

8-20-2020

## Automatic Pipelining Mechanism Design for Maize Ear Analysis

Boxiang Xiao

*Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China;*

Chuanyu Wang

*Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China;*

Xinyu Guo

*Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China;*

Wu Sheng

*Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China;*

*See next page for additional authors*

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

---

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

---

## Automatic Pipelining Mechanism Design for Maize Ear Analysis

### Abstract

**Abstract:** Aiming at automatic character information acquisition for maize ear analysis, a pipelining mechanism was designed including two main modules: weight measurement and images collection. The system supported automatic collection of weight data and images in batches. And then, the system was analyzed in mechanical properties by kinematic parameters. A three-dimensional simulation system was developed by use of computer graphics technologies to evaluate the performance of the presented pipelining mechanism. The feasibility of the design for maize ear analysis was discussed, which can support high precise and efficient maize ear analysis as a practical tool and technical references.

### Keywords

maize, ear analysis, pipelining mechanism, image

### Authors

Boxiang Xiao, Chuanyu Wang, Xinyu Guo, Wu Sheng, and Jianjun Du

### Recommended Citation

Xiao Boxiang, Wang Chuanyu, Guo Xinyu, Wu Sheng, Du Jianjun. Automatic Pipelining Mechanism Design for Maize Ear Analysis[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(4): 913-919.

## 玉米考种自动化流水线机构设计与仿真

肖伯祥, 王传宇, 郭新宇\*, 吴升, 杜建军

(北京农业信息技术研究中心, 北京 100097)

**摘要:**针对玉米考种过程中的果穗性状信息自动化采集的要求, 设计了一种玉米考种自动化流水线机构, 主要包括果穗自动称重和果穗图像采集两个环节, 以流水线的方式实现批量玉米果穗的重量数据采集和不同位面图像采集。在此基础上对机构的运动特性进行了分析, 并利用三维虚拟仿真技术开发了应用系统对系统的主要部件进行了虚拟建模和仿真, 探讨了该玉米果穗考种流水线设计方案的可行性, 为实现高精度、高效率的玉米考种作业提供实用工具和技术参考。

**关键词:** 玉米; 考种; 流水线; 图像

中图分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2015) 04-0913-07

## Automatic Pipelining Mechanism Design for Maize Ear Analysis

Xiao Boxiang, Wang Chuanyu, Guo Xinyu\*, Wu Sheng, Du Jianjun

(Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

**Abstract:** Aiming at automatic character information acquisition for maize ear analysis, a pipelining mechanism was designed including two main modules: weight measurement and images collection. The system supported automatic collection of weight data and images in batches. And then, the system was analyzed in mechanical properties by kinematic parameters. A three-dimensional simulation system was developed by use of computer graphics technologies to evaluate the performance of the presented pipelining mechanism. The feasibility of the design for maize ear analysis was discussed, which can support high precise and efficient maize ear analysis as a practical tool and technical references.

**Keywords:** maize; ear analysis; pipelining mechanism; image

## 引言

玉米不仅是世界上重要的粮食作物<sup>[1]</sup>, 也是我国三大主要粮食作物之一, 在我国农业生产中占重要地位<sup>[2]</sup>, 玉米育种在我国种业科研、生产等领域发挥重要的作用<sup>[3-4]</sup>, 玉米种业的核心问题之一是考种, 是玉米遗传育种过程中重要的环节, 由于玉米考种的指标多样性和复杂性, 传统的考种方法大

多依赖于手工操作, 占用大量人力资源, 工作效率低下, 成为制约玉米种业发展的重要问题之一<sup>[5]</sup>。

随着现代信息技术的快速发展, 特别是计算机图形图像技术以及机械自动化技术在农业领域的深入应用, 为传统农业带来全新的技术手段和实用工具, 针对玉米考种问题, 引入机械自动化技术和计算机图形图像技术, 设计实现流水线式的自动化玉米考种方法和软硬件系统装置, 实现准确、快速、高效的玉米考种作业, 对于推动现代种业乃至农业信息化发展有着巨大的促进作用<sup>[6-17]</sup>。国内外研究人员提出了多种解决方案, 并完成部分实验装置和样机的制作。Shyu 等<sup>[6]</sup>提出一种映射玉米不可测量表型的图像分析方法, 并开发了应用系统。为解决



