

## 鲜杏单体排序间隔输送装置的设计与试验

刘向东<sup>1,2,3</sup>, 王学农<sup>2,3</sup>, 王春耀<sup>4</sup>, 刘小龙<sup>2,3</sup>, 郭兆峰<sup>2</sup>, 高连兴<sup>1\*</sup>

(1. 沈阳农业大学工程学院, 沈阳 110866; 2. 新疆农业科学院农业机械化研究所, 乌鲁木齐 830091;  
3. 农业部林果棉与设施农业装备技术科学观测实验站, 乌鲁木齐 830013;  
4. 新疆大学机械工程学院, 乌鲁木齐 830046)

**摘 要:** 针对中国杏重要产区的新疆鲜杏加工技术落后、因不能及时加工而造成大量损失、成为杏产业发展瓶颈的实际问题, 结合新疆杏加工主导产品的杏干加工过程中鲜杏切瓣、去核关键环节, 依据农机农艺结合的观点和综合研究方法, 在典型品种鲜杏的物理机械特性研究基础上, 提出了杏单体间隔排序输送原理, 研制出鲜杏自动定向切分去核机配套的单体排序输送装置; 该装置采用移动并自转的鞍形辊作为单体有序输送机构、多角凸轮式摆动布料器实现鲜杏单层喂入机构和星形卸果轮式单体卸果机构等, 从机械的原理上实现了鲜杏单个排序输送并单个有序卸料的功能; 以黄赛买提杏和红赛买提杏为试验材料, 以杏单果率和空穴率为试验指标, 鞍形辊自转转速、布料板摆动频率和输送速度为试验因素, 对样机性能进行正交试验和参数优化, 结果表明, 鲜杏单果排序率达到 91.4%, 空穴率 1.4%, 鲜杏单体排序输送工作效率 1 200 kg/h。研究结果对进一步深入研发鲜杏单体排序输送装置, 实现鲜杏自动定向切分去核机械化作业提供了参考。

**关键词:** 农业机械; 设计; 优化; 杏; 加工; 输送; 排序

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.12.005

中图分类号: S565.2; S226.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2016)-12-0031-08

刘向东, 王学农, 王春耀, 刘小龙, 郭兆峰, 高连兴. 鲜杏单体排序间隔输送装置的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2016, 32(12): 31—38. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.12.005 <http://www.tcsae.org>

Liu Xiangdong, Wang Xuenong, Wang Chunyao, Liu Xiaolong, Guo Zhaofeng, Gao Lianxing. Design and test on transmitting device for fresh apricot with single fruit rank in certain interval[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(12): 31—38. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.12.005 <http://www.tcsae.org>

## 0 引 言

杏是一种营养价值与经济价值很高的水果, 同时杏树既有绿化效果和观赏价值, 在干旱少雨的荒山和风沙区也具有重要的防风固沙、改善生态环境作用。中国是世界重要的鲜杏生产与出口大国, 但以食用鲜杏为主, 加工程度仅占总产量的 11%, 以生产杏干、脯、罐、酱为主。新疆是中国重要的杏生产基地, 截至 2015 年底, 杏的种植规模已经超过 13.24 万  $\text{hm}^2$ 。产量接近 128 万  $\text{t}^{[1]}$ , 已经成为新疆的重要特色农产品之一。但因鲜杏成熟收获期集中、鲜杏不耐贮藏、当地销售和运力有限等原因, 致使鲜杏在存放、运输和销售过程中因腐烂变质损失量高达 20%以上。可见, 鲜杏产地加工技术已成为新疆杏产业发展的瓶颈。去核是鲜杏加工过程的一个必经环节, 目前人工去核操作劳动强度大、效率低、卫生条件差, 而用机械去核则要求鲜杏能可靠地单个排序地

输送, 以便喂入后续的定向和切分加工。

一般的农产品输送技术研究, 前人已做大量研究且应有于生产实践, 如粮食、田间收获等常用的带式、刮板式、斗式、螺旋式和气力输送设备等, 水果输送过程涉及翻转滚动定向喂入问题, 水果和根块茎等物料输送过程的挤压损伤问题, 禽蛋类物料输送的破碎问题等等。因物料自身特性以及后续加工作业的要求, 用于水果去核、去仁、品质检测等输送技术存在很大难度。国外涉及鲜果输送装置的早期研究多用于榨汁输送, Altman 等<sup>[2-3]</sup>研究了鲜果均匀喂入榨汁机的装置, 采用倒 V 形辊实现鲜果的滚动喂入; Morgan 等<sup>[4-6]</sup>研究了鲜果单个提升且均匀喂入窝眼的装置, 采用抓取装置实现鲜果喂入; Narayanan 等<sup>[7-8]</sup>根据鲜果品质检测图像采集的需要, 研究了鲜果在滚动输送过程实现其定向的装置; Lefcourta 等<sup>[9-11]</sup>对番茄、苹果的滚动输送过程中稳定性做了理论与试验研究; 国内农产品物料的输送主要集中在田间收获机具研究, 杨然兵等<sup>[12-13]</sup>对花生收获的夹持输送进行了对比研究; 魏宏安等<sup>[14-17]</sup>对薯类挖掘后的输送进行了研究, 采用链杆式横向数宗装置, 实现了薯类的输送; 徐立章等<sup>[18-21]</sup>对玉米、甘蔗收获过程的输送原理与装置进行了研究, 采用链式输送可有效实现物料的输送; 李晶等<sup>[22]</sup>研究了一种苹果专用输送机构, 可使苹果运动过程中定位, 以便进行图像采集和处理。谢海军等<sup>[23]</sup>研究了荔枝与龙眼的输送与去核机构, 采用对辊式物料排序装置实现物料的单

