

袁世先. 基于 MATLAB 花生收获机振动筛机构的运动学分析[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(2): 343–345.

基于 MATLAB 花生收获机振动筛机构的运动学分析

袁世先

(河南职业技术学院机电工程系, 河南郑州 450046)

摘要:针对目前花生收获机振动筛机构振动大、清土效果不理想和存在运动死点的问题, 采用 MATLAB 的 Simulink 软件建立花生收获机振动筛机构仿真模型, 分析图形化求解方法, 通过设计并运行仿真模型得到振动筛的运动学变化曲线。结果表明, 振动筛在 x 和 y 方向上的位移、速度、加速度均呈周期性变化, 周期为 0.3 s, 振动幅值分别为 23.4 mm 和 16.7 mm。振动筛机构周期性变化规律可视化的实现, 进而选择最适合振动筛机构的尺寸, 对优化花生收获机结构和提高收获质量具有重要意义。

关键词:花生收获机; 振动筛; 动态仿真; 运动学分析

中图分类号: S225.7⁺3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)02-0343-03

花生是我国重要的油料作物之一, 全国种植面积约 433 万 hm^2 。由于受到土地等客观条件的限制, 花生机械化收获较为分散且作业程度较低。我国虽然对花生收获机械进行了大量的研究与开发工作, 但与发达国家相比仍处于初级阶段, 结构简单、适应性差、损失率高、土果分离不好等仍旧是困扰花生收获机械发展的主要问题。目前, 在花生收获机研究中已经涌现出许多新设备, 如胡志超等研发的 4H-800 型振动筛式花生收获机^[1]、陈强等研发的 HS-73 实用新型振动筛式花生收获机^[2]和吕冰等设计的振动式花生收获机^[3]等。

振动筛机构是花生收获机的核心部件, 其工作运动性能的优劣与整机工作性能的优劣有着直接的关系, 以四连杆机构为模型的花生收获机振动筛机构是目前使用最广泛的机构

之一。对花生收获机振动筛机构利用 MATLAB 的 Simulink 软件进行动态仿真, 分析其运动情况, 以了解四连杆仿真模块模型及图形化求解方法, 为优化花生收获机结构提供一种可视化的方法。

1 数学模型的建立

1.1 工作原理及机构简图

四连杆机构为模型的花生收获机振动筛, 其主体为纵向排列的筛条, 筛条中心距在确定的过程中可根据当地的种植品种进行自行设置, 对振动筛的位移、速度、加速度不产生直接影响。振动筛机构由曲柄(R_2)、连杆(R_3 和 R_4)、振动筛组成, 其结构简图如图 1 所示。在花生收获过程中, 通过轴带动偏心轮转动来实现振动筛子的运动, 而振动筛通过上下和左右的往复运动将土壤等杂物及花生秧果等不断向后推动, 在运动过程中杂物被振动筛振落, 少部分杂物及花生秧果被抛出, 实现花生的收获。

收稿日期: 2013-06-15

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划(编号: 2011-460007)。

作者简介: 袁世先(1966—), 女, 贵州贵阳人, 副教授, 主要研究方向为机械设计与制造。E-mail: yuansx1966@126.com。

3 结论

目前, 我国红枣种植规模扩大、产业化进程不断加速, 迫切需提高红枣商品化处理技术, 以增加红枣产品附加值。根据我国国情和经济发展需求, 对红枣初期分级阶段及企业分级阶段而言, 滚杠式红枣分级机较为合适, 基本可以满足红枣分级的要求, 在我国今后一段时期内仍将占据主导地位。智能化红枣分级设备尚不成熟, 且成本高, 但对于红枣高端分级不可或缺^[11]。因此, 将机械式分级设备及智能化分级设备相结合, 合理利用机械式分级设备及智能化分级设备, 是红枣产业的发展方向。

参考文献:

- [1] 王松磊, 何建国, 贺晓光, 等. 红枣自动分级机分级执行系统的研制[J]. 宁夏工程技术, 2009, 8(3): 229–232, 237.
- [2] 李林, 张文新, 苏柳芸. 南疆地区红枣产业发展现状与战略思考[J]. 北方果树, 2008(1): 35–37.
- [3] 李林, 倪座山, 张文新, 等. 新疆南疆地区红枣产业现状分析及