收稿日期: 2014-01-03 修回日期: 2014-04-28;  
基金名称: 农业部行业科技专项 (201203026);北京市农林科学院自主创新项目(KJ CX201204007);  
作者简介: 肖伯祥(1981-), 男, 河北, 博士, 副研究员, 研究方向为计算机辅助设计、计算机动画; 郭新宇\* (通信作者 1973-), 男, 内蒙古, 蒙古族, 博士, 研究员, 研究方向为农业信息技术。

<http://www.china-simulation.com>

玉米考种环节所面临的诸多问题。曹婧华等<sup>[7]</sup>设计实现了一种玉米考种系统,该系统主要体现在考种软件的设计与研发方面,并使用神经网络方法对玉米考种的数据进行统计分析,为玉米考种提供了数据参考和决策支持。吕永春等<sup>[5]</sup>提出了一种基于背景板比例尺的玉米果穗图像特征测量方法,并基于此方法实现玉米果穗的考种。该方法利用玉米果穗灰度图像,根据分布特点构造图像增强模型进而进行图像分割,计算背景板比例尺,最后精确获得玉米果穗的几何参数,取得了较好的实验效果,可在一定程度上替代部分传统手工考种的过程操作。在此基础上,马钦等<sup>[8]</sup>利用图像处理的方法实现玉米果穗三维几何特征快速测量,基于 HSV 彩色空间图像处理算法实现多果穗轮廓提取,并以此为基础提取玉米果穗三维几何特征,可同时实现多个果穗的处理,并且对果穗的摆放要求较宽。北京金色农华种业科技有限公司研发了一种玉米多功能考种尺,提高了玉米考种工作的质量和速度<sup>[9]</sup>。北京农业智能装备技术研究中心研发了一种基于机器视觉的玉米考种装置,改善了目前人工考种的众多弊端<sup>[10]</sup>。北京农业信息技术研究中心设计研发了一种滚动式玉米考种装置<sup>[11]</sup>和一种便携式多果穗玉米考种装置<sup>[12]</sup>,可提高玉米考种作业的效率和质量。美国 Pioneer 公司研发了玉米果穗的数字图像处理方法和系统<sup>[13,14]</sup>,分析玉米果穗的主要性状指标,为基于图像实现玉米考种提供了理论和技术参考。荀一等<sup>[15]</sup>提出粘连玉米籽粒图像的自动分割方法,为玉米籽粒考种提供了理论和技术支持。杨锦忠等<sup>[16]</sup>提出了一种基于种子图像处理的大数目玉米品种形态识别方法,利用形态-纹理-颜色的模型实现大数目玉米品种的鉴别。赵春明等<sup>[17]</sup>开展了玉米果穗 DUS 性状测试研究,通过图像处理方法采集玉米果穗主要 7 个性状指标(穗长、穗粗、穗形、粒顶色、穗轴色、穗行数和籽粒排列形式)并分析品种特异性。

综上所述,基于图像处理的方法采用非接触的方式获得果穗外观信息,数据获取过程便捷、快速,

且图像中基本包括玉米考种的主要形态参数指标,因此被广泛应用在新的玉米考种技术研发中。然而现有的方法和技术仅在理论和方法上取得了一定的进展,实现的装置多比较简单,仍需要较多的人工干预步骤,在考种效率方面仍然有较大的进一步提升的空间。在农产品分级筛选应用中,自动化流水线技术已得到广泛的应用<sup>[18,19]</sup>,大幅提升了作业效率。因此,本文以高精度、高效率、自动化玉米果穗考种为目标,设计一种玉米考种自动化流水线机构并进行三维虚拟仿真,以降低人工成本和操作复杂度,从而提高玉米考种作业的效率和质量。

