

应用技术

蒸脱机尾气热能回收工艺比较

刘永强¹, 薛忠超¹, 汪学德²

(1. 郑州四维粮油工程技术有限公司, 郑州 450001; 2. 河南工业大学 粮油食品学院, 郑州 450001)

摘要: 蒸脱机尾气直接排放会造成能源浪费和对环境产生不利影响。对比油脂加工生产线中3种蒸脱机尾气热能回收工艺: 水吸收形式热能回收、热管式换热器热能回收、板式换热器热能回收, 简要阐述了其工艺流程、设备选型、材质选择、安装配管方面的注意事项, 并分析了3 000 t/d大豆加工线节能效果, 加工1 t大豆可节省蒸汽8.31 kg。

关键词: 蒸脱机尾气; 热能回收; 节能减排

中图分类号: TS224.4; TS229

文献标识码: A

文章编号: 1003-7969(2018)09-0129-04

随着原料和加工成本的不断上涨, 植物油加工行业利润微薄甚至亏损。因此, 节约能源、提高能源利用效率是降低成本、增加效益、提高企业竞争力的必然选择。同时, 日趋严格的环境保护政策也迫使植物油加工企业采用新技术, 降低生产过程中废气的排放, 进而达到节能减排、保护环境的目的。植物油加工过程中直接排放的废气通常蕴含大量的热能, 不但造成能源浪费, 也对周边环境产生不利影响。本文就油脂加工生产线中蒸脱机尾气热能的回收利用技术进行阐述, 以供交流与探讨。

1 蒸脱机尾气热能回收工艺

为了便于储存和运输, 经过脱除溶剂的湿粕, 应该控制温度低于40℃和13%的安全水分含量。粕的干燥是在蒸脱机(DC)的热风层进行的, 风机将加热至80~120℃的空气鼓送入DC夹层, 热风穿过翻动的物料并带走其中的水分, 然后进入旋风分离器中分离部分粕沫, 排出75~80℃的湿空气, 其相对湿度为90%, 同时含有大量的腥臭味气体, 并伴有小于25 μm的小颗粒粉末^[1]。现在一般采用3种蒸脱机尾气热能回收工艺。

1.1 水吸收形式热能回收工艺(见图1)

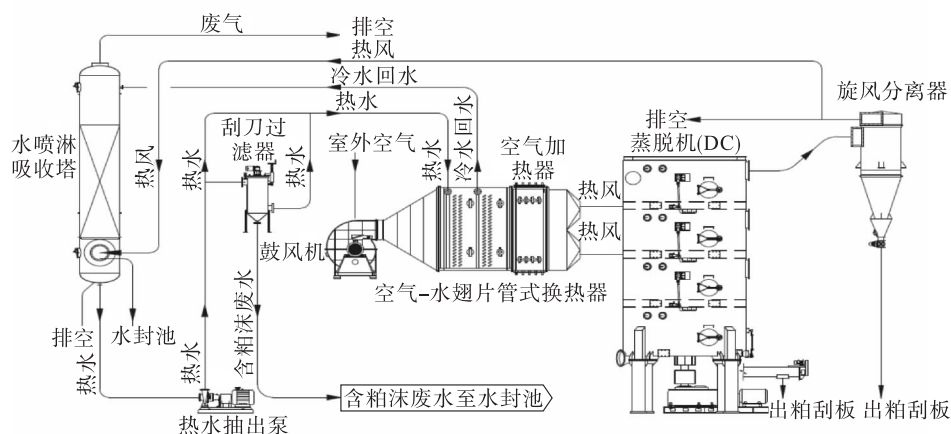


图1 水吸收形式热能回收工艺

采用水喷淋吸收塔, 旋风分离器出口的热风进入吸收塔, 与其上部喷入的一定量的冷水接触, 热风与冷水采用逆向对流传热, 携带的热量传递给冷水使其升温变成热水, 另外冷水的喷淋亦可以捕集热

风中携带的粕沫。冷却后的废气则直接排入大气中, 尾气中粉尘去除率达99.5%, 粉尘排放浓度及速率达到GB 16297—1996《大气污染物综合排放标准》中的二级标准。冷水则吸收热风中的热量变成70~75℃的喷淋热水。喷淋热水中可能携带少量粕沫或胶杂, 为防止换热器被污染, 增加刮刀过滤器(过滤精度150目)除去其中携带的杂质。过滤后

