

降低豆粕粉末度的工业实践

吕 瑞^{1,2}, 杨 磊¹, 王 刚², 侯广友², 鲁海龙³, 蒋守业⁴

(1. 华南理工大学 电子商务系, 广州 510006; 2. 中储粮油脂(新郑)有限公司, 郑州 451100; 3. 中粮工科(西安)国际工程有限公司, 西安 710082; 4. 国粮武汉科学研究设计院有限公司, 武汉 430079)

豆粕是大豆压榨车间的主要产品,已成为油脂生产企业的主要利润来源之一^[1]。然而,受原料品质、生产工艺、生产设备、存储、发货等因素的影响,豆粕粉末度容易偏高。豆粕粉末度高直接影响豆粕卖相,不利于鸡的啄食,容易导致豆粕板结等,同时在打包和输送过程中会导致环境粉尘增大,污染环境 and 影响人体健康,因此采取适当措施降低豆粕粉末度尤其重要。本文总结了豆粕粉末度高的影响因素,设计了优化控制措施,经过实践证实效果显著。

1 原料品质的影响及优化控制措施

原料品质与豆粕粉末度息息相关。实践表明,当大豆水分在 10.5% 以上时,破碎豆、轧坯坏片的粉末度均较低,从而使得豆粕粉末度也较低。当大豆水分低于 10.5% 时,破碎豆、轧坯坏片的粉末度偏高,豆粕粉末度随之偏高。可以通过将低水分大豆与高水分大豆按一定比例进行混合加工,或在破碎豆输送设备、膨化机等设备中补充 90℃ 以上的蒸汽冷凝水来降低豆粕粉末度。

热损伤大豆因细胞结构改变很难脱皮,经过破碎轧坯后坏片粉末度偏高^[2],进而导致加工的豆粕粉末度偏高。调查发现,许多企业进口的巴西大豆热损伤粒率高于 3%,总损伤粒率高于 8%^[2]。此时,可以通过将热损伤粒率高的巴西大豆与其他国别低热损伤粒率的大豆按一定比例混合加工来降低豆粕粉末度。

2 预处理环节的影响及优化控制措施

调质出料水分一般控制在 11.0% ~ 11.5%,过低的出料水分将导致破碎豆和轧坯坏片的粉末度偏

高,进而导致豆粕粉末度偏高,可通过适当延长调质软化时间进行改善。将调质风机设计为变频控制或一大一小两台风机,在大豆水分低于 11.5% 时降低调质风机转速或仅启动小风机,以减少调质过程中大豆水分的损失。实践表明,加工热损伤粒率高的巴西大豆时,降低调质温度至 60 ~ 65℃ 可以降低豆粕粉末度。

破碎效果直接影响豆粕的粉末度。通过实践探索,控制破碎豆在 4 ~ 6 瓣,Ø1.0 mm 筛筛过率(粉末度)在 1.5% 以下较好。加工热损伤粒率高的巴西大豆时,增加破碎豆 3 ~ 4 瓣的比例可以降低豆粕粉末度。破碎机辊子的辊齿型号、运行间隙和磨损程度是影响破碎效果的关键因素。以直径为 400 mm 的布勒 OLCB 型 4 道破碎辊运行实践为例,其中一破、二破辊齿分别为 275、325 个,辊子安全间隙分别为 0.6、0.5 mm,辊子运行间隙分别为 2.8、2.25 mm 较为合理。运行 3 个月左右,当破碎辊辊齿波纹度小于大豆颗粒直径的 25% 时需要进行一次拉丝维护。