## 1 玉米考种流程及考种指标

玉米考种是遗传育种的重要环节,不同的栽培和育种目标所要求的考种流程和重点指标也不尽相同。以常规的玉米育种目标为依据,一般的考种流程为:(1)玉米果穗称穗重;(2)测量穗长度;(3)测量穗宽度;(4)测量秃尖长;(5)记录穗行数;(6)记录行粒数;(7)测量籽粒厚度;(8)脱粒;(9)测量粒长;(10)测量粒宽;(11)测量轴宽(轴粗);(12)称穗轴重量;(13)测量籽粒百粒重;(14)测量籽粒体积,从而计算容重指标。

考种过程中所关注的指标可归纳为以下六大类:

- (1) 重量指标:如果穗重、穗轴重、百粒重等;
- (2) 长度指标:如穗长、穗宽、籽粒宽、籽粒厚等;
- (3) 数量指标:如穗行数、行粒数、穗粒数等;
- (4) 颜色、纹理指标:如果穗、籽粒、穗轴的颜色和灰度共生矩阵等;
- (5) 形状指标:果穗形状、球体度、矩形度、似圆度等;
- (6) 特有指标:秃尖率等。

针对不同目的的考种对上述指标的选取侧重点有所不同。

## 2 主要机构设计

根据上述的考种目标,本文提出一种玉米考种

自动化流水线机构的设计方案, 实现玉米果穗图像序列的自动化获取和重量测量, 为基于图像的自动化玉米考种提供工具和数据。玉米果穗的外形近似为圆柱体, 可在一定的摩擦力作用下沿自身的轴线滚动。图像采集时要求果穗相对相机保持稳定, 称重环节要求果穗保持静止, 因此本设计中采用间歇

运动机构实现玉米果穗运动与静止的控制。本文设计的考种流水线仅针对玉米果穗的指标考量, 并未对果穗脱粒机脱粒后的籽粒指标进行考量, 脱粒及籽粒考种作为进一步的研究工作探讨。本文的果穗考种流水线装置包括果穗称重和图像采集两个环节, 如图 1 所示为流水线运转流程图。

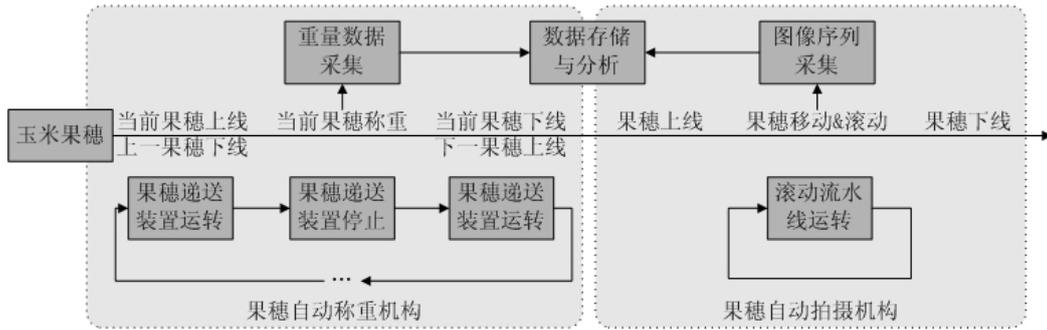


图 1 玉米果穗考种流水线运转流程图

### 2.1 果穗自动称重机构

玉米考种流水线上的自动称重机构实现果穗的重量信息采集, 通常称重环节要求果穗保持静止状态, 才能采集到稳定准确的重量数据。本设计中利用重量传感器实现重量信息采集, 设计了一种基于间歇机构驱动的托臂式结构实现玉米果穗的传递, 如图 2 所示为玉米果穗自动称重装置设计图。该装置主要包括上线传送带、果穗递送装置、称重托盘、称重传感器、下线传送带等组成部件, 其中果穗递送装置由中心轴和 3 个果穗托臂组成, 3 个果穗托臂沿中心轴均匀布置, 间隔  $120^\circ$ , 径向长度为 20 cm, 轴向宽度为 30 cm; 上线传送带、下线传送带轴向宽度为 30 cm, 传动带轮直径 10 cm, 传送带外表面分别设置直立挡板, 间距 10 cm, 高 2 cm, 每 2 个挡板间放置 1 个玉米果穗; 称重托盘为圆柱面结构, 截面夹角为  $60^\circ$ , 圆心与果穗递送装置中心轴重合, 且果穗递送装置的托臂末端与托盘距离为 1 cm, 如图 2(a)所示。

