

新型青核桃单体脱皮分离机机构原理及设计

Design of the mechanism principle of the new green walnut peeling machine

赵景涛 尚鹏旭 吴晓雪 方 烨

ZHAO Jing-tao SHANG Peng-xu WU Xiao-xue FANG Ye

(晋中学院, 山西 晋中 030600)

(Jinzhou University, Jinzhong, Shanxi 030600, China)

摘要:该脱皮机主要用于青核桃的绿皮与核桃的分离,采用单个核桃脱皮工艺,通过切割破皮、挤压扭转、抛皮分离工序完成青核桃的脱皮分离工作。为实现连续进给与卸料,专门设计抛离装置,实现旋转—下移—扭转—复位的一系列抛离分离动作,完成青核桃皮与核桃的抛离工作。机械结构紧凑,操作方便;加工刀具系列化,可根据具体情况更换合适的刀具进行加工,通用性好,具有良好的开发和实用前景。

关键词:青核桃;切割破皮;挤压扭转;抛皮分离;抛离机构

Abstract: The peeling machine is mainly used for separation of the green walnut green and walnut, using a single walnut peeling process, along with cutting through broken skin, torsion straining, and casting skin process. In order to realize the continuous feeding and discharging, a special kick-off device was designed, by utilizing a series of repeat actions, including rotation-depression-torsion-reduction, finally achieve the separation of the green walnut pericarp from walnut. It turned out that the mechanical structure was compact and easy to operate as well as the knives were systematized. Therefore, the appropriate tool can be replaced according to the specific utilization. The machine designed in this study showed the good prospects for the development and practice.

Keywords: Green walnut; cutting of the broken skin; torsion straining; cast-off and separation of skin; kick-off device

目前中国青核桃脱皮主要采用手工脱皮、堆沤脱皮、化学法脱皮。手工脱皮费时费工,批量生产受限;堆沤脱皮处理时间长且严重影响核桃的品相;化学方法,常用乙烯利,再采用人工或机械脱皮,青皮腐烂果核污染面积大,且化学制剂的残留也会对人体造成一定的伤害^[1-3]。近年来,中国学

者提出了多种机械技术方案,典型的有采用钢刀毛刷旋转滚筒式^[4-5]、旋切滚筒式^[6]、鼠笼滚筒式^[7]和压板辊筒式^[8-9]。旋转和旋切滚筒式利用核桃与栅条的碰撞脱皮,易导致破裂;鼠笼滚筒式利用挤压摩擦脱皮,通用性较差且不能实现连续进给与卸料;压板辊筒式调节压板与滚筒的间隙复杂,且核桃与青皮分离难度大^[10-12]。由于核桃种植与收获模式的差异,目前国外还未见专门针对青核桃的脱皮机械^[13]。

针对现有青核桃脱皮机的不足,拟设计一种通过旋转挤压复合运动来实现青核桃脱皮的新型单体脱皮分离机,采用三维数字建模构建虚拟原理样机并进行仿真分析,之后通过实物原理样机予以验证,进行设计。

1 青核桃脱皮机设计与工作原理

1.1 设计思路

青核桃脱皮机经过切割破皮的前处理,然后通过扭转挤压的复合运动将核桃绿皮与核桃分离,最终经过核桃抛离装置,实现青核桃的脱皮。其采用逐个脱皮技术,可有效避免漏剥现象;且机构中存在缓冲装置,可有效降低破壳率;为提高脱皮效率采用六工位设计;该设计可以实现连续进给与卸料。青核桃脱皮机结构原理示意图见图 1。

1.2 受力分析

当青核桃进入下托盘刀头 10 与压杆刀头 12 之间时,两刀头工作内壁为波纹齿,摩擦系数为 μ ;沿 z 轴受挤压力 F_1 和重力 mg 作用;在 $x-y$ 平面,受扭转切向力 $F_{\tau 1}$ 、 $F_{\tau 2}$ 等作用,扭转切向力主要为摩擦力,见图 2。

$$F_{\tau 1} = F_{\tau 2} = (mg + F_1)\mu, \tag{1}$$

$$T = F_{\tau 1} \times \frac{D}{2}, \tag{2}$$

式中:

$F_{\tau 1}$ 、 $F_{\tau 2}$ ——扭转切向力,N;

m ——青核桃重量,g;

g ——重力加速度, m/s^2 ;

F_1 ——挤压力,N;

基金项目:山西省高等学校大学生创新创业训练计划项目(编号:2016412)

作者简介:赵景涛,男,晋中学院在读本科生。

通讯作者:雷文平(1973—),男,晋中学院研究员级高级工程师,硕士。E-mail:1554721483@qq.com

收稿日期:2016-05-26

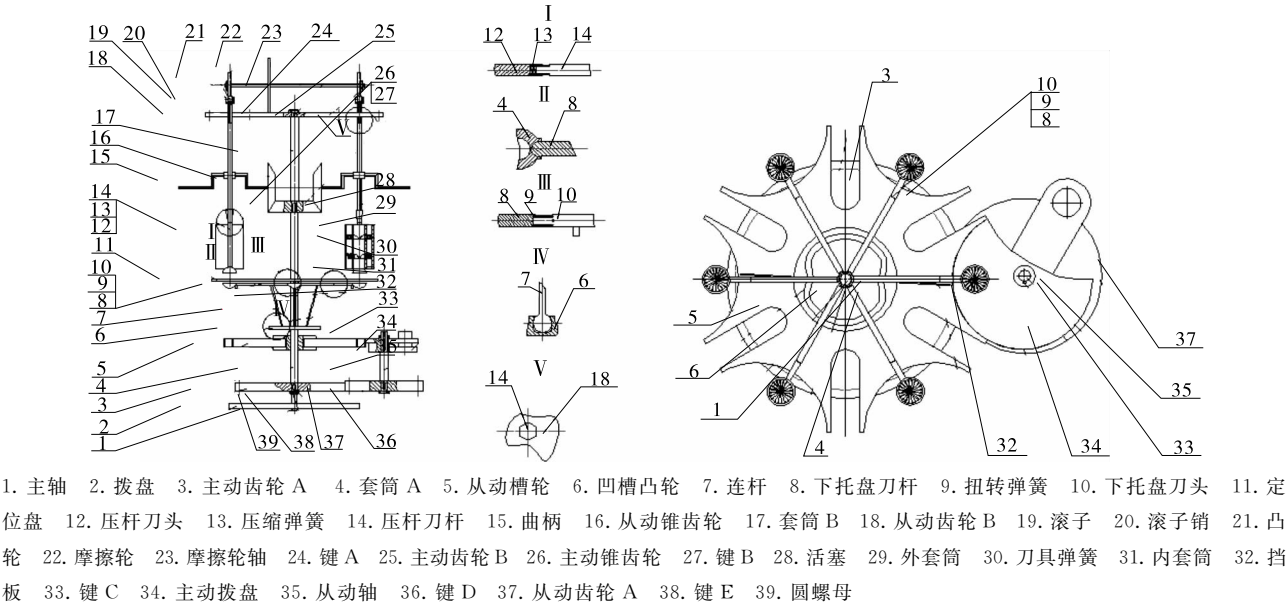


图 1 青核桃脱皮机结构原理示意图

Figure 1 Schematic diagram of the structure of the green walnut peeling machine

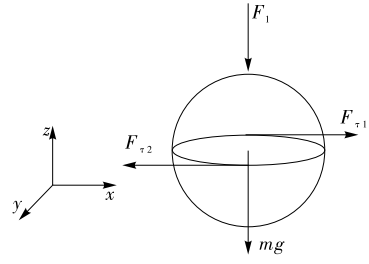


图 2 青核桃受力示意图

Figure 2 Schematic diagram of the stress of green walnut

(6) 破壳率: ≤3%。

2 脱皮机具体工作流程

脱皮机主要分为 3 个工序:切割破皮工序、挤压扭转工序、抛皮分离工序。

(1) 切割破皮工序:如图 3 所示,电动机通过减速器带动主轴 1 转动,主轴 1 通过键 B 27,将转矩传递给主动锥齿轮 26,齿轮通过啮合运动将转矩传递给从动锥齿轮 16,从动锥齿轮再将旋转运动传递给曲柄 15,曲柄将旋转运动转换为直线运动,并带动活塞 28 做直线往复运动,将绿皮核桃挤压进入内套筒 31,内套筒 31 中的刀具弹簧 30 将绿皮切破,完成青核桃的前期处理。

(2) 挤压扭转工序:如图 4 所示,电动机通过减速器带动主轴 1 转动,主轴 1 通过键 A 24,将转矩传递给主动齿轮 B 25,主动齿轮 2 通过啮合运动将转矩传递给从动齿轮 B 18,从动齿轮 B 18 通过正六边形的异形孔带动压杆刀杆 14 做旋转运动;与此同时在主动齿轮 B 25 的带动下摩擦轮 22 旋转,摩擦轮 22 通过摩擦轮轴 23 带动凸轮 21 做旋转运动,凸轮 21 将回转运动转变为往复直线运动,为降低凸轮 21 的磨损,采用滚子 19 将滑动摩擦改变为滚动摩擦。此时旋转运

