

文章编号:2095-7386(2019)04-0022-04

DOI:10.3969/j.issn.2095-7386.2019.04.005

油茶籽实际压缩比的试验研究

李正文,宋少云,郑晓,尹芳,冯新东
(武汉轻工大学机械工程学院,湖北武汉430023)

摘要:笔者以油茶籽作为研究对象,进行了实际压缩比的试验,依据油茶籽的应力应变关系数据,推导出实际压缩比与压榨压力的关系数据。根据试验数据,使用川北方程建立了油茶籽实际压缩比的数学模型,并进行了数据模拟,结果表明:所建立的实际压缩比数学模型是正确的。

关键词:油茶籽;实际压缩比;数学模型

中图分类号:TS212.4

文献标识码:A

Experimental study on oil yield and the realistic compression ratio of oil-tea camellia seed

LI Zheng-wen, SONG Shao-yun, ZHENG Xiao, YIN Fang, FENG Xin-dong

(School of Mechanical Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

Abstract: Taking oil-tea Camellia seed as the research object, the experimental study of the realistic compression ratio was carried out. Based on the stress-strain relationship data, the relationship between the realistic compression ratio and the pressing pressure is derived. According to the experimental data, the mathematical model of the realistic compression ratio of oil-tea Camellia seed is established by using Kawakita's Equation, and the data is simulated. The results show that the mathematical model of the actual compression ratio is correct.

Key words: oil-tea camellia seed; the realistic compression ratio; mathematical model

1 引言

油茶是我国特有的木本食用油树种,已经有2000多年的栽种和使用历史,与油橄榄、油棕、椰子并称为世界四大木本油料植物,与乌桕、油桐和核桃并称为我国四大木本油料植物^[1]。油茶籽油是一种具有很高营养价值和医疗价值的优质食用油。其中以油酸为主的不饱和脂肪酸含量高达83%,对预

防心血管等疾病有很大的益处,被誉为“东方橄榄油”^[2]。目前,国内外对油茶籽压榨效果和油茶籽油成分组成的研究较多,尚未发现对油茶籽压榨过程中实际压缩比研究的相关文献。

油料在冷榨过程中的基本特性研究主要有出油率、应力应变、实际压缩比等。郑晓等考察了菜籽、菜籽仁的出油压力和出油率的关系,并模拟计算了菜籽、花生、芝麻等油料作物实际压缩比^[3,4]。郑晓

收稿日期:2019-06-25 回修日期:2019-07-06

作者简介:李正文(1995-),男,硕士研究生,E-mail:946907949@qq.com

通信作者:宋少云(1972-),男,教授,E-mail:584554223@qq.com

还探讨了棉籽和蓖麻籽植物油料的冷榨应力-应变关系、应力-压缩比关系以及加载速率对应力-应变关系和应力-压缩比关系的影响,并探讨临界压榨压力选取问题^[5]。郑晓还采用半固态饱和物料和滤饼物料物理模型分别建立两个理论压榨比模型,运用 Hopfeild 神经网络方法识别压榨系数^[6]。

实际压缩比是油茶籽在被压榨前后的容积比,它真实地反映了压榨过程中受压情况的变化规律,它可以为榨油机炸膛的结构设计提供重要的指导作用。当油茶籽被压榨到一定程度后,很难再被压缩,此时可以把这个时刻认为是不可压缩阶段,油茶籽不可压缩阶段的起始压力定义为临界压榨压力^[7]。榨油机的最大压榨压力应该小于临界压榨压力,所以临界压榨压力可以为榨油机的压榨过程中的最大压力值设计提供可靠的依据。

目前,并无统一的油料临界压缩比选取标准,对榨油机压缩比设计缺乏指导^[8]。因此,笔者在本文中首先通过压榨试验,油茶籽的应力应变关系数据,并推导出油茶籽实际压缩比与压榨压力的关系;然后,依据川北压制方程,建立了油茶籽实际压缩比的

数学模型。最后,对比实测值与模拟值,确立了所建立的实际压缩比模型的正确性与合理性。

2 实际压缩比的试验方法及试验数据

本试验装置为侧限排油柱塞式压榨装置。压榨室的内径为 44 mm,在底座上开 5 mm 的槽孔,用来排出压榨时所流出的油,该装置的详细结构请参见文献^[9]。试验用的油茶籽产自于湖北省,且所用到的油茶籽皆为剥壳油茶籽。

