

# 基于 Fluent 的大豆脱粒机旋风分离器模拟与优化<sup>\*</sup>

赵学观<sup>1</sup> 徐丽明<sup>1</sup> 高连兴<sup>2</sup> 李献奇<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学农业部土壤-机器-植物系统技术重点实验室, 北京 100083;

2. 沈阳农业大学工程学院, 沈阳 110866)

**摘要:** 为了对大豆脱粒过程中未脱净荚果进行有效的分选、回收并进行二次脱粒, 在已设计的有吊桶旋风分离器基础上, 利用 Fluent 软件对有、无吊桶 2 种模型进行对比试验, 结果显示 2 种模型压降无明显差异, 有吊桶旋风分离器分离效率更高。建立了吊桶长度、吊桶直径两因素同逃逸时间、损失率及压降的数学关系模型, 模拟试验结果表明: 吊桶直径主要影响螺旋上升气流速度, 吊桶长度主要影响入口区域气流场分布, 确定吊桶最佳参数为长度 94 mm, 直径为 196 mm, 以该参数改进的模型进行试验验证, 结果表明损失率降低为 2.2%。

**关键词:** 大豆 旋风分离器 谷物清选 仿真

**中图分类号:** S225.6; TQ028.9<sup>+</sup>1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-1298(2014)S0-0080-08

## 引言

机械脱粒是大豆收获过程中的重要环节, 大豆脱粒过程中的杂余分离和清选一直是制约脱粒性能的难题, 也是容易造成损失的关键环节。大豆联合收获时豆荚受到日晒容易炸荚掉粒, 目前多采取在空气潮湿的早晨进行联合收获作业, 然而因含水率高导致收获过程中出现荚果未脱净和豆粒随碎茎秆等杂余一起排出的问题。根据 2010—2011 年国家现代大豆产业技术体系铁岭综合试验站调研发现, 大豆机械脱粒作业时脱粒清选损失率约 1.5% ~ 1.8%, 以未脱净豆荚损失为主<sup>[1]</sup>。由此可见, 把未脱净荚果从杂余中快速清选分离, 并进行二次脱粒, 能有效地解决未脱净荚果损失的问题。为此, 在大豆联合收获机上采用了旋风分离清选装置, 旋风分离清选装置主要由送风机、接料器和旋风分离器组成, 在一定条件下, 不同物料经过旋风分离器时, 由于悬浮速度的不同实现分离。

目前, 旋风分离器在工业上已经实现了标准化, 而在农业上还处于试验阶段<sup>[2-7]</sup>, 且对旋风分离器的结构特性尚未有统一的结论, 对大豆联合收获机旋风分离器的研究则更少。本文在对大豆脱粒机气力清选循环装置研究的基础上, 研究实现旋风分离清选装置的最佳结构和尺寸参数。

## 1 大豆收获机工作原理

大豆收获机主要由脱粒滚筒、振动筛、风机、旋风分离器等组成<sup>[1]</sup>, 其工作过程如图 1 所示, 整株大豆 A 由进口口进入脱粒滚筒, 在振动筛作用下, 豆粒 E 落到下振动筛上, 随筛子振动向出口运动, 落入接料装置后经斗式提升机输送到料仓; 未脱净豆荚和荚壳等较大杂余混合物 B 留在上振动筛上, 当上筛物料经过风机时被风机吸出, 通过风筒输送到旋风分离器, 在旋风分离器的作用下, 荚壳等较轻杂余 C 由旋风分离器上出口飞出, 未脱净豆荚 D 再进入脱粒装置进行循环脱粒。

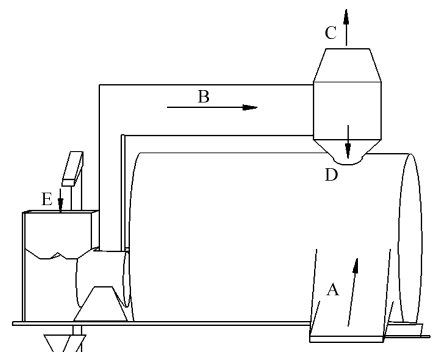


图 1 大豆收获机工作过程示意图

Fig. 1 Diagram of working process of soybean harvester

收稿日期: 2014-06-24 修回日期: 2014-08-20

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金资助项目(50775151)和教育部博士学科点专项科研基金资助项目(20122103110009)

作者简介: 赵学观, 博士生, 主要从事生物生产自动化技术和装备研究, E-mail: Zhaoxueguan.com@163.com

通讯作者: 高连兴, 教授, 博士生导师, 主要从事农业产品收获与加工机械研究, E-mail: lianxing\_gao@126.com

## 2 旋风分离器的选型

目前应用于农业物料清选的旋风分离筒类型主要有有、无吊桶 2 种形式,对于 2 种形式的旋风分离器,其分选效果并没有统一的结论<sup>[8-9]</sup>。本文首先用 Solidworks 建立 2 种旋风分离器模型,其结构尺寸如图 2 所示,通过 Fluent 进行三维数值模拟研究,对比分析 2 种模型的特性,工作流程如图 3 所示。