收稿日期: 2015-12-21 修订日期: 2016-04-20

基金项目: 科技部科技支撑项目 (2011BAD27B02-05-03); 国家自然科学基金资助项目 (51165042); 新疆自治区科技计划 (201130102-4-1-2)

作者简介: 刘向东, 男, 汉族, 新疆阿克苏人, 副研究员, 博士生, 研究方向为农产品加工技术与装备开发研究。沈阳 沈阳农业大学工程学院, 110866。Email: iceast@foxmail.com

\*通信作者: 高连兴, 男, 辽宁兴城人, 教授, 博士生导师, 主要从事农产品收获与加工机械方面研究。沈阳 沈阳农业大学工程学院, 110866。

Email: lianxing\_gao@126.com

颗单列排序,再由拨料轮喂入去核装置。然而,关于鲜杏的单体排序输送机械研究,目前尚未见有文献报道。成熟的鲜杏与苹果、橘子、龙眼等物料的生物、物理机械特性差异显著,鲜杏的等间距、单体排序输送将为后续的定向、切分加工创制有利条件。本文对鲜杏自动定向切分去核机配套的鲜杏单体排序输送装置进行了设计与试验研究,以期对鲜杏的单体排序输送机构的设计提供参考。

## 1 总体方案设计与工作原理

### 1.1 排序输送装置主要功能与要求

鲜杏自动定向切分去核机<sup>[24]</sup>功用是将鲜杏自动定向、沿骑缝线均匀切开、将杏肉与杏核分离。在切分去核过程中,要对准骑缝线、减少刀盘对杏肉重复切割并保持果核、果瓣完整,其工作流程主要包含 4 个核心环节,即单体排序输送、空间调姿定向输送、圆周等深切分和核肉振动分离。排序输送作为第一道工序<sup>[25]</sup>,其作业质量对后续的杏空间调姿定向、切分和去核作业质量和速度有重要影响。为此,设计的杏单体排序输送装置必须满足如下要求:1)在输送过程中自动清理堆叠的杏,以保证杏单层、单个、均匀、有序地进入下一道工序;2)输送过程中给定一定的初始速度,保证其在定向通道中的通过性,避免物料拥堵;3)输送过程中,杏之间不得有严重挤压,保持鲜果的完整性与硬度;4)过小的杏可以自输送装置自动剔除。

### 1.2 总体结构方案

单体排序输送装置是鲜杏自动定向切分去核机的关键装置之一,其总体方案与原理如图 1 所示。其主要由上料斗 1、机架 2、多角轮摆动机构 3、小杏下料板 4、鞍形辊 5、鞍形辊转动驱动机构 6、电机座 7、同步带轮 8、同步带轮主动轮 9、同步带 10、主轴 11、物料斜坡隔板 12 构成。按各机构的功能不同,该装置的构成分解为驱动传动机构、单体排序与输送机构、单层布料机构和单体卸料机构等。

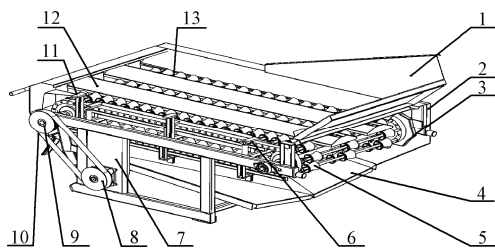


图 1 鲜杏单体排序输送装置总体结构  
Fig.1 Structure of fresh apricots transportation device

### 1.3 基本工作原理

鲜杏喂入料斗后,在多角轮、摆动轴和均料版构

成的单层布料机构作用下,鲜杏均匀地落入相邻鞍形辊形成的窝孔中并随链条带动的鞍形辊向前运动;鞍形辊随链条一起做牵连运动的同时,鞍形辊在强制转动机构作用下形成自转,其鞍形辊与杏接触点速度方向与输送方向相反;鲜杏在自身重力作用下落入两个相邻鞍形辊之间形成的窝孔,两个鞍形辊支撑杏并形成支撑压力,同时鞍形辊对杏产生滑动摩擦力而使其产生自转,堆叠在其上的杏在转动杏带动下,滚落至鞍形辊的下部并落入料斗,从而保证每相邻鞍形辊的窝孔中只保留一个杏;当杏即将进入定向装置、完成输送时,杏在卸果轮和卸料板构成的单体卸果机构作用下,卸果轮将杏托出,保证杏单个并依次顺利进入定向装置。

