

新丰核桃的多因素压缩试验

Study on various factors compression test of Xinfeng walnut

刘奎^{1,2} 郭文川¹ 朱占江²

LIU Kui^{1,2} GUO Wen-chuan¹ ZHU Zhan-jiang²

(1. 西北农林科技大学机械与电子工程学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 新疆农业科学院农业机械化研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091)

(1. College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Agricultural Mechanization Xinjiang Academy of Agricultural Science, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

摘要:通过对新丰核桃进行挤压试验,研究含水率、加载速度及加载方向对核桃压缩特性的影响,并对核桃挤压破壳建立有限元模型分析,运用 ANSYS 对核桃在不同加载方向下的力学特性进行仿真。结果表明,核桃在厚度方向进行挤压破壳时所需的破壳力最大,此时的核桃壳裂纹扩散面积也最大,核桃壳破裂发生的形变最小,易于取出较完整的仁。挤压式和击打式两种破壳试验表明,多次多范围的冲击式加载能使核桃壳裂纹扩散率更大更均匀,得到的整仁率越高,能达到更好的破壳取仁效果。

关键词:新丰核桃;多因素;压缩试验;含水率;有限元模型分析

Abstract: The effects of moisture content, loading speed and loading direction on the compression characteristics of walnut were studied in this paper. Xinfeng walnut was compressed under different conditions, and a finite element model was established for walnut extrusion cracking. The largest cracking force was found when the walnut shell was compressed in the direction of thickness, and the largest cracking diffusion area also appeared in this direction, which resulted in removing the whole kernel more easily. Finally, through two kinds of walnut cracking tests of compressing and impact, it was shown that multiple and multi-range impact loading could make the walnut shell crack more even, with higher rate of kernel.

Keywords: Xinfeng walnut; various factors; compression test;

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:51865059);新疆维吾尔自治区重点研发项目(编号:2017B01003-2);乌鲁木齐市科学技术计划项目(编号:G161010002)

作者简介:刘奎,男,新疆农业科学院农业机械化研究所副研究员。

通信作者:郭文川(1969—),女,西北农林科技大学教授,博士生导师。E-mail: guowenchuan69@126.com

收稿日期:2019-11-15

moisture content; finite element model

据统计^[1],新疆核桃种植面积已达 35 万 hm²,当前产量已达 2 016 kg/hm。新丰核桃是新疆的主栽核桃品种之一,其果树长势较强、产量高、果仁含油量高,适合油用品种;其营养价值仅次于新新 2,高于温 185、扎 343 和新光^[2]。

破壳处理是核桃采后加工中的一个主要工艺,研发先进的核桃加工技术和设备,解决核桃精深加工的技术瓶颈成为当前亟待解决的问题。19 世纪初,国外就开始核桃破壳处理的基础性研究^[3-4],而中国对坚果破壳方面的研究起步较晚,目前也自主研制了形式多样的破壳机构^[5-7]。史建新等^[8]发现了核桃壳变形量不大且产生局部裂纹点多、裂纹点易扩展的最佳的施力方式。丁正耀等^[9]确定了山核桃壳变形量不大且产生局部裂纹点多、裂纹点易扩展的最佳施力方式。王维等^[10]确定了最佳核桃破壳加载方位及破壳的最佳条件。上述研究未考虑核桃含水率、加载速度及加载方向等多因素在破壳时的影响以及在此基础上进行模拟试验。

试验拟针对新丰核桃破壳的影响因素,设计多因素混合水平分析试验,研究各参数对破壳的影响,对建立的核桃模型进行模拟分析,并进行破壳试验验证,确定最佳破壳方式,以期为新丰核桃破壳取仁设备的研制提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

新丰核桃(图 1):经过滚筒分级机分级后中等尺寸大小的核桃,新疆维吾尔自治区喀什地区的叶城县。

1.2 试验设备

微机控制电子万能试验机:WDW-100E 型,济南恒思

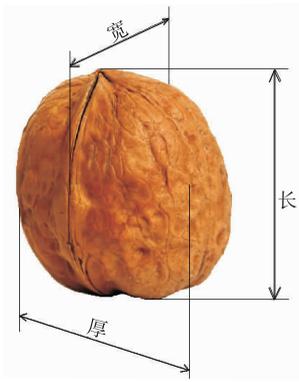


图1 新丰核桃

Figure 1 Xinfeng walnut

盛大仪器有限公司;

