

三滚式小区育种花生脱壳机设计与试验

高连兴^{1,2} 回子健¹ 董华山¹ 徐仲恒¹ 刘志侠¹ 李 华¹

(1. 沈阳农业大学工程学院, 沈阳 110866; 2. 沈阳农业大学花生研究所, 沈阳 110866)

摘要: 花生育种研究中存在花生量小但品种多、荚果大小不一的情况, 针对人工脱壳效率低而机械脱壳损伤多、脱净率低等问题, 在对典型花生种果物理机械特性研究基础上, 提出了小型3级回转、单排3滚筒并列式脱壳的方案, 进行脱壳滚筒、旋转打板以及传动系统等装置和部件的结构设计; 脱壳滚筒由同一轴上并排的3个子滚筒组成, 可调节与凹板筛距离, 增减打板个数; 气力清选装置由离心式风机组成。以小区育种为目的, 选取白沙品种为研究对象, 通过正交试验分析, 以滚筒转速、脱壳间隙和打板个数为试验因素, 损伤率和脱净率为试验指标, 进行优化试验。结果表明: 滚筒转速为350 r/min、脱壳间隙为20 mm、打板为3个时, 花生脱壳综合指标最优, 脱净率为99.15%, 损伤率为2.3%, 满足种用花生脱壳要求。

关键词: 小区育种; 花生; 脱壳机; 三滚式

中图分类号: S565.2; S226.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2016)07-0159-07

Design and Experiment of Peanut Sheller with Three Drums for Plot Breeding

Gao Lianxing^{1,2} Hui Zijian¹ Dong Huashan¹ Xu Zhongheng¹ Liu Zhixia¹ Li Hua¹

(1. College of Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China

2. Peanut Institute, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: Aiming at the problems of small amount but large varieties in peanut, low efficiency of artificial shells, high damage rate and low shelling rate of mechanical shelling in peanut breeding research, a shelling scheme which has three-level rotary and single-row three-roll parallel shelling was proposed based on physical and mechanical properties of typical peanut research. The critical components of shelling drum, rotation rod, transmission system were designed, and the peanut sheller prototype was developed. Shelling drum was composed of three sub-rollers which are side-by-side on the same axis, it was able to adjust the distance from the concave screen, and increase or decrease the number of rods. Pneumatic cleaning device was composed of centrifugal fans. Three parameters, including drum rotating speed, hulling interval and hitting times of rods, were selected as experimental factors, the peanut shelling rate and peanut broken injury rate were selected as experimental indexes. Experimental results indicated that drum rotating speed, hulling interval and hitting times of rods all had influence on peanut shelling rate and peanut broken injure rate. The optimum combination indexes were: drum rotating speed of 350 r/min, hulling interval of 20 mm and hitting times of rods of 3. The peanut shelling rate was 99.15% and the peanut broken injury rate was 2.3%. The research results can provide a reference for the development of peanut seed sheller.

Key words: plot breeding; peanut; sheller; three drums

收稿日期: 2015-12-06 修回日期: 2016-02-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(51575367, 50775151)和高等学校博士学科点专项科研基金项目(20122103110009)

作者简介: 高连兴(1958—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事农产品收获与加工机械研究, E-mail: lianxing_gao@126.com

引言

脱壳是花生收获后的必经作业环节,也是导致花生损伤和损失的关键^[1]。由于自身生物学特点和收获时高含水率,花生脱壳不能与田间收获同步联合作业^[2-3]。商品花生脱壳造成的种仁破碎等损伤已是一个难题,而种用和育种花生以保证种子的发芽率为首要目标,脱壳设备需要更高的脱壳适应性。传统花生脱壳机不但机型较大,脱壳间隙难以调节、凹板筛固定且清种不便,不适应小区脱壳作业,难以满足小区育种研究的需要。育种花生与商品花生、繁种花生不同,其花生品种、试验小区繁多,对含水率以及果仁尺寸要求较为严格,且脱壳至播种时间不宜过长,以避免种仁因长时间与空气接触而发生霉变,降低发芽活力^[4]。国内外专家对花生脱壳损伤规律、脱壳原理与设备等进行了较为深入的研究。其中,高连兴等^[5]研究了花生脱壳特性、锥滚筒脱壳原理;刘明国^[6]研究了立式薄层脱壳原理立锥式脱壳装置;高连兴等^[7]研究了双滚筒气力循环式花生脱壳机,该脱壳装置由两个转速、脱壳间隙和凹板筛孔间隙不同的一次和二次脱壳滚筒构成;美国

