

蒸汽冷凝水潜热量引射回收应用实践

况楠¹,孟祥永²,刘庆¹,刘宏江³,刘雪琳⁴,石双利¹,
裴云生¹,吴国新⁴

(1. 九三集团天津大豆科技有限公司,天津 300461; 2. 中粮油脂专业化公司,北京 100020;

3. 天津临港佳悦粮油码头有限公司,天津 300452; 4. 天津市川宏仪表系统科技有限公司,天津 300171)

摘要:传统蒸汽冷凝水热量回收一般采用间接换热、自然闪蒸等技术,热量回收效率低。对于油料压榨浸出工艺间接换热产生的高热值蒸汽冷凝水,采用负压引射技术回收其中的潜热量,即利用直接蒸汽汽源的剩余机械能作为驱动,通过可调节蒸汽喷射泵负压引射蒸汽冷凝水,使其在超低背压(0~0.02 MPa可调节)下充分闪蒸,释放全部潜热量并与直接蒸汽混合,作为蒸脱机直接蒸汽再次使用,从而在保证蒸汽品质(过热)的前提下,大幅减少蒸汽消耗,以最高的热效率(热量无损耗)实现冷凝水热量的梯次节能利用。以2条2500 t/d大豆压榨浸出生产线为例,年节约蒸汽量大于1.5万t,同时减排等量废水、降低二氧化碳排放量,在提高节能回收效率和减少碳排放方面实现了创新突破。

关键词:蒸汽冷凝水;负压引射回收;闪蒸;热量回收;碳排放

中图分类号:TS228;TQ643

文献标识码:B

文章编号:1003-7969(2021)12-0149-04

Application practice of latent heat recycle of steam condensate by using ejection method

KUANG Nan¹, MENG Jonathan², LIU Qing¹, LIU Lawrence³,
LIU Xuelin⁴, SHI Shuangli¹, PEI Yunsheng¹, WU Guoxin⁴

(1. Tianjin Soya Science and Technology Co., Ltd. of Jiusan Group, Tianjin 300461, China;

2. COFCO Oil & Oilseeds Company, Beijing 100020, China; 3. Tianjin Lingang Excel Joy

Oils & Grains Terminal Co., Ltd., Tianjin 300452, China; 4. Tianjin Chuanhong

Instrument System Co., Ltd., Tianjin 300171, China)

Abstract: The traditional methods of steam condensate energy recycle are natural flash evaporation, indirect heat exchange, etc. The energy cannot be recycled completely by using these methods. For high calorific value steam condensate produced by indirect heat exchange in oil press and leaching process, the negative - pressure ejection method could be used to recycle the latent heat in the steam condensate. Specifically, the remaining mechanical energy of steam sources could be utilized directly. The adjustable steam injection pump was used to conduct negative - pressure ejecting, and proceed the flash evaporating completely under the super backpressure condition(0 - 0.02 MPa, adjustable). The entire latent heat was released and combined with steam sources, and used as the direct steam sources for the desolventizer toaster. On the premise of ensuring steam quality (superheated steam), this step could decrease the

consumption of steam source obviously, and implement the stepped energy conservation of condensate energy with the maximum efficiency. Taking two 2500 t/d soybean press and leaching production lines as examples, the annual steam saving was more than 15 000 t, and the same amount of wastewater was reduced, and the CO₂

收稿日期:2021-05-31;修回日期:2021-07-29

作者简介:况楠(1972),男,高级工程师,主要从事油脂和
大豆蛋白产品的生产、品控管理等工作(E-mail) kuangan001@126.com。

通信作者:孟祥永,高级工程师(E-mail) mengxiangyong@cofco.com。

emission was also reduced. An innovative breakthrough had been achieved in improving energy conservation recovery efficiency and reducing carbon emission.

