

DTDC 关键技术及应用实践

左青¹, 张君¹, 李长鑫², 徐宏闯³, 单树生³, 左晖⁴

(1. 江苏丰尚油脂技术工程有限公司, 江苏扬州 225127; 2. 北京汇福粮油集团, 河北廊坊 065200;
3. 中储粮东莞油脂工业有限公司, 广东东莞 523147; 4. 广州星坤机械有限公司, 广州 510890)

摘要: DTDC 的设计和操作关系到工厂管理的安全、环保和能源消耗, 在保证豆粕质量的前提下, 降低 DT 的蒸汽消耗和降低豆粕的残溶是关键。论述了 DTDC 的预脱溶层、脱溶层、干燥层和冷却层的结构及关键操作参数设置, 改进的 DT 功能性结构部件, DT 的关键控制点、控制点及关键安全装置控制参数, 另外论述了降低豆粕残溶及节能的措施。生产实践中, 适度增加预脱溶盘数量, 控制气相温度在 68 ~ 70 °C, 保持脱溶层总料层高度不小于 3.4 m, 改进脱溶层逆流盘透气孔、搅拌叶、料位和落料控制机构和直接蒸汽喷孔, 控制层料之间的压力降, 延长蒸脱时间至 45 ~ 55 min, 经脱溶后, 美国大豆豆粕和巴西大豆豆粕的残溶分别在 50 ~ 80 mg/kg、100 ~ 150 mg/kg, 溶耗分别在 0.3 kg/t 和 0.5 kg/t, KOH 蛋白质溶解度分别在 84% 和 80% ~ 82%, 尿素酶活性等指标合格, 压榨厂蒸汽消耗控制在 170 ~ 190 kg/t。

关键词: DTDC; 蒸汽消耗; 溶剂消耗; 蒸脱; 残溶; KOH 蛋白质溶解度

中图分类号: TS208; TS201.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-7969(2024)07-0142-04

DTDC key technology and application practice

ZUO Qing¹, ZHANG Jun¹, LI Changxin², XU Hongchuang³,
SHAN Shusheng³, ZUO Hui⁴,

(1. Jiangsu FAMSUN Oils and Fats Engineering Co., Ltd., Yangzhou 225127, Jiangsu, China; 2. Beijing Huifu Grain and Oil Group, Langfang 065200, Hebei, China; 3. Sino-grain Dongguan Oils and Fats Industrial Co., Ltd., Dongguan 523147, Guangdong, China; 4. Guangzhou Xinmas Co., Ltd., Guangzhou 510890, China)

Abstract: The design and operation of DTDC is related to the safety, environmental protection and energy consumption of plant management, and it is critical to reduce the steam consumption of DT and reduce the residual solvent of soybean meal under the premise of ensuring the quality of soybean meal. The structure and key operating parameters of pre-desolventization layer, desolventization layer, drying layer and cooling layer of DTDC, improved DT functional structural components, DT key control points, control points and key safety device control parameters were discussed. Measures for reducing the residual solvent of soybean meal and energy consumption were introduced. In production practice, moderately increasing the number of pre-stripping discs, controlling the gas-phase temperature at 68-70 °C, keeping the total material layer height of the desolventization layer not lower than 3.4 m, improving the desolventization layer countercurrent disc ventilation holes, stirring blades, level of material and material control mechanism and direct steam injection holes, controlling the pressure drop between the layers of material, prolonging the steaming time to 45-55 min. After desolventization, in US soybean meal and Brazilian soybean meal, the residual solvent were 50-80 mg/kg and 100-150 mg/kg, solvent consumption were 0.3 kg/t and 0.5 kg/t, KOH protein solubility were 84% and 80%-82%, respectively, urease activity and other indicators of soybean meal were qualified, and steam consumption in the pressing plant was controlled in 170-190 kg/t.

