

油茶果脱壳装置设计及试验

唐湘¹, 谢方平^{1,2*}, 李旭¹, 刘大为¹, 王修善¹, 毛利成¹

(1.湖南农业大学工学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南省现代农业装备工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 为提高油茶果脱壳率和降低茶籽破损率, 采用撞击、搓擦原理, 设计了一种油茶果脱壳装置。该装置由喂料斗、脱壳装置、动力传输部件、机架等构成, 通过立式甩盘的撞击以及脱壳室内齿圈的搓擦进行脱壳, 能适用含水率在 65% 以下的油茶鲜果脱壳。确立了影响脱壳的主要因素是甩盘转速和喂料量, 并进行了脱壳试验。结果表明, 随着甩盘转速的增大, 脱壳率及破损率显著增加, 而随着喂料量的增大, 脱壳率先增加后降低, 破损率变化相对较小。该脱壳装置适宜的工作参数为: 甩盘转速为 700 r/min 左右; 喂料量控制在 500 kg/h 左右, 在此条件下, 脱壳率能达到 85.3%, 破损率为 6.5% 左右。

关 键 词: 油茶果; 脱壳装置; 离心式撞击; 搓擦

中图分类号: S226.9

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2014)06-0665-04

Design and test of dehulling machine for *Camellia oleifera* fruit

TANG Xiang¹, XIE Fang-ping^{1,2*}, LI Xu¹, LIU Da-wei¹, WANG Xiu-shan¹, MAO Li-cheng¹

(1.College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Hunan Provincial Engineering Technology Research Center for Modern Agricultural Equipment, Changsha 410128, China)

Abstract: To improve dehulling rate and reduce the damage rate, a dehulling machine for *Camellia oleifera* fruit was designed according to the principle of impacting and rubbing. The machine consists of feed hopper, dehulling device, power transmission parts, rack and so on. It adopts impacting of centrifugal plate and rubbing of indoor ring gear for dehulling, which can adapt to the moisture content less than 65% and different sizes of the camellia fruit. The main factors influenced dehulling were established, which includes plate rotating speed and feeding rate, and a shell test was carried out. The results showed the dehulling rate and damage rate increased significantly with the increase of rotating speed. By contrast, with the increase of feeding speed, the dehulling rate increased first and then decreased and the change of damage rate was relatively small. The suitable working parameters of the dehulling machine are as follows: The rotating speed should be about 700 r/min, and feeding speed about 500 kg/h. The dehulling rate could reach 85.3% and the failure rate about 6.5% under this condition.

Key words: *Camellia oleifera* fruit; dehulling machine; centrifugal impact; rubbing

油茶果由果皮、种壳、种仁组成。种仁主要成分为脂肪、淀粉、蛋白质、皂素等, 用来提炼茶油; 果皮和种壳的主要成分为粗纤维, 不含油脂, 占整个鲜果的 45%~65%。由于带壳压榨会带走油分, 影响出油率, 对加工油脂不利^[1], 因此, 油茶果加工利用前需作脱壳去皮处理。

目前, 油茶鲜果去皮主要采用人工方式^[2], 耗

费大量人力、物力, 效率低下, 不能满足油茶籽产业化的要求。机械代替人工去皮成为众多油茶种植大户、油脂加工企业的普遍要求。常见的机械脱壳方法包括撞击法、剪切法、挤压法、碾搓法、搓撕法^[3]。由于油茶机械加工起步较晚, 还没形成规范的采后处理技术, 油茶鲜果脱壳设备主要借鉴其他坚果类脱壳设备^[4-7]。与油茶果物理特性相近的澳

洲坚果的脱壳普遍采用挤压原理,利用压板或螺旋杆压破果壳,但容易损伤果仁。涂立新^[8]利用搓擦原理研究了一种油茶果剥壳机,采用螺纹钢条焊成的内外笼式剥壳装置,茶果在内外笼之间受搓挤实现剥壳。由于螺纹钢条间隙不能调整,大于碎果外径,另外油茶果大小不一,茶籽和碎果也有可能挤入外笼或内笼,因此该装置不能很好清选茶籽和果壳,对不同大小的油茶果适应性较差。王建等^[9]采用剪切原理研究了一种油茶果剥壳机,利用刀片对茶果进行切割剥壳,剥壳速度较快,但果仁极易被刀片挤碎。樊涛等^[10]研制的油茶果脱皮机采用挤压原理,将果壳挤裂去皮,脱壳效率较高,但对油茶果的大小的适应性差,果仁容易被挤碎。蓝峰等^[11]运用撞击、挤压和揉搓原理,研制了油茶果脱壳清选机,采用回转半径不同的脱壳杆,脱壳杆呈一定锥角和扭角,在滚筒里形成楔形脱壳室进行撞击、挤压脱壳,能适应不同大小的油茶果,脱壳效率较高,但只适合堆沤摊晒开裂茶果脱壳,且结构较为复杂,制作成本大。笔者对脱壳原理和脱壳机整体结构加以改进,采用撞击、搓擦原理进行脱壳,通过分析试验研究找出合理的工作参数,保证了较高的脱壳率和较低的损伤率,并且能够适应含水率在 60%以下的且不同大小的油茶鲜果脱壳。

