

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2015.09.017

柔性揉搓式板栗剥苞机设计与试验*

曹成茂 周敏 毕海军 陈黎卿 张小龙

(安徽农业大学工学院, 合肥 230036)

摘要: 针对现有板栗剥苞机在七八成熟板栗剥苞时存在脱尽率低、损伤率高而只能手工剥苞、效率低下的现状,设计了一种基于柔性揉搓原理剥苞和往复运动筛分的板栗剥苞机。详细阐述了剥苞机的柔性揉搓关键部件、双层往复筛分部件以及传动系统的设计。设计的揉搓橡胶板和揉搓臂的长度可调,对不同大小的板栗刺球剥苞适应性良好。通过样机试验,证明了该机对七、八成熟板栗剥苞的适应性,其脱净率大于96%,分离清洁度大于98%,损伤率小于4%。

关键词: 板栗 柔性剥苞 双向筛分

中图分类号: TH122; S226.9 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2015)09-0118-04

Design and Experiment of Flexible Rubbing Type Chestnut Husker

Cao Chengmao Zhou Min Bi Haijun Chen Liqing Zhang Xiaolong

(School of Engineering, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: The existing chestnut husker is not adapt to chestnuts just at the point of maturity, which is time-consuming and inefficient, and even seriously restricts the development of chestnut industry. In order to overcome the chestnut husker with the shortage of high damage rate and low removal rate which are commonly used in the market presently, a chestnut husker was designed which can not only rub and peel the chestnut flexibly, but also screen the chestnut with reciprocating motion. The design of the key parts, including the bidirectional screening device part and the transmission system, was described in detail. The upper end of the bidirectional screening device was considered as the chestnut fruit export which was higher than the other end. The lengths of both the rubbing rubber plate and the rubbing arm can be adjusted to fit the chestnut thorn ball with different sizes. We produced more than 20 prototypes. The results of prototype experiment proved that the machine can meet the requirements of actual production. The tests for the chestnut thorn balls which are closed to maturity were conducted and the results proved that the threshing rate was more than 96%, the separating rate was more than 98%, and the loss rate was less than 4%.

Key words: Chestnut Flexible husking Bidirectional screening

引言

采摘的新鲜板栗需要及时脱苞,将栗果冷藏保鲜,否则容易霉烂、生虫、发芽,从而失去应有的经济价值^[1-3]。可供借鉴的板栗剥苞机设计方面的文献很少,相关的果实脱蒲更多的是关注如何使其破碎脱蒲,而忽视脱蒲的同时使其果仁保持完整,即如何提高剥苞率同时降低果实破碎率是这一研究的难

点。参考核桃脱壳、银杏脱壳、莲子剥壳、蓖麻蒴果剥壳^[4-10]的设计思想,曾设计出基于挤压式、刮板式、立式螺旋推送挤压式的剥苞机械,但这些机械剥苞时对板栗成熟度要求高,尚不能适应七八成熟时的板栗剥苞,表现在脱净率低、损伤率高,远远达不到生产上的要求。七八成熟的板栗剥苞,只能依靠手工剥苞,其效率低、劳动强度大,严重制约了板栗产业发展,影响了栗农收入和生产积极性。为此,对

收稿日期: 2015-02-08 修回日期: 2015-07-18

* 国家自然科学基金资助项目(51475002)

作者简介: 曹成茂,教授,博士,主要从事智能检测与控制技术、农业机械化工程研究, E-mail: caochengmao@sina.com

坚果和板栗的力学和机械特性加以研究^[11-16],发现成熟度低的板栗不能采用挤压、刮压的方式剥苞。基于这样思想,设计一种基于柔搓剥苞和往复筛分方式的板栗剥苞机。

1 整机结构与工作原理

成熟度低的板栗果仁与板栗包衣粘结,难以分离。如果在剥苞时损伤了栗果,将直接影响到板栗罐头的质量。设计的柔性揉搓式板栗剥苞机总体结构如图1所示。电动机启动后,板栗刺球从进料口进入剥苞室,在剥苞室内板栗刺球受到柔性揉搓板和柔性栅栏的揉搓和摩擦作用,经过柔性揉搓板的重复揉搓使板栗苞开裂、板栗果与板栗蒲分离,采用柔性揉搓方式使得板栗果的损伤率得到有效的降低。板栗蒲与板栗果在自身重力、柔性揉搓板和板栗之间的挤推作用下,穿过柔性栅栏的间隙落入双向筛分装置,双向筛分装置上层的一端是板栗蒲的出口,下层的另一端是板栗果的出口。双层筛对板栗果与板栗蒲进行一次分离,使板栗果与板栗蒲向两个方向运动,当板栗果到达出口时风机对其进行第二次分选,将杂质吹离,由于采用双向出料和风力二次分离,使得该机型分离清洁度远高于市场其它机型。

