

# 有机废液处置的低温载气工艺ASPEN模型

曾颖<sup>1</sup> 汪克宇<sup>2</sup> 邱天<sup>3</sup>

1. 上海沛森环境科技有限公司 中国上海 200000

2. 浙江格林生物科技有限公司 浙江建德 314000

3. 上海应用技术大学 中国上海 200000

**摘要:** 由于传统蒸发系统处理酸性废水的效率低和材料选择的局限性, 加湿除湿(HDH)作为核心工艺的低温在其蒸发技术已被应用于化工反应产生的有机酸碱废水的处理和减量。本文采用ASPEN模型对HDH系统中的水和酸性物质的转化进行了模拟。结果表明, 顺丁烯二酸废水的pH变化范围为3.0~5.7。模拟结果还显示了入口水量、空气量、入口热量与净水产量之间的关系。为实际工程的参数设计提供了理论基础。

**关键词:** ASPEN模型; 低温载气工艺; 废液处理

## ASPEN Model of low temperature carrier gas process for organic waste liquid disposal

Ying Zeng<sup>1</sup>, Keyu Wang<sup>2</sup>, Tian Qiu<sup>3</sup>

1. Shanghai Peisen Environmental Technology Co., LTD Shanghai, China 200000

2. Zhejiang Green Biotechnology Co., LTD Jiande, Zhejiang 314000

3. Shanghai Institute of Technology Shanghai, China 200000

**Abstract:** Due to the low efficiency of traditional evaporation systems in treating acidic wastewater and the limitation of material selection, humidification and dehumidification (HDH) as the core process of low temperature in its evaporation technology has been applied to the treatment and reduction of organic acid and alkali wastewater generated by chemical reactions. In this paper, the ASPEN model is used to simulate the conversion of water and acid in the HDH system. The results show that the pH of maleic acid wastewater varies from 3.0 to 5.7. The simulation results also show the relationship between inlet water volume, air volume, inlet heat, and clean water production. It provides a theoretical basis for the parameter design of practical engineering.

**Keywords:** ASPEN model; low temperature carrier gas process; Liquid waste treatment

### 一、研究背景

我国水资源缺乏, 但化工行业排放的污水, 不仅造成水资源浪费, 而且严重危害环境。近年来, 随着石油化工、煤化工等重要工业领域的发展, 产生了大量的高含盐废水<sup>[1]</sup>。高浓盐水加重污水处理系统的运行负荷, 同时还会造成金属管道和设备的腐蚀现象, 最终影响设备设施的使用寿命<sup>[2]</sup>。COD一般情况下则会大于10000 mg/L, 甚至高达三十万, 需要在进入生化系统之前, 采用合适的除盐工艺进行预处理。因此, 较为经济的做法是采用蒸发法处理高盐含有有机废水。

低温载气蒸发技术以加湿除湿为核心的工艺, 工作

原理是利用水分子在不同温度下在空气中的饱和蒸汽压的差异作为传质动力的新型蒸发技术<sup>[9]</sup>。与传统蒸发的强制沸腾原理不同的是, 空气增湿去湿技术属于直接接触传质传热的一种, 是两股或多股流体直接接触进行热量或质量的传递, 在此原理基础上, 通过提高系统的产水量来提高系统的产水性能是切实可行的<sup>[7]</sup>。

近年来, 对于HDH工艺为核心的低温载气蒸发技术有了广泛的研究, 但是由于实验室设备和中试机的搭建都耗费巨大, 因此, 本论文采用了计算机软件模拟的方式, 在ASPEN软件上设计出HDH工艺反应流程, 通过数值模拟, 判断处理的效果。

## 二、物料分析和模拟流程设计

### 1. 研究物料分析

本研究所采用的物料来自于合成化工的反应废液，由于合成反应采用多种溶剂，反应后溶剂和中间产物会作为釜残一起排出体系，这些废液包含了水分，顺酐，乙酸，丙烯酸，邻苯二甲酸二丁酯，马来酸，富马酸，正丁醇等，由于生产废液的酸度高，盐分高以及有机成分高，所以先经过蒸发系统，通过流程模拟，确定低温载气蒸发的处理效果，判断酸度和有机成分的消减度，以及为实际工程塔件的参数确定提供理论基础。

### 2. ASPEN 模拟设计

#### 2.1 ASPEN 软件介绍

Aspen Plus是一套非常完整产品，特别对化工工艺设计流程有丰富的数据库，包括数据，物性，单元操作模型，内置缺省值，报告及为满足其它特殊工业应用所开发的功能。近年来应用于化工和环保方向的气液反应模拟，包括汽提，增湿除湿等工艺都有诸多参考文章<sup>[10]</sup>。

