

# 一种低返混均效喷射塔盘 在甲醇精馏领域的应用

杜淑慧\*, 赵顺雯, 胡冰, 周丽强  
(天津市创举科技股份有限公司, 天津 300392)

**摘要:**新奥新能源有限公司 60 万 t/a 甲醇精馏项目为实现扩产改造, 加压塔采用 69 层浮阀塔盘替换原设计的填料, 开车后出现处理能力小、塔板压降大、精馏中乙醇含量高、塔板托液甚至液泛, 严重影响正常生产。分析了形成这些现象的原因, 并提出了改造思路及新塔盘的设计理念。将原加压塔提馏段 10 层浮阀塔盘全部更换为低返混均效喷射塔盘, 改造后处理能力达到 76 万 t/a, 产品达到国标优级品, 整塔压降由 100 kPa 降至 55 kPa, 蒸汽消耗明显降低。

**关键词:**甲醇精馏; 液泛; 低返混均效喷射塔盘

**中图分类号:** TQ54

**文献标志码:** A

**文章编号:** 0253-4320(2019)11-0185-03

**DOI:** 10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2019.11.040

## Application of low back-mixing equal efficiency spray tray on methanol distillation

DU Shu-hui\*, ZHAO Shun-wen, HU Bing, ZHOU Li-qiang  
(Tianjin Chuangju Technology Co., Ltd., Tianjin 300392, China)

**Abstract:** In order to expand and renovate its 600 000 ton/year methanol distillation project, ENN Group Xinneng Energy Co., Ltd. has replaced the existing fillers in the pressured tower by 69 layer valve trays. When the project starts up after renovation, some abnormal phenomena happens, including insufficient capacity, over-high tray pressure drop, high ethanol percentage in product, high liquid hold up on tray even flooding and so on, which all impact the operation. The reasons for these abnormal phenomena are analyzed, the further modifying ideas and the design philosophy of new tray are also put forward. Low back-mixing equal efficiency spray trays are used to replace 10 layers of valve trays in stripping section of the pressured tower. After the further modification, the capacity of the project reaches 760 000 ton/year and the product quality can meet China's superior grade GB standard requirement. Besides, the whole tower pressure drop reduces to 55 KPa from 100 KPa and the steam consumption decreases significantly.

**Key words:** methanol distillation; liquid flooding; low back-mixing equal efficiency spray tray

甲醇是一种重要的有机化工原料, 被广泛应用于有机合成、医疗、涂料、农药、染料、燃料、汽车和国防等工业中。现有工艺合成的粗甲醇中含有较多杂质, 需作精制处理, 而精馏是粗甲醇精制的主要方法。甲醇精馏的工艺流程主要包括单塔工艺、双塔工艺<sup>[1]</sup>、三塔工艺和四塔工艺<sup>[2-3]</sup>, 而无论是哪种工艺, 目前甲醇精馏的塔内件主要有金属丝网波纹填料<sup>[4]</sup>、ADV 微分浮阀<sup>[5]</sup>、梯形导向浮阀等。新型垂直筛板作为一种喷射型塔板, 由于高效的传质效率、较低的板压降和较强的抗堵性也日益受到各厂家的青睐。

## 1 项目概况

新奥新能源有限公司甲醇合成采用卡萨利合

成塔, 粗甲醇中乙醇含量偏高。甲醇精馏采用传统的三塔工艺, 原设计处理能力为 60 万 t/a, 预塔塔径为 DN3200、加压塔塔径为 DN3400, 常压塔塔径为 DN4400。预塔、加压塔采用填料塔, 常压塔采用填料和塔板相结合的方式。2014 年为了扩产改造, 新奥新能源有限公司委托南方一公司对精馏加压塔进行了改造: 将原加压塔填料全部拆除, 改为 69 层浮阀塔盘, 然而改造未达到预期。具体反映在预塔进料 130 m<sup>3</sup>/h 时, 加压塔提馏段因为气相开孔率过小、气速过快, 发生严重的托液现象, 最终导致液泛。为保证正常生产, 加压塔进料量仅能通过 90 m<sup>3</sup>/h, 余下的 40 m<sup>3</sup>/h 被迫通过新增副线直接送至常压塔。结果使加压塔压差达到 100 kPa, 精馏操作困难, 精馏中水分及乙醇含量波动大, 时有超标, 能耗偏高。

