

# 轧辊-轧板式银杏脱壳机的优化设计与试验

朱立学<sup>1,2</sup>, 罗锡文<sup>1\*</sup>, 刘少达<sup>2</sup>

(1. 华南农业大学南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室, 广州 510642;

2. 仲恺农业工程学院机电工程学院, 广州 510225)

摘要: 为解决轧辊-轧板挤压式银杏脱壳机破壳率低、破壳混合物不易分离的问题, 改进了轧板结构, 设计了撞击缓冲板, 并采用了筛分、风扬相结合进行仁、壳分离, 对影响脱壳效果的参数组合进行了四因素两水平正交试验。当轧辊材料选 45#钢, 轧板-轧辊间隙 10 mm, 轧辊转速 1000 r/min 时, 将分级后的银杏置于 50℃红外干燥箱内干燥 4 h 后进行脱壳分离试验, 脱壳率较改进前提高了近 9%, 可达到 70%; 破碎率降低至小于 12%, 壳中含仁率和仁中含壳率分别为 10% 和 8%, 取得较好的脱壳效果。

关键词: 银杏; 脱壳机; 正交试验

中图分类号: S226.4

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2008)-8-0139-04

朱立学, 罗锡文, 刘少达. 轧辊-轧板式银杏脱壳机的优化设计与试验[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 139-142.

Zhu Lixue, Luo Xiwen, Liu Shaoda. Optimized design and experiment of roller-crush board ginkgo huller [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(8): 139-142.(in Chinese with English abstract)

## 0 引言

银杏(*Ginkgo, G. biloba* L)俗称白果(Silver Apricot, White Fruit), 中国资源量居世界前列。由于有显著的医疗和食用价值, 其深加工资源优势日益突显<sup>[1]</sup>。银杏加工的关键工序是脱壳, 手工脱壳方式费时费力, 效率低, 不卫生, 品质不一。目前国外未见银杏脱壳专门技术与设备; 国内仅有动、静辊挤压银杏脱壳机, 其渐进式曲面间隙结构限制了脱壳效率, 对银杏脱壳前处理工艺未有深入研究<sup>[2]</sup>。由于缺乏成熟的银杏脱壳机具, 阻碍了银杏产业化发展在新农村建设中的作用<sup>[3]</sup>。

经理论与试验探索, 发现影响银杏机械式脱壳效率的主要因素有: 银杏脱壳前处理工艺, 脱壳部件材料特征和形状, 脱壳区域银杏的受力情况等<sup>[4]</sup>。项目组已完成的脱壳样机的破壳机理为单纯的轧辊挤压作用, 银杏受挤压断成两截的现象严重, 部分银杏裂果而未破壳, 不易实现壳、仁的分离<sup>[5]</sup>。为此, 本研究进行优化设计, 去除了轧辊-轧板调节弹簧, 以增加轧板的摆动和撞击作用; 在轧辊下方增加两块金属缓冲板, 并提高轧辊转速, 使银杏经轧辊-轧板的挤压作用后, 受到轧板、缓冲板的撞击作用, 增加裂果银杏的破壳率, 结合筛分、风扬操作进行银杏脱壳混合物的分离。

## 1 银杏脱壳原理与关键参数设计

### 1.1 银杏脱壳原理

银杏去除外种皮后呈梭形, 表面光滑, 颗粒大小不一, 脱壳前需对其进行分级处理, 分批脱壳, 以保证果品品质, 提高脱壳效率。新鲜银杏果实长径 18~26 mm、侧宽 12.5~20.5 mm、果厚 10.0~15.5 mm, 壳厚 0.5~0.75 mm。银杏果仁饱满脆嫩, 乳白色外壳是中种皮骨质层, 具 2 条纵脊, 坚硬有韧性, 与果仁结合紧密。干燥后的银杏, 外壳变硬变脆, 与果仁间的间隙