试验中油茶籽 40 g,加载速率分为以下 4 个水平:0.01 kN/s、0.02 kN/s、0.04 kN/s 和 0.06 kN/s;将称好的油茶籽装入压榨室内;将试验装置置于材料压缩试验机上,利用材料压缩试验机上的加载装置对试验装置进行加载,以恒定的加载速率 0.04 kN/s 加载到指定的压力水平,然后卸载。本试验为单面渗透排油压榨试验,在常温 18 ℃ 下进行。

本次试验主要探究油茶籽在冷榨过程中实际压缩比的变化规律。试验测得的不同加载速率下的应力应变结果如下表 1 所示,并由此结果进而推导出实际压缩比与压力之间的关系。

表 1 40 g 油茶籽的不同加载速率的应力应变结果

压力(P/MPa)	0	5	10	20	30	40	45
0.01 kN/s 时的 应变 $\epsilon/\%$	0	65.116 3	72.674 4	78.031 6	80.730 9	82.205 1	82.807 3
0.02 kN/s 时的 应变 $\epsilon/\%$	0	60.400 9	67.844 4	73.064 7	75.664 9	77.292 6	77.848 4
0.04 kN/s 时的 应变 $\epsilon/\%$	0	63.595 1	69.277 8	75.591 9	78.650 4	80.347 3	80.899 8
0.06 kN/s 时的 应变 $\epsilon/\%$	0	60.077 8	66.509 6	72.900 5	76.136 8	78.000 8	78.676 8

3 油茶籽实际压缩比的数学建模

根据油料压榨实际压缩比的定义,可得油茶籽的实际压榨理论计算模型

$$\epsilon_n = \frac{V_0}{V} \tag{1}$$

(1)式中: ϵ_n ——油茶籽的实际压缩比;
 V_0 ——压榨前油茶籽的体积;
 V ——压榨后油茶籽的体积。

本试验属于侧限压榨试验,故试验中油茶籽的径向应变为 0,所以油茶籽的体积应变就等于轴向应变。又轴向应变 ϵ 定义公式,得出关系式:

$$\epsilon = \frac{V_0 - V}{V_0} = \frac{\epsilon_n - 1}{\epsilon_n} \tag{2}$$

由式(2)得:

$$\epsilon_n = \frac{1}{1 - \epsilon} \tag{3}$$

又依据川北压制方程

$$\epsilon = \frac{V_0 - V}{V_0} = \frac{abp}{1 + bp} \tag{4}$$

将式(4)代入式(3)中得

$$\epsilon_n = \frac{1 + bp}{1 + (1 - a)bp} \tag{5}$$

式(5)反应了榨膛内压力与油茶籽实际压缩比

的关系,此即油茶籽实际压缩比的数学模型。为了得到临界压榨压力,将式(5)进一步求导

$$\frac{d\epsilon_n}{dp}=\frac{ab}{[1+(1-a)bp]^2}$$

(6)

该式反应了油茶籽的实际压缩比对压力的变化率。

式(5)和式(6)中的常数 a 和 b 需要根据试验来

确定。

4 实际压缩比模拟结果与试验结果对比分析

根据油菜籽压缩试验,可以测得,计算出油茶籽的实际压缩比,见表 2。

表 2 油茶籽的实际压缩比

压力(P/MPa)	0	5	10	20	30	40	45
0.01 kN/s 时的 实际压缩比 ϵ_n	1	2.866 7	3.659 6	4.552 0	5.189 7	5.619 6	5.816 4
0.02 kN/s 时的 实际压缩比 ϵ_n	1	2.525 3	3.109 9	3.712 6	4.109 3	4.403 9	4.514 3
0.04 kN/s 时的 实际压缩比 ϵ_n	1	2.746 9	3.255 0	4.097 0	4.684 0	5.088 4	5.235 5
0.06 kN/s 时的 实际压缩比 ϵ_n	1	2.504 9	2.986 0	3.690 1	4.190 6	4.545 6	4.688 0

