

户用秸秆燃气采暖锅炉的设计与试验

刘建禹¹, 冯江¹, 朱伟²

(1. 东北农业大学工程学院, 黑龙江哈尔滨150030; 2. 黑龙江省农村能源办公室, 黑龙江哈尔滨150001)

摘要: 对北方农村采暖面积为50m²

的住房的热负荷进行了计算, 得出住房所需热负荷为12.225kW, 以此作为秸秆燃气采暖锅炉的设计依据, 设计并计算出燃烧器以及锅炉本体的结构和尺寸, 同时对锅炉的热性能指标进行了测试。通过测试得出秸秆燃气采暖锅炉平均火力强度为15.2kW, 运行热效率为76.1%, 锅炉各项性能指标达到了设计要求, 超过了设计的预期效果, 能够满足农村用户冬季采暖需求, 适合农村用户的使用。

0引言

生物质气化是有效利用生物质能的主要途径之一。利用秸秆气化燃气进行民用炊事和采暖, 不仅可以使农民用上管道燃气, 改善农村卫生环境, 提高农民生活质量, 为农民提供高效、方便的能源, 还可以提高秸秆利用效率, 节约能源, 减少环境污染。目前, 秸秆气化燃气主要应用于农户炊事, 很少应用于农户采暖。在北方寒冷地区, 冬季采暖用能占农村总能耗的80%左右, 秸秆燃气采暖锅炉的研制成功将拓宽秸秆气化集中供气技术的应用领域, 解决寒冷地区冬季农户的采暖问题, 也可将秸秆燃气应用于温室种植、畜舍采暖、烤烟和粮食烘干等领域。

1采暖锅炉热负荷的计算

房屋设计热负荷是确定采暖锅炉热负荷的依据。由于农户住宅形式差异较大, 故本设计采用面积热指标法来概算房屋采暖设计热负荷。选取单位面积供暖热指标 q_f 为 81.5 W/m², 农户住宅采暖面积 F 为 50 m², 农户房屋设计热负荷 Q^0 为

$$Q=q_f F=81.5 \times 50=4\ 075\ \text{W}$$

由于农户每天供暖时间一般为 8 h 左右, 故锅炉供暖有效热负荷 Q_g 为

$$Q_g=Q \times (24/8)=12\ 225\ \text{W}$$

采暖锅炉的热效率为 60%, 采暖锅炉名义热负荷 Q' 为

$$Q'=Q_g/60\%=20\ 375\ \text{W}=20.375\ \text{kW}$$

2秸秆燃气可燃成分及热值的确定

秸秆燃气气源选定在黑龙江省海伦县江头村秸秆气化站, 秸秆燃气可燃成分和热值 (表1) 由农业部节能产品及设备质量监督检验测试中心 (哈尔滨) 实际测得。

表 1 秸秆燃气的可燃成分及热值
Table 1 Combustible composition and heat value of stalk producer gas

秸秆燃气可燃成分 /%				秸秆燃气热值 H_i
CO	H ₂	CH ₄	C _n H _m	kJ/m ³
13.67	13.1	1.95	1.0	4 440.34

3 燃烧器的设计

3.1 燃烧器形式的选择

试验发现，秸秆燃气中可燃气体含量较低，燃气热值较低，如果预先混入一次空气，燃气不易点火燃烧，因此确定燃烧器形式为扩散式两通道圆环形燃烧器，结构形式见图1。

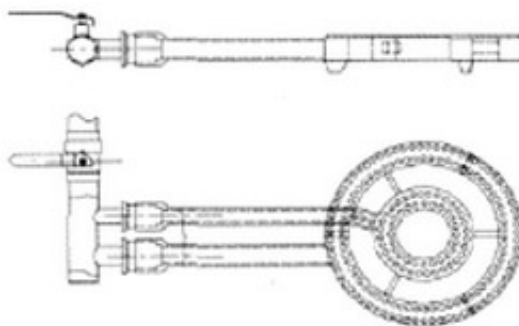


图 1 燃烧器结构形式示意图

Fig.1 Schematic structure of the burner

3.2 燃烧器结构尺寸的计算

秸秆燃气消耗量 L_g 为

$$L_g = Q' / H_i = 20.375 / 4\,440.34 = 16.52 \text{ m}^3/\text{h}$$

取火孔燃气出口速度 v_p 为 1.9 m/s, 则火孔总

面积 F_p 为

$$F_p = L_g / v_p = 4.59 \times 10^{-3} / 1.9 = 2\,416 \text{ mm}^2$$

选取火孔直径 d_p 为 4 mm, 则火孔总数目为

$$n = F_p / (\frac{\pi}{4} d_p^2) = 2\,416 / (\frac{\pi}{4} 4^2) = 192 \text{ 个}$$

取燃烧器内圈火孔数目为 59 个，火孔面积为 741 mm²；取外圈火孔数目为 133 个，火孔面积为 1670 mm²。

根据不同通道直径与不同火孔直径的配比关系试验，可知通道面积与火孔面积比为 1/10~1/5 时，秸秆燃气燃烧状况稳定，故分别选取内、外通道直径为 15 mm 和 20 mm。通过计算，确定内、外通道面积与内、外圈火孔面积比分别为 1:4.2 和 1:5.3。

4 锅炉结构的设计

由于户用采暖锅炉尺寸比较小，工况不稳定，因此锅炉换热面积可利用经验数据来估算，即每4.2MJ有效供热量辐射换热面积为 $0.009\sim 0.011\text{m}^2$ ；对流换热面积为 $0.07\sim 0.09\text{m}^2$ ^[4]。

