

范沿沿, 李建华, 林智宗, 等. 烟叶烘烤生物质燃烧机的设计与试验[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(12): 256–260.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.12.059

烟叶烘烤生物质燃烧机的设计与试验

范沿沿¹, 李建华¹, 林智宗², 张大纯³

(1. 河南省烟草公司许昌市公司, 河南许昌 461000; 2. 许昌同兴现代农业科技有限公司, 河南许昌 461000;

3. 河南中烟工业有限责任公司, 河南郑州 450000)

摘要:设计一种应用于烟叶烘烤的生物质燃烧机, 用于代替燃煤成为密集烤房的新热源。设计的生物质燃烧机, 可以在不改变传统烤房主要结构的情况下, 将生物质燃烧机与传统燃煤烤房的燃煤炉进料口连接, 通过生物质燃烧机为燃煤炉供热。针对生物质燃烧机与传统燃煤炉安装后, 烤房正常工作时的表面高温情况, 进行了红外高温测试。为了了解生物质燃烧机的成本和烘烤质量, 进行 3 炕次的烘烤对比试验。最后通过试验得出了生物质燃烧机替代燃煤的可行性。

关键词:烟叶; 生物质; 燃烧机; 烤房; 烘烤质量

中图分类号: S226.9

文献标志码: A

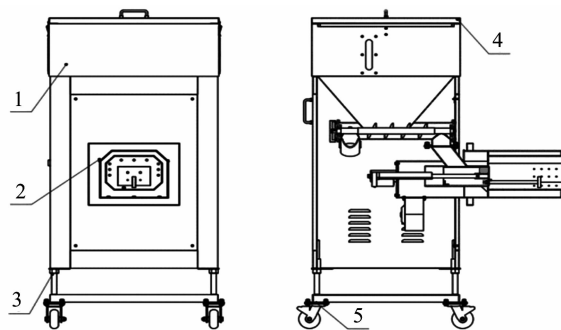
文章编号: 1002-1302(2019)12-0256-04

烤烟是工业原料, 是烟农脱贫致富的经济作物, 其在国内被广泛种植并进行推广。烟叶调制是烤烟生产中非常重要的环节, 稍不注意就容易烤坏烟叶^[1], 影响烟农收入, 甚至影响烟叶的可用性^[2]。烟叶调制过程中需要大量的能源消耗, 过去煤炭是其主要能源需求。但是煤炭作为传统的能源, 污染排放非常严重^[3], 是大气的主要污染源之一^[4]。在政府政策干预和社会舆论压力下, 越来越倡导减少污染源, 提高空气质量^[5-6], 导致燃煤量一定会被进一步控制, 因此寻求清洁能源成为了解决烟叶烘烤能源需求的新途径。烤房主要分布在农村, 因为烟农是基础设施的直接受益群体^[7-8]。热泵密集烤房目前建设比较少, 若使用天然气进行烟叶烘烤须要铺设专用管道, 成本太大^[9], 生物质能技术前些年发展方向还不明确^[10], 生物质致密成型技术近几年慢慢开始大规模生产和使用^[11]。现有生物质颗粒燃料成型设备已经能够将农村生产废弃物, 如作物秸秆、果壳、木屑等制作成成熟的生物质颗粒^[12]。笔者预设计一种生物质燃烧机, 采用生物质燃烧机与传统燃煤烤房有机结合, 将生物质燃烧机安装到传统供热设备上, 传统燃煤烤房的供热设备结构不进行改动, 直接将生物质颗粒燃烧机与供热设备煤炉加煤口连接。

1 生物质燃烧机的主要结构

在设计生物质燃烧机时, 笔者查阅了很多文献资料, 对生物质燃烧机的应用和试验有了更清晰的思路, 选择利用生物质能源炉替换传统煤炉^[13-20]的方案进行设计。生物质颗粒燃料在市场上已经作为成熟商品被利用^[21-22]。综合考虑了

