

大豆预处理车间除尘风网及防燃、防爆措施

左青¹, 左晖²

(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:大豆预处理车间的粉尘分为干式粉尘和湿式粉尘。粉尘易引起设备故障和车间污染,在限定空间和条件下会发生粉尘阴燃、起火甚至爆炸,给安全生产带来隐患。针对这些问题,根据大豆预处理工艺和设备的特点设计除尘风网和工艺风网。对大豆预处理车间的除尘风网和工艺风网进行了介绍。为减少含尘气体排放,除尘风网采取循环风设计,对可能出现阴燃、起火的溜管、弯头、设备的下料接管积尘处,以及可能出现粉尘爆炸的筒仓进行防燃、防爆和抑爆处理。通过对4 000 t/d大豆压榨厂含尘气体排放实测表明,预处理车间的风网运行稳定,实现了安全和清洁生产。

关键词:干式粉尘;湿式粉尘;除尘风网;工艺风网;粉尘阴燃;防燃;防爆

中图分类号:TS228;X93

文献标识码:B

文章编号:1003-7969(2020)11-0127-07

Dust – removing ventilation network and fire – proof, explosion – proof measures for soybean pretreatment workshop

ZUO Qing¹, ZUO Hui²

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

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

Abstract: The dust in the soybean pretreatment workshop is divided into dry dust and moist dust, which is easy to cause equipment failure and workshop pollution. Under confined space and conditions, the dust can produce smoldering, fire or even explosion, which brings hidden dangers to safe production. In view of these problems, according to the characteristics of soybean pretreatment process and equipment, dust removal ventilation network and process ventilation network were designed. The dust – removing ventilation network and process ventilation network in soybean pretreatment workshop were introduced. In order to reduce the emission of dusty gas, the dust – removing ventilation network adopted the design of circulating air. The fire – proof treatment should be carried out at the dust collection place of chut, elbow and pipe links where smoldering and fire might occur, and the explosion – proof and explosion – suppression measures should be taken for the silos where dust explosion might appear. The actual measurement of the dust – containing gas emissions of the 4 000 t/d soybean crushing plant showed that the ventilation network of the pretreatment workshop was stable, and the safe and clean production was achieved.

Key words: dry dust; moist dust; dust – removing ventilation network; process ventilation network; dust smoldering; fire – proof; explosion – proof

大豆预处理车间的粉尘分为干式粉尘和湿式粉尘,干式粉尘会加大滑轮、轴承等的磨损速度,而从调质塔和逆流干燥器及压坯机吸出的含尘湿气流带有少量的腐蚀性,共同作用会引起设备故障和车间

污染。员工长期在粉尘污染车间工作,会引起职业型肺病。另外,粉尘聚集到一定浓度,在较高温度下会发生阴燃,在较高温度的高速气流摩擦下会燃烧,在达到爆炸极限浓度时遇点火源会发生爆炸。调研中发现:一些油厂的输送设备吸尘点位置不对,造成含尘气体的紊流和积炭、积焦;风管的弯头和厚度不对,造成气流击穿,车间污染;一些除尘器布袋是非防静电材料、滤芯为非阻燃型;吸湿风机出口位置不

收稿日期:2020-01-17

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。

对,造成地面积水等。这些问题给企业生产带来安全隐患。根据大豆预处理工艺和设备的特点设计除尘风网和工艺风网,要求除尘风网达到环保排放指标、清洁生产和防燃防爆的国家强制性要求,工艺风网替代输送设备和分离设备达到更好的工艺效果。大豆油加工厂的风网分为单独风网和集中风网,预处理车间的调质塔、逆流干燥器、豆皮输送分别是单独风网,其他均采用集中风网。本文对大豆预处理车间的吸尘点、除尘风网、工艺风网和防燃防爆措施进行阐述,供业内参考。

1 预处理车间吸尘点

因原料含灰,预处理车间几乎每台设备运行均会产生扬灰,设计时每台设备均设计吸尘罩和风管。因大豆脱皮工艺需要风选,所以在预处理车间设计工艺风管和除尘风管。

在所有物料流上部设有吸尘点的地方安装吸尘罩,吸尘罩材质 CS,厚度不小于 3 mm,吸尘罩与相应的风管直管段用一锥形过渡段由标准法兰连接。吸尘点与管道的过渡区应设计成 $90^\circ \sim 120^\circ$ 的过渡角。吸尘罩同设备连接处的吸尘点的横截面积需保证“吸点风速”为 $2 \sim 3$ m/s(吸点风速为吸尘罩的风量除以吸尘点与设备连接处的横截面积),压损 494 Pa,吸尘罩直径大于 2.5 倍吸风管直径。各个设备吸尘罩的尺寸不同。