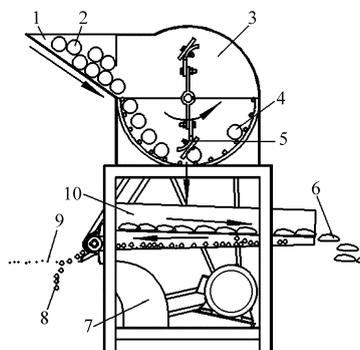


图1 剥苞机结构简图

Fig. 1 Structural schematic of chestnut husker

1. 进料口 2. 板栗球 3. 剥苞室 4. 未开裂的板栗球 5. 柔性揉搓部件 6. 板栗蒲 7. 风机 8. 板栗果 9. 杂质 10. 双层分离筛

2 关键部件设计

2.1 柔性剥苞装置

柔性剥苞装置是板栗剥苞机的关键部件之一,剥苞装置通过柔性揉搓对板栗球进行剥苞,其决定了板栗脱净率、板栗果的损伤率,板栗柔性剥苞部件结构如图2所示。柔性揉搓板通过轴套与主轴连接,主轴由轴承座固定在机架上,根据板栗品种、大小的不同,通过调整调节臂的长度,来改变柔性揉搓

板与柔性栅栏之间的距离。栅栏固定安装在剥苞室下部。

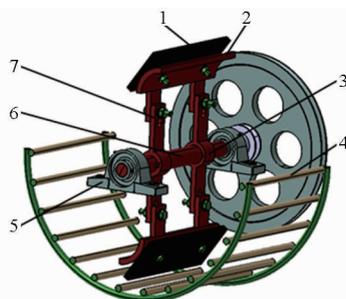


图2 柔性剥苞装置结构简图

Fig. 2 Schematic of flexible stripping thorns

1. GB0101B 硅胶板 2. 圆弧板 3. 轴套 4. 柔性栅栏 5. 轴承座 6. 转动主轴 7. 调节臂

在实际工作时,可能出现板栗球体受力后,大小发生变化而导致板栗球剥苞不彻底或者不能剥苞的现象。为了避免这种情况的发生,在设计时将揉搓板设计成圆弧状,硅胶板与圆弧板之间安装位置如图2所示。由于硅胶板是柔性的,受力时与圆弧面贴合,从而使揉搓板与柔性栅栏之间形成一个有利于板栗剥苞的渐变空间。

当板栗球到达柔性栅栏时,分离的板栗果和板栗蒲将从栅栏间隙之间落下,而未破裂的板栗球则继续留在剥苞室内,故栅栏间隙不宜过大或过小,综合考虑板栗球的物理性状和剥苞效率,柔性栅栏半径为240 mm,栅栏间隙为45 mm。

为了获得柔性剥苞柔搓板的转速,在板栗剥苞机试验台上进行试验,通过调节变频电动机的频率,获得速度在220~260 r/min范围内较为适合,设计取额定转速为250 r/min。设计的柔性剥苞部件揉搓半径为180~200 mm。

2.2 双向筛分部件

双向筛分部件是板栗剥苞机的清选关键部件,它不仅要完全接纳从固定栅栏缝隙落入筛子的板栗果和板栗蒲,还要将板栗果和板栗蒲进行第一步分离,当板栗果和板栗蒲到达出料口时再由风机进行第二次分离。双向筛分部件结构如图3所示,主要由双层筛、曲柄连杆机构和风机组成。双层筛通过滚轮安装在轨道内,底端与曲柄连杆机构连接,曲柄连杆机构则由轴承座固定在机架上,风筛机外罩由螺栓固定在机架上,风筛机轴通过轴承座固定在机架上。

电动机启动,通过传动带带动风机和转动主轴,如图4所示,双层筛在曲柄连杆带动下,在轨道内作往复运动,板栗果和板栗蒲在双层筛内进行第一步筛分,板栗果通过上层筛子“井”字格落入下层筛,而板栗蒲继续留在上层筛。板栗蒲从上层筛一端送

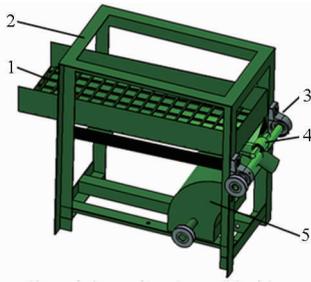


图3 双向筛分装置结构简图

Fig. 3 Structural diagram of bidirectional screening device

1. 双层筛 2. 机架 3. 轴承座 4. 曲柄连杆 5. 风机

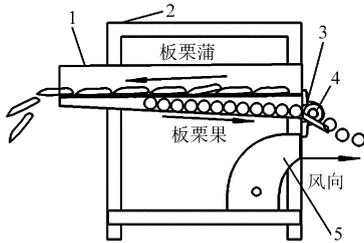


图4 双向筛分装置工作原理图

Fig. 4 Schematic of working principle of bidirectional screening device

1. 双层筛 2. 机架 3. 轴承座 4. 曲柄连杆 5. 风机

出,板栗果和碎蒲从下层另一端出料口送出,而风机的出风口安装在下层出料口下面,当板栗果与碎蒲到达出料口时,在风机气流的作用下进行第二步分离。最终实现板栗果和板栗蒲的分离,完成板栗果与板栗蒲的分离、收集。