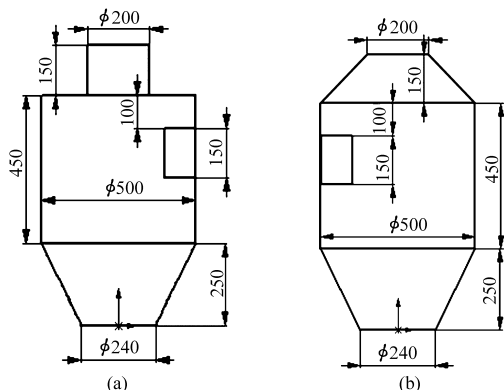


图 2 有、无吊桶旋风分离器结构及尺寸

Fig. 2 Structure and size of cyclone with and without bucket

(a) 有吊桶模型 (b) 无吊桶模型

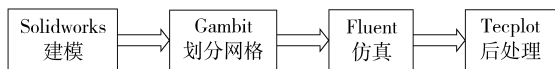


图 3 模型模拟分析流程图

Fig. 3 Flow chart of simulation analysis

### 2.1 数值计算基本方程及求解

流体流动要受物理守恒定律的支配,质量、动量、能量基本守恒定律的控制方程都反映了单位时间单位体积内物理量的守恒性质。如果用  $\Delta$  表示通用变量,则上述各控制方程可以表示为

$$\frac{\partial(\rho\Delta)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u\Delta)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v\Delta)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w\Delta)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \Lambda \frac{\partial \Delta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \Lambda \frac{\partial \Delta}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \Lambda \frac{\partial \Delta}{\partial z} \right) + s \quad (1)$$

式中  $\Lambda$ ——广义扩散系数

$\Delta$ ——通用变量

$u, v, w$ ——矢量  $\mathbf{u}$  在  $x, y, z$  方向上的分量

$s$ ——广义源项

### 2.2 边界条件及模拟参数

计算域工作流体入口为旋风分离器入口端面,忽略压力在径向的差异,设置工作流体入口边界为速度入口,根据实际工况设为 12 m/s。两相流出口设置为流量出口边界,壁面采用无滑移壁面边界条件,建立的有吊桶旋风分离器模型如图 4 所示。

Fluent 软件对求解控制方程的离散采用有限体积法,在使用有限体积法建立离散方程时,很重要的

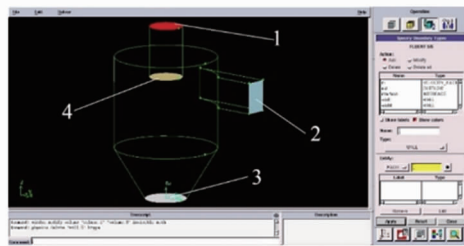


图 4 模型边界条件设置

Fig. 4 Boundary condition of model

1. 流量出口 2. 速度入口 3. 壁面 4. 交界面

一步就是将控制体积界面上的物理量及其导数通过节点物理量插值求出,不同的差值方式对应于不同的离散结果,考虑到本文在划分旋风分离器网格时部分采用六面体结构,故采用改进的 QUICK 格式<sup>[10-11]</sup>。选择 RNG  $k-\epsilon$  湍流模型,旋风分离器内是旋流占优流动,所以选择了 Swirl Dominate Flow 选项,使用 SIMPLER 求解算法<sup>[12-13]</sup>。

### 2.3 湍流强度分析

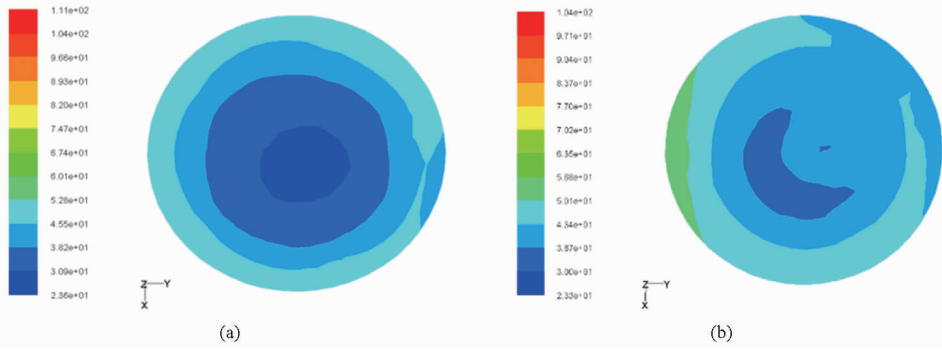
气流进入旋风分离器中产生绕器壁的强烈旋转,旋转的气流在筒体内收缩向中心流动,到达底部灰斗时产生切变,当气流切变增大时向上形成气流漩涡,各种尺度的旋涡连续分布叠加形成湍流运动。湍流强度是描述气流随时间和空间变化的程度,反映气流脉动的相对强度。图 2 所示模型的竖直向上方向为  $z$  轴正向,根据模拟结果显示,2 种模型形成涡流的位置基本相同,在  $Z = 80$  mm 截面,为便于分析湍流运动的强度,选取  $Z = 100$  mm 截面的湍流强度分布,从图 5 中可以看出在  $Z = 100$  mm 截面内侧,有吊桶模型湍流强度明显高于无吊桶模型,且高强度湍流分布面积更大,表明有吊桶模型形成的湍流更有利于聚拢荚壳等较轻杂余。由流迹线图 6 可知,有吊桶旋风分离器在  $Z = 100$  mm 截面气流向上旋流速度较高,且气流较大,说明到达下锥形成二次涡流的气流量大,无吊桶旋风分离器部分气流没有到达下锥体出口即流出,更有利于把荚壳等杂物向上排出。

