

# 自分级挤压式核桃破壳机的设计与试验

## Design and test of walnut cracking machine with self-grading extrusion

沈柳杨<sup>1,2</sup> 张宏<sup>1,2</sup> 唐玉荣<sup>1,2</sup> 李勇<sup>1</sup> 刘扬<sup>1</sup> 栗文<sup>1,2</sup>

SHEN Liu-yang<sup>1,2</sup> ZHANG Hong<sup>1,2</sup> TANG Yu-rong<sup>1,2</sup> LI Yong<sup>1</sup> LIU Yang<sup>1</sup> LI Wen<sup>1,2</sup>

(1. 塔里木大学机械电气化工程学院, 新疆阿拉尔 843300; 2. 新疆维吾尔自治区教育厅普通高等学校  
现代农业工程重点实验室, 新疆阿拉尔 843300)

(1. College of Mechanic and Electrical, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China;  
2. The Key Laboratory of Modern Agriculture Engineering of Colleges & Universities under the  
Department of Education of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Alar, Xinjiang 843300, China)

**摘要:**设计并制作了一种集分级、破壳于一体的自分级挤压式核桃破壳机,将核桃分级与破壳两工序进行了整合。该机主要由变频电机、机架、调量板、分级装置、破壳装置、间隙调节装置等部分组成,破壳间隙和电机转速均可调,具有结构紧凑、操作简便等特点。以温 185 核桃为试验对象,对样机进行破壳试验,结果表明:最佳破壳参数为调量口大小 70 mm,电机转速 150 r/min,破壳间隙 10 mm。在该参数下,一次性破壳率平均为 93.2%,高露仁率平均为 89.8%。

**关键词:**核桃;破壳机;分级;挤压;破壳试验

**Abstract:** A kind of walnut cracking machine with self-grading extrusion which combined the walnut grading with cracking shell was designed and developed, which integrated the two working procedures of walnut grading and cracking shell. This machine mainly consisted of variable-frequency motor, frame, adjusting plate, grading device, cracking shell device, gap adjusting device and so on, and the cracking shell gap and the motor speed could be adjusted. The machine had the characteristics of compact structure, easily to be operated and so on. The Wen-185 walnut was selected as the test object, and the cracking shell tests of prototype were carried out. The results showed that the optimum parameters of cracking walnut were that the opening size of adjusting plate was 70 mm, motor speed was 150 r/min, cracking shell gap was 10 mm. In the condition of optimum parameters, the average value of one-time cracking shell rate was 93.2%, and the rate of high grade kernel was 89.8%.

**Keywords:** walnut; cracking machine; grading; extrusion; cracking

**基金项目:**国家自然科学基金项目(编号:31160196);兵团工业科技攻关计划项目(编号:2014BA014);塔里木大学研究生科研创新项目(编号:TDGRI201516)

**作者简介:**沈柳杨,男,塔里木大学在读硕士研究生。

**通讯作者:**张宏(1975—),男,塔里木大学副教授,硕士生导师。

E-mail:zhghog@163.com

**收稿日期:**2016-04-02

shell test

核桃是著名的世界四大坚果之一<sup>[1]</sup>,具有很高的营养与食用价值<sup>[2-3]</sup>,因而深受消费者的喜爱。新疆作为中国核桃的主产区之一,截至 2014 年核桃总产量达 50.14 万 t,且呈现逐年增长趋势<sup>[4-5]</sup>。然而,目前新疆核桃加工率仅为 2%,几乎全部以原果形式出售,极大降低了核桃的经济附加值<sup>[6]</sup>。破壳取仁作为核桃精深加工的首要环节,对提升核桃经济附加值和产业化发展具有重要作用。但长期以来,核桃破壳取仁作业多以人工为主,不仅劳动强度大、效率低、成本高,而且破壳的力度不易掌控,难以保证破壳效果<sup>[7]</sup>,利用机械破壳是解决这一问题的有效途径和必然趋势。

关于核桃破壳机械的研究,国内外学者结合坚果破壳原理提出了挤压式<sup>[8-10]</sup>、击打式<sup>[11-12]</sup>、撞击式<sup>[13-14]</sup>、揉搓式<sup>[15-16]</sup>等形式多样的破壳机械方案,其中挤压式破壳因其结构简单、易实现、性能稳定等优点较适于壳硬而仁韧的核桃破壳,因而在核桃破壳机械中应用较为广泛<sup>[17]</sup>。其原理是利用核桃尺寸与挤压间隙形成破壳工作区,通过间隙差使核桃壳破裂。然而,现有核桃破壳机械多数均不包含分级装置,由于核桃尺寸差异较大,核桃进入破壳工作区后,全部按照统一的挤压间隙进行破壳,导致部分核桃未受到挤压作用或被完全压碎,因而破壳效果较差。为了提高破壳质量,多数核桃破壳机在破壳前需预先对核桃进行分级处理,然后再进行破壳作业,降低了破壳效率,节省成本。

