

研究报告

磷酸活化法活性炭性质对亚甲基蓝吸附能力的影响



ZUO Song-lin

左宋林¹, 刘军利², 杨建校¹, 蔡旋¹

(1. 南京林业大学化学工程学院, 江苏 南京 210037; 2. 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)

摘 要: 在空气、氮气和水蒸气 3 种气氛下, 以杉木为原料分别制备了 4 种磷酸活化法活性炭。考察了活性炭的表面官能团和孔隙结构对亚甲基蓝吸附能力的影响。根据氮气吸附等温线分析了活性炭的孔隙结构, 采用 Boehm 酸碱滴定方法测定了活性炭的表面官能团含量, 并测定了活性炭的亚甲基蓝吸附等温线。结果表明: 活性炭的孔隙越发达, 其亚甲基蓝吸附能力越强。提高活性炭的表面官能团含量, 一方面有利于亚甲基蓝分子以更紧密的排列方式被活性炭所吸附, 促进吸附; 另一方面, 对活性炭中吸附亚甲基蓝分子有效的孔隙可能产生屏蔽作用, 不利于吸附。当活性炭的表面官能团含量提高时, 对于中孔发达的活性炭, 前者占优势, 亚甲基蓝吸附量增加; 而对于微孔活性炭, 后者则占优势, 亚甲基蓝吸附量减少。

关键词: 磷酸; 活性炭; 亚甲基蓝; 吸附

中图分类号: TQ424

文献标识码: A

文章编号: 0253-2417(2010)04-0001-06

Effects of the Properties of Phosphoric Acid-activated Carbon on Adsorption Capacity of Methylene Blue

ZUO Song-lin¹, LIU Jun-li², YANG Jian-xiao¹, CAI Xuan¹

(1. College of Chemical Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. Institute of Chemical Industry of Forest Products, CAF; National Engineering Lab. for Biomass Chemical Utilization; Key and Open Lab. on Forest Chemical Engineering, SFA; Key Lab. of Biomass Energy and Material, Jiangsu Province, Nanjing 210042, China)

Abstract: Activated carbons of China fir (*Cunninghamia lanceolata*) wood origin were prepared from phosphoric acid activation in atmospheres of air, nitrogen and steam respectively, and the effects of the properties of activated carbon on the adsorption capacity of methylene blue were investigated. Porous texture of activated carbon was analyzed based on the nitrogen adsorption isotherms. Surface functional groups were determined by the Boehm method, and the adsorption isotherms of methylene blue on the activated carbons were measured. The results show that activated carbon with more developed porosity has higher adsorption capacity of methylene blue. Surface functional groups on activated carbons, especially strong acid groups, play two roles in adsorbing methylene blue. Surface functional groups facilitate the arrangement of methylene blue molecules at a more compact way on activated carbon and thus produce a positive effect on the adsorption of methylene blue. On the other hand, they can screen to some degree parts of pores that are originally accessible to methylene blue molecules and thus suppress the adsorption. Consequently, an increased concentration of surface functional groups may produce an increase in the adsorption capacity of methylene blue for the activated carbon with developed mesopores because the former role predominates, on the contrary, a decrease for the microporous activated carbon because the latter role predominates.

Key words: phosphoric acid; activated carbon; methylene blue; adsorption

收稿日期: 2009-10-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30671651, 30972317)

作者简介: 左宋林(1968-), 男, 湖南湘潭人, 副教授, 博士, 主要从事生物质热解和活性炭的研究工作; E-mail: zslnl@hotmail.com。

