

基于 Workbench 的青核桃力学特性分析

Analysis on mechanical properties of green walnut based on Workbench

郑甲红 吴东泽 梁金生 牛硕雅

ZHENG Jia-hong WU Dong-ze LIANG Jin-sheng NIU Shuo-ya

(陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of
Science & Technology, Xi'an, Shaanxi 710021, China)

摘要:根据青核桃去皮过程中的受力特点,分析青核桃静力学特性,建立青核桃的几何模型;通过对青核桃进行不同加载方式下的压力试验,运用 Workbench 对青核桃在不同加载方式下的力学特性进行仿真模拟。通过比较压力试验和模拟仿真值,发现二者的结果一致,说明仿真的可行性,所建的力学模型可以分析核桃青皮在去皮过程的破损机理,可为研制新型青核桃去皮机械提供参考依据。压力试验与有限元模拟结果表明,施加相同压力条件下,方向并不是去青皮的决定性因素。

关键词:核桃;力学特性;弹性模量;Workbench;去皮机械

Abstract: According to the characteristics of the stress in the process of the peeling of walnut, analyzed the static characteristics of the walnut and create a geometrical model of the green walnut. By the pressure test of the green walnut under different loading direction, simulated the mechanical characteristics at the same time by using workbench. Then, by comparing the pressure test and the simulation results, two results were obtained, which proves the feasibility of the simulation analysis. In addition, the establishment of mechanical model can be also used to analyze the walnut green damage theory during the peeling process, which provided reference for the development of new green walnut peel equipment. Pressure test and finite element simulation results showed that under the conditions applied to the same pressure, force direction was not decisive factor to remove the peel.

Keywords: walnut; mechanical properties; elastic modulus; workbench; peeling machine

核桃原产于中亚,是胡桃科核桃属多年生落叶乔木,有“木本油料王”之称。中国栽培的核桃品种约有 40 余种,已有 2 000 多年的栽培历史,其分布范围由西部逐渐扩展到黄河流域,其面积和产量均居世界首位^[1-3]。核桃仁营养丰富,有

补肾、温肺、润肠之功,又有强身健脑、驻颜延年之用^[4,5]。

中国是核桃生产大国^[6],随着劳动力的减少,机械化已不断走向成熟。在青核桃去皮方面中国也有不断进展,有鼠笼式去皮机^[7]和滚筒揉搓式去皮机^[8],这两种机械结构对核桃破损率、青皮脱尽率及效率都有新的突破。对于机械脱青皮方面的研究,虽然有了几代机的发明改进但是还存在着一些缺陷,如机器的适应差、破损率高以及去皮过程中核桃青皮被压发胀将核桃染成黑色影响美观等^[9]。导致目前去皮机还未能普及,因此对核桃去皮设备的研制具有重要的意义。

为了克服目前去皮机械存在适应性低、破碎率高和忽略了核桃青皮提取物对马铃薯蚜虫与瓢虫的杀虫活性的价值问题^[10]。本研究拟根据青核桃去皮过程的受力特点,通过 ANSYS-workbench 对青核桃进行力学特性分析^[11],旨在研制新型青核桃去皮机械提供依据。

1 青核桃的几何模型及其假设

青核桃的组织结构可分为青皮、硬壳和核桃仁三部分。试验发现在青核桃的生长初期,三者的材料属性是没有明显区别的,而成熟的青核桃,其青皮、硬壳及核桃仁的材料属性有着明显的区别。其各项性能参数的差别亦较大,完全成熟的核桃青皮和硬壳是分离的,二者之间有着很小的间隙,对此可以将成熟的青核桃假设为一个空心球^[12]。本试验研究成熟青核桃在常温下的静力学特性,首先,建立青核桃的几何模型及进行压力试验的方向假设^[13],见图 1。图 1 中长轴方向即 X 轴方向,短轴方向为 Y 轴方向,倾斜方向为在 XY 平面内旋转一定角度的方向。

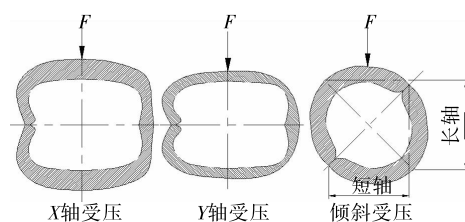


图 1 青核桃几何模型及试验压力方向图

Figure 1 The green walnut geometry model and test the pressure direction

基金项目:陕西省科技厅农业攻关项目(编号:2014K01-32-01);陕西省教育厅产业化项目(编号:14JF003)