## 2 原因分析

南京公司改造加压塔提馏段采用的塔内件为浮阀塔盘, 降液系统采用双溢流型式, 塔板开孔率为 14.59%。浮阀塔盘属于鼓泡态塔盘, 传质机理为气体进入塔板液层被分散成气泡向上运动, 液体随气泡做上下翻滚运动, 见图 1。在此过程中, 液相为连续相, 气相为分散相, 气液传质属于错流接触型式。浮阀塔盘的阀孔动能因子设计范围一般在 7~11, 阀孔开孔率在 4%~15%<sup>[6]</sup>。随着阀孔动能因子的增大, 开孔率降低, 但是浮阀塔盘的阀孔动能因子超过 11 后, 塔盘会出现明显的雾沫夹带情况(相当于气相返混), 当阀孔气速过大时, 会在塔板上形成一道道气柱, 阻碍液体的流动, 最终可导致液泛。

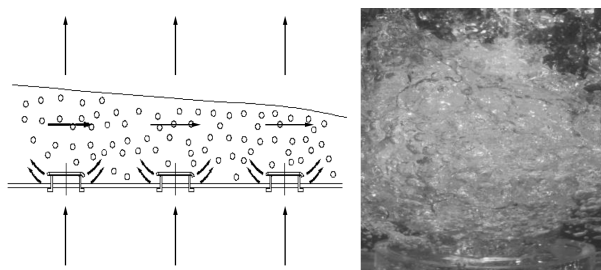
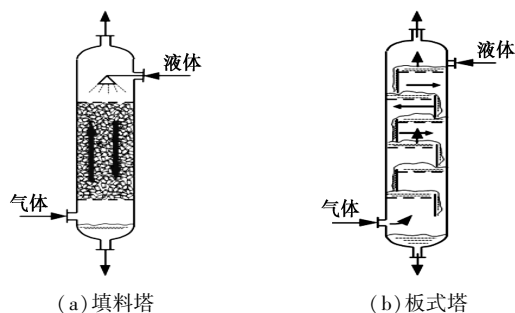


图 1 鼓泡态塔盘的传质机理

经核算南京公司设计的加压塔提馏段浮阀塔盘的阀孔动能因子约为 13.2, 板上液层高度约为 100 mm H<sub>2</sub>O, 这就不难理解为什么开车后加压塔会出现托液甚至液泛现象了。

## 3 改造思路

填料塔和板式塔的气液接触过程和特点见图 2 和表 1, 从表 1 中可以看出, 最佳传质过程应为连续、逆流及强化的过程。新奥公司的 60 万 t/a 甲醇扩产改造项目由于增加了处理量, 继续使用填料则液泛率不满足要求。故可以设计一种类似于填料的逆流接触, 可强化传质的过程。逆流接触可以采用



(a) 填料塔 (b) 板式塔

图 2 填料塔和板式塔的传质过程

表 1 填料塔和板式塔的气液接触特点

填料	塔板
逆流-连续	错流-间断
自然过程	强化过程
膜态、膜滴态	鼓泡态、喷射态
持液量小	持液量大
持液时间短	持液时间长
阻力低	阻力高

多溢流型式; 强化传质过程采用喷射态塔盘代替原有的鼓泡态塔盘(浮阀)。

喷射态塔盘的传质机理如图 3, 气体由塔盘板孔缩流加速进入帽罩内, 液体从塔板上帽罩底隙进入罩内, 气体将进入帽罩内的液体提拉、拉膜、破碎, 向罩顶撞击。撞击后气液折返从帽罩侧孔水平喷射, 液滴落回塔盘, 气体上升进入上一层塔盘。在此过程中, 气相为连续相, 液相为分散相。喷射态塔盘的阀孔动能因子设计范围一般在 12~16, 阀孔开孔率在 4%~13%。

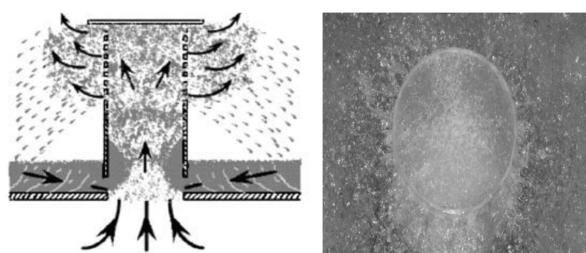


图 3 喷射态塔盘的传质机理

## 4 低返混均效喷射塔盘的设计理念

低返混均效喷射塔盘由降液管、塔板、帽罩、液盒、布液环等组成(见图 4)。①为了实现如填料一般的逆流传质过程, 并实现将全塔盘液体分流、降低塔盘上液层高度的目标, 对于液相通道, 将全塔径分为若干溢流通道, 即多降液管结构。同时为了增加塔板的开孔率, 将降液管和受液盒在立体空间上合二为一, 利用重力流的作用, 快速将受液盒中的液体分布至布液环中。②为了强化传质, 采用喷射态的帽罩, 气相将液相分散成大量的液滴后, 使得液相内分子向相界面移动的距离变短, 移出的时间变短, 改善了传质液相阻力控制。由于剧烈的传质, 运动过程中液滴界面在不断地更新, 强化了气液传质。另外, 由于具有自消泡的作用, 可以很大程度上降低雾沫夹带。

