

基于 ANSYS Workbench 对单螺旋榨油机 榨膛温度分布情况的研究

李芃荃, 谭雪松, 张黎骅, 李 举

(四川农业大学 机电学院, 四川 雅安 625000)

摘要:采用单螺旋榨油机压榨的方式,通过加热装置对榨膛辅助预热实现对油料的预热处理,用红外测温仪得到榨膛外壁测点温度。依据热传导反问题理论,再通过 ANSYS Workbench 得到榨膛内外壁温度分布情况。对比榨膛外壁实测温度与仿真温度,误差范围在 $-2.023\% \sim 6.274\%$ 之间,表明通过 ANSYS Workbench 可预测榨膛内外壁温度分布。

关键词:单螺旋榨油机;红外测温仪;热传导反问题理论;ANSYS Workbench;榨膛内外壁温度分布

中图分类号:TS223.3;S226.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-7969(2020)12-0137-05

Temperature distribution of single screw oil press barrel based on ANSYS Workbench

LI Pengquan, TAN Xuesong, ZHANG Lihua, LI Ju

(Electrical and Mechanical College, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625000, Sichuan, China)

Abstract: The single screw press was used to preheat the oil by auxiliary heating of the press barrel by a heating device, and the temperature on the outer wall of the press barrel was measured by an infrared thermometer. Based on the inverse problem theory of heat conduction, the temperature distribution of the inner and outer wall of the press barrel was obtained through ANSYS Workbench. Comparing the measured temperature on the outer wall of the press barrel with the simulated temperature, the error range was between -2.023% and 6.274% , indicating that the temperature distribution on the inner and outer wall of the press barrel could be predicted by ANSYS Workbench.

Key words: single screw oil press; infrared thermometer; inverse problem theory of heat conduction; ANSYS Workbench; temperature distribution of the inner and outer wall of the press barrel

螺旋榨油机被广泛运用于植物油料中的油脂提取,通过对榨油机某些关键技术的研究,能够保障榨油质量的同时增加油脂产量,可节约时间和人力成本^[1]。目前世界范围对螺旋榨油机的研究较少,理论经验不足,缺乏有效的试验验证。影响榨油机性能的因素有很多,其中温度是对榨油机出油率及出油质量影响最大的因素之一^[2]。榨油机工作时,主要通过榨膛内部油料粒子之间、油料与螺杆及油料与榨膛之间的摩擦生热来维持所需

的温度,但这种平衡模式是比较难保持的^[3-5]。国内生产螺旋榨油机的核心部分是榨膛^[6],而加热装置大多放置在榨膛上,通过导热的方式为榨料提供压榨时的温度条件,因此对榨油机榨膛温度的研究很有必要。

温度属于热力学范畴,对于热力学来说,包括稳态热力学分析(系统的净热流率为零)和瞬态热力学分析(系统加热或冷却的过程),榨油机工作时,对于榨油机榨膛自身结构来说,属于稳态热传导问题^[7]。有限元方法常用来解决稳态热传导问题,常用的有限元软件有 ANSYS Workbench、SDRC/IDEAS 等^[8]。其中 ANSYS Workbench 仿真平台能对复杂机械系统的结构静力学、结构动力学、刚体动力学、流体动力学、结构热、电磁场以及耦合场等进行

收稿日期:2020-03-17;修回日期:2020-06-12

作者简介:李芃荃(1994),女,在读硕士,研究方向为现代农业装备与技术(E-mail)2050586153@qq.com。

通信作者:谭雪松,副教授(E-mail)78451925@qq.com。

分析模拟,其强大的功能以及简便的操作已成为国际最流行的有限元分析软件之一^[9]。到目前为止,国内还未有用 ANSYS Workbench 来研究榨油机榨油时适宜温度范围的先例。本文旨在运用 ANSYS Workbench 对单螺旋榨油机榨膛温度分布进行研究,并提出此方法可用于预测榨膛内外壁温度分布。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验使用 CH 1500T 家用单螺旋榨油机(功率 1 500 W,榨螺转数 30~50 r/min,处理量 1.5 kg/h),对新疆薄皮核桃仁进行压榨试验。密封袋、HT-866 红外测温仪、电子称、卷尺、秒表等。

1.2 试验方法

为方便测量榨膛外壁温度,用卷尺测量榨膛全长 190 mm,从左到右每 5 mm 选取一个点,选点时错开榨膛出油孔,均匀选取 36 个点,由于红外测温仪光斑大小为 2~3 mm,故测点坐标误差以毫米为单位。测点位置如图 1 所示。

