

# KOH活化木屑生物炭制备活性炭及其表征

余峻峰<sup>a</sup> 陈培荣<sup>b</sup> 俞志敏<sup>c,d\*</sup> 彭书传<sup>a</sup> 巫杨<sup>c</sup>

(<sup>a</sup>合肥工业大学资源与环境工程学院 合肥 230009; <sup>b</sup>安徽农业大学理学院 合肥 230036;

<sup>c</sup>合肥环境工程研究院 合肥 230022; <sup>d</sup>合肥学院生物与环境工程系 合肥 230022)

**摘要** 以木屑热裂解的生物质炭为原料,氢氧化钾为活化剂,采用化学活化法制备活性炭,探讨了碱炭比、活化温度和活化时间对活性炭吸附亚甲基蓝吸附值的影响。利用 N<sub>2</sub> 吸附实验、XRD 和 FTIR 等实验技术,对原料与制备活性炭的结构与性能进行了表征。结果表明,在碱炭质量比为 1.5、活化温度 750 °C、活化时间 2 h 的条件下,所制备的活性炭对亚甲基蓝吸附值为 255 mg/g, BET 总比表面积为 1514 m<sup>2</sup>/g, 中孔比表面积为 110 m<sup>2</sup>/g, 吸附总孔容为 0.821 cm<sup>3</sup>/g, 中孔孔容为 0.117 cm<sup>3</sup>/g, 吸附平均孔径为 2.170 nm。

**关键词** 生物质炭, 化学活化, 活性炭

中图分类号: O647.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-0518(2013)09-1017-06

DOI: 10.3724/SP.J.1095.2013.20492

全球能源供给日益紧张,寻求开发可替代的绿色生物质能源,成为比较广泛的研究课题之一,而以高温快速裂解技术制备生物质油更是研究热点<sup>[1]</sup>。目前,国内外研究主要集中在高收率制备生物质油工艺优化和设备开发方面,缺乏对副产品生物质炭的深加工研究<sup>[2]</sup>。本研究的材料生物质炭(bio-char, 以下简称为 BC),为生物质原料在真空条件下,高温快速热裂解制备生物质油过程中所产生的固体富碳产物<sup>[3-4]</sup>。BC 的产量大且集中,便于管理,此外,材料来源和卫生环保,具有可持续性。BC 亦具有固定炭含量高、挥发分少等特点,且产生过程与活性炭制备过程中的炭化工序(中温(400~600 °C)隔绝氧气下热裂解)相似<sup>[5]</sup>,可以直接制备活性炭减少生产工序。因而,本研究以生物质炭为原料制备活性炭,以充分开发其商业价值。

目前,国内外关于 BC 用于制备活性炭的研究报道较少。陈健等<sup>[2]</sup>以生物质裂解后 BC 为原料,在 770 °C,水蒸气活化 4 h,活性炭得率 28%,亚甲基蓝吸附值 281 mg/g,碘吸附值 691 mg/g。张立塔等<sup>[6]</sup>以落叶松热裂解 BC 为原料,在 800 °C,水蒸气活化 20 min,活性炭得率为 51%,亚甲基蓝吸附值 232 mg/g,比表面积 771 m<sup>2</sup>/g。Marion 等<sup>[7]</sup>以甘蔗渣为原料,在 8 kPa,460 °C 的真空环境下,热裂解 1 h 制备出 BC,在 800 °C,水蒸气活化 1 h,活性炭得率为 62%,比表面积为 570 m<sup>2</sup>/g。以上文献中利用物理法制备活性炭,碘吸附值小且比表面积均不超过 1000 m<sup>2</sup>/g,且物理法制备活性炭得率偏低。王秀芳等<sup>[8]</sup>以竹屑为原料,在 500 °C 的 N<sub>2</sub> 气氛下,保温 1 h 制备出 BC,在 KOH 与 BC 质量比为 1、800 °C 和保温 2 h 下,制备出比表面积为 2996 m<sup>2</sup>/g 的优质活性炭。