2.3 传动系统

板栗剥苞机的传动系统如图5所示。

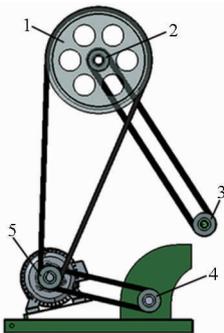


图5 传动系统示意图

Fig. 5 Schematic diagram of transmission system

1. 主轴大带轮 2. 主轴小带轮 3. 曲柄带轮 4. 风机带轮 5. 电动机带轮

电动机安装有双槽胶带轮,当电动机启动后,一根传动带将动力传送到风机带动风机工作,另一根胶带与转动主轴大带轮相联接,将动力传递到转动主轴带动转动主轴转动。曲柄连杆机构的小带轮通过传动带与转动主轴的小带轮相联,从而实现双层筛的往复筛分运动。传动系统参数和各机构转速如表1。

表1 传动系统参数

Tab. 1 Parameters of transmission system

参数	电动机 带轮	风机 带轮	主轴大 带轮	主轴小 带轮	曲柄 带轮
转速/($r \cdot \min^{-1}$)	1 475	1 475	250	250	250
直径/mm	68	68	300	68	68

3 性能试验

板栗剥苞机主要参数:外形尺寸为820 cm × 480 cm × 1 090 cm、电动机功率1.5 kW、双层筛传动的曲柄带轮速度为250 r/min,所以双层筛的往复运动频率为2.08 Hz。

板栗剥苞机的性能试验在安徽省六安市金寨县进行。试验板栗为安徽省金寨地区产的不同成熟度的板栗,一般情况下,板栗成熟度越低,板栗果嫩且与板栗苞黏力大,在剥苞过程中板栗球不易开裂、板栗果由于太嫩更易受伤,板栗损失率越高。试验板栗分别为七成、八成、完熟3种不同的成熟度,板栗球的外径为70~91 mm,板栗球中夹杂有少量树枝、树叶和石子等杂质。板栗球的喂入速度保持在2~3 kg/min。试验前后的板栗样品如图6所示。

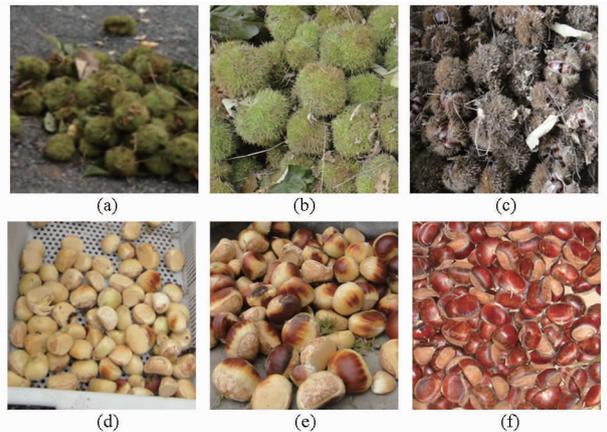


图6 剥苞前后的板栗样品

Fig. 6 Samples before and after husking

(a) 剥苞前七成成熟板栗球 (b) 剥苞前八成成熟板栗球
(c) 剥苞前完熟板栗球 (d) 剥苞后七成成熟板栗
(e) 剥苞后八成成熟板栗 (f) 剥苞后完熟板栗

以板栗脱净率和板栗果损伤率为试验指标,脱净率、果损伤率以板栗脯个数来计算。试验过程中实测并记录剥苞部件实际转速及其试验指标,所得试验结果如表2所示,满足生产的要求。

试验结果表明,板栗球的剥苞率随着板栗球的成熟度而增加,同时板栗果的损伤率也随之降低,在板栗球完全成熟的情况下,脱净率和分离清洁度分别达到99.99%和99.6%,板栗果的损伤率在0.52%以下。在板栗八成成熟情况下,板栗果的损伤率也在1.28%以下,达到预期作业效果,满足生产要求。

表2 性能考核技术参数

Tab.2 Parameters of performance testing

成熟度	板栗球脱 净率/%	板栗果损 伤率/%	作业效率/ (kg·h ⁻¹)	分离清 洁度/%
六成	96.77	3.32	81	98.6
八成	99.26	1.28	100	98.8
完熟	99.99	0.52	160	99.6

