

新型连续式荔枝分级去皮机设计

Design of a new continuous grading litchi peeling machine

杨晓童¹ 段续¹ 郭桂霞² 任广跃¹

YANG Xiao-tong¹ DUAN Xu¹ GUO Gui-xia² REN Guang-yue¹

(1. 河南科技大学食品与生物工程学院, 河南 洛阳 471023; 2. 郑州万谷机械有限公司, 河南 郑州 450041)

(1. Food and Biology Engineering College, Henan University of Science & Technology, Luoyang, Henan 471023, China; 2. Zhengzhou Wangu Machinery Co. Ltd, Zhengzhou, Henan 450041, China)

摘要:以先分级再去皮为思路,结合荔枝的物理和化学特性,设计一种新型连续式荔枝分级去皮机。该设备将光束遮断式分级机构和去皮机构有机地融为一体,制成光束遮断式分级机构对荔枝进行分级,运用先开口后撕裂的原理制成去皮机构对荔枝进行去皮。可以连续完成荔枝加工中的分级、有序上料、割口、去皮、果实收集 5 个过程。既可以实现荔枝的连续高效分级和去皮操作,又可以保持荔枝的完整均匀形态。有利于实现荔枝分级去皮自动化,便于工业化生产。

关键词:荔枝; 分级; 去皮机; 原理; 结构; 设计

Abstract: Based on the litchi fruit's physical and chemical properties, a new continuous fruit peeling equipment had been designed to combine the grade and peel unit. The device integrates photoelectric beam machine into the grading unit, which makes litchi fruit peeling easily after rating. The peeling mechanism is that the graded fruit cut a small opening firstly, then torn the peel. Thus the equipment could continuously finish fruit rating, orderly loading, cutting, peeling and fruit collection. Therefore, it could achieve not only achieve the high efficient rating and peeling operation, but also keep the litchi fruit integrity, which is beneficial to automation of litchi fruit rating and peeling, and the industrialization production.

Keywords: litchi; grading; the peeling machine; principle; unit; design

荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 为无患子科常绿乔木^[1]。其果实味道鲜美,营养丰富。荔枝易腐败变质,需及时加工,而荔枝的去皮就是其中重要的一环。

荔枝大小不一,很难进行大规模且高效地去皮,所以,首先要对荔枝进行分级。目前,在果蔬分级方面运用较多的有滚筒式分级机、滚杠式分级机、重量分级机、筛选网分级机^[2]。滚筒式分级机在滚动过程中依靠重力作用进行分级,

只有滚筒最底层部分能进行分级,分级面积低,且物料在滚动过程中易受到机械损伤;滚杠式分级机滚杠间距离不易调节,容易造成夹果现象发生;重量分级机分级只与重量有关,忽略了果实的质地和大小,在实际销售中有很大的局限性;筛网分级机的网形状多为圆形,而果蔬的形状多不规则,这样进行分级极其不准确。在利用光束进行分级方面,Naoshi Kondo^[3]曾设计了一套橘子的分级系统,首先利用近红外检测橘子的糖含量,用 X 射线对橘子内部进行探伤,用多个摄像头对橘子的尺寸、颜色进行检测,然后按设定的标准进行分级。本研究拟采用光束遮断式分级机,利用光线测距的原理,根据荔枝的形态特征、尺寸大小,对荔枝进行分级。由于是通过光线进行检测,避免了与物料的直接接触,因而减少了机械损伤,有利于实现自动化。

目前,荔枝去皮机设计种类繁多但原理上都大同小异,很难实现工业化生产。总的来说主要有管式荔枝去皮机^[4]、筒式荔枝去皮机^[5]、辊式荔枝去皮机^[6]。管式荔枝去皮机的原理是荔枝沿着一个垂直的圆管形进料筒进入,在进料筒的四周对称分布着刀具,将下落的荔枝划破,开口后的荔枝在摩擦轮或圆形弹性圈^[7]的摩擦作用下将荔枝皮去掉,此类装置只能将荔枝一个一个去皮,去皮效率低。筒式荔枝去皮机的原理是先用破壳装置将荔枝破壳,然后再加入到旋转的圆桶中,圆桶的内壁附着有毛刷,在毛刷的作用下将荔枝皮去掉,但是此类装置由于旋转作用容易造成荔枝的破裂。辊式荔枝去皮机的原理是两个转向相反的去皮辊,利用相对转动作用力将荔枝皮剥开,此类装置辊间距固定且不易调节,对于大小不一的荔枝很难高效去皮。针对这一现状,本研究设计了一种连续式荔枝分级去皮机,对荔枝进行整排去皮,且不破坏果肉,高效可靠,可满足工业化的要求。

