

负压蒸发系统汽提塔二次蒸汽利用的分析

邹志杰, 况楠, 刘庆, 庞雪风, 裴云生

(九三集团天津大豆科技有限公司, 天津 300461)

摘要:以2 500 t/d大豆加工厂为例,对浸出车间汽提塔二次蒸汽热能利用进行了分析。通过增加200 m²的换热器,将汽提塔二次蒸汽与一蒸后的混合油进行换热,可将混合油的温度由55℃提升至62℃。经计算,可节省蒸汽1.98 kg/t,可减少冷凝系统循环水热负荷491 952.71 kJ/h,同时使蒸发系统的真空系统更加稳定,对提高油脂加工厂的生产稳定和经济效益有重要的意义。

关键词:汽提塔;二次蒸汽;热能利用;大豆加工厂;浸出车间

中图分类号:TS224.4;TQ643 文献标识码:B 文章编号:1003-7969(2020)09-0119-03

Utilization of thermal energy in the stripper of negative pressure evaporation system

ZOU Zhijie, KUANG Nan, LIU Qing, PANG Xuefeng, PEI Yunsheng

(Tianjin Soybean Technology Co., Ltd., Jiusan Group, Tianjin 300461, China)

Abstract: Taking the 2 500 t/d soybean plant as an example, the utilization of the secondary steam thermal energy in the stripper in leaching sector was studied. By adding 200 m² heat exchanger, the heat exchange between the secondary steam in the stripper and the miscella oil after first evaporator was designed to increase the temperature of miscella oil from 55℃ to 62℃. It could save steam 1.98 kg/t, reduce heat load 491 952.71 kJ/h. At the same time, the vacuum of the evaporation system was more stable, which was of great significance to the production stability and economic benefits of the oil plant.

Key words: stripper; secondary steam; utilization of thermal energy; soybean plant; leaching sector

在大豆油加工厂浸出车间的混合油负压蒸发系统中,25%左右的混合油由泵从浸出器抽出送入旋液分离器、自清过滤器除杂后进入一蒸。经过一蒸的混合油由泵打入二蒸,经二蒸的混合油泵入汽提塔内,在-75 kPa左右真空和通入的直接蒸汽作用下,使毛油残溶达到100 mg/kg以下^[1]。一蒸、二蒸和汽提塔产生的二次蒸汽分别进入蒸馏冷凝器和汽提冷凝器,被凉水塔来的循环水冷凝,冷凝的溶剂进行回收再利用。负压蒸发技术不仅可以节省大量的蒸汽和冷却水,而且可以提高毛油的质量,对降低企业成本,提高经济效益有重要的作用。

实践发现,汽提塔产生的二次蒸汽直接进入汽提冷凝器进行冷凝回收溶剂,热能没有得到充分的利用,不仅造成了一定的蒸汽浪费,同时也增加了循

环水热负荷,特别是夏季,循环水温度高、用量大,而且冷凝效果差,蒸发系统出现真空不稳定等问题。因此,回收汽提塔二次蒸汽热能、降低蒸汽消耗、减少循环水热负荷对油脂加工厂有重要意义。

通过安装新的换热器,将汽提塔产生的二次蒸汽与一蒸后的混合油进行换热,可将一蒸后的混合油温度提升,使二蒸耗汽量减少,从而达到节约蒸汽、降低循环水热负荷的目的。兹以2 500 t/d大豆加工厂为例,对汽提塔二次蒸汽利用的热量衡算及改造效果进行阐述,以期为业界提供参考。

1 改造前基本参数及汽提塔直接蒸汽用量

1.1 基本参数及物料衡算

大豆加工规模2 500 t/d,原料大豆含水9.7%,含油率20%,粕残油1%,粕水分13%,湿粕含溶30%,浸出器、一蒸、二蒸出料混合油浓度分别为25%(50℃)、65%(55℃)、95%(110℃),汽提塔出料毛油浓度为99.99%(110℃)。浸出器、一蒸、二蒸以及汽提塔的物料衡算见表1。

