

## 应用技术

## 油脂精炼脱臭中高温油油换热器的应用实践

孙乐,赵宇,吴涛,王强,赵勇

(无锡中粮工程科技有限公司,江苏无锡214035)

**摘要:**对植物油精炼脱臭中的几种高温油油换热器进行对比,分析了各自的特点。在考虑不同工艺要求、投资成本以及脱臭油品质的情况下,降膜换热器适用范围最广,真空热回收换热器适用于大豆油、菜籽油等油品的冷热油热交换,Compabloc全焊型板式换热器适用于玉米油、葵花籽油的冷热油热交换。

**关键词:**油脂脱臭;换热器;真空热回收换热器;降膜换热器;Compabloc全焊型板式换热器

**中图分类号:**TE973;TE823 **文献标识码:**B **文章编号:**1003-7969(2018)08-0152-04

### Application practice of high temperature oil – oil heat exchanger in deodorization section of oil refining

SUN Le, ZHAO Yu, WU Tao, WANG Qiang, ZHAO Yong

(Wuxi COFCO Engineering &amp; Technology Co., Ltd., Wuxi 214035, Jiangsu, China)

**Abstract:** The high temperature oil – oil heat exchangers used in vegetable oils deodorization section were compared, and the characteristics of the oil – oil heat exchangers were analyzed. Considering different process requirements, investment cost, and the quality of deodorized oil, the falling – film heat exchanger had the widest application range. Vacuum heat recovery heat exchanger was suitable for the heat exchange of soybean oil, rapeseed oil, etc. Compabloc plate heat exchanger was suitable for the heat exchange of corn oil and sunflower seed oil.

**Key words:** oil deodorization; heat exchanger; vacuum heat recovery heat exchanger; falling – film heat exchanger; Compabloc plate heat exchanger

油脂精炼中需要通过冷热油间的热交换,对高温油热量进行回收,以达到节能降耗的目的。精炼工艺中最重要的热回收是高温脱臭油与未升温的待脱臭油间的热交换,该工序换热效果直接影响到待脱臭油最终加热时天然气或柴油的消耗量,同时脱臭油在此工序换热后将与脱色、碱炼工段的油进行热交换。因此,脱臭工段中脱臭油与待脱臭油的高温油油换热器的选配,对整个精炼生产线的热回收及加热系统都有直接影响。

目前最常用的螺旋板换热器存在形成污染后很难清洗、换热效果变差的问题,配置于高温脱臭油油换热较不合理;现已有几种新型换热器可用于该工

况,分别适用于不同的工艺特点。结合实际应用情况,对几种植物油精炼脱臭中的高温油油换热器进行对比,并结合不同的工艺要求及投资成本进行分析,以期能为换热器的合理配置提供参考。

#### 1 高温脱臭油油换热器的种类

油脂精炼高温脱臭油油换热器的作用是通过高温脱臭油与未升温的待脱臭油间的热交换,在脱臭油温度降低的同时,使待脱臭油温度升高,达到热量回收的效果。

高温脱臭油温度一般为240~250℃,换热后降温至120~130℃;待脱臭油温度一般为100~110℃,换热后升温至220~230℃。因此,宜采用耐高温且传热系数高的换热器,使换热器在满足工艺要求的前提下换热面积尽可能减小,降低设备投资。目前,常用的高温脱臭油油换热器主要有以下几种。

收稿日期:2018-05-17;修回日期:2018-05-29

作者简介:孙乐(1986),男,工程师,主要从事油脂工程的设计工作(E-mail)422975173@qq.com。

通信作者:赵宇,研究员(E-mail)531904987@qq.com。

### 1.1 螺旋板换热器

螺旋板换热器是目前应用最多的高温脱臭油换热器,具有体积小、设备紧凑、传热系数较高的特点,技术成熟。如图1所示,螺旋板换热器由两张预制好的钢板,在中间放置夹衬物后平行卷制而成<sup>[1]</sup>。根据工艺要求及使用工况,高温脱臭油换热器一般采用材质为S30408,冷热相采用平行但方向相反的螺旋式流动。

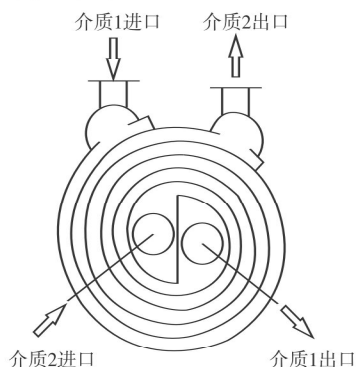


图1 螺旋板换热器示意图

采用螺旋板换热器时,脱臭油经脱臭油泵输送至该换热器,换热后至前段生产线继续进行油油热交换,因此该换热器的工作压力较高,一般为0.6~0.9 MPa。日处理50 t及以下的小型精炼生产线高