鉴于当前核桃破壳机械存在的不足,为了降低劳动强度,提高破壳效率和质量,本课题组将核桃分级与破壳两工序进行了整合,基于挤压式核桃破壳原理设计和制作了一种自带分级装置的集分级、破壳于一体的核桃破壳机。以南疆广泛种植的温 185 核桃为试验原料,通过破壳试验对影响自分级挤压式核桃破壳机破壳效果的因素进行了分析和研究。

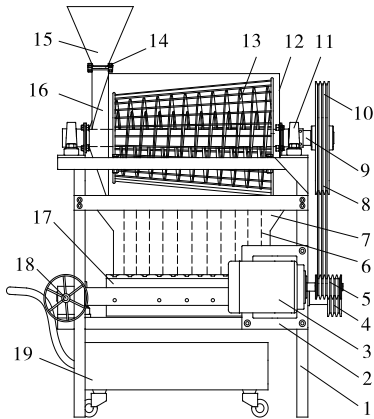
# 1 整机结构及技术参数

## 1.1 整机结构

自分级挤压式核桃破壳机主要由机架、进料斗、调量板、分级装置、间隙调节装置、破壳装置、集料装置等部分组成。该机动力由电机提供,电机型号为YTSP100L-6变频调速三相异步电动机(上海南洋电机有限公司);破壳辊子的转速可通过调节变频器频率控制电机转速来实现,其型号为AC60E-T3-3R7G(深圳市伟创电气有限公司),输出频率范围为0~400 Hz。核桃分级方式为筛笼旋转式,破壳方式为挤压式,传动方式为皮带传动。小带轮结构为实心式,大带轮结构为孔板式,材料均为HT200。机架采用20 mm×20 mm×4 mm的角钢,材料为轧制钢。破壳装置材料为HT200。破壳机的二维结构简图见图1。

## 1.2 工作原理

工作时,首先将三相交流电接入变频器的输入端,变频器的输出端连接变频电机的接入端,将变频器设置一个合适的频率值,然后接通电源让机器运行2 min。待机器运行稳定后,将核桃从进料斗倒入,核桃经导流罩滑落到由锥形筛笼、螺旋叶片和筛笼轴组成的核桃分级装置中,在离心力和重力的共同作用下,核桃实现不同大小的分级,然后再经由过渡导流槽过渡,落入到由挤压辊和挤压板组成的破壳装置中,进而实现核桃破壳的目的。在破壳过程中,可以通过调节变频器频率控制电机转速,以及调节手轮来微调破壳间隙,以消除核桃因大小、形状等因素对破壳效果的影响。



1. 机架 2. 电机座 3. 变频电机 4. 小带轮 5. 电机带轮 6. 隔板 7. 过渡导流槽 8. 皮带 9. 筛笼轴 10. 大带轮 11. 轴承 12. 防护罩 13. 分级装置 14. 调量板 15. 进料斗 16. 导流罩 17. 破壳装置 18. 间隙调节装置 19. 集料装置

图1 自分级挤压式核桃破壳机的结构简图  
Figure 1 Structure diagram of walnut cracking machine with self-grading extrusion

## 1.3 结构特点及技术参数

该机具有结构紧凑,操作简便等特点。核桃在进料斗中的落入量可以通过调量板来进行调节,防止核桃出现“拥堵”现象,以提高核桃在分级装置中的分级效果;过渡导流槽中的隔板是按照不同尺寸间距布置的,其间距尺寸与分级装置中锥形筛笼的孔隙尺寸相对应,以保证分级后的核桃能够落入到相对应的隔板间隙中,经过渡后再落入到破壳挤压间隙中进行破壳,从而实现较好的破壳效果。

