

生物质颗粒燃烧炉在密集烤房上的应用

蒋笃忠¹，陈洪浪²，何阳²，刘峰¹，唐善军¹，欧世誉¹，成勃松¹

(1湖南省烟草公司永州市公司，湖南永州425000；2湖南省烟草公司，长沙410004)

摘要：为探索生物质燃料在烟叶烘烤中的利用，实现烟叶烘烤节能环保和降本增效，以‘湘烟5号’的下、中部叶为试验材料，采用生物质颗粒燃烧炉配置相应换热器、直接对接金属加热设备和直接对接非金属加热设备3种应用方式，与一次性加煤非金属供热设备对比的方法，对生物质颗粒燃烧炉的应用进行了研究。结果表明：利用生物质颗粒燃烧炉供热进行烟叶烘烤，有利于烘烤过程中干球温度的控制，干球温度控制精度在 ± 0.5 以内，能确保烘烤工艺的到位，提高烟叶烘烤质量；烘烤能耗成本低于燃煤烘烤，且烘烤操作如添料、点火、控火及出渣等难度和用工量远低于传统燃煤方式，烟农易掌握，有利于烟叶烘烤减工降本；生物质颗粒燃烧炉在原有密集烤房配置相应换热器的方式应用效果较好，其次是直接对接金属加热设备，直接对接非金属加热设备的应用效果相对较差。

0引言

随着

现代烟草

农业的发展，烟叶

烘烤逐步实现专业化，更加重视烘烤

过程中的用工、耗能和烤后烟叶质量等问题^[1-7]

。烟叶烘烤是一个大量耗热的过程，每1kg干烟叶的耗煤量一般为1.5~2.0kg，热能利用率较低，每年烤烟消耗煤炭350~450万t，燃煤排放CO₂约为838万t、SO₂约为2.56万t、NO_x约为2.37万t^[8-13]

。另外，烘烤季节煤炭燃烧释放的粉尘、炭黑和飞灰等给周围环境带来较大污染，烘烤已经成为烟草生产主要的污染源之一^[14-19]

。为探索烟叶烘烤清洁能源利用、节能环保和提质增效，在清洁能源及相关设备等方面开展了较多相关研究，并取得了一定的效果^[20-24]

。王建安等^[25]开展了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，认为生物质燃烧锅炉热水集中供热有利于烤房内的温度处在理想的烘烤工艺状态，提高上中等烟比例，降低烘烤环节的劳动强度。为适应现有密集烤房设备的更换和升级，笔者对生物质颗粒燃烧炉在现有密集烤房上的应用进行试验，以期达到烟叶烘烤设施高效、管理高效、烘烤高效的目的。

1材料与方法

1.1试验时间、地点

试验于2016年在湖南省永州市东安县大源烟叶工场进行。

1.2试验材料

供试烟叶品种为‘湘烟5号’，部位为中下部叶；供试烤房为2.7m×8.0m的气流上升式密集烤房4座；供试设备为生物质颗粒燃烧炉3套。

1.3试验方法

1.3.1试验设计

设计4个处理：T₁

，生物质颗粒燃烧炉直接对接原金属加

热设备密集烤房，利用原有换热器；T₂

，生物质颗粒燃烧炉配置相应的换热器；T₃

，生物质颗粒燃烧炉直接对接原非金

属加热设备密集烤房，利用原有换热器；T₄

，对照（一次性加煤非金属供热设备）。以第二、四房烟叶进行烟叶烘烤试验。

1.3.2供试烟叶确定 供试烤房所烤烟叶的品种、营养条件、部位、成熟度要均衡一致。为了确保试验的准确性，试验前要将同样素质的烟株在田间作上标记，第4~6叶位和第9~11叶位分别代表下部、中部，作严格试验记录，烟叶成熟采收。

1.3.3编装烟方法 采用烟夹夹烟，下部叶4000kg/房，每夹190~210片，重量11kg左右，每房装烟330~350夹；中部叶4500kg/房，每夹夹烟170~190片，重量12kg左右，每房装烟340~360夹。

1.3.4烘烤方法 试验各处理和对照均按当地常规烘烤工艺实施。

1.4测定项目及方法

1.4.1观察记载的内容 烘烤过程温湿度状况、烟叶变化状况、耗煤（生物质燃料）量、耗电量，烤后烟叶外观质量、经济性状、化学成分及烤房使用情况等内容。

1.4.2测定方法 还原糖、淀粉、总氮及氯含量采用连续流动法测定，钾含量采用火焰光度法测定。

2结果与分析

2.1各处理能耗情况

从表1可以看出，下部叶烘烤中，千克干烟耗电量以T₂最低，依次是T₁、T₃和CK；3个处理的千克干烟耗生物质颗粒燃料量以T₂最低，依次是T₁和T₃，CK的千克干烟耗煤量为2.20kg；千克干烟能耗成本以T₂最低，依次是T₁、T₃和CK，T₁的千克干烟能耗成本较CK降低了0.15元，降低了7.61

