

doi:10.3969/j.issn.0253-2417.2014.06.015

秸秆成型燃料锅炉燃烧机设计及试验研究



SUN Kang

孙康^{1,2}, 陈超^{1,2}, 许玉^{1,2}, 刘勇³, 朱光真¹, 应浩^{1,2}

(1. 中国林业科学研究院 林产化学工业研究所; 生物质化学利用国家工程实验室; 国家林业局
林产化学工程重点开放性实验室; 江苏省 生物质能源与材料重点实验室, 江苏 南京 210042;

2. 中国林业科学研究院 林业新技术研究所, 北京 100091;

3. 合肥天焱绿色能源开发有限公司, 安徽 合肥 230031)

摘 要: 为解决目前生物质成型燃料燃烧机燃烧效率不高、尾气烟尘大、炉排易结渣且难以清除等问题, 设计了处理量为 500 kg/h, 并采用分段燃烧方式的新型成型燃料燃烧机, 进行了蒸汽锅炉供热试验。结果表明, 锅炉功率 5 300 MJ, 燃烧效率 99.36 %。尾气中 CO 0.001 45 %, SO₂、NO_x 等酸性气体为 0.01 % 和 0.06 %。自动破渣除渣器可以将秸秆灰渣连续破除, 有效防止了炉排结渣。

关键词: 秸秆成型燃料; 锅炉; 燃烧机; 配风

中图分类号: TQ35; TQ424

文献标识码: A

文章编号: 0253-2417(2014)06-0093-07

Design and Experiments Study on Combustion Engine of Straw Briquettes Fuel

SUN Kang^{1,2}, CHEN Chao^{1,2}, XU Yu^{1,2}, LIU Yong³, ZHU Guang-zhen¹, Ying Hao^{1,2}

(1. Institute of Chemical Industry of Forest Products, CAF; National Engineering Lab. for Biomass Chemical Utilization;
Key and Open Lab. of Forest Chemical Engineering, SFA; Key Lab. of Biomass Energy and Material, Jiangsu Province,
Nanjing 210042, China; 2. Research Institute of Forestry New Technology, CAF, Beijing 100091, China;

3. Hefei Tianyan Green Energy Development Co. Ltd, Hefei 230031, China)

Abstract: In order to solve the problems in biomass briquette combustion including low efficiency, exhausting gas and smoke, slagging easily and difficulty to remove, we designed a new type of combustion machine which adopt staged combustion mode. The steam boiler heating experiments were conducted and the results showed that the output of boiler was 5 300 MJ and combustion efficiency was 99.36 %. The combustion gas contained CO with 0.001 45% and the contents of SO₂ and NO_x were 0.01 % and 0.06 %, respectively. Slag could be automatically broken and slagging-off under the help of automatic slag broken & clean device.

Key words: biomass briquettes; biomass boiler; combustion; air distribution

我国秸秆的年产生量达 6~7 亿吨, 相当于 3.5 亿吨标准煤^[1-2], 秸秆含硫量 0.1 %~0.5 %, 含氮量 0.5 %~3 %^[3], 远低于煤、石油等化石燃料。若将秸秆资源充分利用可以有效缓解化石能源紧张和野外焚烧产生的雾霾问题。然而秸秆原料密度小, 体积蓬松, 无论是在应用还是在储存运输上都存在诸多不便。将秸秆在一定压力下压缩为高密度的成型燃料则可克服这些不便之处, 并明显改善其燃烧性能^[4]。目前秸秆成型燃料在我国已开始批量生产并应用于生产生活, 在未来的能源消耗中将占据愈加重要的地位^[5]。虽然国外已有成熟的生物质成型燃料燃烧设备, 但是该燃烧设备是根据木质类成型燃料的特性而设计的, 不适合燃用秸秆类成型燃料。而我国对秸秆成型燃料的高效燃烧方式以及专用燃

收稿日期: 2014-07-18

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划资助(2012BAD30B0204); 中国林科院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(CAFINT2013C02); 国家林业局林业公益性行业专项(201404610)

