

# 尿素解吸塔的优化改造

栾国颜 高维平  
(吉林化工学院, 吉林 吉林 132022)

**摘要:** 基于工艺软件包, 对尿素解吸塔进行了模拟、分析, 找出了存在的问题。应用流动参数规则和模糊决策方法, 确定了尿素解吸塔的优化改造方案。改造实施后, 实现了装置的稳定运行。

**关键词:** 尿素; 模拟; 流动参数; 模糊决策; 解吸塔

中图分类号: TQ113.25

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2003)04-0041-03

## Optimal revamping of urea stripping tower

LUAN Guo-yan, GAO Wei-ping

(Jilin Institute of Chemical Engineering, Jilin 132022, China)

**Abstract:** Problems were found by the simulation and analysis for the urea stripping tower on the basis of chemical process software package. The optimal design of urea stripping tower was obtained by using flow parameter and fuzzy decision methods. Smooth process were achieved after the revamping scheme was implemented.

**Key words:** simulation; flow parameter; fuzzy decision; stripping tower

采用新型规整填料改造板式塔, 在不更换塔体的情况下, 塔改造后具有处理量大、操作弹性大、分离效率高、压降低等优点, 近年来, 随着新型填料的开发和相关塔内件技术的发展, 在许多化工、医药领域应用规整填料来改造板式塔正在受到重视<sup>[1]</sup>。从我国目前化肥行业的生产来看, 尿素解吸系统的解吸塔大多采用浮阀塔或散堆填料塔, 由于浮阀塔盘压降大、效率低, 导致生产过程能耗高<sup>[2-3]</sup>, 塔釜解吸废液中氨含量常常达不到设计要求, 直接影响了后续生产过程。

吉林某化肥厂由于  $\Phi 700$  解吸塔解吸效果不理想, 委托笔者对解吸塔进行改造设计。改造前, 该解吸塔采用浮阀塔生产。笔者结合厂里实际情况和新工艺要求, 应用工艺软件对  $H_2O-NH_3-CO_2-Urea$  体系进行模拟计算, 确定的改造方案是: 拆除原有塔板, 采用高效规整填料 500Y 取代浮阀塔盘, 并重新设计气液分布器及相关塔内件。改造后, 解吸塔的塔釜液氨含量低于新工艺的要求 ( $5 \times 10^{-6}$ ); 塔顶气相  $NH_3$  和  $CO_2$  质量分数大于 70%。

## 1 设计改造

### 1.1 进料方式的改变

原塔为热碳铵液分 2 股进料, 一股在塔中部, 一股在塔上部, 两流股进料温度分别为  $123^\circ C$  和  $45^\circ C$ 。考虑到实际生产能力和塔改造成本, 改造中把 2 股进料改为 2 股汇合进塔, 新开一个进料口 d。这样不仅节省了一套气液分布装置, 而且节省了塔体的有效空间, 可以解决釜液超标问题。此时, 来自锅炉的 1 MPa 蒸汽经气体分布器 b 直接通入釜中, 离开解吸塔底部含有微量氨和尿素的废液, 经换热后排入污水排放系统或经处理后作为锅炉给水。进解吸塔的碳铵液流量为 15 010 kg/h, 温度为  $79^\circ C$ , 解吸塔的操作压力为 0.35 MPa, 塔顶气相温度为  $79 \sim 80^\circ C$ 。

### 1.2 模拟计算

通过模拟计算可以确定在给定的分离任务下, 分离装置所需要的理论板数、各板气液流量分布、温度分布等数据, 为装置的设计和优化提供了基础。该塔的模拟计算以平衡级模型为基础, 包括了物料平衡、相平衡、组分摩尔分数的加和、焓平衡所构成

的 MESH 方程组,该方程组结合热力学方程构成大型非线性方程组。在计算中采用了 UNIFAC 方程估算数据库中缺少的组分间的相互作用参数。根据厂方给出的工艺分析数据,采用工艺模拟软件对解吸塔原生产数据进行模拟计算。在模拟过程中,原浮阀塔板效率为 50%。模拟结果与实际生产数据基本吻合,表明上述模型对该系统的应用可行。采用上述模型对新工艺提供的数据见表 1。

表 1 解吸塔进料组成及分离要求

组分	汇合后碳酸铵液流量/ kg·h <sup>-1</sup>	x(塔顶气相)/ %	w(塔底液相)/ %
H <sub>2</sub> O	13 629	≥70	≤5 × 10 <sup>-4</sup>
NH <sub>3</sub>	1 170	≥70	≤5 × 10 <sup>-4</sup>
CO <sub>2</sub>	209	≥70	≤5 × 10 <sup>-4</sup>
尿素	2	≥70	≤5 × 10 <sup>-4</sup>
总计	15 010	≥70	≤5 × 10 <sup>-4</sup>