自分级挤压式核桃破壳机的主要技术参数见表1。

# 2 核桃自分级的目的及依据

## 2.1 核桃尺寸参数的测定与分析

利用游标卡尺(量程0~150 mm,精度0.02 mm,上海申韩量具有限公司)对428枚温185核桃的三轴尺寸(横向、缝向、纵向)进行了测定。其中,横向为核桃缝合线垂直方向、缝向为核桃缝合线短轴方向、纵向为核桃长轴方向,尺寸测量示意图见图2,数据统计结果见表2,方差分析结果见表3。由表2可知,温185核桃的横向尺寸集中分布在34~40 mm,占比例为94.09%;缝向尺寸集中分布在32~39 mm,占比例为97.66%;纵向尺寸集中分布在38~46 mm,占比例为96.96%。由表3可知, $F=1\,454.269>F_{0.01}(2,1\,281)$ ,表明核桃尺寸有极显著差异。

## 2.2 核桃自分级的目的

现有的挤压式核桃破壳机械,所依据的破壳原理多为利用核桃自身尺寸与挤压间隙形成破壳工作区,通过两者的间隙差使核桃壳受压发生破裂。由于挤压间隙往往仅适于某一确定尺寸范围的核桃破壳,若核桃尺寸在确定尺寸之外,则该部分核桃会出现被完全压碎或未受到任何挤压作用的情况,导致破壳效果较差。而根据温185核桃尺寸参数的测定及分析结果可知,核桃的尺寸之间存在极显著的差异。因此,利用挤压式破壳方法对核桃进行破壳前,对核桃进行分级处理是十分有必要的。

## 2.3 核桃自分级的依据

由于核桃外形近似球形,从表2可知核桃在不同方向上的尺寸之间也存在一定的差异。而核桃在分级装置中的位置姿态随意性较大,为了尽可能兼顾核桃在各方向上的尺

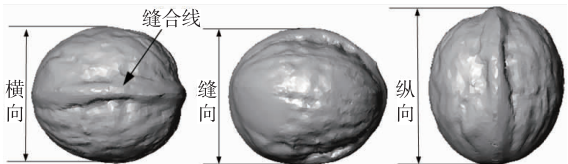


图2 核桃尺寸测量示意图  
Figure 2 Structure diagram of walnut size measurement

表1 自分级挤压式核桃破壳机的主要技术参数

| Table 1 Main technical parameters of walnut cracking machine with self-grading extrusion |              |             |                  |              |                                |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|------------------|--------------|--------------------------------|-------------|
| 外形尺寸/<br>mm                                                                              | 调量口尺寸/<br>mm | 电机功率/<br>kW | 电机额定转<br>矩/(N·m) | 电机额定电<br>压/V | 破壳效率/<br>(kg·h <sup>-1</sup> ) | 整机质量/<br>kg |
| 1 150×800×1 200                                                                          | 90×45        | 1.5         | 14.3             | 380          | 115                            | 145         |

表 2 核桃三轴尺寸分段统计数据<sup>†</sup>

Table 2 Statistical data of three axis size of walnut ( $n=428$ )

| 横向    |    |       | 缝向    |    |       | 纵向    |    |       |
|-------|----|-------|-------|----|-------|-------|----|-------|
| 尺寸/mm | 频数 | 比例/%  | 尺寸/mm | 频数 | 比例/%  | 尺寸/mm | 频数 | 比例/%  |
| 31    | 0  | 0.00  | 28    | 0  | 0.00  | 35    | 0  | 0.00  |
| 32    | 2  | 0.47  | 29    | 2  | 0.47  | 36    | 2  | 0.47  |
| 33    | 6  | 1.47  | 30    | 1  | 0.23  | 37    | 6  | 1.40  |
| 34    | 19 | 4.44  | 31    | 7  | 1.64  | 38    | 12 | 2.80  |
| 35    | 69 | 16.12 | 32    | 19 | 4.44  | 39    | 31 | 7.25  |
| 36    | 74 | 17.29 | 33    | 57 | 13.31 | 40    | 60 | 14.01 |
| 37    | 78 | 18.22 | 34    | 92 | 21.50 | 41    | 75 | 17.53 |
| 38    | 75 | 17.53 | 35    | 77 | 17.99 | 42    | 95 | 22.19 |
| 39    | 62 | 14.48 | 36    | 87 | 20.33 | 43    | 59 | 13.79 |
| 40    | 26 | 6.08  | 37    | 51 | 11.91 | 44    | 55 | 12.85 |
| 41    | 11 | 2.57  | 38    | 26 | 6.08  | 45    | 16 | 3.74  |
| 42    | 5  | 1.17  | 39    | 9  | 2.10  | 46    | 12 | 2.80  |
| 43    | 1  | 0.23  |       |    |       | 47    | 3  | 0.70  |
|       |    |       |       |    |       | 48    | 2  | 0.47  |

