

余波,王强,王霜. 基于 Fluent 的风筛式清选室气流场的仿真[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):358-361.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.105

基于 Fluent 的风筛式清选室气流场的仿真

余波,王强,王霜

(西华大学机械工程学院农业机械工程研究所,四川成都 610039)

摘要:丘陵山区适用的小型半喂入联合收割机结构紧凑,对清选效率的要求高,而气流场对于风筛式清选装置清选性能有重要影响,因此研究整个清选室的气流场分布规律,有利于进一步提高收割机的清选效率。为获得清选室气流分布规律,采用正交试验方法进行设计。针对 4LBZ-105 型半喂入联合收割机风筛式清选室的特点,运用 Creo 软件建立了清选室型腔计算域模型,利用 ICFM CFD 软件进行了网格划分,通过 Fluent 软件对离心风机风速、吸引风机风速、离心风机倾角、百叶窗筛夹角 4 个参数变化时的清选室气流场进行了三维数值仿真。根据仿真试验结果,分析这 4 个参数对气流场的影响规律,得到杂质有效分离的参数:离心风机风速为 12m/s,吸引风机风速为 6m/s,离心风机倾角为 25°,百叶窗筛夹角为 40°。

关键词:气流场;风筛式清选室;数值仿真;联合收割机;Fluent;湍流模型

中图分类号: S226.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)07-0358-03

气流和筛子相配合的清选方式有较高的清选效率,在联合收割机中被广泛应用。风筛式清选装置由风扇、筛子组成,筛子由杆件支撑或悬吊作往复运动,风扇多为吹出型。谷粒混合物由于筛子振动被送至筛子前端,轻杂靠气流场作用被吹走,大杂由尾筛排除,谷粒通过筛孔流入螺旋推运器(搅龙)进入粮仓^[1]。清选室的气流分布对整个清选过程有着重要影响,研究清选室的气流场分布规律可以优化清选结构、提升清选效率^[2-4]。近年来,计算流体力学(computational fluid dynamics,CFD)软件被运用于农机设备的流场研究^[5-7],其可行性得到了国内外学者的认可。为了提高适于丘陵山区的收割机清选效率,以 4LBZ-105 型半喂入联合收割机为试验样机,采用正交试验方法,利用 Fluent 进行清选室气流场数值模拟,得到清选室气流场分布,分析清选装置的主要参数对气流场的影响规律。

1 气流场数学模型

气体动力学微分控制方程如下。

连续方程:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0. \quad (1)$$

Navier-Stokes 方程:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\mu + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \rho \overline{u_i' u_j'}) + S_i. \quad (2)$$

为了封闭(1)(2)方程式,采用湍流模型控制方程。湍流

模型更加适合大尺寸多涡流的气流场,能够更清晰地反映复杂流场分布状况,相应方程:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j}[(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}) \frac{\partial k}{\partial x_j}] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k; \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j}[(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j}] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon - Re. \quad (4)$$

其中:

$$Re = \frac{C_\mu \rho \eta^3 (1 - \frac{\eta}{\eta_0})}{1 + \beta \eta^3} \frac{\varepsilon^2}{k};$$

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}, G_k = \mu_t (\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}) \frac{\partial u_i}{\partial x_j};$$

$$G_b = \beta g_i \frac{\mu_t}{Pr_t} \frac{\partial T}{\partial x_i}, Y_M = 2\rho \varepsilon M_i^2.$$

式中: ρ 为空气密度,kg/m³; u 为流体流动速度,m/s; t 为时间,s; μ 为动力黏度,Pa·s; p 为静态压力,N; $\rho \overline{u_i' u_j'}$ 为 Reynolds 压力,N; k 为湍动能,Pa/s; ε 为湍流耗散率,m²/s²; μ_t 为湍流黏度,Pa·s; G_k 为平均速度梯度引起的湍动能,Pa/s; G_b 为浮力影响引起的湍动能,Pa/s; Y_M 为可压缩湍流扩张对总耗散率的影响,Pa/s; σ_k 为湍动能对应的 Prandtl 数; σ_ε 为耗散率对应的 Prandtl 数; C_μ 、 $C_{1\varepsilon}$ 、 $C_{2\varepsilon}$ 、 $C_{3\varepsilon}$ 为 Fluent 中的模型常数; S_i 、 S_k 、 S_ε 为源项; g_i 为重力 i 的分量,N; Pr_t 为湍动 Prandtl 数; β 为热膨胀系数; T 为温度,℃; M_i 为马赫数。