作者简介: 孙康(1976—), 男, 安徽当涂人, 副研究员, 博士, 主要从事炭材料研究与应用; E-mail: sunkang0226@163.com。

烧器的研发仍处于起步阶段^[6]。传统燃煤设备,尤其是小型锅炉,多采用自然通风方式,容易导致燃料的不完全燃烧并产生黑烟、NO_x、SO_x 等气相污染物^[7],因秸秆灰分中含有较多的硅和碱金属元素(如 K,Na,Cl,S,Ca 等),这些元素以盐或氧化物等形式存在于生物质体内,800~900 ℃ 开始软化。进一步提高温度,碱金属与硅氧化物反应生成低熔点的共晶体,与秸秆灰混合在炉排上发生熔化,形成玻璃状坚硬炉渣,难以清除,这是目前限制秸秆成型燃料广泛使用的难题之一。针对生物质成型燃料利用过程存在的上述问题,本研究在已获得固体生物质热解气化炉的发明专利技术^[8]的基础上,通过设计分段燃烧方式分别析出挥发分和固相焦炭,再分级配风达到完全燃烧,配合自动破渣除渣装置,解决生物质成型燃料燃尽、自动除渣、尾气清洁排放等问题,为生物质燃料在燃煤工业锅炉改造广泛应用提供技术和理论依据。

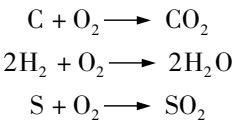
1 燃烧机的设计

1.1 设计思路

秸秆的理化特性决定了其燃烧利用方式,松散的秸秆原料经机械压缩制成固体生物燃料,其密度由原来的 100 kg/m³ 左右增至 1 000 kg/m³ 以上,含水率 12% 以下^[9],能量密度与中质煤相当。秸秆成型燃料与煤炭相比,具有挥发分含量高、固定碳含量低、低熔点灰分多、容易结渣等特点。燃烧过程中,秸秆成型燃料在 150~500 ℃ 左右干燥干馏,析出大量挥发分,并分离出焦炭。焦炭的结构紧密,能保持层状燃烧,且温度可以达到 1 000 ℃ 以上,灰分在此阶段容易形成玻璃状结渣^[10]。现有的生物质燃烧机,燃烧效率 90 % 以下,结渣情况严重,影响了对生物质成型燃料的使用。因此,为实现秸秆成型燃料高效燃烧和防止结渣,本研究设计采用分段燃烧方式的燃烧机,将成型燃料挥发分和固体焦炭分段析出并分级燃烧,既保证各组分燃烧充分,又降低了炉排处温度,阻止结渣,适应了秸秆成型燃料的燃烧特点。

1.2 工艺参数的确定

1.2.1 理论空气量的计算 设 1 kg 成型燃料完全燃烧,则发生的反应^[11]为:



由上述燃烧反应可知,要使 1 kg 的 C、H、S 完全燃烧则分别需氧 2.67、8 和 1 kg,因此燃烧 1 kg 成型燃料所需氧气量理论值为 $(2.67W_C + 8W_H + W_S - W_O)$ kg,其中 W 为各元素的质量分数。已知氧气占空气体积分数为 21 %,密度为 1.429 kg/m³,则相应所需空气体积理论值 $V_0(\text{m}^3)$ 由式(1)计算:

$$V_0 = (2.67 + 8W_H + W_S - W_O) / (21\% \times 1.429) \tag{1}$$

1 kg 玉米秸秆成型燃料完全燃烧所需空气理论值为 4.227 m³,本试验用换热锅炉为每小时产 2 t 蒸汽,蒸汽压力 0.3 MPa,设计成型燃料进料量 500 kg/h,所需理论空气流量为 2 114 m³/h。为了保证燃料的充分燃烧,通常采用 1.2~1.5 的空气过量系数^[12]。由于玉米秸秆成型燃料燃烧速率较快,放热量较高,因此,相对较低的空气流量利于燃料与空气的充分接触,且不至于有过多的热量被空气带走。综上所述,本实验采用空气过量系数为 1.2,计算得到燃烧机主要工艺参数如下:原料处理量 500 kg/h,进风量 2 536 m³/h,产气量 2 500 m³/h,出灰量 70 kg/h。试验通过控制各燃烧段的目标温度调节风量,达到最佳燃烧状态。

