

生物质气化烤烟系统设计及节能与品质改善效果分析

杨世关, 张百良, 杨群发, 赵廷林, 李 刚, 何鸿玉

(河南农业大学)

摘 要: 针对传统间接换热式烤房存在的能源利用效率低, 烤烟质量不易保证的问题, 研究设计了一套以生物质燃气为能源, 采用间接换热与直接换热相结合的方法进行烘烤的烤烟设备, 通过这种改进, 不但使烤烟房的效率有了较大幅度提高, 而且由于直接换热过程中烟气所携带的 CO_2 有助于提高烤烟的质量, 加之温湿度自动控制系统的采用, 使得烤烟质量得以保证。实验表明该系统节能及品质改善效果都较传统间接换热式烤房有显著提高, 系统热效率达 58.3%, 烟叶质量较对照传统烤房提高了 1 个等级。

关键词: 生物质; 气化; 烤烟; 节能; 品质改善

中图分类号: S216.2

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2003)02-0207-03

1 引言

目前, 我国农村广泛使用的烟叶烘烤设备大多数仍是农民自建的传统式烤房。这类间接换热式烤房在使用过程中存在的突出问题, 一是能量利用效率低, 热效率大多在 30% 以下^[1]; 二是所烤烟叶的质量不易保证, 主要由决定烤烟质量的温度和湿度控制不准确所造成。针对这种状况我们研究设计了一套以农作物秸秆等生物质能为能源的烘烤设备。该设备改传统的间接换热式烤烟为间接换热与直接换热结合式烤烟。通过这种改进, 一方面从根本上解决了烤烟房效率难以提高的问题, 另一方面, 直接换热过程中热烟气所含的一定浓度的 CO_2 有利于提高烟叶的烘烤质量^[2]。此外, 采用温湿度自动控制系统使烤烟质量得以保证和提高。

2 系统设计及工作原理

该烤烟系统由生物质燃气生产系统和烤烟系统两大部分组成, 系统工艺流程见图 1。

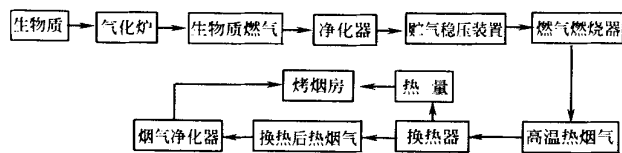


图 1 生物质气化烤烟系统工艺流程图

Fig 1 Flow chart of the tobacco-curing system using biomass gas as fuel

在上述系统中, 烤烟系统是重点研究的部分。该系统主要由生物质燃气燃烧器、换热器、烟气净化器、风机、烤烟房等组成, 见图 2。

系统的工作原理是: 农作物秸秆等生物质燃料经气化炉转变为燃气, 经净化脱除颗粒物和焦油后送入一个

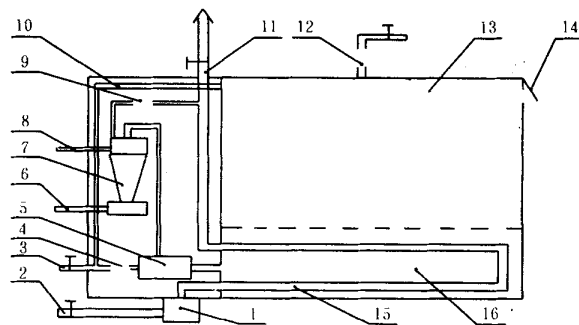


图 2 生物质气化烤烟箱结构示意图

Fig 2 Schematic chart of the tobacco-curing system fuelled by biomass gas

起稳压和平衡作用的贮气装置, 经过处理的生物质燃气在燃烧器中燃烧后产生高温热烟气, 这部分热烟气流经烤烟箱下部的换热器以间接换热的方式将热量传递给烤烟箱中的烟叶, 经过换热的烟气在引风机的作用下被送进净化器以脱除烟气中的微量炭尘等颗粒物, 经净化后的烟气在调温室与空气进行混合降温, 当温度达到烤烟工艺要求后由鼓风机吹进烤烟箱下部的气体分配室, 然后均匀地进入烤烟箱上部空间与烟叶进行直接热交换, 并最终在排气风机的作用下被送入到其它烤房进一步利用。将热烟气引入烤房有两方面的作用, 一是进一步利用其所携带的热量, 二是利用其所携带的二氧化碳。往烤房内补充一定浓度的二氧化碳(一般应小于 1.35%)可起到两方面的作用, 一是能加速叶片的脱水, 促进叶绿素分解, 有利于烟叶变黄, 从而缩短烘烤时间; 另一方面能抑制多酚氧化酶的活性, 减少或消除烟叶变褐现象的发生, 促进淀粉酶的活性, 有利于淀粉向糖的转变, 从而使烟叶的内在和外观质量得到提高^[2]。需要说明的是烟气的循环利用在烟叶烘烤过程的变黄和定色时期, 即决定烤烟质量的两个主要工艺阶段, 只是间

