

脱臭系统清洗实践

左青¹,付学华²,吕瑞³,程水银³,徐红闯³,左晖⁴

(1. 江苏丰尚油脂工程技术有限公司,江苏扬州 225127; 2. 中纺粮油(福建)有限公司,福建漳州 363100;
3. 中储粮东莞油脂工业有限公司,广东东莞 523147; 4. 广州星坤机械有限公司,广州 510890)

摘要:在油脂精炼过程中设备触油表面会产生油垢,导致传热传质效果下降,而提高脱臭温度会造成油脂质量下降,因此需要对脱臭系统进行清洗。从清洗机制、清洗剂种类、清洗程序等方面介绍了脱臭系统的清洗实践。油脂精炼厂清洗脱臭系统可先采用碱液和高压水冲洗,再请专业公司采用溶解性清洗剂进行清洗,清洗效果要求被清洗的金属表面除垢率大于95%、无点蚀及过洗现象、腐蚀率小于或等于 $1.0 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。在油脂精炼生产中需按照操作规程进行操作和维护,设置好预防清洗的工艺控制参数。

关键词:脱臭系统;清洗剂;碱液;致密性油垢

中图分类号:TS223.6;TQ643+.22 文献标识码:B 文章编号:1003-7969(2023)07-0149-04

Cleaning practice of deodorization system

ZUO Qing¹, FU Xuehua², LYU Rui³, CHENG Shuiyin³,
XU Hongchuang³, ZUO Hui⁴

(1. Jiangsu FAMSUN Oils & Fats Engineering Co., Ltd., Yangzhou 225127, Jiangsu, China; 2. China Textile Oil (Fujian) Co., Ltd., Zhangzhou 363100, Fujian, China; 3. Sino-Grain Dongguan Oils and Fats Industrial Co., Ltd., Dongguan 523147, Guangdong, China; 4. Guangzhou Xinmas Co., Ltd., Guangzhou 510890, China)

Abstract: During the oil refining process, oil stain is generated on the contact oil surface of the equipment resulting in a decrease in heat and mass transfer efficiency, while increasing the deodorization temperature will cause a decrease in the quality of the oil. Therefore, it is necessary to clean the deodorization system. The cleaning practice of deodorization systems was introduced in terms of cleaning mechanism, cleaning agent types and cleaning procedure. The deodorization system of oil refinery could be cleaned first by alkali solution and high-pressure water, and then by the professional company with the dissolved detergent. The cleaning effect required oil stain removal rate of more than 95%, no pitting or overwash phenomenon, corrosion rate less than or equal to $1.0 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. In oil refining production, it is necessary to operate and maintain according to operating procedures, and set process control parameters for preventive cleaning.

Key words: deodorization system; cleaning agent; alkali solution; dense oil stain

油脂在精炼过程中会接触活性白土、有机试剂等,长期生产运行后,脱臭系统的主要设备如板式脱臭塔、换热器、储存罐、过滤器、管道等触油表面会附着胶体皂粒杂质、白土颗粒等,在高温下发生水解反应和聚合反应,降解物形成油膜和致密性油垢,这些

油垢会增加植物油的黏度、减少液体流道面积、降低生产流量以及传热传质效果。正常化学精炼脱臭温度为 $235 \sim 245 \text{ }^\circ\text{C}$,时间 $40 \sim 60 \text{ min}$,物理精炼温度为 $250 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右,时间 $60 \sim 90 \text{ min}$,但由于脱臭塔在结垢后传热效率降低,需要提高脱臭温度,而脱臭温度过高不仅增加蒸汽耗量,而且油脂会发生水解,其中的生育酚、甾醇的损耗增加,使油脂的营养价值和氧化稳定性降低^[1-2]。夏天文等^[3]研究大豆油脱臭时发现,在相同的脱臭时间下,脱臭温度越高反式脂肪

