

# 污水汽提塔异常工况分析与处理

马建红 陶旭阳 彭兆国

宁波富德能源有限公司 浙江 宁波 315200

**摘要:** 本论文以宁波富德能源甲醇制烯烃装置污水汽提塔为研究对象,通过设备技术改造与工艺优化相结合的方法,系统分析了汽提塔运行过程中存在的重沸器换热效率衰减、塔盘堵塞、压差升高及结垢等问题。针对上述问题,提出了增设波特过滤器、重沸器气相管线改造以及含油废水处理工艺优化等技术改进方案。实施结果表明:相关技术改造有效延长了污水汽提塔的安全运行周期,降低了装置运行压差,减轻了下游工序的处理负荷,同时减少了环境污染风险并提升了产品回收效率。

**关键词:** 污水汽提; 过滤装置; 重沸器; 塔盘结垢

## 1 前言

甲醇制烯烃(DMTO)技术作为一种新兴的工艺路线,以其原料来源广泛、反应条件温和等优势,逐渐成为传统石脑油制烯烃的重要补充<sup>[1]</sup>。然而,在实际生产过程中,污水汽提塔作为DMTO装置中的关键设备,其运行稳定性直接影响到整个装置的长周期安全运行和环保达标排放。针对污水汽提塔塔盘堵塞、重沸器结垢等关键问题,并提出了针对性的技术改造措施,通过实际应用验证,这些措施显著提高了污水汽提塔的运行效率和稳定性。研究结果不仅有助于提升装置的经济效益,也为低碳烯烃生产技术的环保性和可持续性发展提供了重要支撑。

## 2 污水汽提塔工艺流程

甲醇制烯烃装置污水汽提塔设有52层高效浮阀塔盘。污水进入沉降罐混合后进入汽提塔,塔底设有两台污水汽提塔底重沸器,污水汽提塔重沸器采用240℃、低压过热蒸汽作为热源。污水汽提塔底的净化水经汽提塔进料换热器,甲醇净化水换热器,净化水干式空冷器后分三路,一路送至水洗塔下返塔线上,或急冷塔上返塔及急冷水泵入口,一路送至烯烃单元做水洗车,另一路经净化水冷却器冷却至40度后送污水处理厂或甲醇废液罐。

## 3 污水汽提塔存在的问题

污水汽提塔主要用于本装置污水的处理。由于各类污水里面含醛、酮等物质,这类物质经高温容易在重沸器上集结,逐步降低了污水汽提塔及塔底重沸器的工作效率,运行一段时间后,重沸器无法维持污水汽提塔的正常工况。导致净化水不合格,增加污水处理厂的处理压力,并容易发生环境污染的次生事故。

## 4 影响因素分析

### 4.1 塔盘堵的影响

污水汽提塔处理的污水中对塔盘影响比较大的物质

主要有催化剂,油类,醛,酮等,这些物质长时间在高温,高浓度的情况下容易堆积,在塔盘,受液盘,塔壁等地方集结<sup>[2]</sup>。由于本装置污水汽提塔采用的高效浮阀塔盘,缺点比较明显,抗污染性较差,反应副产物油与烯烃反应容易产生胶质,这些胶质被压缩机压缩后做为汽提塔进料,增大了气提塔进料的粘度。使得浮阀容易和塔盘粘结,发生浮阀卡死现象,使得污水汽提塔操作弹性、处理能力下降,塔底污水质量不合格,塔顶不凝气和浓缩水减少,回收量减少,造成物料浪费。

### 4.2 重沸器效率下降的影响

污水汽提塔底重沸器在运行一段时间后,因为污水中含有催化剂,油,醛,酮等物质,容易在重沸器传热面上产生一层污垢,使重沸器传热系数降低而影响传热效率,在正常工况下使得污水汽提塔底温度下降,达不到工艺温度<sup>[3]</sup>。造成净化水质量超标,增加下游装置负担,长时间污水不合格易发生污水处理厂细菌失活,污染环境等次生事故。在发生重沸器传热效率下降的情况下保证净化水出装置合格就需要降低污水汽提的处理量,但是这一方法的弊端是有部分污水无法处理,越积越多,无法存储,只能停工处理。另一种是降低污水的生成,即本装置降低进料负荷,维持生产。这一方法弊端是相对能耗增加,生产成本增加,企业没有效益。