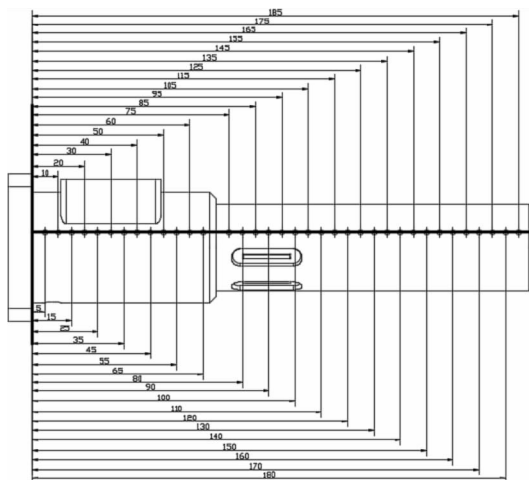


图 1 榨膛外表测温点示意图

试验步骤:①将剥好的核桃仁掰成小块,平均分为 6 组,每组 80 g。②检查榨油机,接通电源,空转调试,确保榨油机能够正常工作。③记录试验时间、试验地点、环境温度以及榨膛各测点的初始温度,待榨油机工作前榨膛外壁各测点的平均温度与室内环境温度基本一致时开始试验。④完成试验 1(无预热),记录试验压榨时间为 4 min 以及试验后榨膛外壁指定各点对应的温度数据。⑤完成试验 2~6(预热 5 min),记录试验压榨时间皆为 4 min(确保压榨时间一致),记录试验结束后各测点的温度。⑥计算并记录试验 2~6 结束后各测点温度的有效平均值,统计各对应点的平均温度,以此作为试验榨膛外壁各对应点温度。

2 结果与分析

2.1 试验温度测试结果(见表 1、表 2)

经检查调试以后,该榨油机可以正常工作。由试验 1 可知,若不预热不易出油,并且各个测点所对应的温度(见表 1)变化不大,不宜用来作为分析温度变化的数据(试验室温为 25℃,试验前测得所有测点的平均温度为 24.3℃,误差在可忽略不计的范围以内)。

表 1 试验 1 榨膛外壁温度 ℃

测点编号	测点温度	测点编号	测点温度
1	26.2	19	27.3
2	26.2	20	27.1
3	26.3	21	27.2
4	26.4	22	27.3
5	26.5	23	27.3
6	26.5	24	27.3
7	26.5	25	27.2
8	26.6	26	27.1
9	26.6	27	26.9
10	26.7	28	26.7
11	27.1	29	26.5
12	27.1	30	26.5
13	27.1	31	26.6
14	27.2	32	26.5
15	27.2	33	26.4
16	27.2	34	26.5
17	27.2	35	26.4
18	27.3	36	26.4

表 2 试验 2~6 榨膛外壁平均温度 ℃

测点编号	测点温度	测点编号	测点温度
1	28.2	19	35.4
2	28.2	20	36.5
3	28.3	21	37.0
4	28.5	22	37.2
5	28.7	23	37.7
6	29.0	24	37.7
7	29.4	25	38.3
8	29.7	26	38.6
9	30.1	27	38.7
10	30.2	28	38.9
11	30.7	29	39.0
12	31.1	30	39.2
13	31.7	31	39.4
14	34.0	32	39.5
15	34.2	33	39.7
16	34.5	34	40.0
17	34.7	35	40.2
18	35.0	36	40.5

记录预热时间为 5 min 的 5 组试验的榨膛外壁测点温度,并求得榨膛外壁平均温度如表 2 所示(试验室温为 25℃,5 组试验前所有测点的平均温

度分别为 24.6、24.4、24.7、24.5、24.2℃,误差在可忽略不计的范围以内)。

2.2 单螺旋榨油机榨膛稳态热仿真

基本传热方式有热传导、热对流及热辐射 3 种。

在稳态热分析中任意一节点的温度不随时间变化,稳态热分析的能量平衡方程为: $[K]\{T\} = \{Q\}$ 。式中: $[K]$ 是传导矩阵,包括热系数、对流系数及辐射系数和形状系数; $\{T\}$ 是节点温度向量; $\{Q\}$ 是节点热流向量,包含热生成。在 ANSYS Workbench 中利用模型几何参数、材料热性能参数以及所施加的边界条件,自动生成 $[K]$ 、 $\{T\}$ 、 $\{Q\}$ 。

2.2.1 建立有限元模型设置材料特性

在 Solidworks 中把模型另存为(.igs/stp)格式,打开 ANSYS Workbench,将其导入 Steady - State Thermal 图形窗口中,经过 Solid Model Facets 等操作将模型实体化,如图 2 所示。并添加材料属性,本文中榨膛的材料为 304 不锈钢。