## 2 关键机构及参数设计

### 2.1 排序输送机构与参数

单体排序输送机构是鲜杏单体排序输送装置关键机构之一,主要实现杏的单体排序与输送功能,其构成与原理如图 2 所示,主要由被动链轮 1、主动链轮 2、传动链条 3、主动链轮轴 5、被动链轮轴 6、鞍形辊 8、辊轴 9、鞍形辊链轮 10 等构成。3 排鞍形辊等间隔固连在辊轴上形成一体,等间距的辊轴两端轴颈与两侧套筒滚子链条的空心销轴动铰接,每个轮轴的一端均固连有鞍形辊链轮并与固定链条啮合,从而形成了由主动链轮与链条驱动的回转式鞍形辊传输机构;鞍形辊与辊轴随传动链条一起运动过程中,其辊轴上的鞍形辊链轮在固定链条啮合作用下,鞍形辊同时产生自转。

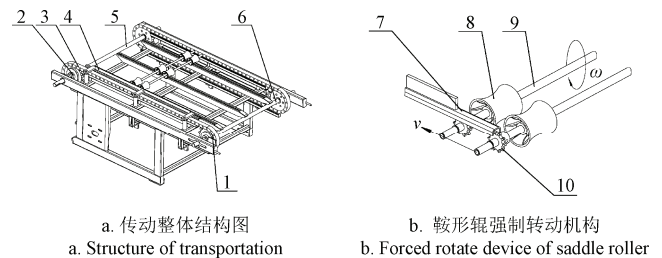


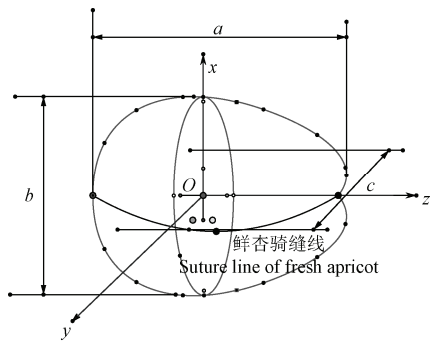
图 2 排序输送机构图  
Fig.2 Device of transportation

注:  $v$  为辊轴平动速度,  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $\omega$  为辊轴自转角速度,  $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ 。  
Note:  $v$  is translation speed of saddle roller shaft,  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $\omega$  is rotation angular velocity of saddle roller shaft,  $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### 2.1.1 主栽品种杏外形尺寸、质量、含水率

为合理设计杏单体排序输送机构,对新疆主栽品种杏含水率、外形进行了质量实测<sup>[26]</sup>(图 3),结果表明(表 1),鲜杏外形尺寸在品种间和个体间均存在较大差异,其球度大小依次为黄赛买提>红赛买提>胡安娜>黑叶杏;整体上长径>骑径>横径,骑径尺寸略大于横径;长径 25~55 mm 均有分布,相应横径差异略小,20~

40 mm。采用机械化规模加工，需根据杏均齐情况考虑进行适当地分级。

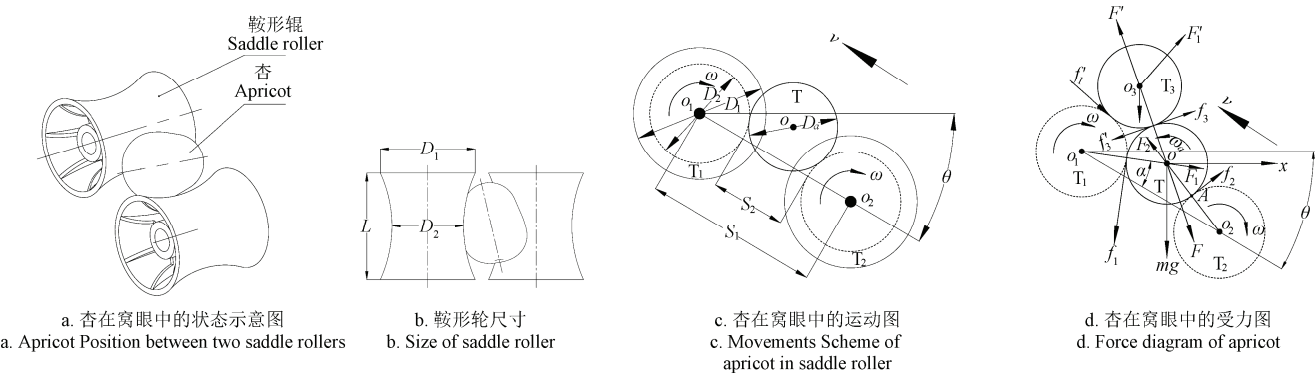


注：a 为长径，mm；b 为横径，mm；c 为骑径，mm。  
Note: a is length diameter, mm; b is transverse diameter, mm; c is ride diameter, mm.

图 3 杏外形三维测量示意图  
Fig.3 Three dimension of apricot

表 1 主栽杏品种外形三维尺寸测量结果  
Table 1 3D size of dominant apricot

品种 Varieties	含水率 Water content/%	质量 Weight/g	杏外形三维尺寸 3D size of apricot			测定结果 Measurement results	
			长径 Length Diameter a /mm	横径 Transverse diameter b /mm	骑径 Ride diameter c /mm	球形度均值 Mean sphericity	骑径/横径比均值 Ratio of ride diameter/Transverse diameter c/b
黄赛买提 Yellow Cemaati	63.4~64.3	32.4~42.4	32.1~51.4	25.7~35.2	26.1~46.6	0.944	1.10
红赛买提 Red Cemaati	63.2~64.7	31.4~41.7	36.4~3.6	26.9~36.1	27.9~45.7	0.947	1.09
胡安娜 Juana apricot	61.8~62.7	29.1~35.4	29.7~42.8	23.3~34.4	24.5~40.1	0.951	1.07
黑叶杏 Black Leaf apricot	63.3~64.1	29.2~36.8	26.2~39.7	21.3~30.4	25.8~38.9	0.982	1.05