收稿日期: 2023-07-04; 修回日期: 2024-04-19

作者简介: 左青(1958), 男, 高级工程师, 主要从事油脂企业的生产技术管理工作(E-mail) zuoqing_bj@163.com。

Key words: DTDC; steam consumption; solvent consumption; desolventization; residual solvent; KOH protein solubility

随着我国政府对油厂安全、能源消耗和环保重视程度的不断增加,油厂也把安全和节能作为一项重要任务。大豆压榨油厂中浸出车间蒸汽消耗占总蒸汽消耗的70%~75%,而DTDC占浸出车间总蒸汽消耗的70%~75%,在保证豆粕质量的前提下,降低DTDC的蒸汽消耗和豆粕的残溶是关键。DTDC分预脱溶层、脱溶层、干燥层和冷却层,降低豆粕残溶、减少蒸汽消耗和保证豆粕达标的重点是优化DT部分的预脱溶层和脱溶层的结构和操作。本文论述了DTDC结构及关键操作参数设置,改进的DT功能性结构部件,DT的关键控制点、控制点及关键安全装置控制参数,另外论述了降低豆粕的残溶及蒸汽消耗措施,以供同行参考。

1 预脱溶层

湿粕一般含65%~75%干物质、25%~35%溶剂、5%~10%水分和低于1%的油,其温度(50~55℃)与DT出口气相温度(68~70℃)有15~20℃的温差,利用二次蒸汽和夹层蒸汽加热豆粕,使湿粕温度上升到67℃。湿粕由刮刀分为两个部分,沿外圆四周和内圆周被均匀刮到预脱溶盘,预脱溶盘内料层高度150~250mm,料层上面空间高度250~300mm。预脱溶盘设计夹层,夹层通1MPa蒸汽提供托盘上层板185℃的表面温度,以加热湿粕并脱除部分溶剂。延长豆粕在预脱溶盘的滞留时间,可提高豆粕温度和溶剂挥发量。预脱溶层可蒸发25%的溶剂。

预脱溶盘数量及换热面积影响直接蒸汽的用量。预脱溶盘数量少,物料在预脱溶层滞留时间短,落到脱溶层时温度达不到67℃,豆粕残溶较高,导致脱溶层直接蒸汽用量增加,而且在豆粕与脱溶层直接蒸汽接触时,蒸汽易冷凝在豆粕中,豆粕吸水,黏度提高,豆粕松散度和流化态降低,而结团率增加,从而延长脱溶时间。增加预脱溶段的换热面积,可提高豆粕的温度和溶剂蒸发效率,减少蒸汽的冷凝,从而减少豆粕的吸水,提高豆粕的松散度。另外,在操作中应把浸出粕温度控制在60℃左右,以减少预脱溶盘的负荷。

预脱溶层每层外边安装料摆,外接料位传感器,每层一台旋转阀,搅拌叶推料下落到下层。顶部的预脱溶盘是圆形的,外壳直径比下筒体大1.2倍,以降低蒸汽上升速度使粉末沉淀。

皇冠和鲁奇公司设计的3000~4000t/d DTDC预脱溶盘一般在4层,料层之间温差较大,而迪斯美设计的预脱溶盘5~6层,可减少料层间温差。另外,膨化料因其特殊的结构可减少预脱溶盘

的层数,而坏片须增加预脱盘的层数。

2 脱溶层

2.1 逆流脱溶层

为脱除豆粕中余下的75%的溶剂,利用直接蒸汽与粕接触,将粕温从67℃升到105℃,粕的水分增加18%~20%。控制逆流上层和下层间压力在2500~3750Pa,逆流下层和喷射层间压力在3750~6000Pa。DT通常有1~4层逆流层,应合理选择逆流层数,以达到湿粕与汽提蒸汽适宜的接触时间,通常豆粕与汽提蒸汽的接触时间为35~55min。

第一层逆流层料层大部分热量来自直接蒸汽的冷凝传热,控制料层高度1.1~1.4m,用搅拌叶搅拌,二次蒸汽从下往上穿过逆流托盘孔,直接蒸汽穿透料层时,进入料层冷凝,提供潜热蒸发溶剂,以二次蒸汽形式排出料层,蒸汽冷凝水则增加了豆粕的水分。