上料、通风、除渣等问题, 该生物质燃烧机(图 1)的主要机构包括外箱体、上料机构、燃烧器、升降机构和移动轮等主要部分, 集合了上料、一键点火、自动除渣、风速控制等功能。上料时, 料斗可以加料 100 kg/次, 在烘烤变黄期和干筋期, 加 1 次料可以使用 1 d 以上。在烘烤定色期大火时, 加 1 次料可以供应 12 h 以上。生物质燃料正常灰分含量在 5% 以下, 1 炕烟结渣 50~60 kg, 结渣比较少, 烘烤过程中清 1 次灰渣即可。



1—外箱体; 2—燃烧器; 3—升降机构; 4—上料机构; 5—移动轮
图1 生物质燃烧机主要结构

其主要工作原理为机器开始工作时, 打开上料机构的上箱盖, 将生物质燃料加入到料斗中。生物质燃料通过料斗底部的螺旋蛟龙进入燃烧器中。螺旋蛟龙由电机带动齿轮驱动, 电机的转速固定为 16 r/min, 每 45 s 停顿 6 s。燃烧器中装有电动推杆用于带动推料板前后径向运动, 当生物质燃料从螺旋蛟龙自由下落后, 堆积在由电动推杆带动的推料板顶部。达到设定堆积量时, 电动推杆带动推料板向后运动(向内拉), 生物质燃料进入燃烧器, 堆积在推料板前方, 然后电动推杆向前运动(向外推), 推料板将生物质燃料推入炉胆中燃烧, 经点火棒点火燃烧。此后工作步骤依次进行循环。

该生物质燃烧机的主要技术参数见表 1。

2 生物质燃烧机的匹配和安全测试

利用该生物质燃烧机与目前使用比较广泛的烤房进行组

收稿日期: 2019-03-13

基金项目: 河南省烟草公司许昌市公司科技项目(编号: 201641100024066)。

作者简介: 范沿沿(1988—), 男, 河南虞城人, 硕士, 农艺师, 主要研究方向为烟草农业装备研发以及农机农艺结合。E-mail: 2230001449@qq.com。

通信作者: 张大纯, 硕士, 助理农艺师, 主要从事烟叶原料开发与技术推广工作。E-mail: zhangdachun@163.com。

表 1 生物质颗粒燃烧机的主要技术参数

项目	单位	数值
最大用电功率(点火时)	W	910(点火时 700)
出火口中心高度	mm	820 ± 100(可调)
外形尺寸(长 × 宽 × 高)	mm	1 211 × 800 × 1 650
装料量	kg	150

合配套,与之相匹配的传统燃烧炉有小型煤炉和符合《密集烤房技术规范》要求的国标煤炉。小型煤炉在一些地区还在大量使用,特别是云南、贵州、四川等地区,笔者设计生物质燃烧机时,参考小型烤房供热设备的特点,能够做到在不改变小型烤房的主要供热设备的结构基础之上,使用生物质燃烧机代替燃煤进行供热。国标煤炉是大多数地区密集烤房的主要供热设备,但是随着国家节能减排政策的推广和落实,燃煤市场受到了极大的制约,不得不想办法利用替代热源。热泵密集烤房是替代传统密集烤房的一个手段,但是烟农在思想上认为它成本高,烤房群数量少,难以消化周边大量的烟叶烘烤需求。笔者设计的生物质燃烧机不须要重新建立烤房,可以直接和当地国标煤炉匹配安装,并进行供热。

2.1 生物质燃烧机与燃煤煤炉的安装匹配

按照《密集烤房技术规范》的具体要求,给出密集烤房供热设备的主要技术指标。国标煤炉炉体主要结构由类似半球形炉顶、圆柱形炉壁、管道散热片、进风管、燃煤加料口和圆形炉底等部分组成。小型煤炉炉体主要结构由圆形炉顶、圆柱形炉壁、进风管、燃煤加料口和圆形炉底等部分组成。生物质燃烧机通过火焰喷出口与传统煤炉供热设备的进料口进行连接,其主要结构和连接方式如图 2、图 3 所示。

