

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2021.12.013

基于 Fluent 的核桃带式连续烘干机设计

Design of walnut belt continuous dryer based on fluent

魏新龙¹ 李三平¹ 吴立国^{1,2} 杜佳宝¹

WEI Xin-long¹ LI San-ping¹ WU Li-guo^{1,2} DU Jia-bao¹

(1. 东北林业大学机电工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040;

2. 国家林业和草原局哈尔滨林业机械研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

(1. College of Electromechanical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040, China; 2. Harbin Research Institute of Forestry Machinery, State Forestry Administration, Harbin, Heilongjiang 150086, China)

摘要:目的:针对市场上缺少小型连续核桃烘干设备的现状,设计一种小型的核桃带式连续烘干机。方法:基于气固传热理论,建立烘干装置内部热流固耦合模型,并利用 Fluent 进行二维和三维仿真分析,获得烘干装置内部气体温度场的分布情况和核桃的温度场分布情况及变化规律;通过将烘干室的顶部由平顶改为有 30° 的角度倾斜,传送带两端的核桃掉落处改为圆弧过渡,箱体内壁用保温材料等措施,对机械结构进行优化设计,并搭建烘干试验平台,验证模型的有效性。结果:试验完成了最大烘干量为 360 kg/h 核桃带式连续烘干机设计,仿真优化之后烘干室内部压力场和温度场空间分布较均匀,烘干介质场层间的涡流消失,烘干室边界与内部中心位置温差很小,温度分布更均匀。结论:优化烘干装置结构可明显改善流场和温度场分布,提升烘干效果。

关键词:核桃;烘干;带式连续烘干机;Fluent;结构设计

Abstract: Objective: In view of the lack of small continuous walnut drying equipment in the market, a small walnut belt continuous dryer was designed. **Methods:** Based on the theory of gas-solid heat transfer, the heat fluid solid coupling model in the drying device was established, and the two-dimensional and three-dimensional simulation analysis was carried out with fluent to obtain the distribution and change law of gas temperature field in the drying device and walnut temperature field; By changing the top of the drying chamber from flat top to 30°, build a drying test platform for drying test, compare the test data with the simulation results, and verify the effectiveness of the model. **Re-**

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(编号:CAFYBB2020MB010);中央高校基本科研业务费专项资金资助(编号:2572014BB06)

作者简介:魏新龙,男,东北林业大学在读硕士研究生。

通信作者:李三平(1981—),女,东北林业大学讲师,硕士生导师,博士。E-mail:blueli73@163.com

收稿日期:2021-03-31

sults: The design of walnut belt continuous dryer with a maximum drying capacity of 360 kg/h was completed. After simulation and optimization, the spatial distribution of pressure field and temperature field in the drying room was more uniform, the eddy current between the layers of drying medium field disappeared, the temperature difference between the boundary and the internal center of the drying room was very small, and the temperature distribution was more uniform. **Conclusion:** Optimizing the structure of the drying device can significantly improve the distribution of flow field and temperature field and improve the drying effect.

Keywords: walnut; drying; belt continuous dryer; Fluent; structural design

市场上常见的核桃烘干装置大多数是大型烘干设备,缺少小型设备,在烘干过程中核桃的位置固定,而实际工况下烘干装置不同位置的烘干介质流速不同,温度分布有差异,边缘位置烘干介质流速慢,温度较中心位置低,导致相同工艺条件下,不同位置核桃的含水率不同,从而影响核桃的口感^[1]。而且单个核桃的迎风面和背风面的温度分布也有差异,一旦烘干时间不足,同一核桃不同部位的含水率也可能不同,难以保证核桃干燥质量。

文章拟结合市场的需求和中国的实际情况^[2],提出设计最大烘干量为 360 kg/h 的核桃烘干机。基于气固传热理论,建立烘干装置内部热一流一固耦合模型,并利用 Fluent 进行二维和三维仿真分析^[3-5],获得烘干装置内部气体的流速、压强以及温度场的分布情况和核桃的温度场分布情况及变化规律,并对机械结构进行优化设计,以期研制出体积小又能保证核桃质量的烘干设备。

1 烘干方式的选择及其工作原理

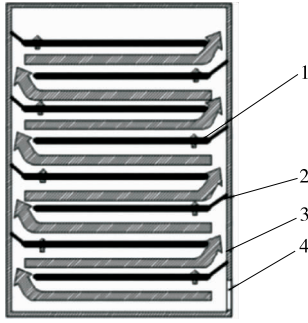
1.1 烘干方式的选择

常见的核桃烘干加热方式可分为传导加热、辐射加

热、对流加热、介电加热及联合加热^[6-7]等。考虑到对流干燥成本较低、操作容易、控制方便,而且批次处理量大等优势^[8],选择对流加热方式来设计小型核桃烘干设备。

1.2 工作原理

基于对流传热原理,结合连续烘干特点,对烘干装置进行结构设计,使用 Fluent 软件设计带式核桃烘干机。如图 1 所示,其烘干室安装有多层传送带,可以不间断地通过传送带向烘干室最上方的第一层送入核桃,核桃从上层掉落到下层的过程中其迎面面会发生改变,而且掉落至下层的位置也会发生改变,使核桃烘干更加均匀^[9-11]。



1. 传送带 2. 导风板 3. 机架 4. 进气口

图 1 带式烘干机烘干室结构图

Figure 1 Structure diagram of drying room of belt dryer

核桃进入烘干室,烘干开始时核桃处于升温阶段,在这一阶段核桃的温度逐渐升高,其水分开始蒸发,烘干速率上升,首先是表层水分蒸发,随后进入恒温阶段,深层水分受热向表层迁移,补充表层失去的水分,如此循环往复,在这一阶段水的蒸发速率最快。当核桃内部对外部的水分迁移量小于蒸发量时,烘干速率开始下降,直至核桃中的水汽蒸发从表面移向内部,最终核桃的含水率不再发生变化,从而达到烘干的目的^[12-13]。

