

# 油菜籽粒在割台纵向正压气流场中 漂移运动的数值模拟

潘海兵<sup>1,2</sup> 王廷廷<sup>1</sup> 黄小毛<sup>1,2</sup> 查显涛<sup>1</sup> 宗望远<sup>1,2</sup>

1. 华中农业大学工学院, 武汉 430070; 2. 湖北省现代农业装备工程技术研究中心, 武汉 430070

**摘要** 为降低油菜联合收获过程中的割台损失, 提出使用正压气流收集下落籽粒的方法, 探讨处于下落过程中的油菜籽粒在正压气流场中的漂移特性, 并采用 Fluent 和 EDEM 软件气固耦合模拟籽粒在无秸秆正压气流场中的漂移运动过程, 利用自制室内台架试验装置进行台架试验验证模拟结果。结果表明: 在流场中无油菜植株及籽粒初始下落高度一定的情况下, 收集单体对从喷嘴正上方下落籽粒的收集率, 随单体竖直高度的增加呈先增大后减小趋势, 且随收集单体纵向长度的增加而减小; 当其他条件不变时, 在一定范围内, 气流速度值越大, 收集装置的收集效果越好; 超出一定范围后, 收集装置的收集效果又随气流速度值继续增大而减小。在收集单体竖直高度为 435 mm、纵向长度为 620 mm 和籽粒初始下落高度为 700 mm 等条件下, 模拟得出的最佳入口气流速度约为 20 m/s, 而台架试验得出的最佳出口气流速度约为 30 m/s, 此时模拟和实测得到的收集率分别达到 97.30% 和 92.10%。

**关键词** 油菜; 联合收获; 割台损失; 正压气流收集; 气固耦合

**中图分类号** S 225.99 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2015)03-0117-07

油菜是一种重要的经济作物, 其机械化收获是近年来农机领域研究的热点<sup>[1-17]</sup>。经过多年努力与发展, 油菜联合收割机的作业性能有了较大提升, 但与稻麦联合收割机相比, 作业性能参数(损失率、含杂率等)仍存在较大差距<sup>[18]</sup>。过高的损失率是当前制约油菜联合收获机械发展的瓶颈。收获时, 油菜成熟度越高含水率越低时, 前方割台/田间落粒损失越大, 后续脱粒分离和清选损失越小; 而成熟度不够又会导致出油率下降, 而含水量偏高会导致脱分和清选困难而造成脱分及清选损失。已有的研究表明, 油菜收割机作业时的机器平均籽粒损失率达 9.2%, 而割台损失所占比例高达 50%<sup>[19]</sup>, 因此, 应统筹考虑机具的前后损失, 在优化脱分与清选装置的同时, 开发与收获时机适当后移或为晴天午后相适应的新型割台。

针对油菜联合收获割台损失问题, 目前虽已有一些针对油菜生物特性的专门措施, 如加长割台、加装侧边立式割刀和优化拨禾轮工作参数等, 但从试验结果来看, 割台损失的优化仍存在较大空

间<sup>[1,5,19]</sup>。为进一步降低油菜联合收获过程中的割台损失, 笔者课题组提出使用正压气流收集下落籽粒的方法, 初步探讨处于下落过程中的油菜籽粒在正压气流场中的漂移特性, 利用 Fluent 和 EDEM 软件气固耦合仿真籽粒在正压气流场中的漂移运动过程, 并采用台架试验验证模拟结果, 旨在为进一步对静止秸秆或运动秸秆室内进行台架试验和田间试验提供理论依据。

## 1 纵向正压气流收集装置

### 1.1 结构与工作原理

纵向正压气流收集装置由横向总管和若干分支单体组成, 单体又由纵向输气管、竖直输气管和喷嘴 3 部分组成(图 1)。该装置与割台配合时, 采用悬挂方式安装在割台前部的上方或下方, 必要时可绕轴线向后方旋转折叠以便于空载行走或运输。