- 发展战略思考[J]. 落叶果树, 2008(3): 34–36.
- [4] 王建, 窦长保. 新疆红枣产业发展情况考察报告[J]. 现代农业科技, 2009(17): 127–128.
- [5] 肖爱玲, 李伟. 我国红枣分级技术及红枣分级机研究现状[J]. 农机化研究, 2011, 11(11): 241–244.
- [6] 沈从举, 贾首星, 郑炫, 等. 红枣分级机械的现状与发展[J]. 中国农机化学报, 2013, 34(1): 26–30.
- [7] 应义斌, 景寒松, 马俊福, 等. 机器视觉技术在黄花岗梨尺寸和果面缺陷检测中的应用[J]. 农业工程学报, 1999, 15(1): 203–206.
- [8] Brosnan T, Sun D W. Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems: a review[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2002, 36(2/3): 193–213.
- [9] 蒋焕煜, 应义斌, 王剑平, 等. 水果品质智能化实时检测分级生产线的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(6): 158–160.
- [10] 赵茂程, 侯文军. 我国基于机器视觉的水果自动分级技术及研究进展[J]. 包装与食品机械, 2007, 25(5): 5–8.
- [11] 李光梅, 魏新华, 李陆星, 等. 水果分选机的研究现状与发展状况[J]. 农机化研究, 2007(9): 20–23.

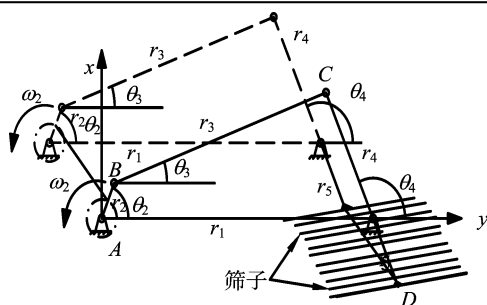


图1 振动筛机构的结构简图

1.2 矢量方程的建立

为了便于对花生收获机振动筛机构的运动特性进行仿真分析,须建立振动筛机构的数学模型,可以近似为一个四连杆机构,其闭环矢量图如图2所示。其中, R_1 是两端的固定杆, R_2 代表曲柄, R_3 、 R_4 代表连杆, θ_2 、 θ_3 、 θ_4 、 ω_2 、 ω_3 、 ω_4 和 α_2 、 α_3 、 α_4 分别是 R_2 、 R_3 、 R_4 的运动角度、角速度和角加速度。

其矢量方程为:

$$R_2 + R_3 = R_1 + R_4 \quad (1)$$

将此矢量方程分解到 x 和 y 坐标轴上,利用矢量夹角的正弦和余弦函数可以得到闭环矢量方程的2个分量表达

$$\begin{pmatrix} -r_3 \sin \theta_3 & r_4 \sin \theta_4 \\ r_3 \cos \theta_3 & -r_4 \cos \theta_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_3 \\ \alpha_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_2 r_2 \sin \theta_2 + \omega_2^2 r_2 \cos \theta_2 + \omega_3^2 \cos \theta_3 - \omega_4^2 r_4 \cos \theta_4 \\ -\alpha_2 r_2 \cos \theta_2 + \omega_2^2 r_2 \sin \theta_2 + \omega_3^2 \sin \theta_3 - \omega_4^2 r_4 \sin \theta_4 \end{pmatrix} \quad (5)$$

2 Simulink 动态仿真

软件 Simulink 主要由原模块、系统模块和显示模块等组成,可进行系统的线性或非线性模拟,其模块和模块库可以由用户根据自己的需求进行设置,可进行控制并处理实时信号。Simulink 动态仿真首先需要获得一些必须的初始数据,其次根据矢量方程所建的数学模型编制 S 函数并构造模块框图,最后进行仿真操作。仿真模型建立过程中采用 M 函数文件作为仿真模型的 S 函数。

2.1 初始数据的获取

根据机构设计的尺寸,利用几何方法计算得到的数据见表1。

表1 四连杆机构各连杆的长度和转角

连杆	长度 r (cm)	转角 θ (°)
R_1	45	0
R_2	1	25
R_3	40	25
R_4	20	125

设连杆的角速度为 25 rad/s,角加速度为 0, r_2 、 r_3 、 r_4 、 ω_2 、 θ_2 、 θ_3 和 θ_4 已知,利用《机构动态仿真》中的方法^[4],采用 MATLAB 软件计算得到 $\omega_3 = -1.9576$ rad/s, $\omega_4 = 0$ rad/s。

2.2 动态仿真模型的建立

根据矢量方程所建数学模型,设连杆初始的角加速度为 0,通过数值积分计算 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 、 ω_2 、 ω_3 、 ω_4 、 α_3 、 α_4 。为实现面

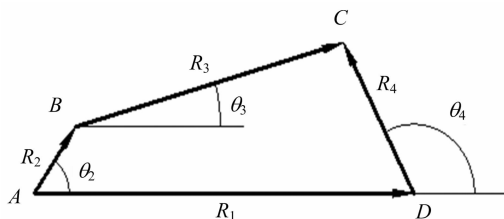


图2 振动筛四连杆机构的矢量环

式,即

$$r_2 \cos \theta_2 + r_3 \cos \theta_3 = r_1 \cos \theta_1 + r_4 \cos \theta_4 \quad (2)$$

$$r_2 \sin \theta_2 + r_3 \sin \theta_3 = r_1 \sin \theta_1 + r_4 \sin \theta_4 \quad (3)$$