收稿日期:2022-09-02;修回日期:2023-04-12

作者简介:左青(1958),男,高级工程师,主要从事油脂企业的生产技术管理工作(E-mail) zuoqing_bj@163.com。

酸含量增加越快。升高脱臭温度会造成油脂质量下降,因此需要对脱臭系统进行清洗。

清洗脱臭系统是一个随机性操作,不需要设立固定的清洗频率,清洗时间由脱臭塔的尺寸、形状和污垢程度决定。建议脱臭系统清洗范围为脱色工段和脱臭工段所有设备,包括预脱色罐、脱色罐、脱色泵、立式过滤器、安全过滤器、暂存罐、除氧器、板式换热器、螺旋换热器(高温)、脱臭塔、脂肪酸捕集器、脂肪酸暂存罐、抛光过滤器、油泵等。本研究从清洗机制、清洗剂种类、清洗程序等方面介绍了脱臭系统的清洗实践,以期油脂工厂生产实践提供参考。

1 清洗机制

清洗剂中含有十二烷基磺酸钠之类的表面活性剂,其一端亲水、一端亲油,亲油基伸入油分子中将油垢包裹,亲水基伸入水分子中,从而使被乳化剂包裹的油垢分散到水中,形成乳液。清洗剂处理油垢,不仅可将油垢乳化为小油滴分散悬浮于水中,还可使固体油垢表面带电,利用相同电荷之间的排斥力而使油垢分散在水中,阻止油垢再沉积。

清洗过程是清洗剂、油垢和基质表面多相界面间的反应过程,关于清洗的机制尚未被彻底研究清楚,初步认为除油垢过程是胶体电解质,胶束胶体的润湿、乳化、分散、增溶及电学行为等综合作用的结果。清洗过程是化学与物理的综合过程,清洗效果与清洗剂的结构、性质、组成及含量有关,也与基质的材料结构、表面状态,以及油垢的来源、成分和性质有关,同时受清洗条件如温度、机械作用等因素影响。

脱除油垢的过程可分为以下3步:①清洗剂溶液对被洗基质和油垢的润湿及对二者界面之间的渗透,以减小油垢自身各个油粒间的结合力和油垢与基质间的结合力;②清洗剂中的表面活性剂使油垢乳化、增溶、分散,造成油垢与基质表面分离,分散脱落或乳化于洗涤介质中(通常是水);③防止已被乳化的油垢重新沉积在基质表面。清洗过程是一个可逆过程,分散和悬浮于介质中的油垢可能再沉积在基质表面。

2 清洗剂种类

2.1 食品级清洗剂

清洗油脂精炼设备时需要采用食品级清洗剂^[4-5]。市售食品级清洗剂包括羧酸盐、分散剂、剥离剂。对于精炼设备内部流道小的,例如填料脱臭塔、板式换热器和螺旋换热器,选用溶解性清洗剂,可以与油垢发生化学和电化学反应生成可溶性物质,随水流出。

2.2 碱液(KOH和NaOH)

与NaOH相比,KOH的结构不稳定,但KOH对分解油脂更有效,并且凝固点更低。使用NaOH时,碱液浓度5%~10%较好,浓度过低会使活性不够,浓度过高会损伤脱臭塔材料(碱脆化)。碱液清洗的温度范围为55~80℃。若有可能,可设计特效的盘管CIP系统。如果因为热回收盘管堵塞而需要清洗脱臭塔时,可以在不使整个脱臭塔暴露在碱液中的情况下完成清洗。

2.3 椰子油

椰子油含45.1%~53.2%的月桂酸^[6-7],椰子油脂肪酸及其衍生物具有高溶解度和起泡性,椰子油能溶解几乎所有的油组分,是安全的天然产品。用椰子油清洗的不利之处是运输成本和清洗脱臭塔的时间安排。如果使用椰子油清洗,脱臭塔必须用足够的产品冲洗以确保椰子油不会污染成品油。在东南亚国家的精炼厂有采用椰子油清洗脱臭系统的,但目前在国内没有案例。

2.4 高压水

高压水冲洗在脱臭塔内部构件不复杂的情况下是可行的,如果脱臭塔有很多内部构件,高压水冲洗很难清理到每个角落,不推荐使用该方法。然而,高压水冲洗比用化学品清洗的危害性低,容易控制和处理设备内残留的水。在实践过程中,碱液清洗和高压水清洗结合效果最好。