LMC 公司研制了可更换凹板筛和可调节脱壳间隙的繁种花生脱壳机,以增加花生脱壳的品种适应性;美国 Patel^[8]采用激光逐个切割方法进行花生脱壳,虽然脱净率可达 100%,但因费用昂贵、效率低而未得到推广。到目前为止,国内外尚未见有针对育种花生脱壳机的文献报道^[9-12]。本文针对花生育种研究的实际需要,设计一种小型三滚多级种用花生脱壳机,并进行性能试验与参数优化。

1 总体方案与工作原理

造成育种花生损伤的主要原因是:花生品种、处理不同且荚果外形尺寸存在差异,使脱壳设备难以适应;脱壳打杆对果仁造成刚性冲击,增加种仁损伤等。三滚式育种花生脱壳机设计思路是:通过多级滚筒提高不同外形尺寸花生荚果、多品种与多处理的适应性,以减轻种仁损伤;采用柔性且带有一定厚度的打板,以避免由打板造成的刚性冲击使种仁损伤,增加打板厚度可以增大与荚果接触面积,降低打板对种仁的剪切力;要求转移方便、减少机器的调整和清种频次与时间,以保证脱壳质量且操作方便。为此,进行了样机总体方案设计,其总体构成如图 1 所示。

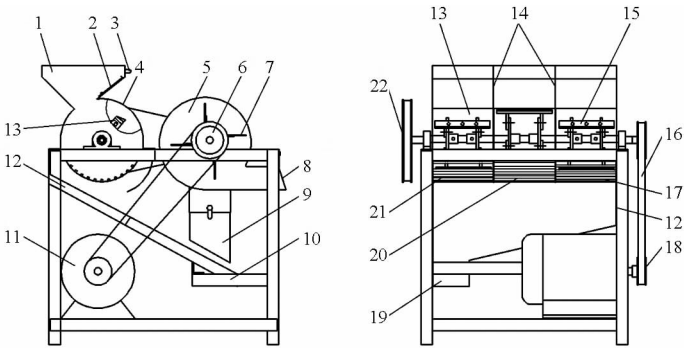


图 1 三滚式小区育种花生脱壳机整机结构图

Fig. 1 Structure diagram of peanut sheller with three drums for plot breeding

1. 喂料斗 2. 喂入量调节板 3. 把手 4. 机壳 5. 风机 6. 风机带轮 7. 风机扇叶 8. 风机出风口 9. 风机吸风口 10. 机架 11. 电动机 12. 下溜板 13. 脱壳滚筒 14. 隔板 15. 脱壳打板 16. 传动带 17. 凹板筛 1 18. 电动机带轮 19. 出仁口 20. 凹板筛 2 21. 凹板筛 3 22. 脱壳滚筒带轮

三滚式育种花生脱壳机主要由同轴并排的 3 个脱壳滚筒、3 个对应的独立凹板筛、整体翻盖式三格喂料斗、种仁下落溜板、气吸式清选装置、种仁出料斗、箱电动机、带传动装置及机架等构成。同轴并排的 3 个脱壳滚筒均为开式结构,每个脱壳滚筒的回转半径略有不同,所对应的 3 个凹板筛分为大、中、小不同筛孔尺寸;脱壳机工作状态时,3 个脱壳滚筒、凹板筛和分格喂料斗各自形成独立脱壳室,凹板筛在开盖时可方便地抽出更换,适于不同尺寸花生荚果的脱壳,以便提高脱壳适应性。每个脱壳室各