增加, 经挤压易沿着银杏侧棱方向自然开裂, 因此, 对银杏施加挤压、撞击等作用, 使银杏的外壳受力开裂、破碎, 可实现机械式脱壳。结合以往对籽粒脱壳的研究结果<sup>[6]</sup>, 本研究采用由轧辊、轧板和轧距调节机构等零件组成的间隙可调式银杏破壳机构(如图 1)。轧辊由传动装置带动, 可调轧板一端连接于壳体, 根据分级后银杏大小, 由轧距调节机构调节与轧辊的挤压间隙, 使其介于银杏侧宽尺寸和长径尺寸之间完成脱壳作业<sup>[7]</sup>。

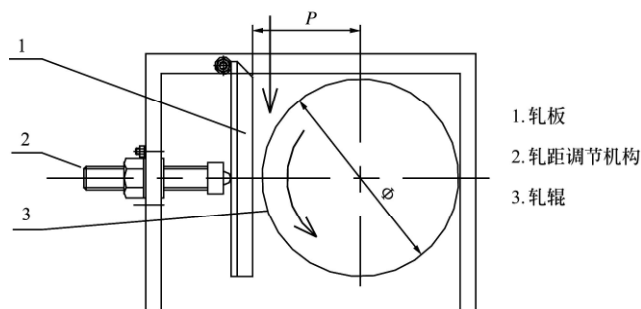


图 1 破壳机构  
Fig.1 Mechanism of huller

### 1.2 破壳轧辊的材料选择及表面形状

脱壳轧辊和轧板的材料选用 45#钢和工程塑料。脱壳辊表面滚花(网纹、直纹), 以增加与银杏接触的粗糙度(直纹与轴线线偏差 300)。45#钢的硬度较工程塑料高, 但弹性较差, 脱壳变形小, 对银杏的挤压力大, 容易使银杏充分破壳, 但也增加了破碎率。工程塑料轧辊的硬度低、弹性好、脱壳变形大, 银杏所受到的挤压力较小, 破壳率较低, 但破碎率也较小。根据银杏脱壳生产的具体要求, 本设计选用 45#钢作为轧板材料, 轧辊由工程塑料和 45#钢进行对比试验来确定, 其中工程塑料的硬度 50 HB, 45#钢的硬度 240 HB。

### 1.3 银杏进入轧辊与轧板间隙的条件

银杏必须被夹入轧辊与轧板间隙受挤压才能破壳, 其能否顺利进入间隙取决于轧辊的直径及与银杏接触的情况。银杏以长径方向与轧辊的水平轴线成一角度进入挤压间隙, 其受力分析如图 2 所示。在此过程中, 理论上每个银杏会受到 5 个力的作用: 银杏的重力  $mg$ , 轧辊对银杏的正压力  $R$ , 轧板对银杏正压力  $N$ , 轧辊、轧板与银杏表面间的摩擦力  $R_f$  和  $N_f$  (其中  $f$  为摩擦系数)。力  $R$  在  $Y$  轴上的分量  $R\sin\alpha$  方向向上, 有阻止银

收稿日期: 2007-12-07 修订日期: 2008-08-01

项目基金: 广东省科技厅国际科技合作项目 (2005B50201008); 广东省科技厅农业攻关项目 (2006B12401021)

作者简介: 朱立学 (1970—), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为现代农业技术与装备。广州 仲恺农业工程学院机电工程学院, 510225。

Email: zhulixue@163.net

※通讯作者: 罗锡文 (1945—), 男, 教授, 博士生导师。广州 华南农业大学南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室, 510642。