烘干速率的定义为单位时间内每单位面积核桃汽化的水分质量,公式为:

$$U_d = \frac{m_{dm}}{A} \times \frac{dx_m}{d\tau}, \quad (1)$$

式中:

U_d ——烘干速率, $\text{kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$;

m_{dm} ——湿核桃中的干品重量, kg ;

A ——烘干介质与核桃的接触面积, m^2 ;

x_m ——核桃的含水率, kg/kg ;

τ ——时间, s 。

核桃与烘干介质的接触面积不易确定,用烘干强度表示烘干进行的速度,其定义为核桃的含水量随时间的变化率,公式为:

$$N_d = \frac{dx_m}{d\tau}, \quad (2)$$

式中:

N_d ——烘干强度, $\text{g}/(\text{s} \cdot \text{kg})$ 。

2 烘干结构二维仿真分析及优化

2.1 模型的建立

在 Ansys19.2 软件 Fluent 模块中直接进行二维空间建立模型,模型比例为 1:1。设置网格尺寸,网格划分信息:节点 353 551 个,元素 657 953 个。划分网格,如图 2 所示。

在软件中设置进出口初始条件和边界条件等相关参数,核桃烘干时流经的最佳风速是 65 m/min ,壁面材料为不锈钢。其他参数如表 1 所示。

2.2 二维仿真优化

对二维模型进行计算得出相应的流速、流线、压力和温度等云图,如图 3 所示。

由图 3 可知,在转角处有涡流和尾流现象,每层的上层烘干介质流速明显大于下层烘干介质流速,这种情况不利于核桃中蒸发出来的水汽排出,会降低机器的工作效率。在此基础上进行下一步的优化工作,考虑到在实际工作过程中机器有进料口和出料口,将其加入到二维流场的优化中,并将烘干室的顶部由平顶改为 30° 倾斜以避免气流在顶层有剧烈变化。烘干室左上方是核桃进料口,右下方是出料口,中间最上方是设计的气体排气口。第 1 次优化主要是针对初次设计出现的涡流和尾流进行改进,计算完成的烘干介质流速和烘干介质流线图如图 4 所示。

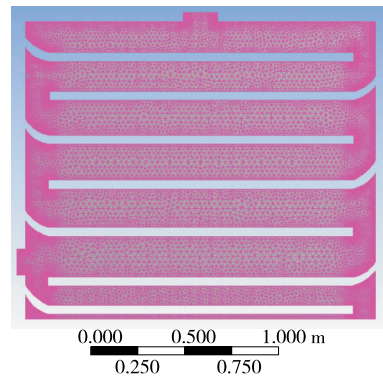


图 2 网格划分图

Figure 2 Mesh division diagram

表 1 二维仿真参数

Table 1 Two-dimensional simulation parameters

项目	单位	参数
导热率	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	48
风速	m/s	1.08
入口温度	K	433
出口温度	K	298
出口压力	kPa	101.325

优化完成之后与第 1 次设计相比涡流场明显减少,尾流也有显著的改善。由于传送带的两端均为半圆形,因此将核桃掉落处改为圆弧过渡,取代直角。平面内进行二维仿真,得出相应的结果,如图 5 所示。

与第 1 次优化相比,第 2 次优化烘干介质压力场和温度场变化不大,烘干介质流速更加均匀,气流流速急速变化减小,急速变化的区域也在缩小,尾流减弱;涡流场减少,有利于加热后的含有大量水蒸气的热空气顺利排出烘干室,提高设备的工作效率。

第 2 次优化后,整体结构布局得到极大改善,但还是

存在一些气流的“死角”未被消除。因此,尝试在关键点布置核桃,在 Ansys 中作出二维图,比例依然为 1 : 1,将画好的图导入 Fluent 中,设置网格尺寸,划分网格。固定其他参数不变,增加核桃导热系数 0.05 W/(m · K),计算得出相应的结果。如图 6 所示,在关键点布置核桃后,由于核桃的干扰作用,除了顶部涡流场外,其余部位的涡流场基本消失;虽然部分区域的流速有所增加,但变化不大;压力场和温度场基本无变化。

