

# 基于 ADAMS 的型孔式棉花精量排种器 仿真平台开发及试验

高广娣, 胡 斌, 温宝琴, 朱荣光, 李盛林

(石河子大学 机械电气工程学院, 新疆 石河子 832003)

**摘要:**应用虚拟样机技术软件 ADAMS 结合其二次开发功能, 研发型孔式棉花精量排种器仿真平台。以新陆早 23 号棉种为例, 应用该系统虚拟定量地研究型孔式棉花精量排种器的排种过程, 以揭示种子与排种器系统之间的作用机理。虚拟试验结论与经验值台架试验结果的匹配验证了仿真系统的相对正确性。该系统的开发对于机械式排种器的改进和创新有重要的意义。

**关键词:**棉花精密排种器; 仿真平台; 排种过程; 虚拟试验

**中图分类号:** TS203 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2286(2010)06-1301-06

## Development and Test of Cotton Precision Dribbler Simulation System based on ADAMS

GAO Guang-di; HU Bing; WEN Bao-qin; ZHU Rong-guang; LI Sheng-lin

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Shihezi University, Xinjiang 832003, China)

**Abstract** A cotton precision dribbler simulation system was developed based on ADAMS. In order to study the correlation between seeds and dribbler, cotton seeds' cinematic process was simulated virtually and quantitatively by taking Xinluzao23 as the testing material. The results from simulation system matched the experiential results which shows that the system is correct. It is very important for the improvement and creation of the mechanical precision dribbler.

**Key words** cotton precision dribbler; simulation system; discharging process; simulation test

精量播种是现代农业发展的主要方向之一。排种器是实施精量播种的核心工作部件, 其性能的优劣直接影响到播种效果的好坏。近年来, 国内外学者在提高农作物播种效率、降低空穴率、实现一穴一粒精量播种等方面开展了积极的探讨, 研制开发了一系列精量排种器, 有力支撑了农作物精量播种技术的推广<sup>[1-3]</sup>。但是, 现有精量排种器产品研究开发过程基本都要经过样机设计、样机试制、田间试验、改进设计、再试制、试验等多个步骤, 研发过程存在一些致命的缺陷, 成本高、周期长、设计粗糙、精度低, 很多参数依靠设计人员根据经验确定, 从而制约了产品质量的提高。

排种过程的计算机数值模拟对精量播种机械的研究有重要意义。通过计算机数值模拟, 可以快捷地虚拟定量研究排种过程, 揭示种子与排种器的工作机理。对于精量排种器的改进和创新具有极其重要的意义。

收稿日期: 2010-06-30 修回日期: 2010-10-16

基金项目: 国家自然科学基金项目 (50765006)

作者简介: 高广娣 (1981-), 女, 讲师, 硕士, 主要从事农业机械及虚拟样机技术相关研究, E-mail: gaoguangd@tm.com。

虚拟样机技术及其软件提供的卓越的二次开发功能,使排种器排种过程的计算机数值模拟成为可能。采用虚拟技术克服了传统设计方法的缺点,很大程度上缩短了产品开发周期,减少了人力和物力损耗,从而降低了开发成本,同时在提高设计精度、改善产品质量、增强产品的竞争力方面效果显著<sup>[4]</sup>。随着我国农业机械化水平的提高,各种大型机械、复杂的联合机械的广泛应用,在农机新产品的研发及逆向工程中,虚拟样机技术得到了广泛的应用并发挥越来越重要的作用<sup>[5]</sup>,如将虚拟样机技术运用到小型甘蔗收获机等研究中<sup>[6]</sup>,再如研究基于虚拟仪器的排种器性能检测技术<sup>[7]</sup>等研究均取得了显著成果<sup>[8-9]</sup>。

本文以某种型孔式棉花精量排种器为研究对象,针对其设计开发过程中存在的一些问题,综合考虑“人—机—环境”之间的相互作用,从测定了棉花种子颗粒的主要特征参数入手,建立种子的虚拟模型,运用虚拟样机技术软件 ADAMS 构建排种器的参数化虚拟模型,开发了一种型孔式棉花精量排种器仿真平台,进行设计参数变化与样机性能间相关性的仿真试验研究,形成系列化分析平台,研究成果对探讨主要结构参数和工作参数对型孔排种器充种性能的影响、改进排种器结构设计有着重要意义,为现有产品提供优化方向的同时,为农机新产品的开发提供一种新的研究思路和快捷方法。