个百分点，T₂的千克干烟能耗成本较CK降低了0.26元，降低了13.20个百分点，T₃的千克干烟能耗成本较CK降低了0.12元，降低了6.09个百分点。中部叶烘烤中，千克干烟耗电量以T₂最低，其次是T₁和T₃，CK最高；3个处理的千克干烟耗生物质颗粒燃料量以T₂最低，依次是T₁和T₃，CK的千克干烟耗煤量为1.81kg；千克干烟能耗成本以T₂最低，依次是T₁、T₃和CK，T₁的千克干烟能耗成本较CK降低了0.02元，降低了1.22

个百分点，T₂的千克干烟能耗成本较CK降低了0.06元，降低了3.66个百分点，T₃的千克干烟能耗成本较CK降低了0.01元，降低了0.61个百分点。说明采用生物质颗粒燃烧炉供热进行烟叶烘烤，燃烧效率和热量利用率较高，有利于降低能耗成本。

09个百分点。

09个百分点。中部叶烘烤中，千克干烟耗电量以T₂最低，其次是T₁和T₃，CK最高；3个处理的千克干烟耗生物质颗粒燃料量以T₂最低，依次是T₁和T₃，CK的千克干烟耗煤量为1.81kg；千克干烟能耗成本以T₂最低，依次是T₁、T₃和CK，T₁的千克干烟能耗成本较CK降低了0.02元，降低了1.22

个百分点，T₂的千克干烟能耗成本较CK降低了0.06元，降低了3.66

个百分点，T₃的千克干烟能耗成本较CK降低了0.01元，降低了0.61个百分点。说明采用生物质颗粒燃烧炉供热进行烟叶烘烤，燃烧效率和热量利用率较高，有利于降低能耗成本。

表1 烘烤能耗情况

部位	处理	夹数	总重量/kg	电耗成本			燃料成本(生物质或原煤)			平均成本/(元/kg)
				数量/kWh	金额/元	千克干烟耗电量/kWh	数量/kg	金额/元	千克干烟耗料量/kg	
X	T ₁	330	389.5	167.8	109.07	0.43	705.8	599.93	1.81	1.82
	T ₂	330	396.7	162.7	105.76	0.41	675.6	574.26	1.70	1.71
	T ₃	330	395.1	177.9	115.64	0.45	725.3	616.51	1.84	1.85
	CK	330	383.4	188.2	122.33	0.49	842.4	631.80	2.20	1.97
C	T ₁	342	457.8	181.5	117.98	0.40	733.2	623.22	1.60	1.62
	T ₂	342	461.7	178.7	116.16	0.39	723.4	614.89	1.57	1.58
	T ₃	342	459.1	183.3	119.15	0.40	740.3	629.26	1.61	1.63
	CK	342	441.2	189.6	123.24	0.43	797.8	598.35	1.81	1.64

注：煤价为750元/t，生物质颗粒燃料价为850元/t，电价为0.65元/kWh。

2.2不同处理在烘烤过程中温度控制情况

从图1~2可以看出，3个处理在烘烤过程中，干球温度与目标温度基本一致，其升温速度的控制比较准确，特别是在定色期能确保干球温度稳温持续，升温灵敏可控，较燃煤炉优势明显，CK的干球温度与目标温度偏差较大。下部叶烘烤过程中， T_1 的干球温度与目标干球温度偏差平均为 ± 0.27 ， T_2 的干球温度与目标干球温度偏差平均为 ± 0.20 ， T_3 的干球温度与目标干球温度偏差平均为 ± 0.36 ，CK的干球温度与目标干球温度偏差平均为 ± 1.61 ；中部叶烘烤过程中， T_1 的干球温度与目标干球温度偏差平均为 ± 0.24 ， T_2 的干球温度与目标干球温度偏差平均为 ± 0.21 ， T_3 的干球温度与目标干球温度偏差平均为 ± 0.49 ，CK的干球温度与目标干球温度偏差平均为 ± 1.39 。3个处理中，干球温度控制精度较高的是 T_2 ，其次是 T_1 ， T_3 较低，可能与换热器的换热效率有关。说明采用生物质颗粒燃烧炉供热进行烟叶烘烤，在烘烤过程中干球温度和升温速度的控制比较精准，有利于烘烤工艺的落实到位。