BC 灰分含量高,通过 KOH 活化酸洗能去除绝大多数灰分,提高应用价值。综合考虑活性炭的质量及工艺条件等因素,本文利用 KOH 为活化剂,木屑热裂解的 BC 为原料,通过 KOH 浸渍、活化,制备出木屑活性炭,考察了浸渍比、活化温度和活化时间等主要实验因素对产品活性炭吸附亚甲基蓝的影响。此外对制备原料及产物进行 BET、FTIR 和 XRD 等表征,分析其微观结构变化,从而证明 BC 作为制备优质活性炭原料的可行性。

## 1 实验部分

### 1.1 试剂和仪器

实验所用原料为杨树木屑高温快速热裂解制备生物质油过程中,产生的副产品生物质炭,由安徽冬

阳生物能源有限公司提供。其元素分析碳、氢、氮和硫的质量分数为 51.87%、3.55%、0.00% 和 0.00%；工业分析挥发分、固定碳和水分及灰分质量分数分别为 26.18%、48.50%、6.35% 和 18.97%。氢氧化钾、浓盐酸、亚甲基蓝、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾和硝酸银均为分析纯试剂，均由国药集团上海化学试剂有限公司提供。

OTF-1200X 型真空管式炉(合肥科晶材料技术有限公司)；752-P 型可见紫外分光光度计(上海元析仪器有限公司)；NOWA-3000e 型比表面积及孔径分析仪(美国 Quantachrome 公司)；NICOLET-6700 型傅里叶变换红外光谱仪(美国 Nicolet 公司)；D/MAX2500V 型 X 射线衍射仪(日本理学公司)。

## 1.2 实验方法

1.2.1 活性炭的制备 将 BC 破碎,过 0.18 mm 筛孔,在 105 °C 下烘 24 h,以减小原料的湿度。与 KOH 按一定质量比称取。将 KOH 加入去离子水中配制成饱和溶液,并将生物质炭在 KOH 溶液中浸泡 24 h (为保证原料与溶液的均匀混合,每隔 8 h 进行 1 次搅拌),然后在 105 °C 下烘干。将烘干后的样品放入石英舟内,并置于管式炉中,通入 N<sub>2</sub> 气作为保护气体,以 10 °C/min 加热速度,加热至指定温度,并保持一定时间,停止加热后,冷却至室温取出。将样品浸入适量去离子水中,加热至约 80 °C,边搅拌边逐滴加入 0.1 mol/L 盐酸进行酸洗,至 pH 值呈中性时,过滤,并用去离子水冲洗至滤液中无氯离子出现为止,干燥制得活性炭。

1.2.2 活性炭的吸附性能检测 生物质活性炭对亚甲基蓝的吸附值,参照 GB/T 12496.8-1999《木质活性炭试验方法:亚甲基蓝吸附值的测定方法》测定。

1.2.3 活性炭的表征 采用比表面积及孔径测定仪在 77 K 液氮下测定制备的生物质活性炭的 N<sub>2</sub> 吸附-脱附等温线。根据吸附-脱附等温线,分析并计算生物质活性炭的比表面积、孔容和孔径等。采用傅里叶红外光谱仪,利用 KBr 压片法,分析生物质炭活化前后的表面化学官能团。采用 X 射线衍射仪分析生物质炭及其活化产物、灰分的晶态结构。

## 2 结果与讨论

### 2.1 KOH 与生物质炭质量比的影响

将 KOH 按照一定的碱炭比混合均匀后,在 750 °C 活化温度下,活化 60 min,制备出相应的活性炭。考察了碱炭比对亚甲基蓝吸附值的影响,结果见图 1。由图 1 可以看出,在碱炭比为 0.25 ~ 1.0 时,亚甲基蓝吸附值由 60 mg/g 增加至 111 mg/g;1.0 ~ 2.0 时,亚甲基蓝吸附值由 111 mg/g 增加至 125 mg/g。这是由于,亚甲基蓝吸附值指示的是部分微孔及中孔数量(1.5 nm < d < 25 nm),当碱炭质量比为 0.25 时,参与生物质炭反应的活化剂量较小,从而产生的微孔(d < 2 nm)量少,导致吸附值低。随着碱炭质量比逐渐提高,参与生物质炭反应的活化剂也逐渐增加,使得生物质炭的开孔以及扩孔的数量增加,吸附能力快速提高。到达 1.0 后,上升的趋势逐渐平缓,说明产生相应的微孔及中孔数量已近饱和,此时的活化剂量所产生的开孔、扩孔作用已经不明显,继续提高活化剂的量可能会导致活性炭孔壁的塌陷,从而破坏已形成的孔结构。综合考虑选择 KOH 与生物质炭质量比 1.5 为最适宜的浸渍比。