2 结构模型与计算模型

4LBZ-105 型半喂入联合收割机风筛式清选装置的大致结构见图 1,整个清选室内部的气流由离心风机、吸引风机共同作用产生。

考虑到 4LBZ-105 型半喂入联合收割机风筛式清选室

收稿日期:2015-05-31

基金项目:西华大学研究生创新基金(编号:ycjj2014058);四川省应用基础研究计划(编号:2014jy0055)。

作者简介:余波(1989—),男,重庆万州人,硕士研究生,主要研究方向为农业机械工程。E-mail:540082120@qq.com。

通信作者:王强,博士,教授,主要研究方向为农业机械工程、机器人技术。E-mail:wq_py123@163.com。

结构的复杂性,以及生成网格对模拟精度的影响,在保证计算区域与实际流动区域一致性的情况下,对计算域模型进行适当的简化。下筛采用的是孔径较大的编织筛,对气流的影响较小,因而进行了省略。利用 Creo 绘制清选室型腔计算域模型,如图 2 所示。为了仿真分析,构建不同风机倾角(20°、25°、30°)、筛子夹角(26°、32°、40°)9 种组合的三维模型。将建立好的三维模型导入到 ICEM CFD 中进行网格划分,采用不同的网格尺寸划分不同面域;体网格类型采用 Tetra/Mixed,生成方式采用 Robust(Octree)。

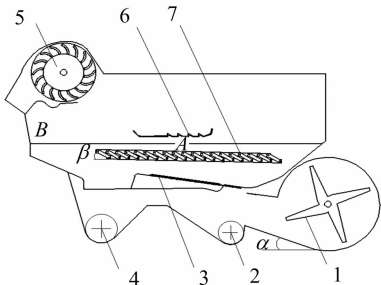


图1 清选系统结构

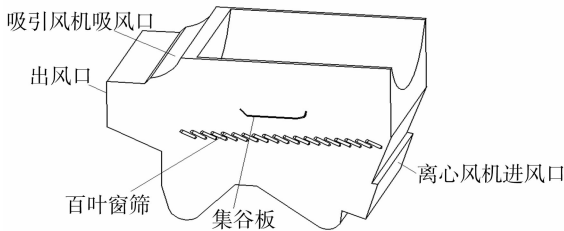


图2 清选室型腔计算域模型

3 求解方法和边界条件

在初始环境下,由于清选室内气流场分布状态未知,求解方式采用基于压力的 SIMPLE 非耦合隐式求解算法,离散格式为二阶迎风格式,设置工作压力为 1 个标准大气压^[8];边界条件:离心风机进口、吸引风机吸风口为速度入口,出风口设置为自由出口,其他设置保持为默认状态。将各个试验方案的 mesh 文件导入到 Fluent 软件中进行迭代计算,设置收敛残差为 0.001,通过后处理得到监控点的气流速度。

4 清选室气流场分析

4.1 试验原理

要得到洁净的籽粒就必须尽可能地排出杂质,根据风选理论,筛孔处的上升气流速度超过杂质的漂浮速度,则杂质不会从筛孔漏下;筛孔处的上升气流速度过大,籽粒通过筛孔会受阻,甚至不能有效通过筛孔,反而会降低清选效率。出风口的气流速度也应该在保证籽粒不被吹出的同时杂质被有效吹离。如图 3 所示,倾斜气流以与筛面成 θ 角度的速度 v 作用于物料,垂直向上的气流速度 需要克服物料漂浮速度,满足:

$$v_y = v \sin \theta, v_y > v_l。$$

根据文献[1,9],如表 1 所示,要能够有效分离杂质,则筛面应满足 $6 \text{ m/s} < v_y < 9.2 \text{ m/s}$,而出风口应满足 $6 \text{ m/s} <$

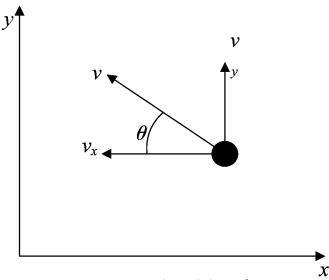


图3 风速矢量示意

表 1 几种不同物料的漂浮速度

类别	漂浮速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)
谷粒	9.8 ~ 11.8	1.06
麦粒	9.2 ~ 12.7	1.22
稻麦颖壳	0.6 ~ 5.0	0.40
短茎秆	5 ~ 6	
轻杂草	4.5 ~ 5.6	

