

## 工艺与设备

## 高效抗堵塔盘开发及工业应用研究

薄德臣<sup>1\*</sup>, 周政<sup>2</sup>, 陈建兵<sup>1</sup>, 高明<sup>1</sup>, 张英<sup>1</sup>

(1. 中国石化大连(抚顺)石油化工研究院, 辽宁大连 116041;

2. 中国石化中原油田分公司天然气处理厂, 河南濮阳 457162)

**摘要:**针对目前酸性水汽提装置普遍存在因塔盘堵塞导致装置运行周期短、能耗高的技术问题,以及现有塔盘技术无法解决上述问题的现状,提出了一种新型具有抗堵功能的新塔盘结构(SDMP),利用 CFD 模拟技术对塔盘的帽罩布局进行了优化,确定了合理的帽罩布局方式。工业应用结果表明,SDMP 塔盘技术具有良好的抗堵塞性能,可大幅延长酸性水汽提塔运行周期,且板效率不随运行时间的增长而下降,平均板效率显著高于 F1 浮阀塔盘。

**关键词:**酸性水汽提;塔盘堵塞;SDMP

中图分类号:TQ051.79

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2019)01-0188-04

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2019.01.040

## Development of high efficiency anti-blocking tray and its industrial application

BO De-chen<sup>1\*</sup>, ZHOU Zheng<sup>2</sup>, CHEN Jian-bing<sup>1</sup>, GAO Ming<sup>1</sup>, ZHANG Ying<sup>1</sup>

(1. Dalian (Fushun) Research Institute of Petroleum and Petrochemical, Sinopec Corp., Dalian 116041, China;

2. Natural Gas Processing Plant, Sinopec Zhongyuan Oilfield Company, Puyang 457162, China)

**Abstract:** Current sour water stripping tower suffers usually problem of tray blocking, which leading to high energy consumption and short operation period. This problem cannot be solved by the existing tray technology. This paper puts forward a new type of tray structure (SDMP) with anti-blocking function. The tray's structure and cap layout are optimized by means of CFD simulation technology. Industrial application results prove that SDMP tray has good anti-blocking performance and can significantly extend the operation period of sour water stripping tower. SDMP's tray efficiency keeps stable with the prolonging of operation time and its average tray efficiency is significantly higher than F1 tray.

**Key words:** sour water stripping; tray blocking; SDMP

酸性水汽提装置是炼化企业非常重要的环保装置,主要作用是将炼油过程中产生的酸性水进行净化处理,脱除水中溶解的硫化氢和氨氮,净化后的酸性水部分回用,部分进入污水处理厂深度处理。炼化企业一般根据原料酸性水中所含有的氨氮和硫化氢含量高低,选择不同的酸性水汽提工艺。目前广泛应用的酸性水汽提工艺有 3 种:单塔常压汽提工艺、单塔加压侧线抽氨工艺和双塔汽提工艺<sup>[1-3]</sup>。

目前国家环保政策日益严格,酸性水汽提装置在炼油生产链条中所处的位置极为特殊,既要保证产品净化水能够达标,又要保证装置的长周期稳定运行。目前炼化企业酸性水汽提装置普遍存在的共性问题是:①由于原料水中存在油污、污泥、焦粉、催化剂粉末等杂质,导致酸性水汽提塔经常发生塔盘

堵塞,一般运行 8~12 个月就需要停车清洗,与上游炼油生产装置的运行周期难以匹配;②装置运行周期短,污水汽提装置停工检修过程给企业带来了环保压力;③塔盘堵塞导致气液接触效果变差,板效率显著降低,为了满足工艺指标,不得不通过加大蒸汽量来保证汽提效果,导致装置能耗增加,增加处理成本<sup>[4-8]</sup>。

为了延长酸性水汽提装置运行周期,中国石化某分公司酸性水汽提装置曾尝试应用鼓泡态传质类型塔盘(F1 浮阀、固阀)及喷射态传质类型塔盘,但均难以满足长周期运行的要求。针对上述问题,中国石化抚顺石油化工有限公司开发了一种新型高效抗堵型喷射态塔盘技术(SDMP),并在中国石化某分公司酸性水汽提装置进行了工业应用,投入运行至

收稿日期:2018-05-22;修回日期:2018-11-02

基金项目:国家科技重大专项项目(2016ZX05017-004)

