

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2021.02.024

# 卧式青核桃脱皮机关键部件优化与试验

## Optimization and experiment of key components of horizontal green walnut peeling machine

杨忠强<sup>1,2</sup> 郭辉<sup>1</sup> 马月虹<sup>2</sup>YANG Zhong-qiang<sup>1,2</sup> GUO Hui<sup>1</sup> MA Yue-hong<sup>2</sup>

(1. 新疆农业大学机电工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052;

2. 新疆农业科学院农业机械化研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091)

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumchi, Xinjiang 830052, China; 2. Agricultural Mechanization Institute, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

**摘要:**通过分析卧式青核桃脱皮机整机及关键部件的结构与工作原理,选择不同结构类型的板刷、刀片以及不同的刀片排列方式进行脱皮试验。确定卧式青核桃脱皮机的关键部件为:c型板刷、f型刀片及h型刀片排列方式,其运行参数为:主轴转速 25~35 r/min,喂入量 1 000~3 000 kg/h。当喂入量为 2 000 kg/h,主轴转速为 30 r/min,脱皮间隙为 35 mm,脱皮角度为 2°时,新新 2 青核桃脱净率为 92.12%,破损果率为 4.28%,温 185 青核桃脱净率为 90.32%,破损果率为 6.17%,扎 343 青核桃脱净率为 94.69%,破损果率为 4.77%。

**关键词:**脱皮机;板刷;刀片;脱净率;破损果率

**Abstract:** In order to optimize the structure and movement parameters of the key parts of horizontal walnut peeling machine, a kind of horizontal green walnut peeling machine was designed in this paper. By analyzing the structure and working principle of the whole machine and its key parts, the peeling test was carried out by selecting different brush types, blade types and blade arrangement. The key parts of horizontal green walnut peeling machine were determined: C type brush, F type blade and h type blade arrangement. Through the peeling test of spindle speed and feeding amount, the operating parameters of horizontal green walnut peeling machine were determined: spindle speed 25 ~ 35 r/min, feeding amount 1 000 ~ 3 000 kg/h. Results: the

cleaning rate was 92.12%, the damaged fruit rate was 4.28% of Xinxin 2 green walnut, the cleaning rate was 90.32%, the damaged fruit rate was 6.17% of Wen 185 green walnut, and the cleaning rate was 94.69%, the damaged fruit rate was 4.77% of Zha 343 green walnut under the conditions of the feeding amount of 2 000 kg/h, the spindle speed of 30 r/min, the peeling gap of 35 mm and the peeling angle of 2°.

**Keywords:** peeling machine; brush; blade; threshing rate; breakage rate

中国核桃种植面积和产量均居世界首位,是世界重要的核桃生产国和消费大国。新疆是中国核桃第二大集散地<sup>[1]</sup>,其坚果种植面积达  $5.043 \times 10^5$  hm<sup>2</sup>,其中核桃种植面积达  $3.909 \times 10^5$  hm<sup>2</sup>,占总种植面积的 3/4 以上;而坚果总产量达  $1.036 \times 10^6$  t,其中核桃产量达  $8.368 \times 10^5$  t,占总产量的 4/5 以上<sup>[2]</sup>。由于核桃加工期集中且规模较大,采后因加工不及时导致的损失在 12% 以上。

脱青皮是核桃采后加工的首要且最重要的环节。机械法脱皮是替代人工脱皮最有效的手段,且符合卫生条件。目前,机械法脱皮主要集中在对脱皮机构的研发和脱皮机理的研究。其中,脱皮机构的研发主要采用切割脱皮<sup>[3-5]</sup>、挤压脱皮<sup>[6-7]</sup>、刮削脱皮<sup>[8-10]</sup>、撞击脱皮<sup>[11-13]</sup>及混合法脱皮<sup>[14]</sup>。混合法脱皮主要是利用上述 4 种方法中的两种或多种脱皮方法进行组合脱皮,如卧式青核桃脱皮机,该设备既有刀片的切割,又有板刷与链板组成的挤压通道,生产率较高,适合批量化、规模化加工,可以配套于成套设备中使用。脱皮机理的研究主要是对青核桃的力学特性、物理特性等方面的探讨<sup>[15-17]</sup>。目前,中国