3 脱臭系统清洗程序

一般精炼厂先采用碱液和高压水冲洗,再外请专业清洗公司采用清洗剂清洗,以彻底脱除致密性油垢。

3.1 碱液和高压水冲洗程序

采用碱液和高压水冲洗,其主要清洗程序是热水冲洗、碱液冲洗、高压水冲洗、清洗效果检查等。

3.1.1 热水冲洗

热水(50~70℃)冲洗前,先清空脱臭塔、脂肪酸罐、泵、管道、热交换器内部,对脱臭塔和附属系统进行冷却并破真空。在开启阀门之前,温度需降到76℃以下以防止火灾发生(特别是填料塔以及脂肪酸系统)。如果需要人进入脱臭塔,脱臭塔温度需降到38℃以下。排空热井罐内的水,给脱臭系统接临时管道。破真空后,要确保足够的空气和蒸汽进入脱臭塔,因为多数脱臭塔不是压力容器或压力等级很低。

按照正常进油的流向泵入热水(50~70℃),充满脱臭塔和热回收装置,循环约1h,确保热水进入脱臭塔内任何可能的死角,开启排空阀几分钟用于排气。排空脱臭塔内的热水,热水将残余的油带出

脱臭塔,可确保后续碱液清洗有效。

3.1.2 碱液冲洗

碱液冲洗前,清除所有的聚合油脂凝结块(用手清除或者高压水冲洗)。计算充满和清洗脱臭塔的必需用碱量和用水量。液碱分两次加入脱臭塔。注意要先注入冷水,再加入液碱和表面活性剂,最后将剩余液碱注入到脱臭塔正常的液位高度。开启泵循环碱液,用脱臭塔系统的高压蒸汽管或外部的加热器对碱液进行加热,推荐温度为 $55\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。油与碱液混合形成皂会引发泡沫,可能造成泡沫进入蒸馏物和真空系统中。在循环回路上装过滤器,以捕捉大颗粒油垢和胶体皂粒。循环时间达到能够脱除油垢杂质即可,这取决于油正常在脱臭塔中的运行时间以及污垢程度,如精炼棕榈油的脱臭塔需要的循环时间一般来说比精炼油以酸为主要成分的油短。在热回收管路中转换正常流向和逆流,在循环过程中检查流量和压力,确保清洗过程的流体是连续性的,在需要时清理过滤器。清洗结束后,排空脱臭系统碱液。将清洗废液交予废液专业处理公司进行处理。若工厂自己处理废液,可将其缓慢加入到皂脚裂解工艺中,或缓慢通过污水处理系统处理。废液量、BOD/COD 负载以及液碱组成足以对任何污水处理系统造成冲击性的负荷。

3.1.3 冷水冲洗和高压水冲洗

开启脱臭塔人孔,从外部接冷水冲洗塔盘。向脱臭塔中注入冷水,加入柠檬酸全部溶解于水中,调节pH至7左右,水位容许高于正常操作的液位,以避免生产中出现油里含皂。用空气或氮气对柠檬酸水溶液进行搅拌,喷洒到整个塔盘表面。从外部用高压水冲洗脱臭塔从而去除残留的微粒和皂。如果条件允许,拆下喷射蒸汽管道,用高压水对其内部进行冲洗。

3.1.4 清洗效果检查

清洗结束后,拆除临时管线,检查清洗效果。整理有关测试数据,结合操作过程,写出化学清洗总结报告。按照化工部《工业设备化学清洗质量标准》,生产液位以下清洗液所能浸泡或流经的位置,清洗效果应达到以下指标要求:被清洗的金属表面除垢率大于95%,无点蚀及过洗现象,腐蚀率小于或等于 $1.0\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。若达不到要求,再请专业公司用清洗剂进行清洗。

3.2 清洗剂清洗程序

采用清洗剂的主要清洗程序是热水冲洗、清洗剂预清洗、清水冲洗、主清洗剂清洗、热水冲洗、人工清理、清洗效果检查。

3.2.1 热水冲洗

热水($50\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$)冲洗前,先将脱臭系统内残油

尽量排放干净。采用热水清洗的目的是除去系统内大块的结垢物及其他疏松型油垢,清除系统内残油。

通过暂存罐向系统中注入一定量的水,水量要保证系统循环正常,启动循环泵,在循环正常后打开直接蒸汽或启动高压锅炉,加热至 $50\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$,热水冲洗流速为 $0.5\sim 1.5\text{ m/s}$,观察冲洗水至透明无颗粒,进回液浊度差小于或等于 5 mg/L 时,(每15 min测试1次浊度及pH)。停止循环和加热,同时检查系统是否泄漏,如有泄漏则进行处理,不泄漏则将水排放干净。