注:塔顶的气相组分为 NH<sub>3</sub> 和 H<sub>2</sub>O。

按照给定的进料情况和分离要求,模拟不同工况,获得了理论板数与消耗的气提蒸汽用量关系图,见图 1。

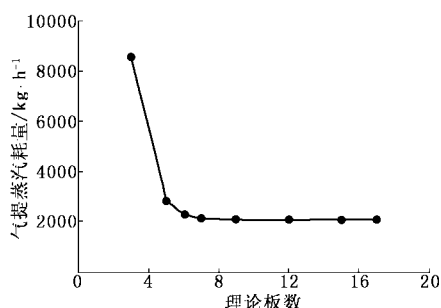


图 1 理论板数和气提蒸汽用量关系

从图 1 可以看出,在原塔工况 9 块浮阀塔板(实际板),相当于 4~5 块理论板所对应的蒸汽耗量应在 4 400 kg/h 左右,而实际生产中气提蒸汽的耗量为 3 290 kg/h,如果进一步增大气提蒸汽的用量,塔内出现液泛,反而会造成分离效率降低。

通过上述模拟计算分析表明,造成解吸塔解吸效果不合格的原因是实际的分离理论板数不够。实际需要解吸塔理论板数应在 8~12 块为宜,考虑到生产的波动性,按照 Rose 的设计理论,设计理论板数为 12 块,模拟计算获得的组成结果如表 2,塔顶温度为 79℃,塔压为 0.35 MPa。

从计算的结果可以看出,采用 12 块理论板后,达到规定的分离要求所需的气提蒸汽耗量比原来下

降约 1 170 kg/h。

表 2 解吸塔分离模拟结果

组分	气提蒸汽		塔顶出口气体		塔釜液	
	流量/ kg·h <sup>-1</sup>	流量/ kg·h <sup>-1</sup>	组成/ %	流量/ kg·h <sup>-1</sup>	组成/ %	
H <sub>2</sub> O	2 112	187	11.9	15 553.6	99.9	
NH <sub>3</sub>	0	1 170	74.7	0.078	4.99 × 10 <sup>-4</sup>	
CO <sub>2</sub>	0	209	13.3	1.38 × 10 <sup>-8</sup>	8.9 × 10 <sup>-12</sup>	
尿素	0	1.09 × 10 <sup>-7</sup>	7.0 × 10 <sup>-9</sup>	2	1.28 × 10 <sup>-2</sup>	
总计	2 112	1 566	约 100	15 555.7	约 100	

### 1.3 填料的选定

高效规整填料与塔板相比,一般具有分离效率高、通量大、压降低等特点,近年来常被用于老装置的扩产改造过程,但目前填料的种类有很多,各有特点。近年来的研究工作表明,应该根据分离过程的特点和要求来选择。Kister 等<sup>[4]</sup>建议根据流动参数 FP 来优选塔填料。FP 的物理意义是液体动能与气体动能之比的平方根。

当 FP 为 0.5 及压力为 2.76 MPa(绝压)时,散堆填料的效率和能力最高,而规整填料则最低。根据该工艺提供的数据,模拟计算其流动参数 FP 后,并综合考虑到原塔有效填充空间、分离效果和改造成本,决定采用规整填料 500Y 进行改造,净装填料高度 3.7 m。

### 1.4 填料塔气液分布器的选择和设计

表 3 各种分布器的性能比较

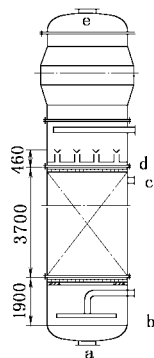
项目	梯形 管式	喷淋式	盘式 孔流	槽式 孔流	盘式 溢流	槽式 溢流	槽盘式
分布质量	中	低—中	高	高	中	中	高
操作弹性	低	低	中	中	中	高	高
喷淋密度/ m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup>	2.5~	范围)	2.5~	3.5~	2.5~	2.5~	2.5~
	25		75	170	25	120	150
塔径/m	≥45	任意	<1.2	>1.2	>0.6	<1.2	任意
颗粒性	高	低—中	高	中	低	低	低
气体阻力	低	低	高	低—中	高	低—中	中
液流波动的影响	无	无	有	有	有	有	有
泡沫性	有	有	无	无	无	无	无
重量	低	低	高	中	中	中	中