### 2.4 模型压降分析

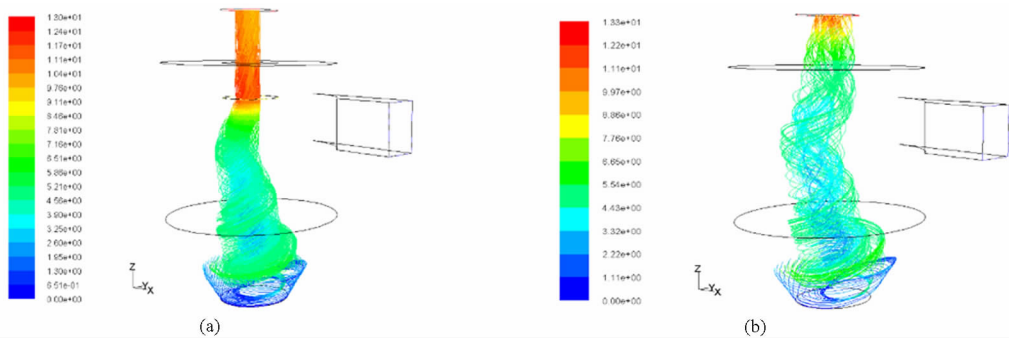
在旋风分离器的设计中,必须考虑压降。旋风分离器内的压降主要由以下 4 部分组成:进口扩大损失  $\Delta p_1$ 、出口收缩损失  $\Delta p_2$ 、分离器内旋流损失  $\Delta p_3$ 、排气管内气流动能消耗  $\Delta p_4$  即

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4$$

旋风分离器的总压降由旋风分离器入口和出口处的监测点直接测出,入口监测点均匀设置在与入口气流垂直的矩形平面对角线上、出口监测点设置在吊桶出口平面过中心的直线上。根据图 7、8 可知,有吊桶旋风分离器的压力降为 280 Pa,无吊桶旋

图5  $Z = 100$  mm 截面湍流强度分布图Fig. 5 Turbulence intensity distribution map of  $Z = 100$  mm section

(a) 有吊桶模型 (b) 无吊桶模型

图6  $Z = 100$  mm 流迹线图Fig. 6 Trail map of  $Z = 100$  mm

(a) 有吊桶模型 (b) 无吊桶模型

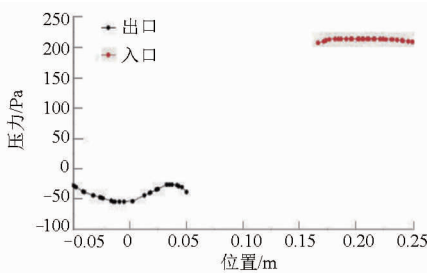


图7 有吊桶旋风分离器入口和出口压力

Fig. 7 Entrance and exit pressure of cyclone with bucket

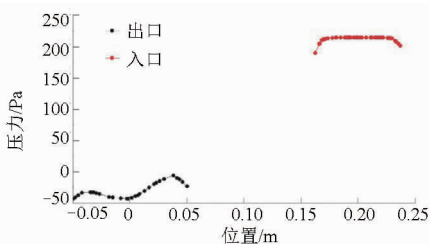


图8 无吊桶旋风分离器入口和出口压力

Fig. 8 Entrance and exit pressure of cyclone without bucket

风分离器压力为 260 Pa, 两者相差不大。

## 2.5 颗粒运动模拟

每个颗粒在旋风分离器中的运动都是随机的, 由于颗粒空气动力特性的不同, 最终被捕捉或逃逸。为进一步分析 2 种旋风分离器的分离性能, 采用多

相流模型, 考察多相流动问题。设置图 4 所示壁面 3 为捕捉, 系统默认流量出口为逃逸。定义 3 种颗粒模拟未脱净荚果、荚壳、碎秸秆, 其数量相同, 释放速度与气流速度一致, 设为 12 m/s, 设置未完成颗粒为 2% 的计算步为离散相模型最大计算步。颗粒被捕捉或逃逸的时间可以反映旋风分离器的分离性能, 为此检测颗粒在  $z$  轴方向的位置随时间的变化, 如图 9 所示为旋风分离器内颗粒监测曲线。