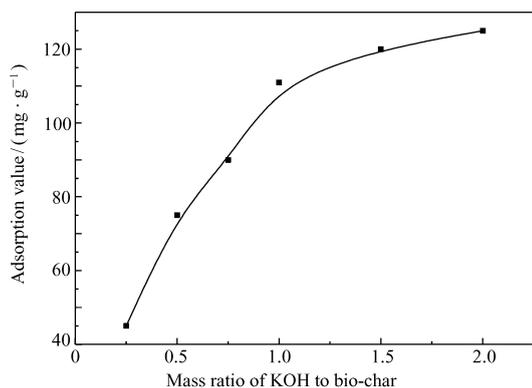


图1 碱炭质量比对活性炭亚甲基蓝吸附值的影响  
Fig.1 Effect of mass ratio of potassium hydroxide to bio-char on methylene blue adsorption value of activated carbon

### 2.2 活化温度的影响

在活化时间 60 min、碱炭质量比为 1.5 的条件下,考察活化温度对活性炭的亚甲基蓝吸附性能的影响,结果如图 2 所示。由图 2 可以看出,在 600 ~ 750 °C 时,随着活化温度的升高,其对应的亚甲基蓝吸

附值从 60 mg/g 增加至 120 mg/g; 在 750 ~ 900 °C 时, 亚甲基蓝吸附值从 120 mg/g 增加至 131 mg/g。这是由于, 生物质炭上的活性点碳原子与 KOH 反应需要较高的活化能, 温度较低时, 大多数活性点上的碳原子不能得到足够的能量与 KOH 反应, 只有少数的活性点与 KOH 反应。升高温度, 能使更多的碳活性点参与 KOH 的反应, 使得微孔数量与吸附值有明显提高, 但是与 KOH 反应的活性点有一定的数量范围, 因而在 750 °C 以后, 继续提高温度, 不能明显增加其吸附值。综合考虑选择 750 °C 为活性炭的较适宜活化温度。

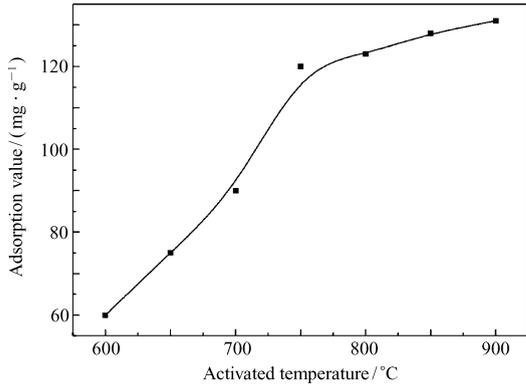


图2 活化温度对活性炭亚甲基蓝吸附值的影响

Fig. 2 Effect of activated temperature on methylene blue adsorption amount of activated carbon

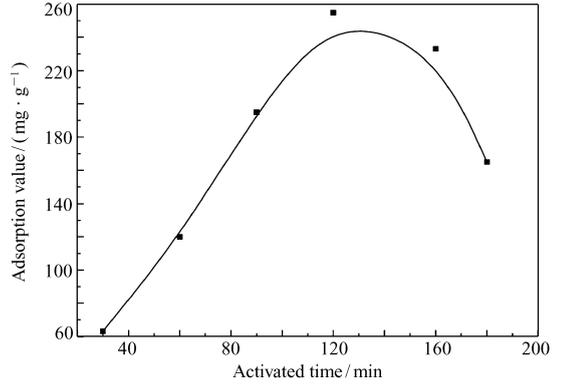


图3 活化时间对活性炭亚甲基蓝吸附值的影响

Fig. 3 Effect of activated time on the adsorption amount of methylene blue on activated carbon