**基金项目:**新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(编号:2016D01B034)

**作者简介:**杨忠强,男,新疆农业大学在读硕士研究生。

**通信作者:**郭辉(1979—),男,新疆农业大学副教授,硕士生导师,博士。E-mail: gh97026@163.com

**收稿日期:**2020-07-18

在核桃脱皮加工工艺方面还缺乏系统研究,脱皮加工粗放,未能实现标准化、精细化生产,多以单机加工为主,成套性较差。郑甲红等<sup>[17]</sup>对青核桃进行了挤压试验,确定了外形大小并不是决定因素,无需分级加工。对于无间隙调节机构的离心筛网式青核桃脱皮机<sup>[12]</sup>,因其结构与原理不同,为获得更好的效果可进行分级处理,但该类型脱皮机采用间歇式生产,无法真正实现连续化、批量化加工。而卧式青核桃脱皮机<sup>[14]</sup>因其结构和原理与离心筛网式青核桃脱皮机不同,作业前需根据原料外形大小进行分级处理,然后确定间隙调节机构的间隙范围并进行分批次加工,该机可以配套在连续生产线中进行连续化、批量化加工。

由于中国栽培和育种的核桃品种主要追求出仁率高、壳薄。然而,在核桃实际生产加工中,壳薄的品种普遍裂果较多,外形尺寸差异性较大,若不进行分级,直接进入脱皮通道中,外形尺寸较小的青核桃未接触到板刷而未受到挤压,直接输送到出料口,造成漏脱,同时,外形尺寸较大的青核桃所受作用强度较大而造成硬壳破损。成熟度是衡量核桃果实是否成熟的一个最重要指标,而目前有关青核桃成熟的标准尚未建立,果农一般将青皮裂口程度作为判断核桃果实是否成熟的标准。青皮裂口越大,核桃成熟度越高,青皮与硬壳越容易分离。江林曦<sup>[18]</sup>通过回归试验获得了核桃青皮的弹性模量随含水率变化的函数关系,否定了关于控制青皮含水率提高脱皮性能的方案。因此,机械脱皮前分级、熟化等预处理措施是提高该设备脱皮效果的重要因素。

影响脱皮机构脱皮性能的因素除脱皮工艺、核桃品种、成熟度及含水率等因素外,还与脱皮机构的结构和参数有关<sup>[19]</sup>。其关键部件尤其是板刷、刀片及刀片的排列方式还需进一步试验。文章拟介绍卧式青核桃脱皮机的整体结构、工作原理、脱皮通道间隙调节机构、脱皮通道角度调节机构,通过选择不同的板刷类型、刀片类型及刀片排列方式进行脱皮性能的试验,旨在为卧式青核桃脱皮机的优化提供依据。

## 1 整体结构与工作原理

### 1.1 卧式青核桃脱皮机

卧式青核桃脱皮机部件构成见图 1。

青核桃从进料口落至链板机构表面,电机减速器驱动主轴转动,带动链板机构水平向前运动,在布料装置的作用下,平铺一层进入由上板刷机构与下链板机构组成的脱皮通道中,前喷水管不断对青核桃进行喷洒润滑,链板上安装有不同方向的刀片,在脱皮通道中,青核桃不断受到挤压摩擦,刀片更易将青皮切裂,然后在板刷的梳刷作用下,将青皮去除,混合物料一起输送至出料口,进入

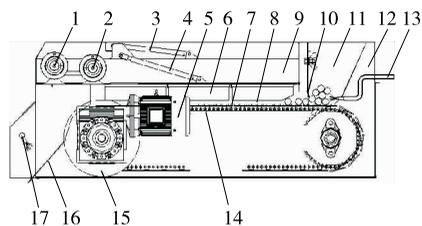


图 1 卧式青核桃脱皮机结构示意图

Figure 1 Horizontal green walnut peeling machine

下一青皮分离清洗环节。

脱皮通道由板刷机构与链板机构组成。工作状态下,可以通过间隙调节手轮控制上板刷机构与下链板机构之间的距离,满足不同外形尺寸的青核桃脱皮,也可以通过角度调节手轮控制上板刷机构与链板机构之间形成脱皮通道的倾斜角度,形成间隙由大到小的构形。核桃青皮逐渐脱落,外形尺寸不断变小,前进过程中,通道间隙也逐渐减小,更符合青核桃到核桃之间的外形尺寸变化过程,提高青皮脱净率,减少核桃破损果率。