液相脱色是活性炭一个非常重要的应用领域。活性炭的液相脱色能力常用亚甲基蓝吸附值来进行评价;工业上,也常用这个指标来指导许多品种活性炭的生产。因此,世界上的主要活性炭生产国都建立了活性炭吸附亚甲基蓝的标准测定方法。在活性炭的亚甲基蓝吸附过程中,溶液的 pH 值、起始浓度和吸附温度等条件对活性炭的亚甲基蓝吸附能力有较大的影响^[1-2]。在活性炭的性质中,已有报道^[3-4],提高活性炭的表面官能团含量能显著提高活性炭的亚甲基蓝吸附量。Wang 等^[5]的研究却得到了相反的结果。目前,磷酸活化法已成为制备脱色用活性炭的主要方法。磷酸活性炭不仅具有发达的孔隙结构,而且由于所需的活化温度低(450~500 ℃),导致磷酸活性炭有高含量的表面官能团。其主要来源除常见的羧基、羟基、羰基及酯基等含氧基团外,还包括酸性强弱与羧基相当的含磷官能团^[6]。而且在磷酸活化过程中,不仅活化温度和浸渍比(纯磷酸对原料的质量比)等因素影响活性炭的孔隙结构,而且活化气氛^[7-8]也可能影响活性炭的孔隙结构和表面化学性质。因此,研究磷酸活性炭的性质对亚甲基蓝吸附的影响在理论和实际过程中显得尤为重要。本研究通过分析在不同活化气氛下所制备的活性炭的孔隙结构和表面官能团含量,探讨它们对活性炭的亚甲基蓝吸附能力的影响。

1 实验

1.1 活性炭的制备

以经粉碎过筛得到的粒度为 0.45~1.0 mm 的杉木为活化原料(C、H、O 和 P 的质量分数分别为 52.7%、7.0%、40.0% 和 0.01%),以磷酸为活化剂,按照 3:1 的浸渍比(纯磷酸与绝干木屑的质量比)混合磷酸和活化原料,然后于立式管式炉中进行活化。升温速率为 5 ℃/min,活化温度为 475 ℃。活化料在管式炉中冷却至室温后取出,并用去离子水回收磷酸,并洗至近中性,干燥研磨后备用。活化气氛条件和所制备的活性炭如下:在 100 mL/min 的空气下,在 475 ℃ 活化 1 h 所制备的活性炭样品为 A1-PC,活化 2 h 的为 A2-PC;在 100 mL/min 的氮气下,475 ℃ 下活化 1 h 所得的为 N-PC;在饱和了水蒸气的 100 mL/min 氮气下,475 ℃ 下活化 1 h 所制得的为 S-PC。

1.2 活性炭孔隙结构和表面化学性质的分析

活性炭的 C 和 H 含量采用 CHN-O-Rapid 元素分析仪(德国 Heraeus 公司)进行分析,P 含量采用诱导耦合等离子发射光谱仪进行分析。O 含量由总的减去 C、H 和灰分含量计算得到。由于磷酸活性炭中含磷官能团的酸强度与羧基相似^[6],因此能够采用 Boehm 酸碱滴定方法^[8]测定磷酸活性炭的表面官能团含量。分析过程如下:称取 4 种活性炭样品各 3 份,每份(0.2 ± 0.000 1) g,分别与 50 mL 的 0.1 mol/L 的碳酸氢钠、0.05 mol/L 的碳酸钠和 0.1 mol/L 的氢氧化钠溶液混合,在速率为 150 r/min 的摇床上反应 24 h。然后,在高速离心机上离心分离混合物,取上清液 10 mL,加入 20 mL 0.1 mol/L 的盐酸溶液,并用 0.1 mol/L 的氢氧化钠溶液回滴。根据理论^[9],碳酸氢钠与羧基和含磷基团等强酸性官能团反应,碳酸钠与强酸性和中等酸性官能团反应,氢氧化钠与强酸性、中等和弱酸性官能团反应,计算活性炭中三类官能团的含量(以 H⁺ 表示,mmol/g)。并用去离子水作空白试验。

采用型号为 ASAP 2020 (Micromeritics 公司)的吸附仪测定活性炭的氮气吸附等温线。测试前,活性炭样品在 250 ℃ 下脱气 4 h。在此基础上,根据 Brunauer-Emmet Teller(BET) 方程计算活性炭的比表面积(S_{BET});根据吸附等温线的相对压力为 0.95 处的氮气吸附量计算总孔容(V_{tot});根据 Dubinin-Radushkevich 方程计算微孔孔容(V_{mic});总孔容减去微孔孔容得到中孔孔容(V_{mes})。

