

环氧乙烷尾气吸收工艺的模拟与优化

王艳红^{1*}, 侯延杰²

(1. 中石油吉林化工工程有限公司, 吉林 吉林 132000;

2. 中国石油天然气股份有限公司吉林石化公司乙二醇厂, 吉林 吉林 132000)

摘要:针对污染物的最新排放标准, 结合 PROII 模拟软件对环氧乙烷尾气吸收工艺过程进行了稳态模拟。通过单因素分析研究了尾气冷却温度、吸收剂进料温度及用量、吸收塔理论板数对吸收效果的影响, 确定了优化后的工艺参数。在相同条件下, 相比凝水吸收, 乙二醇水溶液能明显降低吸收剂的用量, 具有吸收剂利用率高、吸收后废液安全无毒、易处理等优势。

关键词:环氧乙烷尾气; 吸收; 模拟

中图分类号: TQ231

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2019)10-0205-03

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2019.10.045

Simulation and optimization on tail gas absorption process of ethylene oxide plant

WANG Yan-hong^{1*}, HOU Yan-jie²

(1. CNPC Jilin Chemical Engineering Co., Ltd., Jilin 132000, China;

2. EG Plant, PetroChina Jilin Petrochemical Company, Jilin 132000, China)

Abstract: The steady-state simulation to the tail gas absorption process of ethylene oxide production unit is performed by using PROII simulation software, based on the latest emission standards for pollutants. The impact of the cooling temperature of feed gas, the temperature and flow of absorbing agent, and the number of theoretical tray of absorption tower on the absorption efficiency are studied through single factor analysis method. Optimized process parameters are obtained. Besides, it is shown from the results that under the same conditions, using ethylene glycol solution can drastically reduce the consumption of absorbent comparing with that using condensate water, which has the advantages as follows: the utilizing rate of absorbent is higher, and the waste liquid generated after absorbing is non-toxic, safe and easy to treat.

Key words: tail gas from ethylene oxide production; absorption; simulation

环氧乙烷装置及醇醚类装置等排放废气中一般含有一定量的环氧乙烷^[1-2]。环氧乙烷(EO)又名氧化乙烯, 化学式是 C₂H₄O, 常温常压下为无色易燃气体, 低温时为无色易流动液体。环氧乙烷易燃, 遇高温、明火有引起燃烧爆炸的危险。环氧乙烷也是一种中等毒类物质, 气体可以经过呼吸道被人体吸收, 也容易透过衣服、手套等被皮肤吸收, 可对人体造成极大危害。实验表明, 对实验动物有潜在的致癌作用。鉴于环氧乙烷的理化性质, 工业生产其他产品产生的少量环氧乙烷废气不能直接排入大气, 而需要进行废气处理后达到国家相关排放标准后再予以排放。

环保部和国家质量监督检验检疫局于 2015 年 4 月 16 日联合发布了 GB 31571—2015《石油化学工业污染物排放标准》, 新建企业自 2015 年 7 月 1 日起, 现有企业自 2017 年 7 月 1 日起, 水和大气污染物排放标准将按该标准的规定执行。其中 EO 作为有机特征污染物, 规定其排放浓度限值为 0.5 mg/m³, 要求非常严格。如何采用最有效的方法和措施对含 EO

排放气体进行处理, 使其能满足上述新环保标准的排放, 成为必须要解决的一个环保问题。

环氧乙烷的生产方法主要有氧气氧化法、空气氧化法和氯醇法 3 种。其中氯醇法由于技术落后, 在国内外早已被淘汰。目前, 世界上环氧乙烷工业化生产装置几乎全部采用以银为催化剂的乙烯直接氧化法^[3-6]。传统的尾气处理方法已经很难达到最新的污染物排放标准。因此, 减少环氧乙烷装置对环境造成的污染, 一直都是装置需要面对的课题。本文中通过 PROII 模拟软件对凝水、乙二醇水溶液 2 种洗涤方案进行对比分析, 并对其工艺参数影响因素进行了研究, 优化确定了环氧乙烷尾气吸收的最优工艺条件。

1 尾气吸收工艺模拟

1.1 尾气组成

模拟采用某醇醚类装置待处理气规格, 见表 1。流量为 1 000 m³/h, N₂ 为主要成分。

收稿日期: 2019-02-19; 修回日期: 2019-08-01

作者简介: 王艳红(1978-), 女, 工程师, 主要从事化工工艺流程模拟工作, 通讯联系人, wangyanhong-hqc@cnpc.com.cn。

表 1 环氧乙烷尾气组成

组分	流量/(kg·h ⁻¹)	质量分数/%
EO	400.4	28.69
N ₂	995.2	71.31

1.2 模型搭建

溶剂选择的基本原则是:先从本系统中已有的物质进行比选,这样不会引入新的化学物品,而且吸收后的溶剂还可以进行回收利用。环氧乙烷溶于水,因此拟选用凝水和乙二醇水溶液 2 种溶剂进行环氧乙烷尾气吸收。