Email: xwluo@scau.edu.cn

杏进入间隙; 力  $mg$ 、 $Rf\cos\alpha$  和  $Nf$  向下, 推动银杏进入间隙。

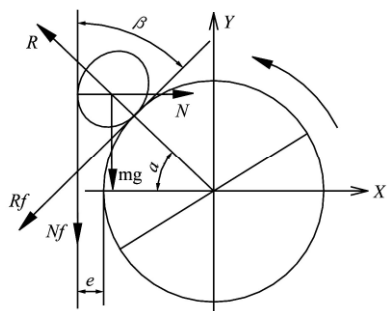


图2 银杏进入挤压间隙受力图  
Fig.2 Forces of ginkgo nut in extrusion interstice

欲使银杏能顺利地进入挤压间隙, 则必须使

$$mg + Nf + Rf\cos\alpha > R\sin\alpha \quad (1)$$

由于  $\sum F_x = 0$ , 将  $N = R\cos\alpha + Rf\sin\alpha$  代入式(1)得

$$mg + Rf\cos\alpha + Rf^2\sin\alpha + Rf\cos\alpha > R\sin\alpha \quad (2)$$

式中  $R$ 、 $f$ 、 $m$ 、 $g$ ——已知量;  $\alpha$ ——变量, 它随轧辊直径、轧辊与轧板间隙的改变而改变。从(2)式可求出  $\alpha$  值。

将  $f = \tan\beta$  代入 (2) 式, 整理后得

$$\alpha < \sin^{-1}(\frac{mg\cos^2\beta}{R} + 2\beta) \quad (3)$$

式中  $R$ ——轧辊对银杏的正压力,  $N$ ;  $N$ ——轧板对银杏的正压力,  $N$ ;  $\alpha$ ——正压力  $R$  与水平线夹角, ( $^\circ$ );  $\beta$ ——轧辊、轧板与银杏间摩擦角, ( $^\circ$ );  $f$ ——轧辊、轧板与银杏间摩擦系数,  $f = \tan\beta$ ;  $mg$ ——银杏的质重,  $N$ 。此式即为轧辊夹住银杏的几何条件。

由图2可知, 当轧辊与轧板的间隙  $e$  不变时, 轧辊直径越小则  $\alpha$  角越大, 当轧辊直径小至使  $\alpha \geq \sin^{-1}(\frac{mg\cos^2\beta}{R} + 2\beta)$  时, 此时轧辊—轧板式脱壳机不能正常工作。当轧辊直径不变, 而轧辊与轧板的间隙变小时,  $\alpha$  角变大, 使  $\alpha \geq \sin^{-1}(\frac{mg\cos^2\beta}{R} + 2\beta)$  时, 也不能正常工作。轧辊—轧板上方银杏物料对即将进入轧辊间隙的银杏有压力作用, 因此, 实际  $\alpha$  角可以比理论的计算值大, 即轧辊直径可以比理论计算值小。本设计选定轧辊直径为 250 mm。

#### 1.4 轧辊与轧板间隙

轧辊与轧板的间隙大小是影响银杏破碎率和未脱壳率高低的重要因素, 它的大小也决定银杏能否进入挤压间隙。银杏的横剖面结构如图3。

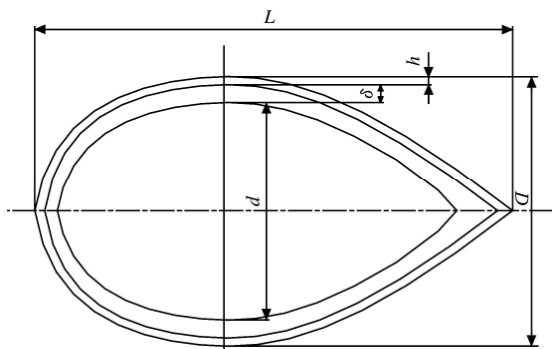


图3 银杏的横剖面结构图  
Fig.3 Transverse section view of ginkgo nut

银杏以厚度方向被挤压进入间隙的条件为:

$$d < e \leq d + 2h \quad (4)$$

或

$$d < e \leq D - \delta \quad (5)$$

式中  $e$ ——轧辊与轧板的间隙, mm;  $d$ ——银杏仁的最大腰径, mm;  $h$ ——银杏壳的径向厚度, mm;  $D$ ——银杏的最大腰径, mm;  $\delta$ ——杏仁与银杏壳内壁间的间隙, mm。