1.3 活性炭的亚甲基蓝吸附等温线的测定

称取 0.2 g ± 0.000 1 g 的活性炭样品,加入 50 mL 具有不同浓度的亚甲基蓝溶液(500~2 800 mg/L),然后在速率为 150 r/min 的摇床上吸附 2 h(时间通过预备试验确定)达到平衡。然后过滤混合物,在型号为 UV-2100S 的紫外光谱仪(岛津公司)上,在 650 nm 波长处测试滤液的浓度。平行试验 3 次,取平均值。按照式(1)计算活性炭的亚甲基蓝吸附量。

$$Q = \frac{(c_0 - c_e)V}{m} \quad (1)$$

式中: Q —吸附量,mg/g; c_0 —亚甲基蓝溶液的起始质量浓度,mg/L; c_e —平衡时质量浓度,mg/L; V —亚甲基蓝溶液的体积,L; m —活性炭样品的质量,g。

采用直线形式的 Langmuir 方程(2)分析活性炭的亚甲基蓝吸附等温线。

$$\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max}K_L} + \frac{c_e}{q_{\max}} \quad (2)$$

式中: c_e —吸附平衡时亚甲基蓝溶液的质量浓度,mg/L; q_e —活性炭的亚甲基蓝吸附量,mg/g; q_{\max} —单层饱和吸附量,mg/g; K_L —吸附常数。

利用方程(2)的斜率求出单层饱和吸附量,然后根据亚甲基蓝分子的横截面积(1.2 nm^2)^[10],计算活性炭的比表面积(S_{MB})。

2 结果与分析

2.1 活性炭的元素分析和表面官能团

活性炭的元素分析结果见表1。从表1可以看出,在空气气氛下所制备的活性炭的碳元素含量最低,而磷和氧的含量最高。这表明空气在氧化碳而降低活性炭得率的同时(见表1),也增加了活性炭中含氧官能团的含量^[11];且随着氧化时间的延长,活性炭得率进一步减少,氧和磷元素含量继续提高。因此,活性炭 A2-PC 的氧和磷元素含量要高于 A1-PC(表1)。与空气和氮气两种气氛相比,在水蒸气气氛下所制备的活性炭的碳和氢含量明显要高,而氧和磷元素含量却低得多。因此,S-PC 的表面官能团含量明显低于其它3种活性炭(见表2),曾有研究^[12]对此进行了详细分析。在磷酸活化过程中,通入水蒸气能使更多的磷酸以质子酸的形式存在,减少了磷酸分子之间的缩合反应。一方面,以质子酸形式存在的磷酸有利于活化过程中生物质热分解所形成的可冷凝性热解气体产物的二次炭化,使原料中更多的碳原子保留在活性炭中,从而提高活性炭得率。另一方面,它阻碍了磷酸与生物质高分子之间的反应,因此,不利于活性炭中 C—O—P 基团的形成,减少了活性炭中磷元素含量,也必然减少含磷官能团含量;同时,也减少了磷酸与生物质原料中的少量金属氧化物之间反应所形成的不溶于水的磷酸盐含量,导致活性炭灰分显著降低(见表1)。在氮气气氛下所制备的活性炭的元素含量和表面官能团含量则介于空气和水蒸气气氛之间。从表2也可以看出,不同气氛主要影响活性炭的强酸性官能团含量,包括羧基和含磷表面官能团,而对中等和弱酸性强度的表面官能团影响不大。

表1 磷酸活性炭的得率及其元素分析结果

试样 ¹⁾ samples	得率 yield	碳 C	磷 P	氢 H	氧 O	灰分 ash
A1-PC	40.9	73.77	2.27	2.18	16.18	5.6
A2-PC	34.7	69.13	2.87	2.52	19.08	6.4
N-PC	44.5	76.5	2.13	2.84	13.23	5.3
S-PC	48.4	84.5	0.78	3.02	9.94	2.3

1) A1-PC 空气制活性炭活化 1 h made in air, activated for 1 h; A2-PC 空气制活性炭,活化 2 h made in air, activated for 2 h; N-PC N_2 制活性炭 made in N_2 ; S-PC N_2 与饱和水蒸气制活性炭,活化 1 h made in N_2 and saturated steam, activated for 1 h; 表2 同 same as in Table 2.