作者简介:薄德臣(1984-),男,博士,高级工程师,研究方向为系统节能、传质与分离工程,通讯联系人,bodechen@163.com。

今已超过4年,始终运行十分稳定,蒸汽单耗没有增加趋势,显示出良好的抗堵塞性能。该技术的开发为解决炼化企业酸性水汽提装置等塔盘易堵塞的场合提供了一种技术解决方案。

## 1 SDMP塔盘设计原理

SDMP塔板帽罩如图1所示,由喷射冒罩、分离冒罩和喷射孔组成。矩型喷射孔与塔板上矩型开孔连接,喷射冒罩与塔板之间留有一定的底隙,为液体进入罩体内的通道,喷射孔与顶部分离冒罩之间有一定的空间,为气液混合物喷出罩外的通道,分离冒罩的侧壁开有喷射孔。塔盘帽罩布局为平行布局,帽罩方向与液体流动方向平行,从而保证了液体流动畅通,如图2所示。

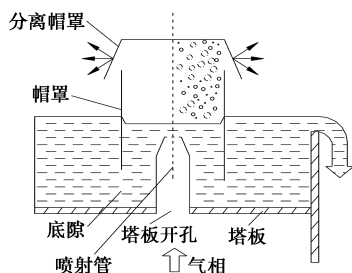


图1 SDMP塔盘冒罩结构示意图

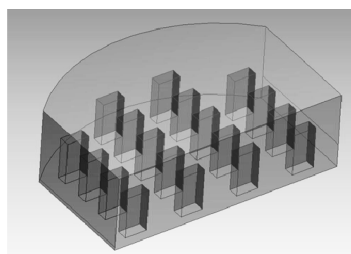


图2 SDMP塔盘冒罩结构布局示意图

SDMP塔板与New-VST塔板一样同属于喷射接触塔板,但相较New-VST塔板有了很大的改进,主要体现在以下几点:①塔盘矩形开孔,喷射冒罩为平行布局,且与液体流动方向平行,规定了液体流动通道,减少了液体流动阻力,液面梯度更小;②塔板除了在分离冒罩上开有喷射孔,还在喷射冒罩与喷射冒罩之间留有气液通道,很好地解决了New-VST塔板因罩内气流折返造成的罩顶憋压现象,改善了罩内的气液接触状态,降低了塔板压降;③传统的New-VST塔板是通过喷射孔向各个方向进行的,SDMP塔板绝大部分喷射方向与板上液流方向垂直,减少了液相返混;④由于增加了喷射孔,喷射冒罩与塔盘底隙较New-VST塔板有了显著增大,因而

容垢能力大幅增加,抗堵性能大大增强,对易堵塞场合具有良好的适应性。

## 2 SDMP塔盘液相流场CFD模拟

塔盘上开矩形孔,且喷射冒罩为平行布局,与液体流动方向平行。为了考察塔盘冒罩矩形布局的合理性,本文中采用CFD软件对SDMP塔盘上液相流场规律进行了研究。

### 2.1 SDMP塔盘液相体积分数分布

由图3和图4塔盘上液相体积分布情况可以看出,塔盘上液层厚度比较均匀,液相梯度较小,这与传统喷射态塔盘New-VST塔板上液相流场规律十分相近,因为喷射态塔盘规定了气液流动的通道,液相的流动不再受气相运动的干扰,液相流动更畅通,所以塔盘上液相分布均匀,梯度较小。



图3 塔盘上体积分数分布情况剖面图

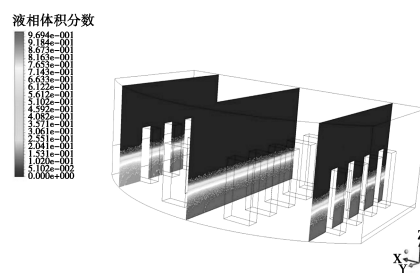


图4 塔盘上体积分数分布情况俯视图

### 2.2 SDMP塔盘液相流动路线分布

由图5和图6塔盘上液相流场分布情况可以看出,塔盘上液相流场分布均匀,塔盘弓形区液相流速

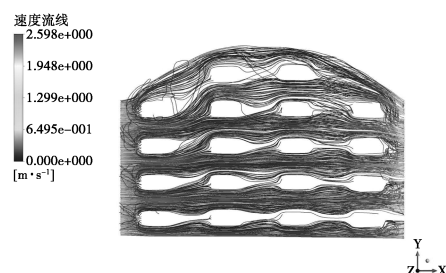


图5 塔盘上液相流场分布俯视图

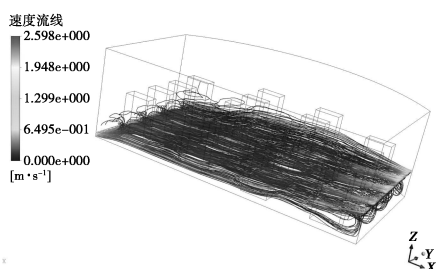


图 6 塔盘液相流场分布斜视图

与中间区域速度差别不明显,仅仅在出口堰附近存在一定的流体折返现象,这主要是由于 SDMP 塔盘堰高较高的原因,总体上 SDMP 塔盘速度场分布较为均匀,不存在明显的死区,说明矩型排布结构有利于气液传质过程。