1.1 斗升机

斗升机的吸尘罩安装在出料后的溜管上或下降段靠近机尾的中间节上(斗升机底座没有吸风口),如在距离尾轮 3 m 左右。斗升机风量按下式计算。

$$Q = 1.25 \times 3\ 600 \times a \times b \times V \quad (1)$$

式中: Q 为斗升机的风量, m^3/h ; a 为机筒截面长, m ; b 为机筒截面宽, m ; V 为提升机皮带线速度, m/s 。

1.2 水平输送机

吸尘罩放置在水平输送机外壳上面,吸尘罩中心位置距离卸料口距离不小于 3 m。第一个吸尘罩宽度是皮带宽度的 2 倍,如果设计多个吸尘罩,两个吸尘罩中心相隔 6 m。刮板输送机风量按下式计算。

$$Q = 2 \times 3\ 600 \times a \times b \times V \quad (2)$$

式中: Q 为刮板输送机的风量, m^3/h ; a 为机槽宽度, m ; b 为机槽高度, m ; V 为链条移动线速度, m/s 。

1.3 进料斗、封闭箱、计量秤、缓冲料斗

吸尘罩和新鲜空气入口在输送设备的两端,进新鲜空气是为了保持内部风压,通风口的尺寸保持

风速低于 2.03 m/s。如有需要,在吸尘罩上面加装挡板。风量按下式计算。

$$Q_E = \frac{100R}{d} \text{ 或 } Q_E = 2 \times P_V \times 3\ 600 \quad (3)$$

式中: Q_E 为风量, m^3/h ; R 为物料流速, t/h ; d 为物料密度, t/m^3 ; P_V 为物流速度, m^3/s 。

1.4 汽车卸粮接收坑

采取 $2 \sim 4$ 个等距离分布的吸尘罩^[1],为防止原料进入吸尘罩,在吸尘罩下面加装挡板,控制风速在 $1 \sim 1.5$ m/s。风量按下式计算。

$$Q_E = 100A \quad (4)$$

式中: Q_E 为风量, m^3/h ; A 为栅格板面积, m^2 。

1.5 去石机

QSX100 吸式去石机,压力 395 Pa,风量 $3\ 800$ m^3/h ;立式花铁筛打泥机,压力 247 Pa,风量 $1\ 200$ m^3/h 。

1.6 清理筛

平面回转筛一般两层筛面,四柱固定,筛面吊挂,筛面靠万向节和配重块带动旋转,筛面倾角按油料不同在 $14^\circ \sim 18^\circ$ 范围内调整,筛网下面安装弹性球,清理大杂和细杂。Rotex 平面回转筛,吸尘罩安装在原料进口的反端。一般平面回转筛压力 296 Pa,风量 $2\ 840$ m^3/h 。吸尘罩在入口上方,一般吸风速度在 1.27 m/s。

1.7 破碎机

在破碎机的进料分配刮板机顶部安装吸尘罩,多台破碎机在每两台破碎机之间布置吸尘罩。风管和吸尘罩垂直,插板靠近吸尘罩,进风口在插板上。排风量与所选设备有关,可见相应设备说明书。

1.8 压坯机、豆粕粉碎机和豆皮粉碎机

压坯机、粉碎机的吸尘罩安排在两台机器中间。压坯机下面出料有直落式和斜滑式。直落式在两侧安装吸风口,风量 $60 \sim 80$ m^3/min ,其中 716/816 型压坯机风量为 60 m^3/min ,821 型压坯机风量为 80 m^3/min 。对于风量 60 m^3/min ,若采用 DN250,吸风速度 13.6 m/s;采用 DN200 则吸风速度 15.9 m/s;如果安排一个吸风口,采用 DN290,吸风速度 $15.15 \sim 20.2$ m/s。

2 除尘风网

大豆预处理车间存在大豆、粕、坯片 3 个独立的负压除尘系统(含皮、粕回填系统)。除尘系统的分支系统相互独立,互不影响,每个独立的除尘分支系统仅专门处理与其相关联部分。每个除尘系统应是一个平衡系统,在任何一个支管入口处的静压与该处主管或副管入口处的静压一致。各除尘点不应采