自对应独立的喂料斗,喂料斗内部设有喂入量调节板,进行脱壳喂入量的调节;通过 3 个凹板筛的脱出物由下溜板滑下,花生碎壳在下滑过程中被风机吸出,进行清选。整体式喂料斗与上机盖焊接为一体并与机架铰接,可方便打开和关闭,以方便且可靠地进行清种,防止脱壳作业过程中的品种混杂,同时方便更换凹板筛,调整脱壳间隙或更换脱壳部件。

三滚式育种花生脱壳机工作时,可将均齐度较差的花生荚果分级后,按外形大小分别放入到三格整体式喂料斗的相应喂料斗中,由喂料斗进入相应

的脱壳室;花生荚果在旋转且带有倾角的打板反复刮擦、打击作用及其与凹板筛共同产生的挤搓、揉搓作用下,花生果壳不断开裂与破碎,花生种仁不断脱出并随同碎壳穿过凹板筛,顺着下溜板滑下,当通过清选风机的吸风口下方时,漂浮系数较小、质量较轻的花生壳被风机排出机体外,而种仁则由出仁口排出。

2 关键部件与参数设计

三滚式育种花生脱壳机关键部件主要包括 3 个同轴并排式脱壳滚筒、凹板筛、传动系统以及气力清选装置。

2.1 脱壳滚筒结构与参数

脱壳滚筒是脱壳机核心部件之一,其在很大程度上决定了花生种子损伤率、脱净率和脱壳效率。普通单滚筒脱壳设备脱壳间隙与凹板筛栅条间隙固定,对品种与外形不同的花生荚果适应性差,容易造成损伤率高、脱净率低等问题。三滚式育种花生脱壳机通过采用在同一轴上并排设置 3 个长度相同且并排排列的脱壳滚筒,滚筒之间用挡板隔开,避免脱壳时花生移位至其他滚筒中,影响脱壳质量。脱壳滚筒结构如图 2 所示,每个脱壳滚筒均由两个连接盘和呈一定角度的脱壳打板构成,连接盘通过顶丝固定于轴上,脱壳打板用螺栓固定在连接盘上,可进行径向调整和更换,增减打板个数。滚筒下方机架设有半圆形滑道,焊接在滚筒之间的隔板上,可以将凹板筛顺着滑道插入,方便更换,还能针对不同外形尺寸的花生更换筛孔间隙不同的凹板筛。根据一般脱壳滚筒转速 300 ~ 600 r/min 可知,滚筒线速度为 3 ~ 6 m/s^[11],考虑到育种花生脱壳机作业量小、机动灵活等因素,确定脱壳滚筒直径为 160 mm,理论转速为 350 r/min。

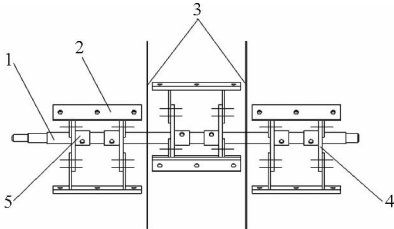


图 2 脱壳滚筒结构简图

Fig. 2 Structural diagram of shelling drum

1. 轴 2. 脱壳打板 3. 隔板 4. 连接盘 5. 固定轴承套

脱壳打板采用扁平形式,表面长 120 mm、宽 20 mm、厚 10 mm,以便增加打板与荚果的接触面积。打板顶端安装有橡胶片,以便增强与花生荚果的摩擦效果,同时避免脱壳时打板对花生种仁造成刚性伤害,缓解打板对花生种仁的冲击力,降低种仁损