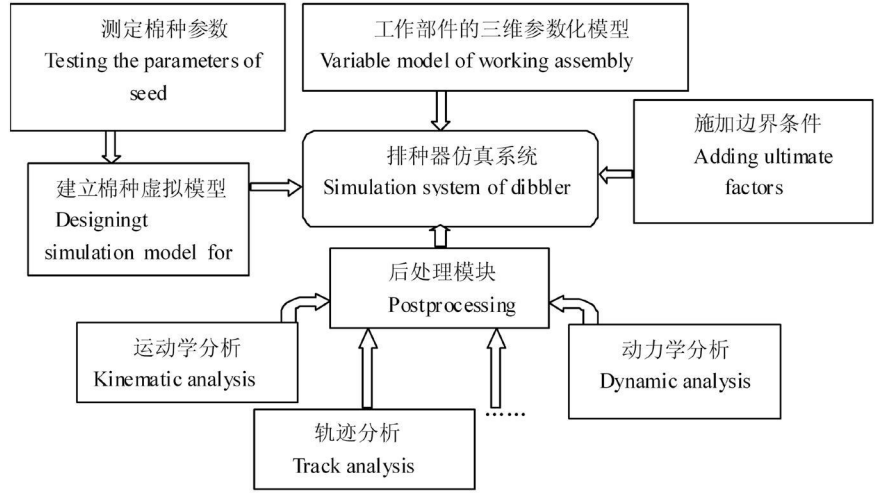


图 1 型孔式棉花精量排种器仿真平台的构成  
Fig 1 Structure of cotton precision dibbler simulation system

## 1 仿真平台的基本组成

仿真平台由以下主要模块组成:

- ①工作部件的三维参数化设计模块; ②棉种定位模块; ③排种器排种过程仿真模块; ④仿真结果后处理模块。

其组成框图如图 1。

## 2 多体运动学仿真模型的建立

### 2.1 种子虚拟模型建立

为使种子虚拟模型更接近真实情况,前期进行了种子特征参数提取实验。实验品种为新陆早 23 号。由于种子形状非常不规则,实验获取了其平均尺寸:棉籽长为 9.251 75 mm,宽为 4.77 mm,高为 4.364 3 mm,密度为 1.043 g/mL。采用 UG 进行建模,利用 Sketch 命令根据前期获得的棉籽特征参数绘制样条曲线、放样截面线并进行放样,可得单粒种子的实体模型,并使用 Translate 命令生成种群。导入 ADAMS 后,加载其密度,构建虚拟模型<sup>[10]</sup>。

### 2.2 工作部件虚拟模型建立

建立工作部件仿真模型的方法有很多。本文直接采用 ADAMS 三维建模功能进行工作部件建模,为了实现参数化并开发相应菜单和对话框,使用了宏命令进行宏记录以获取建模的相关命令。如图 2 所示为型孔式棉花精量排种器的简化虚拟模型。

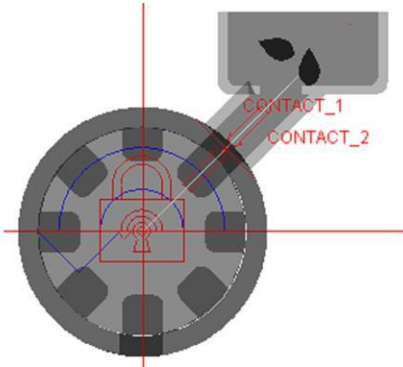


图 2 排种器虚拟样机模型

Fig 2 Simulation model of precision drill bit

MyMenu	
MainMenu	
YuanZhu	Ctrl+Y
ZhuXing	Ctrl+H
BanQiu	Ctrl+B
ZhuZhuXing	Ctrl+X
ShuoMingShu	