湿粕从第一层逆流盘下来,99%的溶剂已经被脱除,后面的逆流层控制料层高度一般在750~1000mm/盘,皇冠逆流层高度在700~800mm/盘。料层越薄,豆粕吸水越少,不易发黏和结团,但脱溶效果差(因为料层薄,粕与蒸汽接触时间减少,影响了溶剂的蒸发);反之料层过高,虽然脱溶效果可能更好,但上部温度较低,可能会导致豆粕吸收更多的水分,容易发黏和结块。

2.2 直接汽层

底夹层是直接蒸汽分配室,低压饱和蒸汽经适度过热分水后,均匀地穿过底夹层面板上DN3.2喷孔与豆粕直接进行传质和传热,提供DT需要的总热量的75%,水蒸气冷凝后则滞留在豆粕中。在喷汽层配置两对搅拌叶,以防止蒸汽短路和豆粕搭桥。直接蒸汽喷孔数量根据蒸汽流速计算,直接蒸汽喷孔提供0.035~0.07MPa的压力降,直接汽层的料层表面温度在155℃,出料温度在102~104℃。

2.3 节能层

节能层(VRS层)安装抽真空装置,把VRS层上面空间的热汽抽到脱溶层,增加VRS层可降低5~7kg/t汽耗、5%~10%的消耗,可降低出料口蒸汽压,同时使料温降低5~10℃,有助于消除接料刮板输送机内正压,同时还能降低DC的热负荷和DC刹克龙内热风的水分,减少底层旋转阀的维护。

3 干燥层和冷却层

4000t/d DTDC配置2层干燥层,利用翅片换热器加热空气,热空气进入干燥层夹层,经夹层上层板的小孔被均匀地分布到豆粕中,把豆粕含水量从19%~20%降到12.5%~13%,豆粕温度从105℃降到

55℃。干燥层第一层料层高度在 200 ~ 250 mm, 第二层料层高度在 160 ~ 240 mm, 配两层独翅, 底盘喷嘴直径为 6 mm。

配置 1 ~ 2 层冷却层, 料层高度 262 ~ 360 mm, 配两层独翅, 底盘喷嘴直径 6 mm, 冷风管的进口在车间内。冷却层每层的料位是通过料位挡板和料门控制的, 当料位达到一定高度时, 料位挡板转动, 料门打开, 使豆粕流出, 料位降低时料门关闭。

4 改进 DT 功能性结构部件

4.1 脱溶层逆流盘透气孔

逆流盘采用特殊的孔盘, 既支撑豆粕重量又使蒸汽上升通过, 通过蒸汽夹层上层板提供逆流层表面温度 185℃, 加热盘上湿粕, 下层板表面与上升的二次蒸汽对流换热并为下层上升的二次蒸汽提供通气孔。

对 4 000 t/d DT 逆流盘底夹层设计 DN245 脱溶盘, 圆盘中心距离 295 mm, 在中空圆盘内一圈设计 9 个 DN21 透气孔^[1], 开孔面积以透气量为依据, 开孔率为底盘总面积的 2% 左右。逆流盘底部夹层内焊接带孔支撑管, 支撑管上有透气孔, 下层的溶剂和水蒸气混合蒸汽可以自由穿透这些透气孔, 夹层内的间接蒸汽加热湿粕, 并对穿过料层上升的二次蒸汽加热。

皇冠用间接蒸汽加热并通过中空的支撑螺孔管把溶剂、蒸汽排走, 中空的支撑螺孔设计成进口大出口小, 蒸汽通过螺孔时, 压力降低而速度加快, 变成过热蒸汽, 推动豆粕向上, 利于减小运动功率以及蒸汽直接进到料层中。

4.2 搅拌翅

从顶层到底层物料的流动通过安装在各层的搅拌翅来完成, 搅拌翅在各层中旋转并通过下料槽把豆粕卸至下一层。

搅拌叶和底板的间隙按直径大小不同在 15 ~ 25 mm 之间调整, 间隙大积料多, 贴在底板时间长, 易焦糊, 出粕带糊味并呈咖啡色; 间隙过小, 夹层板热胀, 搅拌翅受到旋转料压力下摩擦夹层钢板, 4 000 t/d 的 DT 搅拌翅和底板的间隙在 20 ~ 25 mm。刮刀倾角在 20° ~ 25°, 脱溶层的刮刀安装角度应使下层刮刀比上层刮刀滞后 45°, 主轴转速在 10 ~ 12 r/min^[1], 主轴转速与刮刀的形式和角度存在关联, 要求物料散开呈悬浮状, 溶剂容易挥发, 动力消耗减少。配主轴动力时考虑留有余量带负荷启动。各供应商配置搅拌翅形式和数量不一, 如皇冠预脱盘配单层一对, 脱溶盘第一层配两层两对, 脱溶盘第二层配两层, 是上层一对, 下层独翅, 脱溶盘第三层配两

