

# 大豆压榨厂先进装置及工艺

左青<sup>1</sup>, 左晖<sup>2</sup>

(1. 江苏丰尚油脂工程技术有限公司, 江苏扬州 225127; 2. 广州星坤机械有限公司, 广州 510890)

**摘要:**大豆压榨厂引进新技术和新设备, 并进行工艺和装置的技术升级, 可提高市场竞争力。为推动国内大豆压榨厂的高质量发展, 介绍了国内外有关大豆压榨厂的先进装置和工艺, 如调质塔换热结构、轧坯机、膨化机、榨油机、浸出器、DTDC、蒸发器等装置及高压液体浸出、负压沥干、闪蒸脱溶等工艺, 并对豆粕自动打包、平房仓和立筒仓的大豆自动清仓机、自动装船机等豆粕物流机械进行了阐述, 为工厂创造新的利润增长点以及低碳生产提供参考。

**关键词:**大豆压榨厂; 工艺; 装置

中图分类号: TS214.2; TS203 文献标识码: B 文章编号: 1003-7969(2023)01-0125-06

## Advanced devices and process of soybean press plant

ZUO Qing<sup>1</sup>, ZUO Hui<sup>2</sup>

(1. Jiangsu FAMSUN Oils & Fats Engineering Co., Ltd., Yangzhou 225127, Jiangsu, China;

2. Guangzhou Xinmas Co., Ltd., Guangzhou 510890, China)

**Abstract:** Introducing new technology and equipment, and carrying out technological upgrading of the process and devices in soybean press plant can improve market competitiveness. In order to promote the high-quality development of domestic soybean press plants, advanced devices and process at home and abroad related to soybean press plant were introduced, such as heat transfer structures of conditioner, flaker, expander, expeller, extractor, desolventizer-toaster with integrated dryer-cooler, evaporator, and high pressure liquid leaching, negative pressure draining, flash desolventizing of soybean meal, etc.. The logistics machinery of soybean meal was described, such as automatic baling of soybean meal, automatic soybean emptying machines for horizontal warehouse and vertical silos, and automatic ship loader. It can provide references for the plants to create new profit growth points as well as low-carbon production.

**Key words:** soybean press plant; processing; device

我国大豆压榨厂由大豆预处理、浸出, 大豆油水化脱胶, 磷脂干燥, 秸秆粉碎处理, DTDC 的热源利用, 零排放系统, 粉尘和异味处理等组成。对于 3 500~4 000 t/d 大豆压榨厂(含水化脱胶工艺), 在技术改造和精细化生产管理下, 消耗蒸汽(过热) 170~185 kg/t(大豆水分含量 10.5%~11%), 耗电 23~25 kW·h/t(含异味处理和秸秆粉碎处理)。一般大豆压榨厂提供质量稳定的四级油、浓缩磷脂、不同蛋白等级的豆粕等。

在大豆压榨生产线引进新的技术和装置, 优化

和整合原有的生产工艺和装置, 可最大化利用油料资源和最小程度影响工厂周围的生态环境, 制取高附加值的副产品, 创造新的利润增长点, 提高工厂的市场竞争力, 落实政府“节能减排”和“碳达峰、碳中和”的精神。为推动国内大豆压榨厂的高质量发展, 介绍了国内外的先进装置和技术, 供同行参考, 并请指正。

### 1 大豆压榨厂先进装置

#### 1.1 平面回转筛

在大豆清理过程中, 大杂容易堵住二或三层筛网, 建议改为一层筛面, 孔径为 DN10~12 mm, 去大杂, 小杂含碎豆进料流, 增加旁通, 以便于开机之前的维修和保养。

国产大型平面回转筛: 为 2 层, 上层筛网孔径

收稿日期: 2022-04-28; 修回日期: 2022-08-09

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。

14 mm, 下层筛网孔径 2.5 mm, 规模在 12 000 t/d, 在码头进行大豆初清。

美国 Rotex 筛: 配 4 mm 筛网。分离豆粕时: 使用回转筛 A, 分离效率为 95%; 使用回转筛 B, 分离效率为 86%; 使用离心筛, 分离效率达 100%; 使用静态筛, 分离效率为 35%; 使用振动筛, 分离效率为 70%。筛分分离效率高于国产筛。