<sup>†</sup> 横向、缝向、纵向尺寸平均值分别为 $(36.71\pm1.89)$ , $(34.60\pm1.77)$ , $(41.39\pm1.99)$  mm。

表 3 核桃三轴尺寸的方差分析<sup>†</sup>

Table 3 Variance analysis of three axis size of walnut

| 变异来源 | 平方和       | 自由度   | 均方        | $F$ 值     | 显著性 |
|------|-----------|-------|-----------|-----------|-----|
| 处理间  | 10 341.73 | 2     | 5 170.860 | 1 454.269 | * * |
| 处理内  | 4 554.78  | 1 281 | 3.556     |           |     |
| 总变异  | 14 896.51 | 1 283 |           |           |     |

<sup>†</sup>  $F_{0.05}(2,1\ 281)=3.003$ , $F_{0.01}(2,1\ 281)=4.622$ ;"\* \*"表示极显著。

寸,依据温 185 核桃在横向、逢向、纵向上尺寸集中分布的比例,最终确定分级装置分选核桃的尺寸范围为 32~46 mm。根据核桃自分级确定的尺寸范围,将 32~46 mm 的核桃尺寸范围划分为 12 段,使核桃在分级装置中通过逐段分级的方式进行分选,然后根据各段核桃尺寸的范围确定锥形筛笼中对应各段孔隙的尺寸,其具体的核桃自分级参数见表 4。

### 3 核桃破壳机的关键部件设计

#### 3.1 分级装置

分级装置主要由筛笼轴、锥形筛笼以及螺旋叶片组成,其结构简图见图 3(a)。核桃自进料斗倒入后,经导流罩滑进分级装置中,在分级装置中核桃受到重力和离心力的共同作用,并在螺旋叶片的螺旋推动作用下向前推进,在推进的过程中,不同尺寸大小的核桃从锥形筛笼中对应的孔隙落下。其中,锥形筛笼的孔隙尺寸是按照核桃自分级参数进行设计的,其尺寸及分布见图 3(b),以确保核桃在推进分离过程中能够从相对应的尺寸孔隙中落下,进而实现核桃分级的目的。

表 4 核桃自分级参数

Table 4 Self-grading parameters of walnut

| 分段编号 | 核桃尺寸范围/mm | 锥形筛笼中对应的孔隙尺寸/mm |
|------|-----------|-----------------|
| $a$  | 32~33     | 33              |
| $b$  | 34~35     | 35              |
| $c$  | 36        | 36              |
| $d$  | 37        | 37              |
| $e$  | 38        | 38              |
| $f$  | 39        | 39              |
| $g$  | 40        | 40              |
| $h$  | 41        | 41              |
| $i$  | 42        | 42              |
| $j$  | 43        | 43              |
| $k$  | 44        | 44              |
| $l$  | 45~46     | 46              |

#### 3.2 破壳及间隙调节装置

破壳及间隙调节装置见图 4(a)。破壳装置主要由挤压板座、挤压板、辊子轴、挤压辊等组成,其中辊子轴通过键与带轮连接,挤压板通过螺钉安装在挤压板座上,挤压板座一端与轴承连接,另一端与间隙调节装置的滑块连接。挤压辊和挤压板之间的破壳间隙满足核桃受力的四点加压原理。间隙调节装置主要由滑块座、滑块、螺杆、手轮等组成,通过旋转手轮,使螺杆推动滑块运动,进而使挤压板座可以前后移动,从而实现调整破壳间隙的目的。