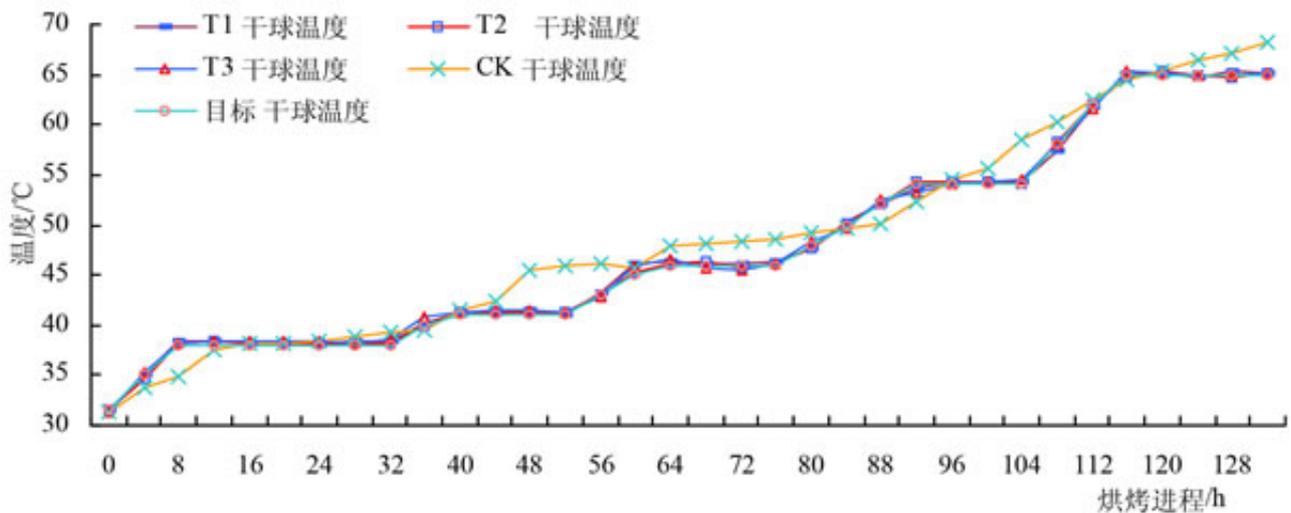


图1 下部叶烘烤过程干球温度状况

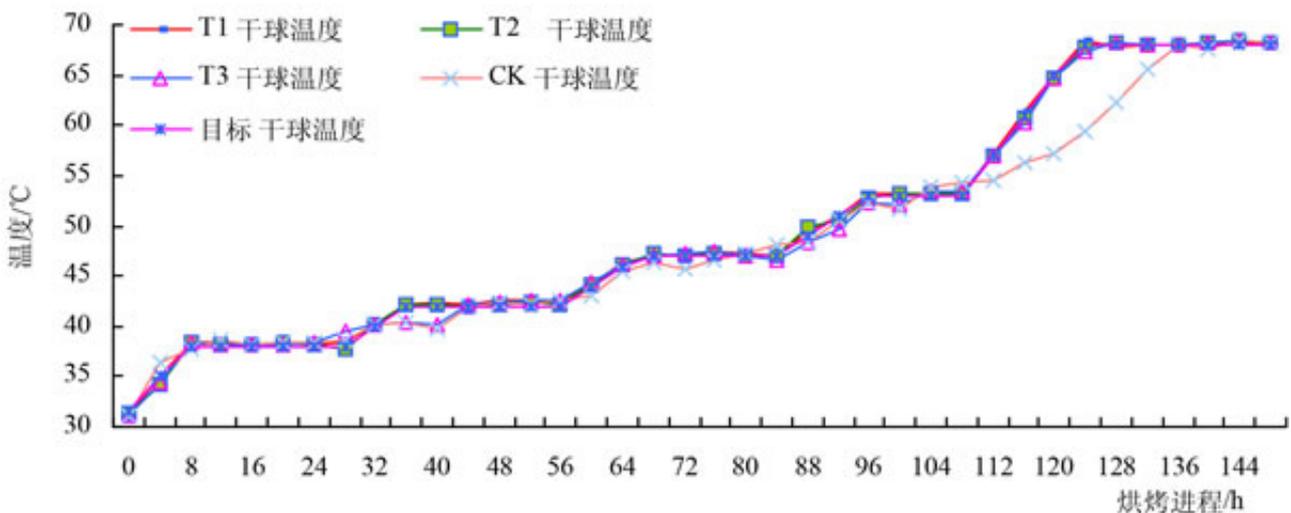


图2 中部叶烘烤过程干球温度状况

2.3不同处理的经济性状

从表2可以看出，下部叶烘烤中， T_1 、 T_2 和 T_3 的上等烟比例较CK分别提高了6.47、13.22和4.25个百分点，均价较CK分别增加了2.65、3.28、1.39元/kg，分别提高了1.56、14.31、6.06个百分点。中部叶烘烤中， T_1 、 T_2 、 T_3

的上等烟比例较CK分别提高了4.39、18.10、3.67个百分点，均价较CK分别增加了1.60、2.20、0.69元/kg，分别提高了5.20、7.15、2.24个百分点。说明采用生物质颗粒燃烧炉供热进行烟叶烘烤，烘烤工艺落实比较到位，有利于提高烟叶烘烤质量，增加效益。

表2 不同部位各处理的经济性状

部位	处理	上等烟比例/%	中等烟比例/%	均价/(元/kg)
X	T ₁	9.73	89.04	25.57
	T ₂	16.48	82.09	26.20
	T ₃	7.51	91.21	24.31
	CK	3.26	95.12	22.92
C	T ₁	74.55	24.16	32.36
	T ₂	88.26	10.38	32.96
	T ₃	73.83	25.12	31.45
	CK	70.16	28.15	30.76

注：以上数据通过专业分级人员对标识烟叶分级得出。

2.4不同处理的化学成分

从表3可以看出，不同处理不同部位烟叶的还原糖、烟碱、总氮、氯及钾的含量均较为适宜。3个处理的烤后烟叶淀粉含量均较CK低，下部叶的烤后烟叶淀粉含量T₁、T₂和T₃较CK分别降低了1.32、1.44、1.15个百分点；中部叶的烤后烟叶淀粉含量T₁、T₂、T₃较CK分别降低了1.18、1.53、1.06个百分点。说明采用生物质颗粒燃烧炉供热进行烟叶烘烤，烤后烟叶的化学成分较为协调，特别是淀粉含量较低，有利于提高烟叶的内在质量。