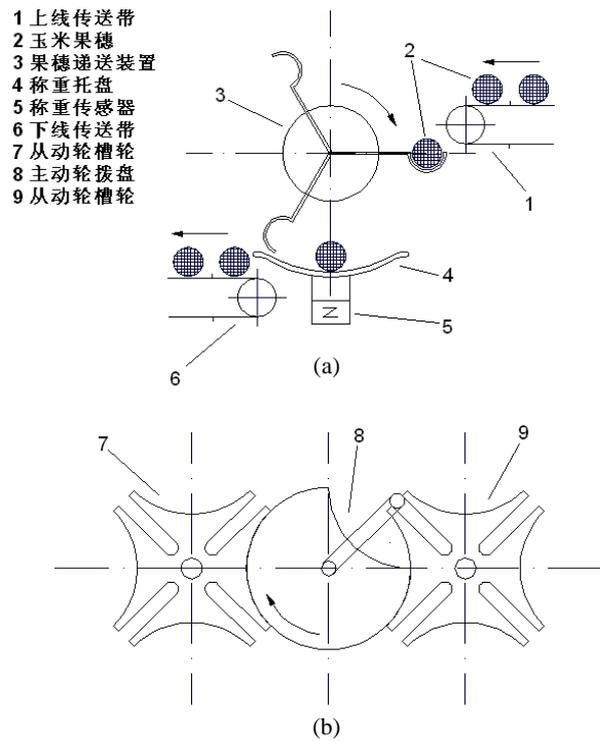


图 2 玉米果穗自动称重装置设计图

系统启动后, 运行中有两个状态: 状态一、上线传送带和下线传送带运转, 果穗递送装置暂停, 此时称重传感器称重; 状态二、上线传送带和下线传送带暂停, 果穗递送装置运转, 完成称重托盘上

果穗更替；在系统运行过程中，步骤(1)上线传送带转动时果穗递送装置静止，待称重玉米果穗随上线传送带传递给果穗递送装置，同时下线传送带运转，将上一果穗向下游传递；然后，步骤(2)上线传送带和下线传送带暂停，果穗递送装置运转，果穗由果穗递送装置传递到称重托盘上，同时果穗递送装置将称重托盘上的上一个果穗推送至下线传送带；重复上述步骤(1)，果穗递送装置暂停，称重传感器采集重量数据并保存到计算机上，此时下线传送带运转，将上一个果穗向下游传递，上线传送带运转，向果穗递送装置输送下一个果穗；重复上述步骤(2)，果穗递送装置运转，上线传送带和下线传送带暂停；如此循环运转实现果穗自动称重的流水线操作。装置的运转-暂停状态有间歇运动装置实现，如图 2(b)所示。间歇运动装置包括两个槽轮即从动轮和一个拨盘即主动轮构成，拨盘轴由电机连接减速机驱动；其中一个槽轮通过传动机构驱动果穗递送装置，每次使果穗递送装置旋转  $120^\circ$ ；另一个槽轮驱动上、下线传送带，上、下线传送带同步运转，每个运转周期使传送带运动

10 cm，传递 1 个果穗；实际中可根据间歇机构运转周期和时间设定称重传感器采集重量信息的频率和时刻。

## 2.2 果穗自动拍摄机构

在流水线上实现果穗的图像采集是实现高效率玉米考种的关键，图像采集时要求玉米果穗保持与相机镜头相对静止，采集间隔要求玉米果穗在流水线上向下游滚动，连续的采集过程可拍摄玉米果穗的不同位面的图像。针对上述目标，本文设计了一种滚动式托辊流水线装置，包括图像采集装置、辅助补光系统、滚动托辊、托辊支撑、链条传动机构和驱动电机。其中图像采集装置采用工业相机，由计算机控制，图像采集装置和辅助补光系统安装在采集箱体内，箱体下端开放，长 1 000 mm，宽 400 mm，高 300 mm；图像采集装置能够在复杂工况下，连续拍摄图像，箱体内有效图像采集区域长 800 mm；辅助补光系统有 LED 光源阵列组成，有效补充流水线图像采集箱体光线，使图像亮度达到处理要求。