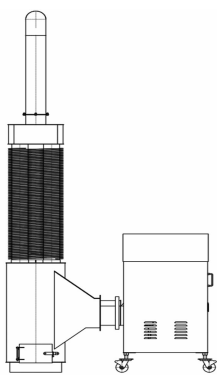
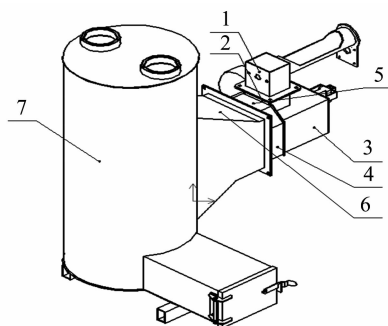


图2 生物质燃烧机与小型煤炉安装连接情况

2.2 生物质燃烧机和燃煤煤炉的高温测试

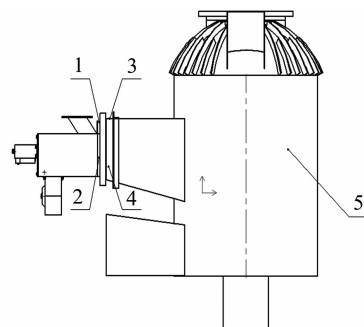
烘烤过程中,人员须要靠近烤房加料和了解燃料剩余情况。为了解供热设备表面高温对工作人员的烫伤隐患情况,

以及防止高温带来的其他损害,笔者利用红外线温度测试器对生物质燃烧机和传统煤炉连接正常工作后,测试煤炉表面和连接处的温度。根据小型煤炉和国标煤炉的不同情况,笔者在煤炉连接处和传统煤炉炉体上分别选择了 7、5 个测试点进行温度测量,测试点分布如图 4、图 5 所示。



1~7 代表温度测试点

图4 小型煤炉的温度测试点



1~5 代表温度测试点

图5 国标煤炉的温度测试点

设备正常工作后,生物质燃烧机大火并保持烤房内温度恒定时,测试温度情况如表 2、表 3 所示。

表 2 小型煤炉的温度测试情况

重复	温度(℃)						
	测试点 1	测试点 2	测试点 3	测试点 4	测试点 5	测试点 6	测试点 7
重复 1	31	95	66	115	155	263	284
重复 2	32	92	64	116	153	264	283
重复 3	30	94	66	115	157	267	289

由表 2、表 3 可知,生物质燃烧机和传统煤炉供热设备连接工作时,最高温度位于供热设备的炉体内,而连接处的温度最低。其主要因素是生物质燃烧机的火焰喷出口加装了 1 层隔热管道。在小型煤炉的燃烧过程中,生物质燃烧机和小型

煤炉的连接处温度比较低,甚至可以用手触摸。而在国标煤炉的燃烧过程中可以看出,生物质燃烧机和国标煤炉的连接处温度虽然相对较低,但是超过了 130 ℃,人员靠近的话会有安全隐患,工作人员在操作时须要注意并保持距离。

表 3 国标煤炉的温度测试情况

重复	温度(℃)				
	测试点 1	测试点 2	测试点 3	测试点 4	测试点 5
重复 1	140	241	186	160	308
重复 2	136	240	185	161	305
重复 3	141	241	187	163	306

3 生物质燃烧机烤房和燃煤密集烤房对比试验

为了比较传统燃煤供热烤房和生物质颗粒燃烧机供热烤房的经济效益和考后烟占比情况,进行烘烤对比试验。

3.1 试验方法

在烟叶成熟采收期,共进行 3 次烘烤对比试验,对照传统燃煤烤房为气流下降式燃煤密集烤房。对每一炕次进行对比试验,生物质颗粒燃烧机烤房和对照传统燃煤烤房的烟叶部位、鲜烟质量、装烟竿数、鲜烟装烟质量均基本一致,以确保试验结果具有客观性,装烟情况如表 4 所示。

表 4 不同类别烤房烘烤试验装烟情况

烤房类别	烘烤炕次	烟叶部位	鲜烟装烟竿数(竿)	鲜烟装烟质量(kg)
生物质燃烧机烤房	第 1 次	中部叶	323	3 890
	第 2 次	中部叶	319	3 850
	第 3 次	上二棚	325	3 930
传统燃煤密集烤房	第 1 次	中部叶	320	3 880
	第 2 次	中部叶	318	3 910
	第 3 次	上二棚	325	4 060

