

大枣自动去核切片设备的研制

Design of a pitting and slicing device for jujube

文怀兴 周改梅 史鹏涛

WEN Huai-xing ZHOU Gai-mei SHI Peng-tao

(陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of
Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 710021, China)

摘要:设计大枣自动去核切片设备。对大枣自动去核切片设备工作原理进行研究,设计由料盘、毛刷、曲柄滑块机构组成的上料机构;设计采用弹簧连接的柔性装置来实现大枣定位的定位夹紧机构;由槽型凸轮机构、曲柄滑块机构组成去核机构;采用槽轮机构实现间歇上料和去核盘、切片盘的间歇转动;利用切刀固定,切片盘转动的方式实现大枣的切片。验证实验表明,该设备的有序上料性能、去核切片性能良好,能达到大枣加工的工艺要求,造碎率低于 5%。

关键词:大枣;去核;切片;机构设计

Abstract: A kind of pitting and slicing integrated device was designed. The material feeding was completed by material panel, hair-brush, slider-crank mechanism; The positioning clamp for jujube was accomplished by a flexible device connected with spring; The pitting can achieved by trough type cam mechanism and slider-crank mechanism; Use the Geneva mechanism to finish the intermittent feeding and intermittent rotating of pitting panel and slicing panel; The slicing was fulfilled by the fixed blade and rotated slicing panel. The results show that the device can meet the requirements of deep processing for jujube, it's broken rate was lower than 5%.

Keywords: jujube; pitting; slicing; mechanism design

据预计,2015 年世界红枣需求量将达到 527 万^[1],发展前景巨大。基于大枣深加工过程中存在劳动强度高、造碎率大等问题,很多企业和科研机构已着手对大枣深加工设备的研究,并且取得了很好的成绩。彭三河等^[2]设计的大枣去核装置,采用上下两个凸轮来带动上下工作头运动,实现大枣的定位、夹持、切削、去核,合理运用定位弹簧和复位弹簧使上工作头和上定位夹持块协调运动,但其定位夹

紧机构和去核之间的协调用弹簧实现,稳定性差。文怀兴等^[3]设计一种大枣自动去核切片机,采用滚子链输送,并由 2 排链 4 个滚子实现枣的定位夹紧,由曲柄滑块机构实现去核作业,实现了大枣的定向、去核、切片的一体化,但由于滚子链传动本身存在的一些问题,比如松弛现象,易导致大枣去核时定位精度降低。张鹏震等^[4]设计的大枣自动切片机包括料斗、定向整理装置和切片装置,结构简单、操作简便,但其利用动刀片抓取的方式使该设备加工时对大枣的外形要求较高,加工效率较低。郑正足^[5]设计的切片机加工效率高、使用安全且切出来的切片厚薄均匀,但其导向槽内设有用于推动原料的挤压装置,造成设备切片造碎率较大。现有的大枣深加工设备都是单一的去核或切片设备,本研究拟提供一种由曲柄滑块机构和槽型凸轮机构配合来完成大枣的快速去核的装置,并且把去核和切片进行集成,最后用实验验证该设备的去核切片性能。

1 总体方案设计及分析

1.1 方案设计

大枣自动去核切片机的主要功能是实现大枣的有序上料、定位夹紧、枣肉与枣核的有效分离,以及快速切制成环状的薄片。根据这一基本要求,设计了如图 1 所示的设计方案,该装置的去核机构运用叼核^[6]的原理,采用曲柄滑块机构实现去核,用槽型凸轮机构实现快速顶核,去核盘、切片盘的间歇转动均由同一个槽轮机构实现,以保持整机的运动协调性。

具体实施方式:大枣倒入上料机构的 2 个毛刷 16 之间,通过步进电机带动毛刷带轮 19 间歇运动,固定于毛刷带轮 19 上的毛刷 16 将大枣带到振动底板 18 的前端,在振动底板 18 的前端开有对应于去核盘 24 上枣孔 25 的枣孔 17。上料电机 21 通过对心曲柄滑块机构 20 带动振动盘 18 做行程为 20 mm 的往复运动,振动盘内的大枣将会被有序地送入去核盘枣孔 25 中,完成上料。去核电机 1 通过去核带轮 3 带动凸轮盘 5 转动,凸轮盘 5 通过曲柄滑块机构带动连接在插刀