### 2.3 SDMP 塔盘液相压力场分布

由图 7 和图 8 塔盘液相不同高度处压力场分布情况可以看出,塔盘上液相压力场分布均匀,说明液相流场分布均匀,没有明显的液面梯度。

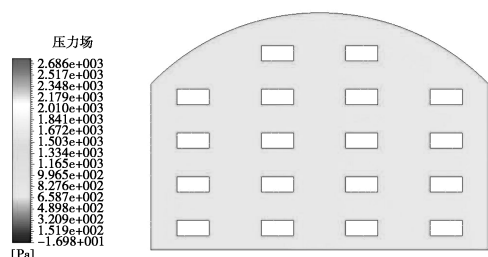


图 7 塔盘液相 40 mm 处压力场分布

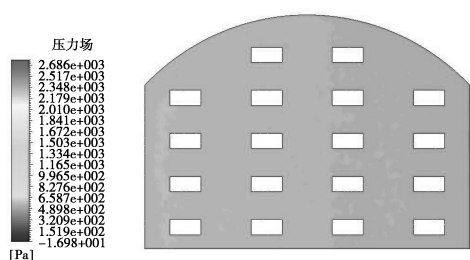


图 8 塔盘液相 80 mm 处压力场分布

### 2.4 小结

综上,SDMP 塔盘液相流场 CFD 模拟结果表明,SDMP 塔盘罩采用平行排布方式布局合理,液相流动均匀、液面梯度小,无明显死区和液相返混,这种结构有助于提高传质效率,能够满足工业应用要求。

## 3 SDMP 塔盘在酸性水汽提塔的工业应用

中国石化某分公司酸性水汽提装置采用常压

汽提工艺,运行过程存在严重的塔盘堵塞问题,先后采用浮阀塔盘及立体喷射塔盘,但运行周期最长只有 12 个月,且运行后期蒸汽单耗显著增高,净化水中氨氮指标也显著增大,塔盘堵塞情况如图 9 和图 10 所示。为了解决因塔盘堵塞导致运行周期短、能耗高的问题,2014 年 5 月采用中国石化抚顺石油化工研究院开发的 SDMP 塔盘技术进行内件改造。

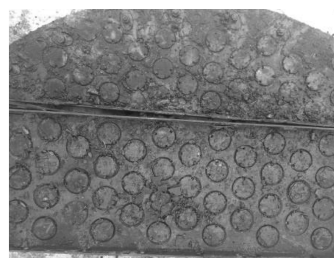


图 9 浮阀塔盘堵塞情况

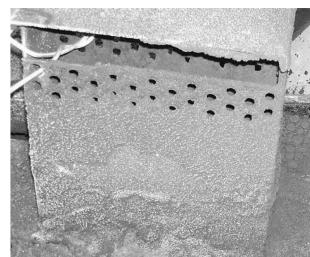


图 10 立体传质塔盘堵塞情况

### 3.1 改造前后净化水水质对比分析

中国石化某分公司酸性水汽提装置采用 SDMP 塔盘技术完成内件改造并开车成功后完成装置标定。为了便于与改造前的传统浮阀塔盘进行对比,标定过程控制相同的蒸汽单耗,标定过程原料水与净化水指标对比结果如表 1 所示。由表 1 可知在原料水性质基本相当的情况下,与采用浮阀塔盘消除后标定数据相对比,采用 SDMP 塔盘改造后,净化水中硫化物含量显著降低,氨氮含量基本相当,这说明在运行初始阶段 SDMP 塔盘技术综合板效率略优于 F1 浮阀塔盘。

表 1 标定结果对比 mg/L

工况	原料水			净化水		
	氨氮	硫化物	COD	氨氮	硫化物	COD
SDMP 改造后标定-1	4820	4210	49500	21.5	<0.10	1120
SDMP 改造后标定-2	4300	2590	48500	16.6	0.3	1040
F1 浮阀塔盘消除后-1	3810	3510	46800	18.1	9.48	1100
F1 浮阀塔盘消除后-2	3930	4020	45100	17.2	8.66	1210

### 3.2 改造前后运行能耗情况对比

装置改造前采用 F1 浮阀塔盘,运行最长周期为 12 个月,于 2014 年 5 月采用 SDMP 塔盘技术进行改造,平稳运行至今已超过 48 个月,运行过程蒸汽单耗变化情况分别如图 11 和图 12 所示,运行过程净化水中氨氮值变化情况分别如图 13 和图 14 所示。由图 11 和图 13 可知,采用 F1 浮阀塔盘在运行前 5 个月蒸汽单耗基本不增加,净化水中氨氮值基本保持不变,随后运行过程蒸汽单耗逐渐显著增大,净化水中氨氮值基逐渐增高,造成这一现象的原因是,由于 F1 浮阀塔盘抗堵性能较差,运行过程逐渐