当  $e = d + 2h$  或  $e = D - \delta$  时, 轧辊与轧板间隙最大。此时, 银杏外壳受到挤压力, 而果仁的挤压力为零, 可以保证银杏仁不碎, 为最理想的破壳状态。银杏壳硬而有弹性, 在厚度方向能承受一定的压力, 当  $d < e \leq d + 2h$  或  $d < e \leq D - \delta$  时, 能使银杏外壳被压碎, 而果仁不碎。轧辊与轧板的间隙可根据银杏的大小进行相应调整。具体依照脱壳率和破碎率的情况由优化试验结果确定。

#### 1.5 轧辊转速的选择

脱壳轧辊的线速度是该脱壳装置另一主要参数, 它直接影响脱壳生产力和脱壳质量。在轧辊与轧板间距不变的情况下, 脱壳速度越高, 单位时间通过的银杏量越多, 生产率越高。但试验证明<sup>[4,7]</sup>, 当线速度大于 3.5 m/s 后, 银杏破碎率增加, 脱壳质量严重下降, 因此应控制脱壳速率。本设计也根据优化试验结果来确定。

## 2 试验装置与试验设计

### 2.1 试验装置

银杏脱壳试验设备的系统组成如图 4, 包括喂料机构、破壳机构和分离机构。轧辊由传动装置带动旋转, 可调轧板经调节后固定。分离机构包括风机、网板和出料装置。先将银杏经一种坚果分级机<sup>[8]</sup>进行分级, 置于红外干燥箱内, 50℃ 干燥至整体含水率不低于 5%, 银杏壳含水率低于 10% 后, 倒入喂料机构进行脱壳试验。

银杏在轧辊—轧板形成的间隙受挤压破壳后, 沿自由摆动的轧板垂直下落, 受到两块缓冲板的撞击作用, 破壳果仁和碎壳混合物从缓冲板排出。根据混合物各组分不同的特性, 用风机和网板相结合进行脱壳混合物的筛分与风扬分离。

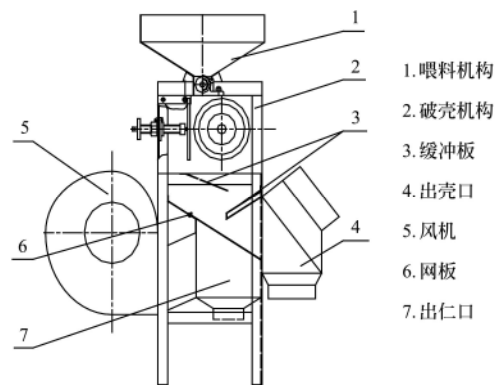


图4 银杏脱壳系统组成  
Fig.4 System composition of ginkgo huller

### 2.2 试验材料

采用广东省佛手类银杏为试验材料, 经测试 (环境温度 25℃, 相对湿度约 50%), 果长  $L$  为 18.9~26.8 mm、最大腰径  $D$  为 13.5~20.5 mm、果厚为 10.5~14.5 mm。脱壳前将银杏按果厚进行分级, 级差为 1 mm, 选取 12.5~13.5 mm 的进行试验。

### 2.3 试验参数

选取影响银杏破壳效果的关键参数为因素 (见表 1), 以银杏的脱壳率  $T$  和破碎率  $S$  为破壳效果的观测指标, 以壳中含仁率  $H_1$  和仁中含壳率  $H_2$  为分离效果的观测指标, 进行脱壳试验。

脱壳率

$$T = \frac{N_0 - N_w}{N_0} \times 100\%$$

(6)

破碎率

$$S = \frac{N_z}{N_0} \times 100\%$$

(7)

壳中含仁率

$$H_1 = \frac{N_1}{N_p} \times 100\%$$

(8)

仁中含壳率

$$H_2 = \frac{N_2}{N_v} \times 100\%$$

(9)

式中  $N_0$  ——加工银杏总质量, kg;  $N_w$  ——未破壳银杏质量, kg;  $N_z$  ——所有出口接取样品所含破碎银杏仁质量, kg;  $N_p$  ——银杏壳出口处接取样品质量, kg;  $N_1$  ——银杏壳出口处接取样品中的银杏仁质量, kg;  $N_v$  ——银杏仁出口处接取样品质量, kg;  $N_2$  ——银杏仁出口处接取样品中的银杏壳质量, kg。