锅炉有效供热量为12225W，据此

计算得出锅炉的辐射换热面积为 $0.095\sim 0.116\text{m}^2$ ，对流换热面积为 $0.736\sim 0.946\text{m}^2$

，据此设计出锅炉结构形式及尺寸（图2）。

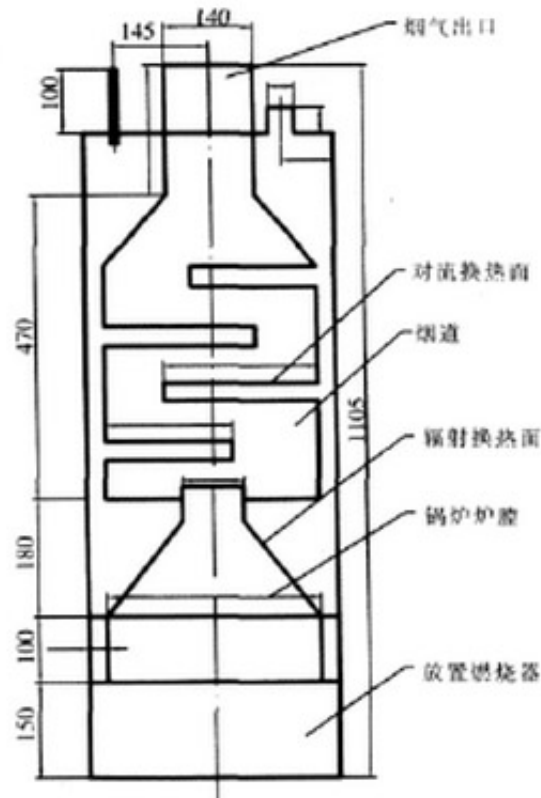


图 2 采暖锅炉结构示意图

Fig.2 Schematic structure of the heating boiler

5 锅炉热性能测试

5.1 试验方法

试验参照《家用炊事、水暖炉热性能实验方法》（GB/T 16155-1996）进行，以正平衡试验为依据，试验台见图3。

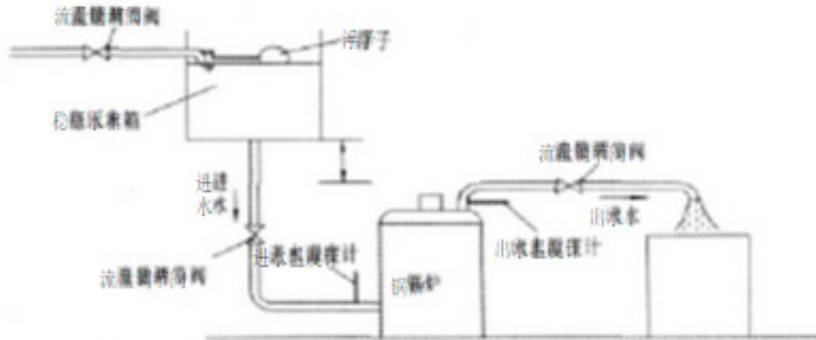


图 3 采暖锅炉热性能测试试验台示意图

Fig.3 System diagram of the heating boiler for a thermal performance test

5.2 试验原始数据

采暖锅炉热性能测试原始数据见表 2。

表 2 采暖锅炉热性能试验原始数据
Table 2 The original data of thermal performance test on the boiler

锅炉水容量 G_{LS}/kg	锅炉水初温 $t_1/^\circ\text{C}$	锅炉水终温 $t_2/^\circ\text{C}$	升温时间 $\Delta T/\text{h}$
28.53	8	80	0.253
锅炉平均水容量 $\bar{G}_{CNS}/\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$	锅炉进水平均温度 $i_{JS}/^\circ\text{C}$	锅炉出水平均温度 $i_{CS}/^\circ\text{C}$	燃气耗量 $G_r/\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$
207	6	69	16.2

5.3 热性能参数的计算

采暖锅炉升温速度： $V_{cN}=(t_2-t_1)/\Delta T=(80-8)/0.253=284.6\text{ }^\circ\text{C}/\text{h}=4.7\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

采暖锅炉升温吸热量： $Q_S=G_{LS}\cdot C_P\cdot(t_2-t_1)=28.53\times 4.187\times(80-8)=8\ 600.8\text{ W}$ 。

采暖锅炉平均火力强度： $P_{cN}=\bar{G}_{CNS}\cdot C_P\cdot(i_{CS}-i_{JS})=207\times 4.187\times(69-6)/3\ 600=15.2\text{ kW}$ 。

采暖锅炉运行热效率： $\eta_{cN}=P_{cN}/(G_r\cdot H_1)=\left[15.2/(16.2\times 4\ 440.34)\right]\times 3\ 600=76.1\%$ 。

6结论

试验结果显示，秸秆燃气采暖锅炉升温速度为 $4.7^\circ\text{C}/\text{min}$ ，采暖锅炉升温吸热量为 8600.8 W ，采暖锅炉平均火力强度为 15.2 kW ，采暖锅炉运行热效率为 76.1% ，达到了设计要求，并超出了预期的效果，表明户用秸秆燃气采暖锅炉设计

方法正确，能够满足农村用户冬季采暖需求。

参考文献：

[1]吴莹. 供热通风与空气调节[M]. 北京：清华大学出版社，2006.

[2]同济大学. 燃气燃烧与应用[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2005.

[3]赵钦新，惠世恩. 燃油燃气锅炉[M]. 西安：西安交通大学出版社，2000.

[4]陈荣耀. 家用热水采暖装置（土暖气）技术讲义[Z]. 哈尔滨：黑龙江省农业工程学会，1988.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/98827.html>