## 2.3 活化时间的影响

为了研究活化时间对 KOH 化学活化法制备生物质活性炭的亚甲基蓝吸附性能影响, 保持碱炭质量比为 1.5, 活化温度 750 °C, 结果如图 3 所示。由图 3 可知, 在 30 ~ 120 min 时, 随着时间的延长, 其对应的亚甲基蓝吸附值由 63 mg/g 增加至 255 mg/g; 在 120 ~ 180 min 时, 亚甲基蓝吸附值由 255 mg/g 减小为 165 mg/g。这是由于, 活化的时间较短时, 活性点上的碳原子与 KOH 没有充分的反应, 从而生成的微孔量小, 随着活化时间的延长, 反应速率提高, 从而使得活性炭的吸附值进一步提高。当超过 120 min 后, 继续延长时间, 导致原先已生成的微孔进一步与 KOH 反应, 从而改变孔结构, 导致吸附性能下降, 此外, 在达到最大吸附值后, 再延长活化时间也增加了灰分的含量比例, 使得吸附性能下降。

通过单因素实验, 制备出亚甲基蓝吸附值为 255 mg/g 的活性炭, 酸洗后活性炭得率高达 55% 以上。陈健等<sup>[2]</sup>利用水蒸气活化固定碳含量 84% 的生物炭, 得到亚甲基蓝吸附值达 280 mg/g 的活性炭, 但活性炭得率仅为 27%。

## 2.4 生物质活性炭的表征

### 2.4.1 比表面积与孔结构

选择对亚甲基蓝吸附值为 255 mg/g 的活性炭, 进行 77 K 氮吸附-脱附等温线的测定。由图 4 可以看出, 在相对压强小于 0.1 时, 吸附等温线快速上升, 在相对压强大于 0.2 以后, 吸附等温线上升缓慢, 说明吸附已近饱和。由 IUPAC 分类, 该 N<sub>2</sub> 吸附等温线属于典型的 I 型<sup>[9]</sup>, 说明活性炭内存在大量微孔结构。且吸附脱附曲线间有一细小的回路, 这是由于 N<sub>2</sub> 气在中孔中发生毛细凝聚产生的<sup>[9-10]</sup>, 说明生物质活性炭存在一定形状和数量的中孔。

由 NOVAWin2 软件分析, 根据 BET 比表面积公式计算可得, 总比表面积为 1514 m<sup>2</sup>/g, 其中微孔比表面积为 1404 m<sup>2</sup>/g, 中孔比表面积为 110 m<sup>2</sup>/g。由 DFT 理论分析得出孔径分布, 如图 5 所示, 其主要孔径分布在 1.1 ~ 4 nm 之间, 优势孔径分布于 1.2 nm, 平均孔径为 2.170 nm, 总孔容为 0.821 cm<sup>3</sup>/g, 且中孔孔容为 0.117 cm<sup>3</sup>/g。仲兆平等<sup>[11]</sup>利用自制竹炭, 在 750 °C, KOH 与竹炭质量比为 4, 活化时间 1 h 条件下, 制备出比表面积为 1486 m<sup>2</sup>/g、总孔容达 0.798 cm<sup>3</sup>/g 活性炭, 本研究所制备活性炭亦达到该水平。

### 2.4.2 红外光谱分析

图 6 谱线 a 和 b 分别为生物质炭及活化酸洗后的 FTIR 谱图。由生物质炭的红外光谱图可以看出, 吸收峰出现在 3389、1588、1430、1262、1174 和 874 cm<sup>-1</sup> 附近。在 3389 cm<sup>-1</sup> 处有 1 个

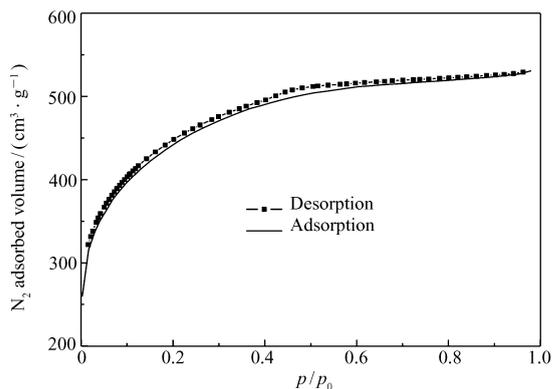
图4 生物质活性炭的 $N_2$ 吸附-脱附等温线

Fig. 4 Nitrogen adsorption and desorption isotherms of biomass-based activated carbon