收集装置工作时, 机器后部正压风机开启, 高速气流通过连接软管、纵向输气管和竖直输气管后从单体喷嘴喷出。因喷嘴后仰且渐扩的结构形式, 相

收稿日期: 2014-07-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(51205150); 教育部新教师基金项目(20110146120007); 中央高校基本科研业务费专项(2011QC012)

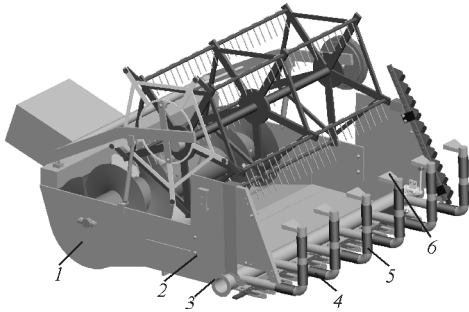
潘海兵, 博士, 讲师. 研究方向: 机械设计与理论. E-mail: phb@mail.hzau.edu.cn

通信作者: 黄小毛, 博士, 副教授. 研究方向: 现代农业装备设计与测控. E-mail: huangxiaomao@mail.hzau.edu.cn

邻单体喷出的气流汇集可形成向后向上的纵向高速气流层。机器采用对行操作方式,每个收集单体处于相邻两行油菜植株中间随机器向前运动。当植株底部接触到切割器时被割断,在受拨禾轮挑拨后向后越过收集装置横向总管进入割台内部。

机器在工作过程中,由于油菜异熟性、裂角性、分枝交叉等特性,部分油菜果荚在拉扯、击打、切割、振动等作用下破裂。脱离果荚的籽粒因重力作用下落,若处于单体收集范围内,在正压高速气流作用下即产生纵向位移,若无阻挡即可进入割台内部而被有效收集。

利用气流对轻质物料的定向运移作用,并考虑油菜角果层离地高度和割茬高度大,采用气力而非机械、在线(针对下落过程中的籽粒)而非离线(针对落地后的籽粒)方式,该方案在一定程度上可减少割台损失。



1. 割台 Cutting platform; 2. 悬挂装置 Hanging device;  
3. 横向总管 Lateral main pipe; 4. 纵向输气管 Longitudinal gas pipe; 5. 垂直输气管 Vertical gas pipe; 6. 喷嘴 Nozzle.

图 1 带有纵向正压气流收集装置的油菜收割机割台  
Fig. 1 Oil rape combine harvester cutting platform with collection device of longitudinal positive pressure airflow

## 1.2 籽粒运动过程分析

带有纵向正压气流收集装置的油菜收割机,在无秸秆情况下,假设喷嘴仰角  $\alpha$  和张角  $\beta$  均为  $0^\circ$ ,机器前进速度为 0,观察喷嘴正前方下落籽粒的运动情况,则籽粒主要受到重力  $G$  和向后的气流压差力  $F$  的作用(图 2)。

若籽粒下落初始位置  $O$  的竖直高度(以割台平面为参考平面,下同)为  $H$ ,正压气流层起始高度为  $h_1$ ,正压气流层终止高度为  $h_2$ ,单颗籽粒质量为  $m$ ,重力加速度为  $g$ ,则籽粒在落入割台平面以下前的水平位移  $S$  可表示为

$$S = \frac{F}{mg} \{ 2 [\sqrt{H(H-h_1)} - \sqrt{H(H-h_2)}] + h_1 - h_2 \} \quad (1)$$