作者简介:郑甲红(1963—),男,陕西科技大学教授,硕士。

E-mail: 909195403@qq.com

通讯作者:吴东泽

收稿日期:2015-04-06

2 青核桃的压力试验及参数确定

2.1 试验材料与设备

试验用青核桃为陕西省商洛市的“香玲”品种,该品种单果重 9.5~15.0 g,果个偏小,壳薄,壳面光滑美观,缝合线较平,不易开裂^[14]。测得香玲青果侧截面短轴长 36.10~42.58 mm,长轴长 39.20~48.18 mm。

万能材料试验机:PT-1036PC 型,宝大国际仪器有限公司。

2.2 参数确定

参照文献^[15],弹性模量 E 是表征应力—应变关系的重要参数。如果允许将农业物料制成圆柱形试料,用平行平板压缩,则可以借助有关理论通过测得的应力与应变计算弹性模量。由于试验中的压头半径大于产品的最大曲率半径,所以可将试验视为平行平板压缩。根据赫芝公式,见式(1):

$$E = \frac{0.338F(1-u^2)}{D^{\frac{3}{2}}} \left[K_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R'_1} \right)^{\frac{1}{3}} + K_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R'_2} \right)^{\frac{1}{3}} \right]^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

式中:

E ——弹性模量,Pa;

D ——压缩变形量,mm;

F ——压力,N;

u ——泊松比;

K_1, K_2 ——接触半径,mm;

R_1, R_2 和 R'_1, R'_2 ——被试物与平板上下接触处的最大、最小曲率半径,mm。

泊松比的确定:通常水果和蔬菜的泊松比在 0.2~0.5,所以选择核桃青皮的泊松比为 0.3^[16],即得青核桃皮沿 X 轴方向压缩时的弹性模量为 6.7×10^5 Pa,沿 Y 轴方向压缩时的弹性模量为 5.3×10^5 Pa,沿倾向方向压缩时的弹性模量为 6.2×10^5 Pa。

PT-1036PC 万能材料试验机试验结果见图 2,3 个方向的青皮破裂和坚果壳破裂所需的载荷有所差异,但是即使载荷加载到 20 kg 也不会影响到坚果壳的完好。因此在 Workbench 设置中,3 个方向加载的力均设为 20 kg,即 196 N。

3 青核桃破损的有限元受力分析

根据上述压力试验确定的模拟参数,在三维软件中建立

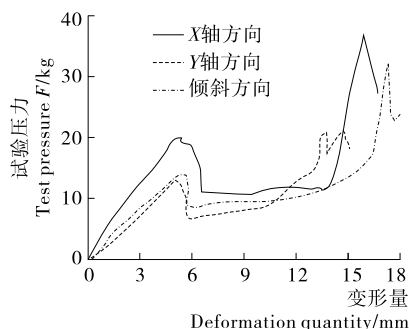


图2 加载方向不同时的试验压力与变形量的关系

Figure 2 The relationship between the test pressure and the direction of loading and deformation

青核桃模型,导入 Workbench 中,在 Geometry 中对已建好的青核桃模型添加印记面。设置完成后,通过有限元分析得到 Equivalent Stress(等效应力)、Equivalent Elastic Strain(等效弹性应变)和 Total Deformation(总变形)的分布情况,再对 3 个方向的应力、应变和总变形分布进行对比^[17,18],得到最佳的青皮剥离方向。

3.1 划分网格

在 Pro/Engineer 中对青核桃进行建模后,导入 Workbench 中进行网格划分^[19],根据青核桃的尺寸,采用人工划分网格的形式对青核桃进行网格划分,由于网格的疏密程度直接影响着计算结果的精确度,但是网格太密会增加 CPU 的计算时间且需要更大的存储空间,多次试验发现将有限单元设为 0.4 mm 时,所求得解与网格再细化后的解无明显改变,所以将网格尺寸设为 0.4 mm。划分网格后见图 3。

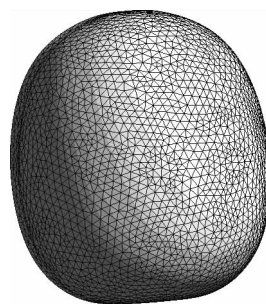


图3 网格划分图

Figure 3 Mesh map

3.2 青核桃沿 X 轴方向施力的有限元分析

先对青核桃进行固定约束,然后将集中载荷加在 X 轴方向与青核桃表面相交的印记面内,根据压力试验的数据分析施加 196 N 的力。图 4 为青核桃在 X 轴方向的应力分析云图、应变分析云图及总变形分析云图分布情况。