3.2 试验结果与分析

3.2.1 成本对比 在生物质燃烧机烤房与传统燃煤密集烤房试验过程中,记录 2 个类别烤房的费用使用情况,并进行费

表 5 不同类别烤房能耗对比和用工情况对比

烤房类别	烘烤炕次	燃料消耗量(kg)	价值(元)	用电量(kW·h)	价值(元)	能耗合计(元)	用工个数(个)
生物质燃烧机烤房	第 1 次(中部)	840.0	840.0	320.0	243	1 073.0	1.6
	第 2 次(中部)	850.0	850.0	328.0	249	1 099.0	1.8
	第 3 次(上二棚)	860.0	860.0	349.0	265	1 125.0	2.0
	平均值	850.0	850.0	231.5	252	1 099.0	1.8
传统燃煤密集烤房	第 1 次(中部)	710.0	603.5	324.0	246	849.5	2.8
	第 2 次(中部)	730.0	620.5	340.0	258	878.5	3.0
	第 3 次(上二棚)	770.0	654.5	359.0	273	927.5	3.2
	平均值	736.6	626.2	341.0	259	885.2	3.0

综合成本比较,生物质燃烧机烤房平均每炕烟能耗为 1 099 元,平均每炕用工费用为 180 元,合计为 1 279 元。燃煤密集烤房平均每炕烟能耗为 885.2 元,平均每炕用工费用为 300 元,合计为 1 185.2 元。生物质燃烧机烤房平均每炕烟烘烤费用增加 93.8 元,增幅为 7.91%,成本增加很低。

3.2.2 升温曲线对比 在烘烤试验过程中,选择其中一个炕次,通过控制器获取生物质燃烧机烤房和燃煤密集烤房控制器的一次升温曲线图。

由图 6、图 7 可知,生物质燃烧机烤房设备控制温度波动比较小,基本一致,能够准确地执行烘烤工艺。传统的燃煤密集烤房 1 次加煤的量在 10 kg 以上,燃煤燃烧速度比较慢,升温时比较滞后,稳定温度时又比较容易冲高,温度容易出现波动,湿度的波动不明显。生物质燃烧机烤房每次加料准确,1

用对比分析。把费用分解为能耗费用和用工费用 2 个部分。能耗费用包括燃料消耗和用电消耗,使用过程中生物质颗粒燃料的购买价格为 1 000 元/t,燃煤价格为 850 元/t。用工费用主要是用工平均人数。

能耗费用计算公式如下:

$$S = Ax + By。$$

式中: S 为同炕次合计总价值,元; A 为同炕次中单炕燃料使用质量,kg; x 为燃料价格,元; B 为同炕次中单炕用电量,kW·h; y 为电费的价格,元/(kW·h)。

用工费用计算公式如下:

$$S' = A'x'。$$

式中: S' 为同炕次用工总价值,元; A' 为同炕次中单炕平均用工个数,个; x' 为每个人工的价格,元。

平均值计算公式如下:

$$C = \frac{a + b + c}{3}。$$

式中: C 为同类型烤房的 3 炕次平均值; a 为同类型烤房的 1 炕次数值; b 为同类型烤房的 2 炕次数值; c 为同类型烤房的 3 炕次数值。

由表 5 可知,生物质燃烧机烤房平均每炕烟能耗为 1 099 元,传统燃煤密集烤房平均每炕烟能耗为 885.2 元,与传统燃煤密集烤房相比生物质燃烧机烤房每炕烟能耗增加 213.8 元。生物质燃烧机烤房平均每炕烟用工 1.8 个,因为生物质燃烧机烤房可以实现自动上料和自动除渣,减少了人工。燃煤密集烤房平均每炕烟用工 3.0 个,与传统燃煤密集烤房相比生物质燃烧机烤房每炕烟节省用工 1.2 个,按照每个用工 100 元计算,每炕烟用工节省费用 120 元。

次最少约 50 g,燃烧迅速,不会出现爆燃和阴燃,温度容易控制,所以其温度曲线波动较小,比较稳定,湿度基本上无波动。生物质燃烧机烤房在温度控制上比燃煤密集烤房准确。