用阀或风门控制风量。

含尘空气从吸尘罩由风机吸入风管到除尘器,风管材质和厚度应保证在管内正压或负压下不会使风管变形和震动,风管为圆形截面,风机排气管可以是正方形或长方形。3 000 t/d 大豆预处理可采用 DN600 除尘风管,除尘风管风速为 20 m/s。每个除尘点风量、除尘器和风机要有 10% 的余量。

凡是直径小于等于 200 mm 的风管必须安装在中心间距小于等于 3.5 m 的支撑上,对于直径大于 200 mm 的风管支撑中心间距小于等于 6.0 m,支撑的位置应使其不加载于同其连接的设备,支架应能支撑完全装满粉尘的风管。在风管直段大于等于 6 m 长度上要有螺栓法兰连接并挠性连接处接地,防止静电聚集。在风管直径尺寸变化处,坡角的过渡段锥形角度小于等于 15°。如果直风管与弯头连接,或与旁管或吸尘罩连接,应在风管直段上提供一个非固定法兰。风管和顶壁、墙壁、支柱或楼面之间的间隙应大于等于 100 mm。材质 CS、DN 1500,厚度 5~6 mm;材质 CS、DN600,厚度 3~4 mm。

当除尘风网风量小于等于 10 000 m³/h 时,为方便风网调节,在弯头装手孔,风管的弯头按直径大小做 5~9 节,平缓过渡。

除尘管网要求:保持合适的风速防止灰尘沉降;为各旁管吸尘罩提供风量、风压;减小气体流动压损和管道磨损,风管中的气流速度在 1.167~1.5 m/s 之间,保持尘粒在气流中;配置脉冲除尘器和刹克龙二级除尘系统,排空气体含尘小于等于 50 mg/m³。

2.1 弯头

转弯曲率半径(R)为 2~2.5 倍管道直径(D),弯头最小中心线半径至少应为风管直径的 2 倍,除非因空间限制采用较小的弯头半径。在斜接段,所有连接段转角要求相同, DN200 管道的转角为 15°~22.5°。对于风管直径小于等于 150 mm 的弯头,每 90°至少由 5 节单片组成;风管直径大于 150 mm 的弯头,每 90°至少由 7 节单片组成。要尽可能减少弯头阻力,两种气流速度下弯头与压降之间的关系如表 1 所示。

表 1 两种气流速度下弯头和压降之间的关系

R/D	压降/Pa	
	19 m/s	22.2 m/s
1.25	1 076	1 382
1.5	750	977
1.75	622	800
2.0	523	681
2.5	552	553

2.2 旁管

吸尘罩通过进口管的侧面旁管和主管连接,进口旁管和主管的夹角为 30°~45°,旁管直径比主管直径小 50 mm,每一旁管应从过渡管的较大端 50 mm 处进入主管,进入角度小于等于 30°,旁管应该从主管的顶部或侧部进入,主管上段(锥形截面)收缩最大锥角在 30°。在风管直径尺寸变化处,坡角的过渡段锥形角度小于等于 15°为宜。表 2 为在两种管道旁管进风角度和两种气体流速下的压降变化。

表 2 在两种管道旁管进风角度和两种气体流速下的压降变化

进风角度	压降/Pa	
	19 m/s	22.2 m/s
45°	553	701
30°	355	454

在做管道时,管道上面做管件直段距离小于等于 15.2 m,在主管水平段和副主管上做各支管。管道支架负荷按 122 kg/m²。管道、管件焊接焊缝要做气密性试验。除尘管道和管件的最小厚度见表 3。

表 3 除尘管道和管件的最小厚度 mm

最长横截面直径	管道直段厚度	管件厚度
250	0.75(20号)	0.9(20号)
250~500	0.75~0.9(18号)	1.2(18号)
500~750	0.9~1.2(16号)	1.5(16号)
750	1.2(14号)	2.6(12号)

注:干式管道管材材质镀锌板;湿式管道管材材质 SS304。

2.3 除尘器

刹克龙可除去 20 μm 以上的微粒,若粉尘中较多的颗粒直径小于等于 20 μm,需选用二级除尘,采用刹克龙和布袋除尘器串联,经两级除尘后经风帽排放到大气中。根据用途使用不同的除尘器,在设计风网时要考虑除尘器的压力损失(见表 4)。在所有刹克龙和布袋除尘器下料旋转阀处安装快开门。