经过前几步的设计及优化,将烘干室的每一层都铺满核桃,观察实际工况下,烘干机的工作状态。该仿真

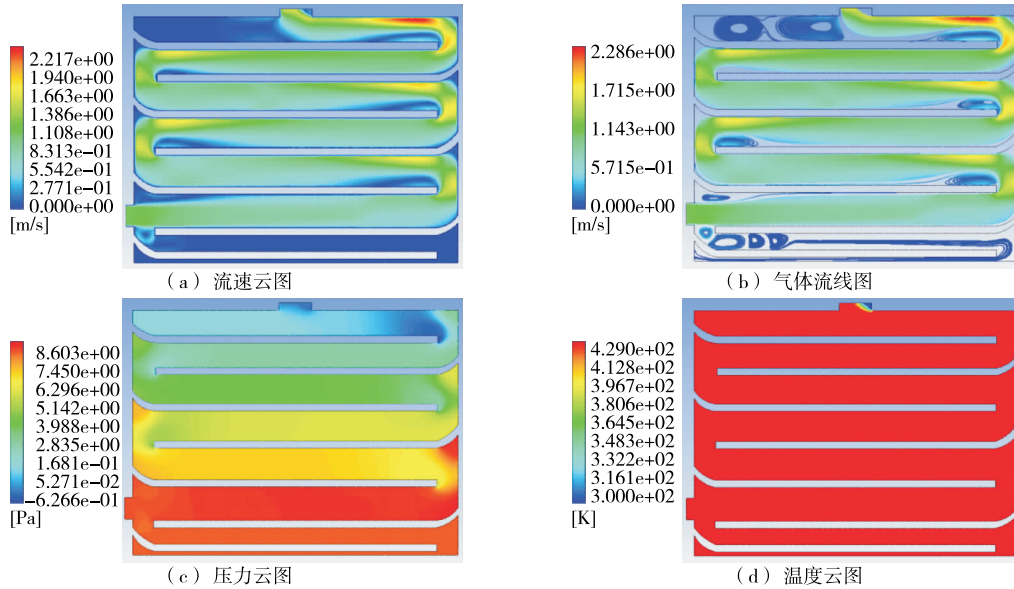


图 3 仿真云图

Figure 3 Simulation cloud map

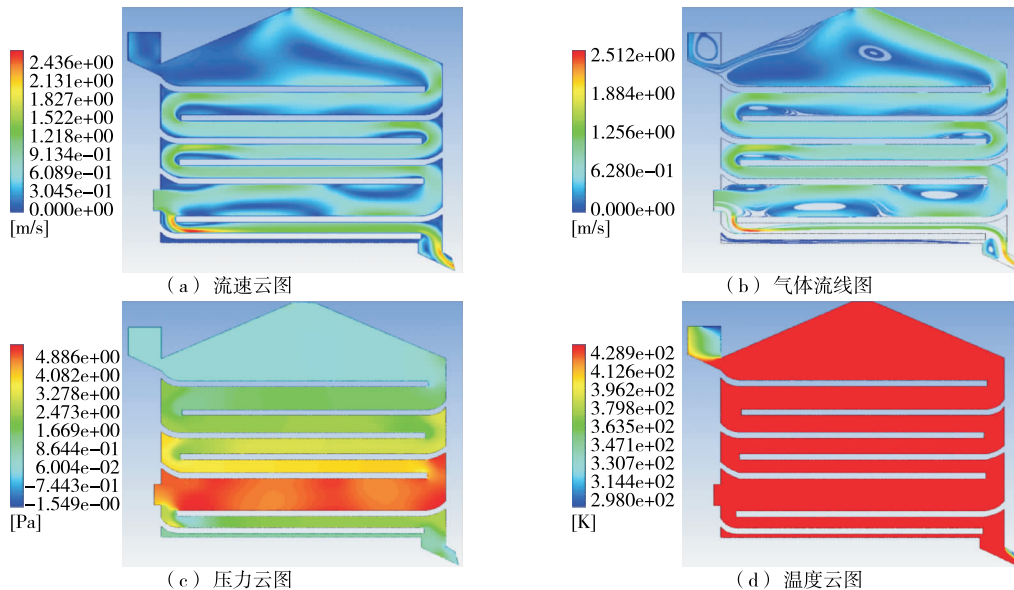


图 4 第 1 次优化流速云图

Figure 4 The first optimized flow velocity cloud diagram

中,除了将核桃铺满每一层之外,其他结构不做任何改进,设置好网格参数,划分网格;设置进口的烘干介质速度和温度,以及出口的温度,进行迭代计算。如图 7 所示,每一层都铺满核桃后各层的烘干介质流动都相对均匀平稳,仅在每一层的末端出现微弱的尾流。由于核桃自身的干扰作用,烘干介质场层间的涡流消失,仅在顶层和下层出口口出现涡流现象,但并不影响核桃的干燥效果。仿真结果表明,其基本达到最初的设计要求。

3 烘干装置的整体设计

核桃去皮清洗烘干一体机的烘干装置由箱体、输送带、齿轮、传动轴、电机、加热管、导风板、风机等组成。烘干装置由电机通过齿轮驱动传动轴,进而带动输送带运动,齿轮传动比为 1 : 1,每层的传动速度相同,具体结构如图 8 所示。