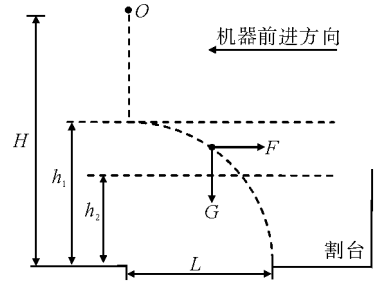


图 2 籽粒运动过程分析示意图

Fig. 2 Analysis schematic of rape seed movement

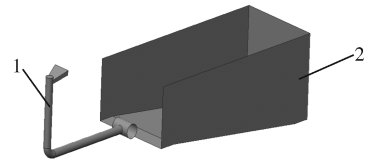
设籽粒下落初始位置  $O$  离割台前沿的距离为  $L$ ,则当  $S \geq L$  时籽粒才能被成功收集。由式(1)可知,收集效果直接受到  $H$ 、 $h_1$ 、 $h_2$ 、 $F$ 、 $m$  等参数取值的影响,其中气流作用力  $F$  并非恒力,具体由气流场分布状况、籽粒体积大小等决定。同时,实际喷嘴的仰角和张角取值并不为  $0^\circ$ ,机器前进速度也不为 0,籽粒水平位移  $S$  很难通过理论分析而准确计算,故采用数值模拟方法进行研究。

## 2 Fluent 和 EDEM 耦合模拟

### 2.1 耦合仿真的几何模型与参数设置

如图 3 所示,为提高计算效率,选取单一收集单体作为耦合模拟计算模型,即暂不考虑相邻收集单体之间的相互影响。

横向总管管内径取值 80 mm,分支输气管内径取 40 mm,喷嘴仰角  $\alpha = 10^\circ$ ,张角  $\beta = 120^\circ$ ,开口宽度 20 mm,开口长度 100 mm,纵向输气管长度分别取 450、620、790 mm,垂直输气管长度分别取 265、435、605 mm 三组参数。



1. 收集装置 Collection device; 2. 简化割台 Simplified cutting platform.

图 3 模拟用三维模型

Fig. 3 3D model for simulation

耦合仿真计算过程采用欧拉-拉格朗日(Eulerian-Lagrangian)法,油菜籽粒简化为硬球模型,籽粒与籽粒之间及籽粒与接收装置之间的接触模型选用 Hertz-Mindlin 无滑动接触模型,籽粒半径设置为 1 mm,泊松比为 0.25,剪切模量为  $1.1 \times 10^7$  Pa<sup>[20]</sup>,

密度为  $947 \text{ kg/m}^3$ ，千粒重为  $3.4 \text{ g}$ 。籽粒总数设为  $5\ 882$  粒，即约  $20 \text{ g}$ ；颗粒工厂（尺寸为  $100 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ ）位于喷嘴正上方且距进气管中心线的竖直高度为  $700 \text{ mm}$ 。

在不同算例中其竖向和横向坐标均不变，而纵向坐标随单体纵向长度变化而变化；籽粒下落初始速度为  $0$ 。

### 2.2 耦合仿真试验的后处理

耦合计算过程完成后，可通过在 EDEM/Analyst 模块中设置几何仓来自动统计收集籽粒的个数，进而预估装置结构参数及气流工作参数对机器割台损失及总损失产生的影响。

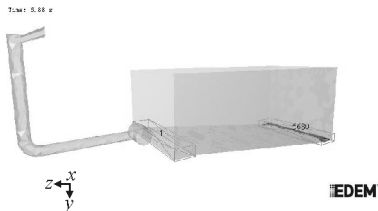


图 4 EDEM/Analyst 中的计算域  
Fig. 4 Geometry bin of EDEM/Analyst

如图 4 中线框区域所示，创建二个几何仓，一个位于割台前方的水平表面上，另一个位于割台内部区域的后方。模拟计算完成后，进入几何仓内的静止籽粒即为被收集的籽粒，其总数记为  $n_1$ 。