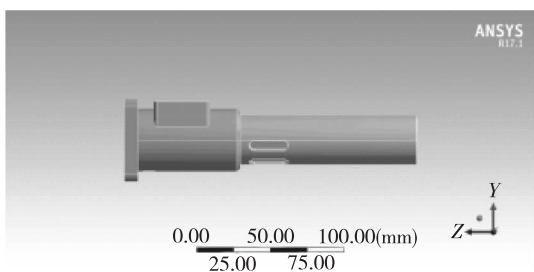


图 2 榨膛简易模型导入示意图

2.2.2 定义接触区域并网格划分

以 5 mm 为单位间隔,从榨膛左侧到榨膛右侧依次选取 36 个测量点。本文采用 Solid87(六节点四面体单元)划分方式进行划分,因为 Solid87 在热仿真中对于不太规整的结构比较适合,并且精度较高,对结果的准确性提供了保障依据,将 Mesh 中的 Patch Conforming Method 设置为 Tetrahedrons,并把 Details of Mesh 中的 Relevance 调制成 100。最终如图 3 所示将榨膛划分成 117 704 个单元 72 502 个节点。

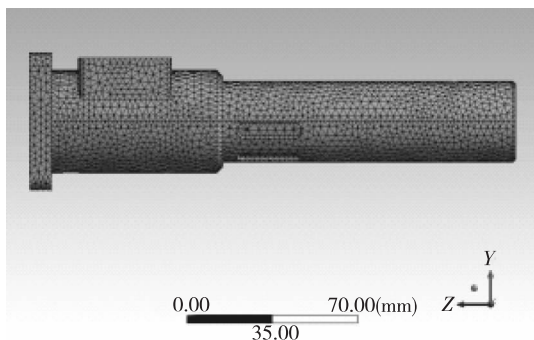


图 3 榨膛简易模型划分单元格式示意图

2.2.3 施加载荷和边界条件进行求解

假设环境温度恒定,在 Steady - State Thermal 的 Initial Temperature 中设置初始环境温度为 25℃,在 Convection 的 Film Coefficient 中选中 Import Temperature Dependent 后选择 Stagnant Air - Simplified Case。然后将榨膛外壁从右到左指定 36 个点的温度导入 ANSYS Workbench 中,并进行求解得到榨膛温度分布云图,如图 4 所示。

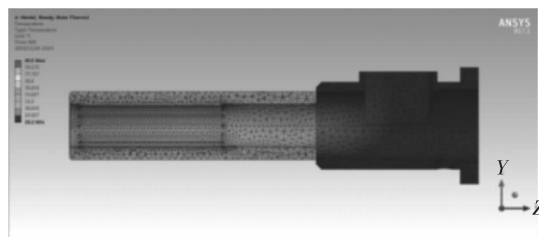


图 4 榨膛简易模型导入温度示意图

因为此时无法再在榨膛内壁标定点,所以用等比例的方式在榨膛内部从右往左选取第 1、2、3、5、7、9、10、11、13、15、17、19、20、21、23、25、27、29、30、31、33、35、36 测点的对应温度,共 23 个,如图 5 所示。

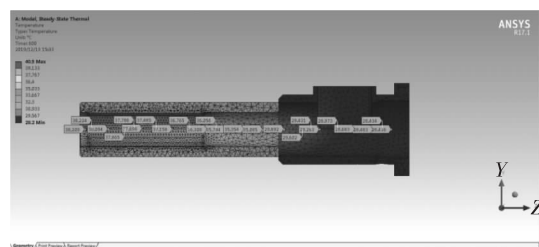


图 5 榨膛简易模型内壁温度示意图

2.2.4 反解榨膛外壁仿真温度

将榨膛当成一个整体,在内壁添加同样的边界条件、网格划分方式,选取测点 1 对应的榨膛内壁仿真温度加载在榨膛内表面(选中 Steady - State Thermal 的 Temperature,将 Magnitude 设置为 28.436℃),通过 ANSYS Workbench 热仿真得到榨膛外壁仿真温度,重复 22 次以上步骤得到榨膛内、外壁 23 个仿真温度,如表 3 所示。

2.3 单螺旋榨油机榨膛内外壁热仿真温度误差

通过试验和仿真得到榨膛外壁 23 个对应点的温度,如表 4 所示。由表 4 可知,在测点 36(185 mm,40.5℃)取得最大误差为 6.274%,平均误差为 2.44%,由于最大误差和平均误差都小于 10%,所以对于该农业机械来说误差是在可接受范围以内的,因此可以用仿真温度替代实际测量的温度用于后面的温度曲线拟合。