箱体中共有 7 层输送带,核桃从进口进入第 1 层,经输送带运行至第 1 层末端,自上而下掉落到第 2 层,在

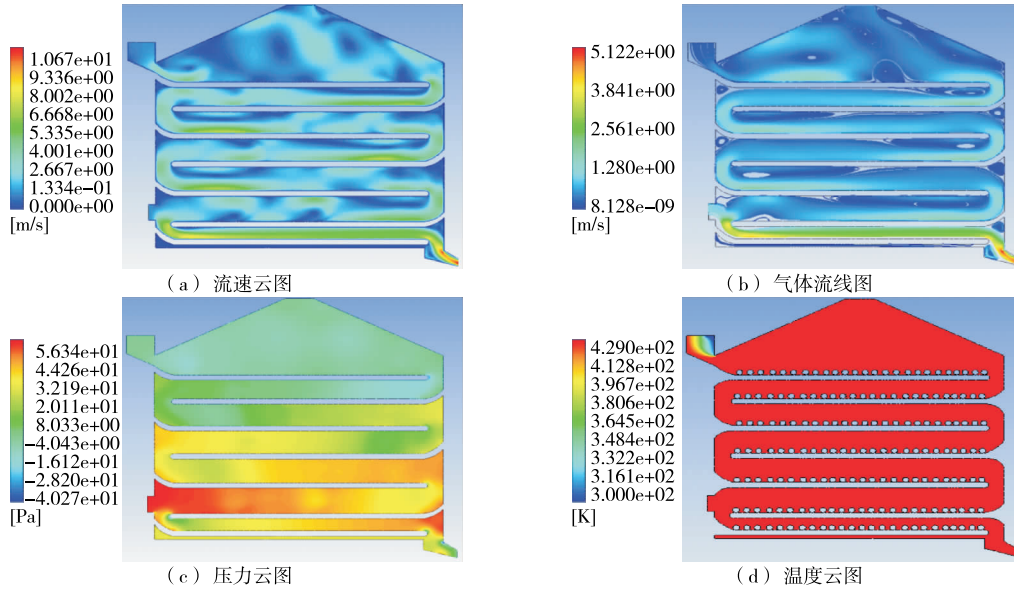
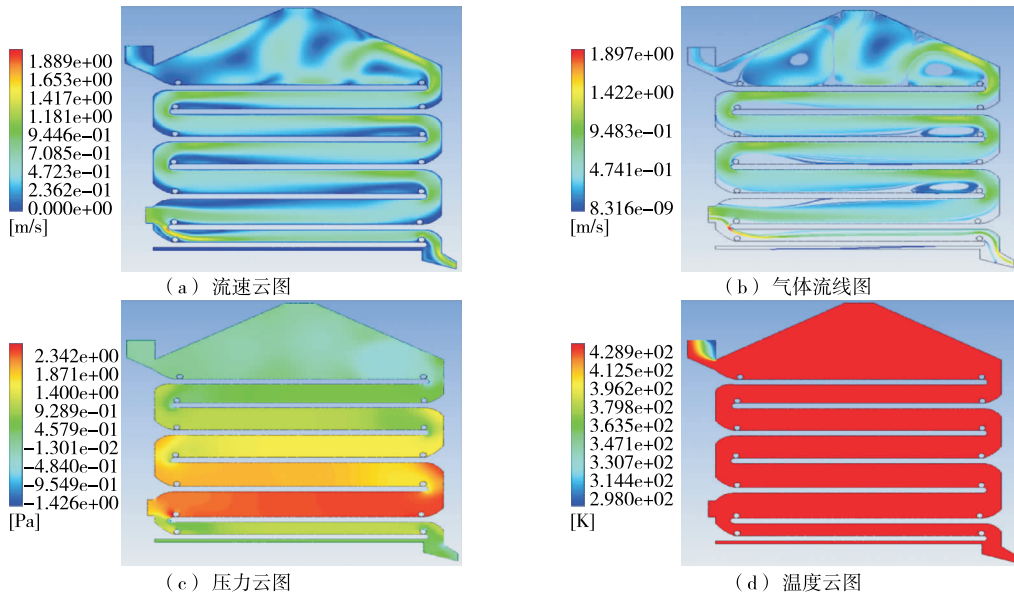


图 5 第 2 次优化云图

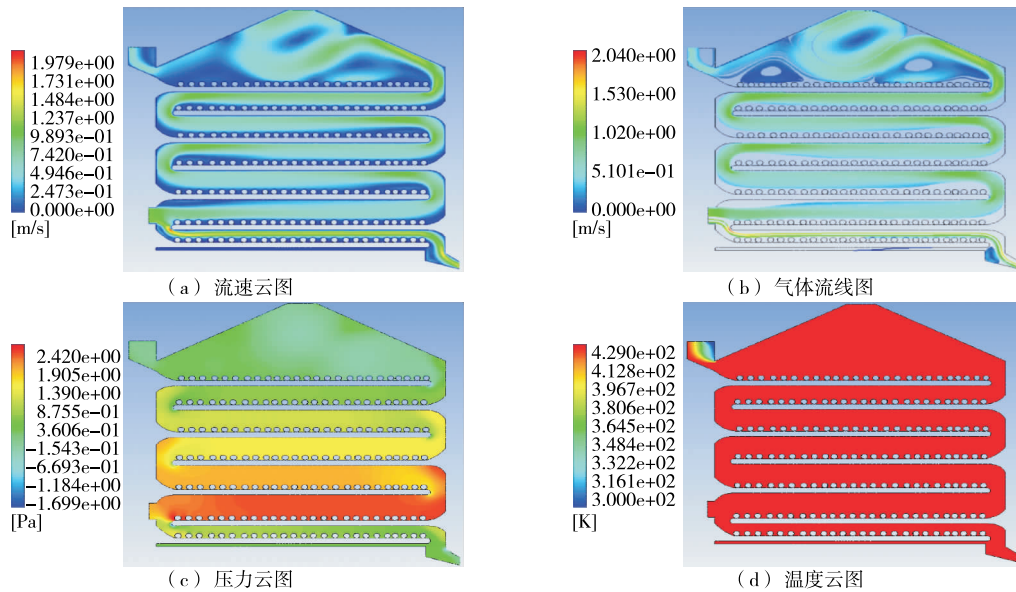
Figure 5 The second optimized cloud map



圆形区域为核桃放置点

图 6 布置核桃后仿真云图

Figure 6 Simulation cloud map after walnut layout



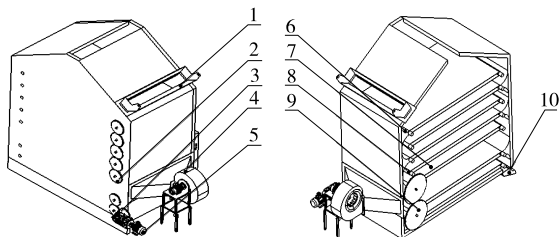
圆形区域为设置的核桃分布区域

图 7 铺满核桃仿真云图

Figure 7 A simulation cloud map full of walnuts

掉落过程中核桃的迎风面发生变化,在传送带的位置也发生变化,使核桃均匀受热。传送带采用食品级 PE 材质,无毒,耐热性好,化学性质稳定^[13]。烘干机主要参数如表 2 所示。

在合适的条件下 30 min 即可完成核桃烘干。烘干前采用湿核桃的相关参数,单个核桃的质量大约为 15 g,综合核桃的直径计算,烘干机的处理量 360 kg。



- 1. 进料斗 2. 小齿轮 3. 减速器 4. 风机 5. 电机 6. 导流板
- 7. 传送带 8. 传动轴 9. 大齿轮 10. 出料斗

图 8 烘干装置外部结构图

Figure 8 External structure diagram of the drying device

表 2 烘干机主要参数

Table 2 Main parameters of drying mechanism

项目	单位	指标
传送层数		7
传送方式		辊式
传送总长	mm	11 900
驱动方式		电驱动
传送带宽度	mm	1 050
速度	m/min	0.2~0.4(可调)