图 3 平台主菜单

Fig 3 Main menu of the system

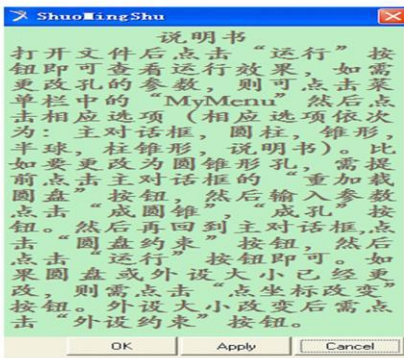


图 4 说明书部分

Fig 4 Explanation

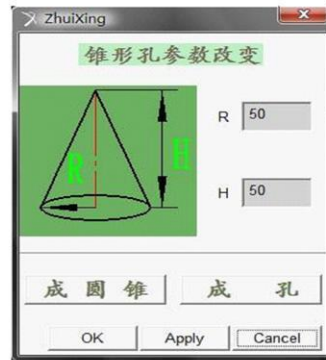


图 5 锥形孔界面

Fig 5 The interface of coniform hole

### 3 仿真平台开发

通过前述相关研究<sup>[11]</sup>, 概括出影响排种器性能的因素, 参考相关研究<sup>[12-15]</sup>, 利用 ADAM S 提供的二次开发接口, 开发了型孔式棉花精量排种器虚拟样机平台。平台主菜单如图 3 所示。

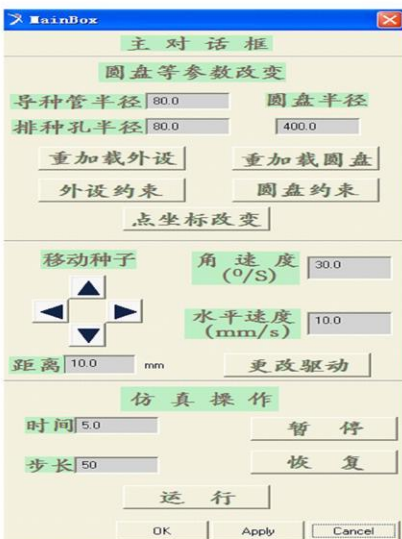


图 6 主菜单界面

Fig 6 The interface of total men

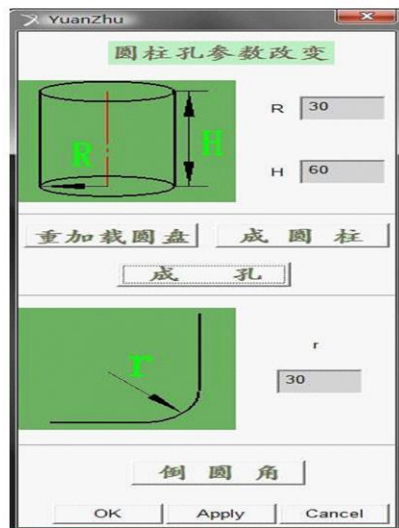


图 7 圆柱型孔界面

Fig 7 The interface of columniform hole

该菜单的功能包括 3 大部分, 其中 ShuoMingShu 以文字形式简述了界面的操作过程, 等同于一般软件的 Help 文件。MainMenu 是主菜单, 主菜单界面如图 6 所示, 在该界面中可实现修改排种器本身尺寸

(包括导种管大小、排种管大小、排种轮大小等)加载约束(当排种器结构参数发生变化后相应的约束需要重新加载)、移动种子(排种器结构尺寸发生变化后,种子若不在种子室则需要进行相关移动)、速度(包括排种轮角速度及排种器进给速度)、运行仿真(可设定步长和仿真时间)等功能。