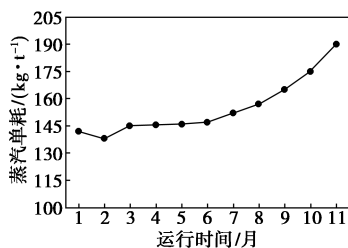


图 11 F1 浮阀塔盘条件下蒸汽单耗变化情况

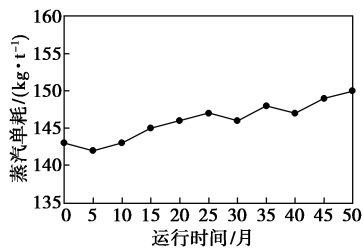


图 12 SDMP 条件下蒸汽单耗变化情况

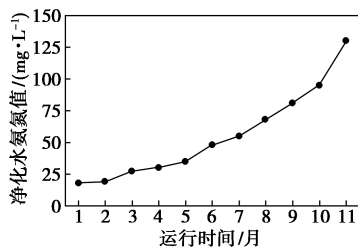


图 13 F1 浮阀塔盘净化水中氨氮值变化情况

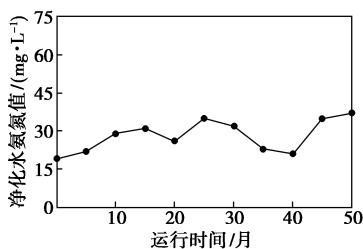


图 14 SDMP 塔盘净化水中氨氮值变化情况

出现沉积物在塔盘上累积,堵塞现象逐渐显现,压降逐渐升高,堵塞导致部分浮阀无法完成有效的气液接触,进而导致塔盘效率下降,生产中为了保证净化水指标不得不加大蒸汽量,运行末期即使增大蒸汽量也无法使净水达标(氨氮值低于  $50 \text{ mg/m}^3$ )。由图 12 和图 14 可知,采用 SDMP 塔盘改造后稳定运行超过 48 个月,蒸汽单耗在运行后半期略有增加,净化水中氨氮值基本保持不变,始终能保证净化水氨氮值低于  $50 \text{ mg/m}^3$ ,后半期蒸汽单耗略有增加的原因在于进出料换热器发生结垢现象导致进料温度降低所致,工业运行结果表明,SDMP 塔盘具有良好的抗堵塞性能,板效率不受运行周期影响,运行过程能耗和净化水指标始终保持稳定,能够满足酸性水汽提装置 4 年长周期稳定运行要求。

## 4 结论

中国石化抚顺石油化工研究院开发的高效抗堵型喷射态(SDMP)塔盘技术在酸性水汽提装置的工业应用结果表明,SDMP 塔盘技术具有良好的抗堵塞性能,可大幅延长酸性水汽提装置运行周期,且塔盘效率在运行过程不随运行周期的增长而下降,运行周期内综合板效率显著高于传统 F1 浮阀塔盘,平均吨水蒸汽单耗显著低于 F1 浮阀塔盘,该技术可为解决炼化企业酸性水汽提装置因塔盘导致装置运行周期短、能耗高的问题提供技术支撑。

## 参考文献

- [1] 姜峰,潘永亮,梁瑞,等.含硫污水的处理与研究进展[J].兰州理工大学学报,2004,30(5):72-75.
- [2] 冯大春.带测线单塔加压汽提同时脱酸脱氨工艺应用现状[J].广州化工,2010,38(12):227-229,257.
- [3] 齐慧敏,王栋.炼厂含硫污水汽提技术分析[J].当代化工,2006,35(5):75-79.
- [4] 余浩兵,花飞,龚朝兵.污水汽提装置设备结垢原因分析及解决措施[J].中外能源,2013,18(4):78-82.
- [5] 牛春革,陈永立,聂春梅,等.炼油厂酸性水汽提脱硫装置结垢原因分析[J].炼油技术与工程,2010,40(11):37-40.
- [6] 王吉兴.含硫污水汽提装置运行与改造[J].内蒙古石油化工,2008,(8):42-43.
- [7] 王恒亮,邹家敏,费春利,等.污水汽提装置氨精制系统技术改造[J].石油与天然气化工,2003,32(2):85-88.
- [8] 许国平,左理胜,谭红,等.污水汽提装置结垢原因分析及控制[J].清洗世界,2014,30(11):32-35. ■