4 核桃烘干装置内部热一流一固耦合仿真分析

4.1 模型的建立

使用专业的三维制图软件 Creo 进行三维建模,并保存为 IGES 格式导入 Ansys 软件的 Fluent 模块,编辑模型,如图 9 所示。

三维模型建立后,在烘干装置内充满流体,然后进行网格的划分(如图 10 所示),网格划分信息:节点 3 968 892 个,元素 15 132 811 个。

烘干室壁面材料为保温材料,流体材料是空气,打开能量方程。湍动能 k 和湍流强度 I 计算公式:

$$k = \frac{2}{3} (\overline{uI})^2, \tag{3}$$

$$I = 0.16 (Re_{D_H})^{-1/8}, \tag{4}$$

式中:

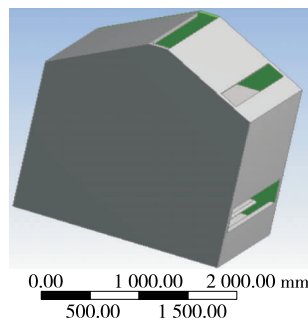


图 9 烘干机构的模型的建立

Figure 9 Establishment of the model of the drying mechanism

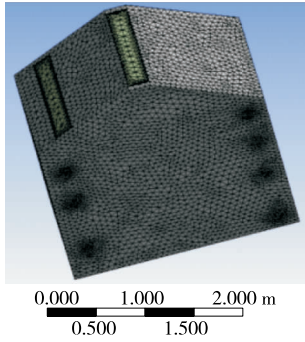


图 10 有限元分析整体网格的划分

Figure 10 The division of the overall mesh of the finite element analysis

k ——湍动能, m^2/s^2 ;

I ——湍流强度;

\bar{u} ——烘干介质的平均流速, 7 m/s ;

Re_{D_H} ——按照水力直径计算得到的雷诺数。

耗散率计算公式:

$$\epsilon = C\mu^{3/4} \frac{\kappa^{3/2}}{l}, \quad (5)$$

式中:

ϵ ——耗散率;

C ——湍流耗散率;

κ ——湍流动能, m^2/s^3 ;

μ ——动力黏度, 取 0.09 ;

L ——关联尺寸(等于水力直径 D_H), m ;

l ——湍流长度($l=0.07L$), m 。

三维仿真参数如表 3 所示。

4.2 流场分析

设定边界条件、初始条件等参数, 迭代计算得出结

表 3 三维仿真参数

Table 3 Three-dimensional simulation parameters

项目	单位	参数
导热率	$m \cdot K$	0.032
风速	m/s	1.08
入口温度	K	433
出口温度	K	298
湍流强度	%	3.6
水力直径	m	0.33
出口压力	kPa	101.325

果, 进行分析。

烘干室温度场的分布是烘干机最为重要的参数之一。对烘干室内的温度场分布情况进行仿真分析。然后沿 y 方向分析 xz 平面内的温度分布情况, 第 2~5 层气流稳定, 选取第 2~5 层进行分析, 如图 11、图 12 所示。

由图 11 可知, 烘干室中心温度较高, 边界温度低, 差别较为明显。造成中心和边界温度不同的最主要因素: ① 由于金属箱体吸收一部分热量, 并传导出去; ② 由于气—固交界面存在边界层, 气流流速低的原因, 热交换没有中心位置快。

烘干介质在流动过程中热量不断损失, 从图 12(a) 可以看出, 距离进风口较近的位置温度高于远离进风口的位置。未封闭空间中, 热空气在上升的过程中, 温度不断散失, 上层的温度较低; 除了中间层和上层整体温度的差异以外, 从云图中还可以发现同样是由于箱体传导温度和边界层的原因, 烘干室的中心部位温度高于边界温度, 图 12(b) 也验证了 xy 平面温度场不同位置温度不同的结果。

4.3 烘干装置优化

金属具有良好的导热性, 距离壁面较近位置的烘干

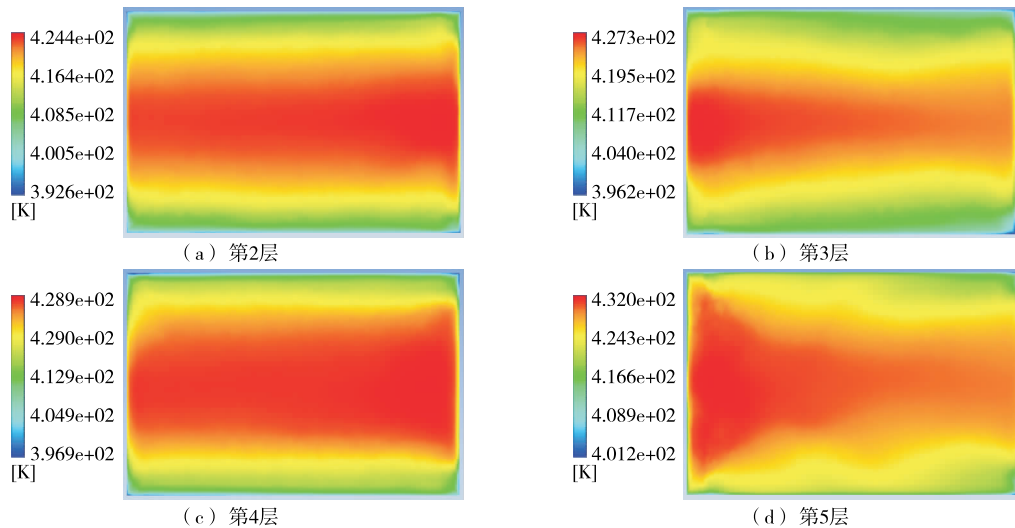


图 11 烘干装置温度仿真云图

Figure 11 Temperature simulation cloud diagram of drying device

介质热量散失的较快,温度较低,一方面不利于烘干的进行;另一方面导致中间位置的核桃与边界处烘干时间不同,会造成能量的浪费。

针对存在的问题,对所设计的烘干机进行改进,并仿真验证。箱体内壁更换为聚苯乙烯材料,导热率 $0.032 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,进口风速 1.08 m/s ,温度 433 K 。 y 方向 xz 平面内的温度分布情况,取第 2~5 层进行分析,如图 13、图 14 所示。