## 5 问题原因分析

造成塔盘堵,重沸器效率下降的问题,总的看来是因为污水汽提塔进料组成,这些组成直接或者间接加快了这些问题的发生。这些组分的来源主要有以下几个地方:

### 5.1 急冷塔底水

急冷塔的主要作用是洗涤并降温反应气体。反应气自下而上与急冷塔顶冷却逆流接触,通过14层人字挡板洗涤来自反应气内的少量催化剂,同时降低反应气温

度。急冷底水一路通过急冷底泵升压去急冷水空冷降温后回到急冷塔，另一路经过急冷塔旋液泵经过急冷水旋液分离器一路去沉降罐做污水进料，一路经过急冷水过滤器返回塔底，急冷水组成如表1所示。

表1 急冷水采样分析

| 采样日期     | TOC  | 固含量    | 甲醇    | 二甲醚   | 丙醛    | 丙酮    | 乙醇    |
|----------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 单位       | mg/l | %体积    | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg |
| 2021.4.5 | 824  | 0.004  | 21.2  | 0     | 0.8   | 63.5  | 10.3  |
| 2021.4.6 | 984  | 0.0048 | 14.9  | 0     | 0.8   | 52.7  | 12.9  |
| 2021.4.7 | 842  | 0.0047 | 17.9  | 0     | 1     | 62.9  | 14.8  |

5.2 水洗水底水

水洗塔主要作用是进一步洗涤，降温来自急冷塔顶部的反应气体。从急冷塔顶来的反应气体自下而上与水洗水逆流接触，降低反应气温度和洗涤携带的少量催化剂。水洗塔底有2个抽出口，分别是水洗水和隔油槽抽出口。水洗塔出口温度是35~43℃。水洗塔底部95~110℃。DMTO技术是低碳烯烃的技术。在分子筛的酸性催化作用下，可以进一步经环化、脱氧、氢转移、缩合、烷基化等反应生成分子量不同的饱和烃、C6+烯烃及焦炭。甲醇、二甲醚也可以与产物烯烃分子发生耦合催化剂转化反应<sup>[4]</sup>。这些副反应在急冷塔出口温度104~115℃的情况下不易溶于水，但是水洗塔进一步降温达到水洗塔顶部35~43℃就比较容易洗涤。那些油类溶于水后不容易被分

离出来，所以底水中含有少部分油类，大部分被隔油槽隔离，含有少量油类及催化剂等物质的水被送至沉降罐做为污水汽提的进料。

6 污水汽提塔处理工艺的技改及应用效果

6.1 汽提塔处理工艺的技改

针对污水汽提塔存在的问题，进行了以下工艺上的改造及优化：

首先，降低污水汽提塔进料中固体含量，这些固体含量主要是由于催化剂通过旋风分离器未被分离下来的催化剂细粉进入急冷塔，通过急冷塔的洗涤和脱过热，洗涤下来的催化剂混合在水中送入汽提塔做为进料，通过对各进料现场采样也证实了固含量（催化剂粉末）的主要来源如表2所示。

表2 固含量来源采样分析

| 固含量（ppm）   | 急冷水 | 水洗水 | 烯烃水洗水 | 废甲醇罐 | 烯烃气压机凝液 |
|------------|-----|-----|-------|------|---------|
| 2021.04.18 | 423 | 88  | 38    | 68   | 14      |
| 2021.04.22 | 454 | 79  | 30    | 58   | 11      |
| 2021.04.26 | 463 | 95  | 29    | 77   | 15      |