收稿日期: 2018-07-17; 修回日期: 2018-08-07

作者简介: 刘永强(1985), 男, 主要从事油脂制取、油脂化工工艺设计方面的工作(E-mail) yunyanke456@163.com。

的热水进入空气-水翅片管式换热器,将新鲜空气加热至 $60\sim 65\text{ }^{\circ}\text{C}$,同时水温降低至 $45\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。换热后的热新鲜空气经空气加热器加热至 $80\sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$,然后进入DC中。低温水则返回水喷淋吸收塔重新利用,塔釜液位达到一定高度自动溢流至水封池。迈安德在汇福泰州建造的生产线中蒸脱机尾气处理采用该工艺,并且已申请专利^[2]。

该工艺中实际设计时需要注意:①材质选型:热风相中含有酸性物质,相应的回收热风热量的热水也会呈酸性(pH 约为4.6),所以热风管道、热水管道上所有的设备过流部分、阀门、管件等都要采用不锈钢材质,如果采用碳钢材质的,多至1个月的时间,

就会出现严重腐蚀。②吸收塔的填料和液体分布器等压降将近 1 kPa ,如果处理不当会造成潮湿气体在旋风分离器中聚集,引起设备内壁潮湿,粕粉挂壁,严重影响分离效果,甚至堵塞闭风落料器,造成设备内积料。出现这种情况时,会造成吸收塔填料堵塞失去应有的作用。设计时,可以考虑在吸收塔的出口增加排风扇,防止气体在系统聚集停留,还可以采用板式塔等压降小的塔,或是回收部分热能,另外部分直接排空。③气体在排出吸收塔时,会夹带大量的液滴,影响吸收塔周围的环境和设备运行。安装时,应该加长吸收塔出气口的管道长度。

1.2 热管式换热器热能回收工艺(见图2)

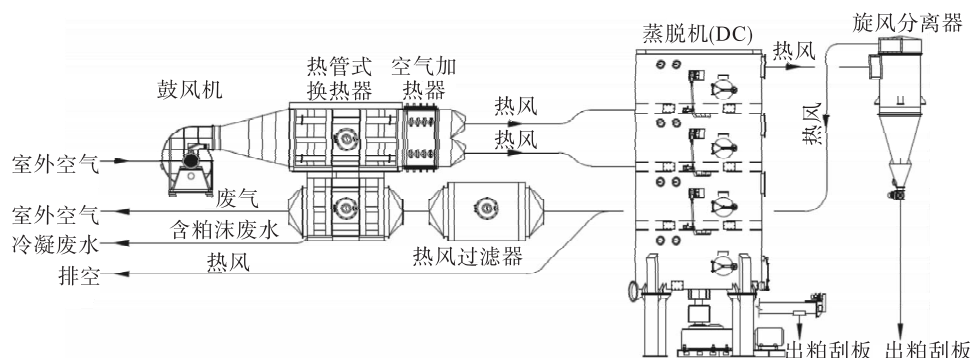


图2 热管式换热器热能回收工艺

采用热管式换热器^[3],旋风分离器出口热风经过换热器底部热风段,热风段换热管中的热载体被汽化,流向上部冷端。热载体蒸汽在冷端被冷凝,放出汽化潜热,从而加热新鲜空气,冷凝液又流回热端,如此反复。该过程中 $75\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的湿热空气经过换热后,变成 $72\sim 77\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的废气排放外界,相应的新鲜空气由 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 升高至 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。无锡全邦能源科技有限公司在中粮东海生产线改造时采用该工艺,但是长时间运行后粕粉等粘结在翅片管上,使得传热系数下降,进而换热器效率下降,影响设备的正常运行。为了提高设备的使用效率,延长设备的使用寿命,后续的工艺中进行了改进:热风进换热器前增加了过滤器,从而减小粉尘的携带,极大提高了工艺设备运行的稳定性^[3]。

该工艺中实际设计时需要注意:①材质选型。热风接触部分采用不锈钢材质。②热管式换热器选型及设计:郑茂强等^[4]已经进行详细论述。

1.3 板式换热器热能回收工艺

采用不锈钢板式换热器。旋风分离器出口热风与新鲜空气进行冷热交换,同时采用高温水进行间歇喷淋,以冲洗粘结在板片上的杂质;换热后的尾气进入气-水冷凝器进行冷却之后排空,换热后的热风进入空气加热器进行加热。整个过程中 $75\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的