层独翅, 直接汽层配两层独翅。

4.3 料位和落料控制机构

皇冠采用气动阀和旋转阀两种料位控制形式, 鲁奇和迪斯美均采用旋转阀控制。如皇冠 MCS 型 DTDC: 料层(4 ~ 6 层)料位是由下一层料位来控制, 每一层下料口都有一个溜槽挡板, 下料口安装一个下料气动阀(只是在刚开机时才关闭), 在下一层的料层低于溜槽的出料口时, 上一层开始下料。在直接汽层、节能层和 DC 层的出料口安装变频旋转阀, 出料旋转阀的速度维持 DT 的每一层都有一定的料位, 并相对稳定, 不能出现较大波动。脱溶层总料层高度不小于 3.4 m, 要求蒸汽穿透料层。

皇冠 MCN 型 DT、迪斯美 DT 和鲁奇 DT 采用变频旋转阀控制每层料层高度。

在 DT 脱溶层, 从预脱溶层下到第一脱溶层(盘)的豆粕, 受直接蒸汽和溶剂挥发的影响水分突然增加, 容易结团, 在旋转阀内黏结, 另外, 旋转阀转过下料后, 过热蒸汽含水多, 阀内壁有水, 容易粘上豆粕, 越积越多, 长时间处于高温易焦化硬结, 导致旋转阀成为一个旋转柱体, 下料速度慢。皇冠在直接汽层和节能层安装旋转阀, 在节能层安装的抽真空装置, 可将节能层抽负压, 对旋转阀有清理作用, 也有的在旋转阀处安装直接蒸汽吹扫管道。

4.4 直接蒸汽喷孔

0.03 MPa 直接蒸汽均匀地穿过直接汽层底夹层上面孔板上的喷孔和料层, 有利于溶剂挥发和调节尿素酶活性。

皇冠 4 000 t/d DT 蒸汽喷孔在 3 mm/5 mm, 共 9 981 个蒸汽孔, 间距 50 mm × 50 mm; 迪斯美 4 000 t/d 的 DT 蒸汽喷孔是 4 mm/6 mm, 间距 85 mm × 85 mm。

5 DT 的控制

5.1 关键控制点(CCP)

(1) 控制气相温度在 68 ~ 70℃, 二次蒸汽中溶剂约为 91.1%、水分约为 8.9%。

(2) 直接汽层温度一般在 104 ~ 105℃, 直接汽层底层压力降在 0 ~ 15 kPa。控制尿素酶活性在 0.05 ~ 0.20 U/g、KOH 蛋白质溶解度不低于 82%。

(3) 要求穿过脱溶层逆流盘压力降达到 30 ~ 35 kPa, 实际操作在 40 kPa, 以有足够的压力保持混合蒸汽向上以防止它们自由结露落到盘下。

5.2 控制点

包括脱溶层第一层料位与出料旋转阀, 捕集器流量和流量控制阀, 冷凝水罐液位和冷凝水泵出口控制阀, 闪蒸汽控制阀和闪蒸罐压力, DT 顶层温度

与直接蒸汽控制阀开度。

5.3 关键安全装置控制参数

顶层温度传感器,低报警阈值(AH) 66℃,高报警阈值(HH) 68℃;顶层压力传感器,AH 1 000 Pa,HH 2 500 Pa;脱溶层第一层料位报警传感器,AH 80%,HH 90%;DT 底层出料温度传感器,AH 102℃,HH 104℃;DT 底层压力传感器,HH 15 kPa;出料旋转阀低速传感器,低速报警阈值(AL) 4 r/min,高速报警阈值(LL) 8 r/min;DT 主轴低速传感器,AL 4 r/min,LL 8 r/min。