通过 Matlab 可以将 23 个榨膛外壁仿真温度

拟合成如图 6 的函数,其函数表达式为 $f(x) = 0.065\ 859x + 27.463$, 且取得的最大误差为 6.191 3%,对于农业机械来说,误差低于 10%,同样满足拟合精度。

榨膛内壁仿真温度拟合函数如图 7 所示,其函数表达式为 $f(x) = 0.067\ 098x + 27.514\ 1$,且取得的最大误差为 6.279 2%。

表 3 榨膛内、外壁仿真温度

测点编号	榨膛内壁仿真温度	榨膛外壁仿真温度	测点编号	榨膛内壁仿真温度	榨膛外壁仿真温度
1	28.436	28.369	20	36.056	35.845
2	28.434	28.367	21	36.308	36.093
3	28.483	28.415	23	36.765	36.541
5	28.683	28.611	25	37.158	36.927
7	28.973	28.896	27	37.485	37.248
9	29.283	29.200	29	37.698	37.457
10	29.431	29.345	30	37.786	37.544
11	29.602	29.513	31	37.865	37.621
13	29.892	29.797	33	38.094	37.864
15	35.085	34.892	35	38.224	37.974
17	35.354	35.156	36	38.209	37.959
19	35.794	35.588			

表 4 榨膛外壁实测温度与仿真温度

测点编号	榨膛外壁实测温度/℃	榨膛外壁仿真温度/℃	误差/%	测点编号	榨膛外壁实测温度/℃	榨膛外壁仿真温度/℃	误差/%
1	28.2	28.369	-0.599	20	36.5	35.845	1.795
2	28.2	28.367	-0.592	21	37.0	36.093	2.451
3	28.3	28.415	-0.406	23	37.7	36.541	3.074
5	28.7	28.611	0.310	25	38.3	36.927	3.585
7	29.4	28.896	1.714	27	38.7	37.248	3.752
9	30.1	29.200	2.990	29	39.0	37.457	3.956
10	30.2	29.345	2.831	30	39.2	37.544	4.224
11	30.7	29.513	3.866	31	39.4	37.621	4.515
13	31.7	29.797	6.003	33	39.7	37.864	4.625
15	34.2	34.892	-2.023	35	40.2	37.974	5.537
17	34.7	35.156	-1.314	36	40.5	37.959	6.274
19	35.4	35.588	-0.531				