1 整机布局及工作过程

整机包括光束遮断式分级机构、管道槽、荔枝去皮机构三部分,见图 1。光束遮断式分级机构设计的高度最高,荔枝去皮机构最低,两者间用具有一定弧度和倾斜度的光滑管道

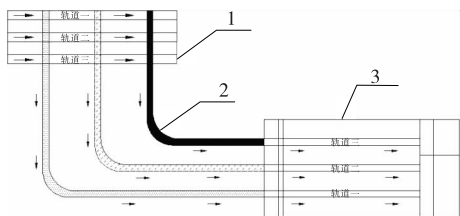
作者简介:杨晓童(1989—),男,河南科技大学在读硕士研究生。

E-mail: 769786436@qq.com

通讯作者:段续

收稿日期:2015—06—16

槽连接,不同颜色的管道槽代表所通过荔枝的粒径范围不同。首先将新鲜的荔枝加入到光束遮断式分级机构中,按照大箭头的方向从左到右运动,根据果实粒径进行分级处理。然后将处理过的荔枝通过正下方的管道槽沿着小箭头方向送到荔枝去皮机构,进行荔枝的去皮作业。还可以根据生产的需要增加光束遮断式分级机构和荔枝去皮机构的轨道数,从而实现荔枝的大规模去皮操作。



1. 光束遮断式分级机构 2. 管道槽 3. 荔枝去皮机构

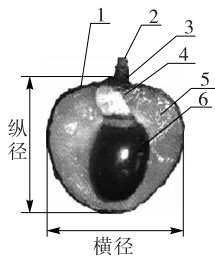
图1 整机布局示意图

Figure 1 Schematic diagram of machine layout

2 连续式荔枝分级去皮机各组件的设计

2.1 荔枝光束遮断式分级机构

荔枝果实的剖面图见图2。形状近似球形,是一种多结构柔性体^[8-9]。海绵状组织起着中间连接物的作用,将果壳、果肉、果核连接起来。果蒂部微凹,果柄着生在果蒂部中。果实纵径2.6~3.8 cm,横径2.1~4.5 cm,单果重7.4~84.6 g。



1. 果壳 2. 果柄 3. 果蒂 4. 海绵状组织 5. 果肉 6. 果核

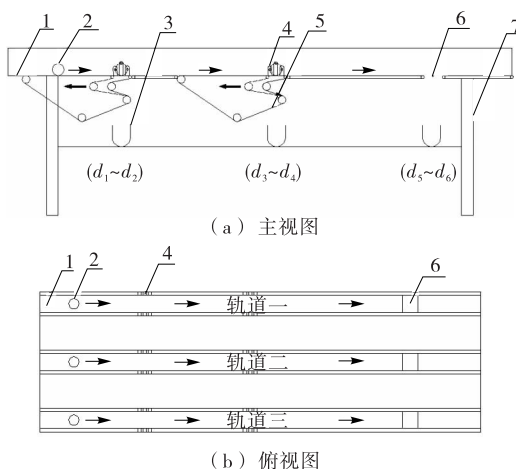
图2 荔枝果实结构简图

Figure 2 Structure profile of the litchi

荔枝的分级机构(图3)采用的是光束遮断式分级机。根据荔枝的粒径范围,设置轨道的宽度,每个轨道都是一个独立的传送带。光电原件分布在轨道的两边,有3对由L和R构成的光电单元,光电单元一和光电单元三等高,光电单元二位于两者之间(图4),并且最高(该结构可防止多个小荔枝横排在一起造成误判)。平等横装在输送带上方,光电单元一、三相距 d (d 由分级尺寸决定)。荔枝随着输送带经过分级区域,若经过的荔枝尺寸大于 d ,则会同时将3条光束遮挡。这时光电元件可发信号给控制系统,使分级执行机构(筛选机构)工作。筛选机构的工作原理如图5所示,控制系统拉动移动轮2到 2^* ,移动轮3到 3^* ,使得移动轮3和固定轮5分开,荔枝从空隙处掉到图3的管道槽中,然后移动轮2和3复位。分级得到尺寸大于 d 的果实。如果要将果实分成 n 级,则需要沿输送带前进方向设 $n-1$ 组三光束检测单元(最后一组荔枝不需要分级)。并且大尺寸的单元在前,小尺寸的单元在后。