由图可知两颗粒由释放到被捕捉的滞留时间不同, 对两模型分别统计颗粒被捕捉和逃逸的时间并计算平均值, 同时统计其数量, 统计结果如表 1 所示, 2 种模型对颗粒捕捉时间基本相同, 但逃逸时间相差较大, 有吊桶旋风分离器分离效率更高。

## 3 有吊桶旋风分离器优化

影响清选系统分离效率的因素很多, 前人对风机负压、入口速度及位置、锥体部分长度、排杂口大小、出料口大小等因素的试验与模拟研究做了大量工作<sup>[14-16]</sup>。根据有吊桶旋风分离器的初步仿真模拟可知, 吊桶直径和升气管插入筒体深度影响旋风分离器内部流场, 同样对其分离性能有显著影响, 本文探索两因素对分离性能的影响规律。

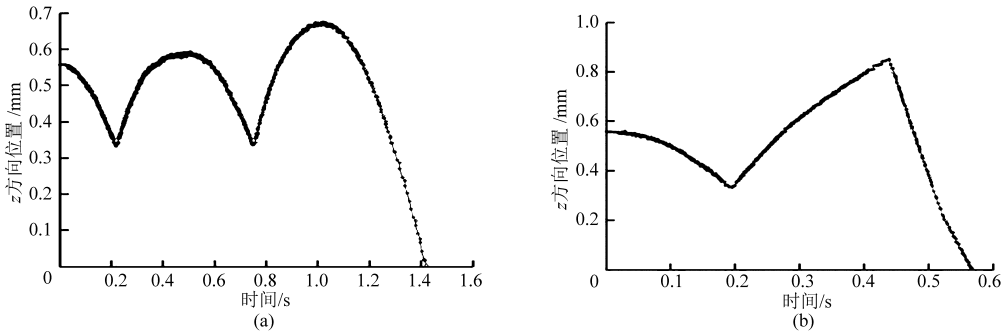


图9 被捕捉颗粒 z 方向位置随时间变化曲线

Fig.9 Variation of trapped particle position in z direction

(a) 有吊桶 (b) 无吊桶

表1 颗粒捕捉和逃逸时间

Tab.1 Statistics of particle capture and escape time

模型	颗粒总数	捕捉数	逃逸数	捕捉时间	逃逸时间
				均值/s	均值/s
有吊桶	147	52	95	0.97	1.46
无吊桶	171	67	104	0.95	1.89

3.1 二次旋转组合试验及结果分析

根据设计的旋风分离器进行初步模拟发现,若吊桶直径过大,气流在吊桶入口产生强烈扰流,吊桶直径过小,气流不能及时排出,气流在灰斗螺旋上升时产生扰流,吊桶长度同样影响着内部流场。在大豆二次清选脱粒的过程中,损失率相对清选率更为重要,因此以颗粒捕捉时间、逃逸时间和损失率为指标,并定义升气管插入筒体深度为吊桶长度,运用二因素(吊桶直径、吊桶长度)二次通用旋转组合试验,考察2因素对试验指标的影响,因素水平编码表和试验结果分别如表2和3所示。

通过 DPS 数据处理系统对试验结果处理,建立两因素分别与逃逸时间、压降和损失率的方程如下

$$y_1 = 1.43000 - 0.21990X_1 - 0.45847X_2 + 0.36563X_1^2 + 0.21313X_2^2 + 0.17500X_1X_2$$

$$y_2 = 0.264 - 0.05682X_1 + 0.049X_2$$

$$y_3 = 11.16000 + 1.38529X_1 - 1.98625X_2^2 + 2.175000X_1X_2$$

表2 因素水平编码

Tab.2 Coding of factors and levels

编码	因素	
	吊桶直径 $x_1$ /mm	吊桶长度 $x_2$ /mm
1.414	220	150
1	201	136
0	175	115
-1	149	94
-1.414	130	80

表3 试验设计与结果

Tab.3 Experiment design and results

试验序号	编码						逃逸时间	压力降	损失率
	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_1X_2$	$X_1^2$	$X_2^2$	$y_1/s$	$y_2/kPa$	$y_3/\%$
1	1	-1	-1	1	1	1	1.36	0.25	11.2
2	1	-1	1	-1	1	1	1.96	0.33	7.7
3	1	1	-1	-1	1	1	2.13	0.38	6.4
4	1	1	1	1	1	1	3.43	0.5	11.6
5	1	-1.414	0	0	1.414	0	1.78	0.3	5.3
6	1	1.414	0	0	1.414	0	2.12	0.38	12.5
7	1	0	-1.414	0	0	1.414	2.27	0.39	6.7
8	1	0	1.414	0	0	1.414	1.02	0.21	6.1
9	1	0	0	0	0	0	1.43	0.26	11.2
10	1	0	0	0	0	0	1.56	0.28	10.9
11	1	0	0	0	0	0	1.58	0.29	11.3
12	1	0	0	0	0	0	1.51	0.27	11.5
13	1	0	0	0	0	0	1.07	0.22	10.9