注：T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>为鞍形辊；T、T<sub>3</sub>为鲜杏；f<sub>1</sub>、f<sub>2</sub>为鞍形辊 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>对鲜杏 T 的滑动摩擦作用力，N；F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>为鞍形辊 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>对鲜杏 T 的支撑作用力，N；mg 为鲜杏 T 自身受到的重力，N；鲜杏 T<sub>3</sub>对鲜杏 T 的压力为 F，摩擦力为 f<sub>3</sub>，N；v 为鞍形辊直线前进速度，m·s<sup>-1</sup>；θ 为鞍形辊输送平面与水平面夹角，(°)；α 为鲜杏 T 转动轴心 O 与鞍形辊 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>转动轴心连线的夹角，(°)；ω 为鞍形辊 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>自转角速度，rad·s<sup>-1</sup>；D<sub>a</sub>为鲜杏 T 横径最大尺寸，mm；D<sub>1</sub>为鞍形辊外沿直径，mm；D<sub>2</sub>为鞍形辊腰部直径，mm；L 为鞍形辊长，mm；S<sub>1</sub>为鞍形辊轴线距离，mm；S<sub>2</sub>为鞍形辊最小间距，mm；ω<sub>a</sub>为鲜杏 T 自转角速度，rad·s<sup>-1</sup>。  
Note: T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> are saddle rollers; T、T<sub>3</sub> are fresh apricots; f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub> is sliding friction force of fresh apricot T which applied by saddle roller T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub>; N; F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> are support force of fresh apricot T which applied by addle-shaped roller T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub>; N; mg is gravity of fresh apricot T which applied by itself; N; f<sub>3</sub> is pressure force applied by fresh apricot T<sub>3</sub>, F is friction force applied by T<sub>3</sub>; N; v is transport speed of saddle roller, m·s<sup>-1</sup>; θ is angle between transport plane of saddle roller and horizontal plane, (°); α is angle which shaped by three rotation point (rotation point of fresh apricot, rotation points of two saddle rollers), (°); ω is rotation angular of saddle roller T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub>, rad·s<sup>-1</sup>; D<sub>a</sub> is maximum transverse diameter of fresh apricot, mm; D<sub>1</sub> is outer edge diameter of saddle rollers, mm; D<sub>2</sub> is waist diameter of saddle roller, mm; L is length of saddle roller, mm; S<sub>1</sub> is axis distance between two saddle rollers, mm; S<sub>2</sub> is minimum spacing between two saddle rollers, mm; ω<sub>a</sub> is rotation angular of fresh apricot, rad·s<sup>-1</sup>.

图 4 杏在相邻鞍形辊窝孔中排序运动与受力

Fig.4 Sequencing movements and force diagram of apricot between two saddle rollers

当满足杏在窝眼中的 2 个条件时，其 θ 值与 α 值的关系为

$$\cos \alpha = \frac{S_1}{D_2 + D_a} \quad (1)$$

式中 D<sub>a</sub> 为杏横径尺寸值，mm；D<sub>2</sub> 为鞍形辊腰径尺寸，mm，其中  $m=n=(D_a+D_2)/2$ 。

2.1.2 鞍形辊输送机构主要结构与参数

基于新疆主栽品种鲜杏横径尺寸主要分布范围 25~35 mm，为确保单体杏在鞍形辊<sup>[27]</sup>之间的窝孔保持充料状态且能稳定转动，多余符合尺寸要求的杏在自转作用下实现等待、排序，过小杏自窝孔中漏下并在下支撑板组成的空隙排出，需要确定的主要参数包括：鞍形辊性状和相邻辊之间形成的窝孔形状与大小；排序输送装置的倾角，以便窝孔中的杏在鞍形辊摩擦力与自身重力作用下对多余杏施加外力使其排出窝孔；鞍形辊移动速度和自转速度；链条与鞍形辊节距大小。

从杏在鞍形辊之间形成的窝眼状态，确定相关参数，为保证窝孔深度与宽度，同时保证其在一定线速度下对杏稳定作用，确定鞍形辊形状、直径、转速等参数如下。

单体杏在鞍形辊之间窝孔受力与运动如图 4 所示。

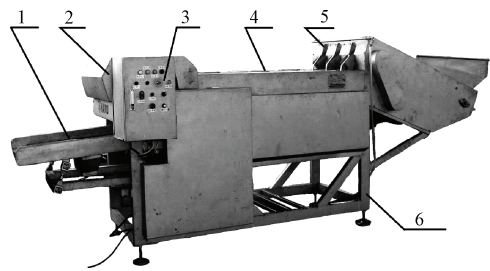
鲜杏在窝孔中稳定条件下，按鲜杏最大横径尺寸值 35 mm 计算，则杏夹角 α 的关系变成

$$\cos \alpha = \frac{S_1}{2m} = \frac{70}{35 + D_2} \quad (2)$$

由于鞍形辊移动速度与杏的实际运动速度 v<sub>a</sub> 相同，







1.振动去核筛 2.切割系统 3.电控柜 4.鲜杏定向机构 5.排序输送装置  
6.机架  
1.Pitting vibrator sieve 2.Cutting System 3.Cabinet 4.Orientation device  
5.Transport device 6.Frame