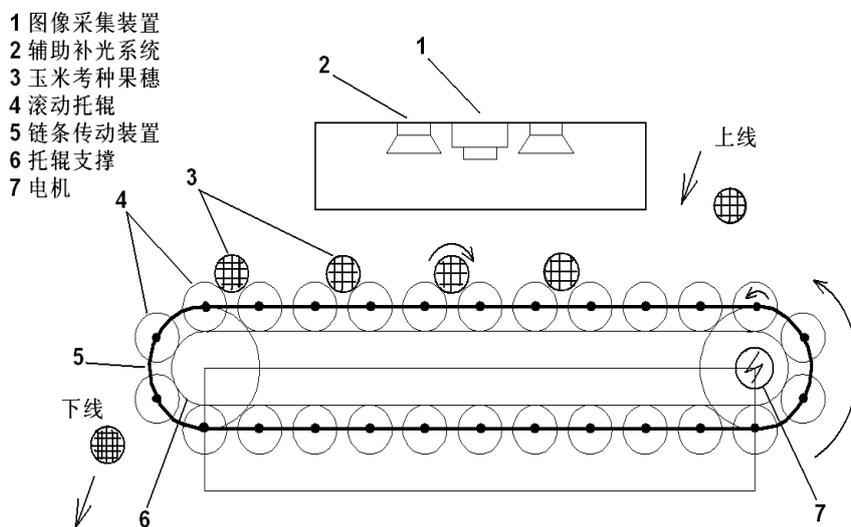


图 3 玉米果穗自动拍摄流水线装置设计图

考种流水线果穗传送装置由一组并排联接的托辊组合而成，如图 3 所示，滚动托辊表面进行粗糙处理，既要保证托辊对果穗的摩擦力，又要保证

支撑平台对托辊的摩擦力，以使托辊在支撑平台上滚动；托辊直径 60 mm，根相邻托辊轴距 80 mm，长度 300 mm，以保证玉米果穗在托辊带动下稳定

连续的滚动,又能保证异常脱落的籽粒落下,不影响系统运转;托辊中心由轴和轴承支撑,轴两端连接到运转的链条上,由链条带动运动;托辊支撑有上下两个水平面和两端的半圆面组成,宽度 300 mm,为托辊的回转运动提供支撑和约束;托辊支撑表面为橡胶材质,为托辊的滚动提供足够的摩擦力;托辊支撑两端的半圆面中心与传动链轮的安装轴同心,两中心轴距 2 000 mm;链轮传动装置为整个流水线装置提供驱动,由两组链条传动系统组成,两组链条传动由两根轴连接,实现同步运转,其中一根轴连接电机,为驱动轮,电机为系统提供动力;系统运行过程中,当流水线启动后,托辊组在链条的带动下沿着托辊支撑滚动,此时,在“上线”端依次放入待考玉米果穗,在托辊的带动下,果穗在流水线上水平移动,同时在托辊摩擦力的带动下逆向滚动,经过流水线后,在“下线”端脱离流水线;果穗在运动过程中,将外表面的不同位面连续朝向顶部,顶部的图像采集装置连续采集流水线上果穗的不同位面的图像,将采集到的果穗图像传向计算机;在计算机内,使用计算机图形图像处理算法,提取果穗长、半径等玉米考种参数指标,从而实现流水线式的自动化玉米果穗考种。由于基于图像提取特征的算法较为成熟,在此不作进一步阐述。