尾气吸收工艺模拟流程如图 1 所示。吸收剂经过冷却由塔顶进入吸收塔,尾气由塔底进入,对尾气进行逆流吸收,富吸收液从塔底排出,排放气从塔顶排出。吸收是分离技术的一种,理论基础为相平衡理论。对于吸收过程是否计算准确,取决于计算相平衡的方法是否选择得当。针对 2 种洗涤方案,采用 NRTL 模型进行热力学平衡计算,洗涤塔采用严格计算模型。

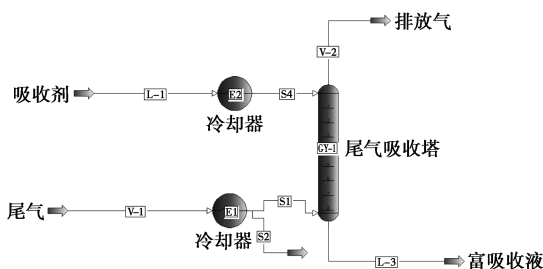


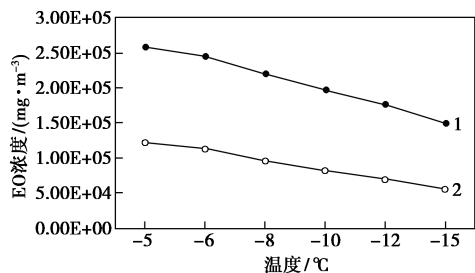
图 1 尾气吸收模拟流程

2 单因素分析

2.1 尾气进料温度

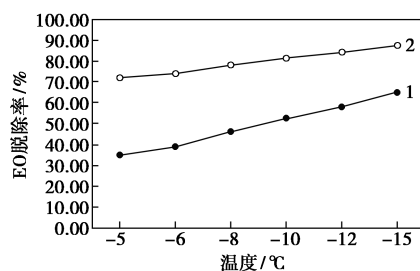
尾气按表 1 的组成和流量,进气温度-5℃。凝水温度 40℃,理论板数 8 块,液气比 3.0 和 8.6 条件下,将进料尾气通过换热器冷却,冷却后气体从塔底进入吸收塔。

模拟结果见图 2 和图 3。可以看出,随气体冷



液气比:1—3.0;2—8.6

图 2 EO 浓度随冷却温度的变化



液气比:1—3.0;2—8.6

图 3 EO 脱除率随冷却温度的变化

却温度的降低,EO 在排放气中的浓度降低,脱除率升高。但随液气比的增加,变化幅度明显减小。降低尾气进料温度可以降低吸收塔脱除 EO 的难度,减少吸收剂的用量。

2.2 吸收剂进料温度

吸收塔的操作温度影响吸收的效果,而进料温度影响着塔内的操作温度。在 2.1 基本条件不变的情况下,将尾气冷却到-15℃,保证塔顶排放气中 EO 浓度小于 530 mg/m³ 的条件下,模拟考察了液气比随进料温度的变化,结果见图 4。可以看出,液气比随着温度的降低逐渐减少,在高温段减少幅度更大。从基本热力学原理来说,大部分物质的溶解度与温度呈反比,另外吸收的过程是放热反应,所以低温有利于吸收。采用 5℃凝水量比 35℃降低 60%左右,这对减少废液排放十分有益。

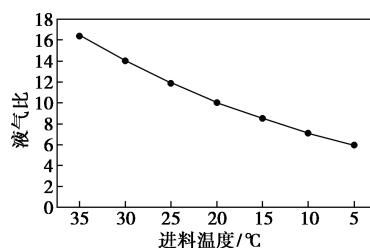


图 4 液气比随进料温度的变化

2.3 吸收塔理论板数

吸收塔理论板数对排放气中 EO 浓度的影响如图 5 和图 6。模拟的基本条件:尾气冷却到-15℃,凝水进料温度 5℃,液气比 5.95。

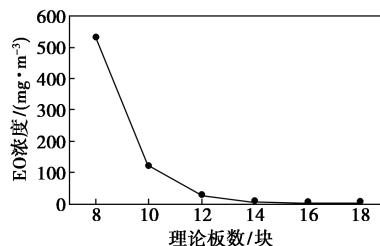


图 5 EO 浓度随理论板数的变化

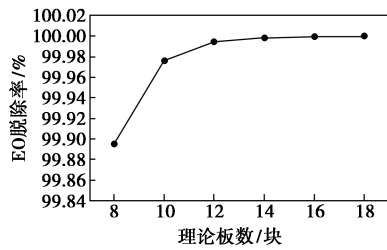


图6 EO有机物脱除率随理论板数的变化

由图5可知,尾气中EO浓度随理论板数的增大而逐步降低,降低趋势在理论板数达到12块后逐渐平缓。结合图6可得出,在理论板数为18块时,EO脱除率达到99.9999%,排放尾气中EO浓度为 0.32 mg/m^3 ,达到最新的排放标准。

