

# 太西煤制备高强度活性焦试验研究

张进华<sup>1 2 3</sup> 孙仲超<sup>1 2 3</sup> 郭良元<sup>1 2 3</sup> 张浩强<sup>1 2 3</sup> 李艳芳<sup>1 2 3</sup> 张庆伟<sup>1 2 3</sup> 李小亮<sup>1 2 3</sup>

(1. 煤炭科学研究总院 北京煤化工研究分院 北京 100013; 2. 煤基节能环保炭材料北京市重点实验室 北京 100013;  
3. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室 北京 100013)

**摘要:** 为制备高强度脱硫用活性焦,以太西无烟煤为主要原料,研究了原料煤配方、活化时间和水蒸汽流速等对制备活性焦产品性能的影响。结果表明:以无烟煤精煤为原料,活化温度为 850 ℃,活化时间为 15 min,水蒸汽流速为 6.2 mL/min 时,活性焦产品碘值最大为 356 mg/g,强度最低为 99.18%。符合理想活性焦产品碘值 300~400 mg/g,强度大于 99% 的要求。太西无烟煤原煤与其他某煤种质量比为 75:25,活化温度为 850 ℃,活化时间为 15 min,水蒸汽流速为 4 mL/min 时,制备活性焦产品碘值为 320 mg/g,强度为 99.2%。活性焦的吸附性能和耐磨性能均最好。

**关键词:** 活性焦; 太西煤; 强度; 碘值; 配煤; 活化工艺

中图分类号: TD849; TQ424.1 文献标志码: A 文章编号: 1006-6772(2014)03-0066-03

## Experiment study on high intensity active coke preparation using Taixi anthracite

ZHANG Jinhua<sup>1 2 3</sup>, SUN Zhongchao<sup>1 2 3</sup>, GUO Liangyuan<sup>1 2 3</sup>, ZHANG Haoqiang<sup>1 2 3</sup>,  
LI Yanfang<sup>1 2 3</sup>, ZHANG Qingwei<sup>1 2 3</sup>, LI Xiaoliang<sup>1 2 3</sup>

(1. Beijing Research Institute of Coal Chemistry, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;

2. Beijing Key Laboratory of Coal Based Carbon Material, Beijing 100013, China;

3. State Key Laboratory of Coal Mining and Clean Utilization (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China)

**Abstract:** To prepare high intensity and desulfurized active coke using Taixi anthracite as the main raw material, investigate the influence of formulation of raw material coal, activation time and steam velocity on the preparation. The results show that using pure clean anthracite as raw material, when the activation temperature is 850 ℃, the activation time is 15 minutes, steam flow rate is 6.2 mL/min, the maximum iodine value of activated coke sample is 356 mg/g, the minimum intensity is 99.18 percent. The desired iodine value ranges from 300 mg/g to 400 mg/g, the intensity should be greater than 99 percent. So it is good preparation technology parameters of activated coke. When the mass ratio of Taixi anthracite and other type of coal is 75:25, activation temperature is 850 ℃, the activation time is 15 minutes, steam flow rate is 4 mL/min, the iodine value of activated coke sample is 320 mg/g, the intensity is 99.2 percent, the adsorption properties of activated coke and wear-resisting performance are the best.

**Key words:** active coke; Taixi anthracite; intensity; iodine value; coal blending; activating process

## 0 引 言

近年来,中国环境问题日益突出,大气污染严重,发展清洁高效的洁净煤技术已是大势所趋。中国大气污染主要由燃煤引起,燃煤过程中释放大量的 SO<sub>2</sub> 是产生酸雨的主要原因,同时 SO<sub>2</sub> 的排放也造

成中国硫资源大量流失,因此烟气脱硫技术是中国发展洁净煤技术的重点之一<sup>[1-2]</sup>。烟气脱硫技术可分为湿法、半干法和干法脱硫技术。中国水资源匮乏,干法脱硫技术由于脱除过程中不消耗水,无废水、废渣等二次污染,且脱硫产物可用于生产含硫化工产品,可实现脱硫产物的资源化利用,已在中国许

收稿日期: 2013-11-20; 责任编辑: 白娅娜 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.03.017

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2011AA060803)

作者简介: 张进华(1987—),男,安徽蒙城人,助理工程师,硕士,从事炭分子筛、活性焦等煤基炭材料的研究。E-mail: cerizjh@163.com

引用格式: 张进华,孙仲超,郭良元,等.太西煤制备高强度活性焦试验研究[J].洁净煤技术,2014,20(3):66-68,74.