### 1.2 脱皮通道的间隙调节机构

脱皮通道的间隙调节机构见图 2。其间隙调节的目的主要是适应不同外形大小及品种的青核桃进行脱皮作业,以提高脱皮性能。该机构可以实现板刷的升降,调节脱皮通道的间隙,还可以实现多组板刷同步升降,保证多组板刷机构与链板机构形成的脱皮通道间隙一致。螺杆升降机与板刷安装架固定,带动螺杆升降机的推杆前进或后退,推动两侧调节板水平沿导轨前进或后退,两侧调节板上设置有倾斜的长条孔,板刷安装架上设置有竖直的长条孔,调节轴沿倾斜长条孔向上或向下滑动,调节轴带动板刷安装架沿板刷安装架竖直长条孔上升或下降,从而实现脱皮通道间隙调大或调小,脱皮通道间隙  $h$  主要通过调节板上调节轴上升的标尺距离确定。

### 1.3 脱皮通道的角度调节机构

脱皮通道的角度调节机构见图 3。脱皮过程中,核桃

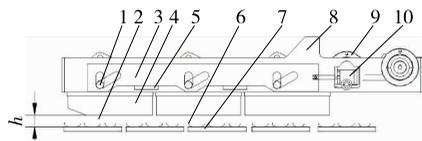
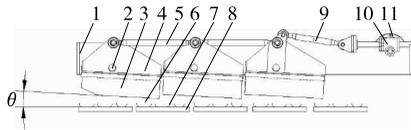


图 2 脱皮通道间隙调节机构示意图

Figure 2 Gap adjusting mechanism of peeling channel



1. 板刷安装架 2. 调节轴 3. 板刷 4. 板刷安装板 5. 调节拉杆 6. 脱皮通道 7. 刀片 8. 链板机构 9. 拉杆 10. 螺杆升降器 11. 角度调节手轮

图3 脱皮通道角度调节机构示意图

Figure 3 Angle adjusting mechanism of peeling channel

青皮不断脱落变小,同时挤压间隙逐渐减小,以适应青核桃与核桃之间的尺寸差异,从而实现最佳的脱皮性能。该机构可以实现脱皮通道角度  $\theta$  调整,还可以实现多组板刷与链板之间的角度一致性。螺杆升降器与板刷安装架固定,带动螺杆升降器的推杆前进或后退,从而带动拉杆前进或后退,拉杆带动板刷安装板绕调节轴旋转,板刷安装板上安装有板刷,同时调节拉杆带动多组板刷绕各自调节轴旋转,从而实现多组板刷角度调节的一致性,脱皮通道角度  $\theta$  主要通过板刷安装板与竖直方向的夹角确定。

## 2 关键部件结构形式与参数

### 2.1 板刷

板刷表面的动摩擦系数是影响脱皮性能的因素之一。卧式青核桃脱皮机板刷的类型主要有3种(图4):① a型钢丝绳板刷,单根钢丝直径1 mm,长度80 mm,密度6 198个/m<sup>2</sup>;② b型钢丝绳板刷,钢丝绳直径5 mm,长度80 mm,密度4 888个/m<sup>2</sup>;③ c型钢丝绳板刷,钢丝绳直径5 mm,长度80 mm,密度8 444个/m<sup>2</sup>。

### 2.2 刀片

由于刀片参与核桃青皮切割过程,因此,刀片类型也是影响脱皮性能的关键因素之一。卧式青核桃脱皮机刀片的类型主要有3种(图5):① d型刀片采用U型,两边高度一致,均为8 mm,且与链板垂直;② e型刀片采用U型,但两边高度不一致,分别为8,5 mm,与链板不垂直;