3.3 青核桃沿 Y 轴方向施力的有限元分析

将集中载荷加在 Y 轴方向与青核桃表面相交的印记面内,然后对青核桃进行固定约束在加载方向相对的印记面上,根据压力试验的数据分析施加 196 N 的力。图 5 为青核桃的 Y 轴方向的应力分析云图、应变分析云图及总变形分析云图分布情况。

3.4 青核桃沿倾斜方向施力的有限元分析

将集中载荷加在倾斜方向与青核桃表面相交的印记面内,然后对青核桃进行固定约束在加载方向相对的印记面上,根据压力试验的数据分析施加 196 N 的力。图 6 为青核桃的倾斜方向的应力分析云图、应变分析云图及总变形分析云图分布情况。

由图 4~6 可知,最大应力应变均集中出现在加载位置,然后向外扩散,由于青核桃表皮不平整,所以会出现类似月牙状云图,相对较高的表皮处应力应变会较大,这与压力试验得到的结论一致。3 个方向的总变形云图几乎一致,最大的变形均发生在青核桃的顶端,这一现象在压力试验中也得

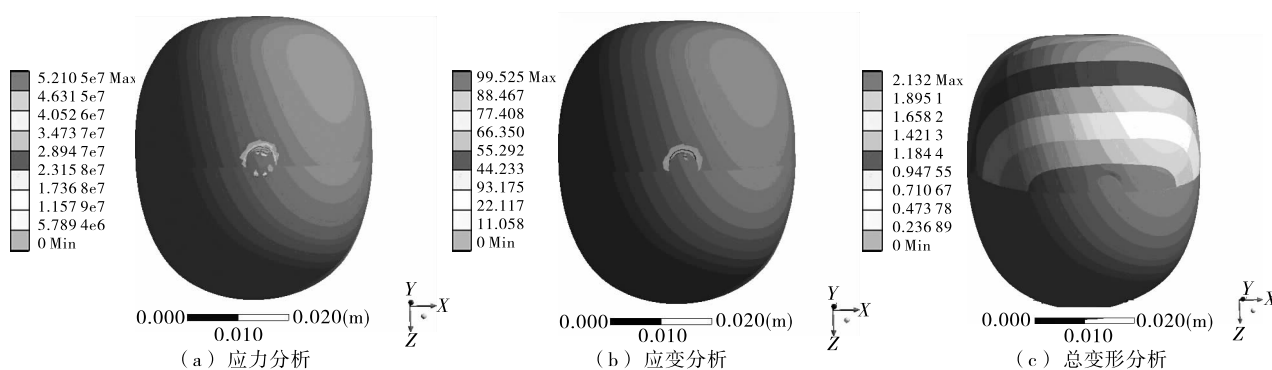


图 4 沿 X 方向施力的有限元分析云图

Figure 4 Finite element analysis of cloud force along the X direction

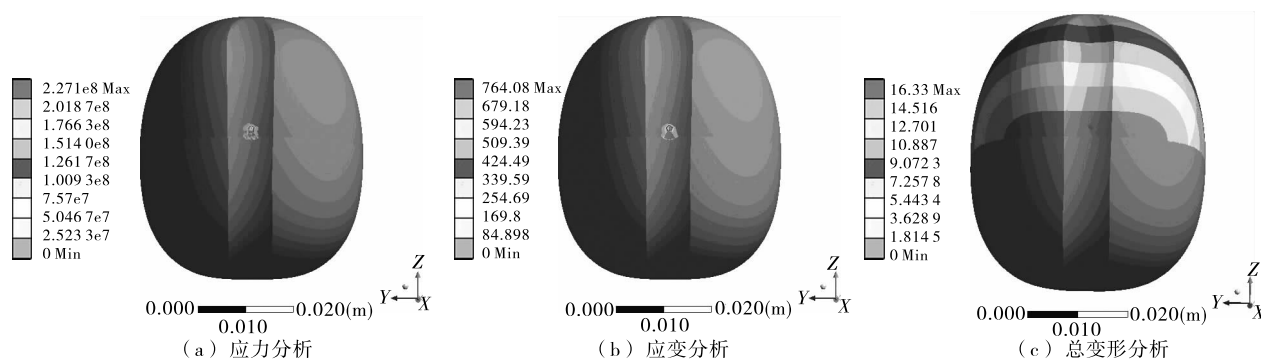


图 5 沿 Y 方向施力的有限元分析云图

Figure 5 Finite element analysis of cloud force along the Y direction

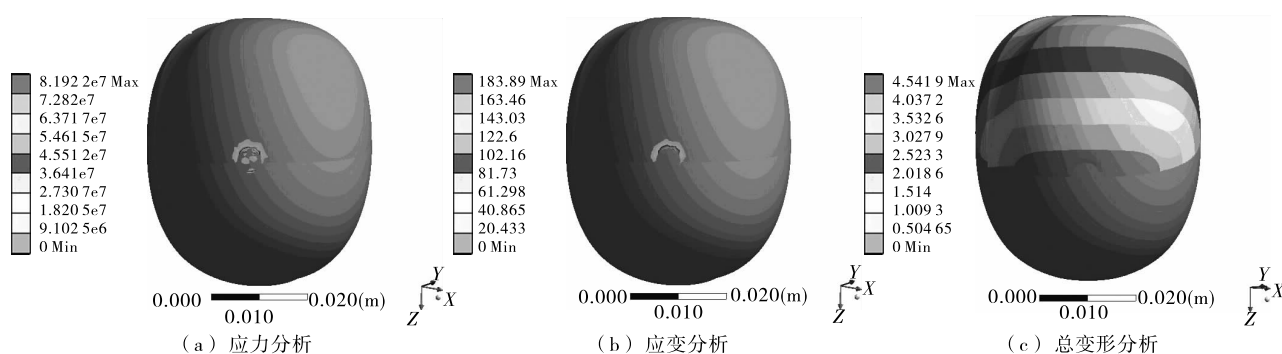


图 6 沿倾斜方向施力的有限元分析云图

Figure 6 Finite element analysis of the stress along the inclined direction

到了证实。由图 4~6 还可以看出,在核桃青皮剥离过程中,加载方向并不是决定性因素。

4 结论

本研究结果表明运用有限元法分析青核桃的压缩特性是可行的。由压力试验提供的力,在对青核桃 3 个方向施加 196 N 的力的条件下,有限元分析云图显示方向并不是去青皮的决定性因素;同时,有限元分析云图中出现的月牙状云图也与实际相符,说明有限元分析可以用于核桃去青皮过程的青皮破损机理分析。下一步将对青核桃去皮过程做动态仿真,以更直观地对去皮机械作进一步的改进。