除了曲柄 R_2 是驱动杆,以 ω_2 为角速度匀速转动外,其他各连杆夹角均随时间变化,对(2)、(3)两式进行时间求导,得到 R_3 、 R_4 角速度的矩阵表达式为:

$$\begin{pmatrix} r_3 \sin \theta_3 & r_4 \sin \theta_4 \\ r_3 \cos \theta_3 & -r_4 \cos \theta_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_3 \\ \omega_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \omega_2 r_2 \sin \theta_2 \\ -\omega_2 r_2 \cos \theta_2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

再对公式(4)求导,可以求得各连杆的角加速度,曲柄摇杆 R_2 的角速度 ω_2 和角加速度 α_2 均为已知,则其角加速度的矩阵形式为:

向模块的动态仿真,在 Simulink 模型中需要 6 个积分模块,以 α_2 为常量 0 作为仿真输入,选择 constant 模块与积分器相连接。在子程序 function 函数中定义四连杆的 r_1 、 r_2 、 r_3 和 r_4 ,选择 function 块将函数嵌入 Simulink 仿真中,由于 function 块的输入、输出是以矢量的形式进行,因此,需加入 Mux 块实现原始信号的转换,在输出时需要用 DeMux 块分解,然后再将 Mux 块联网到适当的信号。为实现仿真结果的输出为矩阵(变量 simout),在结果输出前也需要再加入 Mux 块。另外,为实现振动筛的运动分析,需在此基础上进行模块的扩展,增加 1 个 function 块(即 whz. m 文件),再通过 DeMux 和 Mux 块实现信号的分解和矩阵矢量化,便于准确分析振动筛在 x 、 y 、 z 方向的速度、加速度和位移的变化^[3,5-6]。

3 仿真结果分析

由于筛子与连杆是通过焊接连接,分析连接点可间接分析振动筛,因此,以连接振动筛的点作为研究对象,分别对该点沿 x 与 y 方向的速度、加速度以及位移进行仿真分析,运用 plot 函数绘制相关曲线。由图3至图8可见,振动筛在 x 方向的速度在 250 ~ -250 mm/s 之间做周期性变化(图3),振动筛在 y 方向的速度在 200 ~ -200 mm/s 之间做周期性变化(图4),振动筛在 x 方向的加速度在 5 000 ~ -5 000 mm/s²之间做周期性变化(图5),振动筛在 y 方向的加速度在 4 000 ~ -4 000 mm/s²之间做周期性变化(图6),振动筛在 x 方向的位移在 0 ~ 25 mm 之间做周期性变化,其振动幅度为 23.4 mm(图7),振动筛在 y 方向的位移在 0 ~ 18 mm 之间做周期性变化,其振动幅度为 16.7 mm(图8);变化周期均为 0.3 s。