伤;橡胶片设计为与打板顶部呈一定夹角并可进行角度调整。在滚筒连接盘与脱壳打板连接臂上加工有不同孔距的螺孔,以便实现脱壳滚筒的回转半径调节,进而调节脱壳间隙。在脱壳滚筒连接盘上有 6 排径向孔,可固定 2 ~ 6 个脱壳打板,打板结构如图 3 所示。

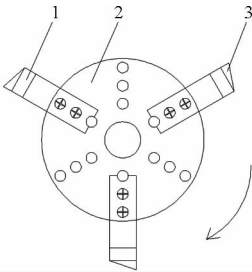


图 3 可调脱壳打板结构简图

Fig. 3 Structure diagram of adjustable shelling rod

1. 脱壳打板 2. 连接盘 3. 橡胶片

2.2 凹板筛结构与参数

凹板筛是花生脱壳装置的另一关键部件^[13]。与金属丝编织筛、板筛(冲孔筛)和栅条筛(栅面筛)结构相比,金属丝编织筛虽有较高筛面利用系数和筛分效率,但对花生荚果摩擦作用较强,容易导致花生种仁损伤;同时,因其刚度较差,作为凹板筛使用需设有加强筋。板筛具有较好的刚度且冲孔性状可以选择,但对花生荚果摩擦作用较弱,筛面利用系数和筛分效率较低,花生果仁脱壳后在脱壳室内停留时间过长,也会导致损伤。栅条筛性能介于二者之间,既能保证花生脱壳时的机械作用,又能使脱出的种仁及时筛分出来,同时不降低脱壳效率。为此,本文选取栅条筛作为凹板筛,3 个脱壳滚筒分别对应 3 个不同间隙大小的栅条凹板筛,以适应多种花生荚果和不同外形尺寸果仁的脱壳需要,减轻种仁损伤。为解决育种花生品种多样、荚果大小不一的通用问题,根据待脱育种花生具体尺寸,设计多种栅条间隙规格的凹板筛,以供育种花生脱壳时选用。采用的凹板筛栅条间隙为 8、9、10、11、12、13 mm 6 种规格。根据花生种果脱壳前是否分级,3 个脱壳滚筒和凹板筛可以相应地调整成三级或同一级进行脱壳。

2.3 传动系统与气力清选装置

设计的育种花生脱壳机属小型机械,体积小且功率不高,所以选择可接民用 220V 电压的 JW7114 型电动机为动力。考虑到缓冲减震、经济适用等因素,选取 A 型带传动,通过 A 型单槽带轮驱动 3 个同轴脱壳滚筒和清选风机转动,其传动路线如图 4 所示。根据脱壳滚筒和清选风机转速上的差异,电动机带轮 1 带动清选风机轴带轮 2,通过风机轴另

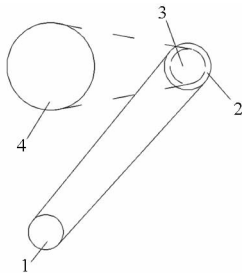


图 4 传动系统示意图

Fig. 4 Schematic of transmission system

1. 电动机带轮 2. 风机大带轮 3. 风机小带轮 4. 脱壳滚筒带轮

一端带轮 3 带动脱壳滚筒带轮 4 转动。

清选装置是花生脱壳装置的重要组成部分,性能优劣直接影响脱出果仁质量和后续加工品质^[14]。为了达到最佳清选效果,要求风机运转稳定、效率高且便于调节。本设计采用单进风口的离心式风机,由 4 个叶片构成叶轮并对称安装于风机轴上,叶片形状为矩形切角以提供足够的吸力^[15]。同时,风机吸风口垂直对着下溜板出口且与下溜板之间的垂直距离可调,以提高清选质量与清选效率(图 5)。通过 PS-20 型物料飘浮速度试验台测出花生各成分漂浮速度,本文以白沙 1016 为例,测得饱满荚果、空瘪果、果仁及果壳的漂浮速度范围分别为 11.04 ~ 12.83 m/s、7.01 ~ 8.92 m/s、8.52 ~ 10.30 m/s、1.26 ~ 1.85 m/s。所以脱壳风机清选的风速介于 4 ~ 6 m/s 之间时最佳。