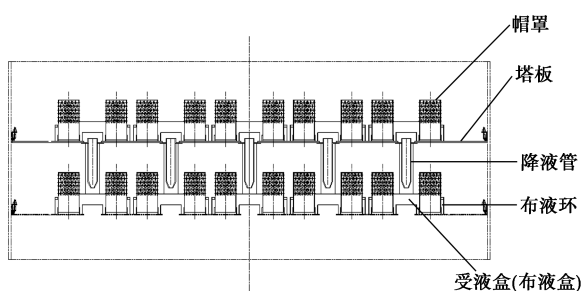


图4 低返混均效喷射塔盘的结构

具体的传质过程为:①液体自降液管降到本层塔盘后首先进入布液盒(即受液盒),布液盒连接布液环,每个帽罩都有属于自己的布液环,布液环的液体均布于帽罩下端的底隙处,因此布液环的液体会优先于塔盘上的液体进入帽罩内。②进入帽罩的液相与塔盘下方上升的气相接触传质传热,经由帽罩侧孔喷出,液相下落到塔盘上,最后经过降液管落到下一层塔盘,气相则继续上升去往上层塔盘。③当降液管中的液相流量较小不能与塔盘下上升的气相充分混合接触时,塔盘上聚集的液相将依次通过布液环底隙和帽罩底隙进入帽罩中与气相接触传质传热。

## 5 低返混均效喷射塔盘的特点

(1)采用多溢流的型式,降低塔板上的液层高度。在塔盘的每块塔板上,液相的流通通道较短,气相和液相的接触近似于逆流传质,极大程度减小了返混。

(2)打破了传统的一层塔板上必须同时布置降液管和受液盘的限制,将降液管和受液盘在立体空间上合二为一,极大程度为提高塔板开孔率提供更多的空间。

(3)塔盘上每个帽罩都有属于自己的布液盒和布液环,接受来自上层降液管的液体,不与其他降液管的液体发生返混,提高传质效率的同时达到每个单元传质均效的目的。

(4)采用喷射态帽罩,相比于浮阀、筛孔等鼓泡态塔盘,阀孔动能因子可以更大,而雾沫夹带仍可以

控制在有效的范围内;并且气相将液相分散成更小的液滴,液相分子传递路径变短,表面更新快。

(5)传质效率高且均一,特殊部件结构设计,使得每个帽罩周围均形成厚度基本相当的液层,使每个帽罩在进行气液传质时均能发挥较高且均一的效率,也提高了塔板的整体传质效率。

## 6 改造效果

将原有加压塔提馏段的10层浮阀塔盘全部更换为低返混均效喷射塔盘后,项目一次性开车成功,并顺利通过性能考核。

(1)预塔进料量达到 $130\text{ m}^3/\text{h}$ 以上,系统装置运行稳定,且仍有进一步增加负荷的空间。操作弹性明显增加,满足日产 $2\ 300\text{ t}$ 以上能力,即年产能可达到约76万t。

(2)产品质量明显提高且稳定,完全达到国标优级品,尤其是加压塔采出的乙醇质量分数大幅降低,稳定在 $100\times 10^{-6}$ 以内,进一步优化调节,可以降低到 $30\times 10^{-6}$ 左右。

(3)加压塔处理能力、效率提高。 $40\text{ m}^3/\text{h}$ 副线全部关闭,塔压差降至 $55\text{ kPa}$ 左右,降幅达40%以上。

(4)加压塔的采出量提高15%,和常压塔采出比例趋于均衡合理。回流比由2.5降至2.0左右,产品蒸汽消耗降低。

## 参考文献

- [1] 葛方晋.三塔流程甲醇精馏技术的应用[J].小氮肥,2007,35(12):12-14.
- [2] 黄凤林,杨伯伦,向小凤.甲醇四塔精馏过程模拟分析[J].现代化工,2006,26(1):324-327.
- [3] 程建光,陆丽萍,张雷.甲醇双塔精馏进和三塔精馏的比较[J].化工设计通讯,2009,35(3):30-33.
- [4] 张光伟.网孔波纹填料在甲醇精馏系统中的应用[J].福建化工,2001,(2):31-32.
- [5] 胡毅,石克民,王美丽.ADV微分浮阀塔板技术在甲醇精馏中的应用[J].河南化工,2005,22(3):34-35.
- [6] 俞晓梅,袁孝竞.塔器[M].北京:化学工业出版社,2010:59.■

欢迎订阅《现代化工》杂志,邮发代号82—67。