图 7 鲜杏自动定向切分去核机物理样机

Fig.7 Structure and prototype of fresh apricot orientation and cutting machine

3.2 试验材料与方法

由于试验条件的限制，单体排序输送装置的性能试验与鲜杏自动定向切分去核机整机性能试验结合进行，

但试验指标有所区别。样机试验在新疆农业科学院农业机械化研究所林果棉工程中心进行（图 8）。试验材料为黄赛买提杏和红赛买提杏，来自新疆英吉沙县杏树资源圃，杏成熟度中等，横径 23~39 mm，试验前进行了人工初选，主要剔除损伤、虫害等异形果，但未进行分级处理；每次试验取各品种 100 个，试验重复 3 次，将试验结果取平均值。试验设备为自行研制的杏自动定向切分去核机（新疆农业科学院农业工程公司，表 3）、SFY60 型红外线快速水分测定仪（深圳市冠亚电子科技有限公司，测量精度 0.01%）、DT2236 型数显转数表（上海隆拓仪器设备有限公司，测量精度 0.1 r/min）、HT1000F 型变频器（东莞市恒泰变频器自动化有限公司，测量精度 0.1 Hz）、V3 高速摄像机（美国约克仪器公司，分辨率 1 280×1 280，1 000 帧）、E1.5KS 电子秤（上海升亮电子科技有限公司，测量精度：0.01 g）、游标卡尺（温州三和量具有限公司，测量精度 0.02 mm）等。

表 2 鲜杏单体排序输送装置主要参数

Table 2 Main parameters of ranking feeding device

指标 Index	鞍形辊排数×个数 Number of saddle roller	鞍形辊长度×端径×腰径 Length×End diameter×Waist diameter of saddle roller (mm×mm×mm)	鞍形辊节距 Pitch of saddle roller/mm	输送倾角 Transporting angle/(°)	主电机功率 Power of main electromotor/kW	均料板摆幅 Amplitude of feeding plate/mm
参数 Parameters	3×41	85×56×32	70	21	0.75	17

表 3 鲜杏单体排序输送装置动态调整参数

Table 3 Dynamic parameters adjustment of ranking feeding device

指标 Index	输送速度 Transporting speed/(m·s <sup>-1</sup> )	鞍形辊自转速度 Self-rotating speed of saddle roler/(r·min <sup>-1</sup> )	布料板摆动频率 Swing frequency of feeding plate/Hz	变频器输出电流频率 Frequency convertor/Hz	主动轴转速 Rotating speed of main shaft/(r·min <sup>-1</sup> )
参数 Parameters	0~0.56	0~250	0~10.5	0~50	0~46



a. 机具作业图  
a. Performance of machine  
b. 鲜杏排序状态图  
b. Feeding condition of fresh apricot

图 8 鲜杏自动定向切分去核机整机性能试验

Fig.8 Performance test for apricot orientation and cutting machine

3.3 试验方案与结果分析

根据杏物理机械特性、可能影响排序质量因素和试验条件等综合分析，选取鞍形辊自转转速  $n$ 、布料板摆动频率  $f$  和输送速度  $v$  作为主要试验因素，均取 3 个水平，因素水平编码表见表 4；以杏单果率  $P$  和空穴率  $S$  为试验指标，进行正交试验设计，试验方案与结果见表 5。

从试验结果可以看出各因素对单果率和空穴率的影响情况。对试验结果的极差分析<sup>[27]</sup>，得到影响排序输送单果率的主次顺序为  $A$ 、 $B$ 、 $C$ ，即鞍形辊转速、布料板摆动频率和输送速度，最优配置组合为  $A_3B_1C_3$ ；同理，影响空穴率因素的主次顺序为  $C$ 、 $B$ 、 $A$ ，即输送速度、

布料板摆动频率和鞍形辊转速，所得最优配置组合为  $A_2B_2C_3$ 。两指标最优配置组合均在 9 组试验之中。将 2 个最优组合再次进行对比试验，最优组合  $A_3B_1C_3$  下的单果率为 90.2%，空穴率为 1.5%，最优组合  $A_2B_2C_3$  下的单果率为 88.3%，空穴率为 1.6%，因此最优组合为  $A_3B_1C_3$ 。

表 4 试验因素与水平表

Table 4 Experimental factors and levels

水平 Levels	鞍形辊转速 Rotation of saddle roller $A/(r·min^{-1})$	布料板摆动频率 Swing frequency of feed plate $B/Hz$	输送速度 Transporting speed $C/(m·s^{-1})$
1	93	2.14	0.15
2	164	3.75	0.26
3	235	5.36	0.37