Key words: steam condensate; negative - pressure ejection recycle; flash evaporation; heat recycle; carbon emission

蒸脱机是油脂加工企业油料压榨浸出的关键设备,同时蒸脱也是获得高品质产品的重要环节。就总体运行情况来看,蒸脱机及车间换热器的间接加热系统目前仍存在动力耗费大、蒸汽损耗多、运行成本难以有效控制等问题^[1]。一是蒸脱机间接加热器 DT(脱溶烤粕器)传热效率低,导致排放的冷凝水热值高,即使经过 DC(干燥冷却器)热风加热器(或其他过冷换热器)低效换热后,仍难以得到过冷水,二次闪蒸蒸汽排放不可避免;二是疏水阀在运行中可能存在漏气现象,加剧蒸汽损耗;三是冷凝水温度高,水泵气蚀较为严重,维护费用增加^[2]。因此,加快工艺技术创新,加强节能改造,提升企业竞争力已经成为粮油加工企业不断探索和研究的必要课题。本文介绍了负压引射技术回收蒸汽冷凝水的潜热量,实现冷凝水热量的梯次节能利用,以期给同行提供参考。

1 蒸汽冷凝水潜热量引射回收(CHER)技术核心及系统构成

1.1 CHER 技术核心

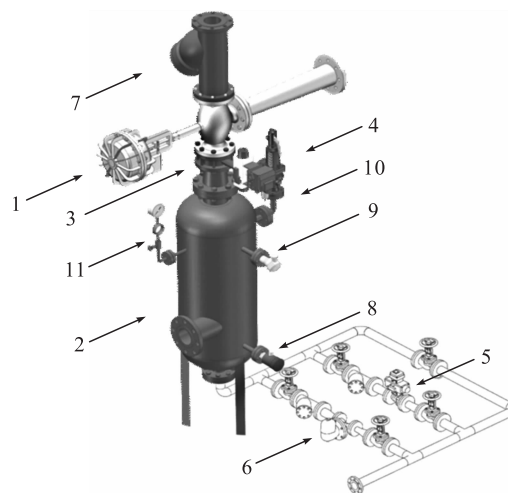
CHER 成套装置是采用德国 Baelz 公司全球领先的可调蒸汽喷射泵技术,结合天津川宏公司拥有自主知识产权(软著登字号第 3595728 号)的专有控制系统及成套技术,针对油料压榨浸出工艺研发的高效节能系列产品。同类产品也可应用于食品、医药、化工等其他行业。

本装置技术核心为引射法回收蒸汽冷凝水中的潜热量,旨在对油料压榨浸出的蒸汽冷凝水系统进行技术改造,将传统的自然闪蒸、间接换热、过冷等冷凝水热量回收技术,升级为可控引射回收技术^[3],即利用直接蒸汽汽源的剩余机械能(节流、减压产生的压降),驱动可调蒸汽喷射泵抽吸(引射)闪蒸罐中的高热值冷凝水,使其在超低背压(0~0.02 MPa)下充分闪蒸,闪蒸蒸汽与驱动蒸汽混合,作为直接蒸汽使用^[4],从而大幅减少直接蒸汽消耗,以最高的热效率(热量无损耗)实现冷凝水热量的梯次节能利用。

1.2 CHER 系统构成

CHER 成套装置由可调蒸汽喷射泵、闪蒸罐、液位传感器、热电阻温度传感器、气动调节阀(组)、

超大排量浮球式疏水阀(组)等组成(见图 1),与可编程控制器 PLC 组成全自动控制系统和全自动保护系统。



注:1. 可调节蒸汽喷射泵; 2. 闪蒸罐; 3. 气动节流阀; 4. 全启式安全阀; 5. 气动调节阀(组); 6. 超大排量浮球式疏水阀(组); 7. 蒸汽过滤器; 8. 液位传感器; 9. 热电阻温度传感器; 10. 压力变送器; 11. 压力表。

图 1 CHER 2500 撬装图

1.3 CHER 成套装置原理及特点

(1)CHER 成套装置回收蒸汽冷凝水中的潜热量,利用蒸汽冷凝水因压力变化产生相变的特点,通过驱动蒸汽引射闪蒸罐内的冷凝水,使其携带的显热量更多地转换为潜热量,以闪蒸汽形式被吸入蒸汽喷射泵,与降压后的驱动蒸汽混合,并被加压、加热至过热蒸汽,从而使低阶热源向更容易被利用的高阶热源转化。

(2)CHER 成套装置核心部件(可调蒸汽喷射泵)为全球领先的高技术产品,驱动蒸汽以近 2 倍音速(665 m/s)通过喷嘴间隙,具有极高的抽吸效率和运行稳定性。

(3)自动控制系统精确调节可调蒸汽喷射泵的出口压力(蒸汽流量负荷联动)和闪蒸罐压力,混合后的蒸汽过热度随设定的蒸汽压力作自动调节^[5],并辅以喷水(冷凝水)雾化降温,生产更多的蒸汽。