其他菜单界面分别如图 5 图 7~ 图 9 所示。

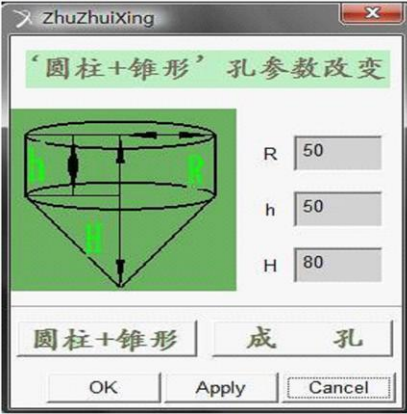


图 8 圆柱加锥形孔界面

Fig 8 The interface of columniform and coniform hole

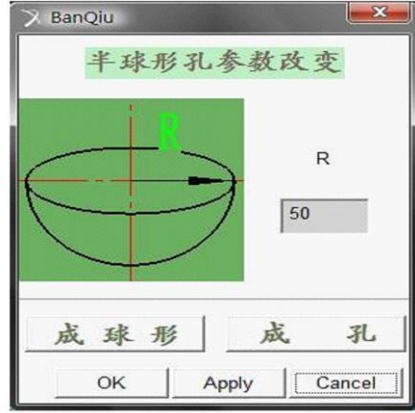


图 9 半球型孔界面

Fig 9 The interface of hemispherical hole

### 4 基于仿真平台的排种模拟试验分析

本文以新陆早 23 号棉种的排种过程仿真作为一个算例。

在此算例中,可以观察排种器结构参数和运动参数对排种性能的影响。选择仿真参数如表 1 所示。

其中导种管半径、排种轮半径及排种管半径均可参数化,目的是为了适应不同用户使用,不影响排种效果,故此 3 个参数不作变化。通过虚拟试验获得:

(1)其他参数相同,而型孔不同时,如图 10。通过仿真看到,圆柱形、锥形及半球形孔口呈喇叭状的型孔易于种子顺利囊入,但其是否能实现一孔一粒的精度充种还与型孔的体积有关,本平台在实现型孔形状参数化的同时还可以实现型孔大小参数化。图中曲线为锥形孔中一粒棉种的运动轨迹。

表 1 仿真参数列

Tab 1 List of simulation parameters

项目 Items	值 Value
导种管半径 Radius of leading pipe	200
排种轮半径 Radius of dibbler	60
排种管半径 Radius of discharging pipe	60
型孔形状 The shape of holes	圆柱形 圆锥形 半球形
排种轮角速度 Revolving speed of dibbler	30/100
排种器进给速度 Forward speed of dibbler	10/100