μ ——摩擦系数;
 T ——扭转力矩, $N \cdot mm$;
 D ——青核桃直径, mm 。

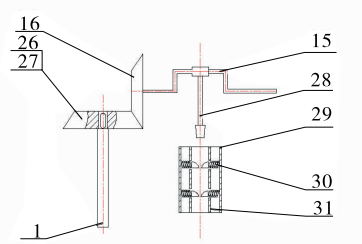
由式(1)、(2)可知,扭转力矩 T 的大小主要取决于摩擦系数 μ 和挤压力 F_1 ,当增大摩擦系数 μ 或挤压力 F_1 可显著增大扭转切向力 $F_{\tau 1}$ 、 $F_{\tau 2}$,从而增大扭转力矩 T ,使青核桃绿皮破裂,达到分离效果。

1.3 工作原理

青核桃脱皮机采用逐个脱皮处理,单个青核桃首先经过刀具——切割破皮,作为扭转挤压的前期处理;在扭转挤压中脱皮动力主要为摩擦力,在摩擦力作用下挤压和扭转核桃皮,从而达到脱皮效果;最后经过抛离装置,将核桃绿皮与核桃抛出,完成脱皮作业;如此往复循环进给和卸料,达到连续生产的目的。

1.4 设计参数

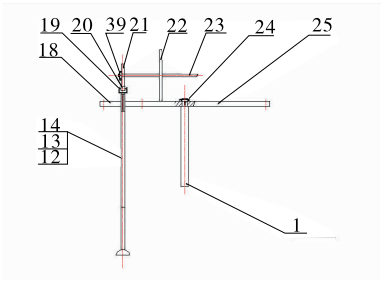
- (1) 外型尺寸:1 000 mm×1 500 mm×1 600 mm。
- (2) 配套动力:1.5 kW。
- (3) 生产率:120 kg/h。
- (4) 结构质量:≤130 kg。
- (5) 脱净率:≥90%。



1. 主轴 15. 曲柄 16. 从动锥齿轮 26. 主动锥齿轮 27. 键 B 28. 活塞 29. 外套筒 30. 刀具弹簧 31. 内套筒

图 3 切割破皮原理示意图

Figure 3 Schematic diagram of cutting broken skin



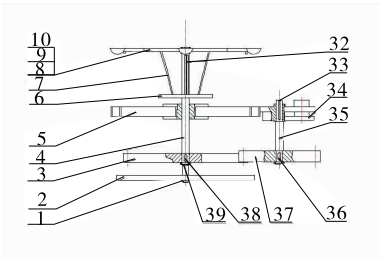
1. 主轴 12. 压杆刀头 13. 压缩弹簧 14. 压杆刀杆 18. 从动齿轮 B 19. 滚子 20. 滚子销 21. 凸轮 22. 摩擦轮 23. 摩擦轮轴 24. 键 A 25. 主动齿轮 B 39. 圆螺母