湿热空气经过换热后,变成 $60\sim 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的湿热空气,相应的新鲜空气由 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 升高至 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$;湿热空气经过气-水冷凝器冷却至 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右排空,根据工厂实际观测,排出尾气不再冒“白烟”。这样不但节省了蒸汽,而且有效地减少了DC尾气中异味,响应了国家节能减排的政策要求。

该种形式的节能工艺根据换热器放置位置可以衍生成两种新的工艺:旧有工厂节能改造时,由于安装位置和配管的局限,需要板式换热器布置在鼓风机之前(见图3)。这种情况下,由于进鼓风机的新鲜空气物性(温度、密度等)发生了变化,造成鼓风机的性能参数发生明显改变。最主要的影响就是风机的风压明显降低,导致蒸脱机中的物料水分无法降低。所以在设计时,应该考虑降低整个风网压降,特别是鼓风机进口管道的压降。当安装位置比较宽裕的情况下,可以将板式换热器布置在鼓风机之后(见图4)。这种情况下,不影响风机的性能参数,对整个系统工艺参数影响不大。大多数油厂的改造采用这种安装工艺。

该工艺中实际设计时需要注意:①材质选型。热风接触部分采用不锈钢材质。②设备喷淋水如果采用新鲜水源,则会增加浸出车间的废水排放,不符合节能减排的要求。可以采用蒸煮罐排出的废水,