(4)超低背压 0~0.02 MPa(视工况确定)使冷凝水释放更多热量,闪蒸更充分。同时回收了各个

间接用汽设备疏水装置泄漏产生的蒸汽。

(5)具有蒸汽过热度调节(10~40℃)功能,目标值均可直接设定操作,充分保证蒸汽干度。

(6)CHER成套装置相较于传统换热(过冷技术)和自然闪蒸等方式具有更高的余热回收效率,能生产更高品质的过热蒸汽。

(7)全自动控制系统实时监控蒸发和混合过程,方便操作和运行管理,满足车间生产开机及停机时不同的蒸汽指标需求。

(8)CHER成套装置利用直接蒸汽汽源剩余机械能(节流、减压产生的压降),成套装置无能源消耗。

(9)节能数据可视化,便于大数据统计和效益分析,并方便接入互联网络管控系统。

2 油脂行业应用效果案例

2.1 蒸汽热能回收效果

某大豆加工厂压榨浸出工艺配备2 500 t/d生产装置2套,蒸脱机蒸汽冷凝水系统存在DT效率低、部分疏水阀漏气、水泵气蚀现象严重等问题。采用川宏公司CHER技术对原系统进行改造,CHER 2500安装现场图见图2。2 500 t/d大豆压榨浸出生产线用汽设备蒸汽使用量及冷凝水闪蒸回收计算见

表1。抽吸潜热量折合蒸汽量按下式计算。

$$Q_{qc} = \frac{h_{f1} - h_{f2}}{h_{fq}} \times Q_q \quad (1)$$

式中: Q_{qc} 为抽吸潜热量折合蒸汽量,kg/h; h_{f1} 为汽源蒸汽饱和水热值,kJ/kg; h_{f2} 为0.02 MPa饱和水热值,kJ/kg; h_{fq} 为0.02 MPa饱和蒸汽潜热量,kJ/kg; Q_q 为间接用汽瞬时流量,kg/h。



图1 CHER 2500 安装现场图

表1 2 500 t/d 大豆压榨浸出生产线用汽设备蒸汽使用量及冷凝水闪蒸回收计算

用汽工位	用汽压力/ MPa	用汽设备 瞬时流量/ (kg/h)	设备产生的 饱和水热值/ (kJ/kg)	引射至0.02 MPa饱和 水热值/ (kJ/kg)	引射取得 潜热量/ (kJ/kg)	折合 蒸汽量/ (kg/h)	闪蒸率/ %	折合节约 蒸汽(以大 豆质量计)/ (kg/t)
间接蒸汽								
DT	1.00	3 200	781.42	439.42	342.00	487.72	15.24	4.68
DC	1.00	2 200	781.42	439.42	342.00	335.31	15.24	3.22
二蒸	0.60	2 200	697.39	439.42	257.97	252.92	11.50	2.43
三蒸	0.60	100	697.39	439.42	257.97	11.50	11.50	0.11
石蜡加热器	0.60	600	697.39	439.42	257.97	68.98	11.50	0.66
磷脂蒸发器	0.40	500	640.42	439.42	201.00	44.80	8.96	0.43
脱胶油加热器	0.40	100	640.42	439.42	201.00	8.96	8.96	0.09
合计		8 900			305.11 (加权均值)	1 210 (加权均值)	13.60 (加权均值)	11.62
直接蒸汽								
三蒸	0.60	1 000						
解吸塔	0.30	300						
DT	0.05	10 000						
合计		11 300						

注:1.用引射回收的热量折算干蒸汽量,规避了饱和蒸汽含水率对计算的影响;2.通过该技术回收的热量最终均转化为过热蒸汽,解决了饱和蒸汽含水造成DT内物料结团的问题;3.由于引射(抽吸)过程中吸收了部分疏水阀泄漏蒸汽,实际节约蒸汽远大于1 210 kg/h。