图 4 挤压扭转原理示意图

Figure 4 Schematic diagram of the squeezing and twisting principle

动与往复直线运动复合,实现旋转挤压运动,同时压杆刀头中波纹齿增大摩擦,从而达到脱皮效果。因核桃大小不一,防止挤压力过大导致核桃被压碎,故在压杆刀头 12 与压杆刀杆 14 之间加入压缩弹簧 13 达到缓冲作用,防止破壳现象发生。

(3) 抛皮分离工序:如图 5 所示,电动机通过减速器带动主轴 1 转动,主轴 1 通过键 E 38,传递给主动齿轮 A 3,主动齿轮 A 3 通过啮合传动,将运动传递给从动齿轮 A 37,从动齿轮 A 37 通过键 D 36 将运动传递给从动轴 35,从动轴 35 通过键 C 33 将旋转运动传递给主动拨盘 34,主动拨盘 34 将运动传递给从动槽轮 5,主动拨盘 34 旋转一圈,从动槽轮 5 转动 60°;其中从动槽轮 5 与套筒 A 4 过盈连接传递运动,下托盘刀杆 8 与套筒 A 4 通过机械关节连接,故从动槽轮 5 与下托盘刀杆 8 同步运动。凹槽凸轮 6 固定于机架上保持不动。下托盘刀杆 8 随从动槽轮 5 间歇运动,当完成挤压扭转工序后,下托盘刀杆继续运动,在凹槽凸轮 6 的作用下,通过连杆 7 引导下托盘刀杆 8 向下运动一定位移,从而撞上挡板 32,使扭转弹簧 9 因受力发生弹性形变,发生扭转,从而将核桃与核桃皮抛离,经过挡板 32 后,弹性形变消失,恢复原来位置,进入切割破皮工序循环工作。抛离后的核桃与绿皮在



1. 主轴 2. 拨盘 3. 主动齿轮 A 4. 套筒 A 5. 从动槽轮 6. 凹槽凸轮 7. 连杆 8. 下托盘刀杆 9. 扭转弹簧 10. 下托盘刀头 32. 挡板 33. 键 C 34. 主动拨盘 35. 从动轴 36. 键 D 37. 从动齿轮 A 38. 键 E 39. 圆螺母

图 5 分离抛皮原理示意图

Figure 5 Schematic diagram of separation and cast-off principle

拨盘 2 的作用下滚离机箱,完成抛离。最后经过外挂件——惯性筛分离装置,分离核桃与核桃绿皮。

3 脱皮机关键零件作用与机构设计原理

3.1 下托盘

下托盘由下托盘刀杆 8 扭转弹簧 9 和下托盘刀头 10 组成,下托盘主要完成下移—扭转—复位的一系列抛离分离动作;下托盘刀头 10 为半球形内有波纹齿,增大摩擦力,与压杆刀头 12 配合使用,因为核桃品种不同,核桃直径也不相同。为了使脱皮机满足各种核桃的脱皮需要,可将下托盘刀头 10 与压杆刀头 12 做成系列产品,以满足具体需要,提高了机器通用性,有效降低了成本;扭转弹簧 9 在下托盘刀杆 8 与下托盘刀头 10 之间,发生弹性形变实现扭转—复位运动;下托盘刀杆 8 起支撑作用。

3.2 压杆

压杆由压杆刀头 12 压缩弹簧 13 和压杆刀杆 14 组成,压杆主要完成扭转和挤压运动,完成对青核桃的脱皮;通过调节压杆上端的凸轮 21,可改变压杆轴向向下的位移大小,以适应不同种类核桃的大小,满足生产要求;压缩弹簧 13 在压杆刀头 12 和压杆刀杆 14 之间,主要起缓冲作用,防止因挤压力过大导致破壳率增加;压杆刀头 12 为半球形内有波纹齿增大摩擦力,与下托盘刀头 12 配合,起脱皮作用,并根据实际要求系列化;压杆刀杆 14 起支撑作用。