表 4 几种除尘器压力损失

除尘器	压力损失/Pa
刹克龙	3 761~7 521
多级刹克龙	7 521~15 042
布袋除尘器	7 521~20 056

2.3.1 刹克龙

刹克龙作为初级除尘器或作为湿式气体除尘器。

湿度大的含尘气体可采用刹克龙除尘,如大豆调质塔和逆流干燥机等,刹克龙材质选 SS304,厚度大于等于 4 mm。

对于干式含尘气体,采用刹克龙和布袋脉冲除尘器串联除尘,刹克龙的材质选用 CS,壁厚大于等于 5 mm。刹克龙的体积和尺寸要合理,如果体积太大,不能产生足够的离心力分离出灰尘,如果体积太小,气流在分离灰尘前吹出刹克龙的顶部,这两种情况都会造成排出气流含尘量高。刹克龙进风口和出料口断面要平整。

刹克龙选型注意事项:①排管直径小时,分割粒小,除尘效率高;②选择的规格和风量相适应,进口风速降低达不到除尘效果,过小的刹克龙使阻力急剧增加;③刹克龙的进风口面积相对筒体断面小时,进入流切面线速度大,有利于粉尘的分离,一般筒体直径小于等于 800 mm,高效刹克龙的筒体断面面积与进气口面积比值为 6~13.5;④如选用二级刹克龙,安装手孔和低料位传感器;⑤刹克龙的进风方向为管道将气流引导到旋风分离器的外壁。

2.3.2 布袋除尘器

采用高压型电磁阀,放气量大,下料旋转阀 24 L(空间体积)。对于干式含尘气体的除尘效率大于等于 99%。布袋除尘器清理可采取机械振动、反吹、反向气流等。在热脱皮、温脱皮系统中循环热风使用布袋除尘器,因在热风中含 0.5% 的水分和油气,因此布袋要求采用防湿、防油、防静电材料。

布袋除尘器进出口管应装有压差计和现场仪表来测量布袋内外的压差,压力表应给出可读的压差数值,并在压差超过设定值时向中央控制系统发出故障信号并显示,压力感应系统应能在现场温度范围内正常工作。

布袋除尘器下接的关风器要安装在楼层上 1 m 左右位置;除尘设备的清理孔应与除尘器向上形成角度,一般与水平面向上成 45°,管径在 DN300 左右,带自清式视镜刷的玻璃。各部位连接紧固,法兰之间有垫片。布袋除尘器使用要求:①温度:防止布袋结露,保持布袋内的废气温度高于露点。②表面:防黏、抗湿、防静电。③工作压力:耐压在 5 000 Pa 左右,如果采用罗茨风机,要求壳体耐压度在 15 000~50 000 Pa。④工作环境:在有腐蚀性气体的粉尘中,要做防腐涂层,在寒带,用压缩空气清灰或采取气缸驱动的切换阀时,防止压缩空气中的水分冻结,适度保温。

2.3.3 插入式除尘器

插入式除尘器内芯采取布袋和滤芯两种,选用

PTFE 覆膜,防静电、防油、防水、阻燃。含尘气流在气流分布板的作用下,一部分大颗粒的尘粒在重力和惯性下沉降到灰斗中,小颗粒、小密度的尘粒进入过滤室,经扩散和纤维拦截等综合效应,沉降在滤筒的滤料表面,净化后的气体由风机抽出。滤筒的阻力随着滤筒表面积增加而变大,在阻力达到设定值时,用反吹系统脉冲阀吹管小孔,喷射出高压气流进行清灰,用 PLC 程序控制脉冲阀的启闭,在脉冲开启时,气包内的压缩空气通过文丘里管扩充均匀地进入滤筒内部,在滤筒内部形成瞬时的正压,产生巨大的振动将沉积在滤料上的粉尘震落,掉到灰斗内,经卸灰阀排出。

集尘装置的控制系統应为自带式的,当 PLC 系统将除尘器控制模式定为“现场作业”时,集尘装置的控制系統应能自动运行,当电源间断后,控制系統应能自动重新启动集尘装置。

