

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.01.022

# 橡胶果破壳力学特性试验与分析

## Test and analysis of mechanical properties of rubber fruit shell breaking

王远荣 王涛 聂俊峰

WANG Yuan-rong WANG Tao NIE Jun-feng

(海南大学机电工程学院, 海南 海口 570228)

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China)

**摘要:**为研究橡胶果在不同条件下静态压缩破壳力的变化规律,对橡胶果分别进行 X、Y、Z 3 个加载方向的剪切力、锥刺力、挤压力的静态压缩试验;运用有限元法建立橡胶果的力学模型,研究橡胶果在压缩载荷作用下应力应变情况及损伤规律。试验结果表明:橡胶果在剪切力、锥刺力、挤压力下的破壳力大小关系为  $F_{挤压力} > F_{剪切力} > F_{锥刺力}$ ;橡胶果最佳的加载方向为 Y 方向;试验中 I 类、II 类、III 类橡胶果的挤压破壳力分别为 0.548 0、0.564 5、0.715 1 kN,破壳力随着橡胶果尺寸的增加而增加;有限元分析出最佳加载方向为 Y 方向,与试验结果一致。

**关键词:**橡胶果;力学特性;破壳;有限元

**Abstract:** In order to study the changing rule of static compressive shell breaking force of rubber fruit under different conditions, the rubber fruit was subjected to the static compression test of the shear force, stabbing force and extrusion force in the loading direction of X, Y and Z respectively. The mechanical model of rubber fruit was established by using finite element method to study the stress and strain and damage law of rubber fruit under compressive load. The test results showed that the relationship between the shell breaking force of the rubber fruit under shear force, stabbing force and extrusion force was extrusion force > shear force > stabbing force. The preferred direction of the rubber fruit was the Y direction, and the extrusion and shell breaking forces of the Class I, II, and III rubber fruits in the test were 0.548 0 kN, 0.564 5 kN, and 0.715 1 kN, respectively. The shell breaking force increased with the increase of rubber fruit size. The finite element analysis showed that the best loading direction was the Y direction, which was the same as the test result.

**Keywords:** rubber fruit; mechanical properties; shell breaking;

**基金项目:**国家自然科学基金项目(编号:51465015)

**作者简介:**王远荣,男,海南大学在读硕士研究生。

**通信作者:**王涛(1980—),男,海南大学副教授,硕士。

E-mail: gxdxyjs@163.com

**收稿日期:**2018-09-01

finite element

橡胶果是橡胶树种植的副产物,它是橡胶树的种子,因为橡胶果有毒,所以一直以来都没有得到足够的重视。现在中国绝大多数橡胶果只能腐烂在橡胶林里,造成巨大的浪费<sup>[1-3]</sup>。随着中国对可再生资源逐渐重视,橡胶果的利用被提上议程。橡胶果主要由果壳和果仁两部分组成,橡胶果仁可以压榨成食用油,还可以用作生物燃料,压榨之后剩余的是橡胶果粕,经过加温干燥去毒处理也可以作为动物饲料,橡胶果壳可用于制造家具<sup>[4-6]</sup>。橡胶果机械脱壳是实现其价值的关键一步,而研制适合橡胶果脱壳的机械首先应当对橡胶果的力学特性进行试验与分析。

目前国内对外对坚果破壳力学特性方面的研究有很多,如曹成茂等<sup>[7]</sup>发现山核桃的受载接触形式和破壳机构直接影响了山核桃的果仁损伤率、破壳率以及破壳质量。高警等<sup>[8]</sup>发现核桃尺寸对破壳力的影响比较显著。Galeda 等<sup>[9]</sup>发现开心果的破壳加载方向对破壳力影响显著。还有很多学者经过研究得出坚果破壳加载方向<sup>[10]</sup>、坚果的尺寸<sup>[11]</sup>、不同的刀具<sup>[12]</sup>对破壳力有很大的影响。现在国内外对橡胶果破壳力学特性研究比较少,目前最常用的橡胶果脱壳机主要是借鉴其他物种物理性质进行脱壳<sup>[13-15]</sup>,存在脱壳效果不佳的问题。近年来在坚果机械损伤研究方面,有很多学者<sup>[16-17]</sup>采用有限元的方法深入探讨了核桃、银杏等内部应力应变情况及损伤规律,为坚果脱壳设备的研制提供有效的理论依据。

