

# 龙眼鲜果剥壳脱核机的试验研究

李 明 邓干然 连文伟 连仕华

(中国热带农业科学院)

**摘 要** 介绍最新研制的龙眼鲜果剥壳脱核机的结构和性能特点, 对其剥壳、脱核的工作过程进行了分析。通过试验找出了影响剥壳脱核机剥壳性能和脱核性能的主要因素, 提出了其剥壳装置、脱核装置的滚筒最佳凸齿规格及最佳线速度。

**关键词** 剥壳 脱核 凸齿 龙眼鲜果

龙眼是我国南方珍贵的特产水果之一, 年产量已达 78.2 万 t, 其加工在我国有着悠久的历史<sup>[1]</sup>, 但是果肉加工中的剥壳脱核工序, 都是依赖手工逐个进行, 不仅工效低、劳动量大, 而且很不经济, 也很不符合卫生原则<sup>[2]</sup>。笔者经多年反复试验和改进, 研制出了结构新颖的 QLB T-250 型龙眼鲜果剥壳脱核机, 能一次完成龙眼鲜果的剥壳和脱核工序。

## 1 龙眼鲜果剥壳脱核机的结构特点和工作过程

### 1.1 结构特点

QLBT-250 型龙眼鲜果剥壳脱核机的结构如图 1 所示, 主要是由剥壳装置、输送带、脱核装置、减速电机以及机架等组成。剥壳装置和脱核装置的结构原理基本相同, 主要工作部件为滚筒和分离凹板, 见图 2。

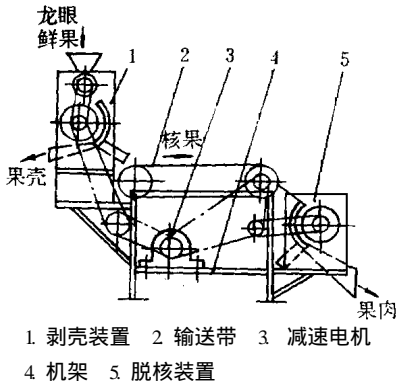
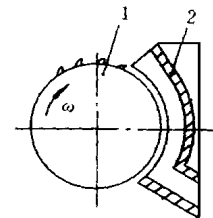


图 1 QLB T-250 型龙眼鲜果剥壳脱核机结构简图

Fig 1 Structures of the QLB T-250 Longan decorticating and pitting machine



1 滚筒 2 分离凹板

图 2 剥壳装置(脱核装置)的结构简图

Fig 2 Structures of decorticating and pitting device

滚筒由带螺旋排列的指甲状凸齿齿板嵌在圆筒体上构成, 指甲状凸齿起撕剥和分离作用。分离凹板的结构如图 3 所示, 由棱筋和螺旋槽等构成, 采用了双螺旋槽进料而集中出口的结构形式。

收稿日期: 1998-09-13

李 明, 助理研究员, 湛江市湖秀新村 中国热带农业科学院机械研究所, 524091

## 1.2 整机工作过程

GLBT-250 型龙眼鲜果剥壳脱核机的工作过程如图 1 所示: 龙眼鲜果经槽式排料轮均匀喂入剥壳装置进行剥壳, 并将果壳与核果分离; 核果由输送带送入脱核装置进行剥果肉和脱果核, 并将果核和果肉分离。

## 1.3 剥壳、脱核的工作过程分析

剥壳过程和脱核过程基本相同, 现以剥壳过程为例进行分析。为便于分析, 作如下假设:

- 1) 龙眼鲜果近似球状, 其长径和短径近似相等, 等于平均直径;
- 2) 剥壳时, 龙眼鲜果沿着分离凹板的螺旋槽逐个喂入。

当龙眼鲜果进入分离凹板的螺旋槽内后, 受转动的滚筒作用向下加速运动, 由于龙眼鲜果与滚筒和分离凹板都有相对滑动, 其速度低于滚筒的线速度, 其受力如图 4 所示。其中:  $P_1$  为滚筒对鲜果的压力,  $P_2$  为分离凹板对鲜果的压力,  $F_1$ 、 $F_2$  为摩擦力, 鲜果自重忽略不计。