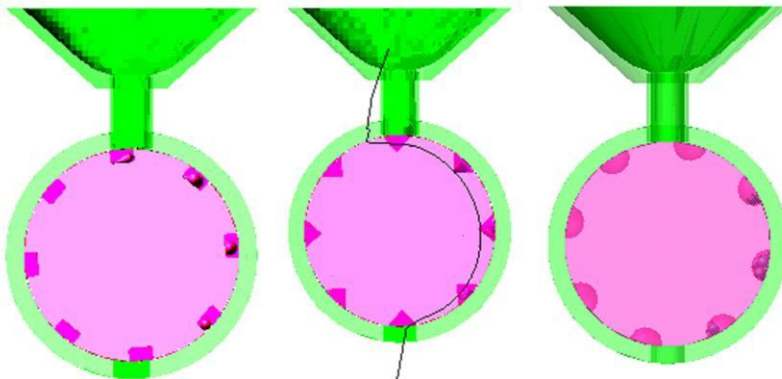


图 10 型孔不同时的仿真关键帧

Fig 10 The pivotal frame when the holes are different

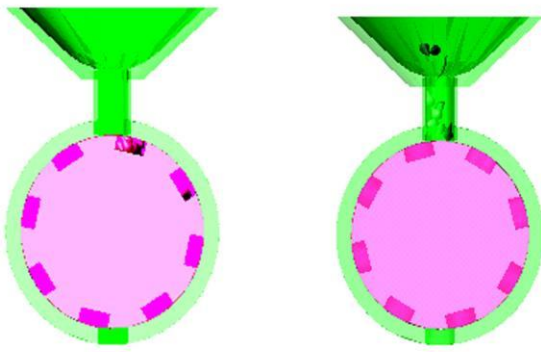


图 11 角速度不同时的仿真关键帧

Fig 11 The pivotal frame when the revolving speed is different

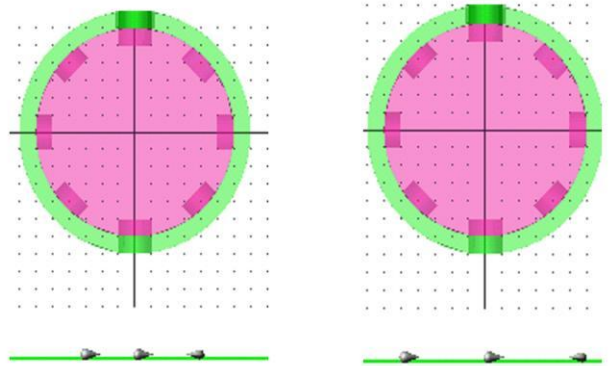


图 12 进给速度不同时的仿真关键帧

Fig 12 The pivotal frame when the forward speed is different

(2) 其他参数相同, 而排种轮角速度不同时, 如图 11。左图中角速度为  $30^\circ/\text{s}$  右图角速度为  $100^\circ/\text{s}$ 。由此可见, 角速度慢时充种可靠但影响株距和作业效率, 而角速度过高则充种性能大大恶化。

(3) 其他参数相同, 而排种器进给速度不同时, 如图 12。上图左右分别为进给速度  $10\text{ mm/s}$  和  $100\text{ mm/s}$  时的仿真结果, 进给速度对充种影响不是很大, 但却较大地影响了投种, 随着进给速度的增加株距明显加大。

## 5 台架试验验证分析

根据虚拟试验内容, 在石河子大学农机实验室排种器性能测试试验台上, 以新疆农十一师七团轴孔式排种器为原型, 参照精密播种机试验方法的国家标准<sup>[16]</sup>, 制定台架方案, 验证其他因素不变而排种轮转速变化及其他因素不变型孔形状改变时, 排种器性能改变情况。取 5 孔、5 穴、2 孔距的数据并求平均值, 试验结果见表 2 和表 3。试验用种为新陆早 23 号。

表 2 台架试验数据一

Tab 2 Experimental date 1

角速度 $I / (^\circ \cdot \text{s}^{-1})$ Revolving speed	单粒率 $\%$ Unitary rate	双粒率 $\%$ Double rate	三粒率 $\%$ Ternary rate	空穴率 $\%$ Cavity rate	破碎率 $\%$ Crash rate
30	92	3.2	2.2	0	0
100	93	1.4	0.8	1.0	0.6
200	91	0.6	0	2.4	1

表 3 台架试验数据二

Tab 3 Experimental date 2

孔型 $I / (^\circ \cdot \text{s}^{-1})$ Shape of holes	单粒率 $\%$ Unitary rate	双粒率 $\%$ Double rate	三粒率 $\%$ Ternary rate	空穴率 $\%$ Cavity rate	破碎率 $\%$ Crash rate
圆柱形 Column	91	2.4	1.8	0.2	1.2
圆锥形 Cone	92	1.6	2.0	0	0.4
半球形 Hemisphere	90	2.0	1.6	0.2	0.2

由台架试验可见, 其他因素相同的情况下, 排种盘转速低, 充种可靠, 双粒率和多粒率高, 破碎率低, 排种盘转速高, 多粒率降低破碎率提高。其他因素相同的情况下, 有圆角半径的孔型及型孔底部尺寸大的孔易于充种, 与虚拟试验基本一致。

## 6 结论

本研究基于 ADAMS 开发了一种型孔式棉花精量排种器仿真平台, 并且利用新陆早 23 号棉籽的虚

拟模型进行了排种过程的模拟试验,通过台架试验验证,基于 ADAMS 的型孔式棉花精量排种器仿真平台可以近似地模拟棉种的排种过程,其虚拟试验的结果与台架试验基本相符,验证了平台的相对正确性,可为进一步优化排种器系统提供技术支持。