3 性能试验

3.1 脱壳机样机主要参数

研制的三滚式育种花生脱壳机样机如图 6 所

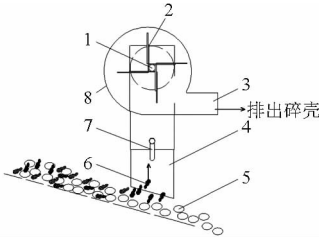


图 5 气吸式清选装置示意图

Fig. 5 Schematic of cleaning device of air-suction inlets

1. 轴 2. 扇叶 3. 出风口 4. 进风口 5. 花生果仁 6. 花生碎壳 7. 调节螺栓 8. 蜗壳



图 6 三滚式小区育种花生脱壳样机

Fig. 6 Prototype of peanut sheller with three drums for plot breeding

示,其主要参数见表 1。

3.2 试验材料与仪器设备

试验在沈阳农业大学工程学院实验室进行,沈阳农业大学花生研究所种植的花生品种白沙 1016 为试验材料,花生种子含水率为 16% ~ 18%^[16]。试验设备为自制阶梯辊式花生荚果分级装置、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)、DT2236 型数显转数表、恒泰 HT1000F 型变频器和双杰牌电子秤等。

表 1 三滚式小区育种花生脱壳机主要参数

Tab. 1 Parameter of peanut sheller with three drums for plot breeding

参数	外形尺寸(长×宽×高)/ (mm×mm×mm)	滚筒个数	滚筒直径/ mm	滚筒长度/ mm	滚筒转速/ (r·min ⁻¹)	脱壳间隙/ mm	凹板筛栅隙/ mm
数值	500×450×610	3(同轴并列)	100~200(无级可调)	120	350	20~30	8~13(6级可换)

3.3 试验因素与方案设计

试验考核的性能指标为样机脱壳损伤、脱净程度和清选质量等。因此,确定花生种仁损伤率、脱净率为试验指标,以脱壳滚筒转速、脱壳间隙和打板个数为试验因素(表 2),按照试验因素水平要求,通过 HT1000F 型变频器改变电动机转速,从而调节脱壳滚筒实际转速;通过可调式脱壳打板调节脱壳间隙和打板个数;也可通过增减滚筒轴轴承座垫板调节脱壳间隙。每组脱壳试验后,分别测出取样总质量,包括完整纯仁质量(W)、破碎仁质量(W_1)、损伤仁质量(W_2)、未剥开果质量(W_3)^[17]。将结果记录于