小尺寸的单元在后。

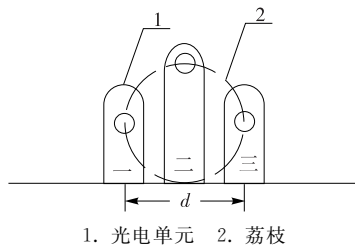
本研究设计的是将荔枝分为3级(如图3所示的3个管道槽),从左到右筛选荔枝的粒径依次为 $d_1 \sim d_2, d_3 \sim d_4, d_5 \sim d_6$ 且 $d_1 > d_2 > d_3 > d_4 > d_5 > d_6$ 。另外设置了3个轨道,3个轨道同时运动。新鲜荔枝从最左边加入到轨道中,沿箭头方向从左到右匀速运动。当粒径范围为 $d_1 \sim d_2$ 的荔枝通过光电单元时筛选机构开始工作,荔枝会落到下方的管道槽中,沿着管道槽传送到去皮机构进行去皮操作。同理,粒径范围为 $d_3 \sim d_4$ 的,筛选后落入第2个管道槽,然后沿着管道槽传送到去皮机构进行去皮操作。剩下的粒径小于 d_4 ($d_5 \sim d_6$)的荔枝沿着轨道继续运动,到达开口通道时直接落到下面的第3个管道槽中进行后续的去皮操作。在实际的生产中可以通过增加分级数(光电机构的数量)来增加筛选的精度,增加轨道数来增加分级荔枝的产量。



1. 轨道 2. 荔枝 3. 管道槽 4. 光电单元 5. 筛选机构 6. 开口通道 7. 机架

图3 荔枝分级机构结构图

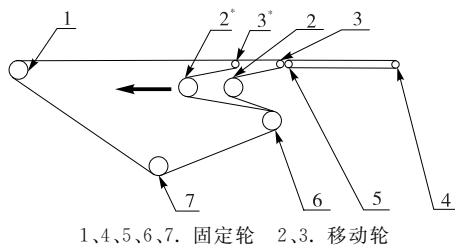
Figure 3 The shape structure of litchi grading agency



1. 光电单元 2. 荔枝

图4 光束遮断机构示意图

Figure 4 Schematic diagram of beam shut-off mechanism



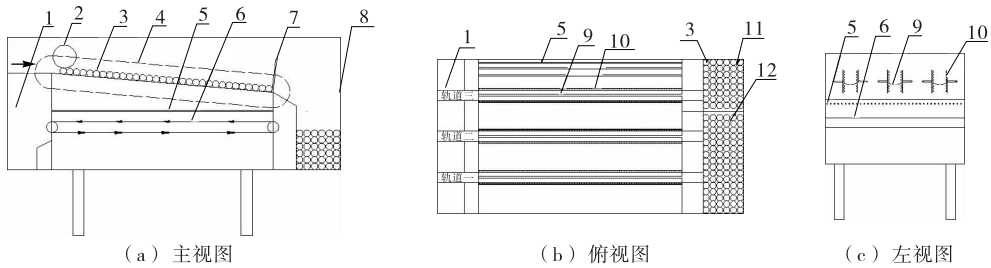
1,4,5,6,7. 固定轮 2,3. 移动轮

图5 筛选机构示意图

Figure 5 Schematic diagram of screening mechanism

2.2 荔枝去皮机构

2.2.1 工作原理 如图 6 所示,首先荔枝在光束遮断式分级机构中分好级后,沿着管道槽到达荔枝去皮机构的托盘轨道,此时活动挡板是关闭的。荔枝排满托盘轨道后,控制系统推动连接杆将撕裂刀扎入荔枝中,此时荔枝被固定。然后控制系统控制圆形刀沿刀具运动轨迹运动一周,完成荔枝的开口切割(圆形刀具距离荔枝的距离可调)。接着控制系统将托盘轨道两边的撕裂刀沿反方向上下移动,将荔枝皮去掉,完整的荔枝果肉落入托盘轨道中,荔枝皮通过托盘轨道下方的固定挡板缝隙落到下方传送带上,荔枝皮沿传送带进