6 降低豆粕残溶和节能措施

6.1 降低豆粕残溶措施

(1) 合适的软化温度

生产片状豆粕最好配置调质塔和软化锅,使破碎大豆有足够的软化时间和软化温度,保证坏片的厚度在0.30~0.32 mm^[2](膨化料可在0.38~0.4 mm)、温度在62~65℃、水分在9.3%~10%,以利于浸出和蒸脱。

(2) 合适的混合油浓度

降低混合油浓度可以降低湿粕残油,但混合油浓度过低会使湿粕含溶量增大,造成DT的负荷增加。控制混合油浓度在26%~28%。如果有负压沥干系统,可以适当降低混合油浓度至24%~26%,控制湿粕含溶量26%~28%。湿粕残油低有利于豆粕蒸脱,湿粕残油高,残油与溶剂形成混合油,阻止溶剂从豆粕中逸出和二次蒸汽的挥发,造成豆粕残油高、残溶高、汽耗高。

(3) 直接蒸汽质量

过热蒸汽的特点是放热慢、压降慢、热焓高、穿透料层力强,但容易产生短路,豆粕残溶偏高、尿素酶活性不达标,气相温度高,粕末上扬量多使管道堵塞。

饱和蒸汽的特点是放热快、压降快、热焓低、穿透料层力弱。若蒸汽压力不稳或偏低,蒸汽进入粕层,豆粕迅速吸水并发黏,局部豆粕结块,豆粕呈黄白色,残溶高、尿素酶活性高。湿粕吸水后易粘在分配盘外的圆周壳体内壁上,时间长会变质。

在满足豆粕脱溶热量的情况下,采用部分过热低压蒸汽,蒸汽的热值小、密度大,有助于分压汽提效

果,提升蒸发效率,现使用蒸汽密度在550~650 kg/(h·m²),蒸汽密度过高浪费蒸汽,豆粕过熟。加大蒸汽密度,增加预脱溶盘数量,有利于脱溶。

(4) 避免豆粕结团

豆粕结团的原因:①直接蒸汽含水多;②预脱溶层料温低,料层之间的温差大产生过冷凝水;③不成熟豆。

采取使用部分过热蒸汽作为直接蒸汽,增加预脱溶盘数量或提高进DT的湿粕温度等措施,以避免豆粕结团。

(5) DT操作

适当延长蒸脱时间至45~55 min,可以充分利用二次蒸汽的余热,充分蒸透豆粕,节约蒸汽,降低豆粕残溶。合理的直接蒸汽开孔和合理控制直接蒸汽的压力,提供适度过热的饱和蒸汽有利于蒸脱。

6.2 节能

为节省蒸汽消耗,鲁奇采用三次换热技术^[3],可以降低蒸汽消耗15~18 kg/t;广州赛维斯采用高温热泵(利用机械能、电能将低温热源转移高温热源实现供热的装置),节省蒸汽消耗15 kg/t左右。

为节省电耗,每层的旋转阀加装变频器。同时对DTDC进行更新改造,力求降低豆粕残溶、蒸汽消耗,减少除臭装置和污水处理系统的负荷。

生产实践中通过对DTDC关键技术的控制,加工美国大豆和巴西大豆时,豆粕残溶分别在50~80 mg/kg、100~150 mg/kg,溶耗分别在0.3 kg/t和0.5 kg/t,KOH蛋白质溶解度分别在84%和80%~82%,尿素酶活性等指标合格,压榨厂蒸汽消耗控制在170~190 kg/t。

致谢:感谢武汉轻工大学何东平教授,江苏丰尚油脂技术工程公司高瑞斌高工、雷鸣高工,以及浙江舟山良海粮油公司李家君总监对此技术的支持!

参考文献:

- [1] 付学华,左青,吕瑞,等. DTDC的节能实践[J]. 中国油脂,2024,49(1):149-152.
- [2] 左青,左晖. 大豆压榨厂先进装置和工艺[J]. 中国油脂,2023,48(1):125-130.
- [3] 捷成鲁奇工程设备(上海)有限公司. 一种DC热风余热回收系统: CN215810075U[P]. 2022-02-11.