#### 参考文献:

- [ 1 ]王吉奎,坎杂.夹持自锁式棉花精量穴播器的设计与试验 [ J ].农业机械学报, 2006( 5 ): 54- 57.
- [ 2 ]张宇文,张文超,李冬肖.中心传动强推式精密排种器设计 [ J ].农业机械学报, 2010( 2 ): 78- 82.
- [ 3 ]Yang M ingjin. Experimental research on dynamic coefficients of coated rice seeds [ J ]. Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America. 2003, 34( 1 ): 18- 20.
- [ 4 ]陆林,李耀明.虚拟样机技术及其在农业机械设计中的应用 [ J ].中国农机化, 2004( 4 ): 59- 61.
- [ 5 ]周成,王静学,马增奇.虚拟样机技术及其在农机产品开发中的应用 [ J ].现代化农业, 2004( 11 ): 30- 32.
- [ 6 ]邓劲莲,李尚平,杨家强,等.小型甘蔗联合收获机虚拟样机的仿真 [ J ].农业机械学报, 2002( 33 ): 54- 56.
- [ 7 ]夏俊芳,周勇,张平华.基于虚拟仪器的排种器性能检测技术 [ J ].农业机械学报, 2009( 40 ): 87- 90.
- [ 8 ]夏俊芳,徐昌玉,周勇.基于 ADAMS 的精密播种机补种机构虚拟设计与分析 [ J ].华中农业大学学报, 2007( 3 ): 419- 422.
- [ 9 ]李玉清,刘佳,周桂霞,等.基于 SolidWorks 的气吸式排种器运动仿真设计 [ J ].农机化研究, 2010( 6 ): 28- 30.
- [ 10 ]李增刚. ADAMS 入门详解与实例 [ M ].北京:国防工业出版社, 2006. 18- 81.
- [ 11 ]高广娣,胡斌,温宝琴.基于 ADAMS 的型孔式棉花精量排种器排种性能影响因素分析 [ J ].山东农业大学学报, 2009, 40( 1 ): 41- 44.
- [ 12 ]高建民,周鹏,张兵,等.基于光滑粒子流体力学的土壤高速切削仿真系统开发及试验 [ J ].农业工程学报, 2007( 8 ): 20- 26.
- [ 13 ]王显仁,李耀明,徐立章.水稻脱粒破碎率与脱粒元件速度关系的研究 [ J ].农业工程学报, 2007( 8 ): 16- 19.
- [ 14 ]马爱丽,廖庆喜,等.精密排种器性能指标检测统计软件开发与应用 [ J ].农业装备技术, 2007( 1 ): 19- 22.
- [ 15 ]付宏,董劲男.精密排种器的集成分析设计系统开发研究 [ J ].计算机集成制造系统, 2005( 5 ): 744- 750.
- [ 16 ]国家标准局. GB 69732286 单粒 (精密)播种机试验方法 [ S ].北京:标准出版社, 1986.

(上接第 1300 页)

- [ 7 ]Kong S G. Inspection of poultry skin tumor using hyperspectral fluorescence imaging [ J ]. Proceedings of SPIE, 2003, 5132: 455- 463.
- [ 8 ]Mehl P M, Chen Y R, Kim M S. Development of hyperspectral imaging technique for the detection of apple surface defects and contaminations [ J ]. Journal of Food Engineering. 2004, 61( 1 ): 67- 81.
- [ 9 ]Jin Lee K ang, Kang Sukwon, S K in M oon, et al. Hyperspectral imaging for detecting defect on apples [ C ]. ASAE Annual International Meeting Tampa Florida. 2005: 53- 75.
- [ 10 ]郭恩有,刘木华,赵杰文.脐橙糖度的高光谱图像无损检测技术 [ J ].农业机械学报, 2008, 39( 5 ): 91- 93, 103.
- [ 11 ]Zude M, detection of fruit tissue browning using laser- induced fluorescence spectroscopy [ C ]. Acta Horticulturae 628 XX- VI International Horticultural Congress. Issues and Advances in Postharvest Horticulture, 2010.
- [ 12 ]Wulf J S, Geyer M, Niroki B, et al. Non- destructive assessment of pigments in apple fruit and carrot by laser- induced fluorescence spectroscopy ( Lifs ) measured at different time- gate positions [ J ]. Acta Horticulturae, 2010, 682: 1387- 1394.
- [ 13 ]周小芳,方炎,张鹏翔.水果表面残留农药的拉曼光谱研究 [ J ].光散射学报, 2004, 16( 1 ): 11- 14.
- [ 14 ]常威威,郭雷,刘坤.OM IS 图像条带噪音消除方法研究 [ J ].光子学报, 2007, 36( 11 ): 2148- 2152.