3.2.3 烘烤质量对比 由表 6 可知,生物质燃烧机烤房平均每炕中等烟比例为 29%,上等烟比例为 64.3%。传统燃煤密集烤房平均每炕中等烟比例为 25.2%,上等烟比例为 60.3%。生物质燃烧机烤房比燃煤密集烤房平均每炕中等烟高出 3.8%,上等烟高出 4.0%,生物质燃烧机烤房烟叶的烘烤质量得到明显提高。

4 讨论与结论

在做烟叶烘烤试验时,生物质颗粒燃料都是在市场上购买而来,成本稍高。如果能够围绕生物质颗粒燃烧机烤房建

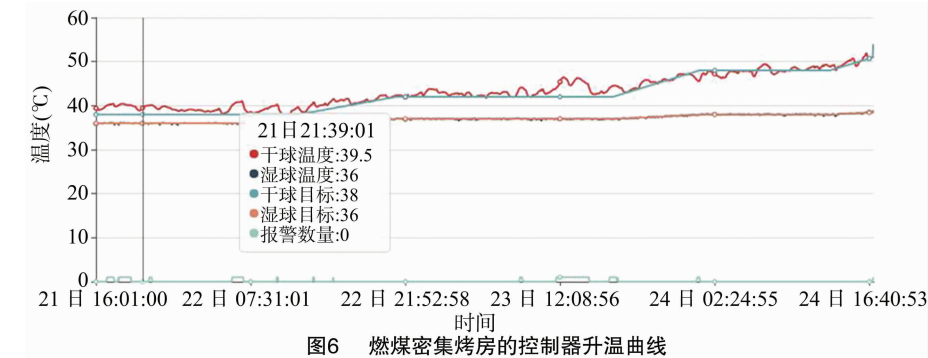


图6 燃煤密集烤房的控制器升温曲线

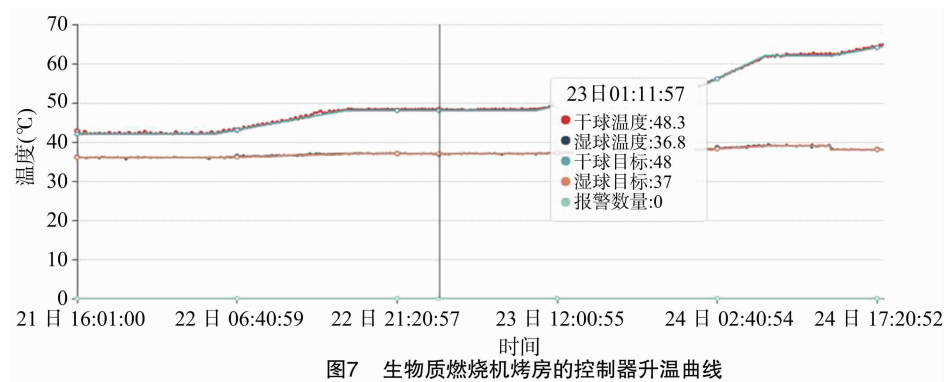


图7 生物质燃烧机烤房的控制器升温曲线

表 6 不同类别烤房烘烤质量对比情况

烤房类别	烘烤炕次	中等烟比例 (%)	上等烟比例 (%)
生物质燃烧机烤房	第 1 次(中部)	30.0	65.0
	第 2 次(中部)	29.0	64.0
	第 3 次(上二棚)	28.0	64.0
	平均值	29.0	64.3
传统燃煤密集烤房	第 1 次(中部)	26.0	60.0
	第 2 次(中部)	25.5	61.0
	第 3 次(上二棚)	24.0	60.0
	平均值	25.2	60.3

立生物质颗粒加工厂,把附近农作物秸秆、烟秆、树枝等农业废弃物利用起来,就会大大降低生物质燃料成本。

通过生物质燃烧机与国标煤炉、小型煤炉 2 种传统煤炉的高温测试,可知生物质燃烧机与国标煤炉安装配套时,供热设备表面的温度比较高,人员操作须要谨慎。而生物质燃烧机与小型煤炉安装配套时,供热设备表面温度比较低,人员操作相对安全。

