

# 粉末活性炭吸附性能对比研究

赵振业<sup>1</sup>, 章诗芳<sup>2</sup>, 孙伟<sup>2</sup>, 肖贤明<sup>1</sup>

(1.中国科学院广州地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室,广东省资源利用与保护重点实验室,广东 广州 510640; 2.广州市自来水公司,广东 广州)

**摘要:**通过测定不同活性炭的比表面积,和它们的荧光显微微观结构分析,以及它们对水体中常见的黄腐酸和苯酚两种不同分子大小的有机物吸附性能比较得知,活性炭对有机物的吸附量的大小不仅与其比表面积大小有关,而且还与它们的微孔结构大小和有机物分子结构的大小有直接的关系,为粉末活性炭在饮用水处理的应用提供一定的指导依据。

**关键词:**粉末活性炭;饮用水;吸附

**中图分类号:** TQ424.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-3770(2005)08-0018-03

饮用水中的有机微污染物现在已经引起了国内外同行业的普遍关注,在各种去除方式的对比研究中,活性炭吸附技术在去除水体中的有机污染物方面目前已经得到了广泛的认可。与颗粒活性炭(GAC)相比较,粉末活性炭(PAC)使用方便,经济实惠<sup>[1]</sup>,PAC能获得较高的吸附效率,要行之有效地去除饮用水中所含有的有机物质,用粉末活性炭吸附法是比较理想的,它同时还能去除水体含有的嗅和味,显著提高饮用水水质。国家“八五”攻关项目已经对粉末活性炭做了有关其最佳投放点、投加方法、以及粉末活性炭与其它方法结合处理技术等非常深入的研究<sup>[2-4]</sup>。同时粉末活性炭也被应用到其它的水处理行业中<sup>[5]</sup>,取得了很好的处理效果。但活性炭的微观结构与其吸附性能有很大的相关性,本研究主要从各种活性炭的比表面积和其微孔孔隙结构的对比,研究各种活性炭的吸附性能。

## 1 试验过程

### 1.1 实验仪器

NOVA1000型 BET 法比表面及孔径分布分析仪(美国), phoenix 8000 型 TOC 测定仪(美国),Leitz MPV-3 荧光显微光度计, $\lambda$ Thermospectronic(美国)。

### 1.2 实验材料

上海木质活性炭,福建木质活性炭,茂名木质活性炭,山西煤质活性炭,苯酚,黄腐酸

### 1.3 实验方法

对四种活性炭比较它们的比表面积和微孔结构,以及它们对两种不同分子结构的有机物的吸附性能。TOC 用过硫酸盐氧化法测定,苯酚用三氯甲烷萃取直接光度法测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 比表面积的测定

比表面的大小反映活性炭孔隙结构丰富程度,同时也是衡量其吸附性能大小的一个重要参数。试验用美国 Quantachrome 公司生产的 NOVA1000 型 BET 法比表面及孔径分布分析仪,分析结果如表 1。

表 1 四种活性炭比表面积比较

活性炭种类	分析号	比表面积(m <sup>2</sup> /g)
上海木质	f-023	1180± 20
茂名木质	f-024	770± 20
山西煤质	f-025	664± 20
福建木质	f-026	712± 20

由表 1 比表面的分析结果可以看出,木质活性炭的比表面积均比山西煤质活性炭的比表面积大,说明木质活性炭的孔隙结构均比煤质活性炭发达,

收稿日期:2004-08-17

基金项目:广东省自然科学基金(021425)资助

作者简介:赵振业(1971-),男,博士,副研究员,主要从事饮用水消毒及饮用水深度处理研究工作

联系电话:852-22990681;E-mail:zyzhao@hkucc.hku.hk or zhaozhenye@163.net.

其中以上海木质活性炭的孔隙结构最为发达。

## 2.2 微观结构的表征

用强力胶水将各种活性炭固定在不同的瓷片上,干燥后,经粗磨,及在氧化铬上细磨后用于荧光显微结构分析各种活性炭的分析照片如图 1 所示。

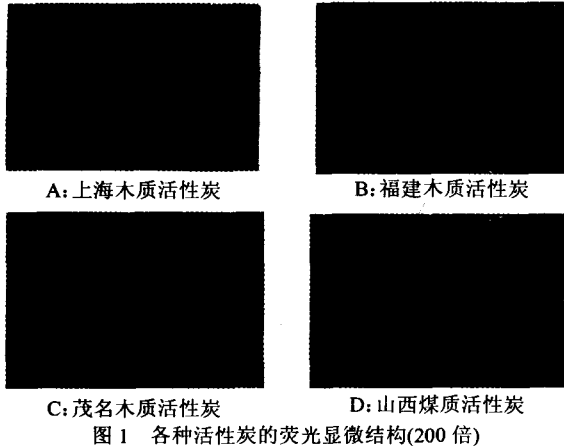


图 1 各种活性炭的荧光显微结构(200 倍)