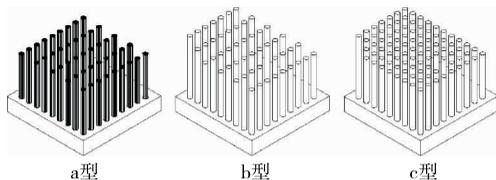


图4 板刷的类型  
Figure 4 Brush types



图5 刀片的类型  
Figure 5 Blade types

③ f型刀片采用U型,但两边高度不一致,高8 mm一侧与链板垂直,高3 mm一侧与链板不垂直。

### 2.3 刀片排列形式

通过分析,链板表面的动摩擦系数也是影响脱皮性能的因素之一。而刀片排列方式是影响链板动摩擦系数的因素之一,试验选择的排列方式如图6所示,g型排列方式刀片采用一排倾斜,一排平行方式,h型刀片采用米字型排列方式。

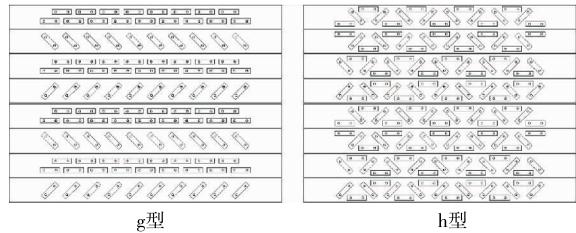


图6 刀片的排列方式

Figure 6 Arrangement of blade types

## 3 材料与试验方法

### 3.1 材料与仪器

青核桃:选用新疆主栽的新新2、温185、扎343品种,于2019年9月上旬新疆喀什叶城县采收,外形尺寸(棱径×短径)为(42.7~46.3) mm×(44.5~47.65) mm,分级后,青皮平均厚度为6.81 mm,青皮含水率为89.0%~95.5%,核桃壳含水率为32.7%~38.4%,核桃仁含水率为24.0%~33.2%,成熟度较好,于新疆农业科学院农业机械化研究所实验室进行试验,试验前于(5±1)℃保鲜库内保存;

卧式青核桃脱皮机:新疆农业科学院农业机械化研究所自制;

减速器:RV130型,浙江午马减速机有限公司;

电机:YE2-112M-4型,上海左力电机有限责任公司;

电子计价台秤:TCS-150型,贵阳宏立衡器制造有限公司。

### 3.2 试验方法

3.2.1 单因素试验 卧式青核桃脱皮机减速器速比为30,电机为三相异步4 kW电机,通过变频器控制主轴的转速,喂入量控制脱皮机的生产率,由于采用输送带均匀喂入,该机生产率为3 t/h。前期试验发现,当喂入量为2 000 kg/h,主轴转速为30 r/min,脱皮间隙为35 mm,脱皮角度为2°时,脱皮性能较好。

(1) 主轴转速:当喂入量为2 000 kg/h,脱皮间隙为35 mm,脱皮角度为2°时,考察主轴转速(15,20,25,30,35,40,45 r/min)对青皮脱净率与核桃破损果率的影响。

(2) 喂入量:当主轴转速为30 r/min,脱皮间隙为

35 mm, 脱皮角度为 2°时, 考察喂入量(500, 1 000, 1 500, 2 000, 2 500, 3 000, 3 500 kg/h)对青皮脱净率与核桃破损果率的影响。

(3) 核桃品种: 当喂入量为 2 000 kg/h, 主轴转速为 30 r/min, 脱皮间隙为 35 mm, 脱皮角度为 2°时, 考察核桃品种对青皮脱净率与核桃破损果率的影响。

3.2.2 脱净率和破损果率的测定 分别按式(1)、(2)计算青皮脱净率和核桃破损果率<sup>[20]</sup>。

$$T = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \times 100\%, \quad (1)$$

$$P = \frac{m_3}{m} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

$T$ ——脱净率, %;

$m_1$ ——完全脱皮的核桃质量, kg;

$m_2$ ——未完全脱皮的核桃质量, kg;

$P$ ——破损果率, %;

$m_3$ ——破损果质量, kg;

