

汽提塔二次蒸汽热能利用的研究与实践

庞雪风¹,王喜刚¹,薛宝臣¹,曲新²,韩明忱³,孙武⁴

(1. 中垦国邦(天津)有限公司,天津 300450; 2. 九三集团长春大豆科技股份有限公司,长春 130000;

3. 九三集团大连大豆科技有限公司,辽宁 大连 116000; 4. 迈安德集团有限公司,江苏 扬州 225100)

摘要:为节约蒸汽、降低循环水用量,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研究,设计将汽提塔产生的二次蒸汽与新鲜溶剂进行换热,可将新鲜溶剂的温度从52℃提升至56℃,经理论计算可节省蒸汽用量332 kg/h,节约循环水用量31.5 t/h。将该方案投入实践,发现可使新鲜溶剂的温度从51~53℃上升至57~59℃,二次蒸汽的温度降低至70℃左右,节约蒸汽用量2 kg/t,循环水温度降低3~4℃。综上,将浸出车间汽提塔二次蒸汽用于新鲜溶剂加热,可有效利用热能,提高大豆加工厂的经济效益。

关键词:汽提塔;二次蒸汽;热能利用;新鲜溶剂

中图分类号:TS223.6;TS208 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2025)06-0146-03

Research and practice on the utilization of secondary steam thermal energy from stripping column

PANG Xuefeng¹, WANG Xigang¹, XUE Baochen¹, QU Xin²,
HAN Mingchen³, SUN Wu⁴

(1. Jiusan Group Sinofarm Guobang (Tianjin) Co., Ltd., Tianjin 300450, China; 2. Jiusan Group

Changchun Soybean Technology Co., Ltd., Changchun 130000, China; 3. Jiusan Group Dalian

Soybean Technology Co., Ltd., Dalian 116000, Liaoning, China; 4. Myande

Group Co., Ltd., Yangzhou 225100, Jiangsu, China)

Abstract: In order to save steam and reduce the use of circulating water, taking a 2 500 t/d soybean processing plant as an example, the utilization of secondary steam thermal energy from stripping column in the leaching workshop was studied. By exchanging heat between the secondary steam from the stripping column and fresh solvent, the temperature of the fresh solvent increased from 52℃ to 56℃. After theoretical calculation, 332 kg/h steam and 31.5 t/h circulating water could be saved. By implementing this plan, the temperature of fresh solvent increased from 51–53℃ to 57–59℃, and the temperature of secondary steam could be reduced to about 70℃, saving 2 kg/t of steam and reducing the temperature of circulating water by 3–4℃. In conclusion, using the secondary steam from the stripping column in the leaching workshop for heating fresh solvent can effectively utilize thermal energy and improve the economic efficiency of soybean processing plant.

Key words: stripping column; secondary steam; thermal energy utilization; fresh solvent

浸出法制取大豆油在我国已有几十年的历史,浸出车间的混合油负压蒸发系统也得到了极大的推广,其基本工艺为浓混合油由泵从浸出器抽出送入

旋液分离器分离,再经过滤器除杂后进入贮罐,然后由泵打入一蒸,一蒸的加热介质为蒸脱机产生的二次蒸汽。经过一蒸加热脱溶后的混合油由二蒸供油泵打入二蒸,经二蒸闪发箱蒸发后,在液位差和汽提塔内真空的作用下,混合油经加热器加热后被吸入汽提塔。一蒸、二蒸及汽提塔产生的二次蒸汽进入冷凝器进行冷凝,回收溶剂^[1-3]。

收稿日期:2024-02-02;修回日期:2024-11-28

作者简介:庞雪风(1988),女,工程师,硕士,主要从事大豆浸出生产工艺、设备的研究工作(E-mail)525884030@qq.com。

汽提塔顶部的气相温度往往达到 100℃ 以上,气相中含有 40%~60% 的水蒸气,这些水蒸气冷凝时可以释放出大量热量^[4]。若汽提塔二次蒸汽直接进入冷凝器进行冷凝,不仅存在着较大的热能浪费,而且对冷凝系统造成较大的负担。因此,汽提塔气相具有很高的热能回收价值。研究发现,将汽提塔气相与一蒸出来的混合油进行换热,可将混合油的温度由 55℃ 提升至 62℃,节省蒸汽 1.98 kg/t,并减少冷凝系统循环水热负荷 491 952.71 kJ/h^[5]。但实践中发现,如果混合油温度超过 62℃,由于冷热介质的温差小,汽提塔二次蒸汽的热能利用效果不明显。行业内也有研究将汽提塔二次蒸汽用于新鲜溶剂加热,如陈玮婷等^[4]通过换热器设计软件 EDR 对汽提预冷凝器进行设计、选型、校核,结果发现,设计的列管换热器可将新鲜溶剂温度从 48℃ 加热至 58℃,具有很高的投资价值。通过安装新的换热器,将汽提塔产生的二次蒸汽用于加热新鲜溶剂,由于新鲜溶剂的温度较低,换热效果好。因此,本文