表 1 银杏脱壳试验的因素水平表 Table 1 Factors and levels of ginkgo huller test		
因 素	水平 $Z_{j1}$	水平 $Z_{j2}$
轧辊材料 $m$	工程塑料	45#钢
轧板-轧辊间隙 $e$ /mm	9	10
轧辊转速 $n$ /r·min <sup>-1</sup>	500	1000
烘干时间 $H$ /h	1	4

### 3 试验结果与分析

为重点分析影响破壳效果的关键参数, 选用  $L_8(2^7)$  正交表<sup>[9]</sup>, 进行四因素两水平银杏脱壳试验, 每个因素组合方案进行 10 次重复试验后取脱壳率  $T$  和破碎率  $S$  观测指标数据的平均值填入表 2。试验发现, 作为分离效果观测指标的壳中含仁率  $H_1$  和仁中含壳率  $H_2$  分别为 10% 和 8%, 本文中暂

不作进一步的优化分析。

表 2 银杏脱壳试验的脱壳率和破碎率 Table 2 Hulling rate and breaking rate of ginkgo huller test									
序号	$m$	$n$	$m \times n$	$e$	$m \times e$	$n \times e$	$H$	$T_i/\%$	$S_j/\%$
1	1	1	1	1	1	1	1	58.48	12.28
2	1	1	1	2	2	2	2	57.16	11.31
3	1	2	2	1	1	2	2	59.57	11.0
4	1	2	2	2	2	1	1	59.26	7.6
5	2	1	2	1	2	1	2	64.19	11.3
6	2	1	2	2	1	2	1	65.10	9.78
7	2	2	1	1	2	2	1	63.55	9.94
8	2	2	1	2	1	1	2	70.47	11.99

用数据处理系统 (Data Process System, DPS) 软件对脱壳率和破碎率的观测值进行极差分析和方差分析, 其结果见表 3 和表 4。

表 3 极差分析结果 Table 3 Range analysis results						
因子	脱壳率			破碎率		
	水平 1	水平 2	极差 $R$	水平 1	水平 2	极差 $R$
$m$	58.615	65.83	7.21	10.55	10.75	0.20
$n$	61.23	63.21	1.98	11.17	10.13	1.04
$m \times n$	62.41	62.03	0.38	11.38	9.92	1.46
$e$	61.45	63.0	1.55	11.13	10.17	0.96
$m \times e$	63.40	61.04	2.36	11.26	10.04	1.21
$n \times e$	63.10	61.35	1.75	10.79	10.51	0.28
$H$	61.60	62.85	1.25	9.90	11.40	1.50

表 4 方差分析结果 Table 4 Analysis results of variance										
因子	脱壳率					果仁破碎率				
	平方和	自由度	均方	$F$ 值	显著水平	平方和	自由度	均方	$F$ 值	显著水平
$m$	1040.403	1	1040.403	21.46	0.00002	0.841	1	0.841	0.114	0.737
$n$	78.606	1	78.606	1.621	0.207	21.425	1	21.425	2.897	0.093
$m \times n$	2.926	1	2.926	0.060	0.807	42.632	1	42.632	5.764	0.01894
$e$	48.205	1	48.205	0.994	0.322	18.432	1	18.432	2.492	0.119
$m \times e$	111.628	1	111.628	2.303	0.134	30.013	1	30.013	4.058	0.0477
$n \times e$	61.425	1	61.425	1.267	0.264	1.624	1	1.624	0.220	0.640
$H$	31.375	1	31.375	0.647	0.424	45.0	1	45.0	6.085	0.016
误差	3490.545	72	48.480			532.49	72	7.396		