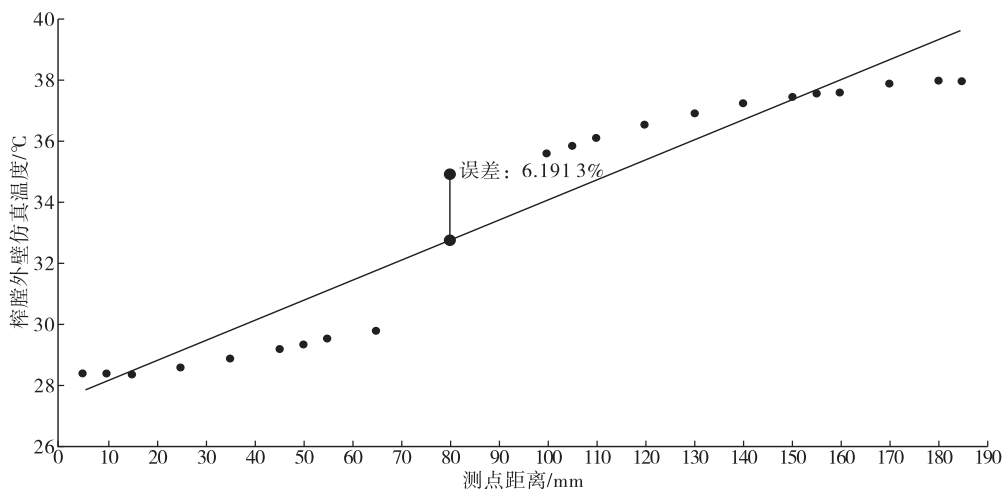


图 6 榨膛外壁仿真温度拟合函数示意图

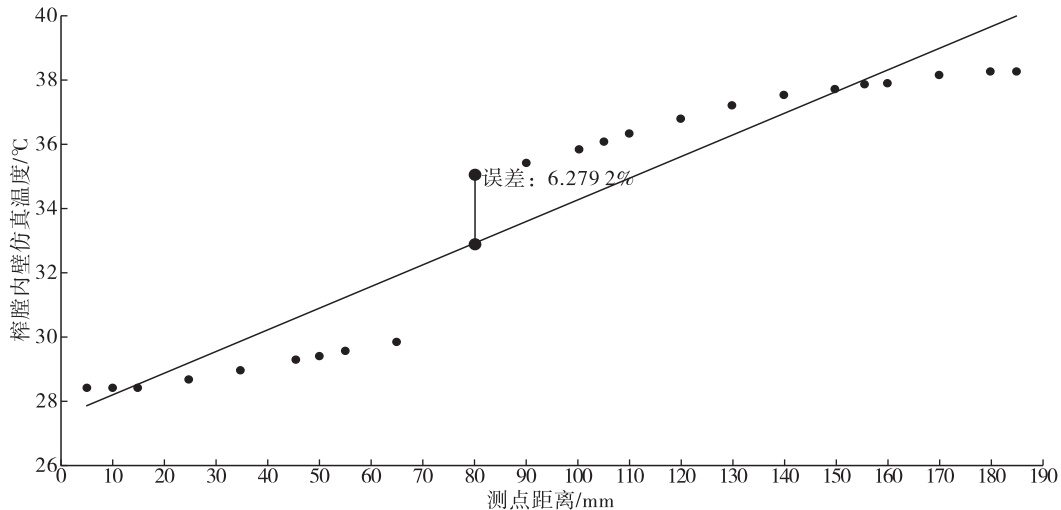


图7 榨膛内壁仿真温度拟合函数示意图

2.4 单螺旋榨油机榨膛外壁仿真结果验证

为了验证本文热传导仿真结果的准确性,在榨膛外壁选取36个测点剩下的13个测点,在拟合通

过仿真得到的榨膛外壁温度的曲线上求得对应的13个测点的温度,并与实际测得的温度进行比较,如表5所示。

表5 榨膛外壁实测温度与仿真温度

测点编号	榨膛外壁实测温度/°C	榨膛外壁仿真温度/°C	误差/%	测点编号	榨膛外壁实测温度/°C	榨膛外壁仿真温度/°C	误差/%
4	28.5	28.780	-0.982	22	37.2	35.037	5.815
6	29.0	29.439	-1.514	24	37.7	35.695	5.318
8	29.7	30.097	-1.337	26	38.6	36.354	5.819
12	31.1	31.415	-1.013	28	38.9	37.013	4.851
14	34.0	32.402	4.700	32	39.5	38.330	2.962
16	34.5	33.061	4.171	34	40.0	38.988	2.530
18	35.0	33.720	3.657				

由表5可知,剩下13个测点的榨膛外壁实测温度与仿真温度的最大误差为5.819%。因此,这种热传导反解问题的方式是可以用来预估榨膛压榨时内外壁温度分布以及压榨温度范围的。

3 结论

利用ANSYS Workbench软件对CH 1500T单螺旋榨油机的榨膛进行网格划分以及稳态传热仿真,得到榨膛内外壁相应测点的温度。对比榨膛外壁实测温度与仿真温度,误差范围在-2.023%~6.274%之间,对于农业机械来说此误差范围在可接受范围内(低于10%),从而验证了可以运用ANSYS Workbench来预测榨膛内外壁温度分布。

参考文献:

- [1] 彭勃. 螺旋榨油机压榨理论的研究与分析[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2019.
- [2] 刘汝宽, 解士聪, 肖志红, 等. 双螺旋榨油机榨笼预热过

程中温度分布及有限元仿真[J]. 中国油脂, 2017, 42(5): 156-158.

- [3] 胡志刚, 邱云峰, 涂德先. 榨膛内压力对榨螺应力应变及油料出油率的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 85-88.
- [4] 阮竞兰, 张学阁, 杨丽彦. 双螺旋榨油机榨螺参数与榨膛内压力的关系研究[J]. 中国油脂, 2013, 38(9): 89-92.
- [5] 宋宇, 张丽梅, 黄志刚. 油脂压榨机榨膛流场浓度仿真分析[J]. 机电信息, 2019(14): 49-50.
- [6] 白琼. 对部分螺旋榨油机结构及出油率的调研与分析[J]. 南方农机, 2018, 49(21): 98, 111.
- [7] 解士聪. 蓖麻籽螺旋榨油机榨膛温度与加热方法研究[D]. 长沙: 中南大学, 2014.
- [8] 华璐. 集成化MIMU结构设计与系统仿真研究[D]. 南京: 东南大学, 2017.
- [9] 袁越锦, 徐英英, 张艳华. ANSYS Workbench14建模仿真技术及实例详解(完全版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.