由它们的微观结构表征图可以看出,木质活性炭的表面上其微孔非常丰富,而且分布均匀,而山西煤质活性炭表面上微孔很少,且极不均匀。这也就是木质活性炭与煤质活性炭的比表面积相差很大的原因。比较它们的形态可以看出,木质活性炭的形态变化比较大,而煤质活性炭主要以条形为主。比较各种活性炭孔隙的大小得知,上海木质活性炭的孔径较大,而茂名木质活性炭和福建木质活性炭的孔径较小,对于山西煤质活性炭,其孔径差别也很大,最大的与最小的相差近 10 倍。

## 2.3 两种不同物质的吸附性能比较

在试验过程中,选用四种不同地区的活性炭(山西煤质、福建木质、上海木质和茂名木质)对水体中常见的天然有机质黄腐酸和苯酚做吸附模拟,比较各种活性炭吸附性能的差异。

### 2.3.1 对黄腐酸的吸附性能比较

在天然水体中,黄腐酸作为各种天然有机体的最终裂解产物在各种水体中都会存在,而且是引起水体色度的一个重要因素之一。将黄腐酸作为研究活性炭吸附性能的对象之一,不仅能够评价其对有机物质的吸附性能,而且还可以以其脱色性能作为一个参考的评价指标。

使用由泥炭中提取的黄腐酸作为研究对象。泥炭由美国地质调查局获得的标准样品。将泥炭经过预处理,去除其中的碳酸盐、硅酸盐等无机组分和腐殖酸。

用 TOC 的量代表黄腐酸的浓度。同时建立黄腐酸溶液 TOC 与  $UV_{254}$  的关系,实验中配制一系列不同浓度的黄腐酸,测定其 TOC 与  $UV_{254}$  的关系,测定它们之间的相关性,其关系式如下:

$$C_{TOC}=23.14A_{UV_{254}}$$

实验中,活性炭的投加量均为 20mg/L,黄腐酸的投加浓度  $A_{UV_{254}}$  均为  $0.297\text{cm}^{-1}$ 。将配制好的混合液在摇床上以 120r/min 的速度震荡 60min,温度控制为  $20^{\circ}\text{C}$ ,离心混合液,测定上清液的吸光度值。每一样品平行测定三次,取平均值,结果如表 2。

表 2 四种活性炭对黄腐酸的吸附性能比较

活性炭类型	吸光度测定结果			平均值
	1	2	3	
上海木质	0.169	0.178	0.181	0.176
福建木质	0.196	0.186	0.201	0.194
茂名木质	0.185	0.203	0.201	0.196
山西煤质	0.228	0.236	0.217	0.227

试验过程用  $UV_{254}$  反映 TOC 的大小,最后将  $UV_{254}$  转化为黄腐酸的浓度,计算各种活性炭在相同条件下对黄腐酸的吸附量,比较各自的吸附性能。

由表 2 中的数据比较可知,上海木质、福建木质、茂名木质和山西煤质活性炭在用纯水配制的黄腐酸溶液中,对黄腐酸的吸附量分别为:700、595、584 和 405mg/g。由此可以看出上海木质活性炭在四种活性炭中的吸附性能最好,它们对黄腐酸吸附性能大小的顺序为:上海木质 > 福建木质 > 茂名木质 > 山西煤质。

### 2.3.2 各种活性炭对苯酚吸附性能的比较

在水源水中,苯酚的浓度一般不会超过  $0.002\text{mg/L}$ ,在实验中,配制三种不同浓度的苯酚溶液  $15\ \mu\text{g/L}$ ,向各溶液中投加活性炭,使活性炭的浓度为 20mg/L。在恒定温度  $20^{\circ}\text{C}$ ,以 120r/min 的速率分别振摇 0.5、1、2、3、4、6h 后,分离上清液,测定上清液中苯酚的浓度,计算各种活性炭在各时间点上