生物质燃烧机受生物质燃料的价格影响,使用成本比传统燃煤密集烤房费用稍高,但不是很明显。在生物质燃料充足的情况下,生物质燃烧机能够代替传统燃煤密集烤房进行烟叶烘烤。

生物质燃烧机一次加料比较少,温度容易控制。而传统燃煤密集烤房一次加料多,会出现燃煤阴燃的情况,温度不容易控制。生物质燃烧机在进行烟叶烘烤时,烟叶烘烤后质量要比传统燃煤密集烤房高。

参考文献:

[1]江风莲,魏龙华,张晓梅. 基于物联网的节能型烤烟系统[J]. 赤

峰学院学报(自然科学版),2016,32(17):26-27.
[2]胡向丹,丁福章,吴流玉,等. 烤烟种烤分离生产模式对其经济效益和产质量的影响[J]. 贵州农业科学,2012,40(3):88-90.
[3]熊丽君. 燃煤地区存在严重的颗粒物污染[J]. 中国环境科学,2010,30(3):338.
[4]陈多宏,李梅,黄渤,等. 区域大气细粒子污染特征及快速来源解析[J]. 中国环境科学,2016,36(3):651-659.
[5]贺震. 大气污染防治,为行善治立良法[J]. 环境经济,2014(增刊2):24.
[6]李小健. 联防联控:大气污染防治“新常态”[J]. 中国人,2015(2):14-15.
[7]翟欣,赵玉,陈雪,等. 烟叶生产基础设施建设的烟农满意度评价与需求意愿[J]. 贵州农业科学,2015,43(1):208-211.
[8]宋朝鹏,陈江华,许自成,等. 我国烤房的建设现状与发展方向[J]. 中国烟草学报,2009,15(3):83-86.
[9]王兆恩,王明华,赵彬,等. 生物质燃烧机在小型燃煤锅炉改造中的应用[J]. 山东工业技术,2016(6):59,149.
[10]王久臣,戴林,田宜水,等. 中国生物质能产业发展现状及趋势分析[J]. 农业工程学报,2007,23(9):276-282.
[11]陈小江,张帆. 生物质燃料致密成型技术研究现状及发展趋势[J]. 科技信息,2014(8):137,141.
[12]刘婷洁,胡乃涛,李俊韬,等. 生物质颗粒燃料燃烧污染物排放特性[J]. 可再生能源,2016,34(12):1877-1885.
[13]杨飞,张霞,刘芮,等. 生物质颗粒燃料燃烧机的烟草烘烤试验研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2017,32(5):912-919.
[14]姚宗路,孟海波,田宜水,等. 抗结渣生物质固体颗粒燃料燃烧器研究[J]. 农业机械学报,2010,41(11):89-93,137.
[15]兰树斌,张大斌,曹阳. 生物质能源炉具替代密集烤房煤炭供热系统研究[J]. 现代农业科技,2016(18):140-141,143.
[16]苟文涛,王晓剑,钟俊周,等. 生物质燃料替代煤炭在烟叶烘烤

李 健,王海明,李 勇,等. 基于多元线性回归与 BP 神经网络分析南疆巴旦木结构物理特性[J]. 江苏农业科学,2019,47(12):260-264.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.12.060

基于多元线性回归与 BP 神经网络分析 南疆巴旦木结构物理特性

李 健,王海明,李 勇,周 岭

(塔里木大学机械电气化工程学院,新疆阿拉尔 843300)

摘要:运用多元线性回归与 BP 神经网络等多种数理统计手段对南疆巴旦木结构物理特性进行研究。基于多元线性回归及方差分析方法,对南疆巴旦木结构外形进行定义和物理参数测定,运用 MATLAB 软件得出,巴旦木长、宽、缝三者之间不是简单线性关系,其外形近似为关于横、竖、纵 3 椭圆截面对称的扁壳体;在测定对应的巴旦木果仁质量后,运用 3 层 BP 神经网络结构寻找巴旦木结构外形与果仁质量间的关系,建立相应质量预测模型。可在不破坏巴旦木外壳的情况下,通过长、宽、缝来预测巴旦木果仁的质量,从而为巴旦木无损品质分级及破壳装置设计提供理论基础。