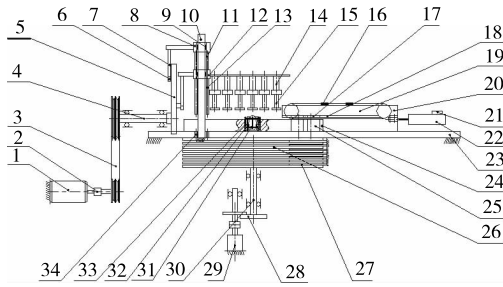
基金项目:陕西省教育厅项目(编号:2013JC28,14JK1100)

作者简介:文怀兴(1957—),男,陕西科技大学教授,博士。

E-mail: wenhx@sust.cn

通讯作者:周改梅

收稿日期:2014-09-15



1. 去核电机 2. 去核联轴器 3. 去核带轮传动 4. 去核轴 5. 凸轮盘 6. 凸轮辊子 7. 凸轮从动件 8. 顶杆连接滑块 9. 直线轴承 10. 导向柱 11. 顶杆 12. 插刀连接滑块 13. 插刀 14. 扶正杆 15. 下料杆 16. 毛刷 17. 振动盘枣孔 18. 振动底板 19. 毛刷带轮传动 20. 振动侧面板 21. 上料电机 22. 对心曲柄滑块机构 23. 机架上面板 24. 去核盘 25. 去核盘枣孔 26. 切片盘 27. 切刀 28. 槽轮机构 29. 主轴电机 30. 主轴 31. 弹簧 32. 内支撑座 33. 外支撑座 34. 枣核孔

图 1 设备结构示意图

Figure 1 Schematic diagram of equipment

连接滑块 12 上的插刀 13、扶正杆 14、下料杆 15 沿导向柱 10 做上下往复运动实现去核,同时凸轮盘 5 通过凸轮顶杆机构带动连接在顶杆连接滑块 8 上的顶杆 11 沿着导向柱 10 做上下往复运动实现顶核。大枣落入由弹簧 31、内支撑座 32 和外支撑座 33 组成的大枣定位夹紧机构中,再经过扶正使冲核杆中心线与大枣中心线在同一条线上,接着大枣在去核工位完成去核,枣核通过机架上面板 23 上的枣核孔 34 落入枣核收集斗,去核的大枣在下料工位通过下料杆 15 推入切片盘,此时,也相当于切片机构的上料。切片机构主要由切刀 27 和切片盘 26 组成,切片盘 26 由一定厚度的圆形转盘层层叠加而成,切刀 27 固定于切片盘层与层之间的缝隙中,切片时,切刀组件固定不动,槽轮机构 28 带动切片盘 25 间歇转动从而大枣被切刀切制成环状薄片。

1.2 主要技术参数

根据大枣加工企业的要求,确定该设备的生产效率为 250 kg/h,综合考虑大枣加工工艺要求、受力状况和企业要求等各方面的因素,确定该设备的主要技术参数见表 1。

2 主要部件设计

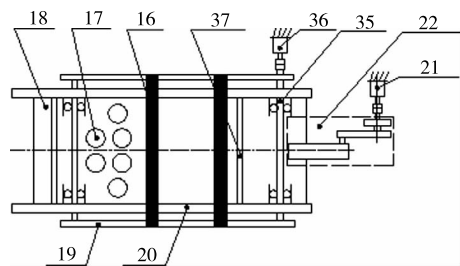
2.1 上料机构的设计

上料机构采用专利 201420698152.9^[7],其示意图见图 2。该装置采用对心曲柄滑块机构 22 带动振动底板 18 做小范围内的往复直线运动来实现上料。振动底板上开有若干个与去核盘上料工位位置对应的枣孔 17,振动侧面板 20 上开有滑槽,振动底板 18 在滑槽内运动,大枣倒入两个毛刷 16 之间,调节毛刷带轮电机 36 正转,则可以带动毛刷运动进而将大枣带到振动底板的枣孔 17 处,在对心曲柄滑块机构 22 的作用下,大枣顺着振动盘上的枣孔 17 掉入去核盘上的枣孔,上料完成后,此时毛刷带轮电机 36 反转,未掉入去核盘内的大枣被毛刷刷回,大枣挡板 37 可防止大枣乱滚。如此重复动作,可以完成大枣的上料。

表 1 技术参数

Table 1 Technical Parameters

类型	参数
主轴电机功率/kW	2.2
主轴减速器的减速比	1 : 35
去核电机型号	HSTM86-1.8-S-65-4-5.9
上料电机型号	HSTM42-1.8-D-33-4-1.33
毛刷带轮电机型号	HSTM42-1.8-D-33-4-1.33
去核带轮传动比	1 : 2
毛刷带轮传动比	1 : 1
槽轮机构槽轮槽数	4
槽轮机构拨销数	1
切刀厚度/mm	0.5