对于填料塔而言,除了优选塔填料之外,塔内件的设计也是至关重要的,特别对于那些矮床层填料

塔的设计。在内件的设计当中尤以气液分布器、再分布器及气体分布器的设计为关键。目前常用的几种分布器的性能比较见表3<sup>[5]</sup>。

但这种比较是模糊的,难以给出准确的答案,为此我们基于模糊数学理论中的多目标模糊决策方法<sup>[6]</sup>,将各种因素综合在一起,并予以量化。经过分析影响因素的情况后,按如下步骤完成模糊决策,进而建立了因素指标值矩阵、模糊评价矩阵R,并根据本解吸塔的实际塔径、物性情况等建立了因素权重集A。

根据计算结果,方案中{槽盘式气液分布器}的隶属度为0.189,高于其他几种选择,故该设计采用槽盘式气液分布器,新设计的分布器操作弹性为1:3,喷淋点数为52。因该塔径为0.7 m,小于1.5 m,对气体分布不必过多考虑,气体分布器不再另外设计,采用原有的设备,该生产装置改造后的简图如图2所示。



a—釜液出口;b—气提蒸汽入口;c—原进料口(盲板封死);  
d—新开进料口;e—气出口

图2 解吸塔改造后简图

## 2 生产结果与结论

表4是模拟结果及实测数据的对比,结果表明,模拟与实际相当吻合。改造设计达到了实际生产要求,每年节约蒸汽费用约50余万元。从目前生产来看,装置的生产能力还有富余。2000年6月该装置一次开车成功,一直平稳运行至今。由此可见,采用500Y规整填料,通过合理的计算和分析,对塔内件进行优化设计,完全可以满足尿素解吸塔的老装置改造。

表4 改造后解吸塔操作数据

项目	设计值	实际值(平均)
操作压力(绝压)/MPa	0.35	0.35
进料温度/℃	79	79
塔顶出气组成	NH <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub>
x(塔顶出气)/%	70	85
塔釜废液NH <sub>3</sub> 组成/%	≤5.00 × 10 <sup>-4</sup>	4.60 × 10 <sup>-4</sup> (24 h的平均数据)

## 参考文献

- [1] 袁孝党,余国宗.[J].化学工程,1995,23(3):5-14.
- [2] 陈大吕,魏建华,刘乃鸿,等.[J].化学工程,1995,23(3):15-25.
- [3] 中国寰球化学工程公司.氮肥工艺设计手册(尿素)[M].北京:化学工业出版社,1988.
- [4] Kister H Z, Larson K F, Yanagi T. [J]. Chem Eng Prog, 1994, 90(2): 23.
- [5] 王树盈主编.现代填料塔技术指南[M].北京:中国石化出版社,1998.
- [6] 张跃,等.模糊数学方法及其应用[M].北京:煤炭工业出版社,1992.■

## 国际粉体与散装技术会议暨展览会 2003

随着中国经济的飞速增长,粉末应用领域获得了极大的拓展,各种粉末的需求也大幅增加。据预测2005年轿车用高性能粉末达12万~15万t,电焊条铁粉将达2万~3万t,市场前景十分广阔。粉末涂料作为无溶剂涂料,符合国际上流行的“4E”原则(经济、环保、高效、性能卓越),作为目前最清洁的涂料品种之一而得到高速发展。国内的粉末市场大约在9.6万t,已经排在世界第3位,市场增长率近些年也一直保持在两位数。据估计国际纳米陶瓷粉体、纳米复合陶瓷及其他复合材料的市场容量为5500亿美元,其中纳米粉体市场为1000亿美元以上。高质量的纳米钛酸钡及钛酸钡基陶瓷粉体在国内外粉体市场将具有广阔的前景。

粉末应用领域和需求的增加直接导致了各种加工、包装、测试、测量等各种设备需求的激增。面对这巨大的需求,我国尚未形成一个完整的粉体行业,而是分散在诸如水泥、冶金、涂料、陶瓷、食品、制药等行业。

上海环球展览服务有限公司(www.sh-wes.com)顺应市场发展需求在中国散装水泥协会、华东各省市散装水泥办公室的支持下,联合国建材局情报所、中国颗粒协会合力推出“国际粉体与散装技术会议暨展览会2003”。此次展会将充分利用各单位自身优势和资源,在积极开发国内市场的同时将通过与粉体散装技术类杂志出版社 Trans Tech Publication 全力开拓国际市场。

(如欲了解更进一步信息,可致电021-52340646上海环球展览服务有限公司。)