表 2 试验因素与水平

Tab. 2 Factors and levels of test

水平	试验因素		
	滚筒转速/(r·min ⁻¹)	脱壳间隙/mm	打板个数/个
1	280	20	2
2	350	25	3
3	420	30	6

试验方案表并算得脱壳后的损伤率和脱净率。

试验前,采用自制的阶梯辊式花生荚果分级装置将花生荚果粗略分为 3 级。采用正交试验方法,选用正交表 L₉(3⁴)来安排试验,排除其他因素的干

扰,便于所取得的试验数据能与其他花生脱壳机进行对比研究^[18]。

3.4 试验结果与分析

正交试验结果与极差分析如表 3 所示, A 、 B 、 C 为因素编码值。

表 3 正交试验结果与极差分析

Tab.3 Results of orthogonal experiment and range analysis					
序号	因素			损伤	脱净
	A	B	C	率/%	率/%
1	1	1	1	2.91	97.90
2	1	2	2	1.56	98.06
3	1	3	3	2.54	97.14
4	2	1	2	2.30	99.15
5	2	2	3	3.14	98.83
6	2	3	1	1.98	98.20
7	3	1	3	4.41	98.67
8	3	2	1	4.25	98.25
9	3	3	2	3.26	98.03
损伤率/%	k_1	2.34	3.21	3.05	
	k_2	2.47	2.39	2.82	
	k_3	4.09	3.31	3.03	
	R	1.75	0.92	0.23	
	较优水平	A_1	B_2	C_2	
脱净率/%	主次因素	$A、B、C$			
	k_1	97.70	98.57	98.13	
	k_2	98.73	98.38	98.51	
	k_3	98.32	97.79	98.12	
	R	1.03	0.78	0.39	
	较优水平	A_2	B_1	C_2	
	主次因素	$A、B、C$			

从试验结果分析可以看出各因素对脱净率和损伤率的影响情况。通过对试验结果的极差分析,得到影响脱壳损伤率的主次顺序为 A 、 B 、 C ,即滚筒转速、脱壳间隙和打板个数,其中因素 A 中最小值 $k_1 = 2.34$ 、因素 B 中最小值 $k_2 = 2.39$ 、因素 C 中最小值 $k_2 = 2.82$,故各因素分析所得优水平分别为 A_1 、 B_2 、 C_2 ,则最优配置组合为 $A_1B_2C_2$;同理,影响脱净率因素的主次顺序为 A 、 B 、 C ,分析后所得最优配置组合为 $A_2B_1C_2$ 。两指标最优配置组合均在 9 组试验之中。

通过方差分析,对各因素影响花生种子损伤率和脱净率进行显著性检验,如表 4 和表 5 所示。

表 4 损伤率方差分析

Tab.4 Variance analysis of broken injury rate						
方差来源	偏差平方和	自由度	方差	F	临界值 F_α	显著性
滚筒转速	6.258	2	3.129	44.07	$F_{0.05}(2,2) = 19$	*
脱壳间隙	1.657	2	0.829	11.67	$F_{0.01}(2,2) = 99$	
打板个数	0.142	2	0.071	1.00		
误差 e	0.140	2	0.070			
总和	8.197	8				

表 5 脱净率方差分析

Tab.5 Variance analysis of shelling rate						
方差来源	偏差平方和	自由度	方差	F	临界值 F_α	显著性
滚筒转速	1.602	2	0.801	64.08	$F_{0.05}(2,2) = 19$	*
脱壳间隙	0.999	2	0.495	39.96	$F_{0.01}(2,2) = 99$	*
打板个数	0.137	2	0.069	5.48		
误差 e	0.030	2	0.015			
总和	2.228	8				

由表 4、5 可知,滚筒转速对花生脱壳的损伤率和脱净率影响均显著;脱壳间隙对脱净率影响显著,而对损伤率影响不显著;打板个数对脱壳后的损伤率和脱净率的影响均不显著。所以,各因素影响损伤率和脱净率的主次顺序均为滚筒转速、脱壳间隙和打板个数。

3.5 最优参数组合确定及验证

根据本文脱壳装置性能要求,各试验指标分析所得优水平组合各不相同,为了达到兼顾平衡各项指标的目的,采用综合加权评分法进行分析,以选出令各项指标都尽可能最优的组合^[19]。考虑到 3 个因素对衡量指标的重要程度,以 100 分作为总“权”,损伤率与脱净率各为 50 分,试验的综合加权结果如表 6 所示。

表 6 综合加权结果

Tab.6 Result of integrated weighted			
综合加权值	滚筒转速 A	脱壳间隙 B	打板个数 C
K_1	7 414.03	7 524.99	7 482.49
K_2	7 552.50	7 498.81	7 506.37
K_3	7 497.84	7 440.57	7 475.51
k_1	2 471.34	2 508.33	2 494.16
k_2	2 517.50	2 499.60	2 502.12
k_3	2 499.28	2 480.19	2 491.84
R	46.16	28.14	10.29
分析所得优水平	A_2	B_1	C_2