现在橡胶果脱壳机存在脱壳效率低,壳仁分离不完整,果仁完整率低等问题<sup>[18-19]</sup>。这些问题关键一点就是确定破壳力的大小,破壳力大了就会导致果仁完整率低,破壳力小了就会导致壳仁分离不完整。在橡胶果破壳力学特性研究方面,何焯亮等<sup>[20]</sup>选取加载速度、方向、球度等因素,利用挤压刀具进行橡胶果压缩试验,但忽略了橡胶果尺寸和不同刀具对破壳力的影响,而且没有研究橡

橡胶果破壳过程中的应力应变情况及损伤规律。本试验拟采用物性测试仪为主要力学测定仪器,采用自行设计力学试验装置和刀具,一方面研究橡胶果在不同破壳加载方向与不同刀具作用下的破壳力关系,另一方面研究不同加载方向对破壳力与整仁率的影响以及橡胶果的尺寸对破壳力的影响,最后通过有限元法研究橡胶果内部应力应变情况及损伤规律,旨在为橡胶果脱壳机械的改进提供技术参数。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

本试验以中国云南种植面积较大的橡胶树品种的橡胶果为研究对象。橡胶果形状是不规则的椭圆形,单果质量1.935~3.942 g,平均单果质量2.637 g。橡胶果的基本尺寸按横径、纵径、棱径(横径是橡胶果沿着短轴方向的最大尺寸;纵径是橡胶果沿着长轴方向的最大尺寸;棱径是橡胶果沿着缝合线短轴方向的最大尺寸)划分。橡胶果的三维尺寸图见图1。



图1 橡胶果的三维尺寸图

Figure 1 Three-dimensional dimension of rubber fruit

### 1.2 主要仪器

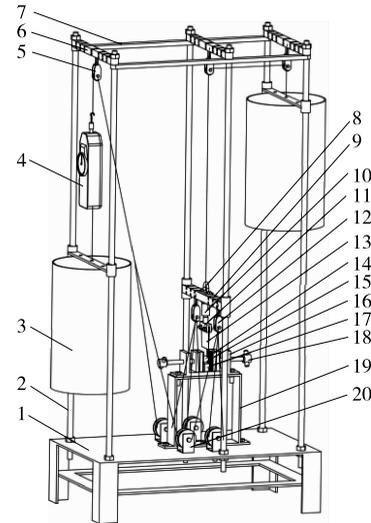
橡胶果力学试验机:测试范围为15~1 500 N,精度±1%,实验室自行设计;

游标卡尺:VL-1050型,规格0~150 mm,精度0.02 mm,香港威特龙工具有限公司;

电子天平:CL-T500型,规格50 g/0.001 g,北京市宸龙恒信贸易有限公司。

### 1.3 橡胶果力学试验机的结构与原理

试验机主要由机架、样品定位装置、破壳装置和破壳力测量装置组成,结构图见图2。本试验机有剪切刀具、锥刺刀具、挤压刀具,见图3。该试验的橡胶果力学试验机主要利用的是二力平衡与滑轮组的原理,其工作原理为:夹具平台可以调节位置,试验前调整夹具平台两个夹板的位置,保证刀具在夹具平台两个夹板正中间的橡胶果上面,利用重力使橡胶果受力,利用二力平衡的原理,橡胶果受到的力等于左侧可滑动桶与推拉计自身的重力,推拉计自身的重力与可滑动桶的重力由推拉计



1. 底座 2. 滑动导杆 3. 可滑动桶 4. 推拉计 5. 小定滑轮 6. 上固定杆 7. 上连接杆 8. 挂钩 9. 可滑动上下板 10. 加压头 11. 刀架 12. 小动滑轮 13. 刀具 14. 橡胶果 15. 夹板 16. 夹具架 17. 样品承重块 18. 调节螺丝 19. 承重支撑平台 20. 大定滑轮

图2 橡胶果力学试验机结构示意图

Figure 2 Structural sketch of rubber fruit mechanics testing machine



(a) 剪切刀具

(b) 锥刺刀具

(c) 挤压刀具

图3 刀具

Figure 3 Tool

显示,最后通过式(1)计算橡胶果破壳力。

$$G = nF, \quad (1)$$

式中:

$G$ ——破壳力,N;

$n$ ——承重的绳子段数, $n=3$ ;

$F$ ——推拉计读数,N。

### 1.4 橡胶果的外形尺寸

为保证试验质量,首先测量橡胶果的尺寸,共测100个,使用游标卡尺按图1测量出各个样本的三维尺寸,橡胶果的三维尺寸和标准差见表1。根据表1可以看出,纵径的标准差为0.80,低于横径与棱径的标准差,表示纵径的参考价值最高。将所得的原始数据按照橡胶果的纵径为标准将橡胶果分为三类:I类(20.5 mm以下),II类(20.5~23.0 mm),III类(23.0 mm以上)。其中II类(20.5~23.0 mm)占66%,I类(20.5 mm以下)与III类

(23.0 mm 以上)各占 17%。

### 1.5 橡胶果力学特性的测定方法

橡胶果破壳加载方向是按照长轴、短轴、缝合线分别记为 X、Y、Z 的 3 个加载方向,破壳加载方向见图 4。3 种刀具分别做剪切力、锥刺力、挤压力的破壳力静态压缩试验,力学特性测试装置见图 5。

表 1 橡胶果的三维尺寸和标准方差

Table 1 Three-dimensional dimensions and standard deviation of rubber fruit

三维	最小直径/mm	最大直径/mm	平均直径/mm	标准差
横径	16.58	21.10	17.93	1.21
棱径	13.90	18.92	16.83	0.91
纵径	17.93	24.22	21.71	0.80

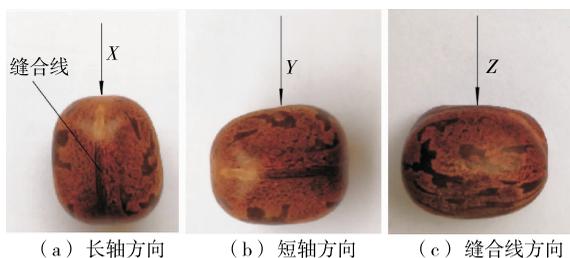


图 4 破壳加载方向

Figure 4 Broken shell loading direction

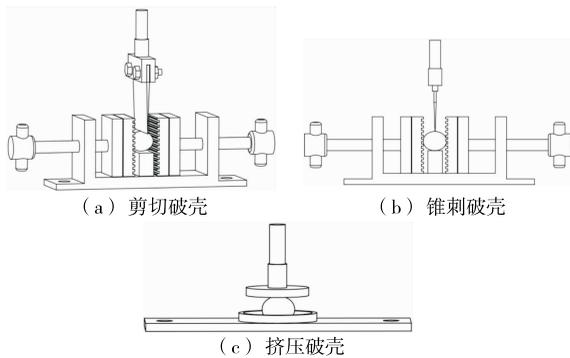


图 5 力学特性测试装置

Figure 5 Mechanical property testing device

### 1.6 橡胶果有限元受力模型

基于有限元软件(ANSYS Workbench 15.0)对橡胶果进行有限元分析。橡胶果壳与果仁是有间隙的,橡胶果破壳时主要是果壳受力。橡胶果通过 SolidWorks14.0 绘制,模型三维尺寸如表 1 所示。橡胶果壳的厚度是不均匀的,呈两端端厚、中部薄、缝合线处厚的特点,橡胶果破壳后用游标卡尺测出橡胶果壳厚度,其中两端端平均厚度为 0.8 mm,中间平均厚度为 0.5 mm,缝合线处平均厚度为 0.8 mm,依靠这些数据建立橡胶果三维模型,并在橡胶果壳的三维模型两端放置两块平行钢板,将橡胶

果三维模型导入到有限元软件 ANSYS Workbench 中。橡胶果壳与普通木材非常的相似,把橡胶果壳仁的泊松比取 0.3,果壳表现为脆性材料,因此橡胶果壳的破坏准则采用脆性断裂破坏强度准则。橡胶果壳仁密度为 603 kg/m<sup>3</sup>,橡胶果与板栗有点类似,壳的弹性模量取 120 MPa,仁的弹性模量取壳的 1/10<sup>[21]</sup>。考虑到有限元网格划分的特点以及橡胶果的形状,采用自由网格划分的形式对橡胶果进行网格划分。