1 油茶果脱壳装置的设计

1.1 总体结构

油茶果脱壳装置由喂料斗、脱壳装置、动力传输部件、机架等构成,总体结构如图 1 所示。

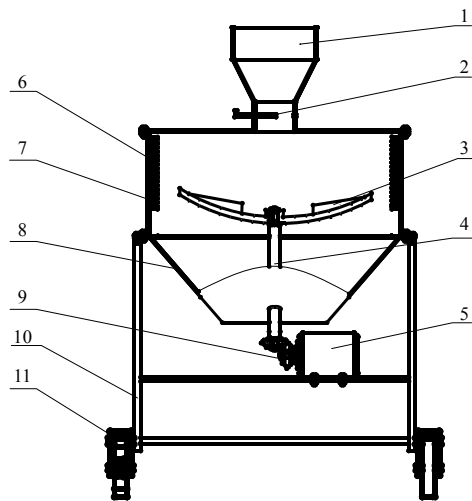


图 1 油茶果脱壳装置结构

Fig.1 Structural sketch of camellia fruit dehulling device

喂料装置设置在脱壳装置的上部,由料斗、喂料量调节板组成,用于调节喂料量。脱壳室包括上、下壳体、脱壳装置。脱壳装置由离心甩盘、齿圈等组成。甩盘呈锥钵状,其上焊接有若干个螺旋叶片,并紧配合固接在输出轴一端;齿圈固定在脱壳室内;脱壳室下壳体与机架相连,内设有分离装置;机架装有行走轮,可移动。

1.2 工作原理

油茶果脱壳在离心甩盘和齿圈之间的脱壳室内进行。油茶果进入喂料斗后,由自身的重力作用形成薄层,落入脱壳室,在受到高速旋转的离心甩盘叶片的打击后,油茶果破裂,以产生较大的离心速度飞出,与脱壳室内的齿圈撞击搓擦,实现脱壳。

1.3 关键部件结构设计

1.3.1 离心甩盘

离心甩盘上焊接有叶片,借助叶片撞击力、摩擦力以及离心力的作用,将油茶果甩出,采用螺旋叶片能更好地甩出油茶果。

参考其他物料脱壳机参数,采用功率为 2~3 kW 的调速电机,转速控制在 0~1 200 r/min;考虑到脱壳室的大小与产量的关系,离心甩盘的半径取 0.2 m;考虑到油茶果实的直径为 20~50 mm,螺旋叶片设置 8 片,且对称排列(图 2)。

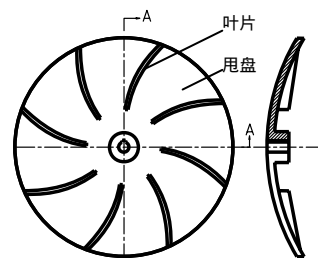


图 2 离心甩盘结构

Fig.2 Sketch of centrifugal plate

1.3.2 齿圈

油茶果被离心甩盘甩出后,与齿圈(图 3)撞击搓

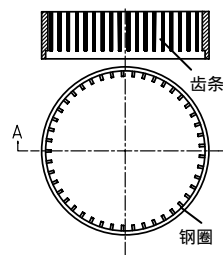


图 3 齿圈结构

Fig.3 Sketch of ring gear

擦。为加大撞击力度,钢圈上焊接齿条,考虑到加工成本,采取竖直方向布置,经测定,茶果最大直径为50 mm,因而齿条间距设计为55 mm,可防撞击时卡住油茶果。

2 脱壳原理分析

新鲜油茶果的含水率较高,可以近似看作塑性材料。脱壳元件与油茶果冲击开始时产生弹性变形,当最大冲击力超过油茶果的屈服极限时,油茶果破裂,继而脱壳。

假设忽略冲击过程中油茶果与脱壳元件之间的摩擦;冲击变形量远远小于油茶果的尺寸;脱壳元件为齿条,其截面为平面,与油茶果发生正碰撞或对心碰撞;油茶果简化为各向同性、均匀的球体,则油茶果与脱壳元件冲击接触如图4所示。图中, v 为油茶果撞击脱壳元件的速度, δ 为油茶果的变形量。