由图10可知,逃逸时间随着吊桶长度的增加呈不断减小的趋势,达到上水平后趋于稳定基本不再

减小;逃逸时间随着吊桶直径的增加先减小后增大,在吊桶直径为165mm,吊桶长度为136mm即达到

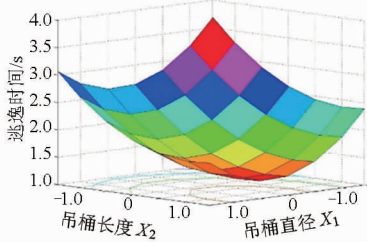


图 10 吊桶长度和吊桶直径对逃逸时间的影响

Fig. 10 Influence of bucket length and diameter on escape time

最小逃逸时间。这是由于吊桶直径越大,由灰斗螺旋上升的气流量更大,同时随着吊桶长度的增加,入口气流对螺旋上升气流产生影响,如图 11 所示为入口平面截图,其中中心气流受到的影响越来越大。部分颗粒在入口气流的作用下,产生扰动,同时,直径增大到一定程度,上升气流速度逐渐降低,延长了逃逸时间。

吊桶长度和吊桶直径交互作用对损失率的影响显著,在吊桶直径的最高水平,损失率随着吊桶长度

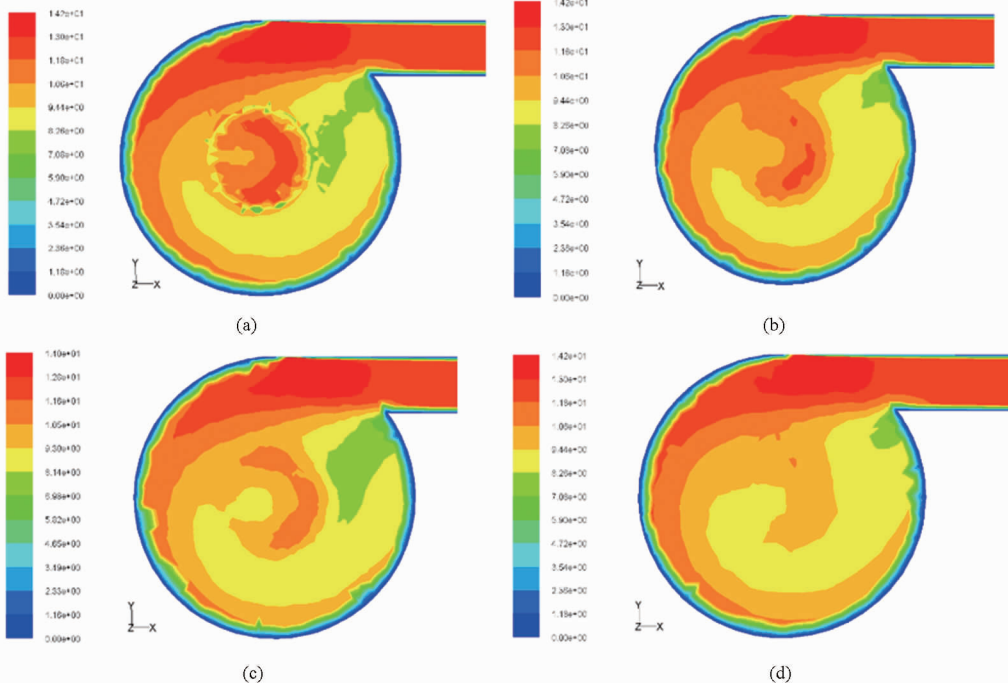


图 11 不同吊桶长度在 Z = 530 mm 截面速度云图

Fig. 11 Velocity contours of different bucket length at Z = 530 mm section

(a) 吊桶长度为 136 mm (b) 吊桶长度为 115 mm (c) 吊桶长度为 94 mm (d) 吊桶长度为 80 mm

的增加而减小,等高线显示在吊桶直径 190 mm、吊桶长度 150 mm,损失率最大。这是由于吊桶长度增加,上升气流速度增大,如图 12 所示,吊桶长度增加,入口气流对上升气流外围产生明显扰动,由于离心力正比于颗粒质量,物料质量越大,越靠近旋流外侧螺旋上升,因此部分未脱净荚果在气流外围螺旋上升,受到扰流后会再次落下,且能使未到达排出口未脱净荚果,有更多机会从旋流核心中分离出来,减少二次流夹带,从而提高分离效率,降低了损失。图 13 为在吊桶长度为 1 水平,不同吊桶直径  $X = 0$  的截面速度云图,吊桶直径增加,灰斗部分螺旋上升气流的截面面积先增大后减小,螺旋上升气流的截面面积反映杂余随气流的上升强度,因此损失率先增大后减小。在吊桶直径 220 mm,吊桶长度 80 mm 时,损失率最小。

