

生物质燃气专用灶具技术参数及性能试验研究

雷廷宙, 丁 鸣, 王 磊, 崔俊贞, 胡建军, 孙寅聪

(河南省科学院能源研究所)

摘 要: 为了检验生物质燃气专用灶具的性能, 确定有关的技术指标, 利用高压容积式配气装置配制出上、下极限及平均的生物质燃气, 通过对已设计好的生物质燃气专用灶具的通用性、一次空气系数和锅支架高度对燃烧性能的影响等试验研究, 探索生物质燃气灶具设计的一般规律, 给出关键技术指标的设计原则。

关键词: 生物质燃气灶; 性能试验; 高压容积式配气装置

中图分类号: S216 2

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0420101203

生物质燃气专用灶具是生物质气化集中供气系统中的最重要设备之一, 整个供气系统是否安全、可靠、稳定, 最终均在生物质燃气专用灶具的燃气燃烧上得到体现。对于燃气灶具, 仅靠理论设计是远远不够的, 还必须通过科学试验修正有关技术参数。尤其是对于生物质燃气, 目前还没有成熟的经验数据供设计者参考, 虽然近几年有几种生物质燃气专用灶具在工程中使用, 但关键部件及技术参数都没有达到设计要求, 且没有经过试验验证, 在实际使用中出现了许多问题。

本研究对 1998 年河南省重大攻关子课题“生物质燃气专用灶具的研制”中研制的生物质燃气专用灶具^[1]的性能进行测定。对生物质燃气专用灶具的通用性、一次空气系数及锅支架高度对燃烧性能影响等进行试验研究, 探索生物质燃气专用灶具设计的一般规律, 给出关键技术性能指标的设计原则。

1 试验装置与试验方法

1.1 试验用气

华白数是指燃气高热值与相对的比重开方的比值, 是衡量燃具热流量的重要指标; 燃烧速度指数是判断燃气能否稳定燃烧的关键指标。燃气的互换性是指互换的几种燃气的华白数和燃烧速度指数相等。根据这一原理, 用 N_2 、 H_2 、 CH_4 三种基准气在高压容积式配气装置上配制出以空气为气化剂的各种炉型的生物质燃气, 其华白数符合实际使用的生物质燃气, 即 $5.18 \sim 7.77 MJ \cdot m^{-3}$, 理论空气量为 $0.962 \sim 1.370 m^3 \cdot m^{-3}$, 配气精度达到华白数变化 $\pm 2.5\%$ 。

1.2 试验装置

图 1 为生物质燃气专用灶具的试验装置的示意

图。测试设备有奥式气体分析仪、燃气热值仪、燃烧效率测定仪、湿式气体流量计、声级计、精密温度计、秒表等。在下面试验中热效率及烟气中 CO 含量试验为座锅状态, 其余试验均为不座锅。

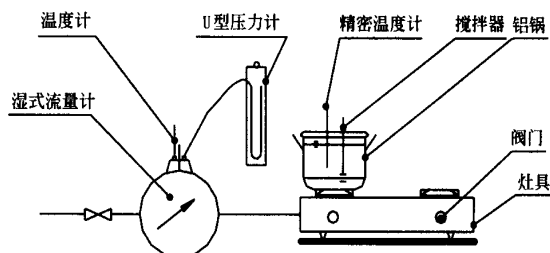


图 1 生物质燃气灶具性能试验装置示意图

Fig 1 Experimental equipment for performance test of biomass gas appliance

1.3 试验方法

由高压容积式配气装置配制出的生物质燃气由奥氏气体分析仪和燃气热值仪测定复核后应符合华白数变化 $\pm 2.5\%$ 。该燃气经湿式气体流量计、精密温度计、U 型压力计, 分别测出试验所需流量、温度、压力后进入专用灶具燃烧, 通过煮水可测定灶具热效率, 用专用取样环取出燃烧烟气送至燃烧效率测定仪测出烟气中 CO 含量; 用秒表记下时间可计算出灶具热流量。

2 试验研究及结果分析

2.1 灶具通用性试验

在生物质燃气专用灶具的设计中, 以各种炉型的生物质燃气平均值计算, 即: 华白数 $W = 6.475 MJ \cdot m^{-3}$, 设计热流量 $Q = 3.2 kW$, 试验及分析如下:

用平均气实测热流量: 经配气得到与设计燃气相同的华白数和燃烧速度指数的试验用气, 对生物质燃气专用灶具进行热流量测试, 得出实测热流量为 $Q = 3.14 kW$, 与设计值的偏差为 -1.9% , 满足

