煤粉工业锅炉燃烧兰炭试验研究

牛 芳[1,2,3]

(1. 煤炭科学技术研究院有限公司 节能工程技术研究分院,北京 100013;2. 煤炭资源开采与环境保护国家重点实验室,北京 100013;
3. 国家能源煤炭高效利用与节能减排技术装备重点实验室,北京 100013)

摘 要:为提高兰炭在煤粉工业锅炉上的燃烧效率,以陕西煤业化工集团生产的兰炭为原料,进行煤粉工业锅炉燃烧试验,分析了兰炭着火、稳燃、燃烬情况;针对兰炭燃烧过程中存在的问题提出解决方案。结果表明:高效煤粉工业锅炉双锥燃烧器的独特结构和浓相燃烧的方式,为兰炭的着火和稳燃提供了良好条件。在过量空气系数 1.2,一、二、三次风比例分别为 0.11、0.47、0.42,预热时间 3 min,伴燃时间 4 min 的条件下,实现了兰炭粉的着火和自维持稳定燃烧,燃烧期间后部温度保持在 550 ℃,炉膛中部温度大于 800 ℃。针对兰炭燃烧存在燃烧器内燃点靠后、着火区域温度低和兰炭燃烧不完全等问题,提出可通过调整燃烧室的结构和尺寸,使燃烧器蓄热能力增强,延长煤粉预热时间,产生更多高温回流烟气,使兰炭在燃烧器中快速着火并稳定传播到炉膛,降低兰炭灰残炭率,提高燃烧效率。

关键词:兰炭;煤粉工业锅炉;残炭率;燃烧效率

中图分类号:X323;TQ534 **文献标志码**:A **文章编号**:1006-6772(2015)02-0106-03

Feasibility of semi coke combustion in industrial pulverized coal boiler

NIU Fang[1,2,3]

(1. *Energy Conservation and Engineering Technology Research Institute, Coal Science and Technology Research Institute Co., Ltd., Beijing* 100013, *China*; 2. *State Key Laboratory of Coal Mining and Environment Protection, China Coal Research Institute, Beijing* 100013, *China*; 3. *National Energy Technology and Equipment Laboratory of Coal Utilization and Emission Control (China Coal Research Institute), Beijing* 100013, *China*)

Abstract: In order to burn semi coke in industrial pulverized coal boiler, taking the semi coke produced by Shaanxi Coal and Chemical Industry Group as research object, the pulverized coal combustion test in industrial boiler was conducted. The ignition, stable combustion and after-combustion were investigated. The corresponding reform measures were provided. The results showed that, the unique double-cone structure of the combustor and the mode of dense phase combustion provided favorable conditions for the ignition and stable combustion of semi coke. The blue coke could be ignited and burned stably when the excess air coefficient was 1.2 and the proportion of primary air, secondary air and tertiary air was 0.11, 0.47, 0.42, the combustor was preheated for 3 minutes and the semi coke burned with oil for 4 minutes. During combustion, the temperature in the back of furnace remained 550 ℃, while the temperature in the middle was over 800 ℃. In order to lower burning point, improve temperature in the fire area and make semi coke full combustion, the structure and size of combustor was adjusted, the preheating time was prolonged.

Key words: semi coke; industrial pulverized coal boiler; char yield; combustion efficiency

0 引 言

兰炭是以侏罗纪不黏煤和弱黏煤为原料,采用中低温干馏技术得到的一种半焦产品,具有挥发分低、固定碳高、灰分低、比电阻高、多气孔等特点,主要是生产电石和铁合金的还原剂,也是化肥

收稿日期:2015-01-12;**责任编辑**:白娅娜 **DOI**:10.13226/j.issn.1006-6772.2015.02.024

基金项目:中国煤炭科工集团有限公司科技创新基金青年基金资助项目(2013QN035)

作者简介:牛 芳(1986—),女,山东菏泽人,助理研究员,博士,2012 年毕业于清华大学热能系,现就职于煤炭科学技术研究院有限公司节能分院,主要从事洁净煤技术方面的研究工作。E-mail:nf37@163.com

引用格式:牛 芳. 煤粉工业锅炉燃烧兰炭试验研究[J]. 洁净煤技术,2015,21(2):106-108.

NIU Fang. Feasibility of semi coke combustion in industrial pulverized coal boiler[J]. Clean Coal Technology,2015,21(2):106-108.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

造气的原料[1-2]。目前兰炭产地主要集中在山西、陕西、内蒙古和宁夏四省区的交界地带,产量大[3]。近几年受国内经济形势的影响,兰炭尤其是兰炭粉的利用已成为困扰兰炭生产企业发展的主要问题。国内外学者对兰炭的研究集中在兰炭的清洁高效生产[4-5]、兰炭作为还原剂以及作为高炉喷吹原料[6-7]利用等方面,目前关于兰炭作为燃料在煤粉锅炉尤其是煤粉工业锅炉中利用的文献还很少。煤粉工业锅炉以其燃烧效率高、污染物排放水平低等特点,近年来在工业锅炉领域得到快速发展[8-10]。与煤粉工业锅炉现有优质动力煤燃料相比,兰炭的发热量相当,价格优势明显,但也存在燃点高、燃烬难等问题。因此,为了合理利用兰炭,拓宽兰炭市场,同时降低煤粉工业锅炉运行成本,笔者进行了兰炭在煤粉工业锅炉上的燃烧试验,通过调整配风参数、点火步骤及兰炭粉浓度,分析兰炭着火、稳燃、燃烬情况,以期为兰炭在煤粉工业锅炉上的燃烧利用提供参考。