各因素影响单果率和空穴率趋势如表 6 所示。3 种试验因素对杏单果排序输送效果的总体影响趋势如下：1) 布料板摆动频率为 3.75 Hz 与输送速度为 0.26 m/s，转速由 93 增大到 164 r/min 时，单果率与空穴率呈下降趋势；当鞍形辊转速在 164 r/min 时，单果率与空穴率出现拐点，空穴率达到最小值；当鞍形辊转速从 164 增大到 235 r/min 时，单果率呈现上升趋势，但空穴率总体变化不明显。2) 鞍形辊转速为 164 r/min 与输送速度为 0.26 m/s，布料板摆动频率从 2.14 增加到 3.75 Hz 时单果率呈现下降趋势，但空穴率呈现上升趋势，当摆动频率达到 3.75 Hz 时，单

果率与空穴率出现拐点, 单果率值增加, 空穴率迅速下降。3) 鞍形辊转速为 164 r/min 与布料板摆动频率为 3.75 Hz, 输送速度从 0.15 增加到 0.26 m/s 时, 单果率呈上升趋势, 空穴率呈现下降趋势, 输送速度在 0.26 m/s 时, 有略微拐点, 但趋势不变, 即单果率持续上升, 空穴率继续呈下降趋势。

表 5 试验方案与结果  
Table 5 Scheme and results

试验号 Experiment number	鞍形辊转速 Rotation of saddle roller <i>A</i>	布料板摆动频率 Swing frequency of feed plate <i>B</i>	输送速度 Transporting speed <i>C</i>	空列 Empty line	试验指标 (平均) Experiment index (Average)	
					单果率 Single rate <i>P</i> /%	空穴率 Cavity rate <i>S</i> /%
1	1	1	1	1	85.4	2.2
2	1	2	2	2	88.1	1.9
3	1	3	3	3	78.6	1.7
4	2	1	2	3	84.2	1.9
5	2	2	3	1	87.9	1.5
6	2	3	1	2	72.6	1.5
7	3	1	3	2	91.4	1.4
8	3	2	1	1	87.7	2.2
9	3	3	2	3	83.5	1.6
单果率 Single rate	$k_1$	84.03	87.00	82.07	$k_1$	1.93
	$k_2$	81.57	82.97	85.27	$k_2$	1.63
	$k_3$	87.70	83.33	85.97	$k_3$	1.67
	$R$	6.13	4.03	3.90	$R$	0.30
因素主次: $A>B>C$ 较优组合: $A_3B_1C_3$					因素主次: $C>B>A$ 较优组合: $A_2B_2C_3$	

表 6 单果率与空穴率趋势变化  
Table 6 Trend of Single rate and cavity rate

布料板摆动频率为 3.75 Hz, 输送速度为 0.26 m·s <sup>-1</sup> , Swing frequency of feed plate is 3.75 Hz, Transporting speed is 0.26 m·s <sup>-1</sup>			鞍形辊转速为 164 r·min <sup>-1</sup> , 输送速度为 0.26 m·s <sup>-1</sup> , Rotation of saddle roller is 164 r·min <sup>-1</sup> , Transporting speed is 0.26 m·s <sup>-1</sup>			鞍形辊转速为 164 r·min <sup>-1</sup> , 布料板摆动频率为 3.75 Hz Rotation of saddle roller is 164 r·min <sup>-1</sup> Swing frequency of feed plate is 3.75 Hz		
鞍形辊转速 Rotation of saddle roller <i>A</i> /(r·min <sup>-1</sup> )	单果率 Single rate <i>P</i> /%	空穴率 Cavity rate <i>S</i> /%	布料板摆动频率 Swing frequency of feed plate <i>B</i> /Hz	单果率 Single rate <i>P</i> /%	空穴率 Cavity rate <i>S</i> /%	输送速度 Transporting speed <i>C</i> /(m·s <sup>-1</sup> )	单果率 Single rate <i>P</i> /%	空穴率 Cavity rate <i>S</i> /%
93	84.03	1.93	2.14	87.00	1.83	0.15	81.90	1.97
164	81.57	1.63	3.75	82.80	1.87	0.26	85.27	1.63
235	87.53	1.67	5.36	83.33	1.53	0.37	85.97	1.53

4 结 论

1) 研究了新疆典型品种杏的外形尺寸特性, 杏的球形度在 0.944~0.982 之间, 骑径横径比在 1.05~1.1 之间, 为杏的单体排序输送和定向切分机构学研究奠定了基础。进行了杏单体排序输送装置的总体方案、鞍形辊自转复合运动的单体间隔排序装置、多角凸轮式布料机构、以及行星轮式单体卸料机构等关键部件的设计, 确定了排序输送装置输送倾角为 21°, 鞍形辊节距为 70 mm, 鞍形辊长 85 mm。

2) 研制出杏单体排序输送装置样机并进行了性能试验。试验结果表明, 该样机采用移动并有自转鞍形辊式单体间隔排序输送机构, 多角凸轮机构的摆动式布料机构和链轮式单体卸果机构, 确定单层喂入机构多角轮角数为 7 个, 摆杆长度为 92 mm, 摆幅为 17 mm, 较好地实现了杏单体排序输送功能。

3) 在样机性能试验基础上, 进行了主要机构的结构与参数优化。优化后的样机单果排序率达到 91.4%, 空穴率 1.4%, 工作效率可实现杏单体排序输送 1 200 kg /h。研究结果可为高功效杏单体排序输送装置研究和相关研究提供参考。

[参 考 文 献]

[1] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆统计年鉴 2015[Z]. 中国统计出版社, 2015: 383—384.