收稿日期: 2002203219

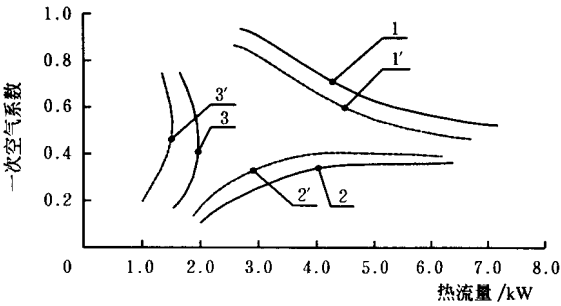
作者简介: 雷廷宙, 所长, 副研究员, 河南省郑州市 河南省科学院能源研究所, 450008

设计精度。

用极限气测试热流量: 下限气华白数 $W = 7.77 \text{ MJ}\ddot{\text{a}}\text{m}^3$, 上限气华白数 $W = 5.18 \text{ MJ}\ddot{\text{a}}\text{m}^3$, 配制此极限气, 仍以设计灶具进行测试, 得到下限热流量为 3.88 kW , 上限热流量为 2.61 kW , 由此可计算出下、上限火孔热强度分别为 $14.1, 9.5 \text{ kW}\ddot{\text{a}}\text{m}^2$, 查手册可知, 该数据在设计范围之内。

火焰稳定性试验: 火焰稳定性是指不脱火、不回火、无黄焰, 可由生物质燃气燃烧特性曲线表示。图 2 表示上、下极限气的燃烧特性曲线。从图 2 可以看出, 在一定的一次空气系数时, 热流量落在曲线 1、2、3 之间, 灶具就能稳定燃烧; 或者说, 当热流量在一定范围内变化时, 只需稍加调整一次空气系数, 即可达到稳定燃烧。

试验表明, 当热流量在 $2.61 \sim 3.88 \text{ kW}$ 之间变化时, 需逐渐开大可调的一次空气调节板, 使一次空气量逐渐增大, 就可达到稳定燃烧, 即不脱火、不回



1、1' 分别表示下、上限气离焰曲线; 2、2' 分别表示下、上限气的回火曲线; 3、3' 分别表示下、上限气的黄焰曲线

图 2 下、上极限气的燃烧特性曲线

Fig 2 The combustion characteristic curve of the lower and upper limit gas

火、无黄焰。

其它性能试验: 用下、上极限气及平均气按 GB 16410 对生物质燃气专用灶具的其它主要性能指标进行试验, 其结果见表 1。

表 1 下、上极限气及平均气对同一灶具主要性能试验结果

Table 1 The test results of central performance of the same appliance with lower, upper limit and average gas

	热流量 $\ddot{\text{a}}\text{kW}$	热效率 $\ddot{\text{o}}\%$	烟气中 CO 含量 ($A = 1$) $\ddot{\text{o}}\%$	着火率 $\ddot{\text{o}}\%$	燃烧稳定性	熄火噪声 $\ddot{\text{a}}\text{dB}$
上极限气	2.61	56.2	0.0152	100	不回火、不脱火、无黄焰	48
平均气	3.14	55.6	0.0471	100	不回火、不脱火、无黄焰	45
下极限气	3.88	55.1	0.0497	100	不回火、不脱火、无黄焰	41

从表 1 可以看出, 随着气源从上极限气到下极限气的变化, 燃气华白指数逐渐增大, 生物质燃气专用灶具的热流量也逐渐增大, 而热效率降低, 烟气中 CO 含量升高。生物质燃气华白指数在 $5.18 \sim 7.77 \text{ MJ}\ddot{\text{a}}\text{m}^3$ 之间变化时 (即变化幅度为 50%), 所设计的生物质燃气专用灶具均能正常燃烧, 基本达到 GB 16410 要求, 说明该灶具通用性良好。

2.2 一次空气系数对灶具燃烧性能的影响试验

一次空气系数的选取是灶具设计和使用中极为重要的一环, 对生物质燃气来说, 由于 H_2 和 CO 含量较高, 且燃气中含有一定的 O_2 , 较大的一次空气系数容易造成灶具回火, 所以在设计中应选取较低的一次空气系数 (我们设计的生物质燃气专用灶具取一次空气系数 $A = 0.55$)。同时为了使灶具对燃气有更宽的适应性, 可以把一次空气吸入量设计为可以调节的, 由风门开度来实现。这样, 如何调节生物质燃气灶具的风门开度就显得十分重要。用平均气进行风门开度与热效率和烟气中 CO 含量试验, 结果如图 3。从图 3 可以看出, 当风门过小时 ($< 10^\circ$), 灶具燃烧不充分, 热效率降低; 当风门过大时 ($> 20^\circ$), 火焰变短, 不能与吸热面充分接触, 排烟及散热损失增加, 热效率也降低, 因此, 风门开度应在