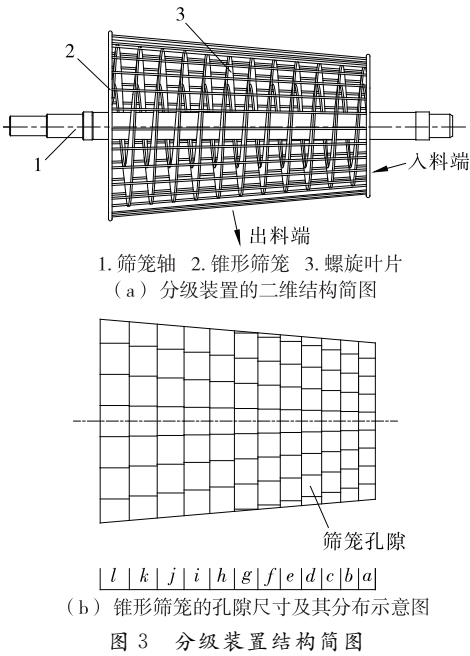


图 3 分级装置结构简图

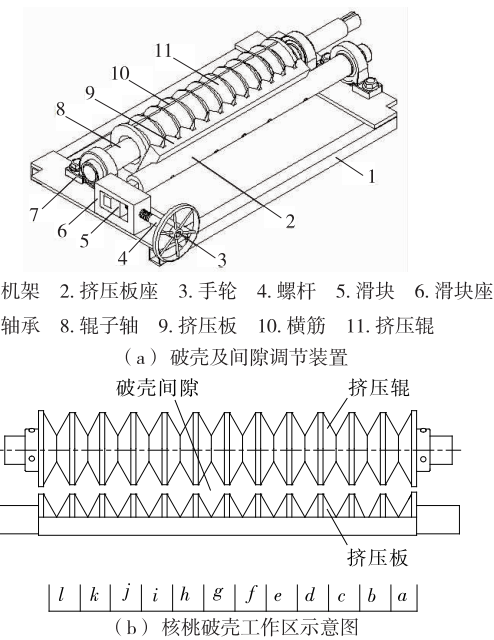


图 4 破壳及间隙调节装置结构简图

其中,挤压辊和挤压板的 V 型槽形状尺寸是根据核桃自分级参数进行设计的,将破壳间隙也划分为 12 段,每段尺寸分别与分级装置中锥形筛笼孔隙的各段尺寸相对应,见图 4 (b)。当核桃从分级装置中分选出来后,由过渡导流槽过渡分别落入到与之相对应的破壳间隙中,使核桃能够最大程度地受到充分挤压作用,进而实现较好的破壳。为了增大核桃在破壳间隙之间的摩擦力,提高破壳效果,在挤压辊上焊接了一条横筋,防止核桃破壳时出现“打滑”现象。

3.3 传动系统

该机传动系统主要由变频电机、带轮、皮带、筛笼轴、挤

压辊轴等组成的带传动系统。其中,电机输出轴通过键与电机带轮连接,筛笼轴通过键与大带轮连接,挤压辊轴通过键与小带轮连接。工作时,通过调节变频器的频率来控制变频电机输出轴的转速,经皮带传动控制筛笼轴、挤压辊轴的转速,进而实现工作目的。传动系统的结构简图见图 5。

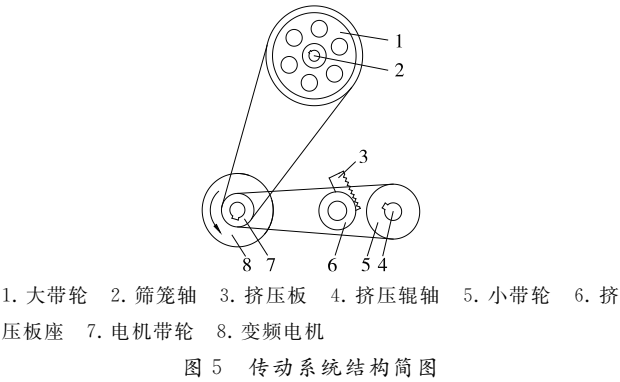


Figure 5 Structure diagram of transmission system

变频电机的输出转速与电源频率的关系见式(1),带传动的传动比计算见式(2),根据式(1)和(2)可以计算出筛笼轴、挤压辊轴的转速。不计入滑动率。

$$n = \frac{60f}{p}, \tag{1}$$

$$i = \frac{n_{\text{主}}}{n_{\text{从}}} = \frac{d_{\text{从}}}{d_{\text{主}}}, \tag{2}$$

- 式中:
- $n$ ——变频电机输出轴的转速,r/min;
  - $f$ ——电源频率,Hz;
  - $p$ ——变频电机的极数;
  - $n_{\text{主}}$ ——主动带轮的转速,r/min;
  - $n_{\text{从}}$ ——从动带轮的转速,r/min;
  - $d_{\text{主}}$ ——主动带轮的节圆直径,mm;
  - $d_{\text{从}}$ ——从动带轮的节圆直径,mm。