$m$ ——出料口样品总质量, kg。

3.2.3 数据处理 所有试验重复 3 次, 利用 Excel 软件进行计算和作图。

## 4 结果与分析

### 4.1 设备特性对脱皮性能的影响

4.1.1 板刷类型 由图 7 可知, 脱净率 c 型 > a 型 > b 型, 破损果率 a 型 > c 型 > b 型。a 型板刷是由直径为 1 mm 的钢丝栽种而成, 若钢丝直径 < 0.8 mm, 形成的板刷强度不够, 若钢丝直径 > 2 mm, 形成的板刷强度较强, 易戳进核桃内部, 造成核桃破损, 且栽种的板刷其钢丝易松动脱落, 稳定性较差; b 型板刷采用钢丝绳穿成 U 型, 钢丝绳直径为 5 mm, 钢丝绳替代钢丝, 提高了其稳定性, 但其密度小, 整体硬度和扰度较小, 青皮脱净率和核桃破损果率均较其他两种板刷小, 且钢丝绳之间易卡核桃, 造成清理困难; c 型板刷较 b 型增加了密度, 提高了板刷整体的硬

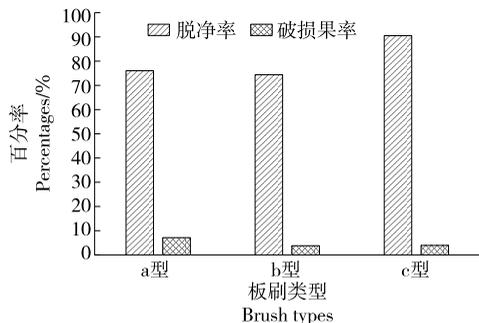


图 7 板刷类型对青皮脱净率及破损果率的影响

Figure 7 Effects of brush types on the removing green husk rate and the damaged fruit rate

度和扰度, 板刷的整体弹性较强, 脱皮作用较为柔和, 大大提高了脱净率和稳定性, 减少破损果率。因此, 采用 c 型板刷作为卧式青核桃脱皮机的关键部件。

4.1.2 刀片类型 由图 8 可知, 脱净率 f 型 > e 型 > d 型, 破损果率 d 型 > e 型 > f 型, U 型刀片直接与青核桃接触而参与脱皮过程, 刀片的切刃应尽可能与青皮的厚度相匹配, 切刃过高易损坏核桃, 过低不易将青核桃切裂。f 型刀片的单刃相比 d 型的双刃更易切破青皮, 而且双刃需获得较大的挤压力才能将青皮切破, 因而造成较大的破损果率。试验还发现, d 型的 U 型刀片在试验过程中, U 型槽内易堆积青皮杂质, 且不能及时将杂质排除。相比之下, f 型刀片在喷水装置的作用下, 清理杂质更容易且及时, 因此采用 f 型刀片作为卧式青核桃脱皮机的关键部件。

4.1.3 刀片的排列方式 由图 9 可知, h 型较 g 型获得较高的脱净率和较低的破损果率, 可能是 h 型排列更均匀, 且增加 U 型刀片刀刃与链板输送方向的倾斜角度, 更有利于刀刃与青核桃的滑动切割, 将青皮切破, 并促使青核桃在脱皮通道中走 S 型轨迹, 提高了青皮脱净率, 减少了青核桃与刀片刀刃正面的碰撞和摩擦, 因此采用 h 型排列方式为卧式青核桃脱皮机的刀片排列形式。

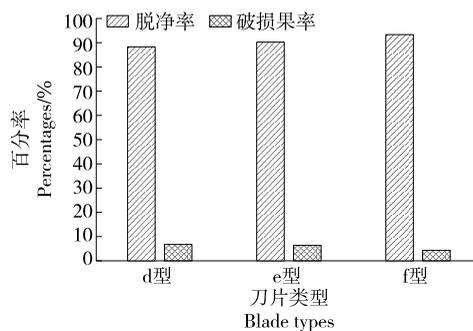


图 8 刀片类型对青皮脱净率及破损果率的影响

Figure 8 Effects of blade types on the removing green husk rate and the damaged fruit rate

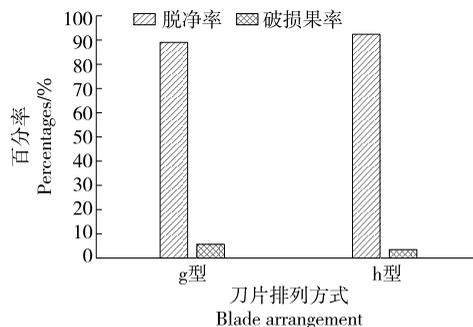


图 9 刀片的排列方式对青皮脱净率及破损果率的影响

Figure 9 Effects of blade arrangement on the removing green husk rate and the damaged fruit rate