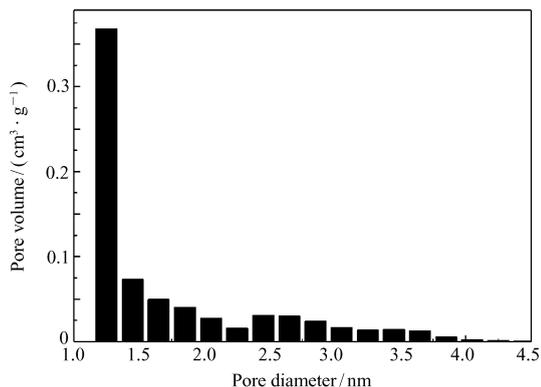


图5 生物质活性炭的孔径分布

Fig. 5 Pore distribution of biomass-based activated carbon

较宽的吸收峰,归属于羟基基团和物理吸附水中 O—H 的伸缩振动峰<sup>[12]</sup>。在  $1588\text{ cm}^{-1}$  处的谱峰对应于芳环骨架中 C=C 的伸缩振动峰<sup>[13-14]</sup>,  $1430\text{ cm}^{-1}$  出现的谱峰可能为烯烃的 C—H 面内弯曲震动峰<sup>[12]</sup>。 $874\text{ cm}^{-1}$  处的吸收峰由 C—H 面外弯曲振动峰引起<sup>[15]</sup>。 $1262$  和  $1174\text{ cm}^{-1}$  可能为酯类或醚类 C—O—C 的非对称伸缩振动峰<sup>[14]</sup>。

经过活化酸洗以后可以看出,羟基官能团的吸收峰明显减弱且部分谱峰(如  $1588$  和  $1430\text{ cm}^{-1}$  等)减弱或消失。这是由于氢氧化钾活化过程中,具有脱水及侵蚀作用,使得原料中的有机结构破坏,从而分解变为炭。新出现的吸附峰在  $1626$ 、 $1527$ 、 $1477$  和  $1077\text{ cm}^{-1}$  附近。 $1626\text{ cm}^{-1}$  处的谱峰对应烯烃中 C=C 吸收峰<sup>[12]</sup>,  $1527$  和  $1477\text{ cm}^{-1}$  处出现谱峰为芳环中 C=O 的吸收峰<sup>[13]</sup>。 $1077\text{ cm}^{-1}$  处出现的谱峰为 C—O 的伸缩振动峰<sup>[15]</sup>, 可能为醚类、醇类物质。由 FTIR 的分析结果可知,经过活化后的生物质炭可能含有官能团:醇羟基、醚、酚和烯烃等,这些官能团使活性炭具有一定的化学特性<sup>[15]</sup>,与活化前比较看出,官能团有向专一化发展趋势。

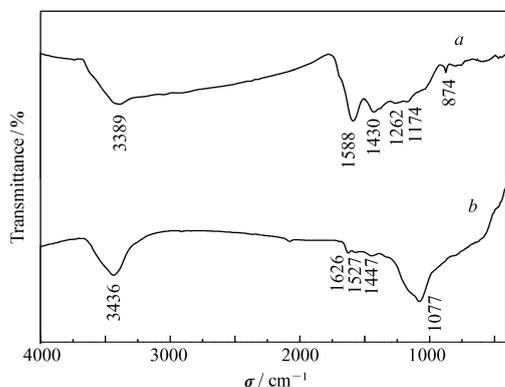
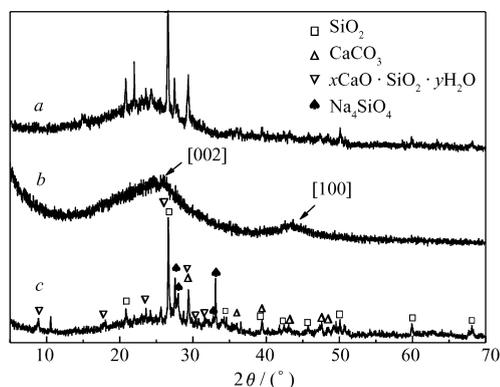
图6 生物质炭(a)与生物质活性炭(b)的红外谱图  
Fig. 6 FTIR spectra of the bio-char(a) and activated carbon(b)