[2] Altman J E, Altman E. Fruit feeder[P]. USA: 4069909, 1978-01-24.

[3] Rohm R F, Berge O. Feeder mechanism for controlling delivery of fruit to a juice extractor[P]. USA: 4337865, 1982-07-06.

[4] Morgan. B. Mechanical fruit picker with delivery system[P]. USA: 5249412, 1993-10-05.

[5] Font R O. Fruit feeder for squeezer machines[P]. USA: 5957043, 1999-09-28.

[6] Sánchez de León J A, Roda R. Automatic alternating fruit feeder to a cell receiver in quincuxes[P]. USA: 6691857, 2004-02-17.

[7] Narayanan P, Lefcourt A M. Tests of the ability to orient apples using their inertial properties[C]//Diane Chan. 2007 ASABE Annual International Meeting. Minneapolis, ASABE, 2007: 2—12.

[8] Lefcourt A M, Narayanan P, Tasch U, et al. Algorithms for parameterization of dynamics of inertia-based apple orientation[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2008, 24(1): 123—129.

- [9] Lefcourta A M, Narayanana P, Taschb U, et al. Orienting apples for imaging using their inertial properties and random apple loading[J]. Biosystems Engineering, 2009, 104(1): 64—71.
- [10] Narayanan P, Lefcourt A M, Tasch U, et al. Theoretical analysis of stability of axially-symmetric rotating objects with regard to orienting apples[J]. Transactions of the ASABE, 2011, 51(4): 1353—1364.
- [11] Motabar P, Lefcourt A M, Tasch U, et al. Use of inertial properties to orient tomatoes. ASABE, 2011, Vol. 54(2): 517—525.
- [12] 杨然兵, 尚书旗. 花生联合收获机柔性夹持装置设计与试验[J]. 农业机械学报, 2010, 41(8): 67—71.  
Yang Ranbing, Shang Shuqi. Design and Test analysis of peanut combine flexible clamping device[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2010, 41(8): 67—71. (in Chinese with English abstract)
- [13] 孙玉涛, 尚书旗, 王东伟, 等. 美国花生收获机械现状与技术特点分析[J]. 农机化研究, 2014(4): 7—11.  
Sun Yutao, Shang Shuqi, Wang Dongwei, et al. The development status of peanut harvest in America[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2014(4): 7—11. (in Chinese with English abstract)
- [14] 魏宏安, 张俊莲, 杨小平, 等. 4UFD-1400 型马铃薯联合收获机改进设计与试验[J]. 农业工程学报, 2014, 30(3): 12—17.  
Wei Hongan, Zhang Junlian, Yang Xiaoping, et al. Improved design and test of 4UFD-1400 type potato combine harvester[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2014, 30(3): 12—17. (in Chinese with English abstract)
- [15] 夏阳, 何玉静, 王万章, 等. 分段红薯机械化收获模式实验研究[J]. 中国农机化, 2011(6): 69—72.  
Xia Yang, He Yujing, Wang Wanzhang, et al. Experiment on the multiple steps mechanized sweet potato harvest[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2011(6): 69—72. (in Chinese with English abstract)
- [16] 顾峰玮, 胡志超, 吴惠昌, 等. 4LT-A 型错行作业挖掘甜菜联合收获机研制与试验[J]. 农业工程学报, 2014, 30(23): 1—9.  
Gu Fengwei, Hu Zhichao, Wu Huichang, et al. Development and experiment of 4LT-A staggered-dig sugar beet combine[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2014, 30(23): 1—9. (in Chinese with English abstract)
- [17] 陈德俊, 龚永坚, 黄东明, 等. 履带式全喂入稻麦联合收获机工作装置设计[J]. 农业机械学报, 2007, 38(8): 82—85.  
Chen Dejun, Gong Yongjian, Huang Dongming, et al. Development on some apparatus of Chinese model caterpillar rice-wheat combine harvester[J]. Transactions of the Chinese Society of agricultural Machinery, 2007, 38(8): 82—85. (in Chinese with English abstract)
- [18] 徐立章, 李耀明, 唐忠, 等. 4LQZ-6 型切纵流联合收获机[J]. 农业机械学报, 2013, 44(8): 94—98  
Xu Lizhang, Li Yaoming, Tang Zhong, et al. 4LQZ-6 Tangential-longitudinal axial combine harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(8): 94—98. (in Chinese with English abstract)
- [19] 刘师多, 牛康, 师清翔, 等. 玉米果穗螺旋摩擦输送装置的输送性能试验[J]. 农业工程学报, 2013, 29(12): 9—16.  
Liu Shiduo, Niu Kang, Shi Qingxiang, et al. Performance experiment of friction conveying device for maize ears[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(12): 9—16. (in Chinese with English abstract)
- [20] 金诚谦, 尹文庆, 吴崇友. 油菜割晒机拨指输送链式输送装置研制与试验[J]. 农业工程学报, 2013, 29(21): 11—18.  
Jin Chengqian, Yin Wenqing, Wu Chongyou, et al. Development and experiment of rape windrower transportation device with poke finger conveyor chain[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(21): 11—18. (in Chinese with English abstract)
- [21] 周勇, 区颖刚, 彭康益, 等. 4GZ-56 型履带式甘蔗联合收获机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2010, 41(4): 75—78.  
Zhou Yong, Ou Yingang, Peng Kangyi, et al. Design and experiment of 4GZ-56 caterpillar sugarcane combine[J]. Transactions of the Chinese Society of agricultural Machinery, 2010, 41(4): 75—78. (in Chinese with English abstract)
- [22] 李晶, 张东兴, 刘宝, 等. 苹果分级机输送与翻转机构设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(5): 158—161.  
Li Jing, Zhang Dongxing, Liu Bao, et al. Design of conveyer and turnover mechanism of apple grader[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2009, 40(5): 158—161. (in Chinese with English abstract)
- [23] 谢海军, 卿艳梅, 郑丁科, 等. 气动式龙眼去核装置的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2006, 22(7): 211—213.  
Xie Haijun, Qing Yanmei, Zheng Dingke, et al. Design and experiment of a longan core-removing mechanism[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2006, 22(7): 211—213. (in Chinese with English abstract)
- [24] 梁勤安, 王春耀, 刘向东, 等. 单通道水果定向去核机[P]. 中国专利: ZL 201210355967.2, 2015-03-11.
- [25] 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, 111.  
Xu Huirong, Ying Yibing, Gai Ling. Research on fruit feeding and rolling installation with bicone rollers[J]. Transactions of the Chinese Society of agricultural