## 2 结果与分析

### 2.1 橡胶果在不同加载方向和不同刀具下的静态压缩试验

从试验样品中随机抽取完整的橡胶果 90 个随机分为 3 组,每组 30 个,橡胶果破壳加载方向分别为 X、Y、Z 3 个方向。每组 30 个橡胶果再分为 3 份,每份 10 个再分别做剪切力、锥刺力、挤压力的破壳力静态压缩试验。根据试验的数据计算出剪切力、锥刺力、挤压力的 X、Y、Z 3 个方向的静态压缩试验最小、最大破壳力以及用式(2)求出的平均破壳力,结果见表 2。

$$A_n = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_n}{n} \quad (2)$$

式中:

$A_n$ ——平均破壳力,N;

$a_n$ ——样品中的第  $n$  个数;

$n$ ——样品中的总个数。

表 2 橡胶果静态压缩试验破壳力

Table 2 Rubber fruit static compression test shell breaking force kN

加载方向	力学类型	最小破壳力	最大破壳力	平均破壳力
X	剪切力	0.395 0	0.588 0	0.502 4
	锥刺力	0.031 5	0.066 0	0.048 7
	挤压力	0.487 5	0.732 0	0.613 2
Y	剪切力	0.322 5	0.441 0	0.381 3
	锥刺力	0.105 0	0.157 5	0.132 3
	挤压力	0.386 0	0.696 0	0.558 7
Z	剪切力	0.276 0	0.472 5	0.395 3
	锥刺力	0.135 0	0.192 0	0.162 6
	挤压力	0.442 0	0.718 5	0.573 1

由表 2 可知,X、Y、Z 3 个方向破壳力的大小关系为  $F_{挤压力} > F_{剪切力} > F_{锥刺力}$ ,锥刺刀具所要的破壳力是最小的,可能是锥刺刀具受力面积小。

从剪切力可以看出 X、Y、Z 3 个方向橡胶果平均破壳力分别为 0.502 4,0.381 3,0.395 3 kN,根据数据可以看出剪切破壳力的大小关系为  $F_x > F_z > F_y$ ,沿 Y 方向加载时最省力。从锥刺力可以看出 X、Y、Z 3 个方向橡

胶果平均破壳力分别为 0.048 7, 0.132 3, 0.162 6 kN, 根据数据可以得出锥刺破壳力的大小关系为  $F_z > F_y > F_x$ , 沿 Z 方向加载时最费力, 沿 X 方向加载时最省力, 这是因为受力点在橡胶果脐上面。从挤压力可以看出 X、Y、Z 3 个加载方向橡胶果平均破壳力分别为 0.613 2, 0.558 7, 0.573 1 kN, 根据数据可以看出挤压破壳力的大小关系为  $F_x > F_z > F_y$ , 沿 Y 方向加载时最省力。相对而言剪切力、锥刺力、挤压力在 Y 方向加载所要的破壳力是最合适的。

## 2.2 橡胶果破壳加载方向对破壳力与整仁率的影响

取 II 类 (20.5~23.0 mm) 橡胶果 30 颗分成 3 组, 每组 10 个, 分别沿 X、Y、Z 3 个方向进行挤压破壳力静态压缩试验直到橡胶果破裂, 结果见表 3。

表 3 II 类橡胶果挤压破壳力静态压缩试验

Table 3 Static compression test of shell breaking force of type II rubber fruit extrusion

加载方向	平均破壳力/kN	整仁率/%	标准差
X	0.606 2	70	0.126 91
Y	0.570 8	80	0.101 62
Z	0.584 6	60	0.104 61

