

文章编号: 100226819(2001)042165203

生物质燃气专用灶具的设计

雷廷宙, 师新广, 李海军, 杨剑锋, 李再峰, 胡建军

(河南省科学院能源研究所)

摘要: 按照生物质燃气物理、燃烧特性, 根据燃烧学、传热学及燃气互换性原理进行燃烧器、锅架高度等理论计算, 优化设计出条形火孔旋流燃烧器、柱形极针高频脉冲点火器及双锅支架等各部分结构和尺寸, 制作样机后由配气装置配制出各种生物质燃气进行实验研究, 最终研究设计出高效节能、低污染、通用性好、易于点火、燃烧稳定的生物质燃气专用灶具。

关键词: 生物质燃气; 通用性; 灶具; 燃烧器

中图分类号: S216.2 **文献标识码:** B

生物质气化集中供气技术的推广应用是一项新兴的事业, 对于消化农村大量剩余秸秆, 减少环境污染, 改善农村用能结构, 促进农业可持续发展具有重要意义。作为该技术重要组成部分的生物质燃气灶具, 是实现用气的终端设备, 直接影响到用户的用气效果。使用没有经过正规设计计算和实验研究而简单改装成的灶具, 不仅浪费能源, 而且造成环境的二次污染, 甚至会出现安全事故。鉴于此, 1998 年河南省重大科技攻关项目“新型生物质气化系统的研究与开发”中的子课题“生物质燃气专用灶具的研制”, 就是要针对生物质燃气的燃烧特性, 研制出一种达到和超过 GB 16410 家用燃气灶具标准要求的生物质燃气专用灶具。

1 生物质燃气专用灶具总体方案的确定

1.1 研究设计原则

1) 高效节能、低污染。目前所有低热值煤气(包括低热值生物质燃气)灶具普遍存在着热效率较低, 达不到国标要求的现象; 同时由于燃烧不完全使得烟气中 CO 含量过高而污染环境。因此必须研制新型的燃烧器, 并能控制燃气与空气配比, 达到完全燃烧, 提高热效率, 降低污染;

2) 通用性好。根据燃气互换性原理, 研究设计出的灶具当生物质燃气成分发生较大变化时也能正常燃烧;

3) 着火率高。采用高压脉冲点火方式, 配以特

殊的柱形极针, 可方便可靠点火, 着火率达 100%;

4) 燃烧稳定性好, 不脱火, 不回火, 无黄焰;

5) 坚固耐用, 价低质优。

1.2 拟达到的主要技术指标

生物质燃气适应范围: $4.6 \sim 6.6 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$; 额定热流量: 3.2 kW ; 热效率 55%; 烟气中 CO 含量(A = 1 时) $< 0.05\%$; 着火率 100%; 燃烧稳定性: 不脱火, 不回火, 无黄焰。

1.3 总体结构设计

采用与液化气、天然气通用的全不锈钢外壳, 内设冷板喷塑支撑架, 设计加大燃气阀体总成以及特殊的燃烧器, 组成整体性能优良, 美观大方, 坚固耐用的生物质燃气专用灶。

2 生物质燃气专用灶具各部分结构的设计及计算

2.1 生物质燃气成分及各种参数确定

生物质燃气是一种特殊的燃气, 其特点是热值较低而比重较大, 其流量特性及燃烧特性有其自身的规律性, 不同于一般的城市用燃气。因此必须根据生物质燃气固有的特性, 进行确切的设计计算来确定生物质燃气灶具的各部分尺寸。

目前的生物质燃气, 无论是固定床, 还是流化床, 只要是以空气为气化剂而产生的燃气, 其燃气各成分含量一般在表 1 所列范围内。

根据计算知道, 生物质燃气的各种物理和燃烧性能参数: 低位热值 H_L : $4.60 \sim 6.56 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$; 高位热值 H_h : $4.95 \sim 7.13 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$; 华白数 W : $5.18 \sim 7.77 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$; 实用华白数 W : $4.81 \sim 7.15 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$;

收稿日期: 2001206220

作者简介: 雷廷宙(1963-), 男, 所长, 副研究员, 湖南汉寿 河南省科学院能源研究所, 主要从事生物质能利用研究, 450008

相对密度 S : 0.8426~0.9146; 绝对密度 d : 1.089
~ 1.183 kg/m³; 理论空气量: 0.962~1.370 m³/m³; 理论烟气的量: 1.798~2.135 m³/m³; 燃烧速度指数
 C_p : 26~36

表1 生物质燃气成分

Table 1 Biomass gas components

气体名称	H ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₃ H ₆	CO ₂	O ₂	N ₂
体积百分比δ%	13.0~19.0	18.6~19.8	1.8~4.0	0.2~0.76	0.1~0.14	10.6~12.2	1.6~1.9	44.1~52.2