16. 毛刷 17. 振动盘枣孔 18. 振动底板 19. 毛刷带轮 20. 振动侧面板 21. 上料电机 22. 对心曲柄滑块机构 35. 毛刷带轮轴 36. 毛刷带轮电机 37. 大枣挡板

图 2 上料机构示意图

Figure 2 Diagram of feed mechanism

设计曲柄滑块机构的行程 $H=20\text{ mm}$,则对于对心曲柄滑块机构,其曲柄长为 10 mm,考虑到滑块的大小、安装问题及避免出现自锁^[8]的现象,曲柄滑块机构的连杆长为 69 mm,见图 3,其在两个极限位置均不会出现自锁现象。

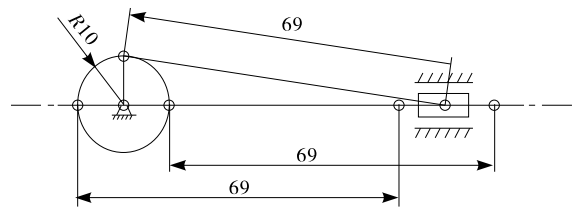


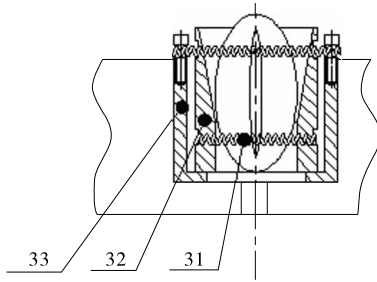
图 3 曲柄滑块机构示意图

Figure 3 Diagram of slider-crank mechanism

2.2 定位夹紧机构设计

该设备的定位夹紧机构采用专利 201420685125.8^[9],见图 4,两个半圆形内支撑座 32 的内部结构为上锥下柱的形式,其上下都开有高 5 mm,深 3 mm 的凹槽,用于连接弹簧 31。

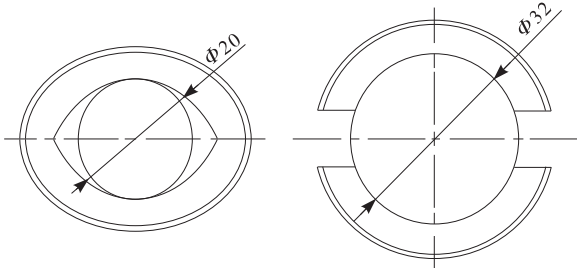
当大枣尚未落入定位夹紧机构时,两个内支撑座 32 在弹簧 31 的作用下保持最小直径 20 mm,如图 5(a)所示,当大枣落入定位夹紧机构中时,两个内支撑座 32 在弹簧 31 的作用下撑开到合适的直径达到夹紧大枣的目的,再经过扶正杆 14 扶正,使大枣中心线与冲核杆中心线一致。此设计能够准确定位和包容所加工大枣的直径范围为 20~32 mm。



31. 弹簧 32. 内支撑座 33. 外支撑座

图 4 大枣定位夹紧机构

Figure 4 Positioning clamping mechanism of jujube



(a) 最小枣的夹持状态 (b) 最大枣的夹持状态

图 5 大枣的定位夹紧状态

Figure 5 Positioning clamping state of jujube

2.3 去核机构设计

2.3.1 去核盘工位分布 如图 6 所示,在工位 1 完成定位夹紧的大枣经过工位 2 进行扶正,然后进入工位 3 进行去核,去核盘上的去核工位开有多个枣孔,可以实现一次冲核动作完成多个大枣的去核作业。该设备的去核机构利用叨核的原理,由曲柄滑块机构带动的空心冲核杆完成去核,空心冲核杆的直径与枣核直径相当为 6 mm,凸轮机构带动的实心顶核杆完成快速顶核,要求去核效率高且果肉的完整性好。