瑞典布勒组合筛: 初清处理量在 4 500 t/d, 分离大杂的效果好。

## 1.2 破碎机

进口破碎机的同心度低于 0.03 mm, 国产的同心度在 0.05 mm。在 1 000 t/d 破碎机使用中, 剪切力下降, 挤压性增加, 产生粉末度, 需要精心拉丝。

目前国内市场上无锡布勒和广州星坤的 1 500 t/d 大豆破碎机实际处理量在 1 350 ~ 1 450 t/d。

## 1.3 调质塔换热结构

Solex Platecoil 加热板为平板结构, 采用德国 IPG 激光技术焊接, 并通过打压膨胀成型, 可设计不同的枕形板, 将其组装为满足各种工况的加热板或模板, 加热板内部为波面枕型流道, 采用特殊点阵设计, 流体处在高度湍流状态, 加热板外表面阻力小、不易产生污垢, 其传热面积是椭圆型管传热面积的 2 倍。可用 SS304 和 SS316L 等材质制造加热板, 内部可承受压力为 6 MPa, 可通水、热油、蒸汽等, 外压可达 30 MPa, 均匀的换热温度场排布, 耐 1 700 °C 高温。

Solex 调质塔与 Platecoil 加热板、傅里叶专用固体物料传热技术模型 ThermalPro 软件结合, 用于大豆调质, 设计大豆降低水分含量 3 个百分点, 上层预热层热水进出温度分别为 70 °C 和 40 °C, 下层采用 0.28 MPa 蒸汽, 调质塔温度为 65 °C, 比椭圆形管节省蒸汽 5 ~ 7 kg/t。这种模块式的传热结构, 可以应用于浸出和精炼的换热器中<sup>[1]</sup>。

## 1.4 轧坯机

按大豆轧坯要求, 水分含量 10% ~ 10.5%, 温度 60 °C, 碎豆颗粒度 1/4 ~ 1/6, 轧坯片厚度 0.30 ~ 0.32 mm, 规模 500 t/d。目前 ROSEKAMP 轧坯机的处理量可达 500 t/d。如果碎豆的温度高, 轧辊出现胀辊, 使坯片中间薄两头厚, 另外辊面出现掉渣情况, 因此要求轧辊离心铸造、通轴, 轧辊合金层合金硬度均匀、膨胀系数小、径向硬度降低, 并配置防撞装置。

进口轧辊的优点: 合金层(白口层)材料一致并均匀; 在辊面加工精度方面, 圆度和同心度小于或等于 0.03 mm(国产辊为 0.05 mm); 辊面探伤采取全

自动超声波探伤器对辊面全覆盖探伤, 探伤深度 150 mm; 零振动; 采取 CNC 加工中心制作锻打轴头。

国产 DSG 球墨铸铁轧辊的优点: 外层和内层都是球铁, 属于同系列铸铁, 工作层加 4% Ni、4% Cr、Mo 等合金化处理, 硬度高、耐磨性好; 内层没有合金化, 强度高(球铁抗拉强度大于或等于 500 MPa); 韧性好(延伸率大于或等于 3%)。

## 1.5 卧式炒籽机

采用卧式预热机和卧式炒籽机设计, 利用卧式炒籽机尾气在卧式预热机中预热进料, 进料温度提升 40 ~ 50 °C。炒籽机可采用烟道气和天然气两种形式热源, 温度均达 800 °C, 烟道气经炒籽机和预热机后温度分别为 300、150 °C。目前山东特莱改用电磁加热装置, 在 PLC 控制下进行炒籽, 效果很好, 可清洁生产。