由图 14 可知,压降随着吊桶长度的增加先增大后减小,随着吊桶直径的增加不断降低,且压降变化

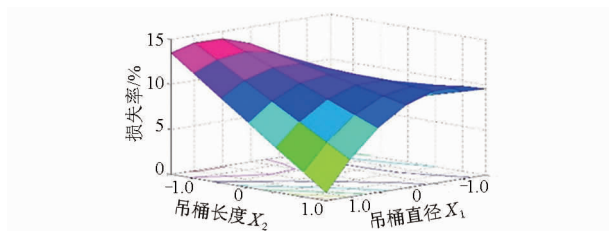


图 12 吊桶直径和吊桶长度对损失率的影响

Fig. 12 Influence of bucket length and diameter on loss rate

显著。分析认为,一定范围内,吊桶直径越小,出口收缩损失  $\Delta p_2$  越大,造成总的压降增大明显,在旋风分离器的设计时,吊桶直径不能取得过小,以免带来动能消耗过大的后果。随着吊桶长度增加,分离器内旋流损失  $\Delta p_3$  明显减小,排气管内气流动能消耗  $\Delta p_4$  有所增加,当吊桶长度增大到一定程度,排气管内气流动能消耗  $\Delta p_4$  明显增加。

### 3.2 优化方案及验证试验

利用软件 Design-Expert 8.0.6 中的优化求解器



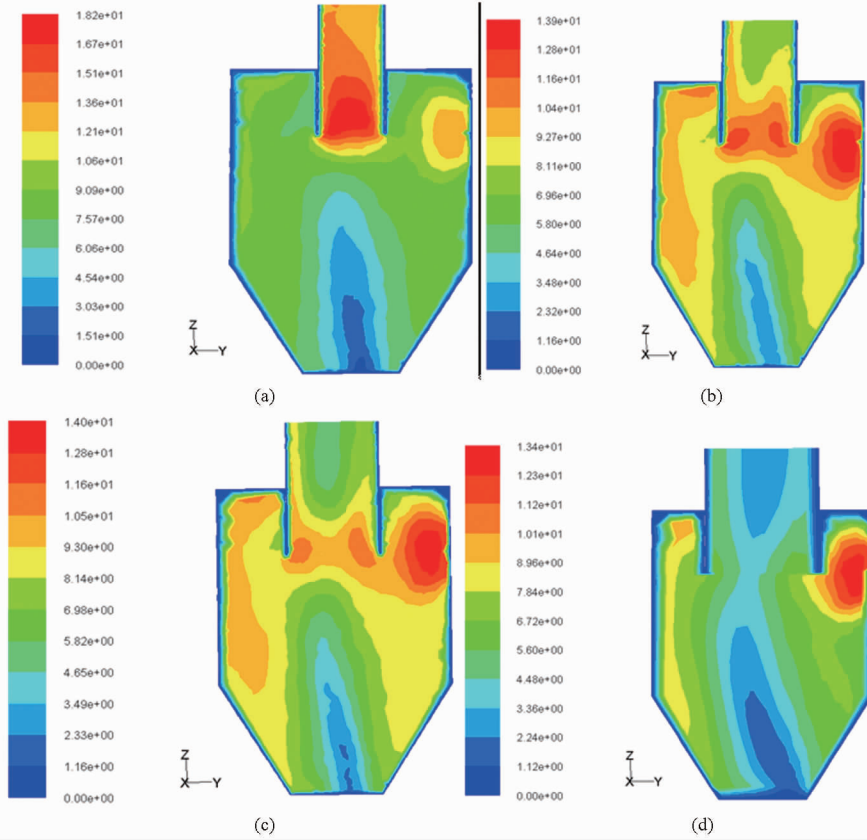


图 13 不同吊桶直径在  $X=0$  截面速度云图

Fig. 13 Velocity contours of different bucket diameter at  $X=0$  section

(a) 吊桶直径为 201 mm (b) 吊桶直径为 175 mm (c) 吊桶直径为 149 mm (d) 吊桶直径为 130 mm

对上述回归方程进行求解计算,根据旋风分离器的两主要指标分离效率和压降,在本文分离效率主要包括损失率和颗粒逃逸时间,在计算中,其加权因子分别为 0.3,则分离效率和压降加权因子分别取 0.6 与 0.4。得出最优参数组合,吊桶长度取 92 mm,吊桶直径 196 mm,在该条件下进行模拟试验验证,优化前、后的颗粒运动轨迹图如图 15 所示。优化后的模型未脱净荚果、荚壳开始螺旋上升的平面较高,锥体中漩涡尾部强烈的涡流和低端的高速湍流,使已收集的未脱净荚果容易被气流重新卷入流场,从而