4 结论

(1)基于柔性原理的板栗剥苞机,其剥苞是通

过柔性揉搓板的重复揉搓使板栗苞开裂、板栗果与板栗蒲分离,采用柔性揉搓方式可有效降低七八成熟板栗剥苞的损伤率。

(2)该板栗剥苞机分选装置由双层筛振动分选装置和风力清选装置组合,双层筛分选装置将板栗果从板栗苞中分选出送往出口口,风力清选装置将板栗果与其他杂物分离,有效提高了分选与清选效果。

(3)通过试验证明该机对板栗剥苞的损伤率低、未脱率低,分离清洁度高、作业效率高。

参 考 文 献

- 俞远志,汪见阳.多种保鲜技术在板栗储藏中的应用研究[J].浙江科技学院学报,2012(6):456-460.
Yu Yuanzhi, Wang Jianyang. Study on effects of multi-preservation technologies on storage of chestnut[J]. Journal of Zhejiang University of Science and Technology, 2012(6):456-460. (in Chinese)
- 刘月梅,白小安.板栗贮藏的保鲜机理与影响因素[J].河北农业科学,2008(1):116-117.
Liu Yuemei, Bai Xiaohan. Storage mechanism and influence factors of chestnut[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2008(1):116-117. (in Chinese)
- 张荣荣,李小昱,王为.基于揉搓方法的板栗破壳性能的试验研究[J].农业工程学报,2007,23(5):177-179.
Zhang Rongrong, Li Xiaoyu, Wang Wei. Experimental research on cracking performance of Chinese chestnut based on flexible rubbing method[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(5):177-179. (in Chinese)
- 史建新,赵海军,辛动军.基于有限元分析的核桃脱壳技术研究[J].农业工程学报,2005,21(3):185-188.
Shi Jianxin, Zhao Haijun, Xin Dongjun. Technology for breaking walnut shell based on finite element analysis[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(3):185-188. (in Chinese)
- 李忠新,刘奎,杨莉玲,等.锥篮式核桃破壳装置设计与试验[J].农业机械学报,2012,43(增刊):146-152.
Li Zhongxin, Liu Kui, Yang Liling, et al. Design and experiment of walnut-cracking device[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(Supp.):146-152. (in Chinese)
- 张黎骅,徐中明,苟文,等.滚筒-栅条式银杏脱壳机结构参数的优化[J].农业工程学报,2012,28(10):39-45.
Zhang Lihua, Xu Zhongming, Gou Wen, et al. Optimization of structure parameters of cylinder-bar type shelling device for ginkgo biloba[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(10):39-45. (in Chinese)
- 张永林,易启伟,余群,等.多联锯刀式莲子剥壳机的结构与工作原理[J].农业工程学报,2008,24(12):76-79.
Zhang Yonglin, Yi Qiwei, Yu Qun, et al. Structure and working principle of de-huller with multiple cutter units for lotus seeds[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(12):76-79. (in Chinese)
- 曹玉华,李长友,张增学,等.蓖麻蒴果剥壳装置关键部件改进设计与试验[J].农业工程学报,2012,28(18):16-22.
Cao Yuhua, Li Changyou, Zhang Zengxue, et al. Improvement design and test to key components of castor capsule hulling device[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(18):16-22. (in Chinese)
- 朱立学,罗锡文,刘少达,等.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, et al. Optimized design and experiment of roller-crush board ginkgo huller[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(8):139-142. (in Chinese)
- 郑传祥.莲子脱壳机设计与试验[J].农业机械学报,2003,34(5):106-108.
Zheng Chuanxiang. Experimental research of a lotus seed sheller[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2003, 34(5):106-108. (in Chinese)
- Manuwa S I, Muhammad H A. Effects of moisture content and compression axis on mechanical properties of shea kernel[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 105(1):144-148.
- Polat R, Aydin C, Erolak B. Some physical and mechanical properties of pistachio nut[J]. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2007, 13(3):237-246.
- Nalawade S M, Gajakos A V, Aware A V, et al. Design and development of hand operated cashew nut sheller[J]. The Cashew, 2007, 21(3):13-19.
- 袁越锦,袁月定,党新安,等.板栗真空破壳力学特性有限元分析[J].农业机械学报,2011,42(5):136-141.
Yuan Yuejin, Yuan Yueding, Dang Xin'an, et al. Finite element method on mechanical properties of vacuum shelling chestnut[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(5):136-141. (in Chinese)
- 张荣荣,李小昱,王为,等.基于有限元方法的板栗破壳力学特性分析[J].农业工程学报,2008,24(9):84-88.
Zhang Rongrong, Li Xiaoyu, Wang Wei, et al. Analysis of mechanical properties of chestnut cracking based on the FEM[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(9):84-88. (in Chinese)
- 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)