通过表 6 分析得出各试验因素对试验指标(损伤率、脱净率)影响的最优组合,影响各因素大小排列顺序为 A 、 B 、 C ,各因素最佳水平组合为 $A_2B_1C_2$,即滚筒转速为 350 r/min,脱壳间隙为 20 mm,打板个数为 3 个。

4 结论

(1)设计了三滚式小区育种花生脱壳机,该样机采用在同轴并排排列 3 个脱壳滚筒,回转打击揉搓的脱壳原理,实现同时分脱不同尺寸大小的花生荚果。

(2)能够对脱壳间隙以及打板个数进行调节,有效地解决了由于不同花生品种尺寸不规则而导致

漏脱或破碎等问题,凹板筛更换方便,便于清种,减轻了作业负担。

(3)对样机进行了脱壳性能试验,得出各因素影响损伤率和脱净率的主次顺序为滚筒转速、脱壳间隙和打板个数。对最佳参数组合进行试验验证,

结果表明,三滚式小区育种花生脱壳机在滚筒转速为 350 r/min、脱壳间隙为 20 mm、3 个脱壳打板时花生脱壳综合指标最优,损伤率为 2.3%,脱净率为 99.15%。

参 考 文 献

- 1 刘明国,杜鑫,张文,等. 花生疲劳脱壳试验研究[J]. 沈阳农业大学学报,2010,41(3):317-320.
LIU Mingguo, DU Xin, ZHANG Wen, et al. Experimental study on fatigue shelling of peanuts[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2010, 41(3): 317-320. (in Chinese)
- 2 李建东,尚书旗,李西振,等. 我国花生脱壳机械研究应用现状及进展[J]. 花生学报,2006,35(4):23-27.
LI Jiandong, SHANG Shuqi, LI Xizhen, et al. Application situation and developing analysis on peanut shelling machinery[J]. Journal of Peanut Science, 2006, 35(4): 23-27. (in Chinese)
- 3 谢焕雄,彭宝良,张会娟,等. 我国花生脱壳技术与设备概况及发展[J]. 江苏农业科学,2010(6):581-582.
XIE Huanxiong, PENG Baoliang, ZHANG Huijuan, et al. Peanut shelling technology and the equipment status and development[J]. Journal of Jiangsu Agricultural Science, 2010(6): 581-582. (in Chinese)
- 4 谢焕雄,王建楠,胡志超,等. 我国种用花生机械化脱壳技术路线[J]. 花生学报,2012,41(2):32-36.
XIE Huanxiong, WANG Jiannan, HU Zhichao, et al. Kind of route with peanut shelling mechanization technology[J]. Journal of Peanut Science, 2012, 41(2): 32-36. (in Chinese)
- 5 程献丽,高连兴,刘明国,等. 花生冲击脱壳的力学特性试验[J]. 沈阳农业大学学报,2009,40(1):111-113.
CHENG Xianli, GAO Lianxing, LIU Mingguo, et al. Experimental study on peanuts mechanical performance under impacting test[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2009, 40(1): 111-113. (in Chinese)
- 6 刘明国. 花生脱壳与损伤机理及立锥式脱壳机研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2011.
LIU Mingguo. Study on peanut damage mechanism and development of the vertical cone type shelling machine[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2011. (in Chinese)
- 7 高连兴,杜鑫,张文,等. 双滚筒气力循环式花生脱壳机设计[J]. 农业机械学报,2011,42(10):68-73.
GAO Lianxing, DU Xin, ZHANG Wen, et al. Double-roller peanut sheller with pneumatic circulating[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(10): 68-73. (in Chinese)
- 8 GUZEL E, AKCALI I D, MUTLU H, et al. Research on the fatigue behavior for peanut shelling[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 67(3): 373-378.
- 9 高学梅,胡志超,谢焕雄,等. 打击揉搓式花生脱壳机脱壳性能影响因素探析[J]. 花生学报,2011,40(3):30-34.
GAO Xuemei, HU Zhichao, XIE Huanxiong, et al. Analysis and research on shelling performance of peanut sheller[J]. Journal of Peanut Science, 2011, 40(3): 30-34. (in Chinese)
- 10 王建楠,谢焕雄,刘敏基,等. 打击揉搓式花生脱壳设备作业质量制约因素与提升对策[J]. 中国农机化,2012(1):57-59,64.
WANG Jiannan, XIE Huanxiong, LIU Minji, et al. Research on cause and counter measures of the rub-style peanut shelling peanut shelling equipment effect[J]. Journal of Chinese Agriculture Mechanization, 2012(1): 57-59, 64. (in Chinese)
- 11 李心平,马福丽,高连兴. 花生脱壳装置的结构技术剖析[J]. 农机化研究,2010,32(3):18-20.
LI Xiping, MA Fuli, GAO Lianxing. Analysis of construction and technique of shelling equipment on peanuts[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010, 32(3): 18-20. (in Chinese)
- 12 高学梅,胡志超,谢焕雄,等. 打击揉搓式花生脱壳试验研究[J]. 中国农机化,2012(4):89-93,27.
GAO Xuemei, HU Zhichao, XIE Huanxiong, et al. Discussion on the constrain factors and countermeasures during the development of agricultural mechanization in guiyang mountainous area[J]. Journal of Chinese Agriculture Mechanization, 2012(4): 89-93, 27. (in Chinese)
- 13 那雪姣,刘明国,张文,等. 机械脱壳时花生仁损伤特征及规律[J]. 农业工程学报,2010,26(5):117-121.
NA Xuejiao, LIU Mingguo, ZHANG Wen, et al. Damage characteristics and regularity of peanut kernels under mechanical shelling[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(5): 117-121. (in Chinese)
- 14 高连兴,李献奇,关萌,等. 双吸风口振动式花生荚果清选装置设计与试验[J]. 农业机械学报,2015,46(3):110-117.
GAO Lianxing, LI Xianqi, GUAN Meng, et al. Design and test on cleaning device of peanut pods with double air-suction inlets with vibration screen[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(3): 110-117. (in Chinese)
- 15 杨魏,王福军,王宏. 离心风机叶片三维反问题优化设计[J]. 农业机械学报,2012,43(8):105-109.
YANG Wei, WANG Fujun, WANG Hong. Aerodynamic optimization design of centrifugal fan blade based on 3-D inverse design method[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(8): 105-109. (in Chinese)
- 16 易克传,张新伟,沈永哲,等. 含水率对花生脱壳及花生仁破损力学性质的影响[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版,