以 2 500 t/d 大豆加工厂为例,对汽提塔二次蒸汽用于新鲜溶剂加热进行热量衡算,并分析了实际应用效果,以期为业界提供参考。

1 改造方案与热能计算

1.1 基本参数

大豆加工规模 2 500 t/d;汽提塔产生的二次蒸汽流量 1 389 kg/h,温度 100℃,其中水蒸气量 800 kg/h,溶剂气体量 589 kg/h;新鲜溶剂流量 68 000 kg/h。

1.2 改造方案

在浸出车间原设计中,新鲜溶剂加热热源是经过与一蒸混合油换热后的蒸脱机气相气体,其仅能将新鲜溶剂的温度从 40℃ 提升至 52℃ 左右,而进入浸出器的新鲜溶剂温度至少应达到 58℃ 才能保证良好的浸出效果。因此,需要利用蒸汽进一步加热新鲜溶剂。通过增加换热器将汽提塔的二次蒸汽用于新鲜溶剂加热,以节约蒸汽的用量,同时降低汽提塔蒸汽冷凝器的冷凝负荷,使负压蒸发系统更加稳定。改造后的负压蒸发系统工艺流程见图 1。

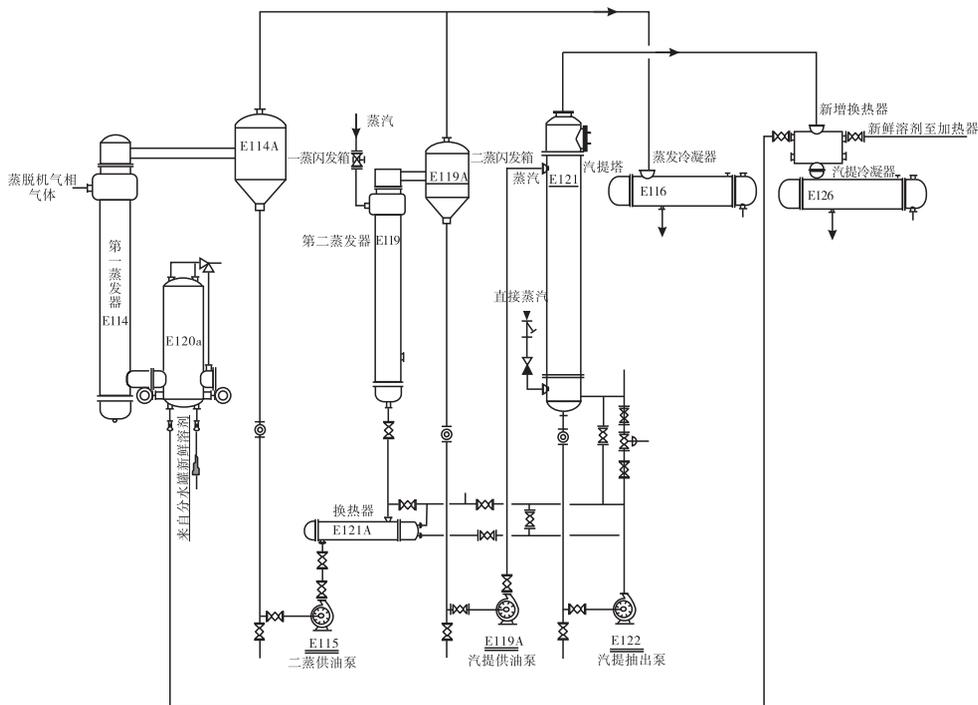


图 1 改造后的负压蒸发系统工艺流程

Fig. 1 Process flow of improved negative pressure system

1.3 热能计算^[6-8]

1.3.1 新鲜溶剂温度升高所需热量计算

新鲜溶剂的流量为 68 000 kg/h,改造后设计新鲜溶剂的温度从 52℃ 上升至 56℃,52℃ 溶剂的热焓为 112.00 kJ/kg,56℃ 溶剂的热焓为 121.69 kJ/kg,则新鲜溶剂所需热量 $Q_1 = 68\ 000 \times (121.69 - 112.00) = 658\ 920$ kJ/h。

1.3.2 汽提塔二次蒸汽可以供给的热量

汽提塔产生的二次蒸汽流量 1 389 kg/h,温度 100℃,其中水蒸气量 800 kg/h,溶剂气体量 589 kg/h。100℃ 时水蒸气的热焓为 2 677.2 kJ/kg,溶剂气体的热焓为 561.66 kJ/kg,则二次蒸汽的热量 $Q_2 = 2\ 677.2 \times 800 + 561.66 \times 589 = 2\ 472\ 577.74$ kJ/h。