橡胶果在静态压缩试验刚开始时, 橡胶果破壳所要的力随着时间的延长而增大, 当橡胶果被压缩至某一载荷时, 橡胶果的果壳会出现裂纹, 强度突然降低, 此时橡胶果所承受的载荷称为“破裂载荷”, 当经过这一点之后, 橡胶果所需的破壳力会急剧减小。最佳加载方向以橡胶果破壳力与整仁率为主要评价标准, 从表 3 可以看出, 沿 X 方向加载橡胶果的平均破壳力最大, 沿 Z 方向加载的居中, 沿 Y 方向加载的最小。从整仁率看, 沿 Y 方向加载橡胶果的整仁率达到 80%, 高于 X 方向与 Z 方向加载的。Y 方向加载的标准差最小, 标准差能反映橡胶果平均破壳力数据集的离散程度, 标准差越小, 这些值偏离平均值就越少, 破壳时的破壳力大小比较集中, 利于破壳。根据数据可以得出最佳加载方向为 Y 方向。

## 2.3 橡胶果的尺寸对破壳力的影响

取 I 类、II 类、III 类橡胶果各 10 颗, 分别沿 Y 方向进行剪切破壳力静态压缩试验, 直到橡胶果破裂得出橡胶果破壳力; 再分别取 I 类、II 类、III 类橡胶果各 10 颗, 分别沿 Y 方向进行挤压破壳力静态压缩试验, 直到橡胶果破裂得出橡胶果破壳力; I 类、II 类、III 类橡胶果 Y 方向加载时剪切破壳力与挤压破壳力见表 4。

从表 4 中可以看出, 在剪切破壳力与挤压破壳力静态压缩试验中, 橡胶果的尺寸对橡胶果破壳力的影响比较显著。其中 I 类、II 类、III 类橡胶果在 Y 加载方向的平

均剪切破壳力分别为 0.287 8, 0.373 2, 0.398 2 kN; I 类、II 类、III 类橡胶果在 Y 加载方向平均挤压破壳力分别为 0.548 0, 0.564 5, 0.715 1 kN。根据数据可以得出, 随着橡胶果尺寸的增加, 橡胶果破壳时所需要的破壳力也就越大, 说明橡胶果的尺寸也是影响橡胶果破壳力的主要因素。所以在进行橡胶果脱壳时为了得到较高的破壳率和整仁率, 在对橡胶果脱壳前进行分类是必要的。

表 4 I 类、II 类、III 类橡胶果 Y 方向加载时剪切破壳力与挤压破壳力

Table 4 Shear and extrusion shell breaking forces of rubber fruits of class I, class II and class III under Y direction loading

力学类型	橡胶果类型	平均破壳力/kN	标准差
剪切力	I 类	0.287 8	0.048 03
	II 类	0.373 2	0.031 51
	III 类	0.398 2	0.046 04
挤压力	I 类	0.548 0	0.111 52
	II 类	0.564 5	0.100 80
	III 类	0.715 1	0.051 73

## 2.4 橡胶果压缩特性的有限元分析

在对橡胶果进行不同方向挤压时, 橡胶果被挤压时裂纹的扩展方式和产生的部位也不同, 橡胶果的有限元分析中考虑了 X、Y、Z 3 个加载方向, 并依次进行了试验研究。把橡胶果所受力简化成 200 N 集中力。并对比 3 种加载方向下橡胶果应力应变情况及损伤规律。

2.4.1 X 方向加载 橡胶果在两板的挤压作用下破壳, 一端的板受到集中力的作用, 另一端的板采用固定约束。橡胶果沿 X 方向施加平均集中力为 200 N。橡胶果沿 X 方向加载时压缩特性的有限元分析结果见图 6。

从图 6 可以看出, 沿 X 方向挤压时, 橡胶果顶部的应力应变呈环形分布, 在橡胶果较薄的中部也受到一定的应力。由于橡胶果呈不规则的椭圆形, 其顶部受力面积比较小, 但壳非常厚, 所以所需的破壳力是最大的。橡胶果的应力应变不具有明确的方向性, 可以推测接触部位能够导致果壳局部裂开, 但是裂纹较少。挤压的过程中容易产生崩溃现象, 即橡胶果的某一很小的部分从橡胶果上分离下来, 但是由于橡胶果的大部分还没有破裂不利于后期的取仁。

2.4.2 Y 方向加载 橡胶果沿 Y 方向施加平均集中力为 200 N。橡胶果沿 Y 方向加载时压缩特性的有限元分析结果见图 7。

从图 7 可以看出, 沿 Y 方向加载时, 在载荷加载点橡胶果应力应变比较小, 这是因为橡胶果的上、下挤压面比较平坦, 在挤压时受力也比较均匀而且受力面积大, 抗挤