1.2.2 各阶段的设计温度 干燥干馏段温度设计在 500 ℃ 左右,此温度范围热解反应最激烈,挥发分完全析出;挥发分燃烧段需要充足的空气达到燃烧完全,温度控制在 1 200~1 300 ℃,而焦炭燃烧段的温度不能超过灰分的软化点温度,因此设计在 900~1 000 ℃。

1.2.3 主反应器容积计算 通过反应器容积和燃料处理量及热强度的关系,计算公式为:

$$V = \eta B Q_d / E \tag{2}$$

式中: V —主反应器容积, m³; η —旋风强度系数, η 0.2~0.3; B —燃料消耗量, kg/h 或 Nm³/h; Q_d —燃

料低发热量, kJ/kg 或 kJ/Nm³; E —燃烧室热强度, $E = (16 \sim 21) \times 10^5 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ 。

1.2.4 主反应器内径(D_1)计算 主反应器内的气体主要包括空气和裂解气,通过反应器的进风量与反应器的内径和反应气速有关,反应器的内径计算公式为:

$$L_0 = 3\,600\pi D_1^2 u_0 / 4 \quad (3)$$

$$L_0 = L' + L \quad (4)$$

式中: L_0 —反应器内气体总流量, m³/h; D_1 —反应器的内径, m; L' —成型燃料热解反应产生的气体流量, m³/h; L —总风量, m³/h; u_0 —实际操作气速。

由式(3)可得,主反应器的内径计算公式为:

$$D_1 = \sqrt{4L_0 / (3\,600\pi u_0)} \quad (5)$$

1.2.5 最小床层高度(H)计算 H 按公式(6)计算:

$$H = 4L_0 / (\pi D_1^2) \quad (6)$$

1.2.6 配风口设计 配风口布置参照固体生物质热解气化炉^[8]考虑。一次风口面积按照公式(7)计算:

$$A_1 = (L_1 + L_2) / \omega_1 \quad (7)$$

式中: A_1 —一次风口面积, m²; $L_1 + L_2$ —一次配风量,取 L_1 为总风量的 35%, L_2 为总风量的 15%; ω_1 —一次风出口速度, ω_1 10~20 Nm/s。

二次风口面积按照公式(8)计算:

$$A_2 = L_3 / \omega_2 \quad (8)$$

式中: A_2 —二次风口面积, m²; L_3 —二次配风量,取二次风量为总风量的 40%~50%, Nm³/s; ω_2 —二次风出口速度, ω_2 30~50 Nm/s。

三次风口面积按照公式(9)计算:

$$A_3 = L_4 / \omega_3 \quad (9)$$

式中: A_3 —三次风口面积, m²; L_4 —三次配风量,取三次风量为总风量的 5%~10%, Nm³/s; ω_3 —三次风出口速度, ω_3 60~80 Nm/s。

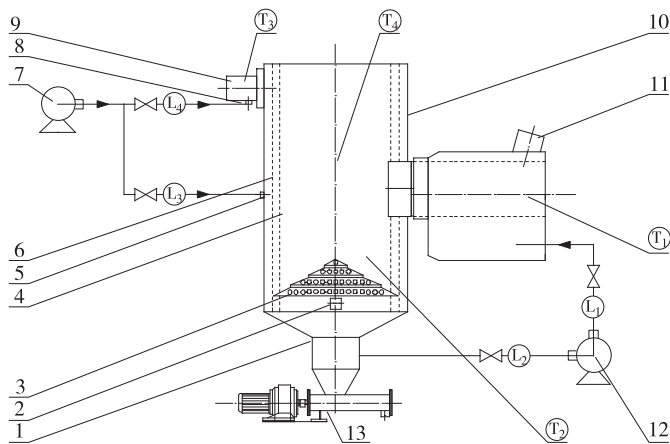
1.2.7 破渣除渣器锥角设计 为防止物料在炉排上部搭桥,锥形破渣器与底部的夹角必须大于物料堆积角 5~20°。实测试验用原料堆积角 30°,破渣除渣器锥角选取 100°为宜。