## 1.6 膨化机

巴西 TECNAL EX40 型膨化机为典型的大型膨化机, 处理量为 2 000 ~ 2 500 t/d。在进料段前安装轴承, 采用冷却水循环冷却润滑油。筒体有 4 组直接蒸汽进汽阀, 3 个阀为 1 组, 蒸汽从 3 个进汽螺栓逆向进汽。套筒上有很多剪切螺栓, 深入内部不同的深度剪碎旋转的饼, 尾部油缸螺旋手柄调节内部压力, 内部压力过高时可加大蒸汽量。一般运行时电流为额定电流的 85%, 在达到 90% 时也能短时运行, 如果遇到电机跳闸等问题, 模头容易磨损。油缸内有双向推进杆, 根据内部的压力调整锥形塞的进退, 从而调节出饼厚度。

在开机时按产量手动设置磨头压力为 7 ~ 8 MPa, 设置时考虑电流大小。

## 1.7 榨油机

### 1.7.1 国产榨油机

国产冷榨榨油机要求进料温度 70 ~ 80 °C。国产热榨榨油机进料温度 95 ~ 115 °C, 处理量在 260 t/d 左右。我国的榨油机基本为 YA338 和 Y390 型。120 型榨油机在 110 型榨油机基础上改进而来, 把轴端减速箱和榨膛分开 20 cm, 榨油机内的烟不会进入减速箱, 而减速箱内机油不会进入榨膛。调整榨膛结构, 一次性压榨后, 饼残油达到 6% 左右。

我国榨油机存在的问题: 榨螺和榨条磨损快, 榨油机残油率随着磨损增加; 压榨时间和温度影响出油率、油品质和油料蛋白质变性程度, 机榨饼品质和机榨油品质低; 机榨理论滞后, 榨油机内油料在外部压力下, 受到的应力和应变属于非线性, 内部变化复杂; 对榨油机的数值分析与模拟集中在榨螺, 榨螺转速、螺距、喂料量等参数确定缺乏微观理论指导, 榨

油机内部油料残油不均匀。

### 1.7.2 国外榨油机

(1)德国榨油机:德国冷榨榨油机进料温度为45℃;热榨榨油机的处理量为500 t/d左右。榨油机基本2年内不换备件,可长期稳定运行,出油率及残油率稳定。

(2)美国 Vicent 公司榨油机:利用2根互相啮合的中断螺棱螺杆原理设计反向旋转的平行双螺杆榨油机,双啮合具有降低滑移与加强物料正向位移能力,在榨笼上固定涂齿刮刀可插入到螺旋的隔圈内,具有搅拌与防止阻塞的作用。

(3)Bargale 榨油机:在压榨过程中改变油脂的渗透性。

(4)Mini Max 榨油机:冷榨的处理量为250~300 kg/h。

(5)英国 Rosedown Sterling 系列榨油机:此系列榨油机对榨螺进行渗碳,提高钨、铬、钴硬质合金含量,提高内表面摩擦力,为榨螺轴通冷却水,防止油料在高温下出现有害物质。配有一台水平计量绞龙,双螺旋进料装置进行强制喂料,预榨规模达650~800 t/d,一次性压榨规模为120~150 t/d。

采取 Compress V 控制装置:用 PLC 控制和调节榨油机榨膛压力以及榨油机配置的立式蒸炒锅,将立式蒸炒锅和榨油机连锁,连接破饼机齿轮油冷却装置油泵。立式蒸炒锅和榨油机连锁,可启动操作蒸炒锅的下料门,保持预设的各层料位,自动控制各层蒸汽阀和各层料温,维持最佳蒸炒。

榨油机可由操作人员手动设置处理量,在满负荷条件下自动调节变速驱动电机,也可由变速喂料绞龙自动调节供料量。在满负荷或要多喂料时自动改变转速,维持榨膛压力稳定,防止榨油机超载;在喂料量过多或油料松软不均匀的情况下,通过改变主电机变频器调整榨轴转速。通过 PLC 设定“高负荷”“过载”点,在“高负荷”时自动降低榨油机主轴转速,“过载”要自动停机,减少机械损伤。处理问题后自动启动喂料装置以及榨油机主轴。现场安装触摸屏“HMI”,设定菜单,可远程连接并将数据传输到电脑,电脑显示屏呈现各个数据曲线。