压压力大。橡胶果所受应力波及整个表面,应力呈环形分布,在橡胶果较薄的中部受到的应力面积大,橡胶果顶部两端受到的应力比较集中,应力应变沿载荷点周围向外逐渐减小,应力出现明显的方向性。可以预测在此加载情况下,环形应力分布区域产生较多的局部裂纹点,橡胶果裂纹会以橡胶果的上、下挤压面为中心向四周扩散,使橡胶果破裂比较充分,为后期的取仁提供方便。

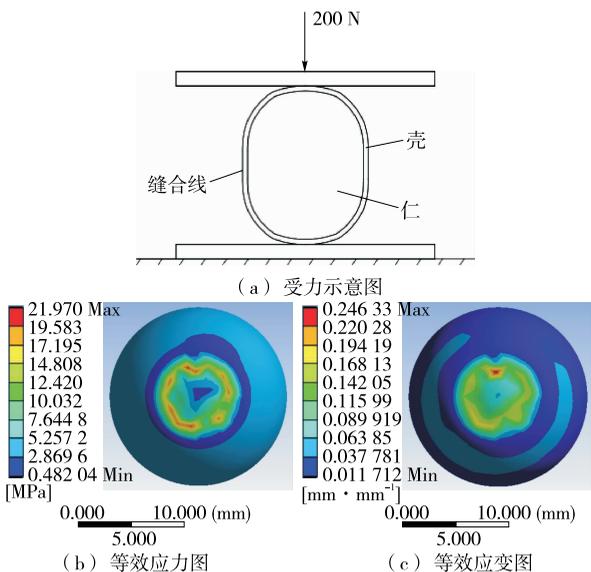


图 6 橡胶果沿 X 方向加载时压缩特性的有限元分析

Figure 6 Finite element analysis results of compression characteristics of rubber fruit loaded in X direction

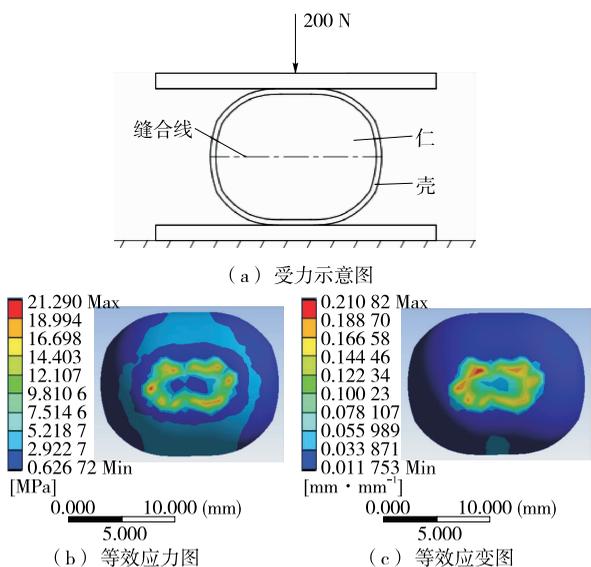


图 7 橡胶果沿 Y 方向加载时压缩特性的有限元分析

Figure 7 Finite element analysis results of compression characteristics of rubber fruit loaded in Y direction

2.4.3 Z 方向加载 橡胶果沿 Z 方向施加平均集中力为 200 N。橡胶果沿 Z 方向加载时压缩特性的有限元分析结果见图 8。

从图 8 可以看出,沿 Z 方向加载时,橡胶果应力应变呈环形分布,应力向四周延展而且分布范围较广且比较均匀,应力分布沿橡胶果缝合线方向沿两边扩展最为明显,因为裂纹首先出现在应力最大处,可以预测在挤压的过程中橡胶果会因破壳力的作用而分成两半,可能会压碎果仁,导致果仁损伤率较大。