ZHANG Jinhua, SUN Zhongchao, GUO Liangyuan, et al. Experiment study on high intensity active coke preparation using Taixi anthracite [J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(3): 66-68, 74.

多地区得到广泛推广与应用<sup>[3-5]</sup>。活性焦是一种用于烟气脱硫的特殊活性炭,其作为吸附剂应用于干法脱硫装置中,是脱硫装置的核心。目前干法脱硫装置主要采用移动床反应器,易磨损活性焦,因此急需研发高强度活性焦,延长活性焦使用寿命,降低活性焦在脱硫装置中的损耗,进而降低装置运行成本<sup>[6]</sup>。笔者在现有太西活性焦基础上,通过改变原料配比和制备工艺参数,探索提高太西煤脱硫用活性焦强度的方法。

## 1 试验条件

### 1.1 原料性质

试验原料采用太西无烟煤原煤(煤样A)、太西无烟煤精煤(煤样B)、同时适当配入其他某煤种(煤样C),各煤样工业分析和元素分析见表1。太西无烟煤分选后,无烟煤精煤灰分为3.66%,灰分较低,适合制备高质量活性焦<sup>[7-8]</sup>。但由于原料成本较高,通过调整试验参数,在提高活性焦强度的同时,考虑降低成本的可行性。

表1 原料煤工业分析和元素分析

煤样	工业分析/%			元素分析/%				
	$M_{ad}$	$A_{ad}$	$V_{ad}$	$C_{ad}$	$H_{ad}$	$N_{ad}$	$S_{ad}$	$O_{ad}$
煤样A	0.30	8.17	9.10	84.54	3.38	0.84	0.20	2.57
煤样B	1.31	3.66	8.53	90.39	3.74	0.74	0.13	5.00
煤样C	2.32	12.36	21.36	69.72	2.82	0.96	0.80	11.02

### 1.2 活性焦制备流程

太西煤制备脱硫用活性焦工艺流程如图1所示。

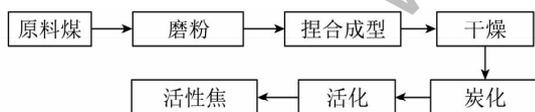


图1 太西煤制备脱硫用活性焦工艺流程

### 1.3 试验装置及分析方法

采用颚式破碎机将煤样破碎至6~12mm,再经

球磨机使煤样磨至98%通过0.075mm筛网。煤粉与适量黏结剂煤焦油混合均匀后,经液压成型机挤压成型,黏结剂加入量为煤粉质量的30%,成型样品为9mm圆柱形颗粒<sup>[9-10]</sup>。活性焦的炭化、活化过程均在外热式回转炉中进行,炭化、活化的升温速度均采用程序升温控制仪精确控制。活化采用工业上最常用的物理活化法,活化剂为过热水蒸汽,用计量泵控制<sup>[11]</sup>。活性焦产品分析检测按照GB/T 7702.3—2008《煤质颗粒活性炭试验方法 强度的测定》<sup>[12]</sup>、GB/T 7702.7—2008《煤质颗粒活性炭试验方法 碘吸附值的测定》<sup>[13]</sup>进行。