$v < 9.2 \text{ m/s}。$

4.2 正交试验方案及结果

为了分析离心风机风速、吸引风机风速、离心风机倾角及百叶窗筛夹角对清选室气流场的影响规律,进行了 4 因素 3 水平的正交仿真试验,因素水平设计见表 2,分别考察筛面中心筛孔 A 点、出风口中心 B 点的风速。

表 2 正交试验因素与水平

水平	因素			
	W:离心风机 风速(m/s)	X:吸引风机 风速(m/s)	Y:离心风机 倾角(°)	Z:百叶窗 筛夹角(°)
1	10	6	20	26
2	12	8	25	32
3	15	10	30	40

根据 $L_9(3^4)$ 正交试验表^[10],在 Fluent 中安排 9 组仿真试验,试验分组及计算结果见表 3。

4.3 试验数据分析

根据仿真试验结果,将各因素水平变化的情况通过散点趋势图表示,如图 4-a、图 4-b、图 4-c、图 4-d 所示。由图 4-a 可以看出,离心风机的风速变化对筛面上、出风口的风速影响较为明显;随着离心风机风速的逐渐加大,筛面上、出风口的风速均有较明显增加的趋势。由图 4-b 可以看出,吸引风机的风速变化对筛面上、出风口的风速影响有所不同;随着吸引风机的风速逐渐加大,筛面上的风速有所增加,出风口的风速则逐渐减小。过大的吸引风速会导致杂质无法被吹出清选室。由图 4-c 可以看出,当离心风机倾角增加时,筛面上的风速呈上升趋势,出风口的风速呈下降趋势;而当离心风机倾角大于 25°时,出风口的风速有回升趋势。由图 4-d 可以看出,当百叶窗筛夹角增加时,筛面上的风速呈上升趋势,出风口的风速变化平稳。大的百叶窗筛夹角有利于筛面气流对杂质与颗粒的分层作用。

根据表 3 得到的试验数据,4 号试验所得到的仿真试验数据满足清选要求。因此,得到满足清选要求的试验参数组合为 $W_2X_1Y_2Z_3$ 。图 5 为根据参数组合 $W_2X_1Y_2Z_3$ 得到的清选室气流场速度矢量,可以看出:在 2 个风机的共同作用下形成比较流畅的气流场,在百叶窗筛孔处流场的方向、大小有所改变,最终流场向着出风口处流出,有利于将杂质吹出清选室。

表 3 仿真试验分组及结果

试验号	因素				A 点气流速度(m/s)	B 点气流速度(m/s)
	W: 离心风机风速(m/s)	X: 吸引风机风速(m/s)	Y: 离心风机倾角(°)	Z: 百叶窗筛夹角(°)		
1	10	6	20	26	4.81	4.81
2	10	8	25	32	6.63	3.32
3	10	10	30	40	9.21	1.85
4	12	6	25	40	8.70	6.96
5	12	8	30	26	8.81	6.61
6	12	10	20	32	9.60	4.27
7	15	6	30	32	11.72	9.76
8	15	8	20	40	12.03	8.95
9	15	10	25	26	13.43	6.05