若下落籽粒总数为  $N$ ，则未被收集的籽粒数  $n_2 = N - n_1$ 。

气流对下落籽粒的收集率  $\omega$  按下式计算：

$$\omega = \frac{n_1}{N} \times 100\% \quad (2)$$

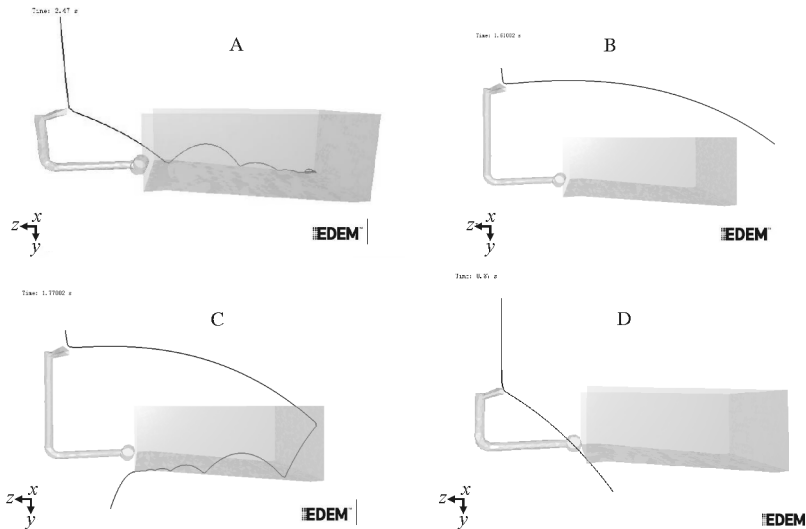
根据文献[19]中给出的目前中国 15 款油菜联合收割机代表性机型的平均总损失率  $9.20\%$  及其中割台损失率所占比重超过  $50\%$  的结果，可预估采用气力式收集方法后机器总损失率降低净值  $\eta$  和机器总损失率降低幅度  $\lambda$ ：

$$\eta = \frac{n_1}{N / (9.2\% \times 50\%)} \times 100\% \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{\eta}{9.2\%} \times 100\% \quad (4)$$

### 2.3 耦合仿真试验的结果与分析

1) 典型籽粒漂移过程。从耦合模拟数据结果中分析导出籽粒在气流作用漂移过程中的 4 种典型运动轨迹。由图 5 可知，在不同气流场作用下，籽粒随气流漂移时表现出不同的特性。部分籽粒掉落在底板上经过多次小幅度反弹后最终顺利被收集(图 5-A)；部分籽粒开始时虽进入割台范围内，但却越过割台后挡板飞出或者与割台后挡板强烈碰撞反弹后从前部流出(图 5-B、C)；还有部分籽粒由于纵向位移太小完全未进入割台范围而成为直接掉落的籽粒(图 5-D)。



A. 被有效收集籽粒 Collected particle; B. 被吹出籽粒 Blown out particle; C. 弹出籽粒 Popped up particle; D. 直接掉落籽粒 Dropped off particle.

图 5 典型籽粒运动轨迹图  
Fig. 5 Typical movement trajectory of particles

2)收集单体结构参数对收集效果的影响。在研究结构参数时,重点考察收集单体的竖直高度(喷嘴顶端与进气管轴线间的竖直距离)和纵向长度(喷嘴边缘与进气管轴线间的纵向距离)。试验时,单体纵向长度取 450 mm,单体竖直高度取 435 mm,气流入口条件为 20 m/s,出口条件为 0 MPa,分别观察竖直高度和纵向长度对收集效果的影响(表 1)。

由表 1 可知,在气流工作参数及单体纵向长度一致的情况下,单体竖直高度对从喷嘴正上方下落籽粒的收集率随单体竖直高度的增加呈先增大后减小趋势。这是因为当籽粒下落高度一定时,单体竖直高度的增加使得籽粒进入气流层的初速度变小,

因此增大了在气流层中的停留时间,同时加大了气流作用力水平分力对籽粒的作用时间,最终增大了籽粒的纵向位移。

在单体纵向长度一定时,籽粒进入割台的区域的可能性增大。但是,当纵向位移达到一定程度,籽粒有可能直接飞过割台后方挡板或者与之产生强烈反弹而从割台前方落下,造成二次损失。在气流工作参数及单体竖直高度一致的情况下,单体纵向长度对从喷嘴正上方下落籽粒的收集率随收集单体纵向长度的增加而减小。这是因为籽粒纵向位移相同时,单体纵向长度越长,直接掉落的籽粒的数量越多,有效收集的籽粒数量越少。