收稿日期:2020-05-04;修回日期:2020-05-26

作者简介:邹志杰(1963),男,工程师,主要从事粮油生产加工技术工作(E-mail)18920139306@163.com。

表1 浸出器、一蒸、二蒸以及汽提塔的物料衡算 kg/h

项目	计算值	项目	计算值
浸出器进料		一蒸出料	
原料	104 166.67	混合油	30 741.28
油	20 833.33	油	19 981.83
水	10 104.17	溶剂	10 759.45
其他干物质	73 229.17	溶剂蒸发	49 186.04
溶剂	96 024.71	二蒸出料	
合计	200 191.38	混合油	21 033.51
浸出器出料		油	19 981.83
湿粕	120 264.06	溶剂	1 051.68
其他干物质	73 229.17	溶剂蒸发	9 707.77
水	10 104.17	汽提出料	
油	851.50	毛油	19 983.83
溶剂	36 079.22	油	19 981.83
混合油	79 927.32	溶剂	2.00
油	19 981.83	溶剂蒸发	1 049.68
溶剂	59 945.49		
合计	200 191.38		

注:浸出器出料为一蒸进料,一蒸出料为二蒸进料,二蒸出料为汽提塔进料。表中个别统计数据有差异是由数字修约造成的。

1.2 汽提塔直接蒸汽用量

根据道尔顿定律,按下式计算汽提塔直接蒸汽用量^[2]。

$$n_s = \frac{Pn_0}{EP_V} \ln \frac{n_{v1}}{n_{v2}} + (n_{v1} - n_{v2}) \quad (1)$$

式中: n_s 为水蒸气摩尔量, kmol/h; P 为塔顶总压力, kPa; n_{v1} 为汽提前混合油中正己烷摩尔量, kmol/h; n_{v2} 为汽提后混合油中正己烷摩尔量, kmol/h; E 为汽提效率; n_0 为油脂的摩尔量, kmol/h; P_V 为正己烷在汽提温度下的饱和蒸汽压, kPa。

汽提塔工作压力 -75 kPa(内部压力为 26.33 kPa)、汽提温度 110 °C、汽提塔效率 60%、汽提蒸汽效率 80%。查询手册知,油脂相对分子质量为 855, 110 °C 正己烷的饱和蒸汽压为 295.55 kPa, 正己烷的相对分子质量为 86。则有:

$$n_s = \frac{Pn_0}{EP_V} \ln \frac{n_{v1}}{n_{v2}} + (n_{v1} - n_{v2}) = \frac{26.33 \times \frac{19\,981.83}{855}}{60\% \times 295.55} \times \ln \frac{86}{2.00} + \left(\frac{1\,051.68}{86} - \frac{2.00}{86} \right) = 33.95 \text{ (kmol/h)}$$

汽提塔气相蒸汽质量(M)为: $M = 33.95 \times 18 / 80\% = 763.88 \text{ (kg/h)}$ 。

汽提塔产生的二次蒸汽流量: $763.88 + 1\,049.68 = 1\,813.56 \text{ (kg/h)}$ 。

汽提塔产生的二次蒸汽流量为 1 813.56 kg/h, 温度为 100 °C, 其中水蒸气流量为 763.88 kg/h、溶剂蒸气流量为 1 049.68 kg/h。

2 改造方案及热能计算

2.1 改造方案(见图1)