坏片粉末度偏高同样会导致豆粕粉末度偏高。通过实践探索,针对布勒 500 t/d 的 OLFB 型轧坯机,进料水分宜控制在 10.5% 左右,温度宜控制在 60 ~ 65℃。针对低水分大豆,在破碎豆进入轧坯机前的输送刮板上设置自动喷水装置,可以改善轧坯效果,降低坏片和豆粕粉末度。对于有膨化工段的压榨车间,可适当增加坏片厚度到 0.4 mm 左右,不会显著影响豆粕残油,同样可以降低坏片粉末度。豆粕残油低于 1.0% 时,可将坏片厚度提高到 0.4 mm 以上。在加工低水分大豆或巴西大豆时,提高坏片厚度到 0.45 ~ 0.5 mm 是降低粉末度和溶剂消耗的有效方式。生产实践表明,轧坯机辊子的定期维护保养对轧坯机辊子的可靠性、坏片质量及粉末度产生积极的影响。以布勒 500 t/d 的 OLFB 型轧坯机为例,每运行 500 ~ 600 h 需要进行一次连续 8 ~ 12 h 的磨辊维护。

基金项目:国家自然科学基金项目(面上项目)——数字化闭环供应链中的产品质量和定价决策研究(72071081)

作者简介:吕 瑞(1984),男,注册安全工程师,硕士,主要从事油脂企业的管理工作(E-mail)lvruil121@163.com。

通信作者:杨 磊,教授,博士生导师,博士(E-mail)yang@scut.edu.cn。

膨化机低负荷生产、膨化蒸汽量过高、膨化模头压力不够都会导致“喷料”现象发生,造成膨化料松散和容重偏低,进而导致豆粕粉末度偏高。向膨化机加水可以降低膨化料粉末度^[3]。理想的膨化料特征为从模头喷出的物料呈条状,直径为模孔直径的1.2~1.4倍,容重在0.5 g/cm³以上,膨化料在出口处应表面渗油,而冷却后油吸回出油口,迅速回油。膨化料有一定的韧性、疏松、表面多裂纹,通气率越大越好^[4]。以泰克农 EXP-350 型膨化机为例,膨化机要保持在80%以上的生产负荷,蒸汽压力0.4~0.6 MPa,直接汽用量22 kg/t(以大豆计),出料温度107~112℃,膨化模头压力10~15 MPa^[5]。若没有及时检查和维护膨化螺旋、衬套、销钉、模头等部件,会导致膨化效果差,同样也会影响豆粕粉末度。膨化螺旋、衬套、销钉等每运行6个月左右需检查一次,对磨损严重的部分进行更换。每次停机时对模头进行检查,确定是否需要更换。当膨化机故障时,坯片料直接进入浸出车间生产,粉末度会增加,需加强膨化系统设备的计划维护,保障设备可靠性。

3 浸出环节的影响及优化控制措施

豆粕残油偏低会直接导致其粉末度偏高。适当向DT中泵入油脚可以有效降低豆粕的粉末度,改善其风味、营养和光泽度,但同时会导致豆粕蛋白质含量降低。如果将脱胶产生的油脚全部泵入DT,经现场检测,粉末度降低0.36~0.41百分点。按照油脚干基得率0.8%、豆粕蛋白质含量43%、豆粕水分13%、豆粕得率78.5%计算,则油脚全部泵入DT后

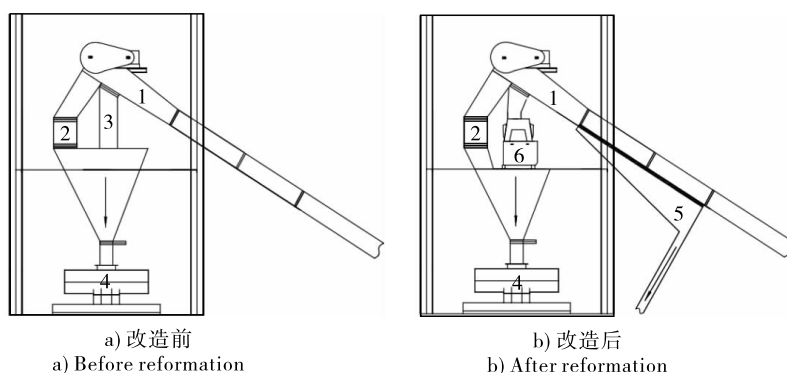
豆粕蛋白质含量为 $(43\% \times 78.5\%) \div [(78.5\% + 0.8\% \div (1 - 13\%))] = 42.5\%$,则油脚全部泵入DT后豆粕蛋白质含量下降0.5百分点。