## 1.8 浸出器

### 1.8.1 Relex 浸出器

目前,Relex 浸出器最大直径26 m,料层高3.5 m,规模达10 000 t/d。在国内应用的浸出器直径18 m,料层高3.05 m,功率18.5 kW,规模为5 000 t/d,采用全浸泡式,每个料格中混合油的浓度不同,按变化的油料喷淋比在线调整混合油浓度梯度,采用自清式混合油喷

嘴维持均匀的混合油喷淋,沥干时间10~15 min 保证26%~30%的溶剂滞留,浸出器假底30%的筛孔率保证26%~30%的溶剂滞留,筛板材质为SS304,摩擦力低,自清式筛板保证26%~30%溶剂滞留,筛板栅条缝间隙2 mm 保证26%~30%的溶剂滞留,残油0.5%。

Relex 浸出器的特点:比浅料层浸出器节约15%的轧坯能量,滤渣返回浸出料床前有50%油滤出,比浅料层浸出器的驱动能低80%,假底磨损低;伞齿轮结构驱动、无链条,低磨损;用植物油作为底部轴承润滑油;混合油接收斗清空时无积料。

浸出器需改造铰链底,如果油料不移动,稳定在假底上面,容易堵塞栅板间隙,影响渗透和沥干。

### 1.8.2 III型浸出器(喷淋式浸出器)

皇冠III型浸出器。采取整体设计、分装运输到现场组装。浅料层适应多品种原料,自清式V槽,沥干效果好,直接浸出坯片,不需要膨化机,可以浸出沥干好的和沥干差的油料。提产有两种方法:加膨化机提产20%~25%;延长浸出器长度提产25%左右,湿粕含溶低,可在中途翻转送料,宽深比为3:1~4:1。

### 1.8.3 IV型浸出器(浸泡型浸出器)

皇冠IV型浸出器底部不用筛板,按斜面安装料格,采用专利“en-mass”输送系统,多级斜刮板按设计浸出时间的需要浸泡在不同浓度的混合油中,物料由斜刮板牵引进入混合油内浸泡,持续到输送带终端,在接近底部翻转,沿着光滑的油斗斜板向上牵引移动,移动到输送槽顶部伸出油层表面落入下一台输送槽内,再重复这一循环送料过程,物料完全浸泡在混合油或溶剂之中,物料和混合油流向相反,最后一台斜刮板接料后牵引向下,在终端翻转后沿着油斗斜面向上,这个斜面按照沥干湿粕含溶率来设计伸出溶剂表面后的长度,混合油或溶剂沿着斜面流进混合油槽,沥干料由刮板带出浸出器后进入DT,而浸出器相反的一端出浓混合油,浓混合油经过滤进蒸发器汽提,得到浸出原油<sup>[2]</sup>。

### 1.8.4 V型浸出器(喷淋式浸出器)

V型浸出器用于大豆坯片、碎豆、液料的浸出,浸出时间30~300 min,物料慢速移动,过一段静筛底,在顶部呈溶剂或混合油。浅料层,用于受潮膨胀的物料,埋刮板减少粉末度,易清理,可安装CIP自清装置。

### 1.8.5 E型浸出器

E型浸出器采取双驱动、双马达,无链条张紧,料床高0.1~1 m,浸出时间50~60 min。

## 1.9 蒸发器

### 1.9.1 鲁奇降膜式蒸发器

鲁奇降膜式蒸发器从顶部进料液,在重力作用

下沿管壁成膜下降,在此过程中蒸发浓缩,在底部得到浓缩液,可用于蒸发浓度高、黏度大的物料液。与升膜式蒸发器靠高温差升膜不同,降膜式蒸发器靠重力降膜流动,在降膜过程中没有受到太大的冲击,避免了泡沫的形成。降膜式蒸发器的传热系数高、停留时间短、不易引起物料液变质,适合处理热敏性物料,能够降低混合油蒸发温度,降低成品油的色泽及含磷量。