表2 活性炭中不同表面酸性官能团含量

试样 samples	总的官能团 total groups	强酸性官能团 strong acid groups	中等酸性官能团 intermediate acid groups	弱酸性官能团 weak acid groups
A1-PC	4.547	2.622	1.128	0.797
A2-PC	5.024	2.954	1.287	0.783
N-PC	2.932	1.286	1.01	0.638
S-PC	1.954	0.513	0.584	0.857

2.2 活性炭的孔隙结构

活性炭的氮气吸附等温线如图 1 所示。从图 1 可以看出,在水蒸气气氛下所制备的活性炭的孔隙结构最发达。与氮气气氛相比,在空气气氛下活化 1 h 时,活性炭的孔隙结构更发达,但当延长至 2 h 时,活性炭的孔隙结构反而变差。这是由于,在磷酸活化过程中,空气对炭的氧化初期会产生新的孔隙,但过度的氧化会烧蚀孔壁而破坏已有的孔隙。表 3 列出了 4 种活性炭的孔隙结构数据。其中, S_{MB} 是根据亚甲基蓝分子大小和活性炭的单层亚甲基蓝吸附量所计算出的活性炭比表面积; S_{MB}/S_{BET} 是由亚甲基蓝分子所计算出的比表面积与根据 BET 方程和氮气吸附等温线所计算的比表面积的比值。从表 3 可以看出,水蒸气气氛下所制备的活性炭的中孔结构比其他气氛下所制备的活性炭都要发达,其 V_{mes} 达到 $1.362 \text{ cm}^3/\text{g}$, 其 S_{BET} 也最大。Klijanienko 等^[13] 也在水蒸气气氛下,制备出了具有发达中孔结构的活性炭。这是由于在磷酸活化过程中,生物质原料的可冷凝热解气体产物的二次炭化所形成的炭是以中孔为主,而以质子酸形式存在的磷酸有利于二次炭化^[12]。表 3 还显示,适量的空气氧化不仅有利于磷酸活性炭中中孔的发展,而且也有利于微孔的发展;过度的氧化则不利于它们的发展。

表 3 在不同气氛条件下制备的活性炭的孔隙结构参数

Table 3 Pore characteristic parameters of activated carbons prepared in different atmospheres

试样 samples	比表面积/ ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) S_{BET}	总孔容/ ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) V_{tot}	微孔孔容/ ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) V_{mic}	中孔孔容/ ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) V_{mes}	$V_{mes}/V_{tot}/\%$	$S_{MB}/$ ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	$S_{MB}/S_{BET}/\%$
A1-PC	1623	1.684	0.572	1.112	56.4	1208	74.4
A2-PC	1376	1.225	0.465	0.760	67.0	1073	77.9
N-PC	1510	1.596	0.503	1.093	64.2	966	64.0
S-PC	1875	1.877	0.515	1.362	72.6	878	46.8

2.3 活性炭对亚甲基蓝的吸附能力

4 种活性炭的亚甲基蓝吸附等温线如图 2 所示。从图 2 可以看出,尽管样品 S-PC 的 S_{BET} 、 V_{mic} 和 V_{mes} 都明显高于其它 3 种活性炭,然而它对亚甲基蓝的吸附能力却最低。无疑,这是因为 S-PC 的表面官能团含量比其它 3 种活性炭要低得多的缘故。同样, A2-PC 的表面官能团含量比 N-PC 高也是导致 A2-PC 的亚甲基蓝吸附量比 N-PC 高的原因,尽管 N-PC 的孔隙结构比 A2-PC 发达。因此,可以肯定,在其它吸附条件都相同的情况下,活性炭的表面化学性质决定了活性炭的亚甲基蓝吸附能力。