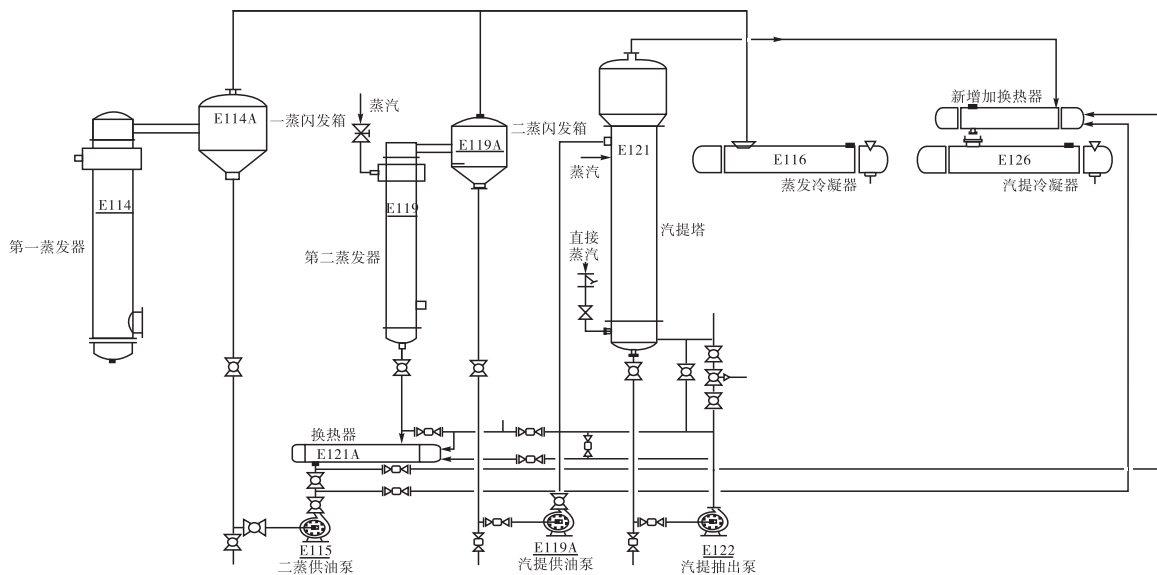


图1 改造后工艺流程图

设计将汽提塔产生的二次蒸汽与进入二蒸之前的混合油用一台两流程列管换热器进行换热。具体方案为:将汽提塔到汽提冷凝器管道断开,安装一台 200 m² 换热器,通过管径为 DN300 mm 管将汽提塔

的二次蒸汽引进新增换热器的壳程,与一蒸出来的混合油通过 E115 泵和新安装的管道输送到新增换热器管层进行换热,换热后的混合油通过新安装的管道返回到原汽提油与一蒸出来的混合油换热器,

与汽提塔出来的 110℃ 的毛油再次换热后进入二蒸;在新装的换热器中汽提塔二次蒸汽将混合油温度由 55℃ 提高到 62℃,换热后的汽提塔二次蒸汽用管道连接回 E126 冷凝器,经循环水冷却后冷凝液由泵送到分水箱,不凝气体由水环真空泵排入尾气冷凝器,然后进入尾气吸收系统。

2.2 热能计算^[3-4]

改造后一蒸出来的混合油温度从 55℃ 上升至 62℃,混合油浓度为 65%,流量为 30 741.28 kg/h(油流量为 19 981.83 kg/h,溶剂流量为 10 759.45 kg/h)。

2.2.1 混合油温度升高所需热量

55℃ 溶剂的热焓为 119.34 kJ/kg,62℃ 溶剂的热焓为 135.33 kJ/kg,溶剂从 55℃ 升高到 62℃,所需热量为: $Q_1 = 10\ 759.45 \times (135.33 - 119.34) = 172\ 043.61$ (kJ/h)。

55℃ 毛油的比热容为 2.11 kJ/(kg·℃),62℃ 毛油的比热容为 2.13 kJ/(kg·℃),毛油从 55℃ 升高到 62℃,所需热量为: $Q_2 = 19\ 981.83 \times (2.13 \times 62 - 2.11 \times 55) = 319\ 909.10$ (kJ/h)。

混合油从 55℃ 升高到 62℃,所需的总热量为: $Q_{吸} = 172\ 043.61 + 319\ 909.10 = 491\ 952.71$ (kJ/h)。

2.2.2 汽提塔产生的二次蒸汽可以供给的热量

由 1.2 可知,二次蒸汽流量为 1 813.56 kg/h,温度为 100℃,其中水蒸气为 763.88 kg/h、溶剂蒸气为 1 049.68 kg/h。设定换热后二次蒸汽温度从 100℃ 降低至 80℃。100℃ 水蒸气变成 100℃ 水的潜热为 2 257.00 kJ/kg,水的比热容为 4.18 kJ/(kg·℃)。

100℃ 水蒸气变成 80℃ 水,释放的热量为: $Q_{水} = 763.88 \times 2\ 257.00 + 763.88 \times 4.18 \times (100 - 80) = 1\ 787\ 937.53$ (kJ/h)。