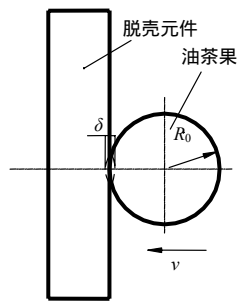


图4 脱壳元件与油茶果冲击接触分析

Fig.4 Sketch of impact between camellia fruit and dehulling component

油茶果与脱壳元件撞击时,设 R_0 为油茶果的曲率半径, E_1 和 E_2 为脱壳元件和油茶果的弹性模量, μ_1 和 μ_2 为脱壳元件和油茶果的泊松比。根据Hertz理论^[12],圆球与平面接触时,变形量 δ 为:

$$\delta = \left(\frac{9P^2}{16E^*R_0} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

式中: P 为冲击力; E^* 为综合弹性模量,

$$\frac{1}{E^*} = \frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2}。$$

参照徐丽章等^[13]对水稻谷粒冲击损伤临界速度的分析,可知油茶果的最大变形量:

$$\delta_{\max} = \left(\frac{15mv^2}{16R_0^2E^*} \right)^{\frac{2}{5}} \quad (2)$$

由式(1)和(2)可知,油茶果与脱壳元件间最大冲击力:

$$P_{\max} = \frac{4}{3}R_0^{\frac{1}{5}}E^{\frac{2}{5}}\left(\frac{15}{16}mv^2\right)^{\frac{3}{5}} \quad (3)$$

由(3)式可知油茶果与脱壳元件撞击前的相对速度为:

$$v^2 \approx \frac{0.64}{m}P_{\max}^{\frac{5}{3}}R_0^{\frac{1}{3}}E^{*\frac{-2}{3}} \quad (4)$$

油茶果飞离甩盘后,由于速度较大,甩盘与齿圈间距较小,可以看作与脱壳元件正面撞击,茶果撞击脱壳元件的速度近似为茶果的飞离速度。

假设油茶果从甩盘最外端沿水平方向甩出,则飞离速度 $v=2\pi Ln$,式中: n 为主轴转速; L 为离心甩盘的半径。

结合式(4)可得,油茶果与脱壳元件冲击发生破裂时,所需的甩盘转速:

$$n = \frac{0.4m^{\frac{1}{2}}P_{\max}^{\frac{5}{6}}R_0^{\frac{1}{6}}E^{*\frac{-1}{3}}}{\pi L} \quad (5)$$

可计算出使油茶果发生破裂所需的甩盘转速。

从式(3)、式(5)可看出,影响撞击脱壳冲击力的主要因素除与油茶果自身特性有关外,还和甩盘转速和喂料量有关。

3 油茶果撞击脱壳试验

3.1 试验材料

成熟后的油茶鲜果呈球形,直径为20~50 mm,质量15.35~20.86 g。油茶籽丰满厚实,质量0.461~1.46 g,存在明显差异。新鲜果较硬,含水率高,果壳包裹着茶籽,油茶果采摘堆沤几天后,果壳与茶籽间隙增大,容易开裂。

2013年11月,选用长沙市场普通油茶果进行验证试验。该油菜果无堆沤摊晒,含水率65%以上,茶果最大直径50 mm,最小直径20 mm,完整、无虫害。

3.2 试验设计

3.2.1 试验指标

根据生产实际要求,将脱壳率与茶籽破损率作为性能的主要评价指标。脱壳率为脱壳后的茶果与喂入的油茶果总重的百分比。破损率为清选出的破碎和受损油茶籽与油茶籽总重的百分比。

3.2.2 试验方法

选取甩盘转速和喂料量作为影响因素,来评价脱壳机的工作特性,并初步确定工作参数。

每组试验 3 次, 结果取其平均值。每次试验样本为 5 kg 油茶果。

通过调节调速电机的转速来控制脱壳时离心甩盘的速度, 甩盘转速应大于油茶果脆性断裂所需甩盘转速的计算值。根据预备试验情况, 设置甩盘转速分别为 600、700、800、900、1 000 r/min, 测定脱壳率和破损率; 考虑到油茶果脱壳生产率的实际要求, 设置喂料量分别为 288、396、504、612、800 kg/h, 分别测定脱壳率和破损率。

3.3 结果与分析

3.3.1 甩盘转速对脱壳率和破损率的影响

由图 5 可知, 当甩盘转速为 600~700 r/min 时, 随着转速的增大, 脱壳率急剧增加; 当甩盘转速为 700~1 000 r/min 时, 随着转速增大, 脱壳率未有明显变化, 但破损率随之增大。因为转速增大时, 油茶果被甩盘甩出的速度增加, 即与齿圈撞击速度增大, 撞击力增加, 油茶果的脱壳率和破损率随之提高, 速度增加到一定程度时, 已经满足油茶果的破壳, 同时也会增加油茶籽的破损, 从而脱壳率没有大幅增加, 破损率则显著增加。