经过对现场管线走向，设备位置的摆放及工艺上的探讨，决定在急冷塔布袋式过滤器后面增加急冷波特过滤器，用于降低急冷水的固体含量，如图1所示。

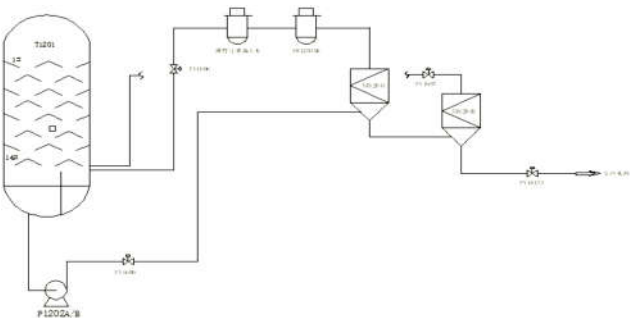


图1 急冷波特过滤器

其次，对烯烃含油凝液回炼的工艺进行优化：为了防止烯烃气压机凝液（含油废水）直接进入汽提塔和污水里面催化剂粉末混合后粘黏在浮阀及塔盘上，增加一条DN50的管线接至水洗塔隔油槽汽油线外送至废甲醇罐，经过一段时间沉降后油水分离，底部清液送至沉降

罐回炼。

最后，对汽提塔底热源重沸器进行改造；汽提塔在设计时考虑较乐观，实际情况汽提塔重沸器不能长周期（设计2-3年）的处理污水，大约不到半年重沸器工况异常，一年不到无法维持生产，经过对工艺及生产安全考虑，决定在重沸器气相返回线上加装阀门，设备改造如图2所示。

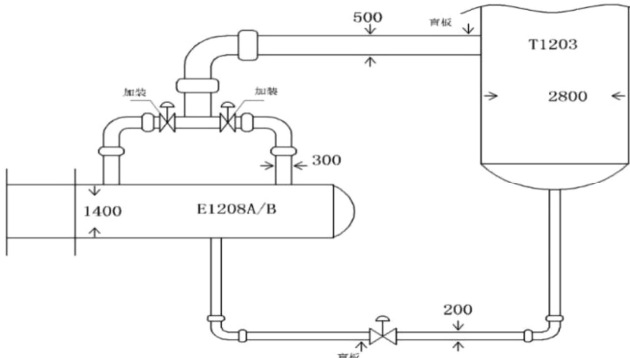


图2 改造后汽提塔底热源重沸器

6.2 工艺优化的理论依据

6.2.1 波特过滤器装置的安装

急冷水作为污水气提塔主要进料之一，其中的固含量影响着下游塔板和重沸器的使用寿命，传统的方法是设置悬液分离装置和急冷水过滤装置，实际使用效果较差。波特过滤器作为一种配备钛滤芯装置，以工业纯钛粉（纯度≥99.6899%）为主要原料经高温烧结而成，过滤精度在1~100微米，钛滤芯具有高聚合物分离膜无法比拟的优点，可以通过碱煮、反吹等手段有效避免悬浮物残留在过滤器中，进而提升过滤效果，故决定在急冷水过滤器后路增加波特过滤器。而经过洗涤后反应气进入水洗塔，水洗塔温度比急冷塔低，其反应气里面含有的油气在水洗塔中冷却洗涤下来，油被隔油槽隔出送至甲醇废液罐，经过沉淀，送回沉降罐回炼。

6.2.2 烯烃装置气压机凝液甲醇废液罐缓冲沉淀

烯烃气压机凝液量约有4~8t/h，设计时直接送至沉降罐，但是凝液含油较多，直接进料后凝液所含油质容易和急冷水，水洗水中的催化剂相互作用进而粘结浮阀和塔盘，造成汽提塔通道变小，流动阻力变大，使得液体不能顺利下流到下层塔盘，严重影响污水汽提塔操作。针对此现象，对该过程进行工艺流程改造，凝液在输送过程中首先经过甲醇废液罐进行缓冲沉淀，根据相似相溶原理，利用甲醇废液罐中的大量有机溶剂对凝液中的油质进行萃取，从而有效地减少凝液中油质含量，随后将沉淀后的凝液返回至沉降罐进料，最大程度上减少浮阀和塔盘粘黏现象的发生。