### 3 运动特性分析

本文所设计的玉米果穗考种流水线中,果穗自动称重环节对果穗的运动要求较低,仅需满足运动-静止-运动的状态即可。而果穗图像采集环节要求玉米果穗以一定的运动速度运转,并且要将果穗的不同位面向镜头一侧,对运动要求较高,因此运动特性分析主要指这一环节。通过托辊带动玉米果穗在流水线上实现稳定移动和转动过程中主要面临两个实际问题:第一,玉米果穗并非绝对的圆柱体,只是近似圆柱体,是否可以在托辊的带动下平稳地旋转;第二,玉米果穗表面籽粒较为光滑,而托辊主要通过摩擦力带动果穗旋转,托辊是否可以产生足够的摩擦力保证果穗的稳定运转。为验证和

解决上述两个问题,设计者使用表面包覆橡胶的托辊对主要类型的玉米果穗进行了试验验证,包括不同长短、粗细和弯曲等类型的果穗,试验结果表明经处理的托辊可以实现主要类型玉米果穗的平稳移动和转动。

在此基础上,对该系统的主要部件进行运动特性分析,以一个基本单元即两个托辊和一个玉米果穗为例,如图 4 所示为侧面截面图,分析结果表明,系统运行过程中,玉米果穗的上沿以相对静止的状态朝向镜头,能够保证最佳图像获取状态。主要计算分析步骤如下:

- (1) 托辊半径:  $r_1$ ;
- (2) 托辊向左移动的速度:  $-v$  (设向右为正方向);
- (3) 托辊转动的角速度:  $w_1 = \frac{-v}{r_1}$  (设顺时针为正方向);

正方向);

- (4) 玉米果穗转动的角速度:  $w_2 = \frac{w_1 r_1}{r_2} = \frac{v}{r_2}$ ;

- (5) 玉米果穗向左移动的速度:  $v_1 = -v$ ;

- (6) 玉米果穗上沿由于转动产生的速度:

$$v_2 = w_2 r_2 = \frac{v}{r_2} r_2 = v;$$

- (7) 玉米果穗上沿实际速度:  $v_{top} = v - v = 0$ 。

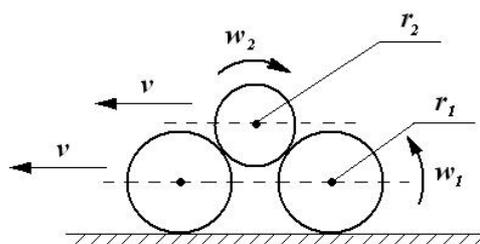


图 4 玉米果穗自动拍摄流水线装置设计图

### 4 三维仿真效果

为直观展示本文设计的玉米果穗自动考种流水线系统,设计者根据系统主要组成部分的设计图进行了三维虚拟建模和仿真。首先使用 C++ 语言和 OpenGL 图形库<sup>[20]</sup>设计开发了一套“玉米考种自动化流水线虚拟仿真系统软件”,软件界面如图 5 所示,主要包括控制区域和视图区域,控制区域通过

交互控件实现系统模型的生成、载入、导出、运行等管理功能,视图区域显示当前系统三维模型以及运行状态的三维虚拟仿真场景,视图区域支持基本的图形浏览功能,如视口的旋转、平移等。仿真系统可模拟流水线的运转,模拟的托辊组沿着设定的运动轨迹运转,带动玉米果穗模型在流水线上运动,仿真结果表明本文设计的结构能够实现玉米果穗考种所要求的传输与运动目标。此外设计者还使用商业三维建模软件进行了渲染,效果如图6所示。