### 2.2 模型搭建

流程的搭建包括两个部分，增湿过程的模拟，选用RADFRAC模块模拟增湿塔。进料液从塔顶部流入，空气从塔底部流入。两者逆流接触后，增湿塔分离气相从塔顶流出进入冷凝塔，增湿塔分离液相从塔底流出，经20%液体分流流出，剩余液体经加热器加热后，打回增湿塔进行循环。

冷凝过程的模拟，选用RADFRAC模块模拟冷凝塔。增湿塔顶气相出料从冷凝塔塔底进入冷凝塔，冷凝塔塔底循环液从冷凝塔塔顶进入冷凝塔。两者逆流接触后，冷凝塔分离气相从塔顶流出，冷凝塔分离液相从塔底流出，经20%液体分流流出，剩余液体经冷凝器冷却后，打回冷凝塔进行循环。

## 三、模拟结果数据

### 1. 流股运行

流程模块和物性参数设置完毕，系统运行后的模拟数据如图1所示。

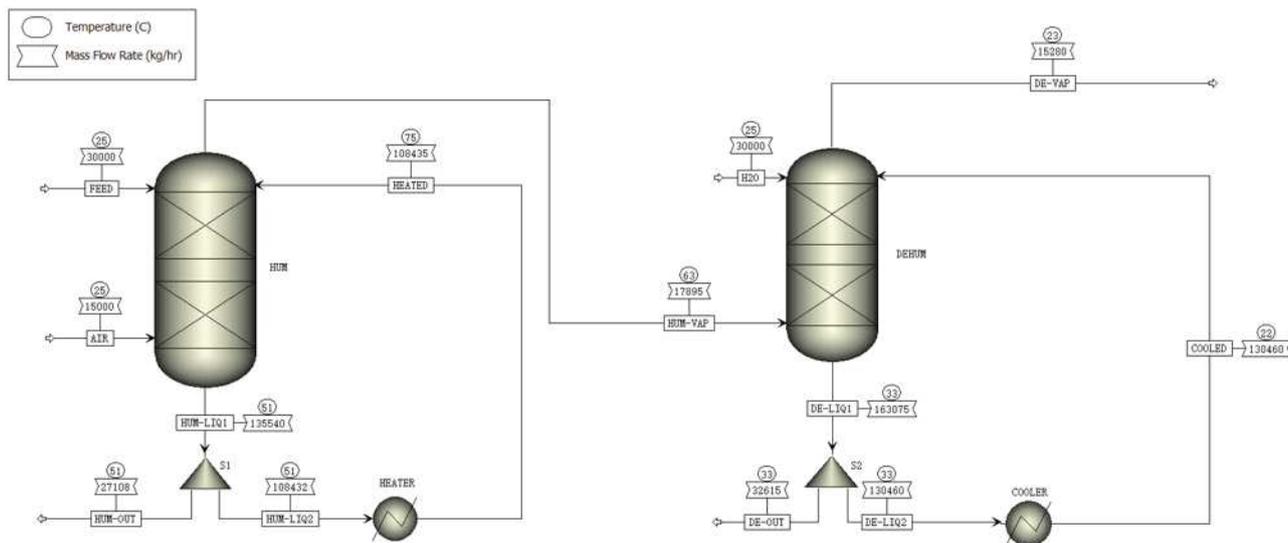


图1 模拟结果数据

### 2. 公用工程用量

流程除了显示进出料物料变化情况，还可以展示公用工程消耗，如下表所示。

公用工程流股信息		
介质	流股编号	压力
中压蒸汽	MS	4MPa
公用工程用量		
Utility Duty	GJ/hr	13.3973
Utility Usage	kg/hr	7822.91