### 1.9.2 Desmet 蒸发器

第一蒸发器传热面积大于 30%,最大化利用 DT 的二次蒸汽热源。

第二蒸发器,利用回收闪发蒸汽蒸发溶剂,减少蒸汽用量。在二蒸前设计一台混合油/热油换热器,减少二蒸用汽量。温度降低 15℃ 的混合油进二蒸,减少用汽量和原油品质的下降。第二蒸发器设计为三管程,提高混合油管内流速,减少管内污垢和清理次数。

## 1.10 DTDC

不同厂家 DTDC 的预脱溶层和脱溶层的层数存在差异。预脱溶层的层数多,可延长豆粕预脱溶的停留时间,升高豆粕的蒸发温度,减少豆粕水分的冷凝,提高豆粕的松散度,从预溶脱层落到脱溶层的料温接近 67℃,减少脱溶层的负荷。在脱溶层和预溶脱层之间的过渡区存在温差大,容易结露结块,导致粕残溶偏高的问题。湿式捕集器安装在 DTDC 顶部。

### 1.10.1 皇冠 DTDC

皇冠 DTDC 最大规模达 7 000 t/d,直径 30.56 m,按湿粕含溶 30% 设计,预脱溶盘采用间歇蒸汽加热,脱溶盘采用间接蒸汽和直接蒸汽加热。DT 底盘为喷直接汽孔,安装旋转阀。3 000 t/d 标准设计为预脱溶层 3 层,脱溶层 3 层,烘干层 2 层,冷却层 1~2 层,VRX 层(即节能层,将直接蒸汽层料层上面的二次蒸汽用泵抽到上面层)1 层。

### 1.10.2 鲁奇 DTDC

鲁奇 DTDC 搅拌叶的设计可将豆粕悬浮起来,利于二次蒸汽和豆粕的换热及分离,粕残油低(180 mg/kg)。DC 各层采取变频电机,便于控制和节电。

鲁奇设计卧式甩干机作为 DTDC 的前处理,把豆粕的溶剂含量从 30% 降到 16%,之后进入 DT 可减少蒸汽用量。

### 1.10.3 De-Smet DIMax DTDC

在 DT 中引用 VRX 系统,回收闪发二次蒸汽热量,降低蒸汽消耗 5%~10%。逆流盘开孔率 10%,采用气动控制搅拌刀维持上升蒸汽。旋转阀封闭各层,防止上升蒸汽短路,维持蒸汽均匀分布。高密度蒸汽可慢速搅拌(8 r/min)粕层减少电耗。变尺寸

搅拌翅把料抛起腾空,降低料层密度,使蒸汽容易穿透料层,溶剂容易挥发,降低搅拌功率。二次蒸汽出口温度 71~74℃,溶剂含量在 92% 左右,进湿式捕集器净化。5 000 t/d DC 的配置为预脱溶层 7 层,脱溶层 1 层,VRX 层 1 层。

### 1.10.4 皇冠向下通风脱溶机

皇冠向下通风脱溶机专门生产高蛋白质分散指数(PDI)和氮溶解指数(NSI)的片状豆粕,采用低压蒸汽间歇加热,时间 15~60 min,温度小于或等于 250℃,粉末度低,豆粕含溶小于或等于 500 mg/kg。

### 1.11 汽提塔

筛板式汽提塔采用固定阀板结构,蒸汽与油充分接触,不易结焦,为第二蒸发器节能并降低油脂热损。汽提温度为 95℃ 时,出油残溶为 15~40 mg/kg,出油的品质如酸值和过氧化值均低于蝶式汽提塔;汽提温度为 95~105℃ 时,进油含溶 2%~5%,出油残溶 10 mg/kg。每层设定检修门,靠近筛板盘外壁,喷汽管为拆卸式,方便清理。