## 4.2 运动参数对脱皮性能的影响

4.2.1 主轴转速 杨忠强等<sup>[12]</sup>研究表明,筛网转速对脱净率的影响极显著( $P < 0.01$ ),对破损果率影响显著( $P < 0.05$ )。由图 10 可知,脱净率和破损果率均随主轴转速的增加而升高。主轴转速越快,进入脱皮通道的青核桃获得的速度和动能越大,青核桃所受的撞击力变大,其青皮易被撞击破裂,同时,核桃硬壳破损也大大增加。为了提高机具的脱净率和生产率,降低核桃破损果率,卧式青核桃脱皮机主轴转速的选择需满足破损果率 $\leq 6\%$ <sup>[20]</sup>,并尽可能提高青皮脱净率和生产率,故确定主轴转速为 25~35 r/min 较为理想。

4.2.2 喂入量 采用机械脱皮时,大量的物料及杂质无规则进入脱皮通道,使板刷与刀片对物料产生的作用强度随机性变大,不易实现精准控制,核桃硬壳易遭受破损。由图 11 可知,脱净率和破损果率均随喂入量的增加而不断减小。脱皮作业过程中,喂入量直接决定了设备的生产率,但喂入量应与脱皮能力相匹配,若喂入量过大,进入脱皮通道单位面积内的青核桃数量不断增加,单个青核桃所受的挤压力变小,青皮破裂的概率降低,青皮脱净率和核桃破损果率随之降低,不能及时全部脱皮,青皮会不断地堆积在刀片的凹槽和板刷的缝隙中,不仅降

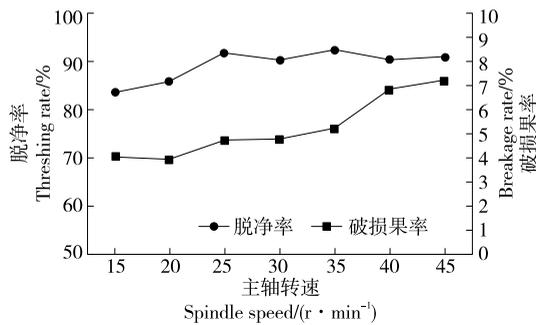


图 10 主轴转速对脱净率和破损果率的影响

Figure 10 Effects of spindle speed on threshing rate and breakage rate

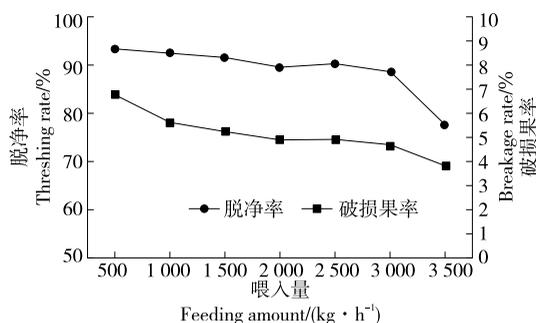


图 11 喂入量对脱净率和破损果率的影响

Figure 11 Effects of feeding amount on threshing rate and breakage rate

低了脱皮能力,还使得青皮不能及时排出脱皮通道。因此,确定喂入量为 1 000~3 000 kg/h 较为理想。

4.2.3 核桃品种 由图 12 可知,青皮脱净率扎 343>新新 2>温 185,核桃破损果率温 185>扎 343>新新 2。新新 2 核桃外形为长圆形,缝合线窄且紧密较平,壳面光滑,沟纹浅细且较稀,壳厚 1.2 mm,出仁率为 53.2%;温 185 核桃外形为长圆形,缝合线宽且紧密较凸,壳面粗糙,沟纹深粗且较密,壳厚 0.8 mm,出仁率为 65.9%;扎 343 核桃外形为卵圆形,缝合线窄且紧密较平,壳面光滑,沟纹较浅细且较稀,壳厚 1.16 mm,出仁率为 54.0%<sup>[21]</sup>;三者均属于薄皮核桃,相比之下,扎 343 的壳面沟纹较新新 2 更细更稀,因此,扎 343 的青皮与核桃粘连较新新 2 差,更易脱皮,温 185 壳面粗糙,沟纹深粗且较密,青皮与核桃粘连较好,脱皮较差。壳厚新新 2>扎 343>温 185,壳薄强度小,脱皮时易破损,因此,品种对核桃破损果率的影响显著( $P < 0.05$ )。