这样不但进行了废水二次利用,而且没有增加废水的排放。③换热器和气-水冷凝器的选型需要优先考虑设备的压降,防止压降过大,最终造成系统物料

去水能力不够。④风管配管时,适当增大管径,缩减管长,减小管道带来的阻力。

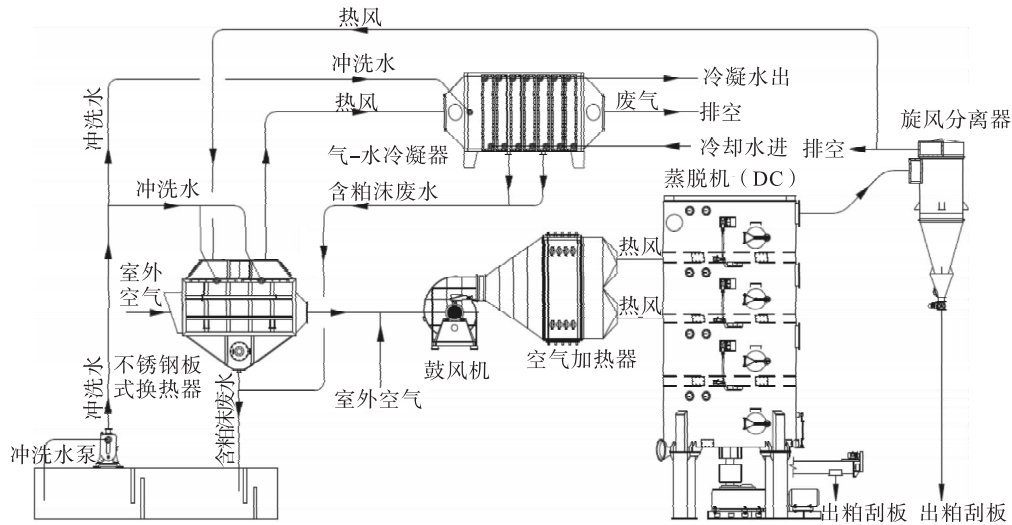


图3 板式换热器热能回收工艺一

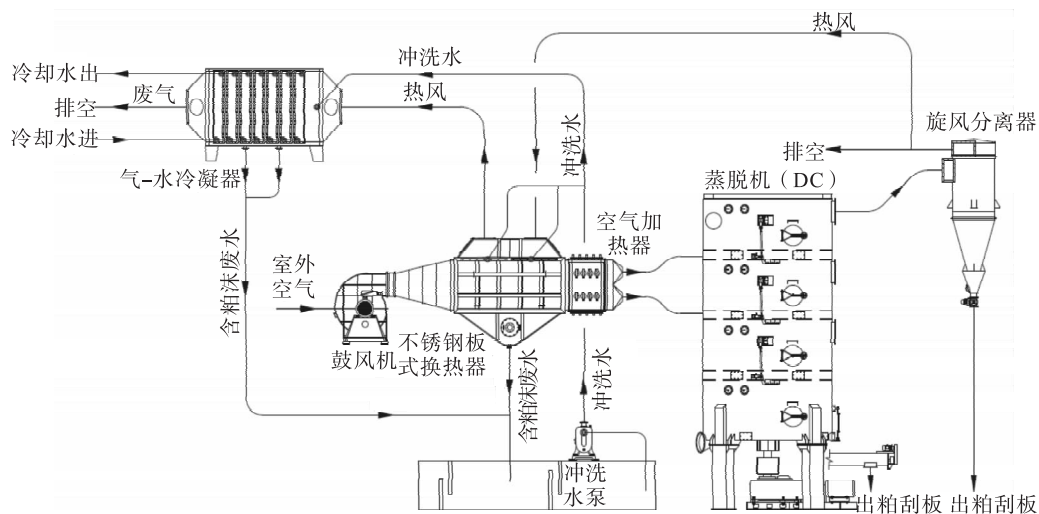


图4 板式换热器热能回收工艺二

1.4 几种蒸脱机尾气热能回收工艺比较

水吸收形式热能回收工艺热量得到充分利用,排出的空气中腥臭味物质和粉尘被有效去除,同时风机的风压不需要增加。但是设备投资、电耗较高,而且操作麻烦,设备维修保养不便(特别是填料等堵塞)。热管式换热器热能回收工艺投资少、系统简单,只要配置的风机风压足够就可以正常使用,但是对于旋风分离除尘效果不好的DC系统不能使用。板式换热器热能回收工艺汇集了前两种的优点,但是需要配置合理的风机风压、风网布置。工厂可以根据情况选择适合自己的工艺。

2 节能效果分析

对于3000 t/d的大豆加工线来说,当DC尾气湿热空气量为22000 m³/h时,利用空气潜热能够将风

量为44000 m³/h新鲜空气温度从25℃预热到65℃。新鲜空气温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$,相对湿度 $\Phi_0 = 30\%$ 。

$$\text{空气含湿量 } X_0 = 0.622 \Phi_0 P_s / (P - P_s)$$

式中: ρ 为大气压,101.3 kPa; P_s 为25℃时水的饱和蒸汽压,kPa。

$$P_s = 10^{[7.07406 - [1.65746 / (T_0 + 227.02)]]} = 3.14 \text{ kPa}$$

求得 $X_0 = 0.006 \text{ kg/kg}$ (以干空气质量计)。

$$\text{湿空气密度 } \rho = \rho_0 273 (P - 0.378 \Phi_0 P_s) / P / (273 + T_0) = 1.18 \text{ kg/m}^3$$

式中: ρ_0 为0℃、101.3 kPa时干空气的密度,1.293 kg/m³。

$$\text{湿空气的质量流量 } M_0 = \rho V = 44000 \times 1.18 = 5.19 \times 10^4 \text{ (kg/h)}$$

(下转第134页)

表2 油桐籽压力试验结果 N

试验号	A			B		
	顶压	侧压	俯压	顶压	侧压	俯压
1	232.4	225.9	366.1	214.9	207.4	344.4
2	231.4	233.1	362.6	205.9	209.9	346.1
3	233.8	225.2	364.4	211.6	205.6	348.6
4	228.2	227.3	365.5	209.5	207.8	349.5
5	226.4	235.1	361.1	207.5	209.7	341.7
6	225.9	234.8	369.6	210.4	214.7	348.4
7	234.1	229.7	360.9	208.1	209.8	345.5
8	234.6	234.3	369.1	211.7	213.3	342.7
9	234.5	230.4	366.6	213.4	208.2	348.3
10	227.3	226.3	362.7	211.6	210.4	343.7
11	228.9	234.3	363.5	213.6	210.9	344.5
12	230.4	226.8	362.3	208.1	208.5	340.9
13	227.2	235.7	363.2	205.3	214.1	341.2
14	229.1	233.3	366.5	206.5	205.1	346.8
15	232.2	234.5	361.8	213.8	207.5	349.8
最大值	234.6	235.7	369.6	214.9	214.7	349.8
最小值	225.9	225.2	360.9	205.3	205.1	340.9
平均值	230.4	231.1	364.4	210.1	209.5	345.5

由表2可知,在油桐籽大小等级相同的情况下,外壳破裂所需的破壳力与加载部位有明显的关系。顶压方式破壳所需要的破壳力和侧压方式基本相同,破壳力明显小于俯压方式,即油桐籽在一对集中力作用下顶压方式和侧压方式更易破裂。在相同的加载方式下,油桐籽外壳破裂所需要的破壳力受果实大小等级的影响,破壳力随着果籽等级的增大而增加,但不明显。