除尘器上附带的所有电气设备应符合 GB 17440—2008 中“防尘阻燃”的 DIP 标准。脉冲除尘控制仪的电压为 110 V,电磁阀为 24 V。电磁阀初始状态为常闭。在正常生产状态下,根据布袋压降(要求不大于 1.2 kPa)来调整电磁阀的脉冲时间和周期。泄爆孔为气密型且适合泄爆,检修孔门和防爆孔门等有密封条。除尘器的任何部件与接地点的电阻不得超过 1 Ω。按照 GB 15577—2018 要求,除尘器的卸灰斗和接灰溜管的角度大于 65°。粉尘收集器要配置泄爆口,防静电跨接,电阻小于等于 100 Ω,管道法兰连接电阻 0.03 Ω。电气按粉尘防爆型,反吹到下面,脉冲除尘器是负压。

所有布袋除尘器安装压差传感器,为粉尘防爆型,防爆等级符合 EXdIICT5,量程 0~10 000 Pa,正常工作压力 2 500 Pa,连接到 PLC 控制系统,电脑上显示和操作。电气线路、电气设备、检测装置和控制装置符合 GB 50058—2014 规定。

2.4 风机

风机和配置电机功率应有 10% 的余量。风机电机防护等级为 IP55,防爆等级符合环境要求。风机的旋转部件应达到动平衡,迷宫式密封,且使用寿命为 30 000 h 的抗摩擦轴承。电机转速不高于 1 500 r/min。风机噪声不得超过 85 dB(距设备 1 m 处)。所有风机轴承润滑不得选用冷却水。风机在除尘器之后为吸气式,可减少粉尘对风机的磨损;风机放置在除尘器前称压气式,用排尘风机。

大型风机采用变频控制,频率由控制电脑设置(如豆皮、脱皮、调质、膨化、DC 等)。全部风机配置消声器,压坯机排湿风机、逆流干燥器风机、调质塔

风机配置变频器,在电脑上调整风量。

油厂预处理车间风网配置风机及安装要求:①自清式,叶片有一定的积尘余量;②不着火;③直叶片径向或无超载负荷后倾式,风机应是 AMCA 型 C 结构;④风机出口风速在 11 ~ 28 m/s;⑤风机进风口安装风门或出风口装挡风板,控制送风量;⑥湿热气体的风机叶轮及过流部分做环氧树脂防腐处理,风机壳体开有清理孔和排水的阀门。

风机的进出口如果连接不好会降低风机的性能,出口管要软接,进风直接均匀地吹到轴端,无急转弯,进风机前如有弯头会产生涡流、急转弯、不均匀的流速。如果现场空间限制需要在风机前装弯头,要有一定直段长度,或采取导流板减少进口处的气流急转弯,以减小风机进口段弯头产生的负面作用。风机安装位置要求:风机不能放置在刹克龙的进口;所有的除尘器安装在风机的出口一段距离;排风口在户外,最好在楼顶;设备壳体和管道静电跨接,防爆等级符合 EXdIICT5 (为 IP55);采用高压脉冲布袋除尘设备时,风机的能力应与同时运转的滤袋数量相匹配。

3 工艺风网

在大豆预处理车间的工艺风网主要是脱皮吸皮风网和豆皮输送风网。

3.1 温脱皮风网

调质后的大豆被输送到破碎机分配刮板机,接着进入破碎机,将大豆破碎成 2 ~ 4 瓣,然后进入脱皮器(CCD),将分离出来的豆皮吸出;然后再进入破碎机,将大豆破碎成 6 ~ 8 瓣,最后进入脱皮器(CCC),将分离出来的豆皮再次吸出。

两次脱皮器中脱出来的皮,夹带一部分碎仁和豆瓣,为了降低油的损失,需要进一步将皮中的仁进行回收。从脱皮器吸出来的皮通过刹克龙分离出来后,由收集绞龙输送到皮提纯系统,先进入平面回转筛,分离出来的豆皮进入皮粉碎系统;粉末直接进入压坯机分配刮板,中间筛分再进入吸选器,重相直接进入压坯机,轻相通过风吸出后,经刹克龙分离出来,再进入皮破碎工段。豆皮风管的风温保持在 66 ~ 67 °C。

CCD/CCC 的操作过程:通过调节循环风门(气动风门)来控制脱皮器的压降,压降越大,风量越大。在启动时将压差传感器压降设置在 622 ~ 746.7 Pa,根据取样结果对压降进行调节。如果在吸皮器的底部有松散的豆皮,稍微加大循环空气流量(增加压降)。如果没有出现松散的豆皮,检查豆皮分级筛上层筛面的样品,如果上层筛面的样品中含有大的