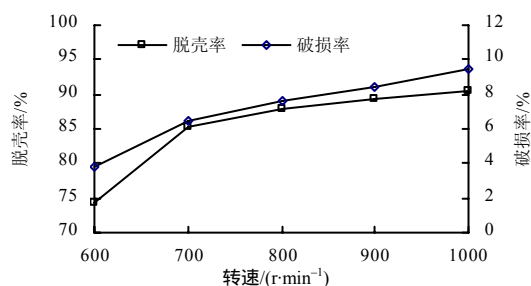


图 5 不同甩盘转速下的油茶果的脱壳率和破损率

Fig.5 The hulling rate and damage rate of *C. oleifera* fruit under different rotating speed

综合考虑脱壳率和破损率, 甩盘转速在 700 r/min 左右较理想。

3.3.2 喂料量对脱壳率和破损率的影响

由图 6 可知, 脱壳率随着喂料量增大呈先增加后降低趋势, 尤其当喂料量大于 504 kg/h 时, 脱壳率急剧下降, 破损率整体变化则相对较小。原因在于喂料量较小时, 脱壳室内存留物料较少, 荚果之间的挤压阻滞作用小, 果仁容易排出脱壳室, 脱净率低; 随着喂料量的增大, 脱壳室存留物料量增加, 荚果之间的挤压摩擦作用逐渐增大, 在一定程度上增加了物料在脱壳室内的停留时间, 脱净率增加, 喂料量超过 504 kg/h 时, 脱壳室内存留物料过多,

一部分荚果来不及脱壳就被排出脱壳室, 造成脱净率急剧下降, 破损率随之也降低。

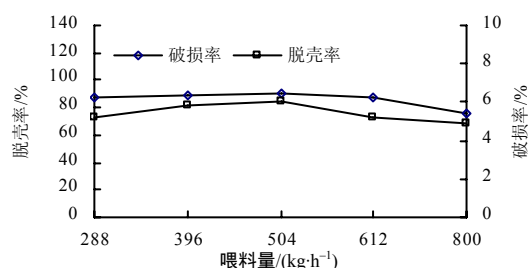


图 6 不同喂料量下的油茶果的脱壳率和破损率

Fig.6 The hulling rate and damage rate of *C. oleifera* fruit under different feeding speed

综合考虑脱壳率、破损率以及生产效率, 喂料量应控制在 500 kg/h 左右。

参考文献:

- [1] 侯如燕, 宛晓春, 黄继珍. 茶籽的综合利用[J]. 中国食物与营养, 2003(5): 24-26.
- [2] 崔勇, 蓝峰, 苏子昊, 等. 油茶栽培机械化作业技术路线研究[J]. 南方农机, 2010(1): 54-56.
- [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): 29-31.
- [4] 宋德庆, 薛忠, 邓干然, 等. 剪切式澳洲坚果破壳机的设计与试验[J]. 农机化研究, 2010(7): 163-166.
- [5] Dursun I G. Determination of the shelling resistance of some products under the point load[J]. National Symposium on Mechanization in Agriculture, 1997, 66: 950-957.
- [6] Liu R, Wang C H, Bathgate R G. Fracture analysis of cracked macadamia nut shells under contact load between two rigid plates[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1999, 72: 239-245.
- [7] Braga G G, Couto S M, Neto J T P A. Mechanical behavior of macadamia nut under compression loading[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1999, 72: 239-245.
- [8] 涂立新, 涂立宏, 王志伟, 等. 油茶果剥壳机: 中国专利: 201020194564 [P], 2011-01-05.
- [9] 王建, 余艳, 张明, 等. 油茶果剥壳机: 中国专利, 201220612586.3 [P], 2013-06-05.
- [10] 樊涛, 吴兆迁, 曲振兴, 等. 油茶果脱青皮机的设计[J]. 林业机械与木工设备, 2011, 39(10): 35-36.
- [11] 蓝峰, 崔勇, 苏子昊, 等. 油茶果脱壳清选机的研制与试验[J]. 农业工程学报, 2012, 28(15): 33-39.
- [12] Johnson K L. 接触力学[M]. 徐秉业, 罗学富, 译. 北京: 高等教育出版社, 1992: 110-113.
- [13] 徐丽章, 李耀明. 水稻谷粒冲击损伤临界速度分析[J]. 农业机械学报, 2009, 40(8): 54-57.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维