电热干燥箱: BPG-9070A 型, 上海高致精密仪器有限公司;

水分测定仪: DHS16 型, 上海方瑞仪器有限公司。

1.3 试验方法

试验前将完整无损的核桃放在水中浸泡 4 h, 于干燥箱中烘干, 每间隔一段时间取出一个核桃测其含水率, 当依次测得的含水率接近 13%, 10%, 8%, 4% 时, 分别取出部分核桃作为压缩测试样本。

表1 新丰核桃壳及仁的几何尺寸

Table 1 Geometrical sizes of 'Xinfeng' walnut' shell and kernel

类别	长/mm	宽/mm	厚/mm	壳厚/mm	平均直径/mm	表面积/cm ²
带壳核桃	42.01±1.69	34.10±1.12	33.01±1.38	1.43±0.15	37.38±1.32	42.03±2.95
核桃仁	33.03±1.43	23.69±1.39	28.68±1.46		28.11±1.26	24.88±2.33

2.2 机械特性

2.2.1 含水率对核桃壳及核桃仁破裂力的影响 由图 3 可知, 随着含水率的增加, 核桃壳与核桃仁破裂所需的加载力在长、宽、厚 3 个方向上均呈递减趋势, 由于含水率的增大, 核桃壳及仁的组织变软, 其破裂力减小; 核桃在宽度方向上所需的破裂力小于长度和厚度方向的, 由于核桃缝合线处的结合力较小, 优先于其他部位直接裂开。

2.2.2 含水率对核桃壳破裂做功的影响 由图 4 可知, 随着含水率的增加, 核桃壳的破裂做功在长、宽、厚 3 个方向上呈递增趋势; 核桃壳破裂的最大做功出现在长度方向, 说明在此方向上破裂时的形变量最大, 更易伤到内部核桃仁, 而在厚度方向上加载所需的做功量最小, 核桃壳破裂时产生的形变最小, 对内部核桃仁的损伤也相对较小。

3 核桃壳破裂的有限元分析

3.1 核桃材料属性确定及网格划分

通过 UG 建立核桃模型, 并保存为 stp 格式, 导入

为了测试不同因素对新丰核桃压缩试验的影响, 首先用 WDW 系列微机控制电子万能试验机在加载速度 20, 50, 100 mm/min 下, 对核桃进行长、宽、厚 3 个不同方向的加载试验(如图 2), 分析含水率的变化对核桃壳破裂所需的加载力及破裂做功(压力与破裂压缩形变量的乘积)的影响。

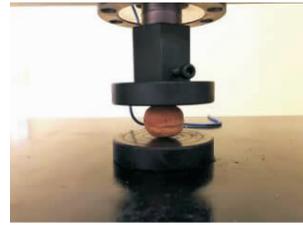


图2 核桃压缩试验示意图

Figure 2 Walnut compression test

2 试验分析

2.1 物理特性

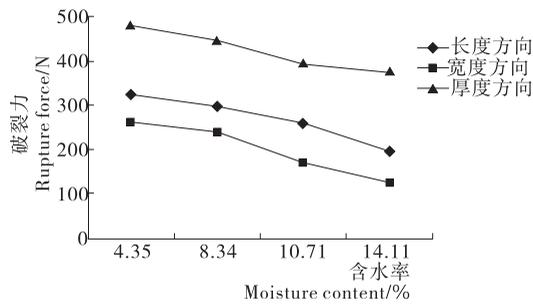
新丰核桃壳及仁的几何尺寸如表 1 所示。由表 1 可知, 核桃壳的平均厚度为 1.43 mm, 其标准偏差为 0.15 mm, 说明新丰核桃壳的壳厚比较均匀, 研究结果有良好的适用性。