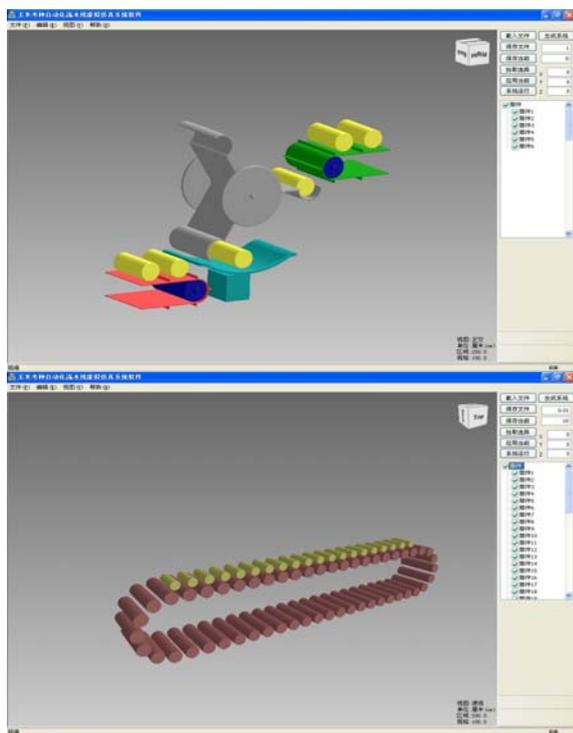


图 5 玉米考种自动化流水线虚拟仿真系统界面

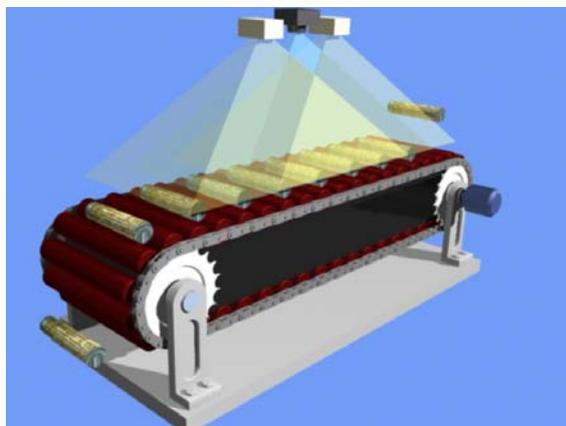


图 6 主要机构的三维虚拟仿真渲染效果图

## 5 结论

综合利用机械自动化控制技术和基于图像的玉米自动化考种方法,设计了一种玉米考种自动化流水线机构,并进行了运动分析和三维虚拟仿真,流水线机构主要针对玉米果穗的主要形态参数指标,包括果穗的自动称重和自动图像采集两个环节。其中称重环节通过托臂式旋转结构在间歇机构的驱动下实现玉米果穗的间歇传递,使玉米果穗在称重托盘上静止并由称重传感器采集重量数据;图像采集环节通过一组托辊组构成的传送带带动玉米果穗同时实现向下游的平移和逆向的旋转,从而达到将果穗的上表面以相对镜头静止的状态进行图像采集的目的。系统运动学特性分析和三维虚拟仿真结果表明该流水线机构能够实现玉米果穗考种数据采集的目标,实现自动化玉米果穗考种作业,突破传统的考种流程的主要局限因素,大幅提高了玉米考种效率和精度,有效降低人工成本。此外,本系统可根据不同考种目标进一步拓展,如引入脱离装置实现穗轴和籽粒的性状指标获取与分析。

另一方面,玉米考种流水线的实施还涉及机械、控制等诸多技术环节,本文工作的重点在于玉米考种自动化流水线机构设计,仅利用三维虚拟仿真技术进行可行性验证,验证结果存在一定的局限性;此外,实际的玉米考种精度和效率在很大程度上取决于图像处理算法和效率,也是影响系统稳定性和可靠性的重要因素。

## 致谢

本文研究工作的得到农业部行业科技专项“作物育种材料农艺性状信息快速获取与辅助筛分技术”(201203026);北京市农林科学院自主创新能力建设专项“玉米田间性状信息获取与解析技术研究”(KJCX201204007)资助。作者感谢审稿人提出宝贵意见和建议。

## 参考文献:

- [1] Augustine S Langyintuo, Wilfred Mwangi, Alpha O. Diallo, *et al.* Challenges of the Maize Seed Industry in

