,同时,苯经过精馏系统,将非芳烃苯进行有效排出,对重组分进行控制,降低重苯含量和收率,减少粗苯加氢相关设备及系统运行障碍,降低粗苯加氢装置阻塞的概率,提高苯产品质量和提纯效果。

2.2.3 改造前后企业经济效益对比

该化工企业针对粗苯加氢装置进行工艺改造,在提高苯产品质量和纯度的同时解决了粗苯加氢装置堵塞等相关问题,就近年来该企业苯产品生产和制造效果而言,在能源消耗与经济效益两方面产生了巨大变化。该企业在进行粗苯加氢装置工艺改造后,苯原料预处理及预蒸馏设备投资翻倍,但在装置改造后,苯原料精馏效果提升,相关产品加工量增加,能源消耗相较装置改造前降低了 13%,有效节约生产成本。除此之外,该企业采用改造后的粗苯加

氢装置,有效提高了苯的萃取分离效率,保证了苯产品质量,产品销售额相较装置改造前增加 26%,为苯产品生产及精馏技术的优化提供充足的资金保证,提高该化工企业的经济效益。

3 结束语

综上所述,化工企业针对粗苯加氢装置进行工艺改造后,在粗苯加氢效果与苯产品生产效率等方面比传统装置呈现明显优越性,有效提高苯萃取分离效率,提高了化工企业经济收益水平。

参考文献:

- [1] 李亚芳. 分析粗苯加氢精制工艺的改造实践 [J]. 石化技术, 2020, v.27(08): 185-186.
- [2] 黄余东. 粗苯加氢装置三苯馏分萃取系统生产工艺的改进措施 [J]. 化工管理, 2019, 000(018): 190-191.
- [3] 李亚芳. 分析粗苯加氢精制工艺的改造实践 [J]. 石化技术, 2020, 27(08): 178-179.
- [4] 赵爱华. 苯加氢萃取精馏系统工艺优化与应用 [J]. 煤化工, 2020, 48(03): 54-56.
- [5] 皇甫瑞娟. 粗苯加氢精制工艺质量分析 [J]. 山东化工, 2019, 48(22): 113-114+116.
- [6] 谢海. 粗苯加氢精制工艺优化 [D]. 抚顺: 辽宁石油化工大学, 2019.