- Machinery, 2003, 34(6): 100—103,111. (in Chinese with English abstract)
- [26] 周祖锴. 农业物科学. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [27] 王松磊, 何建国, 贺晓光, 等. 红枣自动分级机搓动旋转输送系统的研制[J]. 新疆农业大学学报, 2009, 32(6): 80—84. Wang Songlei, He Jianguo, He Xiaoguang, et al. Development on the conveying system with rubbing and rotating mechanism of jujube automatic classifier[J]. Journal of XinJiang Agricultural University, 2009, 32(6): 80—84. (in Chinese with English abstract)
- [28] 李长友, 马兴灶, 程红胜, 等. 荔枝定向去核剥壳机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2014, 45(8): 93—100. Li Changyou, Ma Xingzao, ChengHongsheng, et al. Design and experiment of litchi denucleating and decorticating machine[J]. Transactions of the Chinese Society of agricultural Machinery, 2014, 45(8): 93—100. (in Chinese with English abstract)
- [29] 陈魁. 试验设计与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.

## Design and test on transmitting device for fresh apricot with single fruit rank in certain interval

Liu Xiangdong<sup>1,2,3</sup>, Wang Xuenong<sup>2,3</sup>, Wang Chunyao<sup>4</sup>, Liu Xiaolong<sup>2,3</sup>, Guo Zhaofeng<sup>2</sup>, Gao Lianxing<sup>1\*</sup>

(1. College of Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 2. Institute of Agricultural Mechanization, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China; 3. Scientific Observing and Experimental Station of Forest Fruit, Cotton Equipment and Facility Agriculture, Ministry of Agriculture, Urumqi 830013, China; 4. School of Mechanical Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** Apricot is a kind of very important fruit in China. Xinjiang is the largest apricot producer with a planting area of  $1.324 \times 10^5$  hm<sup>2</sup> and an annual production of  $1.280 \times 10^6$  t. However, the fresh apricot is very liable to become putrid if it is not eaten and processed in time during the storing and transporting. Traditionally in China, fresh apricots can be processed into various apricot products with special flavor, such as dried apricot slices. Unfortunately, the amount of all the apricots processed accounts only for less than 11% of total amount of fresh apricots, and the processing almost relies on manual operation. Limited mechanization of apricot production especially for harvesting and processing has become a key factor in impeding the development of apricot industry in Xinjiang. During the processes of processing from fresh apricots into dried apricot slices, 2 devices and corresponding procedures are needed. The first procedure is that every apricot must be ranked automatically one by one with an interval, in order that the next device is able to automatically orientate and accurately cut apricot into 2 slices. Based on the combination theory of agricultural machinery and agronomy as well as the related basic study on the physical and mechanical properties of apricot during transporting and segueing, this research was conducted to determine the optimal structure and design parameters of the interval deliverer for fresh apricots, and to develop the fresh apricot conveying device with single apricot ranking in interval. This device included: a series of saddle rollers that rotate by their own axis as they move forward; the distributing mechanism i.e. the polygon cams make the apricots fed peacefully and ensure apricots into the next procedure one by one. All the process of sequencing feeding and transporting of fresh apricots was achieved through the performance combination of the chains consisting of saddle rollers with the distributing mechanism key parts. The performance test of the device developed was accomplished at Institute of Agricultural Mechanization, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, and the apricots used as experimental materials were yellow Cemaati and red Cemaati apricots with middle maturity from Yingjisha County of southern Xinjiang, which were checked by labor before the test. The sequencing rate of single fruit and cavity rate were as the test indices. The test result showed that the sequencing rate of single apricot was 91.4%, the cavity rate was 1.4% and the feeding efficiency was 1 200 kg/h. The research results will provide important basis for further research and development of the ranking feeding device for late mechanical orientation and cutting procedure automatically.

**Keywords:** agricultural machinery; design; optimization; apricot; process; deliver; rank