活性炭的官能团对其亚甲基蓝吸附能力的影响,主要是与表面官能团及亚甲基蓝分子之间的静电作用力有关。由于羧基等官能团具有羟基,因此它在水溶液中易离解,在活性炭表面形成带负电荷的吸附中心,从而促进

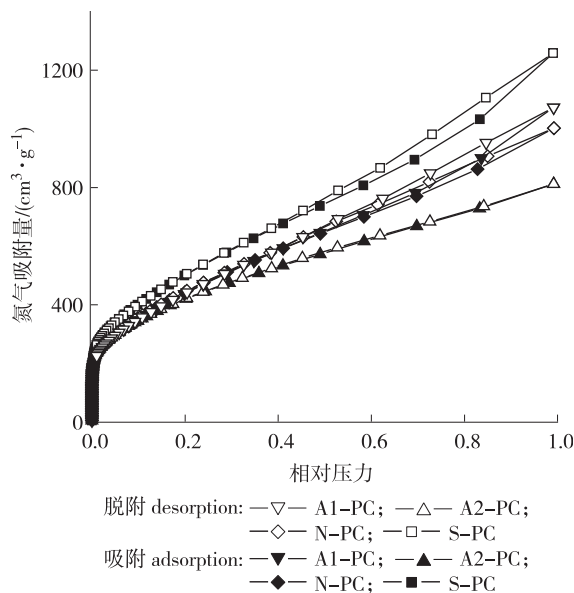


图 1 磷酸活性炭的氮气吸附脱附等温线

Fig. 1 Adsorption-desorption isotherms of nitrogen on phosphoric acid-activated carbons

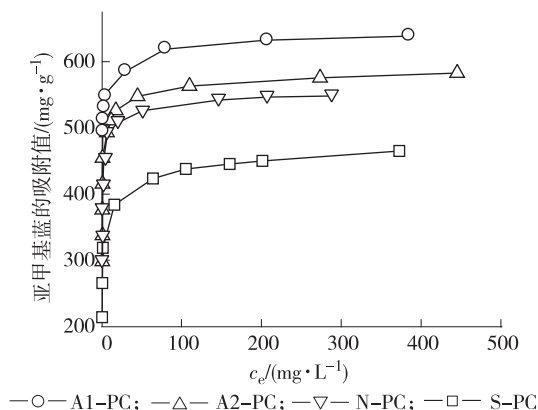
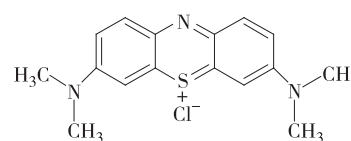


图 2 磷酸法活性炭的亚甲基蓝吸附等温线

Fig. 2 Adsorption isotherms of methylene blue on phosphoric acid-activated carbons

了带正电荷的亚甲基蓝离子(见右式)在活性炭中的吸附^[4]。磷酸活性炭中的含磷官能团主要以 C—O—P 的形成存在,但磷原子上还有多个羟基,因此在水溶液中也较易离解形成带负电荷的吸附中心。而对于难以离解形成负电荷吸附中心的表面官能团,可能对活性炭的亚甲基蓝



吸附能力的影响不如前者明显。因此,磷酸活性炭的亚甲基蓝吸附能力随强酸性表面官能团的增加而显著提高(图2)。这也是提高溶液 pH 值能显著提高活性炭的亚甲基蓝吸附量的原因^[1-2,14]。

表3显示, S_{MB}/S_{BET} 的大小顺序与活性炭的表面官能团含量的大小顺序一致,而与孔隙结构数据不一致。活性炭的表面官能团含量越高,则其 S_{MB}/S_{BET} 的比值就越大。这表明亚甲基蓝分子在活性炭孔隙中的吸附状态发生了改变。在表面官能团含量低的活性炭中,由于活性炭的极性较弱,因此亚甲基蓝分子的芳环部分与活性炭中的芳环结构相互作用增强,从而有利于亚甲基蓝分子以平伏状态被吸附;当表面官能团含量较高时,亚甲基蓝分子中的极性部分与活性炭的表面官能团相互作用增强,从而有利于亚甲基蓝分子以立式状态被吸附^[3],导致单位面积上亚甲基蓝吸附量增加。因此,S-PC的 S_{MB}/S_{BET} 明显低于其它3种活性炭,A2-PC的 S_{MB}/S_{BET} 略高于A1-PC活性炭样品。