ANSYS 进行有限元分析。果壳的弹性模量取 22.5 MPa, 密度为 590 kg/m³, 泊松比为 0.3^[11], 核桃壳平均壁厚采用中等核桃壳厚度尺寸, 定为 1.5 mm。根据模型特点, 采用自由网格划分, 模型与网格划分如图 5 所示。

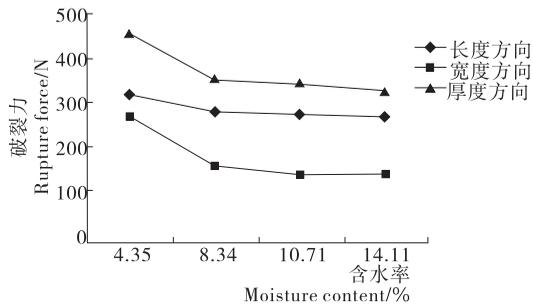
3.2 有限元受力分析

选择施加在核桃模型长、宽、厚 3 个方向的加载力分别为 281, 180, 343 N。根据机械破壳核桃受力情况, 分别对核桃模型在长、宽、厚 3 个方向施加一对对称挤压力。将核桃壳材质假定为脆性材料, 核桃的破坏方式则表现为脆性破坏, 故采用脆性断裂破坏强度准则^[12]。

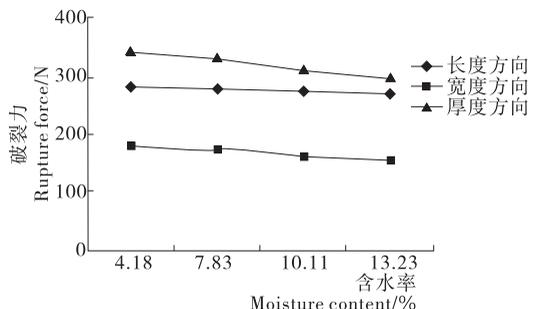
由图 6 可知, 各个方向加载时的应力、应变均出现在加载点处。长度方向加载时, 核桃的应变出现在加载点周围很小的范围, 因此核桃可能产生局部破裂, 即未完全破开, 不便于后续的取仁。宽度方向加载时, 由于处于核桃接缝处, 所需破壳应力较小, 易使核桃壳从接缝处裂开, 但更易使核桃直接沿缝线破成两半, 导致核桃仁受损, 整仁率降低。厚度方向加载时, 核桃的应变有逐渐向外扩散的趋势, 核桃外壳整体受破裂力范围较大, 说明在



(a) 20 mm/min



(b) 50 mm/min



(c) 100 mm/min

图 3 核桃壳含水率对破裂力的影响

Figure 3 Relationship between walnut rupture force and moisture content

此方向加载核桃壳的裂纹扩散优于其他两个加载方向，虽然所需应力较大，但更易使核桃壳产生大面积的破裂，有利于破壳取仁。

4 破壳试验

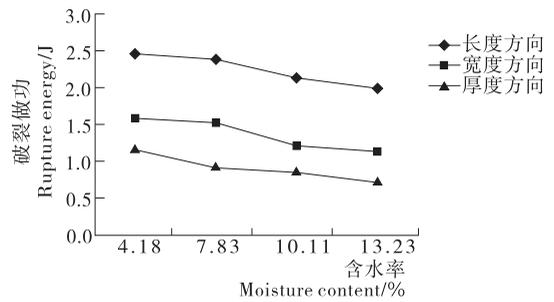
以大小均匀的新疆新丰核桃(核桃原果含水率约为 6.3%)为试验对象,每组试验核桃原料的重量为 2 kg,将核桃按试验要求破壳,然后手工取核桃仁。将核桃仁分为 4 个等级,称量,计算百分比。