3.3 抛离机构设计

为实现青核桃脱皮机的连续进给与卸料,提高脱青核桃皮机的自动化水平,现专门设计抛离机构,实现旋转—下移—扭转—复位的一系列抛离分离动作,保证青核桃脱皮机的连续工作,抛离机构主要由槽轮机构,齿轮机构,凹槽凸轮和下托盘等零件装配而成。

3.3.1 槽轮机构 槽轮机构由从动槽轮 5 与主动拨盘 34 组成。结构简单,运动平稳,便于制造,转角精准,可靠性较高,机械效率高,且槽轮机构适用于中低速场合。槽轮机构为抛离机构关键零件,将圆周运动转变为实际需要的间歇运动,根据实际需求,基本设计参数:径向槽数目 $z=6$,从动盘转角 60° ,拨盘圆销个数 $K=1$ 。

槽轮机构动停比: $k=z-2/z+2=1/2$,槽轮运动时间总小于静止时间,停止 2 s 运动 1 s。

槽轮机构主要有两个作用:① 从动盘每次转动 60° ,为脱皮机 6 个工位提供动力,其中两个切割破皮工位,两个挤压扭转工位,两个抛皮分离工位;② 为脱核桃皮提供工作时间。

3.3.2 凹槽凸轮 凹槽凸轮 6 是具有曲线轮廓凹槽的凸轮,带动连杆 7 实现预期目的高副机构。依靠凹槽的限制作用,使连杆与凹槽凸轮在运动过程中保持接触。结构简单方便,可靠性较高,本次设计的凹槽凸轮,主要作用是在抛皮分离工位前通过目标曲线轮廓引导抛离机构中的连杆将下托盘杆 8 垂直向下平移一段距离,为下托盘刀头提供翻转的空间和与挡板 32 发生碰撞提供条件,经过抛皮分离工位后在目标曲线轮廓的约束下恢复原来位置,使核桃脱皮机顺利进入下

一道筛分工序。

3.4 惯性筛分离机构

经过青核桃脱皮机处理后得到核桃绿皮与核桃的混合物,因此在出料口加装惯性筛分离机构,惯性筛分离机构原理为双曲柄摇杆机构,筛底为网状,通过惯性筛的往复摆动,使核桃绿皮掉落,从而达到最终分离效果。

4 试验情况

4.1 试验材料

选用山西晋中地区晋龙 1 号核桃品种作为试验材料,本批核桃直径范围为 37.1~39.8 mm,平均直径为 37.8 mm 青皮厚度为 4~5 mm,硬壳厚度为 1.1 mm。

4.2 试验结果

使用本青核桃脱皮原理样机进行 3 次试验,每次试验核桃个数为 20 个,果见表 1。

表 1 青核桃脱皮机试验结果

Table 1 Experimental results of green walnut peeling machine ($n=20$)

试验次数	脱净数	脱净率/%	破壳数	破壳率/%	漏剥数	漏剥率/%
1	17	85	0	0	0	0
2	19	95	0	0	0	0
3	17	85	1	5	0	0
平均结果	17.6	88.0	0.3	1.7	0	0

由表 1 可知,青核桃脱皮机基本达到设计要求,脱皮机产量约为 120 kg/h。脱皮效果与现有设备基本相同,但破壳率和漏剥率明显低于现有设备^[5-8]。不过也存在不足:① 刀尖对核桃硬壳有轻微划痕;② 核桃表面粘有少量绿皮易氧化变黑,需经过清洗装置处理;③ 青核桃绿皮中的液体对机身寿命会造成一定影响。