## 2 试验结果与讨论

为制备高强度活性焦产品,研究了原料煤配方、活化时间和水蒸汽流速对活性焦产品碘值和强度的影响。

### 2.1 原料配方的确定

试验初步设定4个原料煤配方,分别为 $\omega$ (煤样A): $\omega$ (煤样C)=60:40、 $\omega$ (煤样B): $\omega$ (煤样C)=70:30、 $\omega$ (煤样A): $\omega$ (煤样C)=75:25、煤样A。研究不同原料煤配方对制备活性焦吸附性能和物理性能的影响。试验条件为:炭化程序升温至650℃,恒温30min,活化温度850℃,活化时间30min。活性焦产品测试结果见表2。由表2可知,当 $\omega$ (煤样A): $\omega$ (煤样C)=60:40时,制备活性焦的碘值较高,为424mg/g,但强度较低,只有92.39%,这是由于两种煤样灰分均较高,炭化、活化过程中影响活性焦内部骨架的形成<sup>[14-15]</sup>。当采用纯高灰无烟煤样A制备活性焦时,产品性能与 $\omega$ (煤样A): $\omega$ (煤样C)=60:40类似,碘值较高,强度较低,无法满足要求。当 $\omega$ (煤样B): $\omega$ (煤样C)=70:30和 $\omega$ (煤样A): $\omega$ (煤样C)=75:25时,制得活性焦产品的碘值分别为289和441mg/g,强度较高分别为96.47%和96.66%。综合考虑,确定 $\omega$ (煤样A): $\omega$ (煤样C)=75:25时制备的活性焦吸附性能和耐磨强度均最高。

表2 不同原料煤配方制备活性焦的测试结果

原料煤配方	得率/%	散密度/( $g \cdot L^{-1}$ )	碘值/( $mg \cdot g^{-1}$ )	强度/%
$\omega$ (煤样A): $\omega$ (煤样C)=60:40	72.60	511	424	92.39
$\omega$ (煤样B): $\omega$ (煤样C)=70:30	84.25	560	289	96.47
$\omega$ (煤样A): $\omega$ (煤样C)=75:25	80.00	572	441	96.66
煤样A	78.26	581	336	94.40

## 2.2 活性焦制备条件的确定

试验在固定炭化条件的基础上,研究活化时间和水蒸汽流速对制备活性焦性能的影响。

### 2.2.1 活化时间

试验采用煤样 B,炭化终温 650 °C,恒温 30 min;活化温度 850 °C,水蒸汽流速为 2 mL/min,考察活化时间对活性焦性能的影响,结果如图 2 所示。

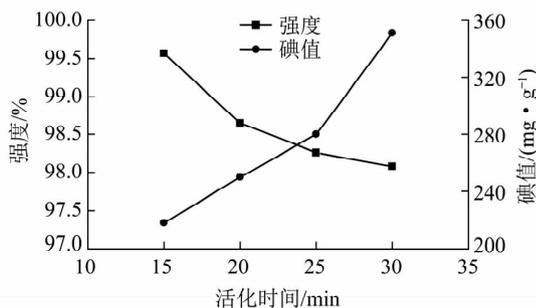


图 2 活化时间对活性焦性能的影响

由图 2 可知,随着活化时间的延长,活性焦强度逐渐降低,活化时间为 15 min 时,强度最大为 99.57%,活化时间为 30 min 时,强度最小为 98.08%。随着活化时间的延长,碘值逐渐增加,活化时间为 30 min 时,碘值最大为 351 mg/g。综合考虑,当活化时间 ≤ 15 min 时,活性焦产品强度较好。

### 2.2.2 水蒸汽流速

试验采用煤样 B,炭化终温 650 °C,恒温 30 min;活化温度为 850 °C,活化 15 min,考察水蒸汽流速对活性焦性能的影响,结果如图 3 所示。

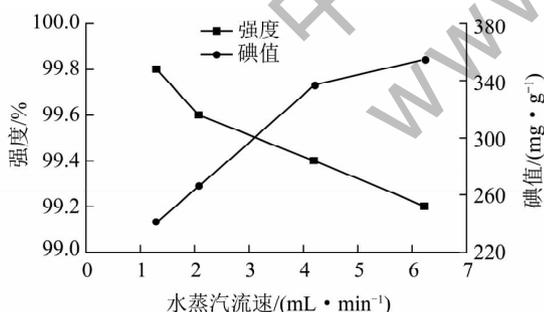


图 3 水蒸汽流速对活性焦性能的影响

由图 3 可知,在活化时间一定的条件下,随着水蒸汽流速的增加,活性焦产品的碘值逐渐增加,强度逐渐降低。水蒸汽流速为 6.2 mL/min 时,活性焦产品碘值最大为 356 mg/g,强度最低为 99.18%。工业实践发现,当活性焦强度大于 99%、碘值 300 ~ 400 mg/g 时,具有较好的处理能力和最优的经济效益<sup>[16]</sup>,因此,为制备符合要求的活性焦,应将水蒸汽流速控制在 3.2 ~ 6.2 mL/min。