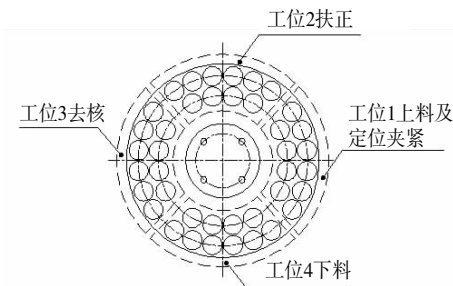


图 6 去核工位分布

Figure 6 The distribution of pitting station for jujube

2.3.2 去核机构的协调性分析 综合考虑大枣的最大长度、机架上面板的厚度及去核盘与切片盘转位所需要的时间等因素,为了使插杆在大枣去核过程中完全穿透大枣,并且枣核与枣肉能顺利分离且掉入指定出核口,顶核机构即凸轮机构的行程 H 取 68 mm,插核机构即曲柄滑块机构的行程 S 也取 68 mm。以顶杆最远推程位置为坐标原点,以顶杆回程方向为位移正方向,以垂直于顶杆位移方向水平向右为时间

方向,建立位移时间坐标系,利用 Matlab 软件进行仿真编程,绘制出插刀和顶杆的位移曲线见图 7,分析可知该机构可以满足去核工艺的要求,顶杆刚开始没有位移,插刀向下运行,插刀到达大枣上表面即 $s_1 = 40 \sim 50$ mm 时,顶杆始终处于最高位置,当插刀完成插核作业,运行到最远距离即 $s_1 = 1$ mm 时,顶杆位移 $s_2 \approx 53.6$ mm,离大枣上表面的距离 > 3 mm;当顶杆推程到其最大行程位移即顶杆位移 $s_2 = 0$ mm 时,插刀回程位移 $s_1 \approx 20.8$ mm,即插杆回程行至大约 1/2 大枣位置处,如此作业可以保证去核效率高且果肉的完整性也好。

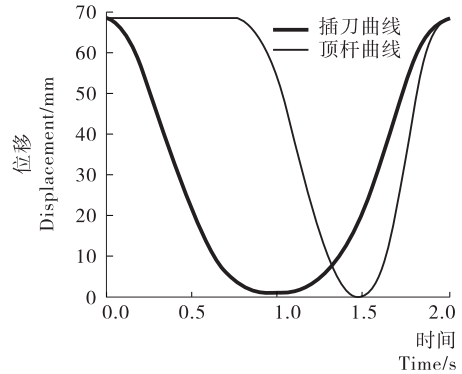
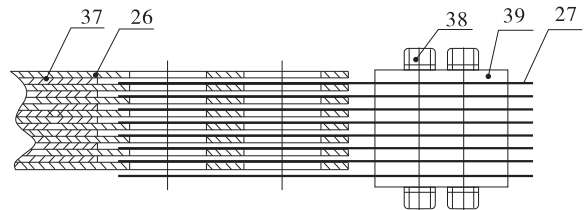


图 7 插刀顶杆位移时间曲线

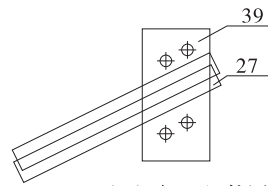
Figure 7 The time displacement curve of blades slide and cam follower

2.4 切片机构设计

如图 8 所示该设备的切片机构主要由切刀 27 和切片盘 26 组成。切片盘 26 由一定厚度的圆形转盘层层叠加而成,每层切片盘上根据所加工级别的大枣直径开有枣孔,根据需要,所切制的大枣薄片的厚度为 6 mm,所以切片盘每层的厚度设计为 3 mm,层与层之间间隔 3 mm 即安装切片盘垫片厚度也为 3 mm。切刀 27 交错一定距离固定于切片盘层与层之间的缝隙中,每片切刀厚度为 0.5 mm,每片夹刀层加工 0.5 mm 的刀槽用于安装切刀,切刀组件安装见图 8(b)。



(a) 切片机构装配图



(b) 切刀组件图

26. 切片盘 27. 切刀 37. 切片盘垫片 38. 切刀组件安装螺栓 39. 夹刀层

图 8 切片机构示意图

Figure 8 Schematic diagram of slicing mechanism

切片时,采用滑切的方式,滑切角为 50°,槽轮机构 28 带动切片盘 26 转动从而大枣被切刀切制成薄片环状。

3 实验验证

3.1 实验目的

为了测试该设备间歇有序上料、去核、切片等综合性能,设计实验验证该设备的有序上料率和造碎率。当该设备的有序上料率≥95%,造碎率≤5%,则说明该设备满足大枣生产指标,综合性能良好。

3.2 实验方案

实验所用的大枣为放置一段时间后的同品种大枣,直径为 26~28 mm,长度为 40~45 mm。实验所用的计量仪器为南京凯德计量仪器有限公司的科威牌电子天平 3 kg/0.1 g。