我们以上述生物质燃气范围的平均值计算出灶具的各部分尺寸, 然后根据燃气互换性原理进行数据调整, 再通过实验研究进行验证, 最终确定灶具的各部分尺寸及适用范围。

生物质燃气的平均值: 燃气成分: H₂16%、CO 19.2%、CH₄2.8%、CO₂11.4%、O₂1.9%、N₂48.1%、C₂H₄0.48%、C₃H₆0.12%; 燃气低热值 $H_L = 5.547 \text{ MJ/m}^3$; 华白数 $W = 6.396 \text{ MJ/m}^3$; 相对密度 $S = 0.8792$; 理论空气量 $V_o = 1.16 \text{ m}^3/\text{m}^3$; 理论烟气的量 $V_f = 1.96 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 。

2.2 确定燃烧方式及热流量

烹调用灶具, 一般采用大气式燃烧器。根据生物质燃气理论空气量小, H₂、CO 含量高且含氧量较大的特点, 选取一次空气系数 $A = 0.55$, 保证燃烧时在较低灶前压力时不回火, 较高灶前压力时不脱火。

根据实际使用经验及 GB 16410 家用燃气灶具的要求, 我们选取灶具燃烧器额定热流量 $Q = 3.2 \text{ kW}$ 。为了保证充分燃烧, 将燃烧器设计成内、外两圈, 其外圈热流量为 2.3 kW , 内圈热流量为 0.9 kW , 并分别设置独立引射器, 以便于调节。

2.3 外圈燃烧器计算

设计火孔沿火盖均匀排列成条形, 外沿高, 内沿低, 内外沿连线的延长线与火盖平面的夹角为 20° ; 火孔与径向连线之间的夹角为 40° 。根据常压大气式燃烧器的计算方法, 可得到如下计算结果。

- 1) 火孔总面积 $F_p = 200 \text{ mm}^2$, 沿圆周均布 22 个矩形 ($12 \text{ mm} \times 0.8 \text{ mm}$) 火孔深度为 2.4 mm ;
- 2) 喷嘴直径 $d = 4.0 \text{ mm}$;
- 3) 引射器喉部直径 $d_t = 9 \text{ mm}$, 其它尺寸如图 1a 所示。

2.4 内圈燃烧器的计算

其计算方法同外圈燃烧器, 各部分尺寸为:

- 1) 火孔总面积 $F_p = 75 \text{ mm}^2$, 可均布 U2.8 mm 的孔 13 个, 相应火孔深度为 $h = 6.4 \text{ mm}$;
- 2) 喷嘴直径 $d = 2.46 \text{ mm}$;

- 3) 引射器喉部直径为 $d_t = 5 \text{ mm}$, 其它尺寸如图 1b。

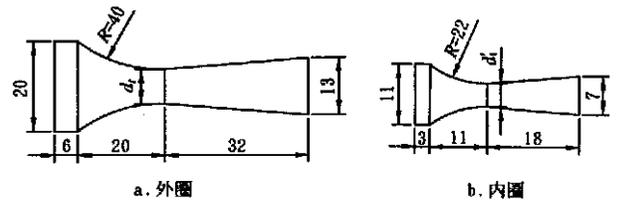


图1 外、内圈引射器尺寸

Fig. 1 The sizes of out and inner ring of sprayer

2.5 说明

1) 从燃烧器计算结果可以确定燃烧器的所有尺寸。但为了加工及装配方便, 将某些尺寸做局部调整。例如: 为了安装方便, 将内、外圈燃烧器的引射器的长度取为一致, 保证喉部直径不变的前提下, 引射性能影响不大;

2) 为了节约钢材, 同时保证火孔深度, 条形火孔加工成带凸缘的形状, 当燃气流量在一定范围内变化时, 该火孔是比较适用的;

3) 设置调风板, 保证当燃气成分发生变化时, 吸入适量的一次空气, 满足正常燃烧; 调风板与混合管的滑动部分要配合严密, 并用钢簧支撑, 不能随意滑动。

2.6 锅支架的设计

1) 锅支架的高度

由于内圈燃烧器的单个火孔面积小于外圈燃烧器, 以外圈火焰的高度高于内圈, 可以外圈火焰高度为准。根据已设计的燃烧器可计算出外圈燃烧器内锥高度 $h_{ic} = 7.7 \text{ mm}$, 外锥高度为 $h_{oc} = 32 \text{ mm}$, 因此可确定锅支架高度为大于 32 mm 。