设定换热后汽提塔二次蒸汽从 100℃ 降低至

65℃, 设定65℃时水蒸气量为 x kg/h, 则此时65℃水量为 $(800 - x)$ kg/h, 溶剂气体未凝结, 则65℃溶剂气体量为589 kg/h。65℃时水蒸气的热焓为2 615.6 kJ/kg, 水的热焓为272.16 kJ/kg, 溶剂气体的热焓为497.25 kJ/kg, 则65℃时混合气体和液体的热量 $Q_3 = 2\ 615.6x + (800 - x) \times 272.16 + 589 \times 497.25 = (510\ 608.25 + 2\ 343.44x)$ kJ/h, 汽提塔二次蒸汽可以供给的热量 $Q_4 = Q_2 - Q_3 = (1\ 961\ 969.49 - 2\ 343.44x)$ kJ/h。

1.3.3 热量衡算

根据设计方案, 汽提塔二次蒸汽可以供给的热量用于新鲜溶剂加热, 即 $Q_1 = Q_4$, 解得 $x \approx 556$ kg/h, 即65℃时水蒸气量为556 kg/h, 凝结水量为 $800 - 556 = 244$ kg/h。也就是说, 新鲜溶剂温度升高所需的热量可以由汽提塔的二次蒸汽提供, 二次蒸汽温度从100℃降低至65℃。

1.4 改造效果

此方案实施后通过汽提塔二次蒸汽与新鲜溶剂换热, 提高了新鲜溶剂进入浸出器的温度, 减少了蒸汽用量, 90℃蒸汽的潜热为1 982.5 kJ/kg, 则此方案可节约蒸汽用量: $658\ 920/1\ 982.5 = 332$ kg/h。水的比热容为4.186 kJ/(kg·℃), 以循环水温度降低5℃计, 节约循环水用量: $658\ 920/(4.186 \times 5) \approx 31\ 482$ kg/h ≈ 31.5 t/h。

因此, 通过该方案, 理论上可以达到节约蒸汽和减少循环水用量的目的, 同时可有效提高混合气体的冷凝效果, 保证蒸发系统的稳定。

2 应用实践

将上述方案在两个工厂进行了实践, A工厂为5 000 t/d大豆加工生产线, B工厂为2 500 t/d大豆加工生产线, 应用效果如表1所示。

表1 汽提塔二次蒸汽利用应用效果

Table 1 Application effect of secondary steam utilization in stripping column

工厂	新鲜溶剂温度/℃		汽提塔二次蒸汽温度/℃	
	换热前	换热后	换热前	换热后
A	51	57	100	68~70
B	53	59	102	68~75

由表1可知, 通过汽提塔二次蒸汽与新鲜溶剂换热, 可使新鲜溶剂温度从51~53℃上升至57~59℃, 基本不需要额外的蒸汽加热, 且有效利用了二次蒸汽的热能, 将二次蒸汽的温度降低至70℃左右, 蒸汽用量节约2 kg/t, 循环水温度降低3~4℃。

3 结论

浸出车间汽提塔产生的二次蒸汽直接冷凝, 其热量未得到有效利用, 通过增加换热器, 将汽提塔产生的二次蒸汽与新鲜溶剂换热, 可使新鲜溶剂温度升高, 节约蒸汽用量, 同时节省循环水用量。以2 500 t/d大豆加工生产线为例, 经理论计算可节约蒸汽用量332 kg/h, 节约循环水用量31.5 t/h。将该方案投入实践, 可使新鲜溶剂的温度从51~53℃上升至57~59℃, 二次蒸汽的温度降低至70℃左右, 节约蒸汽用量2 kg/t, 循环水温度降低3~4℃, 达到了预期效果, 可以更有效实现节约能源, 稳定真空的作用。总体来说, 二次蒸汽利用是一种节能效果显著可行的改造工艺, 对浸出法制油的发展, 节能降耗, 提高经济效益具有实际推广价值, 对油脂加工厂的发展有着重要的意义。

参考文献:

- [1] 张国立, 刘彦斌. 负压蒸发与二次蒸汽利用生产工艺[J]. 中国油脂, 1995, 20(3): 35-41.
- [2] 左青. De-Smet 浸出工艺及技术(II): 混合油蒸发及水化脱胶系统[J]. 中国油脂, 2010, 35(1): 15-18.
- [3] 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.
- [4] 陈玮婷, 温小荣, 梁椿松. 浸出车间汽提预冷凝器设计及节能效果分析[J]. 中国油脂, 2022, 47(12): 150-152.
- [5] 邹志杰, 况楠, 刘庆, 等. 负压蒸发系统汽提塔二次蒸汽利用的分析[J]. 中国油脂, 2020, 45(9): 119-121.
- [6] 窦龙源. 日处理100吨大豆油厂计算书[J]. 油脂科技, 1980(2): 48-74.
- [7] 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(1): 127-129.
- [8] 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): 93-95.