根据以上理论计算,得到主要结构参数为主反应器的容积 3 m³、床层内径 1 200 mm,床层高 2 500 mm;破渣除渣器锥角 100°,出灰螺旋直径 80 mm,烟气出口直径 ϕ 550 mm;总配风量 2 536 m³/h,根据各燃烧段原料组分的消耗计算得到,一级配风量(L_1 & L_2)、二级配风量(L_3)和三级配风量(L_4)的设计值分别为 1 268、1 014 和 127 m³/h。通用设备选型为,一次风机选择 9-19 型离心通风机,流量 1 610 m³/h,全压 5 697 Pa,功率 7.5 kW;二次风机选择 9-19 型离心通风机,流量 1 558 m³/h,全压 3 384 Pa,功率 3 kW。

1.3 燃烧机的设计

1.3.1 干燥干馏段 如图 1 所示,本秸秆成型燃料燃烧机设计包括干燥干馏段、气相燃烧段、固相燃烧段。干燥干馏段为卧式转筒结构,设计温度控制在 500 °C 左右,秸秆成型燃料在此阶段完成挥发分的析出(约占总量的 70%),并分离出焦炭。在此段,部分秸秆燃料燃烧提供自体干燥干馏的热量,配一次风(L_1)完成此步(约总风量的 30%),产生的可燃气体进入蓄热燃烧室燃烧。

1.3.2 固相燃烧段 秸秆成型燃料干馏析出的固相焦炭(约总量的 15%)输送到下段,落在带有自动破渣能力的炉排上。自炉排下补入一次风(L_2)(约总风量的 20%),完成固相焦炭的半气化燃烧,此段温度控制在 800~1 000 °C 区间,可有效阻止灰渣凝结。产生的烟气(含可燃气体)上升后与挥发分一同在蓄热燃烧室燃烧。少量结渣可由破渣除渣器排入灰斗,避免携带低熔点颗粒的烟气与换热面接触。



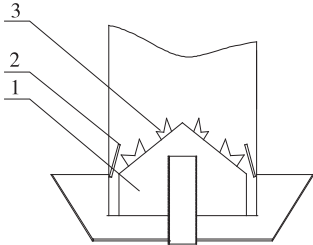
1. 灰斗 ash bucket; 2. 旋转轴 axis of rotation; 3. 锥型破渣器 cone type slag breaker; 4. 气相燃烧段 gas combustion section; 5. 二次配风口 s econd air; 6. 保温层 insulating layer; 7. 二次风机 secondary air fan; 8. 三次配风口 third air; 9. 烟气出口 flue gas outlet; 10. 蓄热燃烧室 combustion chamber; 11. 加料斗 charging opening; 12. 一次风机 primary air fan; 13. 出灰螺旋 ash spiral; T₁, T₂, T₃. 测温点 temperature point; L₁, L₂, L₃, L₄. 测风速点 wind speed point

图 1 秸秆成型燃料燃烧机示意图

Fig.1 Sketch map of corn straw briquettes combustor

1.3.3 蓄热燃烧段 在蓄热燃烧室腰部设置二次下压风(L₃)(约总风量的 40 %),与上升的可燃烟气充分混合燃烧,同时下压风可阻止飞灰及微颗粒物上升,起到降尘的作用。气相及固相燃烧后的烟气在此燃烧室内强化燃烧后,产生的高温烟气进入蓄热式烧嘴,在此未燃尽的可燃气及碳微粒经三次配风(L₄)(总风量的约 5 %),达到完全燃烧。高温烟气经锅炉换热面换热后由烟道排出,尾气经水幕除尘后排放。进料口结构以及观火口的气封装置用气约为总风量的 5 %。