温脱臭油油换热,一般配1台螺旋板换热器即可;日处理100 t及以上的大、中型精炼生产线脱臭油油换热,考虑到热应力,一般配2~3台串联的螺旋板换热器。

该换热器为最常用的高温脱臭油油换热器,可用于各种植物油。但该换热器仅能进行热量回收,无法提高脱臭成品油品质;换热器长时间使用会结垢、结胶,造成传热系数下降,换热效果变差,且清洗困难。

### 1.2 真空热回收换热器

真空热回收换热器为方箱型真空设备,内有换热管。如图2所示,待脱臭油通过油泵进入该换热器管程的一端,与脱臭油换热后从管程的另一端出来。脱臭油由脱臭塔通过重力自流至换热器壳程,通过连续挡板最终从换热器壳程底部出口流出,挡板可保证脱臭油与待脱臭油在换热器内始终处于逆流换热状态;换热器壳程底部、管程下方有直接蒸汽喷管将汽提蒸汽喷入脱臭油中;壳体顶部有抽真空接口。脱臭油冷却是在真空及直接蒸汽汽提的条件下完成的,在该条件下冷却的脱臭油可除去冷却后产生的挥发物质(如脂肪酸等),脱臭成品油质量得到了保证。

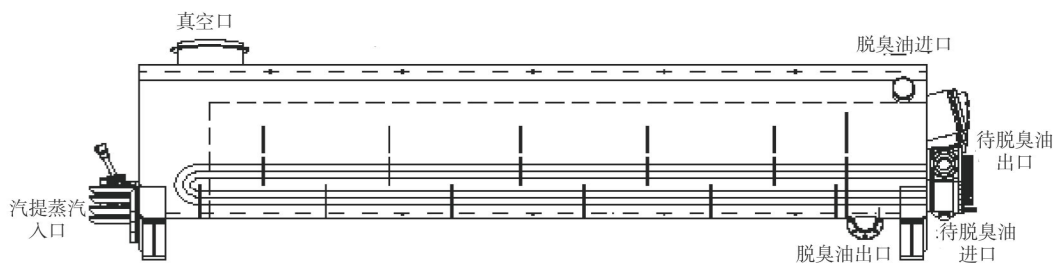


图2 真空热回收换热器示意图

脱臭油在换热器壳程内为非强制流动,换热器传热系数较低。直接蒸汽在汽提脱除油中挥发物质外,另一个重要作用是通过翻动搅拌来提高换热效率;同时通过脱臭油在壳程内的滞留时间来保证换热效果。该换热器体积较大,设备投资成本较高,直接蒸汽的使用会提高蒸汽消耗、增加真空系统负荷。

该换热器适用于大豆油、菜籽油等大部分油品的脱臭油油换热,在换热同时可保证脱臭成品油质量;但是直接蒸汽汽提的工艺条件使脱臭油容易产生水解<sup>[2]</sup>,影响脱臭成品油品质,不开直接蒸汽汽提又会影响换热效果,因此不适用于玉米油、葵花籽油等易水解的油品。

### 1.3 降膜换热器

降膜换热器为真空设备,工作原理类似于真空热回收换热器,但无需直接蒸汽汽提。如图3所示,高温脱臭油自降膜换热器顶部进入管程,在高真空、重力及气流作用下,成均匀膜状自上而下流动,流至换热器下部的脱臭油暂存罐内;待脱臭油自降膜换热器壳程底部进入,与高温脱臭油逆流换热,至壳体顶部出口流出<sup>[3]</sup>。

高温脱臭油进入换热器顶部,经油分配盘分配后,进入管程。油分配盘上均布有多个落油孔,落油孔的垂直下方为换热列管管口的周边(位于上管板),油自落油孔流经列管进入管程。特制的换热列管使脱臭油在向下流动时均匀覆盖整个列管内表

面,不会短路;换热列管的中心为贯通状态,换热器顶部有抽真空口,脱臭油在降温过程中处于真空状态,保证了脱臭成品油的品质。

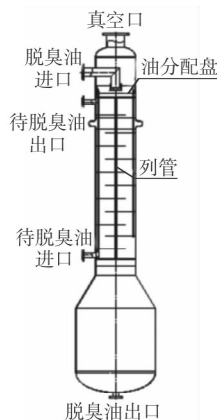


图3 降膜换热器示意图

该换热器壳程内有多道折流板,待脱臭油自壳程底部进入,经折流板多次改变流向,可有效防止短路,与脱臭油逆流换热后至壳程顶部出口流出。壳体上设有膨胀节,可有效释放设备因热胀冷缩造成的应力。