关键词:MATLAB;多元线性回归;BP 神经网络;巴旦木;结构物理特性

中图分类号:O4-34;TB303 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)12-0260-05

巴旦木,蔷薇科,其果仁富含蛋白质、脂肪、淀粉、单糖、维生素等,营养价值极高,为世界著名干果,国际市场销量很大^[1-2]。我国巴旦木的主栽区在南疆喀什地区,此外,和田、阿克苏等地也有栽培^[2-3]。目前,我国巴旦木年产量偏少,每年仍需从美国大量进口。消费缺口的存在促进了国内巴旦木种植和加工业的发展,潜在经济效益较为显著^[3-4]。

我国巴旦木加工一直以人工为主,效率低且品质难以保证。食品安全以及人们对巴旦木果仁产品多样的要求,正强力推动着巴旦木深加工的机械化进程,然而目前国际上尚无成熟的巴旦木破壳、分级装备应用于生产^[5-7]。目前国内坚果破壳、分级设备的设计主要依靠经验与试验来进行,缺乏对结构物理特性及破壳力学机制的系统性研究^[8-9]。因此,分析研究巴旦木的结构物理特性,为巴旦木分级、破壳设备的优化设计提供理论依据与关键参数,就显得尤为重要与迫切。

本研究运用 MATLAB 软件与数理统计原理对南疆巴旦木壳体的结构外形及物理参数进行深入细致的分析。在采集大样本的基础上,对巴旦木的结构物理特性进行测量,研究巴

旦木长、缝、宽彼此间存在的非线性关系,构建壳体几何模型,并探寻巴旦木果仁质量与巴旦木壳体外形间的关系,运用 BP 神经网络建立相应质量预测模型,以期在巴旦木加工产业化过程中,为相关机械结构的参数设计与校正提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

南疆巴旦木,由于土壤、气候、混种等原因,其品种非常复杂,主要品种有鹰嘴、纸皮、克西、双果、米森等,大小、形状、壳厚不一(图 1),无法通过植物学分类进行甄别,也无任何标准可查。因其主产地在南疆喀什,这里选取喀什地区市场销巴旦木作为研究对象。



图1 大小、形状、壳厚不一的南疆巴旦木

主要仪器设备包括游标卡尺:0~150 mm,测量精度为 0.01 mm,上海安亭科学仪器厂生产;面包体积测定仪:JMTY 型,测量范围为 0~1 000 mL,重复性误差≤1.0%,重现性≤0.8%,河北省虹宇仪器设备有限公司生产;万能材料试验机:WD-D3-7 型,上海卓技仪器设备有限公司生产;电子

收稿日期:2018-03-05

基金项目:国家自然科学基金(编号:11762020);塔里木大学校长基金(编号:TDZKQN201609)。

作者简介:李 健(1985—),男,山西大同人,硕士,讲师,研究方向为农业机械工程力学。E-mail:hmwang16@163.com。

通信作者:王海明,硕士,讲师,研究方向为机械设计及理论。E-mail:wanghaiming23@163.com。

中的应用[J]. 华北农学报,2017,32(增刊1):239-244.

[17]谭方利,邱 坤,杨 鹏,等. 新型能源在烟叶烘烤中应用前景和效果分析[J]. 天津农业科学,2018,24(1):59-63.

[18]王国平,聂荣邦,周孚美. 不同热源密集烤房烟叶烘烤效果研究[J]. 作物研究,2016,30(7):782-785.

[19]王建安,刘国顺. 生物质燃烧锅炉热水集中供热烤烟设备的研制及效果分析[J]. 中国烟草学报,2012,18(6):32-37.

[20]李世军. 烤烟用生物质颗粒燃烧机及其控制方法研究[J]. 中国农机化学报,2018,39(5):43-47.

[21]倪克平,甄焕菊. 生物质压块燃料在烟叶烘烤中的应用效果[J]. 农业开发与装备,2015(11):63,80.

[22]谭方利,樊士军,董艳辉,等. 生物质压块燃料及煤炭燃料在烟叶烘烤中的应用效果对比研究[J]. 现代农业科技,2014(10):201-201,209.