从表1可以看出,改造前单套设备生产工艺用汽总量为20 200 kg/h,其中间接蒸汽量为8 900

kg/h,直接蒸汽量为11 300 kg/h。案例工厂压榨浸出工艺2条2 500 t/d生产线,蒸汽供汽参数为

1.1~1.2 MPa(210~220℃),通过CHER装置将蒸脱机等设备间接蒸汽换热产生的高热值冷凝水抽吸至0.02 MPa(104℃),理论回收蒸汽冷凝水潜热量约305.11 kJ/kg,折合减少13.60%间接蒸汽量,折合每吨大豆节约11.62 kg蒸汽。改造项目完成后,蒸脱机蒸汽冷凝水系统问题迎刃而解。一年多的运行表明,CHER成套装置性能稳定、操作方便,加工每吨大豆蒸汽消耗大幅下降,远超预期完成合同约定的节能指标,同时大幅提升了工艺的自控水平,实现了节能数据可视化。闪蒸后冷凝水通入DC热风换热器进行显热换热,消耗部分显热量使其温度显著下降(至60~70℃)后回到原系统集水罐,进一步回收了125~168 kJ/kg热量,解决了集水罐冒白问题。

2.2 项目收益分析

案例工厂压榨浸出车间2条2500 t/d生产线,年处理量大于150万t大豆,以加工每吨大豆节约不低于10 kg汽源蒸汽计算,每年将至少节约蒸汽15000 t,蒸汽价格204元/t,即节约蒸汽费用306万元。案例投资约200万元,投资回收期0.65年,即7~8个月回收全部投资。

(上接第144页)

- [12] ZHANG Q, SALEH A S M, SHEN Q. Monitoring of changes in composition of soybean oil during deep-fat frying with different food types[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2016, 93(1):69-81.
- [13] 王鹏璞,朱雨辰,刘炎冰,等.煎炸和焙烤过程中油脂对丙烯酰胺形成影响研究进展[J].*中国粮油学报*, 2017, 32(2):140-146.
- [14] 李巨秀,房红娟,胡徽祥,等.食品中晚期糖基化末端产物的研究进展[J].*食品科学*, 2011, 32(21):293-297.
- [15] GOLDIN A, BECKMAN J A, SCHMIDT A M, et al. Advanced glycation end products sparking the development of diabetic vascular injury[J]. *Circulation*, 2006, 114(6):597-605.
- [16] BAYNES J W. The role of AGES in aging: causation or

3 结束语

本项目的实施对降低油料压榨浸出工艺的蒸汽消耗、提高自动化水平以及环境保护都有重要的意义。通过负压引射回收技术回收蒸汽冷凝水潜热量,不仅可以节约蒸汽,同时减排废水,按照联合国清洁发展机构(CDM)的要求降低CO₂的排放量,可以进行CO₂减排量的碳交易,对节能降耗、挖潜增效、减轻环境污染和水资源的合理利用等方面的工作,都起到了促进作用。

参考文献:

- [1] 丁继东,王本良,张雷云.蒸脱机的结构改进与优化设计[J].*中国油脂*, 2006, 31(4):36-37.
- [2] 艾杰. DTDC蒸脱机的改进和实践[J].*农村实用科技信息*, 2011(7):39.
- [3] 任建波,苗超,胥建美,等.可调节蒸汽喷射泵研究进展[J].*盐科学与化工*, 2021(3):17-19.
- [4] 索科洛夫,津格尔.喷射器[M].黄秋云,译.北京:科学出版社,1977.
- [5] 张轩晔,李文涛.闪蒸过程压力控制系统设计[J].*民营科技*, 2017(1):41-42.
- [6] ... correlation[J]. *Exper Gerontol*, 2001, 36(9):1527-1537.
- [17] NIQUET-LÉRIDON C, TESSIER F J. Quantification of N^ε-carboxymethyl (lysine) in selected chocolate-flavoured drink mixes using high-performance liquid chromatography-linear ion trap tandem mass spectrometry[J]. *Food Chem*, 2011, 126:655-663.
- [18] 杨明,江小明,王澍,等. HPLC-MS/MS测定煎炸植物油中羧甲基赖氨酸和羧乙基赖氨酸[J].*河南工业大学学报(自然科学版)*, 2021, 42(3):64-69.
- [19] 邹曼,陈玉,何东平,等.以稻米油为基油的煎炸调和油品质研究[J].*中国油脂*, 2020, 45(9):17-22.
- [20] 慕鸿雁,郑琦.3种食用油在薯条煎炸过程中的品质变化[J].*食品科学*, 2012, 33(19):168-171.
- [21] 尚云路.油条中丙烯酰胺的检测及控制研究[D].郑州:河南工业大学,2014.