4.1 沿不同加载方向上的破壳试验

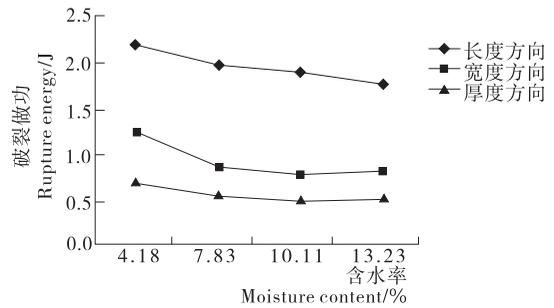
由表 2 可知,在厚度方向取得的 1/2 仁比例较多,而在长度方向较少,与 3.2 的结果相对应。在厚度方向上破壳时,核桃直接沿缝线裂开的较多,未全破的核桃比例最高,需换方向再次进行挤压才能取出核桃仁,但再次挤压会使核桃仁进一步破碎,不利于取较完整的核桃仁。

4.2 不同破壳方式的破壳试验

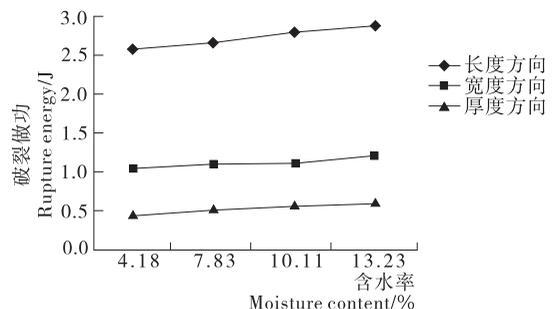
核桃的加载方向为厚度方向,分别对核桃进行击打



(a) 20 mm/min



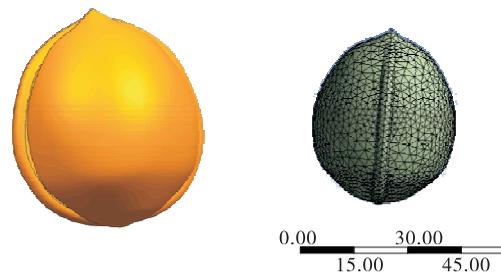
(b) 50 mm/min



(c) 100 mm/min

图 4 核桃壳含水率与核桃破裂做功的关系

Figure 4 Relationship between walnut rupture energy and moisture content



(a) 模型

(b) 网格划分

图 5 三维模型和网格划分

Figure 5 3D modeling and meshing

破壳和挤压破壳,取出核桃仁计算破壳效果。挤压破壳采用万能试验机,采用 100 mm/min 的加载速度对核桃进行挤压;击打破壳是一只手将核桃固定放在地面上,另一只手手持木板均匀发力在核桃顶部周围敲击,直至核桃壳裂开,能用手轻轻拨开外壳取出核桃仁为止。由表 3