表 1 不同竖直高度和纵向长度下的籽粒收集效果

Table 1 Particles collecting effect of different vertical height and longitudinal length

结构参数 Structure parameters	籽粒收集数( $n_1$ ) Particles collecting amount	未被收集 籽粒数( $n_2$ ) Loss particles collecting amount	下落籽粒 收集率( $\omega$ )/% Collecting rate of falling seeds	机器总损失率降低 预估净值( $\eta$ )/% Lean declining amount of the total machine loss rate	机器总损失率 降低幅度( $\lambda$ )/% Declining rate of the total machine loss rate	
竖直高度( $h$ )/mm Vertical height	265 435 605	3 645 5 681 3 880	2 237 201 2 002	61.97 96.58 65.96	2.85 4.44 3.03	30.98 48.29 32.98
纵向长度( $l$ )/mm Longitudinal length	450 620 790	5 679 4 554 3 575	203 1 328 2 307	96.55 77.42 60.78	4.44 3.56 2.80	48.27 38.71 30.39

3)收集单体工作参数对收集效果的影响。试验时重点观察收集单体入口气流速度大小对籽粒收集效果的影响。由表 2 可以看出:当结构参数、出口条件一致时,在一定范围内,入口处的气流速度值越大,收集装置的收集效果越好;超出一定范围后,收集装置的收集效果又随入口处的气流速度值继续增大而减小。这是因为气流速度的增加会增大籽粒的纵向位移,而籽粒下落的纵向位置及割台的纵向长

度为定值,因此,开始时收集效果随气流速度增加而增加,而后由于纵向位移过大,部分籽粒直接越过割台后挡板或者与之强烈碰撞反弹回来。

在单体竖直高度为 435 mm、纵向长度为 620 mm和气流出口条件为 0 MPa 等条件下,模拟仿真得出的最佳入口气流速度约为 20 m/s,此时,收集单体对喷嘴上方直接掉落籽粒的收集率达到 97.30%。

表 2 不同入口气流速度下的耦合仿真收集效果

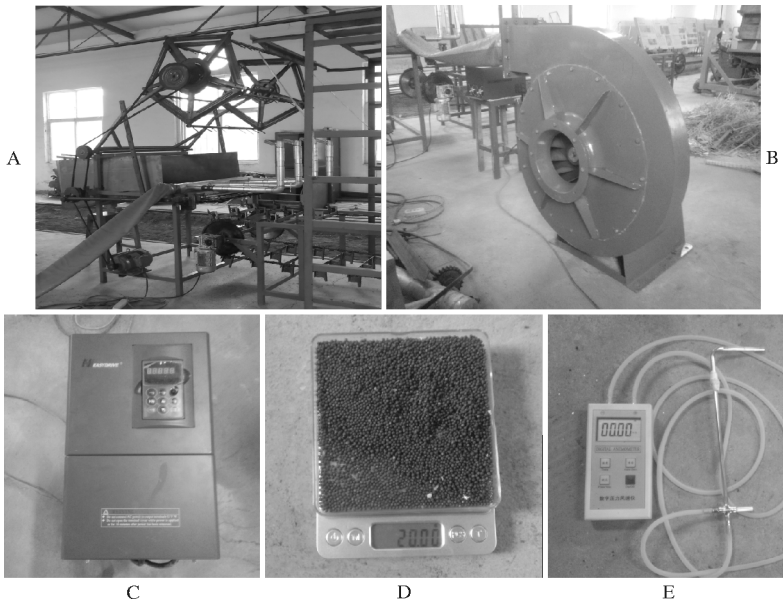
Table 2 Collecting effect under different entrance airflow velocity

入口气流 速度( $v$ )/(m/s) Entrance airflow velocity	籽粒收集数( $n_1$ ) Particles collecting amount	未被收集 籽粒数( $n_2$ ) Loss particles collecting amount	下落籽粒 收集率( $\omega$ )/% Collecting rate of falling seeds	机器总损失率降低 预估净值( $\eta$ )/% Lean declining amount of the total machine loss rate	机器总损失率 降低幅度( $\lambda$ )/% Declining rate of the total machine loss rate
10	0	5 882	0.00	0.00	0.00
15	298	5 584	5.07	0.23	2.53
20	5 723	159	97.30	4.48	48.65
25	3 683	2 199	62.61	2.88	31.31
30	625	5 257	10.63	0.49	5.31