在优化之后的云图中可以看出,烘干室内壁由金属改为保温材料,优化之后烘干室内部边界的温度与之前相比也大大提高,同时进入烘干室,处在同一层不同位置的核桃温度分布不均匀,含水率不同的情况被缓解。

与优化前的烘干室内部温度分布对比,优化后烘干室内部温度分布更加均匀,烘干介质温度比壁面温度差值明显变小,边界温度也更高。优化前,烘干室中层的最高温度接近 432 K ,温度分布很不均匀;优化后,烘干室中层温度接近 433 K ,温度均匀分布,边界与中心位置差

别很小。

5 烘干试验

为确保仿真数据的准确性,通过建立试验平台,对烘干装置进行验证。采用 $1:3$ 的比例制作烘干装置缩小模型。烘干装置内壁使用聚苯板作为保温材料,层间材料为聚合版,保温板间的缝隙使用密封胶封闭,最大程度上保证烘干装置的密封性。

使用该装置进行试验,通过温度传感器,采集不同位置的温度数据,与仿真数据进行对比。测得试验开始前室温为 $17 \text{ }^\circ\text{C}$ 。设定室温为 $17 \text{ }^\circ\text{C}$,再次仿真,最大程度保证对比数据的可靠性。使用可调温风机从入口通入热空气,通过观察温度传感器的参数,待示数稳定后对温度进行记录。试验数据与仿真数据如图 15 所示。

通过数据对比发现:仿真数据与试验数据存在一定的偏差。试验数据与仿真数据的最大偏差不超过 $0.3 \text{ }^\circ\text{C}$;中部与上层的试验数据对比温差在 $0.2 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右,符合烘干要求。