- Eastern and Southern Africa: A Compelling Case for Private-public Intervention to Promote Growth [J]. *Food Policy* (S0306-9192), 2010, 35(4): 323-331.
- [2] 杨虎. 20世纪中国玉米种业发展研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [3] 张世煌. 我国玉米种业现状与发展战略 [J]. *种子科技*, 2006, 24(6): 9-12.
- [4] 佟屏亚. 中国玉米种业形势和发展前景 [J]. *玉米科学*, 2012, 20(2): 144-148.
- [5] 吕永春, 马钦, 李绍明, 等. 基于背景板比例尺的玉米果穗图像特征测量 [J]. *农业工程学报*, 2010, 26(s2): 43-47.
- [6] Shyu C R, Gree J M, Lun D P K, *et al.* Image Analysis for Mapping Immeasurable Phenotypes in Maize [J]. *IEEE Signal Processing Magazine*, 2007, 24(3): 115-118.
- [7] 曹婧华, 冉彦中, 郭金城. 玉米考种系统的设计与实现 [J]. *长春师范学院学报(自然科学版)*, 2011, 30(4): 38-41.
- [8] Ma Qin, Jiang Jingtao, Zhu Dehai, *et al.* Rapid Measurement for 3D Geometric Features of Maize Ear Based on Image Processing [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* (S1002-6819), 2012, 28(s2): 208-212.
- [9] 北京金色农华种业科技有限公司. 玉米多功能考种尺: 中国, 201653389U [P]. 2010-04-13.
- [10] 北京农业智能装备技术研究中心. 基于机器视觉的玉米考种装置: 中国, 101933417A [P]. 2010-07-06.
- [11] 北京农业信息技术研究中心. 一种滚动式玉米考种装置: 中国, 202889908U [P]. 2012-11-13.
- [12] 北京农业信息技术研究中心. 一种便携式多果穗玉米考种装置: 中国, 202998804U [P]. 2012-12-20.
- [13] Pioneer Hi-Bred International, Inc. Method and System for Digital Image Analysis of Maize: WO [P]. International: WO2009023110(A1), 2009-02-19.
- [14] Pioneer Hi-Bred International, Inc. Method and System for Digital Image Analysis of Ear Traits: US [P]. International: US 8073235(B2), 2007-08-13.
- [15] 荀一, 鲍官军, 杨庆华, 等. 粘连玉米籽粒图像的自动分割方法 [J]. *农业机械学报*, 2010, 41(4): 163-167.
- [16] 杨锦忠, 郝建平, 杜天庆, 等. 基于种子图像处理的大数目玉米品种形态识别 [J]. *作物学报*, 2008, 34(6): 1069-1073.
- [17] 赵春明, 韩仲志, 杨锦忠, 等. 玉米果穗 DUS 性状测试的图像处理应用研究 [J]. *中国农业科学*, 2009, 42(11): 4100-4105.
- [18] 李晶, 张东兴, 刘宝. 苹果分级机输送与翻转机构设计 [J]. *农业机械学报*, 2009, 40(5): 157-161.
- [19] 徐惠荣, 应义斌, 盖玲. 双锥式滚子水果输送翻转机构的研究 [J]. *农业机械学报*, 2003, 34(6): 100-103.
- [20] D Shreiner, M Woo, J Neider, *et al.* OpenGL Programming Guide: the Official Guide to Learning OpenGL [M]. USA: Addison-Wesly, 2004.

## 《系统仿真学报》荣获“2014 中国最具国际影响力学术期刊”证书

由中国学术期刊(光盘版)电子杂志社与清华大学图书馆联合成立的中国学术文献国际评价研究中心, 以美国汤森路透 Web of Science 收录的 1.2 万余种期刊为引文统计源, 首次研制发布了 2012《中国学术期刊国际引证年报》(CAJ-IJCR 年报)。第一次给出了我国 5600 余种中外文学学术期刊总被引频次、影响因子、半衰期等各项国际引证指标, 并采用了新的国际影响力综合评价指标 CI 对期刊排序, 发布了“中国最具国际影响力学术期刊”(排序 TOP5%)和“中国国际影响力优秀学术期刊”(排序 TOP5-10%), 在国内外学术界产生了较大反响。之后, 2013 年版年报, 将引文统计源期刊扩展到 1.44 万多种。目前, 2014 版国际、国内年报与 TOP5%和 TOP5-10%期刊的遴选业已完成, 《系统仿真学报》被列入“2014 中国最具国际影响力学术期刊”行列。

我学报连续 2 年被列入 TOP5%国内一流的中国最具国际影响力学术期刊, 走向世界, 进入国际一流, 指日可待!