收稿日期: 2002-05-13 修订日期: 2002-12-10

基金项目: 国家烟草专卖局科技攻关项目(981068)

作者简介: 杨世关, 讲师, 博士生, 河南郑州 河南农业大学能源与环境工程系、农业部可再生能源重点开放实验室, 450002

歇和短时间采用,这样做的目的主要是利用烟气所携带的二氧化碳,同时尽量减少烟气中其它气体成分对烟叶可能产生的不良影响。到了干筋期,除炭尘外,其它气体成分对烟叶的质量不再有影响,所以这一阶段就连续采用烟气的循环利用,以利用其所携带的余热,提高设备的能量利用效率。

3 系统节能效果分析

为了提高烤烟房的热效率,本设计采取了两个措施,一是将经过间接换热后的热烟气重新引入烤烟房内以直接换热的方式利用其所携带的余热;二是根据烤烟工艺 3 个不同烘烤阶段,即变黄期、定色期和干筋期对温度的要求有差异这一特点将多个烤烟房串联使用,要实现这一点只要调整启动时间使每个烤烟房所处的烘烤阶段相互错开即可,比如,第一个烤烟房在定色期运行时,第二个烤烟房开始启动并在变黄期运行,此时从第一烤烟房排出来的热气可以送入第二个烤烟房进行利用,当第一个烤烟房进入干筋时,它排出的废气可用于第二个烤烟房的定色期。通过能量的这种梯级利用,可以显著提高能量利用效率,节约运行费用。由于条件限制,本实验系统只采用了一个烤烟房,但预留了扩展接口。

系统的节能效果可以从两个角度进行分析,一是由于本系统采用农作物秸秆等生物质能替代煤等化石能源,所以该系统具有节约常规能源的效果;二是由于系统热效率提高产生的能源节约效果。从第一个角度分析,该实验系统每年可节约常规能源的量可根据式(1)求得

$$W = \frac{VQ}{H} \tag{1}$$

式中 W —— 系统每年所节约标煤量,kg; V —— 系统每年所消耗生物质燃气量, m^3 ; Q —— 生物质燃气低位发热量, 3976.7 kJ/m^3 ; H —— 标煤的低位发热量, 29308 kJ/kg 。

就本实验系统而言,按每年烤烟季节为 45 d,每年可烤 9 炕烟,每炕消耗生物质燃气 300 m^3 计算。则由(1)式得系统每年可替代的化石能源量为 366.4 kg 标煤。

系统的热效率可根据以下经验公式求得。

$$\eta = \frac{2575G_s}{QG} \times 100\% \tag{2}$$

式中 η —— 烤房系统热效率,%; G_s —— 烟叶脱水量,kg; 2575 —— 烟叶每脱 1 kg 水耗热量,kJ/kg; Q —— 生物质燃气低位发热量, kJ/m^3 ; G —— 生物质燃气消耗量, m^3 。

在该系统上我们总共进行了 4 次烟叶烘烤试验,表 1 为根据式(2)求得的 4 次试验的系统热效率。

根据表 1 可求得系统的平均热效率为 58.3%,较传统烤烟房的 30% 提高了近一倍,系统具有明显的节能效果。

表 1 系统热效率分析

Table 1 Heat efficiency of the system

试验序号	燃气消耗量 /m ³	燃气发热量 /kJ·m ⁻³	烟叶脱水量 /kg	系统热效率 /%
1	352	3 906.2	302.7	56.7
2	335	3 976.7	312.3	60.4
3	300	3 927.2	272.1	59.5
4	317	3 946.5	275.0	56.6

4 品质改善效果分析

为了分析生物质气化烤烟系统在提高烟叶质量方面的效果,将该系统与普通的土烤房进行对比实验。实验所用烟叶品种为 NC89,烟叶生长部位为中部,实验采用的方法为半叶法,即将一个叶片平分为 2 部分,分别放在两个烤房内同时进行烘烤。实验结束后将所烤烟叶请郑州烟草研究院进行了评吸测试,结果见表 2。

表 2 烟叶评吸测定结果

Table 2 Evaluation results of the tobacco quality by smoking

烤房种类	香气质	香气量	浓度	杂气	劲头	刺激性	余味	燃烧性	灰色	质量档次
普通烤房	中等	有	中等	略重	中等	有	尚适	强	灰白	中等
生物质烤房	中等	尚足	中等	有	中等	有	尚适	强	灰白	中等偏上