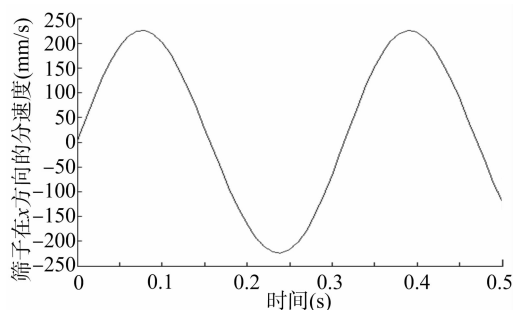


图3 振动筛沿x方向分速度的变化

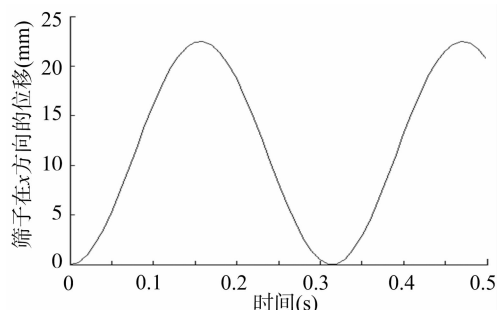


图7 振动筛沿x方向位移的变化

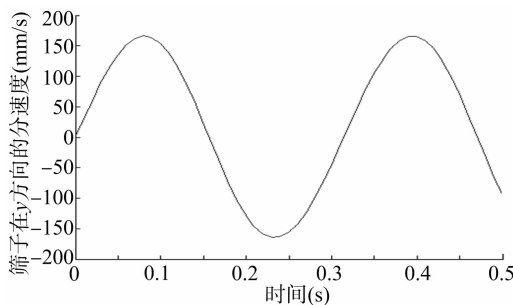


图4 振动筛沿y方向分速度的变化

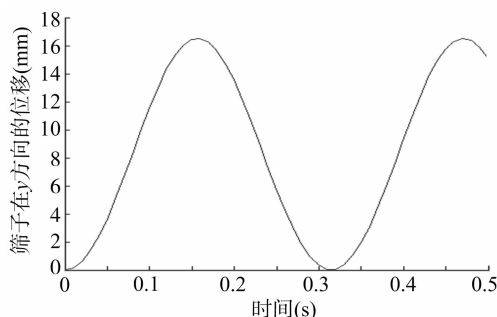


图8 振动筛沿y方向位移的变化

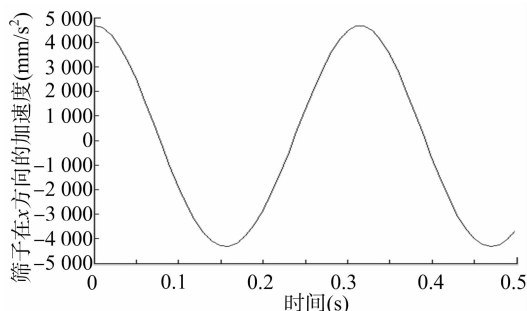


图5 振动筛沿x方向分加速度的变化

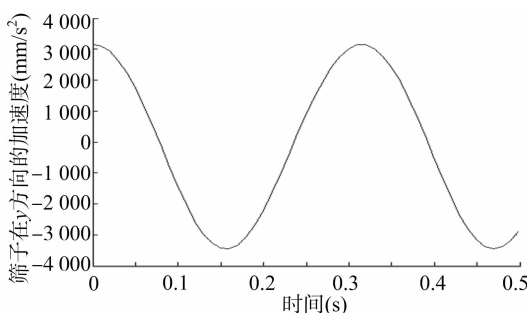


图6 振动筛沿y方向分加速度的变化

4 小结与讨论

利用 MATLAB 的 Simulink 仿真模型对花生收获机振动筛机构运动情况进行仿真分析,结果发现,振动筛速度、加速度和位移在 x 方向上分别在 $250 \sim -250 \text{ mm/s}$ 、 $5000 \sim -5000 \text{ mm/s}^2$ 、 $0 \sim 25 \text{ mm}$ 之间呈周期性变化,位移振动幅度为 23.4 mm ,在 y 方向上分别在 $200 \sim -200 \text{ mm/s}$ 、 $4000 \sim -4000 \text{ mm/s}^2$ 、 $0 \sim 18 \text{ mm}$ 之间呈周期性变化,位移振动幅度为 16.7 mm ;周期均为 0.3 s 。

在设计花生振动筛机构时,设计的尺寸、结构及配置要求等会与实际运动状况存在一定误差,利用花生振动筛机构运动学仿真模块框图,通过 MATLAB 设计程序对不同尺寸、角加速度、角速度赋值,分析各连杆的角速度、角加速度、摆角和振动筛的位移、速度、加速度情况,进而选取具有最小振动、最适合当地收获情况、不存在运动死点的设计尺寸和结构,以满足实际生产要求^[7-8]。利用 MATLAB 的 Simulink 软件建立的仿真模型,实现了花生收获机振动筛运动情况的图形可视化,能够便捷地得到运动的相关参数,简化了计算过程,提高了计算精度,为花生收获机振动筛机构优化设计提供了良好快捷的方法。

参考文献:

- [1] 胡志超,陈有庆,王海鸥,等. 振动筛式花生收获机的设计与试验[J]. 农业工程学报,2008,24(10):114-117.
- [2] 陈强,王鹏,史立杰,等. HS-73 实用新型振动筛式花生收获机[J]. 农业装备与车辆工程,2011(7):13-15.
- [3] 吕冰,吕钊钦. 振动式花生收获机的设计[J]. 农机化研究,2012,34(12):111-114.
- [4] 约翰·F·加德纳. 机构动态仿真——使用 MATLAB 和 SIMULINK[M]. 西安:西安交通大学出版社,2002:5-47.
- [5] 阎洪山,杨怀君,薛理,等. 籽瓜联合收获机捡拾器的设计与试验[J]. 广东农业科学,2012,39(23):200-202.
- [6] 许银亮,熊荣,孙倩. 基于 ADAMS 引线键合机动态性能仿真分析[J]. 制造业自动化,2010,32(3):1-2,47.
- [7] 孙治博,刘晋浩. 林木联合采育机底盘车架设计与模态分析[J]. 江苏农业科学,2013,41(2):375-377.
- [8] 宋宇,陈无畏,陈黎卿. 基于 ADAMS 与 Matlab 的车辆稳定性控制联合仿真研究[J]. 机械工程学报,2011,47(16):86-92.