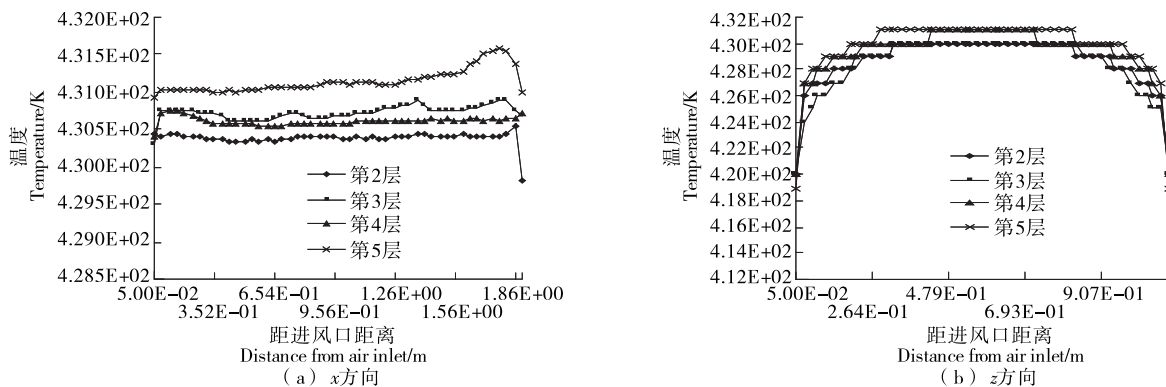


图 12 温度曲线图

Figure 12 Temperature graph

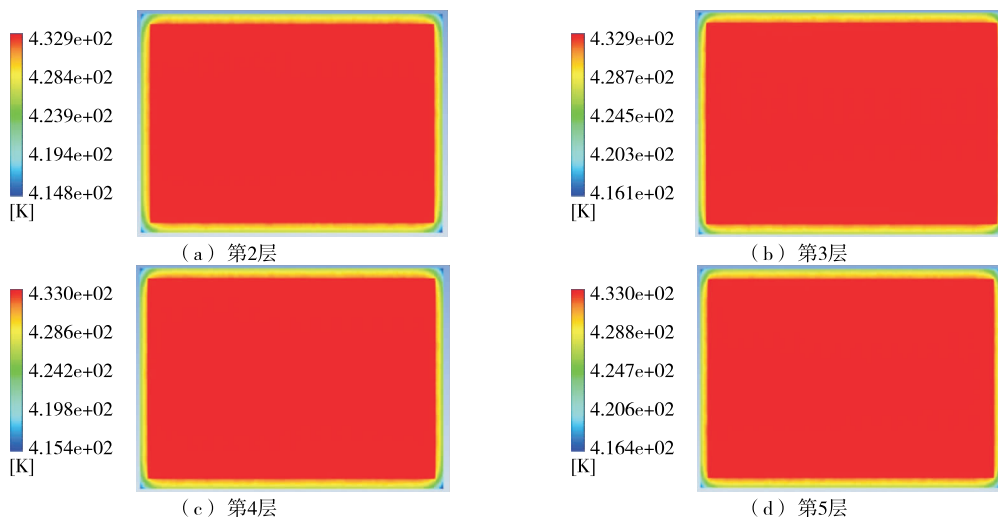


图 13 优化后 xz 平面温度云图

Figure 13 The optimized xz plane temperature cloud map

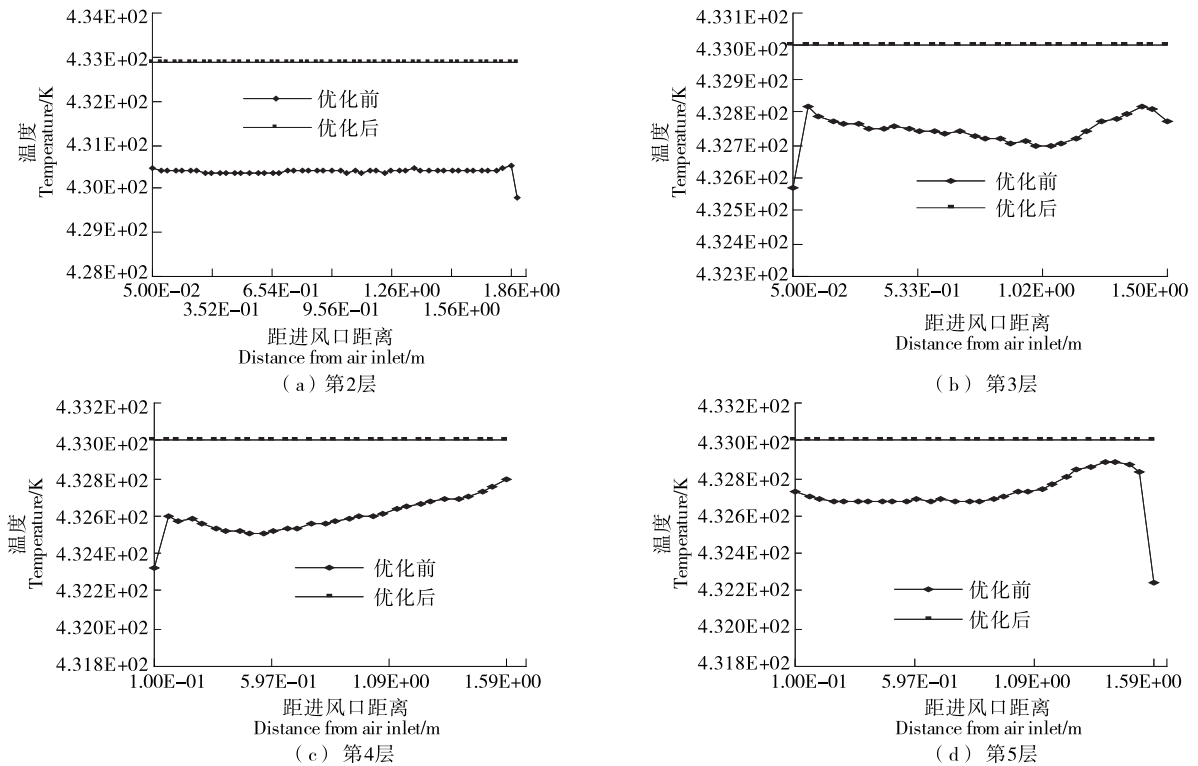


图 14 优化前后温度对比曲线图

Figure 14 Temperature comparison curve before and after optimization

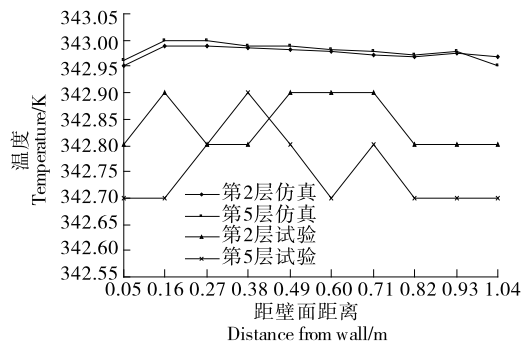


图 15 流体温度对比曲线图

Figure 15 Fluid temperature comparison curve

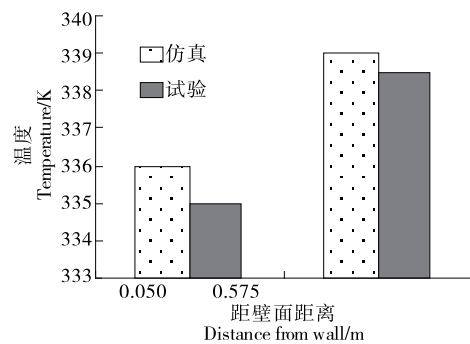


图 16 核桃温度对比曲线图

Figure 16 Comparison curve of walnut temperature

数据偏差分析:① 软件仿真是基于理想状态进行的,无其他干扰因素,实际试验过程中存在诸多不确定性因素,可能对试验结果造成一定程度的干扰;② 由于试验仪器精度的问题;③ 模型原材料以及装配过程中的缺陷。这些因素都是导致试验与仿真存在误差的原因。

流体数据采集对比完毕,进行核桃烘干数据采集。热电偶接入去皮的核桃中。为保证对比数据的可靠性,核桃温度数据进行采集位置与仿真数据取相同位置,选取核桃内部的平均温度作比较,如图 16 所示。

通过数据对比,不同位置的试验温度均略高于仿真温度,温差在 1 °C 左右。主要影响因素:① 使用 Fluent 仿真时,核桃模型处于理想状态,试验状态下的核桃内部

密度分布不均匀;② 核桃模型表面相对光滑,真实核桃表面凹凸不平,与烘干介质接触面积更大,更有利于吸热的进行;③ 与仿真模型相比,在采集试验温度的过程中,对核桃有一定的破坏,热空气从缝隙进入核桃内部,与热电偶直接接触,也是造成温度偏高的主要原因。除此之外,可能还有一些未知因素的影响。综合试验数据与影响因素,总体上分析,试验数据与仿真数据差别不大,试验曲线趋势与仿真曲线趋势相同,与试验预期结果相符合。