2.4 乙二醇水溶液

乙二醇水溶液洗涤方案模拟基本参数如表2所示。在保证排放尾气中EO浓度 $<0.5 \text{ mg/m}^3$ 条件下,模拟计算吸收剂中乙二醇含量对吸收剂用量的影响。结果如图7所示。

表2 乙二醇水溶液洗涤方案主要工艺参数

尾气冷却温度/ $^{\circ}\text{C}$	吸收剂进料温度/ $^{\circ}\text{C}$	吸收塔理论板数
-15	5	18

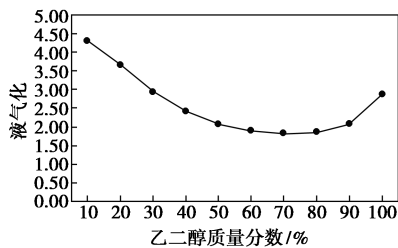


图7 液气质量比随乙二醇质量分数的变化

随着吸收剂中乙二醇含量逐渐增大,液气比逐渐减小,乙二醇质量分数增加到40%,液气比开始减少缓慢,增加到70%,液气比不再减少,反而开始增加。乙二醇质量分数40%时,液气比2.42,与凝水吸收相比较,节约了吸收液5 t/h,吸收效果明显提高。

3 结论

采用PROII模拟软件对EO装置尾气吸收塔进行了模拟,优化后的工艺参数是:尾气冷却温度 15°C ,凝液进水温度 5°C ,液气质量比2.42,吸收塔理论板数18。另外,采用乙二醇水溶液替代凝水进行尾气吸收,相同条件下,乙二醇质量分数40%时,液气比2.42,相比凝水5.95液气比,废液减少了60%。同时二元醇溶液对环境无害,安全无毒,一般生化处理即可满足环保要求,而且一定浓度的乙二醇水溶液可回收利用,增加经济效益。

参考文献

(上接第204页)

- [7] Han D, Chen Y, He W, et al. Energy saving analysis for a solution evaporation system with high boiling point elevation based on self-heat recuperation theory[J]. Desalination, 2015, 355(355): 197-203.
- [8] Alexander K, Donohue B, Feese T, et al. Failure analysis of an MVR (mechanical vapor recompressor) impeller[J]. Engineering Failure Analysis, 2010, 17(6): 1345-1358.
- [9] Liang L, Han D, Ma R, et al. Treatment of high-concentration wastewater using double-effect mechanical vapor recompression[J]. Desalination, 2013, 314(4): 139-146.
- [10] 刘立.机械蒸汽再压缩式降膜蒸发系统的设计和性能研究[D].天津:河北工业大学,2014.
- [11] Han D. Study on zero-emission desalination system based on mechanical vapor recompression technology [J]. Energy Procedia, 2015, 75: 1436-1444.
- [12] 顾承真, 闵兆升, 洪厚胜.机械蒸汽再压缩蒸发系统的性能分析[J].化工进展, 2014, 33(1): 30-35.
- [13] 苏春模.罗茨鼓风机及其使用[M].长沙:中南工业大学出版社, 1999.
- [14] 刘立, 张继军, 刘燕, 等.机械蒸汽再压缩式热泵用于降膜蒸发系统的研究[J].现代化工, 2014, 34(9): 128-132.
- [15] Martin Fehlua, Specht E. Optimization of vapor compression for cost savings in drying processes[J]. Chemical Engineering Technology, 2011, 23(10): 901-908.
- [16] 梁林.处理高浓度含盐废水的机械蒸汽再压缩系统设计及性能研究[D].南京:南京航空航天大学, 2013.
- [17] 韩东, 彭涛, 梁林, 等.基于蒸汽机械再压缩的硫酸铵蒸发结晶实验[J].化工进展, 2009, 28(S1): 187-189.
- [18] 张治山, 杨超龙. Aspen Plus 在化工中的应用[J].广东化工, 2012, 39(3): 77-78.
- [19] 郝冬青, 沙作良, 王彦飞, 等.低温多效海水淡化系统的 Aspen Plus 模拟[J].天津科技大学学报, 2011, 26(1): 47-50.
- [20] 陈军.低温多效蒸发海水淡化系统工艺流程模拟及优化[D].北京:北京化工大学, 2013. ■