### 1.12 分水器

Desmet 分水器采用斜装层流筛板分离,不接真空冷凝泵,防止油乳化,通过旋液分离器从溶剂中分离水。

### 1.13 蒸汽煮水罐

用两级废水汽提,降低废水残溶。

### 1.14 尾气回收装置

浸出车间尾气冷凝器和矿物油吸收后的尾气换热器,用冷冻水循环。依据尾气的温度,含 50%~70% 不凝气体,吸收塔内油/气接触段为 8~10 m 高填料层,不锈钢鲍尔环,要求进吸收塔的气体温度为 20℃,用 23℃ 左右的矿物油喷淋接触,经矿物油吸收后排空的尾气含溶 5~10 g/m<sup>3</sup>,矿物油经热交换器和加热器加热,在真空汽提塔采用二级汽提回收溶剂,溶剂气体进冷凝器,矿物油经热交换器和冷却器返回吸收塔进行闭路循环。

### 1.15 零排放系统

零排放系统包括把 95%~97% 的工艺废水转化为直接蒸汽喷入 DT,3%~5% 的工艺废水作为热水喷进 DT 粕中;多余的冷凝液回流到锅炉房,可减少锅炉 67% 的用水;从煮水罐出来的过热蒸汽冷凝液用于加热进废水蒸汽再生系统的水;多余的冷凝液用于加热 DT 干燥层进风;预热进水按 20:1 比例循环,维持废水煮水罐内高速运转以减少结垢。

从煮水罐排出的废水泵入储水罐,按计量添加碱水调节 pH 到中性,泵入浓缩水罐循环、压入蒸发器,用间歇蒸汽加热废水生成低压蒸汽,经过过热闪发进入 DT,作为 DT 直接蒸汽,占 DT 直接蒸汽用量

的75%~100%。剩余的5%~10%的废水连续循环到浓缩水罐,要保持足够的水量高速通过蒸发器管程,防止管壁结垢。浓缩水罐安装搅拌叶,防止废水中一些物质沉淀。从储水罐接管道用泵把热废水泵入车间任何需要的位置,可作为加热豆皮、豆粕等的热源。

#### 1.16 除尘风机

除尘风机使用一段时间后需要人工清理,当前好的做法是使用高分子不粘涂层解决风机叶轮积尘和需要经常清理的问题。

#### 1.17 输送机

##### 1.17.1 刮板输送机

刮板输送机壳体和链条采用耐磨钢,材料为NM500,刮板采用高分子板,相对分子量大于或等于400万,按20年使用期限,输送规模达1600 m<sup>3</sup>/h。

##### 1.17.2 环形刮板输送机

美国 Devine 环形刮板输送机的关键难点是驱动链条的张紧能否改为齿轮转动,在直段链条的张紧装置平滑过渡,各直段壳体以及弯曲段壳体的三面平整对接,链条的特殊形状和质量要求,壳体的材质要兼顾耐磨和焊接,多用NM400。国外原装进口链条和壳体质保期在10年以上,国产链条质保期为2年。

##### 1.17.3 气浮式输送机

美国 Grisley 气浮式输送机按照美国 CEMA 标准设计,铝制机槽,采用“单排孔”设计,不易堵塞,气膜稳定,可与三托辊皮带输送机平稳对接,也可在旧三托辊皮带机基础上进行改造。利用料流模拟仿真技术,避免料流冲击磨损。选用纳米级复合过滤单元,压差小,体积小,过滤效果好。

##### 1.17.4 管道式输送机

输送最大量为60 m<sup>3</sup>/h,可采取多种布局组合,输送粉状物料和泥浆。

## 2 大豆压榨厂先进工艺

### 2.1 高压液体浸出

高压液体浸出是利用机械螺旋榨油机,应用高压二氧化碳液体或其他能与油脂溶解又能分离的溶剂,一般选用二氧化碳,不能采用正己烷,把液体或气体注射到榨机榨膛内,提高油脂得率和饼蛋白得率。