1.3.4 自动破渣除渣器的设计 秸秆成型燃料因种类多,灰分组成复杂、结渣情况无规律,在采取有关技术控制结渣形成的前提下,若避免不了结渣,则破渣、除渣结构设计就很有必要。如图 2 所示,自动破渣除渣器与炉排设计为整体结构,主要包括破渣块、刮板、转轴、通风口、除灰口,整体为锥型旋转结构。炉排旋转时,锥体表面不易形成结渣核心,从而破渣和刮下炉渣落入灰斗。该旋转结构由电机减速机带动蜗轮蜗杆,可自动调节转速。



1. 锥体炉排 cone grate; 2. 破渣块 slag broking slab; 3. 除渣板 slag plate

图 2 自动破渣除渣器示意图

Fig.2 Sketch map of grate with automatic slag broking and cleaning

2 燃烧机性能测试

2.1 试验用成型燃料

试验原料为玉米秸秆压制成型的颗粒燃料,取自吉林省长春市,直径 8 mm,密度 1.1 g/cm³,工业组分和元素组成分析见表 1,其中固定炭 17.62 %,热值 15.29 MJ/kg,接近中热值燃煤,S 为 0.18 %。

表 1 玉米秸秆成型燃料的工业组分、元素组成和热值

Table 1 Industrial components, elements and heat value of the corn straw briquettes

原料 sample	工业分析 industrial analysis/ %				热值/ (MJ·kg ⁻¹) heat value	元素分析 element analysis/ %				
	水分 moisture	灰分 ash	挥发分 volatiles	固定碳 fixed carbon		C	H	O	S	N
玉米秸秆 corn straw	4.24	8.96	69.18	17.62	15.29	43.76	5.89	37.24	0.18	1.09

2.2 试验方法

试验采用本研究设计的秸秆成型燃料燃烧机,蒸汽换热锅炉等其它试验设备由合肥天焱绿色能源开发有限公司提供,燃烧试验系统如图 3 所示。

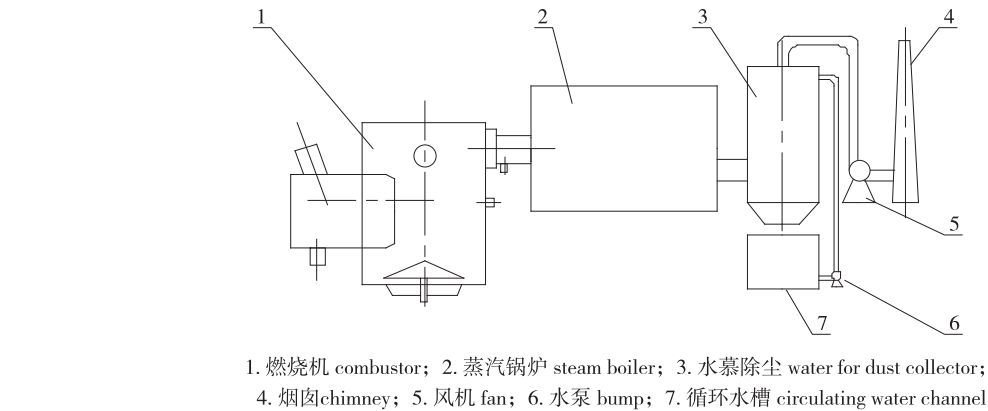


图 3 秸秆成型燃料锅炉试验系统流程图

Fig. 3 Testing system flow chart of straw briquette fuel boiler

成型燃料经自动加料器加入燃烧机,配一次风(L_1)进行干燥干馏,析出挥发分和焦炭。挥发分进入燃烧器中部配二次风(L_3)燃烧,焦炭落至带破渣除渣器的炉排,补充一次风(L_2)半气化燃烧。焦炭产生的可燃气进入燃烧机中部与挥发分混合燃烧,二次风(L_3)采用下压风,阻挡飞灰进入烟气。高温烟气进入换热锅炉前配少量三次风(L_4),使得烟气中残留的炭微粒和可燃组分完全燃尽。高温烟气与锅炉换热后,尾气经水幕除尘排空,排烟温度控制在 150℃ 以下。在试验过程中,调整各级配风量达到各段目标温度,实现燃料燃烧完全,尾气清洁排放,灰渣通过破渣除渣炉排落入灰斗。