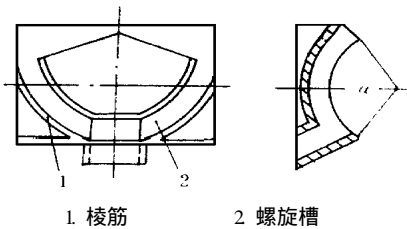


图 3 分离凹板的结构图

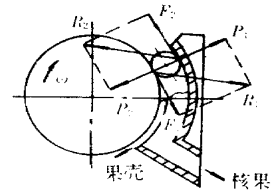


图 4 剥壳过程分析

Fig. 3 Structures of separating concave board

Fig. 4 A nalysis of decorticating process

因轧距小于龙眼鲜果直径, 龙眼鲜果不能在分离凹板螺旋槽内左右方向移动, 且轧距自上而下递减, 随着龙眼鲜果不断向下运动, 其所受压力逐渐增大, 直至挤破果壳。挤破的果壳被滚筒上凸齿抓取, 从滚筒与凹板的配合间隙强行被撕裂, 沿滚筒切线向后抛出, 落到集壳板上。剥壳后的核果直径小于轧距, 沿着分离凹板螺旋槽下滑, 从底部的开口处滑出, 完成剥壳且果壳与核果自动分离的过程。

## 2 试验方法及性能指标

### 2.1 试验方法

采用可调速的电机和选择不同凸齿规格的滚筒, 分别对剥壳装置、脱核装置进行正交试验, 以此确定其滚筒最佳凸齿规格及最佳滚筒线速度。

### 2.2 试验原料

试验原料为优良品种龙眼, 鲜果成熟度约 100%, 含水率约 68.7%, 平均直径 24.4 mm, 果核平均直径为 12.5 mm, 果壳平均壁厚为 0.5 mm, 果肉平均壁厚为 5.5 mm。每次试验用龙眼鲜果 1000 g, 每种组合处理重复三次试验, 各项指标取其平均值。

### 2.3 试验装置

试验装置的滚筒直径为 250 mm, 宽度为 320 mm, 四种齿板的齿高分别为 3.3 mm、3.8 mm、4.3 mm、4.8 mm, 齿宽分别为 5 mm、6 mm、7 mm、8 mm, 齿距分别为 10 mm × 10 mm、11 mm × 11 mm、12 mm × 12 mm、13 mm × 13 mm; 分离凹板的包角均为 90°。

剥壳装置的分离凹板螺旋槽深度 19 mm, 宽度 35 mm, 其与滚筒间的配合间隙约 0.8 mm。脱核装置的分离凹板螺旋槽深度 12 mm, 宽度 35 mm, 其与滚筒间的配合间隙约 5 mm。

### 2.4 性能指标

剥壳装置试验的主要性能指标为果壳剥离率  $w$  和果肉损失率  $\eta$

$$w = \frac{\text{已剥离果壳重}}{\text{已剥离果壳重} + \text{未剥离果壳重}} \times 100\% ; \quad \eta = \frac{\text{已剥离果壳中碎果肉重}}{\text{取样果肉重}} \times 100\%$$

注: 取样果肉重为手工剥壳脱核 1000 g 鲜果所得的果肉重。

脱核装置的主要性能指标为果肉剥离率  $s$  和果肉含碎核率  $\zeta$

$$s = \frac{\text{已剥离果肉重}}{\text{已剥离果肉重} + \text{未剥离果肉重}} \times 100\% ; \quad \zeta = \frac{\text{已剥离果肉中碎核重}}{\text{已剥离果肉重}} \times 100\%$$

表 1 剥壳性能正交试验方案与结果

Tab 1 The design and results of orthogonal test of decorticating performance

### 3 试验结果与分析

#### 3.1 剥壳性能正交试验与极差分析

剥壳装置的剥壳性能正交试验方案与结果如表 1 所示。该试验属多指标正交试验, 为便于分析, 采用加权评分法将两个性能指标化为综合加权计算指标<sup>[3]</sup>。根据生产实践经验和各性能指标的重要性, 确定果壳剥离率、果肉损失率的权值分别为 70、30, 则计算系数为 0.85、0.305, 以此计算得综合加权计算指标值  $y_i$  列入表 1。利用极差分析法对试验结果——综合加权指标进行分析得到: 影响剥壳性能的主次因素为 A、B, 最优组合为 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>, 即剥壳装置滚筒上凸齿的线速度(以下简称剥壳速度)为 1.5m/s 时, 机械剥壳的果壳剥离率最高, 果肉损失率最低, 剥壳性能最好。