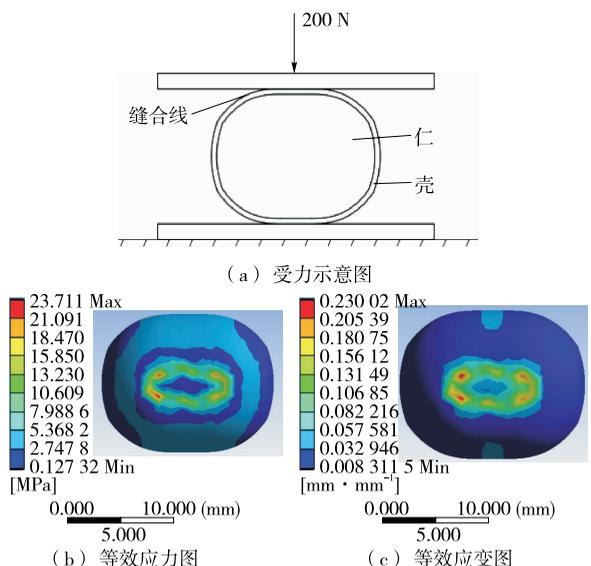


图 8 橡胶果沿 Z 方向加载时压缩特性的有限元分析

Figure 8 Finite element analysis results of compression characteristics of rubber fruit loaded in Z direction

综合分析 X、Y、Z 方向加载时橡胶果应力应变图,可知沿 X 方向加载时,橡胶果果壳局部裂开,产生的局部裂纹较少,脱壳效果不佳,不利于后期的取仁;沿 Y 方向加载时,橡胶果沿载荷点破裂比较充分,局部裂纹多,破壳效果好,为后期的取仁提供方便;沿 Z 方向加载时,应力分布沿橡胶果缝合线方向沿两边扩展最为明显,可能导致橡胶果分成两半,整仁率可能不高。与表 3 对比可看出,有限元模拟和试验得结果一致。

### 3 结论

(1) 通过剪切力、锥刺力与挤压力在 X、Y、Z 3 个加载方向的静态压缩试验分析得出,橡胶果在剪切力、锥刺力与挤压力下破壳力的大小关系为  $F_{挤压力} > F_{剪切力} > F_{锥刺力}$ ;在 Y 加载方向橡胶果破壳力是最合适最省力的。以橡胶果整仁率和破壳力为评价标准,得出橡胶果较佳的加载方向为 Y 方向。通过测量本次试验橡胶果品种的三维尺寸对橡胶果进行分类,得出 I 类、II 类、III 类橡胶果在 Y 方向加载的剪切破壳力与挤压破壳力分别为

0.287 8, 0.373 2, 0.398 2 kN 与 0.548 0, 0.564 5, 0.715 1 kN, 得出橡胶果尺寸对破壳力的影响比较显著, 随着橡胶果尺寸的增加破壳力也会增加, 在橡胶果脱壳前进行分类是提高破壳率和整仁率的有效方法。

(2) 有限元分析软件 ANSYS Workbench 15.0 对橡胶果 3 个加载方向进行应力应变的仿真分析, 模拟橡胶果的破壳状态, 研究橡胶果在压缩载荷作用下应力应变情况及损伤规律, 得出最佳加载方向为 Y 加载方向, 与试验的结果一致。

(3) 前人的研究主要探讨橡胶果的含水率、加载速度、方向、球度等对破壳力的影响, 忽略了橡胶果尺寸和不同刀具对破壳力的影响, 而且缺少有限元分析橡胶果破壳中的应力应变情况及损伤规律, 本试验可作其补充。由于实验室条件有限, 只能测剪切破壳力、锥刺破壳力、挤压破壳力。后续可以在本试验的基础上进行更深层次的机械试验, 如设计一些刀具进行其他类型的橡胶果破壳力学试验、进行橡胶果有裂纹情况下的破壳力学试验等, 进一步完善橡胶果破壳力学方面的研究。