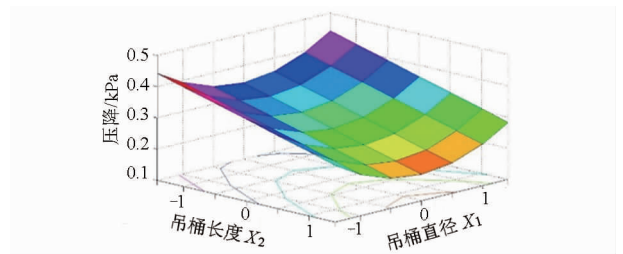


图 14 吊桶直径和吊桶长度对压降的影响

Fig. 14 Influence of bucket length and diameter on pressure drop

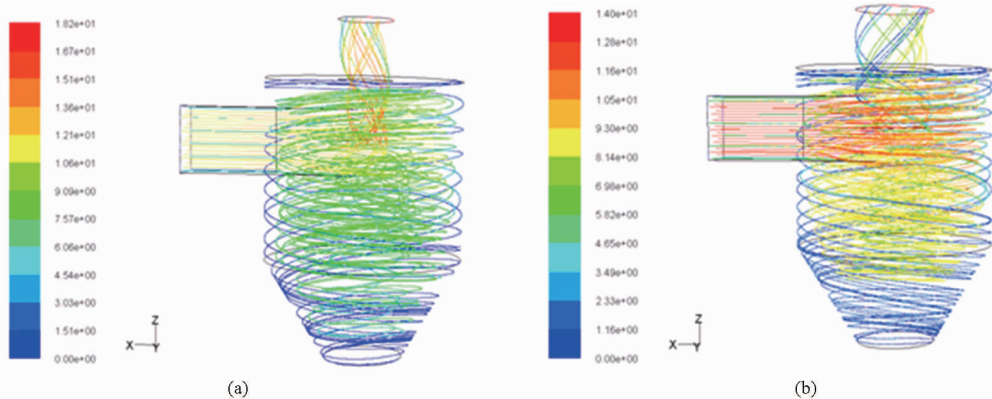


图 15 颗粒运动轨迹

Fig. 15 Particle trajectory of model

(a) 优化前 (b) 优化后

影响分离效率,优化后模型损失率 2.7%,颗粒逃逸时间 1.34 s,压降 186 Pa。

为了旋风分离器优化样机的性能,按照 GB/T 5262—2008 的相关规定,对样机进行试验,相关参数为旋风分离器入口速度 10.5 m/s,负压风机功率 600 W,未脱净荚果、颖壳、短秸秆的含水率分别为 10.2%、7.2%、9.4%。在相关参数不变的情况下,对样机进行 5 次重复试验,试验结果表明,损失率降低为 2.2%,能满足实际生产需要。

## 4 结论

(1)应用 Fluent 软件对有、无吊桶 2 种旋风分

离器进行了数值计算,以未完成颗粒 2% 为时间点,以捕捉时间和逃逸时间为指标进行分析,表明有吊桶旋风分离器分离效率更高。

(2)通过二次旋转组合试验发现,吊桶直径、吊桶长度对捕捉时间影响不显著,吊桶直径主要影响螺旋上升气流速度,吊桶长度主要影响入口气流场分布。并最终确定吊桶长度为 92 mm,吊桶直径为 220 mm,在该条件下进行试验,损失率为 2.2%。