极差分析结果表明: 1) 轧辊材料对脱壳率的影响高度显著, 45#钢优于工程塑料。影响脱壳率的主次因素排序依次为轧辊材料、轧辊材料和间隙的交互作用、轧辊转速、轧辊转速和间隙的交互作用、间隙、烘干时间。因此, 为提高破壳率, 选取的脱壳作业有利条件为: 轧辊材料选择 45#钢, 轧辊转速 1000 r/min, 间隙 10 mm, 烘干时间 4 h; 2) 银杏的烘干时间对其碎仁率的影响最大, 影响果仁破碎率的主次因素依次为烘干时间、轧辊材料和轧辊转速的交互作用、轧辊材料和间隙的交互作用、轧辊转速、轧辊与轧板间隙、轧辊转速和间隙的交互作用、压辊材料; 所以, 为了降低果仁破碎率, 选取作业的有利条件为: 轧辊材料选择工程塑料, 轧辊转速 1000 r/min, 间隙 10 mm, 烘干时间 1 h。

方差分析结果表明: 1) 轧辊材料、轧辊材料和间隙的交互作用、轧辊转速对脱壳率的影响极显著; 2) 银杏烘干时间、轧辊材料和轧辊转速的交互作用、轧辊材料和间隙的交互作用对破碎率的影响极显著。

鉴于极差分析结果无法得出同时满足提高脱壳率和降低果仁破碎率的作业条件, 因此利用综合评分法, 对脱壳率和果仁破碎率的 10 个观测值的平均值进行单独评分, 结合测定结果规定: 脱壳率  $\geq 80\%$ , 得 10 分;  $\leq 50\%$  得 0 分, 按线性插值评分。果仁破碎率  $\geq 15\%$ , 得 0 分,  $\leq 5\%$  得 10 分, 按线性插值评分。认为脱壳率和果仁破碎率同等重要, 故综合评分 = 脱壳率得分 + 果仁破碎率得分, 如表 5 所示。将综合评分结果用数据处理系统 (DPS) 软件进行极差分析和方差分析, 结果如表 6 所示。

表 5 脱壳率和破碎率综合评分表  
Table 5 Comprehensive scores of hulling rate and breaking rate

序号	指标平均值		综合得分
	脱壳率/%	破碎率/%	
1	58.47	12.28	5.54
2	57.16	11.31	6.08
3	59.57	11.0	7.19
4	59.26	7.60	10.49
5	64.19	11.30	8.43
6	65.10	9.78	10.25
7	63.55	9.94	9.58
8	70.47	11.99	9.83

表 6 综合评分的极差及方差分析结果  
Table 6 Range and variance analysis results of comprehensive scores

因子	极差分析			方差分析			
	水平 1	水平 2	极差 $R$	平方和	自由度	均方	$F$ 值
$m$	7.325	9.523	2.198	9.658	1	9.658	33.97
$n$	7.575	9.273	1.698	5.763	1	5.763	20.27
$m \times n$	7.758	9.090	1.333	3.551	1	3.551	12.49
$e$	7.685	9.163	1.478	4.366	1	4.366	15.36
$m \times e$	8.203	8.645	0.443	0.397	1	0.397	
$n \times e$	8.573	8.275	0.298	0.177	1	0.177	
$H$	8.965	7.883	1.083	4.366	1	4.366	15.36

综合评分法的极差分析结果表明, 对脱壳率和果仁破碎率综合影响的主要因素排序依次为轧辊材料、轧辊转速、轧辊与轧板间隙、轧辊材料与转速的交互作用、银杏烘干时间。

综合评分法的方差分析结果表明, 轧辊材料和轧辊转速对脱壳率和果仁破碎率的影响极显著; 轧辊材料与转速的交互作用、轧辊与轧板间隙、银杏烘干时间对其脱壳率和果仁破碎率的影响显著。

根据极差分析和方差分析结果, 脱壳机轧辊材料选择 45<sup>#</sup> 钢、转速选择 1000 r/min, 间隙 10 mm, 50℃烘干 4 h, 脱壳率超过 70%, 比原机型提高了近 9%。为取得更好的脱壳效果, 在果仁品质符合客户需求的前提下, 将银杏在红外干燥箱内的

烘干温度提高至 60℃, 干燥至整体含水率不低于 20%, 银杏壳含水率不高于 20%后, 进行脱壳试验, 取得了脱壳率大于 90%, 破碎率小于 20%的脱壳效果。