#### 参考文献

- [1] 李建华, 王春燕, 蒋菊生, 等. 天然橡胶树的综合开发利用现状, 问题及对策分析[J]. 热带农业科学, 2013, 33(6): 71-74.
- [2] 范海燕, 王涛, 吴迪, 等. 橡胶果碾搓式脱壳试验机设计[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 64-67.
- [3] 彭艳, 范武波, 孙娟. 关于橡胶籽综合利用情况的研究报告[J]. 中国热带农业, 2012(47): 6-7.
- [4] 袁江, 胡明辅, 毕二朋, 等. 橡胶籽的开发利用[J]. 中国农业科技导报, 2012, 14(1): 116-121.
- [5] 刘伟伟, 苏有勇, 张无敌, 等. 橡胶籽油制备生物柴油的研究[J]. 中国油脂, 2005, 30(10): 63-66.
- [6] 潘善甫, 郑联合. 食用橡胶籽油的开发利用研究[J]. 中国油脂, 2000, 26(6): 114-115.
- [7] 曹成茂, 蒋兰, 吴崇友, 等. 山核桃破壳机加载锤头设计与试验[J]. 农业机械学报, 2017, 48(10): 307-315.
- [8] 高警, 郑甲红, 闫茹, 等. 对影响核桃破壳力大小因素的探讨[J]. 农机化研究, 2007(9): 186-189.
- [9] GALENDAR M N, MOHTASEBI S S, TABATABAEFAR A, et al. Mechanical behavior of pistachio nut and its kernel under compression loading[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 95(3): 499-504.
- [10] 涂灿, 杨薇, 尹青剑, 等. 澳洲坚果破壳工艺参数优化及压缩特性的有限元分析[J]. 农业工程学报, 2015, 31(16): 272-277.
- [11] 王斌, 刘德华, 张淑娟. 核桃物理力学特性参数的试验研究[J]. 农机化研究, 2017(8): 165-169.
- [12] 周显青, 张玉荣, 褚洪强, 等. 糙米机械破碎力学特性试验与分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(18): 255-262.
- [13] 王涛, 李粤, 符志宏, 等. 果壳分离机械发展研究状况综述[J]. 中国农机化, 2012(5): 27-29.
- [14] 高连兴, 杜鑫, 张文双. 滚筒气力循环式花生脱壳机设计[J]. 农业机械学报, 2011, 42(10): 68-73.
- [15] BUNDIT J, SUTTIPORN N, ANUPUN T. Development and testing of a husking machine for dry betel nut (Areca Catechu Linn)[J]. Biosystems Engineering, 2009, 102(1): 83-89.
- [16] 何义川, 史建新. 核桃壳力学特性分析与试验[J]. 新疆农业大学学报, 2009, 32(6): 70-75.
- [17] 王灵军, 全燕鸣, 邓文君. 银杏脱壳的有限元受力分析[J]. 农业工程学报, 2003, 19(4): 58-61.
- [18] 赵嫫, 王涛, 何焯亮. 橡胶果脱壳装置的设计[J]. 食品与机械, 2016, 32(3): 119-121.
- [19] 袁巧霞. 我国坚果脱壳机现状及亟待解决的技术问题[J]. 农机化研究, 2001(3): 9-10.
- [20] 何焯亮, 王涛, 嵇明志, 等. 橡胶籽壳破碎试验研究[J]. 食品与机械, 2014, 30(2): 128-131.
- [21] 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): 84-87.

#### 信息窗

## 欧亚经济联盟开始实施包装饮用水新规范

哈通社 1 月 11 日援引欧亚经济委员会消息称, 自 2019 年 1 月 1 日起, 欧亚经济联盟开始实施《包装饮用水(含天然矿泉水)安全技术规范》。

新规范是对现行《饮用水安全规范》的补充, 使规范涵盖及天然矿泉水、医疗用水、餐饮用水、儿童饮用水、人工矿化饮用水等。此外, 新技术规范还对包装饮用水生产、存储、运输、销售和回收再利用等做了专门要求。

新规范中对儿童饮用水的标准做出了详细规定。根据规范, 儿童饮用水瓶体上须标有“儿童饮品”字样或其他功能说明, 生产商或销售商还应标注饮用水适宜年龄

(3 岁前或 3 岁后)、矿化度、化学成分、储存条件和保质期等信息。

此外, 较引人关注的是, 关于矿泉水, 新规范指出, 灌装天然矿泉水的水源必须来自地下, 须未曾受到人类活动的影响。而且, 使用这些水源须合乎所在国家的法律规定。

该文件于 2017 年 6 月 23 日由欧亚经济委员会理事会决定通过, 其所以在日前才开始实施, 是为了确保生产者和销售者向新的规范要求稳定过渡。

(来源: <http://news.foodmate.net>)