根据设计的电机带轮直径  $d_1=100\text{ mm}$ ,小带轮直径  $d_2=125\text{ mm}$ ,大带轮直径  $d_3=200\text{ mm}$ ,可以计算出电机带轮和小带轮的传动比  $i_1=d_2/d_1=1.25$ ,电机带轮和大带轮的传动比  $i_2=d_3/d_1=2$ 。因此,根据传动比  $i_1$  和  $i_2$  以及电机转速,便可计算出筛笼轴、挤压辊轴的转速。

4 破壳试验及结果分析

4.1 试验设计及方法

通过破壳预试验发现,影响核桃破壳效果的主要因素为调量口大小、电机转速和破壳间隙。为了确定破壳机的最佳破壳参数,选取调量口大小、电机转速、破壳间隙为试验因素,一次性破壳率、高露仁率为试验指标。采用  $L_9(3^4)$  正交表安排试验(不考虑交互作用),通过 3 因素 3 水平的正交试验分析各指标与因素间的量化关系<sup>[18]</sup>。试验因素水平见表 5,试验方案及结果见表 6。破壳试验选取的核桃(含水率 4%~8%)购置于阿拉尔市九团。其中,一次性破壳率和高露仁率的计算公式:

$$P=\frac{N_2}{N_1}\times 100\%,$$

(3)

$$G=\frac{N_3}{N_1}\times 100\%,$$

(4)

式中：  
P——核桃的一次性破壳率，%；  
G——核桃的高露仁率，%；  
N<sub>1</sub>——核桃的总重量,g；  
N<sub>2</sub>——一次性破壳的核桃总重量,g；

N<sub>3</sub>——高露仁的总重量,g。

表 5 试验因素及水平

Table 5 Test factors and levels

| 水平 | A 调量口<br>大小/mm | B 电机转速/<br>(r·min <sup>-1</sup> ) | C 破壳间隙/<br>mm |
|----|----------------|-----------------------------------|---------------|
| 1  | 45             | 50                                | 15            |
| 2  | 70             | 100                               | 12            |
| 3  | 90             | 150                               | 10            |

表 6 试验方案及结果

Table 6 Test scheme and results

| 试验号            | A              | B     | 空列    | C     | 一次性破壳率/% | 高露仁率/%                                                       |
|----------------|----------------|-------|-------|-------|----------|--------------------------------------------------------------|
| 1              | 1              | 1     | 1     | 1     | 73.41    | 58.15                                                        |
| 2              | 1              | 2     | 2     | 2     | 84.25    | 76.20                                                        |
| 3              | 1              | 3     | 3     | 3     | 90.30    | 67.32                                                        |
| 4              | 2              | 1     | 2     | 3     | 82.20    | 74.68                                                        |
| 5              | 2              | 2     | 3     | 1     | 92.45    | 83.24                                                        |
| 6              | 2              | 3     | 1     | 2     | 90.40    | 80.16                                                        |
| 7              | 3              | 1     | 3     | 2     | 85.32    | 73.40                                                        |
| 8              | 3              | 2     | 1     | 3     | 83.18    | 75.90                                                        |
| 9              | 3              | 3     | 2     | 1     | 91.62    | 86.72                                                        |
| 一次<br>性破<br>壳率 | k <sub>1</sub> | 82.65 | 80.31 | 85.83 | 82.33    | 因素主次:BCA<br>优方案:B <sub>3</sub> C <sub>3</sub> A <sub>2</sub> |
|                | k <sub>2</sub> | 88.35 | 86.63 | 86.66 | 86.02    |                                                              |
|                | k <sub>3</sub> | 86.71 | 90.77 | 85.23 | 89.36    |                                                              |
|                | R              | 5.70  | 10.46 | 1.43  | 7.03     |                                                              |
| 高露<br>仁率       | k <sub>1</sub> | 67.22 | 68.74 | 76.04 | 71.37    | 因素主次:ABC<br>优方案:A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> |
|                | k <sub>2</sub> | 79.36 | 78.41 | 76.59 | 79.20    |                                                              |
|                | k <sub>3</sub> | 78.64 | 78.07 | 72.60 | 74.65    |                                                              |
|                | R              | 12.14 | 9.67  | 3.99  | 7.83     |                                                              |

4.2 结果与分析

采用极差分析法对试验结果进行分析(见表 6),核桃的一次性破壳率和高露仁率的方差分析结果见表 7、8。

由表 6 可知,对于一次性破壳率,因素的主次顺序为B>C>A,得到一次性破壳率的优方案为 B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>A<sub>2</sub>;对于高露仁率,因素的主次顺序为 A>B>C,得到高露仁的优方案为 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>。由表 7、8 可知,因素 B 和 C 对一次性破壳率的影响显