参考文献

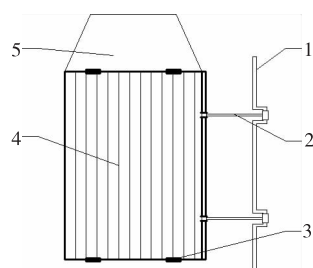
- 高海生,朱凤妹,李润丰.我国核桃加工产业的生产现状与发展趋势[J].经济林研究,2008(3):119~126.
- 杨忠强,李忠新,杨莉玲,等.核桃脱青皮技术及其装备研究[J].食品与机械,2013,29(6):121~124,142.
- 吴子岳.绵核桃剥壳机的研究设计[J].食品与机械,1995(3):22~24.
- 陈勤,陶夏平.葆春精胶囊补肾壮阳的实验研究[J].安徽大学学报(自然科学版),2004(3):65~69.
- 赵海峰,李学敏,肖荣.核桃提取物对改善小鼠学习和记忆作用的实验研究[J].山西医科大学学报,2004(1):20~22.
- 李忠新,杨莉玲,阿布力孜·巴斯提,等.中国核桃产业发展研究[J].中国农机化学报,2013(4):23~28.
- 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(3):14~16.
- 帕合尔鼎,杨莉玲,杨忠强,等.6TXH-600 型青核桃脱皮清洗机的研制[J].新疆农机化,2010(5):11~12.

(下转第 131 页)

用揉搓剪切剥离青皮,剥离的青皮是成块掉落,便于青皮的收集利用同时减少环境污染。当青核桃进入内外圆筒之间时开始会有一段起到导向作用的距离,继续旋转间隙逐渐减小,青核桃被挤压剪切。

2.3 分离机构的设计

如图 5 所示,分离机构采用曲柄摇杆机构,主要包括分离筛、连杆、曲轴。工作原理是青核桃经过揉搓剥离后,大部分青皮都与核桃分离,还有一小部分青皮与核桃相连,掉入抖动的分离筛后,经过分离筛的抖动摩擦以及核桃相互之间的挤压,全部的青皮都会分离并通过栅条筛子进行分离。筛子采用 6 号螺纹钢筋焊接制成,筛底为栅条状,相比网格筛的优点是能有效减少青皮及核桃的堆积现象,经过大量的实验测量测得已去皮的核桃的最小尺寸 31 mm,考虑到钢筋和核桃的微小变形,所以确定两钢筋之间的距离 25 mm。筛底向核桃出口口倾斜 15°,保证晃动分离筛的过程中核桃能够向出口口流动。