将表 2 中的部分数据代入式(5)中,得出常数 a、b 的值,见表 3。

表 3 常数 a、b 的计算值

加载速率 (kN/s)	0.01	0.02	0.04	0.06
a	0.8 596	0.8 106	0.8 487	0.8 277
b	0.5 469	0.5 136	0.4 444	0.4 091

将模拟出的应力-实际压缩比函数曲线与离散的实际值进行比较,其结果见图 1—图 4 所示。

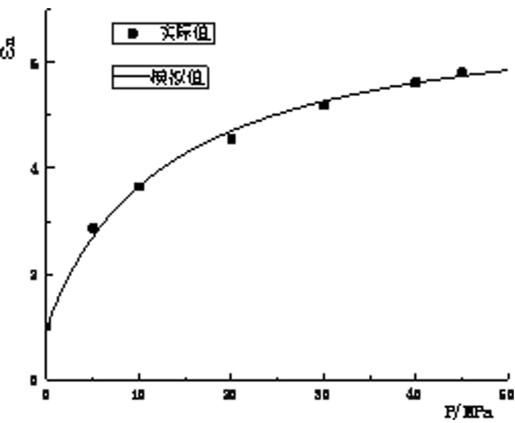


图 1 加载速率为 0.01 kN/s

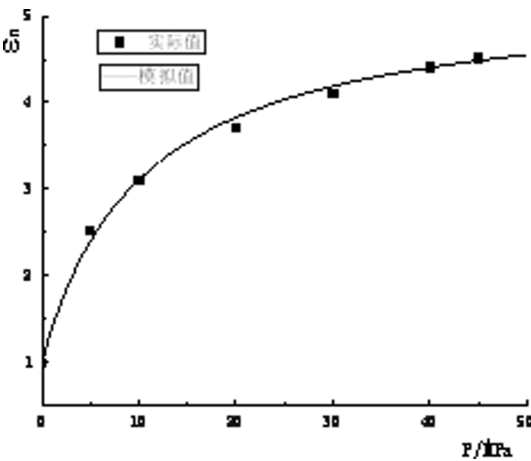


图 2 加载速率为 0.02 kN/s

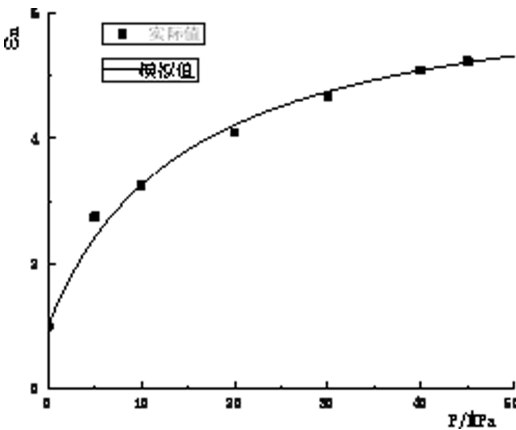


图 3 加载速率为 0.04 kN/s

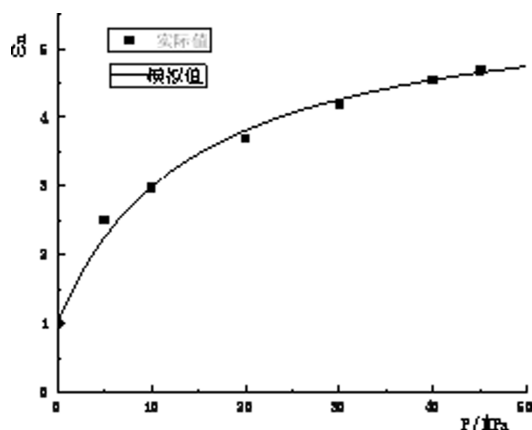


图4 加载速率为 0.06 kN/s

从图1—图4可以看出,试验所得的实际值与所建立的理论数学模型很贴合,从而证明了本文所建立的数学模型是比较准确而可靠的。将建立的数学模型进一步求导得到式(6)所绘制的曲线见图5所示。