图7 生物质炭(a)、活性炭(b)及灰分(c)的X射线衍射谱图

Fig. 7 XRD patterns of bio-char (a) and biomass-based activated carbon (b) and ash from bio-char (c)

2.4.3 XRD 分析 图7谱线 a、b 和 c 分别代表生物质炭、酸洗后的生物质活性炭以及生物质炭灰分的 X 衍射谱图。通过与标准谱图对照可知,  $2\theta$  为  $20.8^\circ$ 、 $26.6^\circ$ 、 $36.5^\circ$ 、 $39.5^\circ$ 、 $42.4^\circ$ 、 $45.8^\circ$ 、 $50.1^\circ$ 、 $60.0^\circ$ 、 $67.7^\circ$ 、 $68.1^\circ$  和  $68.2^\circ$  的衍射峰分别对应 PDF 卡片 [79-1906] 的  $\text{SiO}_2$  晶体的 [100]、[011]、[110]、[102]、[200]、[021]、[112]、[211]、[122]、[203] 和 [031] 晶面。 $2\theta$  为  $29.4^\circ$ 、 $36.0^\circ$ 、 $39.4^\circ$ 、 $43.2^\circ$ 、 $47.5^\circ$  和  $48.5^\circ$  的衍射峰分别对应 PDF 卡片 [47-1743] 的  $\text{CaCO}_3$  晶体的 [104]、[110]、[113]、[202]、[018] 和 [116] 晶面。 $2\theta$  为  $8.9^\circ$ 、 $18.0^\circ$ 、 $23.6^\circ$ 、 $26.6^\circ$ 、 $29.4^\circ$ 、 $30.4^\circ$  和  $49.8^\circ$  的衍射峰分别对应 PDF 卡片

[06-0062]的 oeyelite ( $x\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$ ) 晶体的 [011]、[022]、[024]、[130]、[220]、[222] 和 [148] 晶面。 $2\theta$  为  $27.5^\circ$ 、 $27.9^\circ$ 、 $32.8^\circ$  和  $33.1^\circ$  的衍射峰分别对应 PDF 卡片 [35-0344] 的  $\text{Na}_4\text{SiO}_4$  晶体的 [400]、[231]、[313] 和 [313] 晶面。通过生物质炭与灰分的谱图比较可知,在  $25^\circ$  附近,生物质炭有一较宽的峰形,经过活化后,峰形更加明显,且在  $43^\circ$  附近,出现另一个微凸的宽峰。李艳秋等<sup>[16]</sup>以树脂为原料,利用水蒸气活化制备中孔活性炭所进行的 X 衍射谱图,在  $25^\circ$  和  $43^\circ$  附近亦出现相应的特征峰。任爱玲等<sup>[17]</sup>所提供的商用稻壳活性炭的 X 衍射谱图也有类似现象。因而推断,这 2 个谱峰为对应石墨的 [002] 和 [100] 晶面并反应石墨化程度的特征峰,且经过活化后,碳结构向有序化发展。此外,酸洗活性炭的 X 谱图无明显的晶体峰。这是由于 KOH 在高温下,不仅与碳发生反应,同时也会与原料中的杂质反应,生成易溶性的化合物,经过酸洗后,大多数被去除,从而得到无明显的晶体峰谱图。

### 3 结 论

以木屑热裂解的 BC 作为原料,采用 KOH 化学活化法,确定最适宜工艺条件为碱炭质量比 1.5,活化温度  $750^\circ\text{C}$ ,活化时间 2 h。在该条件下,所制备活性炭具有以微孔为主的特征,比表面积高达  $1514\text{ m}^2/\text{g}$ ,亚甲基蓝吸附值达到  $255\text{ mg}/\text{g}$ (木质净水用活性炭一级标准为  $135\text{ mg}/\text{g}$ )。

红外光谱分析表明,该生物质活性炭表面存在醇羟基、醚、酚和烯烃等官能团,使其具有相应的化学特性。XRD 分析表明,活化后的活性炭石墨化程度更高,碳结构向有序化发展,且通过 KOH 活化,酸洗后可去除绝大多数灰分。