## 4 结 论

1) 进行了银杏破壳机构的优化设计, 拆除了固定轧板的弹簧, 增加了两块撞击缓冲板, 从而加大了银杏受挤压后的撞击作用。

2) 以银杏脱壳率和破碎率为观测指标, 进行了轧辊材料、轧板—轧辊间隙、轧辊转速和银杏烘干时间的多因素多水平脱壳正交试验。取得了脱壳率大于 70%, 破碎率小于 12% 的较好脱壳效果。

3) 采用筛分、风扬相结合的仁、壳分离方式, 结构简单紧凑, 分离后壳中含仁率和仁中含壳率分别为 10%和 8%。项目取得了两项国家实用新型专利: 一种坚果脱壳机 (ZL200420044333.6) 和一种振动淌筛 (ZL200620060028.5)<sup>[10-11]</sup>。研究结果为下一代银杏脱壳设备的优化设计提供了依据。

## [参 考 文 献]

- [1] 中国国家统计局. 中国统计年鉴 (2005) [Z]. 北京: 中国统计出版社, 2005.
- [2] 王灵军, 全燕鸣. 白果脱壳方法及装置的试验研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2003, (9): 65—67.
- [3] 赵小广, 宗 力. 坚果类物料脱壳技术应用与发展现状[J]. 新疆农机化, 2005, (6): 29—32.
- [4] 刘少达, 朱立学, 刘清生. 银杏脱壳机工作部件重要参数的分析[J]. 农机化研究, 2005, (2): 87—89.
- [5] 朱立学, 刘少达, 刘清生. 银杏脱壳技术与设备研究[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2006, 19(3): 5—8.
- [6] 朱立学, 宋垚臻, 刘清生, 等. 基于正交多项式回归试验的籽粒去皮关键参数建模分析(英文)[J]. 农业工程学报, 2003, 19 (5): 22—26.
- [7] 刘少达, 朱立学, 刘清生. 银杏(白果)脱壳分离机的设计[J]. 食品与机械, 2004, 5: 31—32.
- [8] 刘清生, 朱立学, 袁巧霞, 等. 一种坚果分级机[P]. 实用新型专利: ZL200420043157.4.
- [9] 余家林. 农业多元试验统计[M]. 北京: 中国(北京)农业大学出版社, 1993.
- [10] 刘清生, 袁巧霞, 朱立学, 等. 一种坚果脱壳机[P]. 实用新型专利: ZL200420044333.6.
- [11] 朱立学, 刘少达, 余礼明. 一种振动淌筛[P]. 实用新型专利: ZL200620060028.5.

# Optimized design and experiment of roller-crush board ginkgo huller

Zhu Lixue<sup>1,2</sup>, Luo Xiwen<sup>1\*</sup>, Liu Shaoda<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment (South China Agricultural University), Ministry of Education, Guangzhou 510642, China; 2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Zhongkai University of Agriculture Engineering, Guangzhou 510225, China)

**Abstract:** To overcome shortcomings of ginkgo hulling process of roller-crush board huller, low hulled rate, difficulty of crushed mixture, etc, structure of the huller was redesigned. The crush board was improved, two shocking board were put into the crushing facility, and crushed mixture of ginkgo were separated with wind raising sieve. After 4-factor-2-level orthogonal experiments had been accomplished, key parameter of the hushing equipment had been studied with the quantitative analysis. The result shows that, the cracked nut rate  $T$  increases by 9% over before, and can reach 70%. The smashed nut rate  $S$  is less than 12%, the rate of remained core in shell dropped to 10% and the rate of remained shell in core go to 8%, while the four key parameters (roller material, rolling interstice, rotate velocity and pre-treating) were adjusted to 45<sup>#</sup> steel, 10 mm, 1000 r/min and 4 hour under 50℃ infrared drying oven, respectively. A second generation of improved prototype of ginkgo huller would be implemented based on the experiments.

**Key words:** ginkgo nut; huller; orthogonal experiments