脱臭油在换热器管程中呈膜状向下流动,液膜厚度薄、表面积大,与待脱臭油为逆流换热,换热效果好。降膜换热器占地面积较小,投资成本低于真空热回收换热器,没有蒸汽消耗,避免了汽提过程中脱臭油易水解的问题,真空下冷却脱臭油可除去冷却后产生的挥发物质。因此,该换热器适用于各种植物油的脱臭油油换热,且保证了脱臭成品油质量。

#### 1.4 Compabloc 全焊型板式换热器

Compabloc 全焊型板式换热器最早由美国VICARB公司于1989年开发,是一种紧凑、高效、传热性能好的板式换热器。如图4所示,Compabloc换热器是一种不带板间密封垫的全焊接可拆卸式板式换热器,由插入在一个栓接的刚性矩形机架中的焊接传热板组堆叠而成,不会产生板间垫片的泄露问题,仅安装了4个面板密封垫,能承受较高的操作压力和操作温度<sup>[4]</sup>。与其他高温脱臭油油换热器相比,该换热器通过流体在波纹板通道内的湍流、流程数的选择使传热系数更高,换热面积更小,设备投资少,所占空间很小。同时,该换热器便于拆卸清洗、维修,在一定程度上可避免换热器因长时间使用结垢、结胶造成传热系数下降的问题。

该换热器最早应用于油气加工业,现国内已有生产企业应用于脱臭油油换热,换热板片材质为S31603,操作压力与常规螺旋板换热器相同;但该换热器压降较大,冷热侧的操作压降均为0.2 MPa左

右,脱臭油泵选型时需注意该问题。考虑到热应力对设备使用寿命的影响,一般配2台串联的全焊型板式换热器,以减小设备的热应力。该换热器应用在高温脱臭油油换热的的时间较短,故设备实际使用寿命暂不确定。

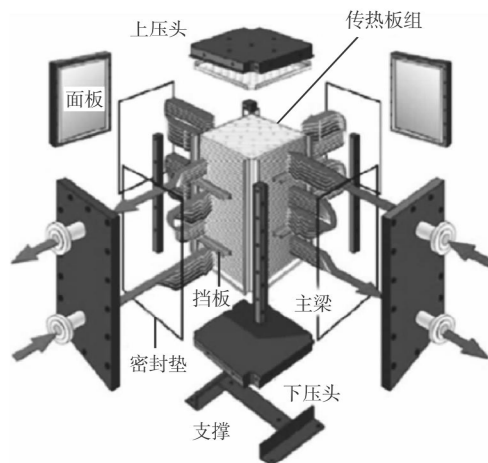


图4 Compabloc 全焊型板式换热器分解图

该换热器与螺旋板换热器相似,可用于各种植物油的脱臭油油换热,仅能进行热量回收,无法提高脱臭成本油品质;但易拆卸、易清洗维修的特点,相比真空热回收换热器更适用于玉米油、葵花籽油等易水解油品的冷热油热交换。

#### 2 脱臭油油换热器的应用实例

目前,螺旋板换热器、真空热回收换热器和降膜换热器在高温脱臭油油换热中应用较多,Compabloc全焊型板式换热器应用较少。因不同换热器适用的油品及工艺要求不同,不同精炼生产线的工艺、设备有所差别,故选用生产规模相近、高温脱臭油油换热参数相似的生产线,对几种不同的高温脱臭油油换热器进行对比,将其主要参数列于表1,供参考。

从表1可以看出,仅考虑投资成本,螺旋板换热器具有较大的优势;降膜换热器和Compabloc全焊型板式换热器次之,真空热回收换热器较差。

在保证换热效果的前提下,考虑投资成本,同时考虑脱臭油在真空下冷却可除去油冷却后产生的挥发物质,保证脱臭成品油质量,降膜换热器具有较大的优势,真空热回收换热器次之。但真空热回收换热器直接蒸汽汽提的工艺条件使脱臭油容易产生水解,影响脱臭成品油品质,不适用于玉米油、葵花籽油等易水解的油品;与前者相比,拆卸方便、便于清洗维护的Compabloc全焊型板式换热器更适用于玉米油、葵花籽油等的冷热油热交换。

(下转第160页)