实验一:验证有序上料率。将 5 kg 大枣倒入振动盘中,查看每次去核盘间歇转动时,落入去核孔的大枣个数。记录实验数据见表 2。

实验二:验证造碎率。选 27 kg 大枣,分为 27 组,实验过程中根据经验凸轮盘的转速固定为 30 r/min,通过 ACS401000432 变频器调节切片速度,每个速度下做 3 组实验,每次切片完后再计量完整枣片的质量,每次称 3 次取平均值来减小误差,根据式(1)计算造碎率。记录实验数据见表 3。

$$\text{造碎率} = \frac{\text{样本质量} - \text{成品质量}}{\text{样本质量}} \times 100\% \quad (1)$$

3.3 结果与分析

大枣有序上料是实现大枣去核切片的前提条件,由表 2 可知,对于去核盘上料工位的 10 个去核枣孔,实际平均上料个数为 9.8 个,平均有序上料率为 98%,高于实验要求的 95%的指标,该设备虽不能保证每次插杆运行都能完成 10 个大枣的冲核作业,但也基本满足要求,所以该设备的有序上料性能良好。

由表 3 可知,当速度在 20~40 r/min 时,其平均造碎率均<5%,满足性能指标要求,当速度≤15 r/min 或≥45 r/min,造碎率比较大,当速度为 32 r/min 时,其造碎率可

表 2 实验一数据

Table 2 Experiment 1 data

组号	理论上料个数	有序上料性能	
		实际上料个数	百分比/%
1	10	10	100
2	10	9	90
3	10	10	100
4	10	10	100
5	10	10	100
6	10	10	100
7	10	9	90
8	10	10	100
9	10	10	100
10	10	10	100
平均值		9.8	98

表 3 实验二数据

Table 3 Experiment 2 data

速度/(r·min ⁻¹)	样本质量/kg	成品质量平均值/g	造碎率/%
15	1	949.79	5.021
20	1	956.08	4.392
24	1	962.08	3.792
28	1	969.43	3.057
30	1	975.03	2.497
32	1	979.03	2.097
36	1	970.77	2.923
40	1	952.25	4.775
45	1	948.76	5.124

达2.074%。实验中计算造碎率的碎渣质量既包括去核过程所致的碎渣,又包括切片过程所致碎渣,所以此造碎率可以综合反映该设备的去核切片性能,说明该设备的去核切片性能良好。

4 结论

(1) 该设备实现了大枣去核切片的集成,更好地完成了大枣的深加工,并且其去核盘、切片盘的间歇转动都由同一个槽轮机构带动,运动协调性好。通过实验验证该设备的有序上料性能、去核切片性能良好,都达到了大枣加工所要求的指标。

(2) 大枣加工前,应先剔除虫枣并进行分级,以便于选择合适的切片盘,减少大枣与切片盘上枣孔的直径差异,以免影响造碎率。

(3) 该设备的大枣自动上料机构尚不能保证百分之百的上料率,还需进行进一步结构优化,在确保功能实现的基础上进行外观造型设计,提高设备美感。

(4) 本试验旨在研究新的大枣去核切片的集成设备,降低造碎率,未刻意追求该设备的生产率,可以通过增加每次去核切片枣的个数提高本设备的生产率。

参考文献

- 朱江丽,田绪顺,李景彬,等. 红枣自动分级技术的研究现状及展望[J]. 安徽农业科学报,2011,39(36):22 864~22 867.
- 彭三河. 大枣去核装置的设计[J]. 包装与食品机械,2005,23(4): 21~22 .
- 文怀兴,史鹏涛,王宁侠. 一种大枣自动去核切片机:中国,201110312614. X[P]. 2012—02—22.
- 张鹏霞,党凯锋,于北京. 大枣自动切片机:中国,200920033989. 0 [P]. 2010—08—25.
- 郑正足. 切片机:中国,201020240150. 7[P]. 2011—04—06.
- 文怀兴,李新博. 大枣去核机构的设计与分析[J]. 食品与机械,2013,29(4):112~114.
- 文怀兴,周改梅,俞祖俊,等. 一种大枣自动去核设备:中国,201420685125. 9[P]. 2014—11—19.
- 郑甲红,朱建儒. 机械原理[M]. 北京:机械工业出版社,2006: 59~63.
- 文怀兴,周改梅,俞祖俊,等. 一种大枣自动去核装置:中国,201420685125. 8[P]. 2014—11—19.