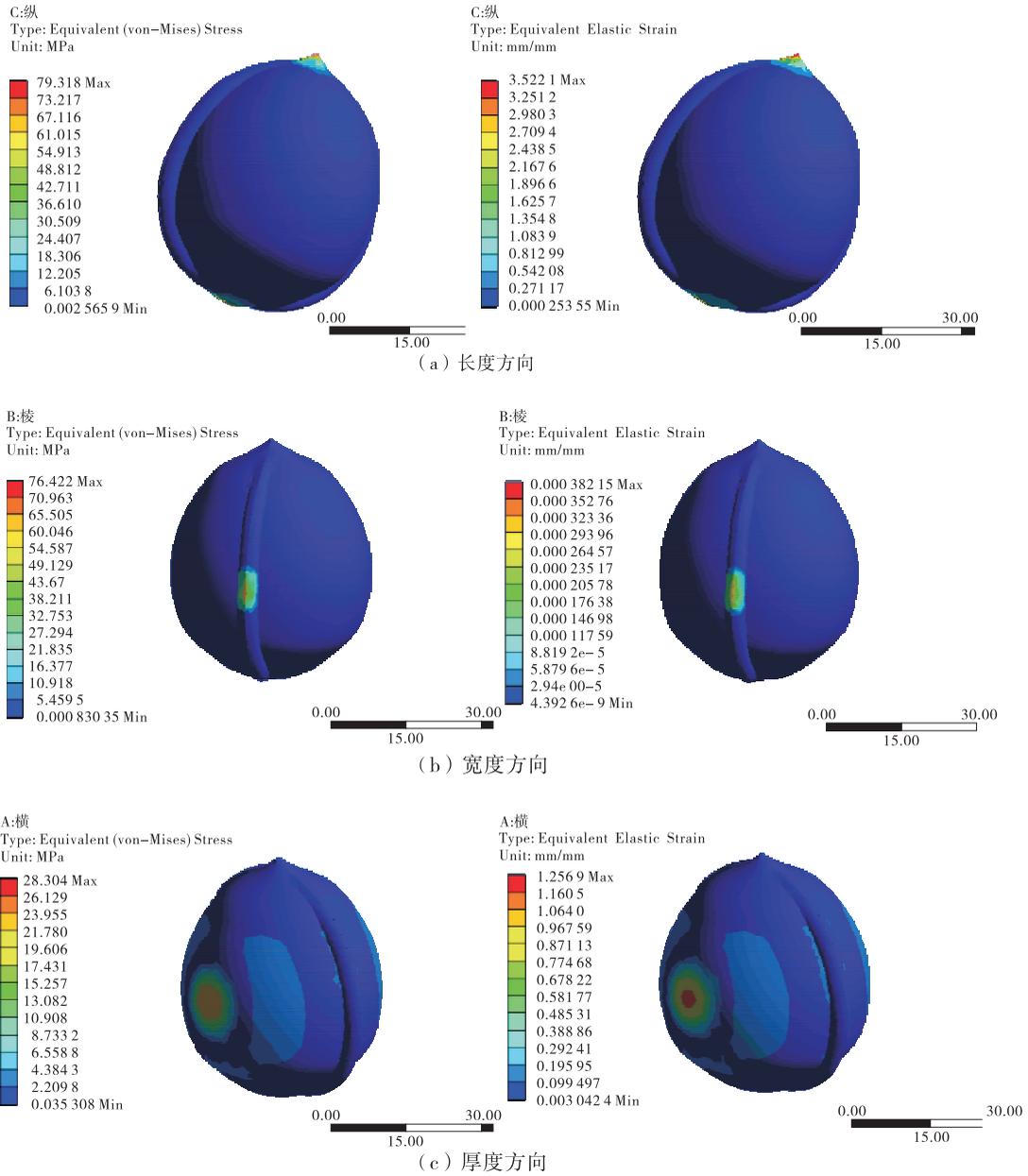


图 6 应力应变有限元分析

Figure 6 Finite element analysis of stress and strain

表 2 沿长、宽、厚 3 个方向破壳的效果

Table 2 The effect of cracking in X, Y and Z directions

破壳方向	1/2 仁		1/4 仁		1/8 仁		1/16 仁		核桃仁总重/kg	未全破/kg
	重量/kg	占比/%	重量/kg	占比/%	重量/kg	占比/%	重量/kg	占比/%		
长度方向	0.35	38.0	0.34	37.0	0.18	19.6	0.05	5.4	0.92	0.17
宽度方向	0.37	37.4	0.41	41.4	0.16	16.1	0.05	5.1	0.99	0.22
厚度方向	0.39	40.6	0.37	38.5	0.16	16.7	0.04	4.2	0.96	0.13

可知,击打式破壳取得的整仁率高于挤压式破壳,未完全破壳率也较低,破壳取仁效果较好。多点均匀快速加载

更有利于核桃壳裂纹的均匀扩散,减少单点受力发生形变直至破裂对核桃仁的损伤,从而得到较高的整仁率。

表 3 不同破壳方式破壳的效果
Table 3 The effect of different cracking speed

破壳方向	1/2 仁		1/4 仁		1/8 仁		1/16 仁		核桃仁总重/kg	未全破/kg
	重量/kg	占比/%	重量/kg	占比/%	重量/kg	占比/%	重量/kg	占比/%		
挤压破壳	0.35	38.5	0.41	45.0	0.10	11.0	0.05	5.5	0.91	0.18
击打破壳	0.43	45.7	0.33	35.1	0.14	14.9	0.04	4.3	0.94	0.10