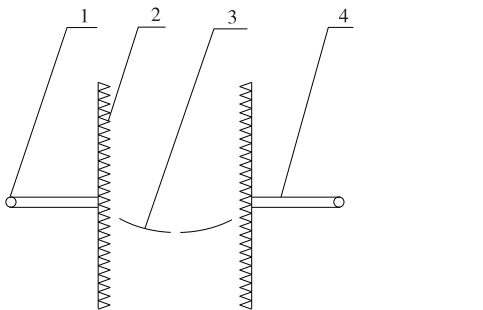


1. 荔枝皮收集槽 2. 圆形刀 3. 荔枝 4. 刀具运动轨迹 5. 固定挡板栅栏 6. 传送带 7. 活动挡板 8. 机架 9. 托盘轨道 10. 撕裂刀 11. 荔枝粗略收集槽 12. 荔枝精细收集槽

图 6 荔枝去皮机构结构图

Figure 6 The shape structure of litchi peeling machine

2.2.2 撕裂刀的设计 撕裂刀分布在托盘轨道的两边,主要由控制点、刀齿、托盘轨道、连接杆组成(见图 7)。控制点与控制系统相连,可以控制撕裂刀的上下撕裂运动,也可控制撕裂刀的左右运动(使刀齿进入荔枝皮中)。刀齿的长度不宜过长,否则容易撕裂荔枝果肉,破坏果肉的完整性。也不宜太短,否则无法撕裂荔枝皮。其中控制点装有压力传感器可以防止撕裂刀压坏荔枝。刀齿设计为锯齿状,便于完成撕裂操作。



1. 控制点 2. 刀齿 3. 托盘轨道 4. 连接杆

图 7 撕裂刀示意图

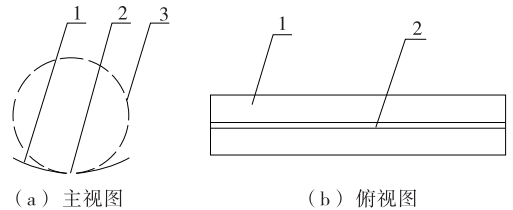
Figure 7 Schematic diagram of tear knife

2.2.3 托盘轨道的设计 托盘轨道光滑倾斜,可以保证荔枝下滑到荔枝收集槽中。托盘轨道的宽度小于荔枝的粒径,防止撕裂刀与托盘轨道接触损坏。托盘轨道(图 8)是一种小于半圆的光滑弧形槽,中间有一个开口。开口是为了保证圆形刀运动到托盘轨道下方时,也可以对荔枝下边进行切割,从而有利于荔枝的去皮。

3 试验设计及结果

将新鲜的荔枝按粒径范围进行分级,每个分级级别作为

入荔枝皮收集槽。控制系统打开活动挡板,托盘轨道上去皮后的荔枝沿轨道进入荔枝收集槽,完成荔枝的去皮及收集。其中荔枝皮收集槽和荔枝收集槽分别位于荔枝去皮机构的左右两边,这样便于各自的收集。如图 6(b)所示,荔枝收集槽分为粗略收集槽和精细收集槽。粗略收集槽对轨道三的荔枝进行收集,精细收集槽对轨道一和轨道二的荔枝进行收集。这样设计是因为轨道三的荔枝未用筛选机构进行分级,粒径范围较大,去皮率较低。另外,俯视图中的固定挡板省略没有全部表示出来,它是由很多条形挡板组成,呈栅栏形。挡板间的空隙小于荔枝的直径,可以保证只有荔枝皮能通过。



1. 托盘 2. 开口 3. 荔枝

图 8 托盘轨道结构图

Figure 8 The shape structure of tray track

一个单元,每个单元随机选取 100 个荔枝,所有单元的荔枝粒径差异值设在 5 mm 以内(粒径差异值太大,荔枝的去皮率会大大降低。粒径的差异值太小,又会增加分级的工作量)。根据市场上常见荔枝的大小,试验中选择粒径小于 35 mm 的荔枝,并以荔枝去皮率和荔枝完整率作为试验指标。荔枝去皮率及完整率分别按式(1)和(2)计算:

$$w = \frac{n_1}{n_2} \times 100\% \quad (1)$$

$$r = \frac{n_3}{n_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

w ——荔枝去皮率, %;

r ——荔枝完整率, %;

n_1 ——去皮的荔枝数量;

n_2 ——总的荔枝数量;

n_3 ——破损的荔枝数量。

为了考察不同粒径的荔枝对试验指标是否有影响,利用本研究设计的三级式分级机进行试验(最后一级不需要分级),通过调节光束遮断式分级机的筛选范围,设计了 3 个水平(单元),