## 2.3 最佳工艺条件的确定

$\omega(\text{煤样 A}) : \omega(\text{煤样 C}) = 75 : 25$ ,活化时间为 15 min 时,研究水蒸汽流速对活性焦性能的影响,具体如图 4 所示。

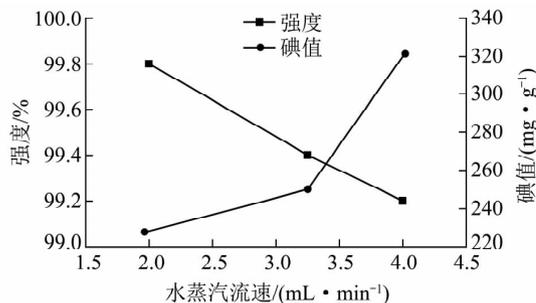


图 4 水蒸汽流速对活性焦性能的影响

由图 4 可知,随着水蒸汽流速的增加,活性焦碘值逐渐增加,强度逐渐下降。在满足强度大于 99%、碘值 300 ~ 400 mg/g 的条件下,当活化时间为 15 min,水蒸汽流速为 4 mL/min 时,制备活性焦产品性能最好,碘值为 320 mg/g,强度为 99.2%。

## 3 结 语

1) 活化温度 850 °C,活化时间 30 min,  $\omega(\text{煤样 A}) : \omega(\text{煤样 C}) = 75 : 25$  时,制备活性焦产品的强度和碘值最高,分别为 96.66% 和 441 mg/g。

2) 以无烟煤精煤为原料,研究了活化条件(活化时间和水蒸汽流速)对活性焦产品性能的影响,发现活化温度为 850 °C,活化时间为 15 min,水蒸汽流速为 6.2 mL/min 时,活性焦产品碘值为 356 mg/g,强度为 99.18%,为较理想的活性焦制备工艺参数。

3)  $\omega(\text{煤样 A}) : \omega(\text{煤样 C}) = 75 : 25$  时,研究活化条件(活化时间和水蒸汽流速)对活性焦产品性能的影响,发现活化温度为 850 °C,活化时间为 15 min,水蒸汽流速为 4 mL/min 时,制备活性焦产品碘值为 320 mg/g,强度为 99.2%,均为较理想的活性焦制备工艺参数。

### 参考文献:

- [1] 梁大明. 中国煤质活性炭 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 145 - 149.
- [2] 徐振刚, 曲思建. 中国洁净煤技术 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2012: 347 - 371.

(下转第 74 页)