## 四、模拟结果分析

### 1. 加热温度对塔顶出料的影响

通过改变增湿塔循环加热器加热温度(30℃~110℃)，作循环温度与增湿塔、冷凝塔塔顶采出pH值和塔顶水汽出水量关系曲线。

由图2可知，出水量随温度的升高而升高，pH值随温度的升高而降低，两者在达到100℃左右后，数值剧烈上升(下降)。

### 2. 空气风量对塔顶出料影响

通过改变增湿塔空气进气量(1000 kg/hr~10000 kg/hr)，作风量与增湿塔、冷凝塔塔顶采出pH值和塔顶水汽出水量关系曲线。

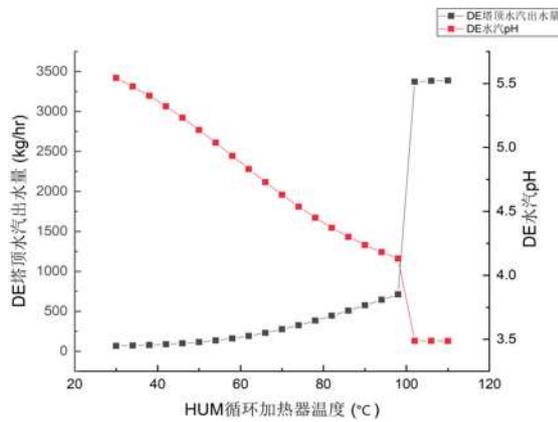


图2 加热器温度对最终出水量的影响

由图3可知,两塔塔顶出水量随风量的增大而增大;增湿塔塔顶采出pH随风量的增大而增大,冷凝塔塔顶采出pH在风量为1000~3000 kg/hr时急剧下降,达到4000 kg/hr后缓慢上升。

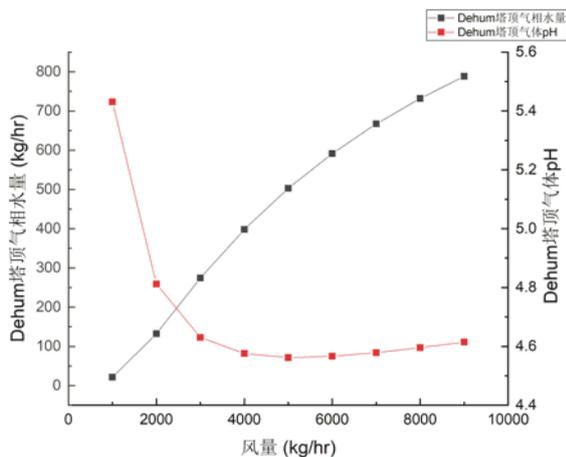


图3 风量对最终出水量的影响

经多次模拟对比,当废液、空气、新鲜水进料比为2:1:2 (FEED: AIR: H<sub>2</sub>O=2:1:2)时,冷凝塔塔顶采出pH值最高,酸度最低。

### 五、结论和展望

本研究的重点是增湿除湿工艺应用于低温载气蒸发系统中的,模拟流程搭建和结果分析,本文介绍了流程的组成部分,热力学模型建立,以及研究不同参数下蒸发的整体性能体现,以确定合适的工艺参数,并通过讨论

填料塔基础理论,湿空气理论建立蒸发主体设备的设计。引入流体模拟软件和Aspen模拟软件的计算,对蒸发过程进行模拟,并通过实验验证参数的偏差。在ASPEN模拟后,观察到顺丁烯二酸废水的pH变化为3.0至5.7。在酸物质迁移模拟过程中,我们可以得出结论,不同的加热条件下,不同沸点下酸物质生成的比例不同。由此可见,HDH工艺对工业废水可以达到良好的pH去除率,且出水的清洁度很高,适合生化<sup>[1]</sup>。同时,通过ASPEN模拟,可以对风量、塔径、塔高和热量添加进行敏感性分析,并选择更好的参数。在实际应用中,该模型可以帮助工程师解决载气低温蒸发系统的关键问题,如热平衡计算、设备选择以及蒸发材料进出量预测,具有很重大的意义。

### 参考文献:

- [1]淡玄玄, 陈占江等.高含盐废水处理技术研究现状及应用[J].氯碱工业, 2020, Vol.56, No.6
- [2]宋斌, 王惠.煤化工项目废水零排放及含盐废水处理技术[J].化工设计通讯, 2021, Vol.47: 7
- [3]马静颖.高浓度含盐有机废液焚烧技术.能源与环境, 2015, 01-0045-04
- [4]熊鹰.高含盐废水蒸发结垢趋势模拟估算[J].云南化工, 2019 (9): 150-151
- [5]徐辉.太阳能辅助增湿除湿海水淡化增效机理与实验研究[D].上海交通大学, 2020年
- [6]Aull RJ, Krell T. Design features of cross-fluted film fill and their effect on thermal performance. CTI J 2000;21:12 - 35.
- [7]Amer EH, Kotb H, Mostafa GH, El-Ghalban AR. Theoretical and experimental investigation of
- [8]孙兰义, 化工过程模拟实训——Aspen Plus教程(第二版), 化学工业出版社, ISBN: 9787122302519, 2017-10-01
- [9]Amer EH, Kotb H, Mostafa GH, El-Ghalban AR. Theoretical and experimental investigation of humidification - dehumidification desalination unit. Desalination 2009;249(3):949 - 59