5 结论

含水率、加载速度、加载方向均对新丰核桃破壳时的机械性能有一定影响。含水率大小改变了物料的韧性,新丰核桃壳的含水率大小对其机械性能影响较为明显。通过对核桃壳破裂的有限元分析,结合破壳试验分析得出:沿核桃壳厚度方向周围进行击打破壳,能达到较好的破壳取仁效果,核桃仁的完整率较高,未完全破壳率较低,有利于机械化的破壳取仁。对核桃在工厂机械化加工时如何使核桃保持在厚度方向破壳的因素和条件还未系统研究,如何在机械化的高生产率加工中使核桃按照特定姿态下完成破壳,从而得到较好的破壳效果将是今后研究的重点。

参考文献

[1] 李源, 马文强, 朱占江, 等. 新疆核桃产业发展现状及对策建议[J]. 农业学报, 2019, 9(17): 80-86.
[2] 张强, 虎海防, 李西萍. 七个新疆良种核桃品质评价分析[J]. 北方园艺, 2010(19): 16-17.
[3] PLIESTIC S, DOBRICEVIC N, FILIPOVIC D, et al. Physical properties of filbert nut and kernel[J]. Biosystems Engi-

neering, 2006, 93(2): 173-178.
[4] LEDBETTER C A. Shell cracking strength in almond (*Prunus dulcis*) and its implication in uses as a value-added product[J]. Bioresource Technology, 2008, 99(13): 5567-5573.
[5] 张林泉, 龚丽. 剥壳机具的现状与效果改进方法的探讨[J]. 食品与机械, 2006, 22(4): 72-74.
[6] 曹成茂, 李正, 罗坤, 等. 山核桃二次破壳取仁机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2019, 50(3): 128-135.
[7] 刘甲振, 耿爱军, 栗晓宇, 等. 国内外核桃破壳技术与装备研究进展[J]. 中国果树, 2019(1): 16-20, 26.
[8] 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.
[9] 丁正耀, 朱德泉, 钱良存, 等. 山核桃坚果有限元模型建立及受力分析[J]. 农业装备与车辆工程, 2010, 6(5): 6-12.
[10] 王维, 贺功民, 王亚妮. 核桃的力学特性及有限元分析[J]. 中国农机化学报, 2013, 34(6): 103-106.
[11] 梁莉, 郭玉明, 张鹏, 等. 微波对核桃壳体材料拉伸力学性质的影响研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2010, 31(5): 71-74.
[12] 张彦彬, 刘洋, 刘明政, 等. 核桃剥壳取仁机的设计与实验研究[J]. 农机化研究, 2014, 4(4): 132-136.

信息窗

俄罗斯拟研究开发食品中邻苯二甲酸酯和其他对内分泌系统有害的物质的检测方法

俄罗斯联邦兽医和植物卫生监督局 3 月 18 日消息:近日,隶属于俄罗斯联邦兽医局的全俄动物和饲料药物治疗标准化中心的研究人员正在制定新的研究计划:拟创建识别食品中对人体内分泌系统有害的化合物的方法,相关化合物包括邻苯二甲酸酯、缩水甘油醚以及:3-氯丙烷-1,2-二醇(3-MCPD)。

邻苯二甲酸酯可通过环境污染或包装材料渗入到食品中。研究证明,邻苯二甲酸酯进入人体内会破坏内分泌系统的活动并降低人体的保护性能。因此,某些邻苯二甲酸盐已被禁用。

3-氯丙烷-1,2-二醇(3-MCPD)及其相关的甘油氯衍生物是在使用盐酸处理植物材料的过程中形成的,将植物油加热到 200 °C 以上的高温也会形成上述两种类型的化合物。

目前国际上尚未形成测试食品中上述物质的统一标准方法,在结合气相色谱和质谱检测的基础上,全俄动物和饲料药物治疗标准化中心的研究人员将开发一种全新的检测方法,确定脂肪类与含脂食品中是否含有上述 3 类化合物。

(来源: <http://news.foodmate.net>)