2.3 分析方法和仪器

秸秆成型燃料的工业组分分析参照 GB/T 12496—1999 进行,元素分析采用德国 Elementar 公司 Vario EL III 测试,尾气中 CO_2 、 CO 、 O_2 、 SO_2 和 NO_x 的含量由 KM9106 型综合燃烧分析仪测定,尾气的林格曼黑度参照 HJ/T 398—2007 测定。

2.4 燃烧试验结果

秸秆颗粒燃料完全燃烧最重要的是适合的空气量,空气量过少,温度不够,可燃成分不能充分燃烧,产生黑烟;空气量过多,局部温度过高,造成结渣。因此,根据生物质燃料中可燃组分燃烧特性配合适宜的风量,从而达到合适的燃烧温度,使燃料完全燃烧是达到高温烟气的最重要条件。为研究燃烧机性能,提高燃烧效率,本实验干燥干馏段温度控制在 500~600℃ 完成热解干馏,炉排温度控制在 900~1 000℃ 左右,防止温度过高造成大量结渣,蓄热燃烧室调节温度在 1 300℃ 左右,实现燃气的完全燃烧。实验探讨了不同配风条件下各燃烧段温度与灰渣含炭量、燃烧效率、锅炉出力的关系,试验结果如表 2 所示。

表 2 玉米秸秆成型燃料燃烧实验结果¹⁾

Table 2 Results of corn straw briquette combustion experiment

干馏段温度/℃ drying & carbonization temperature	炉排温度/℃ grate temperature	燃烧室温度/℃ temperature of combustion chamber	喷嘴温度/℃ nozzle temperature	灰含碳量/% carbon content of ash	燃烧效率/% burn rate	锅炉出力/ (MJ·h ⁻¹) output of boiler
407	830	1160	1262	13.6	97.21	4300
515	910	1310	1350	7.1	98.54	4700
607	870	1248	1270	5.1	98.95	5100
526	770	1210	1275	15.2	96.89	4900
551	930	1321	1340	3.1	99.36	5300
572	1170	1297	1311	5.5	98.89	5100

1) 锅炉出力以每小时产生蒸汽与燃料热值的商计 boiler output as defined as the ratio of generated steam and heat value of fuel per hour

将固体焦炭燃烧段温度控制在 900 ℃ 左右,考察干燥干馏段温度变化对燃烧机性能的影响。由表 2 中数据可知,当干燥干馏段温度 407 ℃ 时,灰渣含碳量 13.6 %,这是由于成型燃料干馏不充分,大量固相焦炭落入炉排,配一次风(L_2)燃烧不完全,导致燃烧效率低;调节干馏段温度升高至 515 ℃,灰渣含碳量明显降至 7.1 %,说明成型燃料干馏比较充分,燃烧室温度可达到 1 310 ℃;当干馏温度继续升高至 607 ℃,灰渣中含碳量 5.1 %,但是燃烧室温度略有下降,这是因为在干燥干馏段一次风量(L_1)过大,导致过量空气进入燃烧室,导致温度下降。因此,干流段温度 500~600 ℃ 适宜。

将干燥干馏段温度控制在 550 ℃ 左右,调整配风量考察炉排温度在 700~1 100 ℃ 的燃烧效率和结渣情况。由表 2 中数据可见,炉排温度 770 ℃,灰渣含碳量高达 15.2 %,这是由于配风量过小,造成固相焦炭燃烧不充分,导致燃烧效率低;继续增加一次风量 L_2 使炉排温度达 930 ℃ 时,燃烧室温度 1 321 ℃,灰渣含碳量降低至 3.1 %,燃烧效率达 99.36 %,燃烧机运行情况良好;当继续增加一次风量 (L_2),炉排温度升至 1 170 ℃,炉排上出现结渣现象。这是因为配风量过大,固相焦炭燃烧温度过高,导致炉排温度超过灰渣软化点而形成结渣,因此,固相焦炭燃烧段不宜配风量过大。表 2 中显示,试验范围内,当进料量 500 kg/h,锅炉最大出力 5 300 MJ。此时,干燥干馏段 551 ℃,炉排温度 930 ℃,灰渣含碳量 3.1 %。测得一级配风量(L_1 & L_2)1 337 m³/h(占总风量 52.7 %),二级配风量(L_3)981 m³/h(占总风量 38.7 %),三级配风量(L_4)182 m³/h(占总风量 7.2 %),与设计分级配风量相吻合。