## 参考文献:

- [1] 王辅臣,于广锁,龚欣,等.大型煤气化技术的研究与发展[J].化工进展,2009,28(2):173-180.
- [2] 高聚忠.煤气化技术的应用与发展[J].洁净煤技术,2013,19(1):65-71.
- [3] 张腊,米金英.干煤粉加压气化技术的现状和进展[J].洁净煤技术,2012,18(2):22-26.
- [4] Niksa S. Reaction mechanisms for entrained-flow coal gasification [C]//U. S. DOE NETL 2010 Multiphase Flow Science Workshop, Pittsburgh [s. n.] 2010.
- [5] Taba L E, Jrfan M F, Wan Daud A M W, et al. The effect of temperature on various parameters in coal biomass and CO-gasification: a review [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, 16(8): 5584-5596.
- [6] Harris D. Coal gasification reactivity: measurement and application [C]//Pittsburgh Coal Conference, Johannesburg, South Africa: [s. n.] 2007.
- [7] Wu H, Wall T, Liu G, et al. Ash liberation from included minerals during combustion of pulverized coal: the relationship with char structure and burnout [J]. Energy Fuels, 1999, 13(6): 1197-1202.
- [8] Wu H, Bryant G, Wall T. The effect of pressure on ash formation during pulverized coal combustion [J]. Energy Fuels, 2000, 14(4): 745-750.
- [9] 杨红深,谷小虎.压力对煤气化反应的影响[J].洁净煤技术,2012,18(2):65-68.
- [10] Tennant J. Gasification: gasification in detail type of gasifiers [R]. Morgantown: national energy technology Laboratory 2012.
- [11] Kinaev N. A review of mineral matter issues in coal gasification [R]. Australia [s. n.] 2006.
- [12] Ronald W B. Gasification processes old and new: a basic review of the major technologies [J]. Energies, 2010, 3(2): 216-240.
- [13] 冯亮杰,郑明峰,尹晓晖,等.煤制甲醇项目的煤气化技术选择[J].洁净煤技术,2011,17(2):34-38.
- [14] Barnes I. Next generation coal gasification technology [R]. London: IEA Clean Coal Centre 2011.
- [15] Liu B, He Q H, Jiang Z H, et al. Relationship between coal ash composition and ash fusion temperatures [J]. Fuel, 2013, 105(3): 293-300.
- [16] Massoudi M, Wang P. Slag behavior in gasifiers. part II: constitutive modeling of slag [J]. Energies, 2013, 6(2): 807-838.
- [17] Anon. Improved refractory materials for coal gasifiers [R]. Washington: Department of Energy and Electric Power Research Institute 2002.
- [18] Wang P, Massoudi M. Effect of coal properties and operation conditions on flow behavior of coal slag in entrained flow gasifiers: a brief review [R]. [S. I.]: United States Department of Energy, 2011.
- [19] Wang P, Massoudi M. Slag behavior in gasifiers. part I: influence of coal properties and gasification conditions [J]. Energies, 2013, 6(2): 784-806.
- [20] Yuan H P, Liang Q F, Gong X. Crystallization of coal ash slags at high temperatures and effects on the viscosity [J]. Energy Fuels, 2012, 26(6): 3717-3722.
- [21] David L D. An overview of industrial gasification and eastman's chemicals from coal gasification facility [C]//2012 Gasification Technologies Conference, Washington [s. n.] 2012.
- [22] Jenny B T. Gasification technologies advances for future energy plants [R]. Pittsburgh: National Energy Technology Laboratory, 2012.
- [23] Vasireddy S, Morreale B, Cugini A, et al. Clean liquid fuels from direct coal liquefaction: chemistry, catalysis, technological status and challenges [J]. Energy & Environmental Science, 2011, 4(2): 311-345.
- [9] 朱惠峰.活性焦的制备及其烟气脱硫实验研究[D].南京:南京理工大学,2011:40-42.
- [10] 张旭辉,白中华,张恒,等.褐煤基活性焦制备工艺研究[J].洁净煤技术,2011,17(2):54-55.
- [11] 卫冬丽,荆德山,韩虹琳.活性焦制备工艺对其性能的影响研究[J].电力科技与环保,2012,28(5):11-15.
- [12] GB/T 7702.3-2008 煤质颗粒活性炭试验方法 强度的测定[S].
- [13] GB/T 7702.7-2008 煤质颗粒活性炭试验方法 碘吸附值的测定[S].
- [14] 王大春,童仕唐,张还禄,等.高质量煤基活性炭炭化料的制备研究进展[J].武汉科技大学学报:自然科学版,2003,26(3):251-253.
- [15] 解强.煤基活性炭定向制备的概念与原理[J].西北煤炭,2003,1(2):19-24.
- [16] 李雪飞.活性焦脱除NO性能研究[J].洁净煤技术,2013,19(3):98-101.

## (上接第68页)

- [3] 张文辉,刘春兰,刘静,等.国内外活性焦烟气脱硫技术发展概况[C]//第2届全国脱硫学术会议论文集.广州:中国环境保护产业协会,2003:465-467.
- [4] 孙仲超,张文辉,李雪飞,等.活性焦在烟气脱硫中的应用[C]//中国环境科学学会学术年会优秀论文集.苏州:中国环境科学学会,2006:2578-2580.
- [5] 解炜,梁大明,孙仲超,等.活性焦联合脱硫脱硝技术及其在中国的适用性分析[J].煤炭加工与综合利用,2010(3):34-36.
- [6] 张文辉,孙仲超,王玲,等.烟气脱硫用活性焦性能分析研究[C]//第20届炭-石墨材料学术会论文集.成都:中国电工技术学会炭-石墨材料专业委员会,2006:329-331.
- [7] 高尚愚.活性炭基础与应用[M].陈维,译.北京:中国林业出版社,1984:200-243.
- [8] 黄振兴.活性炭技术基础[M].北京:兵器工业出版社,2006:162-169.