4 豆粕粉碎、豆皮粉碎环节的影响及优化控制措施

豆粕粉碎工艺一般为从DC出来的颗粒豆粕经过斜刮板输送进入豆粕粗碎机进行粗碎,之后流入豆粕振动筛(编织筛网尺寸1800 mm×3150 mm, Ø4.2 mm)筛选,筛下物混入成品豆粕输送设备,筛上物流入2台锤片式豆粕粉碎机(冲孔网尺寸1780 mm×504 mm, Ø7.0 mm)粉碎,粉碎后的豆粕再混入成品豆粕输送设备。经检测,成品豆粕 Ø1.0 mm 筛筛过率高达19%左右, Ø4.5 mm 筛未筛过率在3%左右。这意味着豆粕粉末度不符合我司设定的 Ø1.0 mm 筛过率小于14%的目标,同时大颗粒料不符合我司设定的 Ø4.5 mm 未筛过率小于3%的目标。

为改善豆粕粉末度,开展了第一阶段豆粕粉碎优化改造。将豆粕粉碎机转速由1488 r/min降低到988 r/min,粉碎机锤片由8组调整为4组,粉碎机筛网孔径由 Ø7.0 mm 调整为 Ø6.2 mm,豆粕振动筛编织筛网孔径由 Ø4.2 mm 调整为 Ø3.7 mm。改造后,成品豆粕 Ø1.0 mm 筛筛过率由19%左右降低到15%左右,虽有改善,但和14%的目标依然有差距; Ø4.5 mm 筛未筛过率由3%左右降低到1.8%左右,符合我司目标要求。

为进一步改善豆粕粉末度,开展第二阶段豆粕粉碎改造,第二阶段豆粕粉碎改造前后示意图见图1。



注:1. DC 出料斜刮板;2. 豆粕粗碎机;3. 豆粕粗碎机旁通;4. 豆粕振动筛;5. 栅板式静态筛;6. 单对辊齿式豆粕破碎机
Note:1. DC discharge inclined scraper;2. Soybean meal coarse crusher;3. Bypass for soybean meal coarse crusher;
4. Soybean meal vibrating screen;5. Grid plate static screen;6. Single pair toothed soybean meal cracking roll

图1 第二阶段豆粕粉碎改造示意图

Fig.1 Schematic diagram of reformation of soybean meal crushing in the second stage

如图1所示,将DC出料斜刮板出料前段的6 m长底板改为2.5 mm间隙的栅板式静态筛,筛下物直接流入出车间成品豆粕输送设备。将豆粕粗碎机旁通改为单对辊齿式豆粕破碎机,静态筛筛上物通

过DC出料斜刮板输送进入单对辊齿式豆粕破碎机进行预破碎,未能被单对辊齿式豆粕破碎机处理完的大颗粒料则进入豆粕粗碎机进行粗碎。单对辊齿式豆粕破碎机和豆粕粗碎机的出料混合后进入豆粕

振动筛筛分,筛下物直接流入出车间成品豆粕输送设备,少部分筛上物则流入豆粕粉碎机粉碎,粉碎后直接流入出车间成品豆粕输送设备。优化后经过栅板式静态筛筛出的豆粕(筛下物)占DC出粕量的5%~8%,这部分豆粕不需要经过后续设备粉碎或破碎。豆粕振动筛筛下物占DC出粕量的70%左右,进入豆粕粉碎机粉碎的豆粕只有DC出粕量的22%~25%,和改造前相比大幅减少。改造后成品豆粕 $\phi 1.0$ mm筛筛过率由15%左右降低到12.5%左右, $\phi 4.5$ mm筛未筛过率由1.8%左右降低到1%左右,均符合目标要求。由于增加了栅板式静态筛和单对辊齿式豆粕破碎机,进入粉碎机的豆粕大幅减少,因此原2台锤片式豆粕粉碎机停用1台,粕粉碎工段电流降低40 A。