3 结论

(1)油桐籽在顶压、侧压和俯压不同挤压变形

(上接第131页)

干空气的质量流量 $M_1 = M_0 / (1 + X_0) = 5.16 \times 10^4 \text{ kg/h}$

经换热器后,空气温度 $T_1 = 65^\circ\text{C}$, 含湿量 $X_1 = X_0 = 0.006 \text{ kg/kg}$ (以干空气质量计)。

湿空气焓值 $i = (1.01 + 1.84X)T + 2500X$

25℃时 $i_1 = 40.53 \text{ kJ/kg}$ (以干空气质量计)

65℃时 $i_2 = 81.37 \text{ kJ/kg}$ (以干空气质量计)

热能 $Q = M_1(i_2 - i_1) = 2.11 \times 10^6 \text{ kJ/h}$

0.8 MPa 蒸汽潜热 $i = 2030.1 \text{ kJ/kg}$

节约蒸汽量 $M = Q/i = 1039.36 \text{ kg/h}$

相当于加工1t大豆节省蒸汽 $1039.36 \times 24 / 3000 = 8.31 \text{ kg}$ 。

3 结论

由于近十年新技术的融入,特别是外企的参与,

时,其籽壳裂纹只有一条且各处同时出现小裂纹,裂纹均沿施力方向延伸,裂纹宽度随着压力的增加而增大;在匀速加载过程中,无论是顶压、侧压还是俯压,在未破裂时压力随着变形量的增加而呈现线性增加,当加载到某一载荷时,超过外壳所能承受的最大载荷,外壳发生破裂,从而导致破壳力急剧下降,曲线中断。

(2)破壳力的大小受力的作用形式及油桐籽粒径的影响。在相同的加载方式下,油桐籽外壳破裂所需要的破壳力受果实大小等级的影响,破壳力随着果籽等级的增大而增加,但不明显;在油桐果籽大小等级相同的情况下,外壳破裂所需的破壳力与加载部位有明显的关系。顶压方式破壳所需要的破壳力和侧压方式基本相同,破壳力明显小于俯压方式,即油桐果籽在一对集中力作用下顶压方式和侧压方式更易破裂。

参考文献:

- [1] 谭晓风, 蒋桂雄, 谭方友, 等. 我国油桐产业化发展战略调查研究报告[J]. 经济林研究, 2011, 29(3): 1-7.
- [2] 李永梅, 魏远新, 周大林, 等. 油桐的价值及其发展途径[J]. 现代农业科技, 2008(16): 113.
- [3] 孙德, 曹成茂, 娄帅帅, 等. 山核桃破壳力学性能试验[J]. 安徽农业大学学报, 2016(2): 331-336.
- [4] 李晓霞, 郭玉明. 带壳物料脱壳方法及脱壳装备现状与分析[J]. 农产品加工·学刊, 2007(4): 83-86.
- [5] 黄志辉, 王红建, 刘汝宽, 等. 油桐果实破壳力学特性及主要影响因素研究[J]. 河北农业大学学报, 2017, 40(4): 78-83.
- [6] 黄志辉, 程鑫鑫, 李昌珠, 等. 蓖麻果实破壳力学模型及其主要影响因素研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2013, 44(2): 185-189.

大幅提升了国内粮油加工业的发展水平,粮油加工业的加工能力大大提升,工艺趋于成熟和完善,未来的发展趋势将集中在节能减排。特别是随着粮油加工业价格竞争呈白炽化态势,节能减排无疑是提升企业竞争力的重要手段,因而尾气热能回收装置在油脂预浸车间有着巨大的潜能。

参考文献:

- [1] 梁椿松, 钱雨. 大型油脂加工生产线几项节能环保新技术应用[J]. 工程技术, 2017, 6(5): 349-350.
- [2] 梁椿松, 杭明, 孙明奎, 等. 蒸脱机热风层的废热回收及除臭系统: CN203586733U [P]. 2014-05-07.
- [3] 刘屹, 戎恒军. 粮油压榨过程中的余热回收系统: CN104048495B [P]. 2016-08-17.
- [4] 郑茂强, 康泰, 于小红, 等. 蒸脱机尾气热能再利用系统的研制及应用[J]. 粮食与食品工业, 2018, 25(1): 9-11.