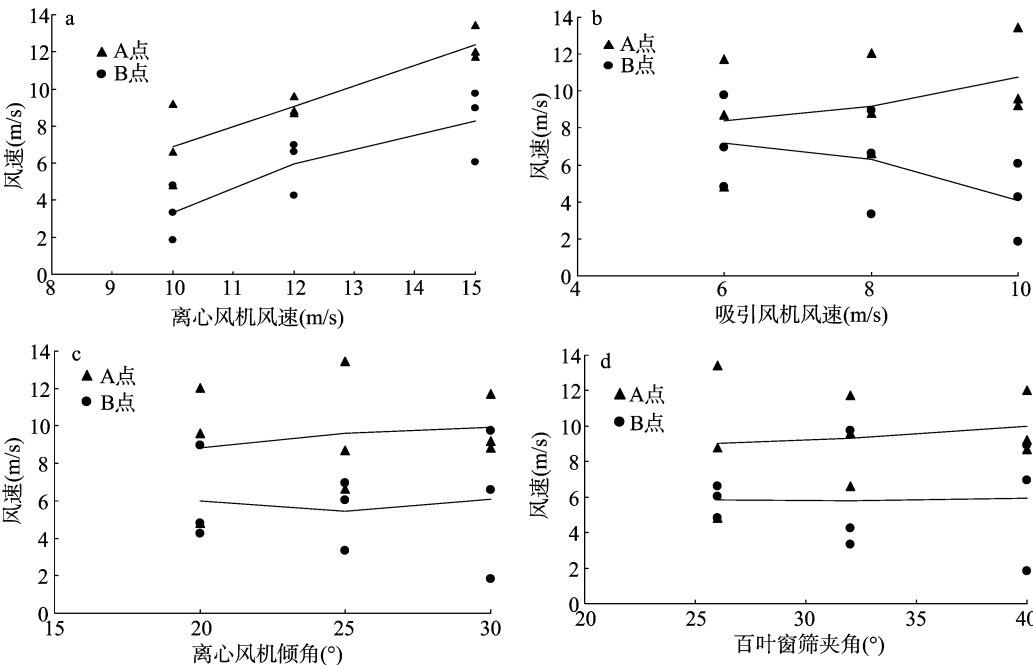


图4 不同参数对风速的影响

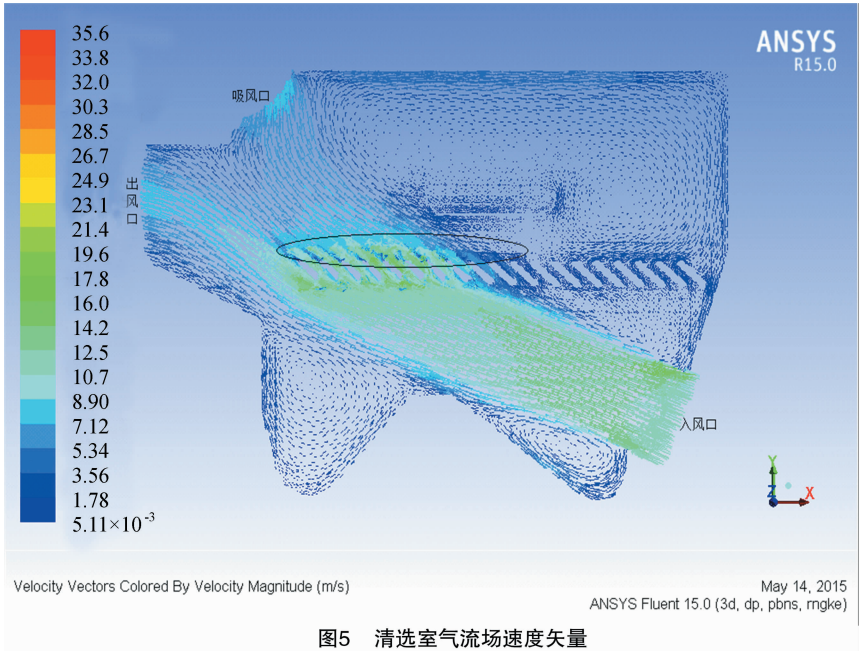


图5 清选室气流场速度矢量

王爱新,李春友,张 喆. 基于计算机视觉的农业图像害虫定位检测算法[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):361-364.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.106

基于计算机视觉的农业图像害虫定位检测算法

王爱新,李春友,张 喆

(河北农业大学信息科学与技术学院,河北保定 071000)

摘要:目前农业害虫检测主要依靠人工作业,造成效率低下、易受环境因素和主观因素影响,故本研究提出了基于计算机视觉的农业害虫检测识别算法。首先,融合灰度空间、HSV 空间与 YUV 空间,以线性形式构造害虫区域粗定位模型;然后基于直方图均衡化与投影直方图,分析图像特征;再基于均值漂移算法,定位害虫区域,实现细定位;最后,再提出基于轮廓梯度差的 Grabcut 算法,精确检测出害虫。试验测试数据表明:与当前农业害虫定位检查技术相比,本研究算法拥有更高的检测精度,能精确定位识别害虫目标。