大豆破碎脱除的豆皮经锤片式豆皮粉碎机粉碎后按一定比例加入豆粕。豆皮粉碎是影响豆皮粉末度的关键。豆皮粉碎太粗影响豆粕感官和卖相,豆皮粉碎太细则导致成品豆粕粉末度偏高,因此有必要控制豆皮粉末度。在豆粕第一阶段改造期间同步开展豆皮粉碎机改造,将豆皮粉碎机锤片由8组调整为4组,筛网孔径由 $\phi 3$ mm调整为 $\phi 2.5$ mm。改造后豆皮 $\phi 1.0$ mm筛筛过率由52.36%左右降低到47.89%左右, $\phi 4.5$ mm筛未筛过率保持在0%左右。

粉碎机负压进料和负压出料可有效缩短粉碎后的豆皮在粉碎机内部停留时间,进而降低豆皮粉末度,同时保障粉碎机的安全运行。锤片和筛网是易损件,磨损后需及时更换,以防止豆皮打转,影响生产安全和豆皮粉末度及未粉碎豆皮流出。另外,豆皮纤维含量高,在30%~40%,易导致锤片和筛网磨损。建议每2 h检查一次出料粉末度,每天切换粉碎机转向和检查锤片、筛网,发现问题及时处理。

5 存储发货环节的影响及优化控制措施

2010年以后建设的大部分大豆压榨车间均配

套建设了散粕立筒仓。未能在线装车的豆粕则进入散粕立筒仓中存放。豆粕入仓后会出现分级现象,导致豆粕的蛋白质含量和粉末度不均匀,严重时蛋白质含量达2~5百分点的偏差。实践发现,存储量在3 000 t的散粕立筒仓发货至剩余500 t以下时,豆粕蛋白质含量由43%最大可降至38%,豆粕粉末度由12.5%最高可升高至25.0%。可以通过倒仓发货方式来改善豆粕蛋白质含量及粉末度。一方面,通过本仓循环倒仓并跟进蛋白质含量变化,蛋白质含量合格时进行发货;若本仓循环倒仓后蛋白质含量仍不合格,可以将不合格的豆粕按照一定比例倒入其他仓中混合来调整豆粕蛋白质含量。

豆粕输送和存储系统配套的除尘器的出料如果直接连接在豆粕打包秤上,容易间歇出现灰包现象——袋装豆粕中有大量粕粉。将除尘器的出料输送到立筒仓的进料刮板可以解决这一问题。

6 结束语

针对豆粕粉末度高的问题,对大豆原料品质和预处理、浸出、豆粕粉碎、豆皮粉碎、豆粕存储发货等环节的影响因素进行了系统分析,并采取了优化控制措施。实践表明,这些优化控制措施有效降低了豆粕粉末度。

参考文献:

- [1] 张中,杨厚磐,严云修.关于豆粕散装储存方式的探讨[J].中国油脂,2016,41(9):111-112.
- [2] 左青,王波,吕瑞,等.进口热损大豆生产成本分析[J].中国油脂,2023,48(8):146-148.
- [3] 王宏平.颧式膨化机的结构、性能与应用[J].中国油脂,2003,28(2):25-26.
- [4] 左青,何远平,左晖.高水分大豆膨化降低浸出毛油含磷量[J].中国油脂,2019,44(8):11-13,17.
- [5] 左青.膨化机在大豆压榨中的应用[J].中国油脂,2013,38(10):91-94.