100℃ 溶剂蒸气热焓为 557.62 kJ/kg,80℃ 溶剂蒸气热焓为 524.38 kJ/kg,溶剂蒸气释放的热量为: $Q_{溶} = 1\ 049.68 \times (557.62 - 524.38) = 34\ 891.36$ (kJ/h)。

二次蒸汽所供给的全部热量为: $Q_{放} = Q_{水} + Q_{溶} = 1\ 787\ 937.53 + 34\ 891.36 = 1\ 822\ 828.89$ (kJ/h)。

查手册可知:304 不锈钢导热系数为 58.49 kJ/(m·h·℃);200 m² 换热器壁厚 8 mm、直径 1 m、壳体长 4.8 m;气相 304 不锈钢管 $\Phi 300$ mm、壁厚 4 mm、长度 20 m;二次蒸汽温度由 100℃ 降至 80℃。新增列管换热器表面热损按下式计算。

$$Q_{损} = F \cdot K \cdot \Delta t \quad (2)$$

$$K = \lambda / \delta \quad (3)$$

式中: F 为散热面积,m²; K 为导热系数,kJ/(m²·h·℃); Δt 为平均温差,℃; λ 为不锈钢导热系数,kJ/(m·h·℃); δ 为厚度,m。

$$\begin{aligned} Q_{损} &= \frac{t_2 - t_1}{2} \cdot \frac{F \cdot \lambda}{\delta} \\ &= \frac{(100 - 80) \times 1 \times 3.14 \times 4.8 \times 58.49}{2 \times 8 \div 1\ 000} \\ &= 1\ 101\ 951.6 \text{ (kJ/h)} \end{aligned}$$

二次蒸汽实际可提供的热量为: $Q_{实} = Q_{放} - Q_{损} = 1\ 822\ 828.89 - 1\ 101\ 951.6 = 720\ 877.29$ (kJ/h)。

根据计算,汽提塔二次蒸汽所能提供的热量为 720 877.29 kJ/h,而混合油升温所需的热量为 491 952.71 kJ/h,因此可以实现换热目的。

3 经济效益分析

此方案实施后可减少二蒸蒸汽的用量(二蒸用 10 kg/cm² 蒸汽,热焓为 2 388.81 kJ/kg),2 500 t/d 大豆加工厂可节省蒸汽:491 952.71/2 388.81 = 205.94 (kg/h)。换算成吨料节汽为:205.94/(104 166.67/1 000) = 1.98 (kg/t)(以大豆质量计)。方案实施后可减少循环水热负荷 491 952.71 kJ/h。按 2 500 t/d 工厂年加工大豆 75 万 t 计算,蒸汽按 208 元/t 计算,年可节约费用:1.98 × 75 × 208/1 000 = 30.89(万元)。购买和安装换热器费用为 32 万元,12.5 个月收回成本后,每年可为企业带来 30.89 万元效益。

4 结 语

浸出车间原汽提塔产生的二次蒸汽直接进冷凝器,二次蒸汽的热量未得到有效利用,通过加装列管换热器,将汽提塔产生的二次蒸汽与一蒸后的混合油进行换热,可将混合油的温度提升,节省蒸汽用量,同时可以减少冷凝二次蒸汽所用循环水的用量。以 2 500 t/d 大豆加工厂为例,可节省蒸汽 1.98 kg/t,可减少冷凝循环水热负荷 491 952.71 kJ/h。同时此方案可以有效地提高混合气体的冷凝效果,保证蒸发系统的稳定运行。

汽提二次蒸汽利用是一种具有显著节能效果、简单可行的工艺改造方案,对浸出法制油的发展,节能降耗,提高毛油的质量,提高经济效益,降低尾气含溶,减少环保排放指标均具有实际推广价值,对油脂加工厂的发展有着重要的意义。

参考文献:

- [1] 刘玉兰,汪学德. 油脂制取与加工工艺学[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [2] 梁椿松,温小荣,杭明,等. 浸出车间筛孔式汽提塔设计与应用[J]. 中国油脂,2017,42(11):154-156.
- [3] 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,2015,40(1):127-129.
- [4] 宋文才,黄克敌,吴玉勇. 浸出车间节能改造可行性研究[J]. 中国油脂,2013,38(9):87-90.