1　试验部分

1.1　兰炭煤质特性和燃烧特性

试验所用兰炭来源于陕西煤业化工集团生产的兰炭。兰炭工业分析和元素分析见表 1,热重分析见表 2。

表 1　兰炭工业分析和元素分析

工业分析/%					元素分析/%					$Q_{gr,ad}$/	$Q_{net,ad}$/
M_t	M_{ad}	A_{ad}	V_{ad}	FC_{ad}	$w(C_{ad})$	$w(H_{ad})$	$w(O_{ad})$	$w(N_{ad})$	$w(S_{t,ad})$	(MJ·kg^{-1})	(MJ·kg^{-1})
17.70	6.58	8.78	8.29	76.35	77.66	1.20	0.79	4.75	0.24	27.51	27.11

表 2　兰炭热重分析

燃点/℃	最大燃烧峰速度/(%·min^{-1})	燃烬温度/℃	燃烧残余率/%
526	11.73	666	9.66

由表 1 可知,与高效煤粉工业锅炉常用煤种神华煤相比,兰炭挥发分很低(神华煤 V_{daf} 为 30% ~ 39%),固定碳含量高,发热量相当(神华煤 $Q_{gr,ad}$ 为 25.08 ~ 28.64 MJ/kg)[11]。由表 2 可知,兰炭燃点为 526 ℃,而神华煤燃点一般在 300 ℃以下。高发热量能够满足高效煤粉工业锅炉的煤质要求,而较低的挥发分和较高的燃点使兰炭需要更多的着火热量和更好的着火环境。

理论空气量是计算锅炉配风参数的依据,是锅炉运行的重要参数。表示 1 kg 煤粉完全燃烧,且燃烧产物(烟气)中无自由基存在时,所需空气量(干空气)称为理论空气量。理论空气量可根据燃料中 C、H、S 等可燃元素所需 O_2 量计算得到

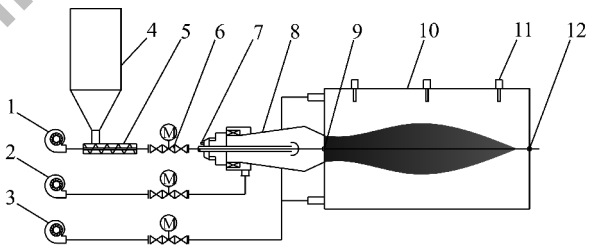
$$V^0 = (1.866C_{ar}/100 + 5.55H_{ar}/100 + 0.7S_{ar}/100 - 0.7O_{ar}/100)/0.21$$

式中,V^0 为理论空气量,m^3/kg;C_{ar}、H_{ar}、S_{ar}、O_{ar} 分别燃料的收到基碳、氢、硫、氧元素含量,%。

根据兰炭煤质分析可得到兰炭的理论空气量为 6.23 m^3/kg。一般燃煤锅炉的最佳空气过量系数为 1.2 ~ 1.3[12-13]。通过计算兰炭燃烧所需理论空气量,可为选取兰炭稳定燃烧的配风参数提供参考。

1.2　试验原理及设备

搭建 10 MW 锅炉系统等比例的燃烧试验简化台架,如图 1 所示。



1—一次风机;2—二次风机;3—三次风机;4—煤粉塔;5—供料螺旋;6—调节阀;7—点火系统;8—燃烧器;9—燃烧器出口烟气及灰取样点;10—炉膛;11—温度测点;12—炉膛出口烟气及灰取样点

图 1　兰炭燃烧试验台架示意

以兰炭粉为燃料通过供料器由一次风送至煤粉工业锅炉燃烧器中,由点火装置点燃煤粉,通过独特的燃烧器结构实现煤粉稳定燃烧,火焰传播到炉膛燃烧直至燃烬。在热态台架的相应位置测定温度,设置烟气和灰采样点,以获得相关数据,分析兰炭粉在工业煤粉锅炉中的相关参数。

1.3　试验条件

针对兰炭的燃点高、挥发分低、着火热值高等煤质特性,增设预热和伴燃 2 个步骤。进行试烧试验时首先对管路中风量进行测量、标定;然后启动系统点火,开启油枪,预热燃烧器和炉膛一定时间,供应

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

兰炭粉,油枪继续燃烧伴燃一定时间,观察兰炭能否被引燃以及火焰在炉膛中能否稳定传播;切断油枪,观察兰炭的自维持燃烧情况;待燃烧稳定,记录各热电偶温度;最终关闭试验系统,收集灰样,测量残炭率。