### 3 数值模拟的验证试验

为验证耦合仿真计算的有效性,利用自行设计试制的室内台架试验装置进行试验,重点观察气流速度这一工作参数对收集效果的影响。试验中气流速度的调节利用变频器控制风机工作电流频率的方式完成。由于入口气流速度难以准确测量(管道内部,且边界层效应严重),改用调节出口气流速度的方法。实际测量点为喷嘴出口的正中心位置。试验时油菜品种为华双 4 号,从市场种子公司购买,未

经筛分、晾晒烘干或加湿等处理,实测含水率约为 5.56%,千粒重约为 3.4 g,直径分布范围 1.30~2.10 mm。单体竖直高度取 435 mm,纵向长度取 620 mm,喷嘴仰角为 20°,针对每组参数试验 3 次后取平均值。每次试验称取油菜籽粒 20 g,人工用纸杯从喷嘴出口 1/2 宽度正上方固定高度处(离横向总管中心线竖直距离 700 mm)以呈线束状下抛。试验地点为华中农业大学工科基地农机库,时间为 2014 年 4 月 11 日至 2014 年 4 月 13 日。使用的主要器材如图 6 所示。试验结果如表 3 所示。



A. 试验台架 Test bench; B. 18.5 kW 9-19 型高压风机 18.5 kW 9-19 high pressure fan; C. 变频器 Frequency converter; D. 分度值 0.01 g 电子秤 Electronic scale with unit of 0.01 g; E. 皮托管风速仪 Pitot tube anemometer.

图 6 试验主要器材

Fig. 6 Main experimental equipments

表 3 单体出口处气流速度对收集效果的影响

Table 3 Influence of exit airflow velocity on collection effect

出口中心 气流速度/(m/s) Exit airflow velocity	对应风机 电流频率/Hz Corresponding current frequency of fan	下落籽粒收集 量的平均值/g Average collecting amount of falling seeds	下落籽粒 收集率( $\omega$ )/% Collecting rate of falling seeds	机器总损失率降低 预估净值( $\eta$ )/% Lean declining amount of the total machine loss rate	机器总损失率 降低幅度( $\lambda$ )/% Declining rate of the total machine loss rate
15.00	24.90	1.09	5.45	0.25	2.73
20.00	29.50	4.00	20.00	0.92	10.00
23.00	32.75	7.80	39.00	1.79	19.50
25.00	35.60	14.48	72.40	3.33	36.20
30.00	42.14	18.42	92.10	4.24	46.05
35.00	47.57	16.08	80.40	3.70	40.20
37.30	50.00	12.62	63.10	2.90	31.55

利用表3和表4中的数据,可得到图7所示的曲线关系。由图7可以看出,软件耦合仿真和台架试验结果基本保持一致,因此,采用软件耦合仿真方法对装置结构及工作参数进行预测和优化研究具有一定可行性。2种试验方法的结果表明,收集装置主要工作参数(气流速度)对籽粒收集效果的影响规律基本一致,即当气流速度小于某一特定值时,随着气流速度的增大,籽粒收集率也随之变大;当气流速度超过该值时,随着气流速度增大,籽粒的收集率反而变小。