2013,34(3):65 – 69.

YI Kechuan, ZHANG Xinwei, SHEN Yongzhe, et al. Effect of moisture content on mechanical properties of peanut shelling and peanut kernel damage[J]. Journal of Yangzhou University: Agricultural and Life Science Edition, 2013, 34(3):65 – 69. (in Chinese)

17 高学梅. 打击揉搓式花生脱壳试验研究与关键部件优化设计[D]. 北京:中国农业科学院,2012.
GAO Xuemei. Experimental research and optimization design of key components on peanut sheller of blowing and rubbing[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences,2012. (in Chinese)

18 高连兴,郑世妍,陈瑞祥,等. 喂入辊轴流滚筒组合式大豆种子脱粒机设计与试验[J]. 农业机械学报,2015,46(1):112 – 118.
GAO Lianxing, ZHENG Shiyan, CHEN Ruixiang, et al. Design and experiment on soybean breeding thresher of double feeding roller and combined threshing cylinder[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(1):112 – 118. (in Chinese)

19 易克传,李立和,李慧,等. 双滚筒气力循环式花生脱壳机的性能试验[J]. 南京农业大学学报,2013,36(3):124 – 128.
YI Kechuan, LI Lihe, LI Hui, et al. Performance test on double-roller peanut sheller with pneumatic circulating[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2013, 36(3):124 – 128. (in Chinese)