定义从点燃油枪到开始供应兰炭粉的时间为预热时间,开始供应兰炭粉到关闭油枪的时间为伴燃时间,关闭油枪兰炭自主燃烧到关闭试验装置的时间为自维持燃烧时间。

2　试验结果与分析

试验过程中通过调整配风参数、点火步骤及兰炭粉浓度,实现了兰炭粉长时间的自维持燃烧,初步实现了兰炭粉在煤粉工业锅炉上燃烧应用。在过量空气系数 1.2,一、二、三次风比例分别为 0.11%、0.47%、0.42%,预热时间 3 min,伴燃时间 4 min 的条件下,研究兰炭粉在热态试验台架上着火和燃烧情况,具体见表 3。

表 3　兰炭在热态试验台架上的燃烧情况

着火位置	燃烧器后部温度/℃	炉膛中部温度/℃	自维持时间/min	残炭率/%
燃烧器后部	550	>800	>10	57.54

由表 3 可知,在设定条件下,兰炭实现了着火和稳定燃烧,且能自维持稳定燃烧。兰炭燃烧的着火位置位于燃烧器后部,燃烧期间后部温度保持在 550 ℃,炉膛中部温度大于 800 ℃,采集炉膛尾部灰样测得兰炭灰的残炭率高达 57.54%。兰炭燃烧试验台架炉膛尾部燃烧情况如图 2 所示。

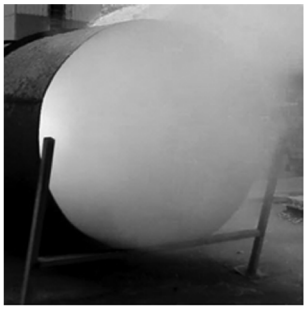


图 2　兰炭燃烧试验台架炉膛尾部燃烧情况

兰炭在燃烧器中的燃烧仍存在着火位置偏后,燃烧器内部燃烧温度偏低和燃烧残炭率大等问题。应通过调整燃烧器的结构和尺寸,使燃烧器蓄热能力增强,延长煤粉的着火前加热时间,生成更多高温回流烟气,从而将兰炭在燃烧器中着火位置提前,预热时间和伴燃时间进一步缩短甚至取消,在燃烧器中快速着火并稳定传播到炉膛,降低残炭率,提高燃烧效率。

3　结　　论

1)针对兰炭挥发分低、发热量高、燃点高等特点,点火流程中增加预热和伴燃 2 个步骤,在过量空气系数为 1.2,一、二、三次风比例分别为 0.11%、0.47%、0.42%,预热时间 3 min,伴燃时间 4 min 的条件下,实现兰炭粉的着火和自维持稳定燃烧,燃烧期间后部温度保持在 550 ℃,炉膛中部温度大于 800 ℃。但兰炭燃烧还存在燃烧器内燃点靠后、着火区域温度低和兰炭燃烧不完全等问题。

2)可通过调整燃烧室的结构和尺寸,使燃烧器的蓄热能力增强,延长煤粉的预热时间,产生更多高温回流烟气,从而使兰炭在燃烧器中快速着火并稳定传播到炉膛,降低残炭率,提高燃烧效率。

参考文献:

[1] 艾保全. 榆林市兰炭产业发展调研报告[J]. 中国经贸易导刊,2010(18):20-23.

[2] 李　娟. 半焦(兰炭)产业清洁生产技术方案研究[D]. 西安:长安大学,2012:1-4.

[3] 马启翔,卢立栋,杨建军. 陕西省兰炭行业 SO_2、NO_x 产排污系数核算研究[J]. 环境保护科学,2014(6):2-3.

[4] 吴大志. 基于循环经济理念的兰炭企业技术改造研究[D]. 西安:西北大学,2012:14-56.

[5] 王　蕊,莫志安,刘玉龙. 兰炭(半焦)生产中硫元素的迁移去向分析[J]. 工业安全与环保,2014,40(7):61-63,85.

[6] 杜　刚. 兰炭替代部分高炉喷吹用煤及其性能的研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2013:13-16.

[7] 焦　阳. 兰炭煤对酒钢高炉喷煤过程的影响研究[D]. 唐山:河北联合大学,2012:37-63.

[8] 何海军,纪任山,王乃继. 高效煤粉工业锅炉系统的研发与应用[J]. 煤炭科学技术,2009,37(11):1-4.

[9] 王永英,周建明,杨晋芳. 双锥燃烧室冷态流场的实验研究[J]. 洁净煤技术,2012,18(2):81-84.

[10] 冯现河,尚庆雨,王乃继,等. 新型大容量高效煤粉蒸汽锅炉[J]. 工业锅炉,2013(2):8-14.

[11] 韩建国,鹿志发,华泽桥,等. 神华煤炭[M]. 北京:中国标准出版社,2003:77-96.

[12] 林宗虎,徐通模. 实用锅炉手册[M]. 北京:化学工业出版社,2009:261-303.

[13] 车得福,庄正宁,李　军,等. 锅炉[M]. 西安:西安交通大学出版社,2012:85-88.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net