3.2.2 清洗剂预清洗

清洗剂预清洗的目的是通过清洗液与系统内残油和疏松型油垢生成水溶性物质,并利用清洗液的冲刷作用去除油垢。操作步骤:①排净脱臭系统水冲洗残液后,通过临时液槽向系统加水至一定液位并循环,流速控制在 0.5 m/s 左右。②将脱臭塔较脏层的排空阀关闭,其他层的排空阀全部打开,通过清洗槽将CK-202清洗剂(主要为表面活性剂及其他助剂)加入清洗系统中,按一定比例加水后,启动清洗泵循环,同时对清洗系统各设备进行间接升温,先将系统温度控制在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右循环24 h,再继续于 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右加热循环36~48 h。③打开之前关闭的较脏层排空阀,关闭其他层排空阀,在 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右加热循环24~36 h,将清洗液排尽。

3.2.3 清水冲洗

清水冲洗是除去清洗过程中系统内脱落的固体杂质颗粒和残留的清洗液。用清水置换,控制水温为 $60\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$,循环2~3 h停止置换,排放,并定期排污液(每15 min排放1次)。当排出水的pH小于或等于8时,观察冲洗水至透明无微粒,进回液浊度差小于或等于 5 mg/L ,回液口处pH为7左右时,置换冲洗结束。

3.2.4 主清洗剂清洗

主清洗剂清洗的目的是采用清洗液通过化学和电化学反应将致密性油垢变为可溶性物质,并利用清洗液的冲刷作用去除油垢。操作步骤:①排净系统水冲洗残液后,随即通过暂存罐向系统加水至一定液位并循环,流速控制在 0.5 m/s 左右。②启动循环泵循环正常后,加入主清洗剂(主要为表面活性剂和其他助剂),补充水位至控制液位,将清洗液用直接蒸汽或高压锅炉加热至 $90\sim 98\text{ }^{\circ}\text{C}$ 循环72~96 h,期间用直接蒸汽对清洗系统进行保温,如无直接蒸汽,需开启高压锅炉加热保温,同时在直接蒸汽处通压缩空气。

3.2.5 热水冲洗

热水冲洗是为了除去清洗过程中系统内脱落的固体杂质颗粒和残留清洗液。加足量的清水,按比

例加入置换药剂到系统内,启动泵进行循环并加热,在 80℃左右循环 6~8 h 后排放,并定期排污液(每 15 min 排放 1 次),当排出水 pH 小于 8 时,观察冲洗水至透明无微粒,排出液浊度小于 5 mg/L 时,可在进水口处加入适量食用磷酸或柠檬酸进行中和,当出水口处 pH 为 7 左右时,置换冲洗结束。再次加清水循环 2 h 后排放,直至回水的 pH 为 7~8,整个清洗过程完成。

3.2.6 人工清理

清洗完毕,打开人孔,检查设备内部,清理死角及未冲洗掉的污物。对 11 层板式脱臭塔进行分层清洗,打开每层的人孔,用高压水射流清洗机对顶板、隔板和塔壁进行冲洗,每层的底部用水冲洗干净后,用抹布将底部死角的脱落物和残留物处理干净。

3.2.7 清洗效果检查

按照化工部《工业设备化学清洗质量标准》规定检查清洗效果,具体见 3.1.4。

3.3 泄漏测试和开机准备

对脱臭塔进行一次完整的空气泄漏测试,最好用氦气测试。在开机之前,先循环中温的脱色油将残余的水排出,包括塔盘区域和热回收管路死角中的水。按车间标准作业程序(SOP)启动,油在脱臭塔中经过一次循环,从脱臭塔中最初流出的油不符合精炼油的规格,要泵入原油罐重新精炼。循环油

液位应高于正常操作的液位,避免油中皂等物质再次进入生产油中。调大脱臭塔的喷射蒸汽量可以将脱臭塔中残余皂加速冲出。

4 结 语

在脱臭系统可采用的清洗剂有食品级清洗剂(尤其是溶解性清洗剂)、碱液(NaOH)、椰子油和高压水。一般精炼厂清洗脱臭系统先采用碱液和高压水冲洗,再请专业公司采用清洗剂进行清洗,清洗后要达到《工业设备化学清洗质量标准》要求。

致谢:感谢广州垦源化工科技有限公司刘东先生的支持!