关键词:HSV 空间;直方图均衡化;Grabcut;均值漂移算法;计算机视觉;农业图像;害虫定位

中图分类号:TP391.4;S126 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)07-0361-04

农业是一个国家的安国之本,也是与一个社会每天正常运作息息相关的。目前世界各国,尤其是发达国家,已经越来越重视农业的生产效率和自动化程度。近几年来,计算机技术在不断发展并应用到农业领域。在这样的大背景下,将基于计算机视觉为核心技术的自动化设备引入农业领域^[1-2],是十分必要的。它不仅可以提高农业生产效率,也可以提高农业产品的质量。而计算机视觉技术可以应用于农业的各个

领域,比如无人飞机自动导航播种、耕地机器人视觉导航以及农业产品外观质量的视觉检测。其中的农业产品外观质量的视觉检测,是直接关乎农业产品,进而影响人民生活质量的。

农业生产中的很多阶段,需要对农业产品进行质量检测,检查是否存在害虫,从而及时处理,以免影响更大的范围,可见农业产品外观质量的视觉检测的重要性^[3]。在农业害虫的检测中,主要干扰来源有 2 个:外界光源对图像质量的影响、害虫图像背景复杂。总而言之,就是害虫在图像中很难与背景分离^[4],即图像分割有很大的困难。而传统的检测技术主要依赖于人眼,是农民自己对农产品的每个细节进行检查。但是检查环境往往很恶劣,同时受天气干扰,检查工作很难展开。但是如果采用带视觉的机器人对其进行检查并做相应处理^[5-6],则可以大大克服环境与天气的不利影响,同时具有很高的查出率,检测精度客观。

对此,学者们也做了大量研究,提出了诸如多尺度集合变

收稿日期:2015-08-23

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2011BAD38B02);河北省科技支撑计划(编号:11237178);公益性行业(林业)科研专项(编号:201204105);黄淮海平原农田防护林生态系统定位研究观测站资助项目。

作者简介:王爱新(1978—),男,河北保定人,硕士,讲师,主要从事计算机通信及图形学、计算机应用的研究。E-mail:wangaixin1978hb@sina.com。

5 结论

利用 ANSYS 软件中集成的 Fluent 对清选室气流场进行数值模拟计算,得到了整个清选室的气流场分布,计算出气流场中筛面上中点、出风口气流速度。

采用正交仿真试验,分析离心风机风速、吸引风机风速、离心风机倾角及百叶窗筛夹角对清选室气流场的影响,其中百叶窗筛夹角对清选室的筛面气流场的分层影响较大。

通过仿真试验得到籽粒与杂质有效分离的参数组合:离心风机风速为 12 m/s,吸引风机风速为 6 m/s,离心风机倾角为 25°,百叶窗筛夹角为 40°。

参考文献:

- [1] 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:169-170.
- [2] 钟 挺,胡志超,顾峰玮,等. 4LZ-1.0Q 型稻麦联合收获机脱粒清选部件试验与优化[J]. 农业机械学报,2012,43(10):76-81.

- [3] 李耀明,赵 湛,陈 进,等. 风筛式清选装置上物料的非线性运动规律[J]. 农业工程学报,2007,23(11):142-147.
- [4] 李耀明,唐 忠,李洪昌,等. 风筛式清选装置筛面气流场试验[J]. 农业机械学报,2009,40(12):80-83.
- [5] 李洪昌,李耀明,徐立章,等. 风筛式清选装置气流场的数值模拟与分析[J]. 江苏大学学报:自然科学版,2010,31(4):378-382.
- [6] Panneerselvam R, Savithri S, Surender G D. CFD modeling of gas-liquid-solid mechanically agitated contactor[J]. Chemical Engineering Research & Design,2008,86(12A):1331-1344.
- [7] Gebrehiwot M G, De Baerdemaeker J A. Effect of a cross-flow opening on the performance of a centrifugal fan in a combine harvester: computational and experimental study[J]. Biosystems Engineering,2010,105(2):247-256.
- [8] 李 方,李耀明. 切纵流清选室气道气流优化与仿真研究[J]. 农机化研究,2015,37(2):75-78.
- [9] 吴守一. 农业机械学[M]. 北京:机械工业出版社,1992:124-125.
- [10] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统:实验设计、系统分析及数据挖掘[M]. 北京:科学出版社,2007:244-246.