著,而因素 A 对一次性破壳率影响不显著,三因素对高露仁率的影响均不显著。

采用综合平衡法来得到破壳机的最优参数组合,其分析过程:① 由于因素 A 对两个指标的影响均不显著且 A<sub>2</sub>均为最优方案,所以因素 A 取 A<sub>2</sub>;② 对指标一次性破壳率,因素 B 取 B<sub>3</sub>最好,而对于指标高露仁率,因素 B 取 B<sub>2</sub>最好,考虑到因素 B 对一次性破壳率是重要影响因素,且 B<sub>2</sub>和 B<sub>3</sub>对于高露仁率而言相差不大,所以因素 B 取 B<sub>3</sub>;③ 对指标一次性

表 7 一次性破壳率方差分析<sup>†</sup>

Table 7 Analysis of the rate of one-time cracking shell

| 方差来源 | 平方和     | 自由度 | 均方差    | F 值    | 显著性 |
|------|---------|-----|--------|--------|-----|
| A    | 51.582  | 2   | 25.791 | 16.673 | —   |
| B    | 166.577 | 2   | 83.288 | 53.842 | *   |
| C    | 74.126  | 2   | 37.063 | 23.960 | *   |
| 误差 e | 3.094   | 2   | 1.547  |        |     |
| 总变异  | 295.378 | 8   |        |        |     |

<sup>†</sup> F<sub>0.05</sub>(2,2)=19,F<sub>0.01</sub>(2,2)=99;“—”表示不显著,“\*”表示显著。

表 8 高露仁率方差分析

Table 8 Analysis of the rate of high grade kernel

| 方差来源 | 平方和     | 自由度 | 均方差     | F 值   | 显著性 |
|------|---------|-----|---------|-------|-----|
| A    | 278.157 | 2   | 139.079 | 9.932 | —   |
| B    | 180.554 | 2   | 90.277  | 6.447 | —   |
| C    | 92.761  | 2   | 46.381  | 3.312 | —   |
| 误差 e | 28.007  | 4   | 14.003  |       |     |
| 总变异  | 579.479 | 8   |         |       |     |

<sup>†</sup> F<sub>0.05</sub>(2,2)=19,F<sub>0.01</sub>(2,2)=99;“—”表示不显著。



破壳率,因素 C 取 C<sub>3</sub>最好,而对于指标高露仁率,因素 C 取 C<sub>2</sub>最好,考虑到因素 C 对一次性破壳率影响因素显著,对于高露仁率为次要因素,所以因素 C 取 C<sub>3</sub>。综上分析,得出破壳机的最优方案为 A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>,即调量口大小为 70 mm,电机转速为 150 r/min,破壳间隙为 10 mm。经实验验证,方案 A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>可以取得较好的破壳效果,验证实验结果表明,在此参数下该机一次性破壳率平均为 93.2%,高露仁率平均为 89.8%。而根据文献[19~21]同类别的挤压式核桃破壳机破壳效果的比较得出,由董诗韩等<sup>[19]</sup>设计的多辊挤压式核桃破壳机的破壳效果较佳,在最佳破壳工艺参数组合下其一次性破壳率平均为 96.4%,高露仁率平均为 88.7%。与该机相比,本课题组所设计的核桃破壳机在核桃破壳指标一次性破壳率上低于该机 3.2%,但在破壳指标高露仁率上要高于该机,分析其原因可能是不同机器结构尺寸等参数以及机器加工误差的差异所致。因此,总体而言自分级挤压式核桃破壳机具有较好的破壳效果。

5 结论

通过破壳试验表明,该机一次性破壳率平均为 93.2%,高露仁率平均为 89.8%,可以较好地完成核桃机械破壳作业。对试验结果进行分析得出,该机的最佳破壳参数为调量口大小 70 mm,电机转速 150 r/min,破壳间隙 10 mm。然而,核桃的破壳质量还有可一步提高,因此对破壳机的结构和参数再做进一步优化,如在后期的优化改进中增加导向装置、对挤压辊的结构进行优化等,使核桃保持合适的姿态落入破壳间隙中进行破壳,从而进一步提高破壳机的破壳效果和破壳质量。

参考文献

[1] 钟海雁,李忠海,袁列江,等. 核桃生产加工利用研究的现状与前景[J]. 食品与机械, 2002(4): 4-6.