2) 锅支架形状

把锅支架支点截面设计为梯形, 既能满足平底锅的要求, 又适合于尖底炒锅的需要。为了避免支架过长伸入火焰燃烧区引起冷态效应, 造成不完全燃烧, 设计锅支架内环直径为 125 mm 。按照 GB 164102 1996 家用燃气灶具的要求, 锅支架应能满足

100mm 的小锅, 设计一外圈 U180 mm, 内环 U75 mm 的小锅支架, 在使用小锅且仅使用内圈火时, 将小锅支架放在大锅支架上使用, 避免了冷态效应。

2 7 点火系统的确定

生物质燃气着火温度较高(700~ 800)决定了其点火的难度。实现正常点火的必要条件有两个: 其一是燃气与空气的混合。点火是一种近似爆燃的状态, 它必须是在燃气与空气混合的状态下进行。生物质燃气的燃烧范围为 20.7% ~ 73.3%, 从燃烧器设计计算中可知, 一次空气系数为 0.55 时, 从火盖流出的燃气浓度为 61%, 符合正常燃烧的范围, 可以直接点燃; 其二是点火时间。为防止爆燃, 从燃气喷出到着火, 时间最长不得超过 4 s。

基于以上考虑, 采用电子脉冲自动点火系统(即连续电火花式点火装置), 其原理如图 2 所示。为方便点火, 调整脉冲次数为 3 次 0.5 s; 将火花塞固定于燃烧器上,

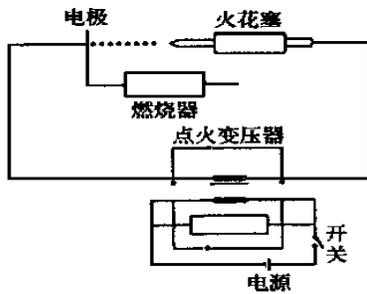


图 2 连续火花式点火装置原理图
Fig 2 Principle of the continuous flame lighting equipment

直接点燃燃烧器, 省去点火燃烧器。将点火电源开关设置与燃气旋塞阀联动并超前 2 s, 保证燃气流出的前, 脉冲电火花已产生。另外, 将电火花塞设置在圈内燃烧器上, 以防溢锅污染电极造成点火不畅。

2 8 燃气阀体总成的确定

生物质燃气由于其华白数较低而需要燃气流量

较大, 一般燃具阀体的通气孔及密封长度均不能满足要求。根据使用情况, 对生物质燃气阀体提出如下要求: 能够单独控制内、外圈燃烧器且能调节内外圈燃烧器的火力大小; 保证达到喷嘴截面积 4 倍以上的通气孔截面积(即通气孔直径 9.4 mm); 旋塞阀周向密封长度 3 mm, 轴向密封长度 6 mm; 实现旋塞阀与点火联动。

2 9 灶具进气丁字管尺寸的确定

灶具进气丁字管尺寸的大小, 影响着灶具热流量的大小。根据经验, 丁字管进气口内径 13.3 mm, 分支管内径 9.4 mm, 即可满足灶具热流量的大小且满足流量百分比 > 90% 的要求。

2 10 灶具材质的确定

面板采用 0.45 mm 厚抛光不锈钢板; 火盖、燃具旋塞、喷嘴等部件采用黄铜铸件机加工; 燃烧器为铸铁外涂耐高温不沾油涂料; 燃气阀体为铝合金压铸件; 锅支架为冷板镀镍-铬; 内部支撑架为冷板烤漆。

3 结 语

通过计算分析, 能基本确定生物质燃气专用灶具各部分结构及尺寸, 经过大量的试验研究表明, 优化设计的条形火孔旋流燃烧器、柱形极针高频脉冲点火器、双锅支架结构等是可行的, 该燃气灶高效节能、低污染、通用性好、易于点火、燃烧稳定。

[参 考 文 献]

[1] 李强霖 煤气应用手册[M] 北京: 中国建筑工业出版社, 1989.
[2] 邓 渊 煤气规划设计手册[M] 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.

Design of Biomass Gas Appliance

Lei Tingzhou, Shi Xinguang, Li Haijun, Yang Jianfeng, Li Zaifeng, Hu Jianjun
(Energy Research Institute of Henan Academy of Science, Zhengzhou 450008, China)

Abstract: Based on the principle of combustion science, heat transfer, gas interchangeability and the biomass gas physical and combustion characters, through theoretical calculation, the burner and the height of double pot support were designed. The burner with rotary flow is bar shape light hole and the high frequency pulse lighter is cylinder shape with needle poles. With various biomass gas produced by gas supplying systems, the experiment on the sample appliance was carried out, and an improved type biomass gas appliance was designed. The appliance has the advantages of efficient energy saving, low pollution, good general purpose and steady combustion etc.

Key words: biomass gas; generality; appliance; burner