2.5 燃烧尾气的分析

由本试验所用的玉米成型燃料中 C、N、S 的质量分数、每小时进料量和实际空气流量等参数,可根据式(10)算出尾气中 CO₂、NO_x 和 SO₂ 的体积分数理论值,其中,CO₂ 的体积分数计算需扣除灰分中的含碳量。

$$V_x = \frac{m_x \times M \times 22.4}{W \times L} \times 100 \% \tag{10}$$

式中: V_x —尾气中某气体体积分数,%; m_x —成型燃料中某元素质量分数,%; M —燃料处理量, kg/h; W —某元素相对分子质量; L —燃料完全燃烧所需空气量,即总风量,m³/h。

由式(10)计算出尾气中 CO₂、SO₂ 和 NO_x 的体积分数分别为 15.88 %、0.016 % 和 0.09 %。

实际检测尾气组分结果显示,尾气中主要成分为 CO₂(13.57%)、H₂O(8.19%)、O₂(4.24%) 和 N₂(72.23%),CO 体积分数仅为 0.001 45%,这证明 1.2.1 节中计算得到成型燃料完全燃烧所需理论空气量是合理的,达到充分燃烧。此外,在尾气中 NO_x 的体积分数为 0.06 %,SO₂ 的体积分数为 0.01 %,仅为煤炭燃烧尾气中 SO₂ 含量的约 1/5^[13],尾气林格曼黑度 <1。

2.6 除渣情况研究

燃烧机连续运行 14 d 后,观察结渣情况。实验结果发现,炉排上无块状结渣,说明本系统抗结渣性能效果很好。生物质成型燃料的结渣现象主要和其成分有关,一般来讲原料中灰分,尤其是 Si 含量越高就越容易结渣^[14]。本实验用玉米秸秆灰分为 8.96 %,灰分中 SiO₂ 质量分数约为 52 %,因此在炉排配风过高,温度达到 1 100 ℃ 以上,表现出了明显的结渣现象,但是,启动自动破渣除渣装置,未形成大块 的结渣。当调整合适的干馏段温度,挥发分析出完全,使得焦炭在炉排上燃烧不产生大量焦油,避免了与灰分混合形成结渣。同时,固相焦炭的半气化燃烧方式降低了炉排温度,不易结渣,容易被破碎除去。

3 结 论

3.1 设计了处理量为 500 kg/h 并采用分段燃烧方式的新型成型燃料燃烧机,进行了蒸汽锅炉供热试验。当一次配风量为 1 337 m³/h(占总风量 52.7 %),二次配风量为 981 m³/h(占总风量 38.7 %)、三次配风量为 182 m³/h(占总风量 7.2 %)时,锅炉功率 5 300 MJ/h,燃烧效率 99.36 %。

3.2 燃烧尾气中 CO 体积分数 0.001 45%,SO₂、NO_x 等酸性气体体积分数为 0.01 % 和 0.06%,林格曼黑度小于 1,达到清洁排放的标准。

3.3 整体呈锥型的自动破渣除渣器可根据结渣情况调节转速,将秸秆灰渣连续破除,有效防止了炉排结渣。

参考文献:

- [1] 李小民,林其钊,玉米秆热解的最概然机理[J]. 化工学报,2012,63(8):2599-2605.
- [2] 田宜水,孟海波. 农作物秸秆开发利用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
- [3] 马文超,陈冠益,颜蓓蓓,等. 生物质燃烧技术综述[J]. 生物质化学工程,2007,41(1):43-48.
- [4] 姜文荣,李晔,何文龙,等. 生物质成型燃料燃烧特性的研究进展[J]. 中国农机化,2012(6):187-190.
- [5] 刘圣勇,王艳锦,杨群发,等. 生物质致密成型燃料燃烧机理研究进展[J]. 安徽农业科学,2009,37(24):56-58.
- [6] 赵立欣,孟海波,姚宗路,等. 中国生物质固体成型燃料技术和产业[J]. 中国工程科学,2011,13(2):78-82.
- [7] 姬爱华. 生物质锅炉燃烧调整方法分析[J]. 能源与节能,2012(7):34-36.
- [8] 合肥天焱绿色能源开发有限公司,一种固体生物质立式连续干馏装置:中国,ZL201010289674.X[P]. 2011-06-29.
- [9] 李在峰,朱金陵,雷廷宙,等. 秸秆成型燃料锅炉的设计及试验研究[J]. 可再生能源,2012,29(7):79-82.
- [10] 罗娟,侯书林,赵立欣,等. 典型生物质颗粒燃料燃烧特性试验[J]. 农业工程学报,2010,26(5):220-226.
- [11] 吕学敏,虞亚辉,林鹏,等. 典型生物质燃料层燃烧特性的试验研究[J]. 动力工程,2009,29(3):282-286.
- [12] 崔永章,李晓,任敏娜,等. 空气量对秸秆颗粒燃料燃烧影响的试验研究[J]. 山东建筑大学学报,2012,27(2):167-171.
- [13] 李建南,倪俊. 生物质成型燃料前景分析[J]. 节能,2011,1:13-14.
- [14] 刘圣勇,陈开璇,张百良. 国内外生物质成型燃料燃烧设备研究与开发现状[J]. 可再生能源,2002,20(4):14-15.

本刊信息

《林产化学与工业》征稿简约

《林产化学与工业》是中国林业科学研究院林产化学工业研究所和中国林学会林产化学化工分会共同主办的学术类刊物。报道范围是可再生的木质和非木质林产品和生物质资源的化学加工与利用,包括生物质能源、生物质化学品和生物质材料等,主要包括生物质资源的热转化、热化学转化和活性炭,木材化学和制浆造纸,生物质原料水解,松脂及松香、松节油,植物多酚,林产香料、油脂、药物和生物活性物质,木工胶黏剂,树木寄生产物以及其他森林天然产物等方面的最新研究成果。为了保证刊物的质量,根据国家的有关标准和本刊的实际,特制定本简约。

1 文稿基本要求

论文应有一定的科学性、创新性、实用性和可读性,内容充实,数据可靠,论点明确,文字精练。论文一般不超过7000字(含图表)。文稿按顺序应包含:题目,作者姓名、单位,中文摘要,关键词(3~5个),中图分类号,英文摘要,正文,致谢,参考文献。来稿首页页下请注明第一作者的个人信息、基金项目名称及编号。书写格式具体要求请详见本刊网站投稿指南(<http://www.cifp.ac.cn>)。

2 投稿约定

2.1 来稿请登录 www.cifp.ac.cn,在线投稿,并请留下作者详细通讯地址、邮政编码及联系电话。稿件一经受理即交纳审稿费。稿件处理结果可登录投稿系统查询。

2.2 对于拟发表的稿件,作者应根据审稿人和编辑部的意见对稿件进行修改,在指定时间内修回,同时提供电子文档,交纳版面费及照片等。修改后的稿件统一由主编终审后再进行排版印刷(稿件一经发排,不得擅自修改或变更作者署名,且一般不得对文稿进行增删)。来稿一经发表,即酌付稿酬,并赠送当期期刊2册、单行本5份。本刊以刊登中文稿件为主,同时接受英文稿件(附中文摘要)。

2.3 凡属实验研究报告的稿件,需提供作者所在单位推荐信,内容包括:文章题名、作者姓名及其排序,无泄密情况,无一稿多投;若为基金项目请给出项目名称及编号。

2.4 来稿文责自负,请勿一稿多投。编辑部对来稿有权作技术性和文字修饰,但实质性内容的修改须征得作者同意。

2.5 凡本刊发表的文章将有可能进入国内外相关数据库并在互联网上运行,其作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意将文章编入相关数据库,请在来稿时声明,本刊将做适当处理。