### 参 考 文 献

- [1] CHEN Xi, HAN Zhiqun, KONG Fanhua, *et al.* Exploitation and Utilization of Bio-Energy[J]. *Prog Chem*, 2007, **19**(7/8): 1091-1097 (in Chinese).  
陈曦,韩志群,孔繁华,等. 生物质能源的开发与利用[J]. 化学进展, 2007, **19**(7/8): 1091-1097.
- [2] CHEN Jian, LI Tingchen, YAN Yongjie, *et al.* Preparation of Activated Carbon from the Residual Carbon Obtained by Fast Pyrolysis of Biomass[J]. *J East China Univ Sci Technol* (Nat Sci Edn), 2005, **31**(6): 821-824 (in Chinese).  
陈健,李庭琛,颜涌捷,等. 生物质裂解残炭制备活性炭[J]. 华东理工大学学报(自然科学版), 2005, **31**(6): 821-824.
- [3] Borrego A G, Garavaglia L, Kalkreuth W D. Characteristics of High Heating Rate Biomass Chars Prepared under  $\text{N}_2$  and  $\text{CO}_2$  Atmospheres[J]. *Int J Coal Geol*, 2009, **77**(3/4): 409-415.
- [4] XU Junming, DAI Weidi, XU Yu, *et al.* Conditions of Rice Husk Fast Pyrolysis in Fluidized Bed and Its Product Analysis [J]. *Biomass Chem Eng*, 2011, **45**(4): 23-26 (in Chinese).  
徐俊明,戴伟娣,许玉,等. 稻壳快速热解制备生物油条件探索及产物分析[J]. 生物质化学工程, 2011, **45**(4): 23-26.
- [5] CHEN Yong, ZHOU Liujiang, HONG Yuzhen, *et al.* Preparation of High-Surface-Area Activated Carbon from Coconut Shell Fibers[J]. *New Carbon Mater*, 2010, **25**(2): 151-155 (in Chinese).  
陈永,周柳江,洪玉珍,等. 椰壳纤维基高比表面积中孔活性炭的制备[J]. 新型炭材料, 2010, **25**(2): 151-155.
- [6] ZHANG Lita, CHANG Jianmin, REN Xueyong, *et al.* Process and Structure Characterization of Activated Carbon Made from Fast Pyrolysis Char of Larch[J]. *J Northeast Forestry Univ*, 2011, **39**(4): 96-98 (in Chinese).  
张立塔,常建民,任学勇,等. 落叶松木屑快速热解炭制备活性炭工艺及结构表征[J]. 东北林业大学学报, 2011, **39**(4): 96-98.
- [7] Marion C, Ailsa G H, Omit U, *et al.* Production of Char from Vacuum Pyrolysis of South-African Sugar Cane Bagasse and Its Characterization as Activated Carbon and Biochar[J]. *J Anal Appl Pyrolysis*, 2012, **96**: 24-32.
- [8] WANG Xiufang, ZHANG Huiping, CHEN Huanqin. Preparation and Characterization of High Specific Surface Area Activated Carbon from Bamboo by Chemical Activation with KOH[J]. *Funct Mater*, 2006, **37**(4): 675-679 (in Chinese).  
王秀芳,张会平,陈焕钦. KOH 活化法高比表面积竹质活性炭的制备与表征[J]. 功能材料, 2006, **37**(4): 675-679.
- [9] ZHANG Huiping, XIAO Xinyan, YANG Lichun. Preparation of Activated Carbon from Carbonized Coconut Shell by  $\text{K}_2\text{CO}_3$  Chemical Activation[J]. *J South China Univ Technol* (Nat Sci Edn), 2006, **34**(3): 63-66 (in Chinese).  
张会平,肖新颜,杨立春.  $\text{K}_2\text{CO}_3$  活化法制备椰壳活性炭[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2006, **34**(3): 63-66.
- [10] WANG Yuxin, LIU Congmin, ZHOU Yaping. Preparation of Mesopore Enriched Bamboo Activated Carbon and Its Adsorptive Applications Study[J]. *Funct Mater*, 2008, **39**(3): 420-243 (in Chinese).