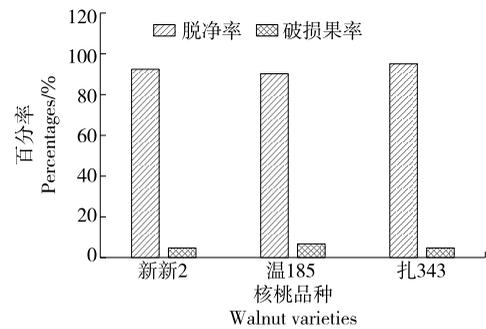


图 12 品种对核桃脱净率和破损果率的影响

Figure 12 Effects of different walnut varieties on threshing rate and breakage rate

## 5 结论

卧式青核桃脱皮机结构和原理适合配套于连续化、批量化加工的成套设备中。通过对卧式青核桃脱皮机关键部件进行试验,确定了该设备所采用的板刷类型、刀片类型及刀片排列方式,得出卧式青核桃脱皮机的最佳运动参数为主轴转速 25~35 r/min,喂入量 1 000~3 000 kg/h。采用新的板刷类型、刀片类型及刀片排列方式,当喂入量为 2 000 kg/h,主轴转速为 30 r/min,脱皮间隙为 35 mm,脱皮角度为 2°时,新新 2 青核桃脱净率为 92.12%,破损果率为 4.28%,温 185 青核桃脱净率为 90.32%,破损果率为 6.17%,扎 343 青核桃脱净率为 94.69%,破损果率为 4.77%,不同品种的青核桃均可以获得较好的脱皮效果。试验虽然对卧式青核桃脱皮机进行了结构和运动参数的优化,但对于该结构下的脱皮间隙、脱皮角度、主轴转速及喂入量等可控条件需做进一步的研究,找出影响该机可控因素的主次顺序,更好实现脱皮

效果的显著提升,为核桃采后加工产业化提供依据。

### 参考文献

- [1] 李源, 马文强, 朱占江, 等. 新疆核桃产业发展现状及对策建议[J]. 农学学报, 2019, 9(7): 80-86.
- [2] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆统计年鉴 2019[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019: 332-333.
- [3] 帕合尔鼎, 杨莉玲, 杨忠强, 等. 6TXH-600 型青核桃脱皮清洗机的研制[J]. 新疆农机化, 2010(5): 11-12.
- [4] 冯宏波, 史毅伟. 5QHT-500 型青核桃脱皮清洗机的研制[J]. 农业机械, 2012(20): 67-68.
- [5] 张庆明. 一种核桃青皮分离器: CN102845811A[P]. 2013-01-02.
- [6] 王亚妮, 卢军党, 王维, 等. 一种青核桃去皮机的设计与试验研究[J]. 包装与食品机械, 2014(1): 32-34.
- [7] 梁金生, 宋智超, 张威. 核桃挤压搓脱青皮方式研究及机器设计[J]. 南方农机, 2016, 47(4): 12, 26.
- [8] 刘东琴, 卢军党, 王维, 等. 滚刷型青核桃脱皮机的研制[J]. 农产品加工, 2016(12): 63-64.
- [9] 刘西宁, 程明. 6TXH-3600 型青核桃脱皮清洗机的研制[J]. 新疆农机化, 2012(1): 23-24.
- [10] 陕西省农业机械研究所. 一种青核桃脱皮机: CN204245094U[P]. 2015-04-08.
- [11] 河北绿岭果业有限公司. 转筛式青皮核桃脱皮机:

CN203676062[P]. 2014-07-02.