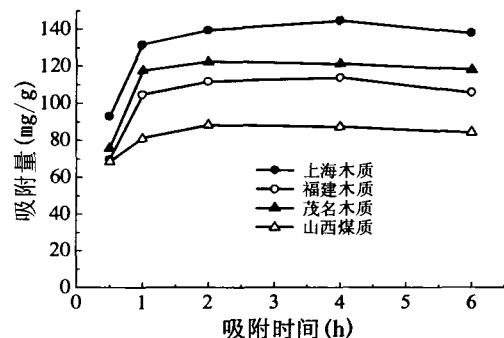


图 2 四种活性炭对苯酚的吸附平衡曲线

对各种浓度的苯酚的吸附量。

由图2可知,苯酚在四种活性炭上的吸附基本上在1h就达到了吸附平衡。苯酚在四种活性炭上的平衡吸附量也有很大的差别,其中上海木质活性炭对苯酚的吸附量几乎是山西煤质活性炭的一倍。四种活性炭的吸附性能比较,它们的大小顺序为:上海木质>茂名木质>福建木质>山西煤质。

由两种物质在四种活性炭上的平衡吸附量比较可以看出,在黄腐酸的吸附量比较中,福建木质活性炭的吸附量比茂名木质的吸附量高,而在苯酚的吸附平衡中,茂名木质活性炭的吸附量反而比福建木质活性炭的高。从量化的比表面积比较分析,茂名木质活性炭的比表面积略大于福建木质活性炭,这就说明茂名木质活性炭的吸附位比福建木质活性炭相应地多,对小分子物质的吸附量就相应地大。但是由于活性炭对物质的吸附还受其孔隙结构的影响,活性炭的孔隙太小,而相应被吸附的物质分子太大,吸附质就不能进入到活性炭的孔隙结构中,而仅在活性炭的表面吸附,从而降低了其相应的吸附效率。黄腐酸在两种活性炭上吸附量的差异主要是由于其分子较大的缘故。

同时比较各种活性炭对黄腐酸和苯酚的吸附量可以看出,四种活性炭对黄腐酸的吸附量明显比苯酚的吸附量大很多,吸附量的差异主要由于它们分子结构的差异而引起。分子立体结构越大,单位表面上其所占的空间就越大,这样就导致了相应的吸附量的升高。

### 3 结论

无论从比表面积的测定,还是微孔结构的分析比较和两种分子大小不同的有机物的吸附性能比较分析可知,木质活性炭的吸附性能通常比煤质活性炭的吸附性能好。

在应用粉末活性炭吸附去除有机物时,活性炭比表面积的大小一般可以作为衡量其吸附性能大小的一个因素,但由于各种活性炭的微孔结构存在着差异,它们对不同分子大小的有机物吸附性能也可能由此发生变化。

### 参考文献:

- [1] 邓义敏.滇池水中有机物去除技术探讨[J].云南环境科学,1996,16(2):38-41.
- [2] 张小满,曹达文,高廷耀,徐迪民,范瑾初,李景华,等.常规水处理工艺应用粉末活性炭技术的最佳投点选择研究[J].给水排水,1998,24(2):29-32.
- [3] 曹达文,张小满,李景华,等.粉末活性炭在水体中强制分散及其作用研究[J].中国给水排水,1997,13(6):18-22.
- [4] 范瑾初,钱庆玲.粉末活性炭悬浮吸附技术研究[J].给水排水,1998,24(11):12-16.
- [5] 纪任旺,范瑾初,孟建平,仇雁翎.粉末活性炭与硅藻土联用(PDF)用于饮水深度处理的研究[J].环境研究与开发,1998,13(3):5-9.
- [6] 金伟,李怀正,范瑾初.粉末活性炭吸附技术应用的关键问题[J].给水排水,2001,27(10):11-12.
- [7] 仝贵蝉,蹇兴超,吴天宝,叶裕才,沈承越.城市污水地下回灌深度处理技术[J].中国环境科学,1999,19(3):219-222.
- [8] 皮运正,吴天宝,陈维芳.可吸附有机氯化物的深度处理实验研究[J].环境污染与防治,2001,23(2):49-51.

## ADSORPTION CAPABILITY OF POWDER ACTIVE CARBON

Zhao Zhen-ye<sup>1</sup>, Zhang Shi-fang<sup>2</sup>, Sun Wei<sup>2</sup>, Xiao Xian-ming<sup>1</sup>

(1. State Key Lab. of Geochemistry of Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Science Academy, Guangzhou 510640, China;

2. Guangzhou Water Works, Guangzhou, China)

**Abstract:** The specific surface area, the fluorescence microstructure of Shanghai woodiness active carbon, Fujian woodiness active carbon, Maoming woodiness carbon and Shanxi coal active carbon were analyzed, and the adsorption capability for two kinds of organics with different molecular weight was compared. The results indicated that the adsorption capability was not only related to the specific surface area, but also related to the micro-pore of the active carbon and the size of organic compounds. And the results would be a guiding foundation for the powder active carbon applied in drinking water treatment.

**Key words:** powder active carbon; drinking water; adsorption

全社会都来关心水、节约水、保护水