$10^\circ \sim 20^\circ$ 之间; 当风门过小 ($< 10^\circ$), 烟气中 CO 含量大于 0.5%, 随着风门的开大, 烟气中 CO 含量降低, 但当风门开至 10° 时, 出现不稳定燃烧, 甚至回火, CO 含量反而急剧增加, 因此, 风门开度也应在 $10^\circ \sim 20^\circ$ 之间为宜。综合热效率和烟气中 CO 含量两个因素, 风门开度的最佳位置是: 烟气中 CO 含量不超标时, 风门开度尽可能小, 此时热效率最高, 即风门开度在 $10^\circ \sim 15^\circ$ 之间, 一次空气系数变化范围为 0.53~0.57。

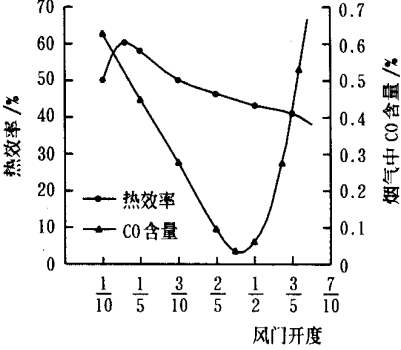


图 3 风门开度与热效率及烟气中 CO 含量的关系

Fig 3 The relationship between the opening angle of air door and heat efficiency, CO content in fume

2 3 锅支架高度对灶具燃烧性能的影响试验

锅支架高度虽然对燃烧器本身的燃烧状态没有影响, 但却对灶具的使用状态影响极大, 甚至造成不完全燃烧, 导致灶具设计失败. 因此针对不同特性的燃气选取合理的锅支架高度意义重大.

从理论上讲, 锅支架的高度以不影响燃烧器火焰外锥的形成和燃烧为准. 经计算可以知道, 该生物质燃气灶具外锥高度为 32 mm, 因此, 只要设计的灶具的锅支架高度大于 32 mm, 就可正常燃烧. 为此, 选取不同的锅支架高度进行试验(以平均气为例), 得出图 4. 从图 4 可知, 随着锅支架的增高, 热效率降低, 烟气中 CO 含量也降低. 因此有必要兼顾两者来选择锅支架高度, 原则是在 CO 含量不超标时尽可能降低锅支架高度, 以寻求最大的热效率. 在图 4 中可以找到这一最佳点, 即锅支架高度为 35

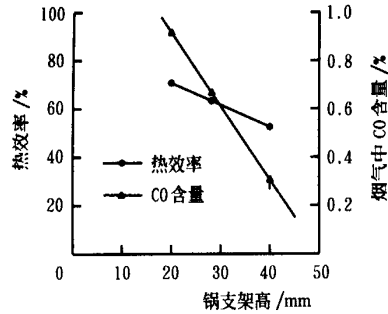


图 4 锅支架高度与热效率及烟气中 CO 含量的关系
Fig 4 The relationship between the height of pot support and heat efficiency, CO content in fume

mm 时, 烟气中 CO 含量为 0.045% (标准要求 < 0.05%), 此时的热效率为 55.5%.

3 结 论

1) 由于生物质燃气气化工艺的特殊性, 不同物料, 不同炉型所生产的生物质燃气成分差别较大, 因此, 生物质燃气专用灶具的设计必须充分考虑到通用性. 我们设计的生物质燃气专用灶具对燃气华白数的适应范围为 5.18~7.77 MJ/m³, 可基本涵盖所有现行的生物质燃气.

2) 设计时选取较小的一次空气系数有利于生物质燃气灶具的稳定燃烧及主要性能指标的提 高, 建议一次空气系数取 0.53~0.57 为宜. 同时还应给出一定的一次空气系数可调范围, 以适应不同生物质燃气的需要.

3) 根据生物质燃气的燃烧特性, 锅支架高度为 35 mm 为最佳值.

[参 考 文 献]

[1] 雷廷宙, 师新广等. 生物质燃气专用灶具的设计[J]. 农业工程学报, 2001, 17(4): 165~167.
[2] 霍光云. 燃烧与传热工程计算图表[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1984.
[3] 卢永昌. 燃气设备及燃气用具手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996.
[4] 金志刚. 燃气测试技术[M]. 天津: 天津大学出版社, 1994.

Experiment of Technical Parameters and Performance of Biomass-Gas Appliance

Lei Tingzhou, Ding Ming, Wang Lei, Cui Junzhen, Hu Jianjun, Sun Yincong
(Energy Research Institute, Henan Academy of Sciences, Zhengzhou 450008, China)

Abstract: For testing the functions and confirming the technical parameters of biomass gas appliance, the high pressure volumetric equipment for gas mixture was used to mix biomass gas with lower and upper limit gases. By the study on the effect of parameters of designed biomass gas appliance, such as the applicability, one-time air coefficient, the height of pot support on combustion performance and etc, the design method of biomass gas appliance is found out and how to determine key parameters of the appliance is given.

Key words: biomass gas appliance; performance test; high pressure volumetric equipment for gas mixture