5 结论

该新型青核桃脱皮机设计原理,为青核桃的脱皮提供了一种新的方法,可一次性完成脱皮分离作业,提高了生产效率和核桃品质。本机构设计原理的优点为:① 机械结构紧

凑,体积小,操作简单,能耗较低,配套容易,选用 220 V 单相电作为电源;② 采用挤压扭转脱皮,脱净率较高;③ 机构采用缓冲弹簧装置,有效降低破壳率;④ 采用逐个处理加工,可避免漏剥现象的发生;⑤ 抛离机构由槽轮、凹槽凸轮、下托盘和扭转弹簧等组成,可实现旋转一下移一扭转一复位的一系列抛离分离动作;⑥ 加工刀具系列化,可根据不同种类的核桃选用合适的刀具,且更换调整方便,通用性强;⑦ 可实现连续进给和卸料。若需进一步提高生产效率,可在本设计的基础上加装自动控制和自动检测装置,以提高机器的自动化水平。

参考文献

[1] 王琴,王建友,蒋江照,等. 核桃脱青皮技术[J]. 果农之友, 2015(10): 33.

[2] 杨天兴,杨娜青. 青核桃脱皮机械发展现状与前景探析[J]. 农业机械, 2010(18): 83-84.

[3] 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, 142.

[4] 冯宏波,史毅伟. 5QHT-500 型青核桃脱皮清洗机的研制[J]. 农用机械, 2012(20): 67-68.

[5] 王合,张静. 5T70 型青核桃脱皮机的研究设计[J]. 论文园地, 2011(36): 45-46.

[6] 石鑫,史建新,宋玲. 两种青核桃脱皮性能分析与实验[J]. 农机化研究, 2010(5): 143-145.

[7] 王维,刘东琴,王亚妮,等. 一种实用型青核桃去皮机的设计与试验[J]. 包装与食品机械, 2014, 32(3): 14-16.

[8] 吴东泽,郑甲红,梁金生,等. 青核桃块状去皮机的研制[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 129-131.

[9] 梁金生,宋智超,张威. 核桃挤压揉搓脱青皮方式研究及机器设计[J]. 南方农机, 2016(4): 12, 26.

[10] 卢军党,王亚妮,寇德万,等. 青核桃机械脱皮技术研究进展[J]. 科学论坛, 2013(11): 44-45.

[11] 杨忠强,李忠新,杨莉玲,等. 核桃脱青皮装置脱皮性能分析与实验研究[J]. 农机化研究, 2015(1): 84-89.

[12] 郑书童,坎奈,李景彬,等. 国内核桃脱青皮机械装备研究现状分析[J]. 新疆农机化, 2015(5): 9-11.

[13] 江林曦. 青核桃脱皮机的设计与试验研究[D]. 新疆: 新疆农业大学, 2013: 1-4.

[17] GALLART-JORNET L, BARAT J M, RUSTAD T, et al. Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80(1): 267-275.

[18] GALLART-JORNET L, BARAT J M, RUSTAD T, et al. A comparative study of brine salting of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79(1): 261-270.

[19] VAN NGUYEN M, ARASON S, THORARINSDOTTIR K A, et al. Influence of salt concentration on the salting kinetics of cod loin during brine salting [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 100(2): 225-231.

[20] 张娜. 低盐度腌腊鱼生产中几个安全指标的变化及评价[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010: 24.

(上接第 20 页)

[13] 章银良,夏文水. 海鳗盐渍过程的动力学和热力学[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 223-228.

[14] TELIS V R N, ROMANELLI P F, GABAS A L, et al. Salting kinetics and salt diffusivities in farmed Pantanal caiman muscle [J]. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2003, 38(4): 529-535.

[15] ANDRÉS A, RODRÍGUEZ-BARONA S, BARAT JM, et al. Note: Mass transfer kinetics during cod salting operation [J]. Food Science and Technology International, 2002, 8(5): 309-314.

[16] BARAT J M, RODRIGUEZ-BARONA S, ANDRES A, et al. Modeling of the cod desalting operation [J]. Journal of Food Science, 2004, 69(4): 183-189.