从表 2 可以看出,生物质气化烤烟房所烤烟叶较普通烤房提高了一个档次。该系统之所以能提高烘烤烟叶的质量,主要有以下 2 个方面的原因。

首先,通过直接将热烟气充入烤烟房,提高了烤烟房 CO_2 的含量,前面已经谈到,一定浓度的 CO_2 能提高烤烟的质量。需要指出的是,之所以可以通过这种方式补充 CO_2 主要是由于采用的能源为生物质能,而生物质能燃烧后不会产生 SO_2 等对烟叶有破坏作用的气体成分。

第二,由于采用了温、湿度自动控制系统,所以控制的准确性及灵敏性都较普通烤房有大幅度提高。温、湿

度作为影响烤烟质量的最为重要的因素,其控制的准确性在很大程度上决定了所烤烟叶的质量。从图 3 可以看出,烤房内的温、湿度值与设定的温、湿度值的偏差在 1 以内,所以从温度控制的准确性来分析,该系统都能够很好的满足烤烟对温、湿度变化的要求。

5 结 论

1) 采用直接换热和间接换热相结合的方式进行烤烟具有两大突出的优点,其一是将经过热交换的尾气重新引入烤房与烟叶进行直接的热交换,提高了能量利用效率;其二是经过净化的热烟气所含的主要成分 CO_2

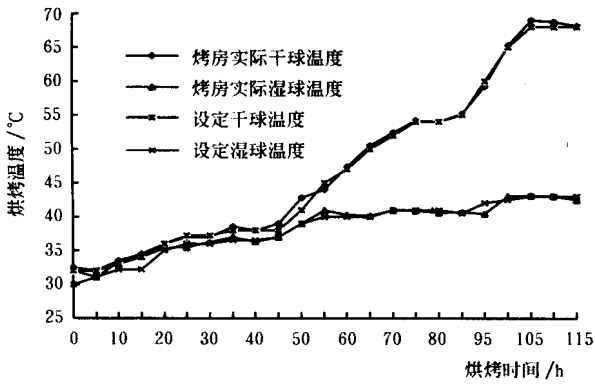


图 3 烤房实际干湿环境值与设定值比较
Fig 3 Comparison of the practical temperature and humidity with those of the set

- 对提高烟叶的烘烤质量以及缩短烘烤时间有利。
- 2) 由于生物质能燃烧后产生的 SO_2 和 NO_x 都远远低于煤等化石能源, 所以这为利用直接换热的方式进行烟叶烘烤奠定了基础。
- 3) 该烤烟系统由于利用秸秆等生物质能作能源,

所以符合农村的资源条件, 便于在农村地区推广使用。

4) 采用农作物秸秆为能源进行烤烟可以替代化石能源和木柴, 减轻化石能源的利用造成的污染、森林砍伐、秸秆荒烧等生态环境问题, 有利于环境的可持续发展; 同时由于秸秆是一种可再生资源, 将它以能源的方式利用对能源的可持续利用是一种贡献。

[参 考 文 献]

[1] 杨世关 生物质气化烤烟系统研究[D] 郑州: 河南农业大学, 1998

[2] 韩锦峰, 宫长荣, 贾琪光 改变烘烤环境的气相成分对烘烤的效应[J] 河南农业大学学报, 1986, 20(4): 389~ 397.

[3] 杨树申, 乔万成, 霍长安等 三段式烘烤工艺的引进及在我国推广实施中的几个问题[J] 烟草科技, 1995, (3): 35~ 37.

[4] 张百良, 雷春鸣, 赵廷林等 烟叶节能初烤房系列设计[J] 农业工程学报, 1994, 10(1): 70~ 75

[5] 侯文华, 宫长荣, 金文华等 烟叶烘烤理论与实践[M] 北京: 农业出版社, 1990

Design of tobacco-curing system using biomass gas as energy
and evaluation of its energy efficiency
and quality improvement of tobacco products

Yang Shiguan, Zhang Bailiang, Yang Qunfa, Zhao Tinglin, Li Gang, He Hongyu

(Key Laboratory of Renewable Energy of Ministry of Agriculture, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to improve the heat efficiency of the traditional tobacco-curing chamber and raise the tobacco quality cured, a new tobacco-curing system was studied. It makes advances in two aspects: the first one is using biomass gas as a substitute for fossil fuel; the second one is changing the traditional direct heat exchanging mode into combination one which consists of direct and indirect heat exchanging. There are two advantages of the improvements, the first one is that the heat can be utilized more efficiently, the second one is that the quality of the tobacco can be raised because the CO_2 concentration in the drying gas is lower than 1.35% carried by the flue gas. Experimental results that the heat efficiency of the new system can reach 58.3%, and the quality of the cured tobacco can be upgraded compared to that with traditional curing process, as well, the curing time is 15 hours shorter than that of the traditional one.

Key words: biomass; tobacco-curing; energy saving; quality improvement