试验号	试验因素		性能指标/%		综合加权指标 $y_i / \%$
	A	B	果壳	果肉	
	齿高/mm	速度/ $m \cdot s^{-1}$	剥离率	损失率	
1	1: (3 3)	1: (1. 0)	75. 22	3. 32	53. 81
2	1: (3 3)	2: (1. 5)	75. 85	3. 57	53. 58
3	1: (3 3)	3: (2. 0)	78. 48	6. 40	47. 19
4	1: (3 3)	4: (2. 5)	73. 00	7. 81	38. 23
5	2: (3 8)	1: (1. 0)	84. 36	3. 93	59. 72
6	2: (3 8)	2: (1. 5)	87. 68	4. 54	60. 68
7	2: (3 8)	3: (2. 0)	80. 20	8. 42	42. 49
8	2: (3 8)	4: (2. 5)	76. 94	9. 69	35. 84
9	3: (4 3)	1: (1. 0)	89. 99	13. 02	36. 78
10	3: (4 3)	2: (1. 5)	90. 85	15. 82	28. 97
11	3: (4 3)	3: (2. 0)	90. 84	19. 14	18. 84
12	3: (4 3)	4: (2. 5)	90. 24	22. 46	8. 20
$k_{j1}$	48. 20	50. 10			
$k_{j2}$	49. 68	47. 74			
$k_{j3}$	23. 20	36. 17			
$k_{j4}$	—	27. 42			
$R_j$	26. 48	22. 68			
优水平		A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>			

$$\sum_{j=1}^4 k_j = 305. 19$$

主次因素: A、B

#### 3.2 脱核性能正交试验与极差分析

脱核装置的脱核性能正交试验方案与结果如表 2 所示。该试验同属多指标正交试验, 故采用加权评分法。根据生产实践经验和各性能指标的重要性, 确定果肉剥离率、果肉含碎核率的权值为 70、30, 则计算系数为 0.84、0.4878, 由此计算得综合加权计算指标  $y_i$  列入表 2。利用极差分析法对试验结果综合加权指标进行分析得到: 影响脱核性能的主次因素为 A、B, 最优组合为 A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>, 即脱核装置滚筒上凸齿的齿高为 4.3mm, 脱核装置滚筒上凸齿的线速度(以下简称脱核速度)为 2.0m/s, 机械脱核的果肉剥离率最高, 果肉含碎核率最低, 脱核性能最好。

#### 3.3 滚筒凸齿对剥壳性能、脱核性能的影响

由正交试验结果可看出, 滚筒上凸齿高低直接影响剥壳脱核能力与果肉质量。在其它条件相同的情况下, 滚筒上凸齿越大越高, 对龙眼鲜果的撕剥作用越强, 剥壳脱核能力增强, 果壳剥离率和果肉剥离率均提高, 但果肉损失率和果肉含碎核率也随之增大。从试验过程和试验数据

看,剥壳装置、脱核装置滚筒上凸齿合适的齿高分别为 3.8mm, 4.3mm, 相应的齿宽为 6mm、7mm, 齿距分别为 11mm × 11mm、12mm × 12mm。

### 3.4 速度对剥壳性能、脱核性能的影响

当剥壳装置、脱核装置滚筒上凸齿的齿高分别为 3.8mm、4.3mm 时,其剥壳速度  $v$  与果壳剥离率  $w$  和果肉损失率  $\eta$  的关系如图 5 所示;脱核速度  $v$  与果肉剥离率  $s$  和果肉含碎核率  $\zeta$  的关系如图 6 所示。

#### 3.4.1 剥壳速度对剥壳性能的影响

由图 5 可看出,当剥壳速度  $v < 1.5\text{m/s}$  时,  $w$  值较大,  $\eta$  值较小,说明剥壳滚筒对鲜果的撕剥作用强且果壳与果肉的分离时间充足,对剥壳有利;当  $v = 1.5\text{m/s}$  时,  $w$  值最大,  $\eta$  值也不高,此时剥壳性能最好;  $v$  再增高,  $w$  值逐渐变小而  $\eta$  值急剧增大,原因是:剥壳速度越高,滚筒对鲜果的撕剥作用越强,但使得果壳与果肉分离时间过短,对剥壳不利。因此剥壳速度宜选取为  $1.5\text{m/s}$ 。

#### 3.4.2 脱核速度对脱核性能的影响

由图 6 可看出,当脱核速度  $v < 2.0\text{m/s}$  时,  $s$  值随  $v$  的增高而增大,此时  $\zeta$  值变化不大;当  $v = 2.0\text{m/s}$  时,  $s$  值达最大,此时脱核性能最好;  $v$  再增高,  $s$  值逐渐变小而  $\zeta$  值急剧增大,说明脱核滚筒对核果肉的撕剥作用很强且果肉与果核的分离时间也过短,对脱核性能极不利,因而脱核速度不能超过  $2.0\text{m/s}$ ,欲提高生产率可以采用增加滚筒宽度和分离凹板螺旋槽数目的方法来获得。