高压液体浸出在常温下进行,油和饼颜色维持原色,品质好,饼残油低。高压液体浸出处理量在500 t/d左右。

### 2.2 负压沥干

对于环形浸出器或箱式浸出器,采用负压沥干工艺,用风机从下层吸出溶剂气体到浸出料上层,选用离心式风机,加装变频器;或从下层吸出溶剂气

体,经冷凝进水箱分水回用。在东莞中储粮实测湿粕含溶降低1~2百分点。

### 2.3 湿粕闪蒸脱溶

湿粕进入高流速的过热溶剂蒸气环流管中<sup>[2]</sup>,过热溶剂蒸气的温度约150℃,溶剂蒸气以约20 m/s的速度在环流管中输送湿粕。溶剂蒸气与湿粕充分接触并快速换热,过热蒸气的热量被释放出来,为湿粕中的溶剂和水分蒸发提供热量。湿粕进入环流管中2 s后,出口温度达到100~105℃,含有1%~2%的溶剂和6%~8%的水分。在湿粕排出环流管后,溶剂温度下降到约110℃,再经一个鼓风机恢复速度,并经溶剂加热器,使溶剂蒸气再加热到150℃,最后溶剂过热蒸气到达环流管的湿粕入口。

经闪蒸脱溶的豆粕含油低于0.5%、含蛋白质53%,进入汽提塔,真空度约0.05 MPa,残溶降低到500 mg/kg。为了维持豆粕的PDI,过热蒸汽不能出现凝结。对于生产分离蛋白和专用粉,PDI应尽可能高(PDI 85~90)。在这些情况下,汽提塔的加热表面都维持在90~100℃。

## 3 豆粕物流机械

### 3.1 豆粕自动打包机

豆粕包装用的编织袋分为覆膜编织袋和非覆膜编织袋。覆膜编织袋是以冷切分段,切口不会受热熔融粘连。豆粕包装袋以非覆膜袋为主,这种编织袋需要采用热切分段,因透气率高、质地软,在热切时袋口出现粘连,导致用吸盘取袋、撑袋及开口难以实现包装自动化。可采用真空吸盘、特殊的齿形结构、自动纠偏、自动缝包、自动上袋、自动撑口和夹袋、自动计量灌包技术。针对性设计两种形式的全自动豆粕包装机<sup>[3-6]</sup>,分别适合片袋和卷袋:①片袋由供袋、取挂袋、开口、撑袋、灌装、输送、喷码、缝口、贴标等系统组成。②卷袋由制袋、放袋、切缝一体机、自动上袋灌装、缝口切线输送机等系统组成。

东莞益海富之源采用河南金谷豆粕自动打包机,取袋和套袋的成功率大于或等于99%,贴标签成功率大于或等于99.5%,自动打包速度为720~750包/h,而人工打包速度约为550包/h。

### 3.2 平房仓散料储存和出清

#### 3.2.1 平房仓+刮平机出仓机

平房仓的墙为承重墙,高度5~7 m,仓房宽度36 m,按照GB 50016—2014《建筑设计防火规范》要求3000 m<sup>2</sup>消防分区,刮平机吊挂在房顶行走,要求建设桁架式房屋结构承载,建筑成本高,可在房内分隔区存放不同品种的豆粕,但存在少量残留,需要二次清理。

### 3.2.2 机械化房式仓 + 散料强力出仓机

机械化房式仓在地面安装绞龙式出仓机或刮板式出仓机<sup>[7-8]</sup>,处理流动性差,豆粕、菜籽粕、DDGS等易板结散料,地面残留非常少。对房顶无承载要求,建筑造价低,满足消防规范对粉尘防爆限定,全自动化操作。

表 1 几种 Laidig 豆粕出仓机在不同容积立筒仓中最大处理量

豆粕出仓机	最大筒仓直径/m	最大处理量
Track - Drive 轨道式出仓机	21	660 m <sup>3</sup> /h
DoMinimator™ 超大型轨道式出仓机	33	1 020 m <sup>3</sup> /h
Cone - Bottom 锥底仓悬臂式出仓机(锥度 30°或 45°)	18	678 m <sup>3</sup> /h
Cantilever 平底仓悬臂式出仓机	24.4	500 m <sup>3</sup> /h
Cleanseep™ 清仓机	61	50 ~ 250 t/h