表3 不同部位各处理的化学成分 %

等级	处理	还原糖	烟碱	总氮	氯	钾	淀粉
X2F	T ₁	25.58	1.50	1.38	0.25	3.21	4.37
	T ₂	25.42	1.47	1.38	0.17	3.21	4.25
	T ₃	24.23	1.53	1.38	0.21	3.21	4.54
	CK	25.05	1.40	1.36	0.15	3.30	5.69
C3F	T ₁	25.86	2.42	1.98	0.06	2.48	4.62
	T ₂	25.48	2.46	1.88	0.11	3.21	4.27
	T ₃	25.18	2.37	1.76	0.15	3.21	4.74
	CK	25.16	2.41	1.81	0.09	2.40	5.80

2.5不同处理的用工情况

由表4可知，采用生物质颗粒燃烧炉供热进行烟叶烘烤，烧火用时仅为62min，较燃煤烘烤节约用时178min，特别是在点火和控火环节，生物质供热设备实现了自动控制，且控制更为精准。因此，利用生物质供热设备以生物质颗粒为燃料进行烟叶烘烤有利于减工降本，且操作简单轻松。

表4 烘烤烧火用工情况

min

处理	运料时间	点火		添料		控火时间	出渣时间
		方式	时间	方式	时间		
T ₁	40	自动点火	2	直接倒入料斗	10	0	10
T ₂	40	自动点火	2	直接倒入料斗	10	0	10
T ₃	40	自动点火	2	直接倒入料斗	10	0	10
CK	60	人工点火	10	一次性装煤	80	50	40

3结论

采用生物质颗粒燃烧炉供热进行烟叶烘烤，有利于烘烤过程中干球温度的控制，干球温度控制精度在±0.5 以内，能确保烘烤工艺的到位，提高烟叶烘烤质量，烤后烟叶上等烟比例和均价较燃煤烘烤均有提高，化学成分较为协调，淀粉含量较低，有利于提高烟叶的内在质量。

利用生物质颗粒燃烧炉供热进行烟叶烘烤，烘烤能耗成本低于燃煤烘烤，且烘烤操作如添料、点火、控火及出渣等难度和用工量远低于传统燃煤方式，烟农易掌握，有利于烟叶烘烤减工降本。