- 王玉新,刘聪敏,周亚平. 竹质中孔活性炭的制备及其吸附性能研究[J]. 功能材料,2008,**39**(3):420-423.
- [11] ZHONG Zhaoping, ZHANG Jubing, GUO Houkun, *et al.* Bamboo-Based Activated Carbon for DCFC Prepared by KOH Activation[J]. *J Eng Thermophys*,2011,**32**(12):2156-2159(in Chinese).  
仲兆平,张居兵,郭厚焜,等. KOH 活化制备直接碳燃料电池用竹炭[J]. 工程热物理学报,2011,**32**(12):2156-2159.
- [12] Zhang B H, Ren J W, Gu X, *et al.* A Method for the Preparation of Activated Carbon Based Carbon/carbonaceous Composites with Controllable Surface Functionality[J]. *J Porous Mater*,2011,**18**(6):743-750.
- [13] Lua A C, Yang T. Characteristics of Activated Carbon Prepared from Pistachio-nut Shell by Zinc Chloride Activation under Nitrogen and Vacuum Conditions[J]. *J Colloid Interface Sci*,2005,**290**:505-513.
- [14] HAN Lei, YANG Ru, LIU Guoqiang, *et al.* Texture and Hydrogen Adsorption of Activated Carbons Based on Hemp Stems [J]. *Chinese J Inorg Chem*,2009,**25**(12):2097-2104(in Chinese).  
韩磊,杨儒,刘国强,等. 汉麻秆基活性炭表面结构与储氢性能的研究[J]. 无机化学学报,2009,**25**(12):2097-2104.
- [15] MA Chengyu, XIONG Huizhen, SONG Xinshan. Preparation and Characterization of Eggplant Stalk Activated Carbon by Zinc Chloride[J]. *Funct Mater*,2012,**43**(3):342-345(in Chinese).  
马承愚,熊慧珍,宋新山. ZnCl<sub>2</sub>活化茄子秸秆制备活性炭及表征[J]. 功能材料,2012,**43**(3):342-345.
- [16] LI Yanqiu, LI Kaixi, SUN Guohua, *et al.* Synthesis and Characterization of Activated Carbon with a High Mesoporosity[J]. *Funct Mater*,2011,**26**(2):130-135(in Chinese).  
李艳秋,李开喜,孙国华,等. 高中孔率活性炭的制备与表征[J]. 新型炭材料,2011,**26**(2):130-135.
- [17] REN Ailing, WANG Qishan, GUO Bin. Structure Characterization and Surface Fractal Analysis of Sludge Activated Carbon [J]. *Acta Chim Sin*,2006,**64**(10):1068-1072(in Chinese).  
任爱玲,王启山,郭斌. 污泥活性炭的结构特征及表面分形分析[J]. 化学学报,2006,**64**(10):1068-1072.

## Preparation and Characteristic of Activated Carbon from Sawdust Bio-char by Chemical Activation with KOH

YU Junfeng<sup>a</sup>, CHEN Peirong<sup>b</sup>, YU Zhimin<sup>c,d\*</sup>, PENG Shuchuan<sup>a</sup>, WU Yang<sup>c</sup>

<sup>a</sup>School of Resource & Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

<sup>b</sup>School of Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

<sup>c</sup>Hefei Research Institute of Environmental Engineering, Hefei 230022, China;

<sup>d</sup>Department of Biology and Environmental Engineering, Hefei University, Hefei 230022, China)

**Abstract** The activated carbon was prepared from pyrolysis bio-char of sawdust by chemical activation with KOH. The influences of the mass ratio of alkali to carbon, activation temperature and hold time toward the methylene blue adsorption on activated carbon were investigated. After this, the structure and properties of raw materials and activated carbon were characterized by nitrogen adsorption, XRD and FTIR spectroscopies. The results show that the methylene blue adsorption on activated carbon reaches to 255 mg/g at an alkali to carbon mass ratio of 1.5, an activation temperature of 750 °C and a hold time of 2 h. The activated carbon possesses a large apparent surface area ( $S_{\text{BET}} = 1514 \text{ m}^2/\text{g}$ ) and high adsorption pore volume ( $V = 0.821 \text{ cm}^3/\text{g}$ ) with average pore size diameter of 2.170 nm.

**Keywords** bio-char, chemical activation, activated carbon