立筒仓储存豆粕优于房式仓,储存豆粕的立筒仓都是混凝土仓,一般 4 个立筒仓分别储存 4 种蛋白质含量的豆粕,如 42% ~ 43%、46%、48%、不合格料,在出料时按照客户要求匹配豆粕蛋白质含量。立筒仓与外面隔绝,不受环境湿度影响且受温度影响小,豆粕在储存期质量稳定性好。

以 20 000 t 豆粕仓容为例,用 2 个 10 000 t 的立筒仓,规格为 DN28 × 33.5 m,配 2 台 Laidig 2098 出仓机。房式仓为 150 m × 40 m × 7 m(储料料层高),配 1 台刮平机、2 台装载机。大面积的豆粕房式仓面临消防高配置。

### 3.4 豆粕装船机

豆粕袋包或散料由栈桥皮带输送到码头装船机<sup>[9-10]</sup>,自动装船。每班需要 2 名员工,输送量为 1 200 t/h 时,成本 2 元/t。考虑码头船停靠位置的远近和全天候的装船,开发移动式(袋包、散料)自动装船机和内港池行车式袋包、散料自动装船机。袋包装船量为 2 000 包/h,散料装船量为 500 t/h。

## 4 结束语

大豆压榨厂选择海港建厂,直接转驳海外货轮,降低物流成本和损耗。沿海地区经济高速发展对环保的要求越来越高,饲料和养殖业带来的污染在发达地区处理成本高,因此饲料和养殖业内迁、西迁,而大豆压榨厂的主要副产品为豆粕,在长时间的物流过程中,豆粕比大豆更容易受到环境温度和水分的影响而变质,所以一些大豆压榨厂随饲料和养殖业迁移,政府和企业都要求新建大豆压榨厂提升技术含量,增加新技术和新装置,为企业和当地政府带来经济效益和生态效益。

### 3.3 立筒仓豆粕装卸装置

为了科学利用工厂占地面积,采用立筒仓储料,针对流动性不好的豆粕,可安全出料和稳定生产。Laidig 698 型和 Laidig1098 型出仓机是国内油厂散粕立筒仓的首选,国内外使用的几种 Laidig 豆粕出仓机见表 1。

大豆压榨厂作为粮油食品的一个分支,可最大化利用集团化公司的资源,得到更多的产品和利润增长点,废料、废液和废气得到净化和利用,落实政府“碳达峰、碳中和”的精神。

**致谢:**感谢武汉轻工大学何东平教授、中粮工科(西安)国际工程有限公司鲁海龙和杨帆研究员、Desmet 公司赵峰先生、中储粮油脂有限公司邓皓田和张国强先生、浙江舟山良海油脂有限公司李家君先生的技术支持!

### 参考文献:

- [1] 左青,左晖. 于提升我国油脂工程技术浅见[J]. 粮食与食品工业, 2020, 27(6):4-10.
- [2] Extraction[EB/OL]. [2022-04-28]. <http://www.crownironasia.com/sections.asp?ID=34>.
- [3] 常兰州,常振刚,张雪,等. 自动包装机用机械手结构:201520866255.6[P]. 2016-05-04.
- [4] 常兰州,常振刚,张雪,等. 自动包装机用输送系统:201520866325.8[P]. 2016-05-04.
- [5] 贾乐乐,王铮,常东涛,等. 自动贴标签机:201620174613.1[P]. 2016-08-17.
- [6] 李顺灵,申建民,贾乐乐,等. 一种包装袋拾取机构及使用该机构的包装袋袋口开启装置:201620403592.6[P]. 2017-03-22.
- [7] 李健,潘震宇. 一种粮仓轨道式散料扫平机:201711063968.9[P]. 2020-08-25.
- [8] 潘震宇,孟亮,高泽鹏,等. 一种应用于平房仓底部的轨道式双蛟龙出仓装置:201620046926.9[P]. 2016-06-29.
- [9] 李健,潘震宇,高泽鹏,等. 行车移动式剪式升降多级皮带装船机:20151097095.6[P]. 2018-03-16.
- [10] 李健,潘震宇. 一种移动式袋包散料装船机:201911314336.4[P]. 2020-03-31.