- [12] 杨忠强, 崔宽波, 闫圣坤, 等. 离心筛网式青核桃脱皮机的设计与实验[J]. 食品工业科技, 2018, 39(8): 195-198, 214.
- [13] 王维, 刘东琴, 王亚妮, 等. 一种实用型青核桃去皮机的设计与试验[J]. 包装与食品机械, 2014(3): 14-16.
- [14] 杨忠强, 李忠新, 杨莉玲, 等. 卧式青核桃脱皮机: CN104770834B[P]. 2015-04-22.
- [15] 乔园园, 牛长河, 刘向东, 等. 核桃果柄分离力与其影响因素的相关系数研究[J]. 新疆农业科学, 2014, 51(3): 524-531.
- [16] 弓弼, 蒋柳庆, 马惠玲, 等. 采收期对青皮核桃果实冷藏与采后生理的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(24): 343-347.
- [17] 郑甲红, 吴东泽, 梁金生, 等. 基于 workbench 的青核桃力学特性分析[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 86-88.
- [18] 江林曦. 青核桃脱皮机的设计与试验研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013: 11-15.
- [19] 杨忠强, 李忠新, 杨莉玲, 等. 核桃脱青皮装置脱皮性能分析与试验研究[J]. 农机化研究, 2015, 37(1): 84-89.
- [20] 中华人民共和国工业和信息化部, 全国农业机械标准化技术委员会. 核桃青皮脱皮机: JB/T 12027—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014: 1-5.
- [21] 胡安鸿, 姚越. 不同品种核桃外观特征与品质聚类分析[J]. 现代农业科技, 2012(6): 122-123, 125.

(上接第 138 页)

## 6 结论

(1) 设计了纸箱提手整理装置,通过解析法对整理装置的凸轮机构进行设计,导杆从动件采用二次多项式运动规律,得出凸轮轮廓曲线。对凸轮机构进行了运动学仿真,得出位移曲线和速度曲线,符合设计要求。对凸轮轮廓曲线工作面进行静力学分析,得到最大应力是 38.5 MPa,满足工作要求。

(2) 台架试验证明纸箱提手整理装置能够实现零散提手的自动挂取和剔除,解决了零散塑料提手整理的难题,单根提手挂杆平均挂取提手 20 根,剔除装置平均有效剔除率 83.6%,试验结果符合预期。

(3) 对纸箱提手整理装置凸轮轮廓曲线有待进一步优化,对剔除推杆在不同作用角度下对提手剔除效果的影响有待进一步研究,以提升纸箱提手整理装置的整机性能。

### 参考文献

- [1] 陈勇军, 陈思. 基于绿色环保理念的包装提手创新设计[J]. 包装工程, 2019(14): 84-88.
- [2] 李继鸿. 天然包装材料在食品包装设计中的应用[J]. 食品与机械, 2019, 35(11): 126-128, 135.

- [3] 林志荣. 一种提手机: 210623315U[P]. 2020-05-26.
- [4] 刘庆峰, 杨发展, 王玉玲. 包装箱提手自动安装设备设计与开发研究[J]. 机械研究与应用, 2016, 29(3): 76-78.
- [5] 程超, 蔡吉飞, 吴高华. 纸箱提手穿带装置设计与分析[J]. 北京印刷学院学报, 2013(2): 25-30.
- [6] 李宗成. 平面凸轮的 CAD\_CAM 系统设计与研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2019: 5-8.
- [7] 彭国勋, 肖正扬. 自动机械的凸轮机构设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990: 255-263.
- [8] 张婉云, 陆颖荣, 梁冬青, 等. 图解法与解析法设计凸轮机构的精度对比[J]. 轻工科技, 2011(10): 57-58.
- [9] 刘晶晶. 凸轮机构参数化建模及运动分析[J]. 科学技术创新, 2017(32): 173-174.
- [10] 方芳, 黄松和, 林刚. 基于 MatLab 和 SolidWorks 的凸轮轮廓设计及性能分析[J]. 矿山机械, 2010(6): 39-42.
- [11] 刘善林, 胡鹏浩, 王会生. 基于 SolidWorks 二次开发的凸轮轮廓线精确设计及运动仿真[J]. 机械传动, 2008, 32(5): 46-48.
- [12] 于殿勇, 钱玉进. 基于 ADAMS 动力学仿真参数设置的研究[J]. 计算机仿真, 2006(9): 108-112, 188.
- [13] 徐华俊, 汤萍. 基于 Solidworks 的包馅机械成型刀盘的仿真分析[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 110-112.
- [14] 叶秉良, 李丽, 俞高红, 等. 蔬菜钵苗移栽机取苗臂凸轮机构的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2014(8): 21-29.