器效果发挥出来,变频尾气风机转速可以降下来,浸出系统始终能够维持在 $-196.13\text{ Pa}$ 的压力下,使安全生产得以保证。

#### 4 成本回收

按全年生产300 d计算,每天24 h连续生产,全年可节约蒸汽量: $0.1261 \times 24 \times 300 = 907.9\text{ (t)}$ 。蒸汽成本价格为112元/t,全年可创造效益 $112 \times 907.9 = 10.2$ (万元)。

水的价格为3.8元/t,每年节水: $8 \times 300 \times 3.8 = 0.9$ (万元)。

冷水循环系统风扇18.5 kW,耗电下降23%,可节约电能: $18.5 \times 23\% \times 24 \times 300 = 30\ 636.0$ (kW·h),电的价格按0.65元/(kW·h)计,则全年可创造效益 $30\ 636.0 \times 0.65 = 2$ (万元)。

因此,改造后全年可创造效益: $10.2 + 0.9 + 2 = 13.1$ (万元)。

根据财务核算,连续生产23个月可收回成本。

#### 5 结论

DTDC蒸脱机热风风网节能降耗的技术改造在400 t/d的生产线中进行使用,二次溶剂蒸气的热量

作为热源可利用热量4 757 403.7 kJ/h,其中用于风冷换热器的热量285 008.7 kJ/h。用二次溶剂蒸气作为热源先将空气进行加热,节约饱和蒸汽的量为126.1 kg/h,节省了蒸汽凝结水的热量,节约了动力除氧水箱加热所需蒸汽,对能源利用有了很好的提升。风冷换热器的使用在23个月后即收回了成本,并在成本回收后每年可提升13.1万元的经济效益。对热能利用的改进可有效降低植物油加工过程中的能量消耗,为企业创造出更大的经济效益。

#### 参考文献:

- [1] 万辉,张利军,赵勇,等. 浸出车间节能控制措施[J]. 粮食与食品工业, 2015, 22(1):33-35.
- [2] 姚敏,吴煜,刘喜亮. 浸出车间节能工艺设备探讨[J]. 粮食与食品工业, 2015, 22(2):26-27.
- [3] 张立国,李万振,史加宁,等. DTDC蒸脱机节能结构的改进[J]. 农业机械, 2013(9):56-58.
- [4] 姚敏,吴煜,何全社. 空气换热器在浸出节能工艺中的应用[J]. 中国油脂, 2015, 40(9):84-85.
- [5] 王飞,杜宣利,卢鑫,等. 负压蒸发的热平衡计算及其节能途径分析[J]. 粮食与食品工业, 2015, 22(6):8-12.

(上接第154页)

表1 脱臭油油换热器参数对比

换热器	设备参数				运行温度/°C			
	主要加工油品	生产规模/(t/d)	换热面积/m <sup>2</sup>	投资成本/万元	待脱臭油		脱臭油	
					进	出	进	出
螺旋板换热器	大豆油	300	80(2台)	30.0	98.0	233.0	251.0	119.0
真空热回收换热器	棉籽油	300	160	55.0	105.0	220.0	245.0	130.0
降膜换热器	菜籽油	300	160	42.5	110.0	224.0	250.0	136.0
Compabloc全焊型板式换热器	玉米油	300	16(2台)	41.6	109.0	225.0	245.0	130.0

#### 3 结束语

油脂精炼生产中,换热器的合理选配对热量回收、设备投资成本均有重要的影响。在油脂精炼生产线设计过程中,应根据处理油品种类、规模、工艺要求等,合理配置换热器,以达到充分回收热量的目的。

结合油脂精炼脱臭中高温油油换热效果,对脱臭成品油品质影响及投资成本综合考虑,降膜换热器适用范围最广,真空热回收换热器适用于大豆油、菜籽油等油品的冷热油热交换,Compabloc全焊型板式换热器适用于玉米油、葵花籽油等易水解油品的冷热油热交换。

#### 参考文献:

- [1] 汪镇安. 化工工艺设计手册(上册)[M]. 3版. 北京:化学工业出版社, 2003: 313-314.
- [2] 刘玉兰. 油脂制取与加工工艺学[M]. 2版. 北京:科学出版社, 2009: 382.
- [3] 夏清. 化工原理(第二版)上册[M]. 天津:天津大学出版社, 2005: 298-299.
- [4] JANET Q, 官木松. 通过Compabloc板式换热器提高炼油厂能效[C]//中国石油化工信息学会石油炼制分会. 2009年中国石油炼制技术大会论文集. 北京:中国石化出版社, 2009: 1206-1213.