[2] 孙树杰,王兆华,宋康,等. 核桃营养价值及功能活性研究进展[J]. 中国食物与营养, 2013, 19(5): 72-74.

[3] 陆俊,赵安琪,成策,等. 核桃营养成分与生理活性及开发利用[J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 238-242.

[4] 杨忠强,李忠新,杨莉玲,等. 核桃脱青皮技术及其装备研究

[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 121-124.

[5] 新疆统计局. 2010-2015 年新疆统计年鉴[EB/OL]. (2015-12-20)[2016-04-28]. [http://www.xjtj.gov.cn/sjcx/tjnj\\_3415/](http://www.xjtj.gov.cn/sjcx/tjnj_3415/).

[6] 田慧平.“砸”核桃实现机械化,新疆成功研制核桃自动加工设备[EB/OL]. (2015-04-27)[2016-04-28]. <http://www.xjxmw.gov.cn/zx/snkx/tpkx/04/1459395.shtml>, 2015-04-27.

[7] 张宏,马岩,李勇,等. 基于遗传 BP 神经网络的核桃破裂功预测模型[J]. 农业工程学报, 2014, 30(18): 78-84.

[8] GHAFARI A, CHEGINI G R, KHAZAEI J, et al. Design, construction and performance evaluation of the walnut cracking machine[J]. International Journal of Nuts & Related Sciences, 2011, 2(1): 11-16.

[9] 王维,贺功民,田智辉,等. 变间距挤压式核桃破壳机的研制[J]. 中国农机化学报, 2014, 35(6): 174-176.

[10] 吴子岳. 绵核桃剥壳机的研究设计[J]. 食品与机械, 1995(3): 22-24.

[11] 高警,郑甲红,安碾粮,等. 偏心击打式核桃破壳机的设计与试验[J]. 食品与机械, 2014, 30(5): 133-136.

[12] 何义川. 气动击打式核桃破壳机的设计及试验研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2010: 21-30.

[13] ROBERT Eugene Lindsey, SALEMD. Nut shelling apparatus: US, 0112839[P]. 2006-09-01.

[14] 王晓暄,史建新,周军. 离心式核桃二次破壳机的设计与实验研究[J]. 新疆农业科学, 2013, 50(6): 1 115-1 121.

[15] 刘明政,李长河,张彦彬,等. 柔性带剪切挤压核桃破壳机理分析与性能试验[J]. 农业机械学报, 2016(5): 1-12.

[16] 张彦彬,刘洋,刘明政,等. 核桃剥壳取仁机的设计与实验研究[J]. 农机化研究, 2014(4): 132-136, 146.

[17] 张林泉,龚丽. 剥壳机具的现状 & 效果改进方法的探讨[J]. 食品与机械, 2006, 22(4): 72-74.

[18] 何为,薛卫东,唐斌. 优化试验设计方法及数据分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012: 3-16.

[19] 董诗韩,史建新. 多辊挤压式核桃破壳机的设计与试验[J]. 新疆农业大学学报, 2011, 34(1): 62-65.

[20] 陈娟,王卫清. 山核桃破壳机的设计[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(23): 14 421-14 422, 14 464.

[21] 何义川,王序俭,曹肆林,等. 对辊挤压式核桃破壳装置的设计与试验研究[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(9): 350-352.

信息窗

西北农林科技大学综述禾谷类作物锈菌转主寄主研究进展

中国科学报讯(通讯员李晓春 记者张行勇)近日,西北农林科技大学植物保护学院康振生团队应《植物病理学年评》杂志编辑部特邀,在其 54 卷发表题为《禾谷类作物锈菌转主寄主在病害流行和病原菌变异中的作用》综述文章。

据了解,以往学界文献都是引证美国研究团队的结论,即转主寄主在太平洋西北部地区小麦条锈菌的有性生殖与病害流行中不起作用。然而,康振生团队经过多年研究,在国际上首次获得了条锈菌在自然条件下完成有性生

殖的直接证据,明确了小麦条锈菌转主寄主小檗的种类及其在我国地理分布。同时,他们发现,条锈菌有性生殖是我国条锈菌致病性变异的主要途径,并且揭示了我国小麦条锈菌“易变区”的形成原因,为小麦条锈病的持续控制提供了新的策略与途径。

此次撰写的文章在详细介绍上述成果的同时,还展望了转主寄主与锈菌遗传、锈病防控研究的前景,并提出了下一步研究的重点方向。

(来源:www.foodmate.net)