6.2.3 污水汽提塔塔底重沸器优化

由于污水中含有大量的环烷酸盐、环烷酸化合物以及沥青质等，使污水转化成了一种乳化液，在温度下，使污水的表面张力增大，分散、乳化性能下降，导致分散在其中的有机物、无机粒子析出引起结垢，使得重沸器效率逐步下降，直至无法维持正常生产<sup>[5]</sup>。在设计初期，考虑相对乐观，未想到实际情况比较恶劣，投产未到1年2台重沸器蒸汽出口温度由145℃升至180℃左右，效果极差，无法维持正常生产。主要的处理手段为切除清洗，但这种做法需要装置停车，进而影响正常生产，企业利益受损。根本原因在于重沸器的气相线无法有效隔断，经过研究决定，在气相线最佳位置处加装闸阀，从而达到对气相产物的有效的控制，并制定行之有效的重沸器清理规程，进而实现在线清洗重沸器，降低操作难度。

6.3 应用效果

按照前述工艺流程优化措施对现场污水汽提塔进行

改造，急冷、波特过滤器出入口固含量如表3所示。

表3 急冷、波特过滤器出入口固含量

| 采样时间          | 急冷水过滤器入口 | 急冷水过滤器出口 | 波特过滤器入口 | 波特过滤器出口 |
|---------------|----------|----------|---------|---------|
| 单位            | ppm      | ppm      | ppm     | ppm     |
| 21年5月10日10:00 | 433      | 138      | 137     | < 5     |
| 21年5月11日10:00 | 447      | 140      | 142     | < 5     |
| 21年5月12日10:00 | 437      | 154      | 153     | < 5     |

并将增加波特过滤器前、后的急冷水固含量进行对比，如表4所示。

表4 增加波特过滤器急冷水中固含量对比

| 位置       | 时间 | 单位  | 10:00 | 10:00 | 10:00 | 10:00 | 10:00 |
|----------|----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |    | ppm | 441   | 450   | 469   | 459   | 448   |
| 增加波特过滤器后 |    | ppm | 98    | 87    | 88    | 94    | 104   |

由表可知，随着波特过滤器的增加，急冷水的固含量从450ppm左右降低至100ppm以下，急冷水的固含量有了明显的降低，这将有助于下游塔板和重沸器的使用寿命提高和维修频次的降低，也反映出这一系列的工艺优化措施的积极作用。

7 总结

低碳制烯烃技术是新兴技术，随着生产过程的延续性进行，各种在设计时未考虑周全的问题都将暴露出来，这些问题都将在生产中得到比较好的解决。通过污水汽提塔存在的问题进行针对性的讨论研究，做出具体解决方案。即对设备工艺流程的优化改进，如改进后的装置急冷水固含量从450ppm左右降低到100ppm以下，汽提塔重沸器可以在工况较差的时候切除清洗，有效的增加了设备的使用寿命和设备利用率，同时，在2021年抢修至今污水汽提塔运行稳定，塔底重沸器运行正常，未发生不可控制的情况，技术改造及工艺优化达到预期目标。为本装置满负荷，长周期，安全平稳高效的运行提供保障。

参考文献

[1]中国石化集团洛阳石油化学设计公司.2010.12（1-16）.  
[2]流化催化裂化.陆庆云.朱吉人.中国石化出版社.1993（229-255）（263-281）.  
[3]化工单元过程及操作冷士良戴猷元化学工业出版社.2007.6（111-114）（128-142）.  
[4]炼油厂酸性水汽提装置存在的问题及对策.齐慧敏.林大泉石油化工环境保护1998.04（22-29）.  
[5]污水气提塔的优化设计与运行杨开书黄占修石油化工环境保护.2007.29（3）（17-19,65）.