豆仁,说明空气循环量过大。检查 CCD/CCC 的现场压力表以确定这些压力表数据相同(平衡的)。如果这些压力表数据没有保持大致相同,应使用脱皮器空气出口管上的手动风门进行调节使之平衡。通过调节排风门(气动风门)使得新鲜空气进口管中保持微负压,通常为 -62.2 ~ -125 Pa,开大风门可以增加真空度。保持负压的目的是便于当新鲜空气风门开启时,空气能被吸进来。通过调节新鲜空气风门(气动风门)来控制循环空气中的相对湿度,通常相对湿度为 15% ~ 45%。如果需要增加 CCD/CCC 的干燥能力,那么应该将循环空气的相对湿度维持在低值。如果想让 CCD/CCC 少量干燥,应该将循环空气的相对湿度维持在高值。如果相对湿度维持在 60% 以上,那么管道系统可能出现一些冷凝液,管道容易堵塞。如果只有冷空气被吸入循环空气回路,将对碎豆进行冷却。如果想要在系统中获得好的干燥效果,可在 CCD 上使用空气加热器。由于碎豆在脱皮器中的滞留时间较短,所以干燥去水能力有限,通常为 0.25% ~ 0.5%。刹克龙上的最小压降约为 746.7 Pa。如果在更低的压降下操作,则会降低效率。当刹克龙在较高的压降条件下操作时,能得到更好的分离效果(从空气流中分离出固体)。如果在 CCD 及 CCC 的回路中增加一台过滤器,那么一定要增加一台增压辅助风机。风网采取循环风设计,减少含尘空气排放量,在减少热能下保持风管内温度稳定。

3.2 吸皮风管和吸湿风管

吸湿风管需要单独风网,如一台调质塔、一台逆流干燥器分别配置一组风网,根据风量和空间可以把各压坯机下面接料斗的吸湿风网并入逆流干燥器风网中。吸湿风管需要保温,安装风机出风口在水平方向,便于风机排水。

吸皮风管多采取正压输送,由罗茨风机、正压关风器、旋塞换向阀、压力表和正压输送管道组成。吸皮风机安装在隔振基础上面。

吸皮风管(材质 CS)和吸湿风管(材质 SS304)管道视觉感官无焊缝,减少物料在风运过程中焊缝扰流磨损。

4 粉尘爆炸和阴燃

粉尘是指浮在空气中的粒径大于 1 μm 微小固体颗粒。液态大气颗粒是雾,大量悬浮在大气中的微小液滴形成气溶胶,雾的颗粒在 2 ~ 15 μm。当量直径小于等于 10 μm 的颗粒物称为可吸入颗粒物 PM10,当量直径小于等于 2.5 μm 的颗粒物称为 PM2.5。粉尘在分子达到爆炸浓度遇点火源立即爆

炸,在没有点火源情况下发生阴燃。

4.1 粉尘阴燃和爆炸的条件

(1)可燃粉尘在受限空间内与空气混合形成粉尘云,水分低,在点火源作用下,粉尘、空气混合物快速燃烧,引起温度、压力急剧升高。不同物质的粉尘爆炸极限不同,一般粉尘爆炸上限在 $20 \sim 60 \text{ g/m}^3$,爆炸下限在 $2 \sim 6 \text{ g/m}^3$,粉尘在爆炸上下限间形成“粉云层”,粉尘粒径小于 $10 \mu\text{m}$,其扩散作用大于重力作用,易形成爆炸“粉云层”。含有一定量粒径小于 $500 \mu\text{m}$ 的可燃性粉尘可能产生爆炸,粒径小于 $50 \mu\text{m}$ 爆炸烈度明显增加。

(2)在氧气浓度大于 21% 可燃,达到 24% 燃烧加速。

(3)粉尘相对湿度在 65% 以下。

(4)火源或强烈震动与摩擦。火源先加热或热解可燃气体,粉尘爆炸最小引爆能达 10 mJ 以上。

粉尘堆积结厚在较高温度下随着时间延长,一步步炭化、焦化、阴燃。

4.2 防止粉尘阴燃和爆炸措施

(1)把粉尘云的相对湿度提高到大于 65%,增加空气和粉尘的导电性,从而减少静电,同时做好静电接地、法兰跨接、除尘器滤芯阻燃。

(2)控制引燃热源。布袋除尘器接灰斗中旋转刮刀不能触底运行,维护到位,经常巡查。注意集尘器和除尘器的卸灰斗和溜管上面的积灰。检测风管和刹克龙的积尘处气流摩擦的温度。