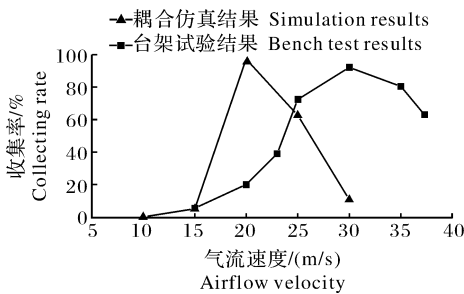


图7 气流速度对籽粒收集率的影响趋势

Fig. 7 Effect trend of the airflow velocity on collection rate of seeds

在考虑具体数值定量分析时,耦合仿真结果和台架试验的结果存在一定差异。2种试验方法中具体气流速度值对应的籽粒收集率存在一定偏差,并且曲线峰值所对应的气流速度也不一致。分析其原因,主要是2种试验方法的条件有差异:第一,入口气流速度不同。耦合仿真试验时设定单体入口气流速度,且假设速度均匀而无边界层效应;台架试验中则由于入口气流速度测量困难而设定出口气流速度,同时由于边界层效应严重,出口气流速度均匀性极差,且实测速度存在测量偏差。第二,籽粒属性有一定差异。耦合仿真试验时,假设籽粒为理想球体,其直径一致、密度均匀,而台架试验时,籽粒间差异性较大;耦合仿真试验时的籽粒泊松比和剪切模量等参数取值均来自文献,由于试验条件限制无法测量验证。第三,籽粒抛投方式不同。耦合仿真时籽粒工厂为长方形结构,籽粒呈瀑布状下落,而台架试验时籽粒采用纸杯定点抛洒,籽粒成线束状下落。后续研究应考虑如何将2种方法的试验条件尽可能做到一致。

## 4 讨论

本试验采用 Fluent 和 EDEM 软件气固耦合仿

真方法模拟了油菜籽粒在无秸秆正压气流场中的漂移运动过程,并通过室内台架试验验证软件模拟仿真结果的有效性。试验结果表明,2种研究方式下,收集装置主要工作参数(气流速度)对籽粒收集效果的影响规律基本一致。收集单体对从喷嘴正上方下落籽粒的收集率随单体垂直高度的增加呈先增大后减小趋势,且随收集单体纵向长度的增加而减小。当结构参数、出口条件一致时,在一定范围内,气流速度值越大,收集装置的收集效果越好;超出该范围后,收集装置的收集率又随气流速度值继续增大而减小。在收集单体垂直高度为 435 mm、纵向长度为 620 mm 和籽粒下落初始高度为 700 mm 等条件下,模拟仿真得出的最佳入口气流速度约为 20 m/s,收集单体对喷嘴上方直接掉落的籽粒的收集率达到 97.30%;而台架试验得出的最佳出口气流速度约为 30 m/s,收集单体对喷嘴上方直接下落籽粒的收集率达到 92.10%,因此,采用软件耦合仿真方式对装置结构及工作参数进行研究具有一定可行性。

本试验通过气流收集得到的油菜籽粒,在现有传统联合收割机割台结构方式下本是割台损失的一部分,这种方法对有效降低油菜联收割台损失进而提升整机作业性能是一种有益探索。另外,本试验假设气流场中无秸秆,与实际田间工况相差较大,这可为进一步对静止秸秆或运动秸秆室内进行台架试验和田间试验条件下油菜割台籽粒损失气力式收集装置的研究提供参考。为提高复杂工况下的籽粒收集效果,收集装置的结构形式还有待进一步改进与创新。

## 参 考 文 献

- [1] 李耀明. 我国油菜联合收割机的现状与展望[J]. 农机质量与监督, 2005(1): 40-42.
- [2] 黄小毛, 宗望远. 油菜联合收获的研究现状及发展趋势[J]. 农业工程, 2012, 2(1): 14-19.
- [3] BRUCE D M, HOBSON R N, MORGAN C L, et al. Threshability of shatter-resistant seed pods in oilseed rape [J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 2001, 80(4): 343-350.
- [4] 刘德军, 赵秀荣, 高连兴, 等. 不同收获方式含水率对油菜收获物流损失的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 339-342.
- [5] 陈翠英, 王新忠, 何增富. 谷物联合收获机油菜收获割台的设计[J]. 农业机械学报, 2003, 34(9): 54-56.
- [6] 李海同, 廖庆喜, 李平, 等. 油菜联合收获机分体组合式割台的设计[J]. 华中农业大学学报, 2014, 33(5): 111-116.