前言中已提及,在以往有关活性炭的表面官能团对亚甲基蓝吸附能力的影响研究中,它们的结果并不一致,但作者都没有解释这一现象。这可能主要是由于他们所使用的活性炭孔隙结构不同所引起。前者使用的是中孔结构较发达(V_{mes} 为 $0.3\sim 0.4\text{ cm}^3/\text{g}$)的活性炭,而后者所使用的活性炭的 V_{mes} 几乎为零。由于活性炭中类石墨边缘的碳原子较易被氧化,因此氧化所形成的表面官能团会导致一些原有孔隙的尺寸减少,尤其是孔隙开口处,从而屏蔽了一部分原有对吸附亚甲基蓝分子有效的孔隙。因此,活性炭的微孔越发达,则这种屏蔽作用就越显著,最后导致活性炭的亚甲基蓝吸附量减少。尽管根据氮气吸附等温线所计算出的活性炭比表面积并不一定减少,有时还会增加^[4]。为了证实这一观点,作者用硝酸氧化了一种椰壳微孔活性炭(S_{BET} $735\text{ m}^2/\text{g}$; V_{mic} $0.32\text{ cm}^3/\text{g}$, V_{mes} $0.088\text{ cm}^3/\text{g}$),然后按照国家标准所述方法(GB/T 12496.10-1999)测得氧化前后,活性炭的亚甲基蓝吸附值分别为150和120 mg/g。

可以肯定,活性炭的孔隙结构越发达,活性炭对亚甲基蓝的吸附能力就越强。因此,A1-PC的亚甲基蓝吸附能力明显强于A2-PC,因为A2-PC的表面官能团含量与A1-PC的差别并不大(表2),而A1-PC的孔隙结构比A2-PC的要发达得多(表3)。Ahmad等^[14]的研究表明,气体活化所制备的活性炭的亚甲基蓝吸附能力随 S_{BET} 的增加而增强。这是由于在高温的气体活化过程中,活性炭中的表面官能团含量通常很低,因此,它们对亚甲基蓝的吸附能力取决于活性炭的孔隙发达程度。


最后需要指出的是,我国有不少生产单位和科研部门,为了方便,常用活性炭的亚甲基蓝吸附值来衡量活性炭的孔隙发达程度,来指导活性炭的生产和应用。从以上的结果和分析来看,这需要谨慎对待。对于采用活化温度较高的气体活化法所生产的活性炭,这一方法可能是可行的;对于采用活化温度较低的化学药品活化法所生产的活性炭,却不一定合适;而对于不同方法所生产的活性炭,则是没有依据的。

3 结论

磷酸活性炭的亚甲基蓝吸附能力取决于活性炭的孔隙发达程度和表面官能团含量。活性炭的孔隙越发达,则其对亚甲基蓝的吸附能力越强。活性炭的表面官能团,尤其是羧基和含磷官能团等强酸性基团,能显著地促进活性炭对亚甲基蓝的吸附。其主要原因是表面官能团提高活性炭的极性,使亚甲基蓝分子能够以更加紧密的排列方式被吸附在活性炭的孔隙中。而且,提高活性炭的表面官能团含量也会屏蔽活性炭中部分原有对吸附亚甲基蓝有效的孔隙,导致活性炭的亚甲基蓝吸附能力下降。当通过氧化等方法提高其表面官能团的含量时,对于微孔发达的活性炭,表面官能团的屏蔽作用占优势,因此活性炭的亚甲基蓝吸附能力下降;而对于中孔发达的活性炭,则表面官能团的促进作用占主导地位,活性炭的亚甲基蓝吸附能力提高。

参考文献:

- [1] KARAGÖZ S, TAY T, UCAR S, et al. Activated carbons from waste biomass by sulfuric acid activation and their use on methylene blue adsorption[J]. *Bioresource Technology*, 2008, 99(14): 6214-6222.
- [2] KARACA S, GÜRSE A, ACIKYILDIZ M, et al. Adsorption of cationic dye from aqueous solutions by activated carbon[J]. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2008, 115(3): 376-382.
- [3] EI-HENDAWY A A N. Influence of HNO₃ oxidation on the structure and adsorptive properties of corn-cob-based activated carbon[J]. *Carbon*, 2003, 41(4): 713-722.
- [4] GIRGIS B S, ATTIA A A, FATTY N A. Modification in adsorption characteristics of activated carbon produced by H₃PO₄ under flowing gases[J]. *Colloids and Surfaces A-Physicochemical and Engineering Aspects*, 2007, 299(1): 79-87.
- [5] WANG S, ZHU Z H. Effects of acidic treatment of activated carbons on dye adsorption[J]. *Dyes and Pigments*, 2007, 75(2): 306-314.
- [6] PUZIY A M, PODDUBNAYA O I, MARTINEZ-ALONSO A, et al. Surface chemistry of phosphorus-containing carbons of lignocellulosic origin[J]. *Carbon*, 2005, 43(14): 2857-2868.
- [7] MOLINA-SABIO M, CATURLA F, RODRIGUEZ - REINOSO F. Influence of the atmosphere used in the carbonization of phosphoric acid impregnated peach stones[J]. *Carbon*, 1995, 33(8): 1180-1182.
- [8] BENADDI H, LEGRAS D, ROUZAUD J N, et al. Influence of the atmosphere in the chemical activation of wood by phosphoric acid[J]. *Carbon*, 1998, 36(3): 306-309.
- [9] BOEHM H P. Some aspects of the surface chemistry of carbon blacks and other carbons[J]. *Carbon*, 1994, 32(5): 759-769.
- [10] GILES C H. Determination of specific surface areas of powders by means of dyes[J]. *Journal of the American Chemical Society*, 1969, 91(3): 759-759.
- [11] PUZIY A M, ODDUBNAYA O I, MARTINEZ-ALONSO A, et al. Synthetic carbons activated with phosphoric acid (III). Carbons prepared in air[J]. *Carbon*, 2003, 41(6): 1181-1191.
- [12] ZUO S, YANG J, LIU J, et al. Significance of the carbonization of volatile pyrolytic products on the properties of activated carbon by phosphoric acid activation[J]. *Fuel Processing Technology*, 2009, 90(7/8): 994-1001.
- [13] KLIJANIENKO A, LOREN-GRABOWSKA A, GRYGLEWICZ G. Development of mesoporosity during phosphoric acid activation of wood in steam atmosphere[J]. *Bioresource Technology*, 2008, 99(15): 7208-7214.
- [14] AHMAD A L, LOH M M, AZIZ J A. Preparation and characterization of activated carbon from oil palm wood and its evaluation on methylene blue adsorption[J]. *Dyes and Pigments*, 2007, 75(2): 263-272.

本刊信息

征订启事

《林产化学与工业》(双月刊)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,主要包括植物资源的热转化、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。

本刊自1981年创刊,被美国《CA》、美国“乌利希国际期刊指南”、英国《CAB Abstracts》、英国《FPA》、俄罗斯《PKJ》、日本《科学技术文献速报》、“中文核心期刊”、“中国精品科技期刊”、“中国期刊全文数据库”、“中国科学引文数据库”、“中国学术期刊综合评价数据库”、“万方数据——数字化期刊群”、“中文科技期刊数据库”、“中国科技核心期刊”、“中国核心期刊(遴选)数据库”、《中国学术期刊文摘》源期刊、《中国农业核心期刊概览2006》等10多种大型刊库收录。

本刊为双月刊,逢双月月末出版,大16开,定价:15.00元,全年90.00元。刊号:ISSN 0253-2417, CN 32-1149/S。国内外公开发行人,国内邮发代号:28-59;国外发行代号:Q5941。地址:210042 南京市锁金五村16号林化所内。电话:(025)85482493;传真:(025)85482493;E-mail: cifp@vip.163.com; <http://www.cifp.ac.cn>。