1. 曲轴 2. 连杆 3. 拉杆 4. 分离筛 5. 核桃出口口

图 5 分离筛俯视图

Figure 5 Top view of separation sieve

3 去皮机的试验

针对上述原理对去皮机器进行试制并作出相关试验。试验材料为大面积种植的矮化新品种——“香玲”。采用变频调速的方式改变内筒的转速,对内筒的转速进行 5 次变速试验,用转速表实测转速分别为 30.0, 42.0, 55.6, 70.0, 78.0 r/min;配套电机为 Y90L-4 1.5 kW 农用机械专用电机;根据青核桃及坚果的外形尺寸调整内外筒之间的间隙。启动机器运转正常后,从入料口加料。经过试验发现,最理想效果为:转速 55.6 r/min 时,去皮率为 98.33%,破损率为 2%,生产率约为 2 200 kg/h。

4 总结

结合目前市场上去皮设备存在的问题,通过采用揉搓剪切原理剥离青皮的方式,使得青皮在剥离过程中保持小块状,容易收集,对机器以及环境造成的污染小。本设计的特点:① 进行揉搓强度、揉搓时间、挤压力与青皮破碎率和剥净率的关系的试验和理论分析;② 对青皮的剥离不进行切削,避免了现有切削剥离方式的弊端;③ 结构简单,操作方便,经济安全。

参考文献

1 韩华柏,何方. 我国核桃育种的回顾和展望[J]. 经济林研究,

2004(3): 45~50.

- 2 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.
- 3 吴子岳. 绵核桃剥壳机的研究设计[J]. 食品与机械, 1995(3): 22~24.
- 4 冯连芬,吕芳德,张亚萍,等. 我国核桃育种及其栽培技术研究进展[J]. 经济林研究, 2006(2): 69~73.
- 5 王炜,李鹏霞,伍玉洁. 我国核桃发展现状与贮藏研究概况[J]. 农产品加工(学刊), 2007(4): 63~66, 86.
- 6 Andersen N G. Machine for fulling nuts: US, 2208239 [P]. 1940—07—16.
- 7 James C Hamilton. Hulling apparatus and method: US, 7302886B2[P]. 2007—12—04.
- 8 William R Ham. Nut shelling apparatus: US, 5404809 [P]. 1995—04—11.
- 9 刘广振. 陕西省核桃产业发展现状与基地建设对策研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- 10 王亚妮,卢军党,王维,等. 一种青核桃去皮机的设计与试验研究[J]. 包装与食品机械, 2014(1): 32~34.
- 11 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(3): 14~16.
- 12 张建国. 喷洒乙烯利和萘乙酸混合液促进核桃果皮开裂的研究[J]. 林业科技通讯, 1990(6): 23~25.
- 13 石鑫. 青核桃脱皮、清洗机的设计及试验研究[D]. 新疆: 新疆农业大学, 2010.
- 14 冯宏波,史毅伟. 5QHT-500 型青核桃脱皮清洗机的研制[J]. 农业机械, 2012(20): 67~68.

(上接第 88 页)

- 9 石鑫. 青核桃脱皮、清洗机的设计及试验研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2010.
- 10 王宏虬,缪福俊,李彪,等. 核桃青皮提取物对马铃薯蚜虫与瓢虫的杀虫活性[J]. 江苏农业科学, 2012(7): 112~114.
- 11 白欣欣,刘继展,李萍萍. 有限元法在农业物料力学研究中的应用进展[J]. 农机化研究, 2013(2): 5~8, 13.
- 12 夏恒,徐凌. 西瓜成熟度建模与动力有限元分析及其模态试验[J]. 江苏理工大学学报, 1998(2): 82~87.
- 13 王芳,王春光,杨晓清. 西瓜的力学特性及其有限元分析[J]. 农业工程学报, 2008(11): 118~121.
- 14 刘慧. 核桃品种介绍与评述[J]. 西北园艺(果树), 2012(1): 34~36.
- 15 吴德光,蒋小明. 农产品压缩试验研究及其应用(I)——压缩试验方法[J]. 云南农业大学学报, 1990(3): 171~176.
- 16 Jamal Nourain, 应义斌,王剑平,等. 西瓜的有限元模型及其应用(英文)[J]. 农业工程学报, 2005(1): 17~22.
- 17 王荣,焦群英,魏德强,等. 葡萄的力学特性及其有限元模拟[J]. 农业工程学报, 2005(2): 7~10.
- 18 谢丽娟,宗力. 莲子受力有限元分析[J]. 农业机械学报, 2006(6): 94~97.
- 19 丁欣硕,凌桂龙. ANSYS Workbench 有限元分析案例详解[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.