(3)泄爆和抑爆。在除尘器进风管安装隔爆阀、火花探测器和火花熄灭装置。在积尘设备上安装泄爆装置(按照 GB/T 15605—2018)。在除尘器

和风管加装抑爆装置^[2],抑爆装置的启动与除尘系统的控制装置保护连锁。在除尘器内安装粉尘火花探测器,要求反应时间 0.5 ms、敏感度 100 nW,探测温度 $-40 \sim 60 \text{ }^\circ\text{C}$,探测角度 110° 。把蒸汽喷嘴安装在除尘器的底部,将蒸汽喷嘴、风机和关风器与火花探测器连锁。在除尘器起火时,风机和关风器停,蒸汽喷射灭火。防止火势沿沉积粉尘蔓延或引发连锁燃烧甚至爆炸。

5 实际应用效果

整个风网系统压力和风量要平衡,确保从各吸尘罩吸走合适的风量。检测各主管、旁管的流速,可用皮托管,根据测定的主管风量,确定风机的风量。在需要时,调整风机转速获得需要的风量,查看电机电流和风机有无超过临界转速。在粉尘浓度小于等于 150 mg/m^3 ,选用 4-72 型风机,否则选用 4-73 型风机。为减少含尘气体排放,含尘风网采取循环风设计,按系统循环排放量的 20% 排空。

在 4 000 t/d 大豆压榨厂(冷脱皮工艺)除尘网络检测除尘器和含尘气体排放结果,分别见表 5 和表 6。在检测期间,大豆处理量在 3 802 t/d,出豆粕 3 000 t/d、豆皮 46 t/d。大豆进料段,原粮含尘和杂质在 1% ~ 3%,按含尘量 50 mg/m^3 设计除尘系统^[3]。预处理的脱皮、收集皮粉和灰尘,按 30 mg/m^3 设计除尘系统,控制一次含尘气流总量,以封闭为主、抽吸为辅控制二次气流总量,减少二次和一次含尘气流的汇合总量^[3]。另外,大部分杂质在粉碎后添加到豆粕中。

对豆皮采用正压输送或负压输送,单独系统运行,对吸湿气体采用单独风网。

表 5 各工段除尘器检测结果

检测工段	截面	废气流量/ (m^3/h)	粉尘排放浓度/ (mg/m^3)	粉尘排放量/ (kg/h)	除尘效率/%
筒仓进出料	进口	8 476	139	1.18	90.3
	出口	9 250	13.2	0.12	
原料初清筛	进口	2 706	1 043	2.82	99.0
	出口	3 073	8.9	0.03	
豆皮分离	进口	2 410	15.2	0.04	92.5
	出口	3 202	痕迹	0.003	
豆粕输送系统	进口	1 016	4.3×10^4	43.6	99.8
	出口	1 078	66.7	0.07	
豆粕打包	进口	2 909	419	1.22	98.9
	出口	2 741	5.0	0.01	
豆粕粉碎机	出口	5 822	4.4	0.025	99.99
豆皮粉碎机	出口	700	痕迹	0.000 8	99.99

注:含尘废气采样按 GB/T 16157—1996 进行,检出限值 $2.1 \text{ mg}/\text{m}^3$;除尘效率为 6 次测定的平均值。

(下转第 137 页)

的整体感官指标良好,其中色泽呈黄色,颜色基本均一;质地结构均匀,颗粒小,硬度适中;组织状态均匀,片型完整,表面无油脂析出;口感适中,无明显酸涩味,酸甜适中,可见咀嚼片在一定程度改善了沙棘籽油的口感,但其风味仍有待进一步提升,可通过调整原料配比、调整风味物质组分搭配等改善产品风味。

3 结论

本实验选取 CAS/MD 复合壁材对沙棘籽油进行包埋,并采用喷雾干燥技术制备了沙棘籽油微胶囊。得到的沙棘籽油微胶囊水分含量为 3.43%,溶解度为 92.22%,休止角为 36.34°,表面油含量为 1.32%,包埋率为 97.32%,粒径分布均匀,结构完整,无破裂或孔洞现象。此外,进一步利用加速氧化实验,对沙棘籽油微胶囊脂肪酸组成的变化进行了研究,结果表明加速氧化 30 d 脂肪酸组成变化较小。将沙棘籽油微胶囊应用于咀嚼片产品的开发,结果显示咀嚼片的色泽、组织状态、质地等评价良好,口感适中,为沙棘籽油微胶囊的应用提供了借鉴。