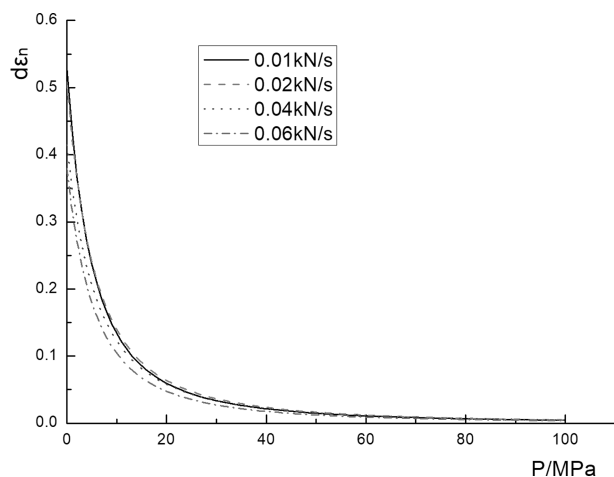


图5 油茶籽实际压缩比变化率

从图5可以发现,当压力超过80 MPa的时候,实际压缩比的变化率近乎为0,相当于达到不可压缩状态,故油茶籽的工程实际临界压榨压力几乎为80 MPa。故加载速率为0.01 kN/s时,临界压缩比为6.26;加载速率为0.02 kN/s时,临界压缩比为4.79;加载速率为0.04 kN/s时,临界压缩比为5.72;加载速率为0.06 kN/s时,临界压缩比为5.08。

依据渗流理论,液体在多孔介质中的渗流量与时间成正比。加载速率越大,渗流的时间越短,意味着加载速率越大,渗流量越小,实际压缩比越小。因此,实际压缩比随着加载速率的增大而减小。从上述结果可以看出,基本符合这个趋势。在试验中,加载速率为0.02 kN/s时却比加载速率为0.04 kN/s的实际压缩比小。这个特例的出现,意味着并不一定是实际压缩比随着加载速率的增大而减小。产生

这个现象的原因可能是:虽然在压榨的过程中,尽可能长的时间可以让油脂充分排出,但是如果时间过长,会出现流油通道变窄甚至关闭的现象。因此,每一种油料作物在压榨时都会有一个合适的压榨速率。这个压榨速率既不可以太快,使得油来不及排出,也不能太慢,使得流油的通道变窄。

由此结果可以看出:加载速率为0.04 kN/s可能是一个性价比较高的加载速率,加载速率大即意味着工作效率高,同时临界压缩比大即意味着较高的出油率,可以为榨油机的结构合理设计提供一个参考。

5 结束语

本文采用柱塞式压榨装置对油茶籽进行压榨试验,在实际压缩比试验中,油茶籽的临界工程压力为80 MPa,加载速率为0.04 kN/s,临界压缩比为5.72。这可以为油茶籽的柱塞式榨油机的结构设计提供指导意义。

参考文献:

- [1] 马力. 油茶籽的综合开发[J]. 粮食与食品工业, 2007, 14(3): 10-12, 16.
- [2] 李文林, 黄凤洪. 油茶籽脱壳低温压榨工艺的研究与应用[J]. 中国油脂, 2012, 37(5): 13-15.
- [3] 郑晓, 林国祥, 尹芳, 等. 菜籽及菜籽仁出油压力与出油率的试验研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2005(10): 51-53+57.
- [4] 郑晓, 林国祥, 尹芳, 等. 植物油料实际压缩比计算模型与数值模拟[J]. 农业机械学报, 2006, 37(8): 10-14.
- [5] 郑晓, 林国祥, 游燕, 等. 棉籽和蓖麻籽的冷榨试验与数值模拟[J]. 农业工程学报, 2007, 23(9): 260-264.
- [6] 郑晓, 李智, 林国祥, 等. 基于 Hopfield 神经网络的油菜籽脱皮冷榨压榨系数识别[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 125-129.
- [7] 雕鸿荪. 油料预处理及压榨工艺学[M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 1985.
- [8] 刘汝宽, 许方雷, 肖志红, 李培旺, 吴红, 张爱华, 李昌珠. 蓖麻籽单轴压榨制油临界压缩比模型构建及计算[J]. 林业工程学报, 2017, 2(02): 83-88.
- [9] 郑晓, 林国祥, 王少梅. 油料冷榨的应力应变关系研究[J]. 中国油脂, 2005, 30(10): 39-41.