表 2 脱核性能正交试验方案与结果

Tab 2 The design and results of orthogonal test of pitting performance

试验号	试验因素		性能指标/%		综合加权指标 $y_i$ /%
	A 齿高/mm	B 速度/m·s	果壳 剥离率	果肉 损失率	
1	1: (3.8)	1: (1.0)	72.09	0.13	54.21
2	1: (3.8)	2: (1.5)	70.52	0.14	52.41
3	1: (3.8)	3: (2.0)	68.39	0.15	50.13
4	1: (3.8)	4: (2.5)	68.29	0.84	16.39
5	2: (4.3)	1: (1.0)	87.39	0.22	62.68
6	2: (4.3)	2: (1.5)	89.10	0.25	62.65
7	2: (4.3)	3: (2.0)	89.55	0.25	63.03
8	2: (4.3)	4: (2.5)	84.89	0.45	49.36
9	3: (4.8)	1: (1.0)	91.09	0.76	39.44
10	3: (4.8)	2: (1.5)	91.64	1.30	13.56
11	3: (4.8)	3: (2.0)	91.95	1.29	14.31
12	3: (4.8)	4: (2.5)	90.33	1.35	10.02
$k_{j1}$	43.29	52.11			
$k_{j2}$	59.43	42.87			
$k_{j3}$	19.33	42.49			
$k_{j4}$	25.26				
$R_j$	40.10	26.85			主次因素: A、B
优水平		A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>			

$$\sum_{j=1}^4 k_j = 284.78$$

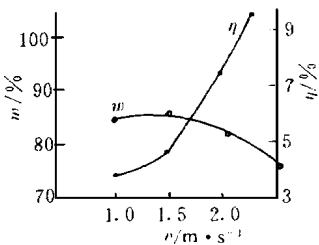


图 5 剥壳速度  $v$  与果壳剥离率  $w$  和果肉损失率  $\eta$  的关系

Fig. 5 Relationship between the decorticating speed and the decorticating rate and the rate of loss

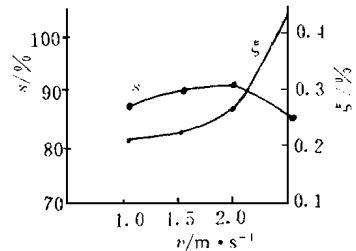


图 6 脱核速度  $v$  与果肉剥离率  $s$  和果肉含碎核率  $\zeta$  的关系

Fig. 6 Relationship between the decorticating speed, decorticating rate and broken rate of pits in pulp

## 4 结 论

1) 龙眼鲜果剥壳脱核机中剥壳装置、脱核装置是由带螺旋排列的指甲状凸齿滚筒和带双螺旋槽的分离凹板为主体构成, 通过挤压和撕剥共同作用完成其剥壳、脱核的过程。

2) 对于优良品种龙眼鲜果, 以滚筒上凸齿高为 3.8mm, 剥壳速度为 1.5m/s 时, 机械剥壳性能最好; 机械脱核则以滚筒上凸齿高为 4.3mm, 脱核速度为 2.0m/s, 脱核性能最好。

3) 经初步试验, 龙眼鲜果剥壳脱核机工效约为手工剥壳脱核的 56 倍, 能耗 0.8kW·h, 有利于保证加工产品的卫生条件和降低加工成本, 也有利于对龙眼鲜果进行综合开发利用。因此, 应对样机进一步改进和扩大试验, 以适应当前龙眼迅猛发展的需要。

致谢: 广东省国营东升农场提供了龙眼鲜果, 湛江农垦局陈天林、李茂岛、陈超平等同志对本试验研究给予支持和帮助, 特此致谢。

### 参 考 文 献

- 1 李明 浅谈我国龙眼贮藏保鲜与加工利用面临的问题及对策 热带作物机械化, 1998(1)~ 3
- 2 林庆福 龙眼加工机械之试验研究 中国农业文摘——农业工程, 1990, 2(4): 46
- 3 王延耀, 张 岩, 尚书旗等 气爆式花生脱壳性能的试验研究 农业工程学报, 1998, 14(1): 222~ 227

## Experimental Research on Decortating and Pitting Machine of Fresh Longan

Li Ming Deng Ganran Lian Wenwei Lian Shihua

(Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang, 524091)

**Abstract** The structures and performances of the decortating and pitting machine of fresh longan was introduced. The working process of the decortating device and pitting device in this machine were analyzed. The main factors affecting the decortating and pitting performances of this machine were determined. The optimal shapes of the bulging teeth and the optimal speed of the cylinders were pointed out.

**Key words** decortating, pitting, bulging teeth, fresh longan