参考文献:

- [1] 张逸,黄凤洪,马方励,等. 沙棘油提取工艺研究进展[J]. 中国油脂,2016,41(3): 16-20.
- [2] TING H C, HSU Y W, TSAI C F, et al. The in vitro and in vivo antioxidant properties of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil[J]. Food Chem, 2011, 125(2): 652-659.
- [3] 韩春卉,李燕俊,张靖,等. 沙棘油抗肿瘤作用及对小鼠 NK 和单核-巨噬细胞活性的影响[J]. 中国热带医学,

2010,10(5): 571-572.

- [4] 张吉科,林美珍,张小民. 沙棘不同器官提取物对小鼠实体瘤的抗癌药效学研究[J]. 国际沙棘研究与开发, 2012,10(3): 1-11.
- [5] 邱德明,张哲民,李永海. 沙棘制剂在调节正常天然免疫系统和肿瘤病理学中的作用[J]. 国际沙棘研究与开发, 2010,8(1): 27-33.
- [6] YANG R, ZHANG L, LI P, et al. A review of chemical composition and nutritional properties of minor vegetable oils in China[J]. Trends Food Sci Technol, 2018, 74: 26-32.
- [7] 孔保华,郑冬梅,林淑英,等. 鱼油微胶囊技术的研究[J]. 食品工业科技, 1999,20(5): 8-10.
- [8] 李晓龙. 粉末油脂氧化稳定性分析方法的评估[D]. 江苏无锡: 江南大学, 2016.
- [9] 刘慧敏. 不同植物油微量成分与抗氧化能力的相关性研究[D]. 江苏无锡: 江南大学, 2015.
- [10] NEMTANU M R, BRASOVEANU M. Impact of electron beam irradiation on quality of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) oil[J]. J Sci Food Agric, 2016, 96(5): 1736-1744.
- [11] 毛家辉. 品种、产地和制油工艺对榧籽油成分的影响[D]. 江苏无锡: 江南大学, 2017.
- [12] 李志晓. 加工过程对油茶籽油微量营养成分和抗氧化性能的影响[D]. 江苏无锡: 江南大学, 2015.
- [13] ZHUANG F, LI X, HU J, et al. Effects of casein micellar structure on the stability of milk protein-based conjugated linoleic acid microcapsules[J]. Food Chem, 2018, 269: 327-334.

(上接第 132 页)

表 6 预处理含尘废气排放量

项目	粉尘浓度 日均值/ (mg/m ³)	粉尘排放/ (t/d)	每台废气 流量(日均)/ (m ³ /h)
筒仓进出料口(2台)	13.2	1.76	9 250
原料大豆除杂(2台)	8.9	0.39	3 073
豆皮分离器(2台)	1.0	0.05	3 202
豆皮粉碎(2台)	1.0	0.01	700
豆粕粉碎(2台)	4.8	0.57	5 822 + 5 165
豆粕输送(1台)	66.7	0.52	1 078
豆粕包装(1套)	5.0	0.10	2 741
排放总量	3.39	4.5 × 10 ⁴	

注:广东省环保局委托第三方在东凌粮油 4 000 t/d 大豆压榨厂(采取冷脱皮工艺)检测结果。

大豆预处理车间按粉尘区域划分应该在 22 区

和 21 区,受限空间运行设备含尘浓度高,属于 20 区。基于大豆粉尘不含易燃易爆物质,在运行中因溜管、弯头、设备的下料接管积尘,在长期运行中偶然出现阴燃、起火,筒仓出现粉尘爆炸现象,进行防燃、防爆、抑爆处理措施。实践表明,风网运行稳定,实现了安全和清洁生产。

致谢:感谢中粮集团油脂部张传许高工、张文龙高工及中粮华南区产业工业园王朝晖高工和刘启东高工支持!

参考文献:

- [1] 刘启东. 筒仓卸粮坑除尘改造实践[J]. 粮食与食品工业, 2016,23(4): 69-71.
- [2] 粉尘防爆安全规程:GB 15577—2018[S]. 北京:中国标准出版社, 2018.
- [3] 左青. 油脂加工厂的环保措施[J]. 中国油脂, 2008, 33(8): 17-22.