## 参 考 文 献

- 高连兴,赵学观,杨德旭,等.大豆脱粒机气力清选循环装置研制与性能试验[J].农业工程学报,2012,28(24):22-27.  
Gao Lianxing, Zhao Xueguan, Yang Dexu, et al. Development and performance test on pneumatic cleaning-circulatory device of soybean thresher[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(24):22-27. (in Chinese)
- 陈雪莉,崔洁,王辅臣,等.新型旋风分离器内颗粒的运动规律[J].华东理工大学学报:自然科学版,2008,34(6):794-798.  
Chen Xueli, Cui Jie, Wang Fuchen, et al. Particle trajectories in the new cyclone-type separator[J]. Journal of East China University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2008, 34(6):794-798. (in Chinese)
- 伊文静.微型谷物联合收割机旋风分离清选系统工况及结构运动参数研究[D].洛阳:河南科技大学,2012.  
Yi Wenjing. Working conditions and structure parameters research on cyclone separating cleaning system of micro-combine grain[D]. Luoyang: Henan University of Science and Technology, 2012. (in Chinese)
- 耿令新,李雪飞,张利娟.三相旋风分离器流场分布研究[J].安徽农业科学,2013,41(19):8430-8432.  
Geng Lingxin, Li Xuefei, Zhang Lijuan. Research on fluid field in three-phase cyclone separator[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2013, 41(19):8430-8432. (in Chinese)
- Hu L Y, Zhou L X, Zhang J, et al. Studies in strongly flows in the full space of a volute cyclone separator[J]. AIChE Journal, 2005, 51(3):740-749.
- 钱付平,章名耀.基于边界层理论旋风分离器分离效率的改进模型[J].中国电机工程学报,2007,25(7):71-75.  
Qian Fuping, Zhang Mingyao. An extended model for determining the separation efficiency of a cyclone with boundary layer theory[J]. Proceedings of the CSEE, 2007, 25(7):71-75. (in Chinese)
- 金有海,时铭显.旋风分离器分离性能计算模型分析[J].石油大学学报:自然科学版,1991,15(2):81-91.  
Jin Youhai, Shi Mingxian. Discussion on calculation methods of separation performance for cyclone separators[J]. Journal of the University of Petroleum: Edition of Natural Science, 1991, 15(2):81-91. (in Chinese)
- 王同福,宋玉英,王进朝.气流清选原理在农业上的应用[J].河北农业大学学报,1997,20(1):103-109.  
Wang Tongfu, Song Yuying, Wang Jinchao. The use of pneumatic separate in huller[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 1997, 20(1):103-109. (in Chinese)
- 敬志臣,小区小麦种子联合收获机清选系统研究[D].兰州:甘肃农业大学,2010.  
Jing Zhichen. Research on cleaning system used on plot wheat seed combine harvester [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2010. (in Chinese)
- 刘师多,张利娟,师清翔,等.微型小麦联合收获机旋风分离清选系统研究[J].农业机械学报,2006,37(6):45-48.  
Liu Shiduo, Zhang Lijuan, Shi Qingxiang, et al. Experimental research on cyclone separating cleaning system used on micro-combine harvester of wheat[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(6):45-48. (in Chinese)
- 倪长安,张利娟,刘师多,等.无导向片旋风分离清选系统的试验分析[J].农业工程学报,2008,24(8):135-138.  
Ni Chang'an, Zhang Lijuan, Liu Shiduo, et al. Experimental analysis on cyclone separating cleaning system of no-guide vanes[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(8):135-138. (in Chinese)
- 张利娟,刘师多,师清翔,等.物料状态对旋风分离清选系统清选性能的影响[J].河南科技大学学报:自然科学版,2006,27(3):68-70.  
Zhang Lijuan, Liu Shiduo, Shi Qingxiang, et al. Influence of material state on performance of separating cleaning system[J]. Journal of Henan University of Science and Technology: Natural Science, 2006, 27(3):68-70. (in Chinese)
- 唐倩雯,尹健.谷物气流清选系统的仿真研究[J].湖北农业科学,2012,51(9):1890-1894.  
Tang Qianwen, Yin Jian. Simulation study on air clear mechanism system of grain[J]. Hubei Agricultural Science, 2012,

51(9):1890-1894. (in Chinese)

- 14 高春艳, 庞靖, 李心平, 等. 旋风分离型谷物清选器内流场数值模拟[J]. 农机化研究, 2013(6):37-40.  
Gao Chunyan, Pang Jing, Li Xinping, et al. Numerical simulation of flow field of cyclone separation for cereal cleaning base on CFD[J]. Agricultural Mechanization Research, 2013(6):37-40. (in Chinese)
- 15 张泽虎, 高广德, 何璐璐. 基于数值模拟的螺旋式旋风分离器气相流场分析[J]. 煤矿机械, 2009, 30(2):100-103.  
Zhang Zehu, Gao Guangde, He Lulu. Owing to numerical simulation of gas flow analysis in spiral cyclone separator[J]. Coal Mine Machinery, 2009, 30(2):100-103. (in Chinese)
- 16 董玉平, 董磊, 强宁, 等. 旋风分离器内生物质焦油湍流特性的数值模拟[J]. 农业工程学报, 2010, 26(9):171-175.  
Dong Yuping, Dong Lei, Qiang Ning, et al. Numerical simulation of biomass gas and tar torrential flow characteristics in cyclone separator[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(9):171-175. (in Chinese)

## Simulation of Soybean Thresher Cyclone Separating and Cleaning System

Zhao Xueguan<sup>1</sup> Xu Liming<sup>1</sup> Gao Lianxing<sup>2</sup> Li Xianqi<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Soil-Machine-Plant System Technology, MOA, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. College of Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

**Abstract:** In order to separate, recycle and second thresh the no cleaned pod effectively, the Fluent software was used for optimization analysis of two different models of cyclone separator with or without bucket. The simulation results showed that there was no significant difference in pressure drop between the two models, cyclone with bucket had higher separation efficiency. Effect of bucket diameter and length on the capture time was not significant. The mathematical relationship model was established between bucket length, diameter and escape time, loss rate and pressure drop. Bucket diameter mainly affected velocity of spiral flow, and bucket length mainly affected the air flow distribution of entrance field. The best parameters of bucket were determined, i. e., the bucket length was 94 mm and diameter was 196 mm. Test was carried out to verify the improved model based on these parameters, and results showed that the loss rate was reduced to 2.2%.

**Key words:** Soybean Cyclone separator Grain cleaning Simulation