参考文献:

- [1] 鲁志成,梁少华,马传国. 影响油脂脱臭效果因素的分析与探讨[J]. 中国油脂,2003,28(11):22-25.
- [2] 郭瑞华,郑妍,杨天奎. 从油脂加工控制反式脂肪酸[J]. 食品安全质量检测学报,2015,6(7):2802-2806.
- [3] 夏天文,孟橘,杨帆,等. 脱臭过程对油脂反式脂肪酸含量的影响[J]. 中国油脂,2007,32(12):18-20.
- [4] 食品工具和工业设备用碱性清洗剂:QB/T 4314—2012[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [5] 食品工具和工业设备用酸性清洗剂:QB/T 4313—2012[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [6] 何东平. 油脂化学[M]. 北京:化学工业出版社,2012.
- [7] 何东平,张效忠. 木本油料加工技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2016.
- [8] ARBITA A A, PAUL N A, COX J, et al. Extraction, partial purification and characterization of proteases from the red seaweed *Gracilaria edulis* with similar cleavage sites on κ -casein as calf rennet[J/OL]. Food Chem, 2020,330:127324[2022-04-18]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127324>.
- [9] 吕旭,关明,古再丽努尔·阿尔肯. 高效液相色谱法测定胡麻卵磷脂中磷脂酰肌醇含量[J]. 山东化工,2018,47(4):47-49.
- [10] ARIMA K, YU J, IWASAKI S. Milk-clotting enzyme from *Mucor pusillus* var. Lindt[J]. Meth Enzym, 1970,19:446-459.
- [11] 刘佟,崔艳华,张兰威,等. 凝乳酶的研究进展[J]. 中国乳品工业,2011,39(8):40-43.
- [12] 施娅楠,陶亮,刘云红,等. 辣木叶凝乳酶提取条件优化及凝乳特性研究[J]. 食品工业,2017,38(5):114-118.
- [13] WANG X F, ZHAO Q, HE L, et al. Milk-clotting properties on bovine caseins of a novel cysteine peptidase from germinated *Moringa oleifera* seeds[J]. Dairy Sci, 2022,105(5):3770-3781.
- [14] 王湜源. 影响凝乳酶活性的因素分析[C]//第三届中国奶业大会论文集:下册. 郑州:中国奶业协会,2012:200-202.
- [15] TAJALSIR A E, EBRAHEEM A S A, ABDALLAH A M, et al. Partial purification of milk-clotting enzyme from the seeds of *Moringa oleifera*[J]. Microbiol Biotechnol Food Sci, 2014,4(1):58-62.
- [16] 蔡恒博. 萌发藜麦酸性蛋白酶酶学分析和生产条件优化[D]. 济南:齐鲁工业大学,2019.
- [17] 段琼芬,刘飞,罗金岳,等. 辣木籽油的超临界 CO₂ 萃取及其化学成分分析[J]. 中国油脂,2010,35(2):76-79.
- [18] 刘琼,陈越,施亚楠,等. 盐法结合两步分级沉淀法提取辣木籽蛋白质工艺优化[J]. 食品工业,2019,40(8):19-24.
- [19] 伯志斯,多伊彻. 蛋白质纯化指南[M]. 2版. 北京:科学出版社,2013.
- [20] 刘晓兰,陈丽,邓永平,等. 离子交换色谱在蛋白质分离中的应用[J]. 饲料研究,2013(10):71-73.
- [21] 代景泉,黄雪松. 生姜凝乳酶的分离纯化[J]. 食品科学,2003,24(2):73-79.

(上接第 142 页)