6 结论

针对市场上缺少小型连续核桃烘干设备的问题,设计出一种基于对流传热方式的小型核桃带式连续烘干机。该装置由 7 层传送带组成,烘干带长 11 900 mm,宽

1 050 mm,以空气作为烘干介质。建立了烘干装置内部热流固耦合模型,并利用 Fluent 进行了二维和三维仿真分析,得到烘干装置内部的流速、压强以及温度场的分布情况及变化规律;通过对比分析仿真结果,对其机械结构进行了优化设计;优化后烘干装置内部由平顶改为有 30° 的角度倾斜、核桃掉落处由直角改为圆弧过渡、箱体内壁更换为新的保温材料之后,发现核桃烘干质量较好并且温度分布更均匀。后续将制造实体样机并结合实际生产情况对其进行优化改进。

参考文献

- [1] 于洋,李若兰,夏治新,等.热风式枸杞烘干机烘干室结构优化及流场分析[J].农机化研究,2019,41(9):214-221.
YU Yang, LI Ruo-lan, XIA Zhi-xin, et al. Structural optimization and flow field analysis of drying chamber of hot air type wolfberry dryer[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2019, 41(9): 214-221.
- [2] 杨忠强,闫圣坤,崔宽波,等.中美青核桃加工成套装备及技术分析[J].食品与机械,2019,35(11):228-232.
YANG Zhong-qiang, YAN Sheng-kun, CUI Kuan-bo, et al. A survey of green walnut processing and complete sets of equipment between the United States and China[J]. Food & Machinery, 2019, 35(11): 228-232.
- [3] 李超. STADS 软件与 FLUENT 风压计算软件接口的设计与开发[D].北京:北京建筑大学,2020:32-43.
LI Chao. Design and development of interface between stads software and fluent wind pressure calculation software[D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2020: 32-43.
- [4] 王仕琪.花生干燥过程中湿热传递机理及实验研究[D].郑州:河南工业大学,2020:14-23.
WANG Shi-qi. Mechanism and experimental study of humidity and heat transfer in peanut drying[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2020: 14-23.
- [5] 李欢,张鹏飞,窦伟标.热泵—电加热联合烘干机在食品烘干上的应用[J].轻工科技,2020,36(5):6-7.
LI Huan, ZHANG Peng-fei, DOU Wei-biao. Application of heat pump and electric heating combined dryer in food drying[J]. Light Industry Science and Technology, 2020, 36(5): 6-7.
- [6] 曲文娟,凡威,马海乐,等.核桃滚筒催化红外—热风干燥试验及能耗分析[J].食品与机械,2021,37(5):163-168,193.
QU Wen-juan, FAN Wei, MA Hai-le, et al. Experiment and energy consumption analysis of walnut drum catalytic infrared-hot air drying[J]. Food & Machinery, 2021, 37(5): 163-168, 193.
- [7] 周良付,赵茜茜,曲文娟,等.核桃干燥技术研究进展[J].食品工业,2021,42(8):254-258.
ZHOU Liang-fu, ZHAO Xi-xi, QU Wen-juan, et al. Research progress of walnut drying technology[J]. Food Industry, 2021, 42(8): 254-258.
- [8] 吴文婧.空气源热泵技术在稻谷烘干中的应用与研究[D].扬州:扬州大学,2020:3-5.
WU Wen-jing. Application and research of air source heat pump technology in rice drying [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2020: 3-5.
- [9] 李三平,魏新龙,吴立国.核桃烘干技术研究现状及趋势[J].农机化研究,2021,43(4):263-268.
LI San-ping, WEI Xin-long, WU Li-guo. Research status and trend of walnut drying technology[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 201, 43(4): 263-268.
- [10] 王立.粘性物料烘干机的设计与应用[D].南京:南京理工大学,2016:12-14.
WANG Li. Design and application of viscous material dryer[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2016: 12-14.
- [11] 沈剑英,赵云.基于 CFD 的食品烘干机绿色设计[J].农机化研究,2008(1):113-115.
SHEN Jian-ying, ZHAO Yun. Green design of food dryer based on CFD[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008(1): 113-115.
- [12] 吴鹏鹏.基于 CFD 的饲料带式烘干机气流模拟优化与实验验证[D].扬州:扬州大学,2019:5-7.
WU Peng-peng. Flow simulation optimization and experimental verification of feed belt dryer based on CFD[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2019: 5-7.
- [13] BSI. Food Processing Machinery-A dishwasher with a conveyor-Safety and hygiene requirements: BS EN 14957-2006+ A1-2010[S/OL]. [S.l.]: British Standards Institute, 2006. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=SOSD000006142031&DbName=SOSD>.
- (上接第 75 页)
- [4] 黄薇.中华人民共和国民法典侵权责任编释义[M].北京:法律出版社,2020:91-92.
HUANG Wei. Interpretation of the compilation of tort liability in the civil code of the people's republic of China[M]. Beijing: Law Press, 2020: 91-92.
- [5] 徐琪.新《食品安全法实施条例》框架下行政处罚权的完善[J].食品与机械,2020,36(11):71-73.
XU Qi. Improvement of the power of administrative punishment under the framework of the new "Regulations on the Implementation of the Food Safety Law"[J]. Food & Machinery, 2020, 36(11): 71-73.
- [6] 孙永立.规范食品安全民事公益诉讼惩罚性赔偿实践探索[J].中国食品工业,2021(11):25-29.
SUN Yong-li. Practical exploration of punitive damages in civil public interest litigation for food safety[J]. China Food Industry, 2021(11): 25-29.
- [7] 朱晓峰.论《民法典》中的惩罚性赔偿体系与解释标准[J].上海政法学院学报,2021(1):137-152.
ZHU Xiao-feng. On the system of punitive damages and interpretation standards in the "civil code"[J]. Journal of Shanghai University of Political Science and Law, 2021(1): 137-152.