每个水平重复3次,总共分2组进行试验,结果见表1、2。

由表1可知,运用光束遮断式分级机分级后,前两级的荔枝去皮率都在90%以上,第3级的荔枝去皮率均明显低于前两级的荔枝去皮率。这是因为前两级的荔枝进行了分级,荔枝的粒径差异值小,在后续的去皮操作中去皮率高,满足了设计的要求。第3级的荔枝没有分级,去皮率明显减小。

表1 荔枝去皮率试验结果

Table 1 The charge of peeling rate in difference fruit diameter %

试验号	组1			组2		
	35~30 mm	30~25 mm	25 mm 以下	25~20 mm	20~15 mm	15 mm 以下
1	96	98	42	96	95	62
2	97	99	55	99	94	71
3	93	97	37	98	97	65
平均值	95	98	45	98	95	66

表2 荔枝破损率试验结果

Table 2 The charge of breakage rate in difference fruit diameter %

试验号	组1			组2		
	35~30 mm	30~25 mm	25 mm 以下	25~20 mm	20~15 mm	15 mm 以下
1	4	5	14	5	4	12
2	2	4	16	3	5	14
3	3	6	15	5	6	11
平均值	3	5	15	4	5	12

由表2可以看出,运用光束遮断式分级机分级后,前两级的荔枝破损率都在5%以下,第三级的荔枝破损率均高于前两级的荔枝破损率。这是因为前两级的荔枝进行了分级,荔枝的粒径差异值小,进行去皮的荔枝不易被撕裂刀损坏。第3级的荔枝没有分级,破损率较前两级有明显增加。组1中第3级的荔枝破损率大于组2中第3级的破损率,这是因为组1中第3级荔枝的粒径差异值大于组2中荔枝的粒径差异值,使得荔枝在去皮过程中更易受到撕裂刀的破坏。综上所述,可以发现分级后荔枝破损率明显低于不分级的。荔枝的粒径差异值越大,破损率就越大。分级后荔枝的破损率控制在5%以下,满足设计的要求。

4 结论

本研究设计了专门针对近似圆形或椭圆形果蔬的两低一高“山”字形光电单元分布,制成光束遮断式分级机构对荔枝进行分级,运用先开口后撕裂的原理制成去皮机构。然后将这两个机构有机地融为一体,对荔枝进行先分级再去皮。试验结果显示,运用本研究设计的连续式荔枝分级去皮机可以有效克服目前荔枝去皮机效率低、破损率较高的缺点。该连续式荔枝分级去皮机有利于实现自动化,便于工业化生产。

本研究设计的连续式荔枝分级去皮机是在实验室试验的基础上设计的,很多参数需要在实际应用的过程中进行完善或修正。

组1中第3级的荔枝去皮率小于组2中第3级的去皮率,这是因为组1中第3级荔枝的粒径差异值大于组2中荔枝的粒径差异值,导致其后续去皮更难。综上所述可以发现分级后荔枝去皮率明显高于不分级的。荔枝的粒径差异值越大,去皮率就越低。分级后荔枝的去皮率控制在90%以上,满足设计的要求。

该设备虽为荔枝去皮机械,同样也适用于龙眼等类似果蔬的去皮。由于去皮效率高,有效地解决了诸如荔枝等易腐败变质不易贮藏的难题。但是该设备的自动化控制系统仍需完善,以便进一步降低加工成本,适应更宽广的市场。

参考文献

- [1] 王宗洲. 新编拉汉英植物名称[M]. 北京: 航空工业出版社, 1996: 425.
- [2] 章志涛. 果蔬多级分选机的制作方法: 中国, 201310076237.3 [P]. 2013-07-10.
- [3] Naoshi Kondo. Automation on fruit and vegetable grading system and food traceability[J]. Trends in Food Science & Technology, 2010, 21(3): 145-152.
- [4] 史建华. 小型荔枝去皮机: 中国, 200520075762.4 [P]. 2006-11-08.
- [5] 吴燕平. 一种荔枝去皮脱核机: 中国, 201320429813.3 [P]. 2014-01-22.
- [6] 黄辛, 满桂富, 宁进辉, 等. 一种荔枝去皮机的对辊去皮机构: 中国, 201210122559.2 [P]. 2012-10-10.
- [7] 史建华. 新型柔性荔枝去皮机[J]. 轻工机械, 2012, 30(5): 73-74.
- [8] 陈震, 徐风英, 李长友. 荔枝力学特性参数测试研究[J]. 农业化研究, 2008, 30(9): 128-131.
- [9] 王旭东, 朱立学, 刘江涛, 等. 荔枝物理参数和机械特性的试验研究[J]. 农业化研究, 2007, 29(2): 132-134.