- [7] 宗望远,廖庆喜,黄鹏,等.组合式油菜脱粒装置设计与物料运动轨迹分析[J].农业机械学报,2013,44(S2):41-46.
- [8] 李耀明,周金芝,徐立章,等.油菜联合收割机脱粒分离装置的试验[J].江苏大学学报:自然科学版,2005,26(4):281-284.
- [9] 李耀明,徐立章,杨秀景,等.油菜轴流脱粒滚筒性能对比试验[J].农业机械学报,2007,38(8):86-89.
- [10] 李耀明,王智华,徐立章,等.油菜脱出物振动筛分运动分析及试验研究[J].农业工程学报,2007,23(9):111-114.
- [11] 李耀明,董钢,徐立章.油菜籽透筛过程的仿真实验与分析[J].农业机械学报,2007,38(9):189-190.
- [12] 李耀明,李洪昌,徐立章,等.短纹杆-板齿轴流脱粒分离装置性能试验[J].农业机械学报,2009,40(7):88-92.
- [13] 马征,李耀明,徐立章.油菜脱出物漂浮速度及摩擦与浸润特性的测定与分析[J].农业工程学报,2011,27(9):13-17.
- [14] 李洪昌,李耀明,唐忠,等.基于 EDEM 的振动筛分数值模拟与分析[J].农业工程学报,2011,27(5):117-121.
- [15] 宗望远,廖庆喜,陈立,等.完熟期油菜果荚不同脱粒方式的脱粒效果[J].农业工程学报,2012,28(9):29-34.
- [16] 李洪昌.风筛式清选装置理论及试验研究[D].镇江:江苏大学图书馆,2011.
- [17] 肖梦华.新型谷物清选装置中气固两相流的数值模拟和试验研究[D].杭州:浙江理工大学图书馆,2013.
- [18] 中国机械工业部.谷物联合收割机产品质量分等[S].中华人民共和国机械行业标准,JB/T 51190-1997,1997.
- [19] 徐振兴.浅析油菜收获机械化发展现状、问题及对策[J].基层农技推广,2013,1(9):28-30.
- [20] 李诗龙.油菜籽的物理特性浅析[J].中国油脂,2005,30(2):17-20.

## Numerical simulation of drifting process of oil rape seeds in a longitudinal positive pressure airflow field of the cutting platform

PAN Hai-bin<sup>1,2</sup> WANG Ting-ting<sup>1</sup> HUANG Xiao-mao<sup>1,2</sup>

ZHA Xian-tao<sup>1</sup> ZONG Wang-yuan<sup>1,2</sup>

1. College of Enigneering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Hubei Province Research Center of Engineering Technology for Modern Agricultural Equipment, Wuhan 430070, China

**Abstract** In order to decrease the cutting table loss rate of the rape combine harvester, a novel method to collect the falling rape seeds by airflow of positive pressure was proposed in this paper. To investigate the drifting characteristics of rape seed in the positive pressure airflow field, the movement process of the seeds was simulated by coupling of Fluent and EDEM. And then the results of the simulation were verified by a test bench. Experiments show that in an airflow field without stalks and with a certain initial height of the seeds, the collection amount of seeds falling from the position above nozzle increased first and then decreased with the ascending of the monomer vertical height, but descended with the increasing of the monomer longitudinal length. With the consistent structural parameters and exit conditions, in a certain range, the larger the airflow velocity value is, the better the collection effect is; outside of this range, the collection effect declined when the airflow velocity value continued to climb up. Under the condition that the collection monomer vertical height is 435 mm, the longitudinal length is 620 mm and the initial height of falling seeds is 700 mm, the optimum inlet airflow velocity of the simulation results is about 20 m/s, while the most preferably outlet airflow velocity of the bench test results is about 30 m/s. At this time, the corresponding collection rate of the seeds falling from the position above the nozzle is 97.30% and 92.10% respectively.

**Key words** rape; combine harvesting; cutting platform loss; positive pressure airflow collection; gas-solid coupling