生物质颗粒燃烧炉在原有密集烤房上应用的3种方式，以配置相应换热器的方式效果较好，其次是直接对接金属加热设备，直接对接非金属加热设备相对较差。

4讨论

生物质颗粒燃料没有稳定的供应链，应用于烟叶烘烤应根据烟叶烘烤工场所在地进行就地取材，烟农合作社自行加工。

目前的生物质颗粒燃烧炉加料方式采用的是人工单座分别加料操作，可探索多座烤房自动加料装置，实现自动供料，进一步降低烟叶烘烤用工。

参考文献

- [1]徐增汉，王能如，崔焰，等.我国烟叶烤房的节能改革[J].安徽农业科学，2000，28(6)：795-798.
- [2]铁燕，和智君，罗会龙.烟叶烘烤密集烤房应用现状及展望[J].中国农学通报2009，25(13)：260-262.
- [3]宫长荣，潘建斌，宋朝鹏.我国烟叶烘烤设备的演变与研究进展[J].烟草科技，2005(11)：34-37.
- [4]王文超，贺帆，徐成龙，等.烟叶烘烤节能技术研究进展[J].南方农业学报，2011，42(10)：1267-1270.
- [5]和智君，罗会龙，钟浩，等.烟叶烘烤密集型烤房节能技术途径分析[J].中国农学通报，2010，26(8)：337-340.
- [6]宋朝鹏，艾绶龙，王胜雷，等.烟叶烘烤能耗与节能途径分析[J].安徽农业科学，2009，37(2)：647-649.
- [7]孙光伟，陈振国，孙敬国.密集烤房能源利用现状及发展方向[J].安徽农业科学，2013，41(20)：8691-8693.
- [8]蔡剑锋，奎发辉，和世华，等.不同热源密集型烤房对烟叶烘烤能耗的影响[J].安徽农业科学，2013，41(25)：10417-10419，10421.
- [9]孙培和，王先伟，王法懿，等.高温热泵烟叶烤房的研究与应用[J].现代农业科技，2010(1)：252-253，256.
- [10]贺智谋，邱荣俊，廖成福，等.空气能热泵烤房与传统密集烤房烟叶烘烤成本及质量对比研究[J].安徽农业科学，2013，41(24)：10033，10044.
- [11]李彦东，温亮，张教侠，等.第一代密集烤房生物质高效环保炉试验研究[J].现代农业科技，2013(4)：197-198，206.
- [12]郭大仰，刘尚钱，肖志新，等.不同替代能源密集烤房烟叶烘烤效能对比研究[J].安徽农业科学，2016，44(33)：99-102.
- [13]孙培和，王先伟，王法懿，等.高温热泵烟叶烤房的研究与应用[J].现代农业科技，2010(1)：252-254.
- [14]飞鸿，蔡正达，胡坚，等.利用生物质烘烤烟叶的研究[J].当代化工，2011，40(6)：565-567，592.
- [15]兰树斌，马莹，陈维林，等.生物质能源在烤烟烘烤中的应用研究进展[J].现代农业科技，2016(18)：153-155.
- [16]宋朝鹏，李常军，杨超，等.生物质能在烟叶烘烤中的应用前景[J].河北农业科学，2008，12(12)：58-60.
- [17]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.
- [18]庞利沙，田宜水，侯书林，等.生物质颗粒成型设备发展现状与展望[J].农机化研究，2012(12)：237-241.
- [19]张骏，杨征宇.可再生能源在烟草调制中的应用研究[J].江西农业学报，2012，24(1)：50-52.
- [20]孙建锋，王梅，刘芳，等.应用配方均匀设计确定烟叶烘烤生物质型煤的最佳配方[J].浙江农业科学，2012(2)：202-205.
- [21]郭仕平，谢良文，曾淑华，等.烤烟秸秆压块代煤在烟叶烘烤中的应用效果研究[J].现代农业科技，2015(6)：178

-179, 185.

[22]张聪辉, 赵宇, 苏家恩, 等.清洁能源部分替代煤炭在密集烤房中应用技术研究[J].安徽农业科学, 2015, 43(4): 304-305, 314.

[23]姚宗路, 崔军, 赵立欣, 等.瑞典生物质颗粒燃料产业发展现状与经验[J].可再生能源, 2010, 28(6): 145-150.

[24]林伟, 王鹏, 陈贤龙, 等.智能生物颗粒燃料燃烧机在烟叶烘烤中的应用效果研究[J].中国农学通报, 2016, 32(25): 170-174.

[25]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.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/118842.html>