

# 粒状活性炭过滤器与活性炭纤维过滤器的性能比较

西安工程科技学院 赵丽宁<sup>\*</sup> 黄翔 顾群  
西安建筑科技大学 狄育慧

**摘要** 本文重点对粒状活性炭过滤器和活性炭纤维过滤器在过滤水和空气时的性能进行了对比,同时对比了粒状活性炭和活性炭纤维的特性及结构,并说明了活性炭纤维具有粒状活性炭不可比拟的优点。对活性炭纤维过滤器的发展前景进行了展望,从而指出了活性炭纤维过滤器的经济性及其推广的可能性和必然性。

**关键词** 活性炭 活性炭纤维 化学过滤器 活性炭纤维过滤器 性能对比

## The Performance Comparison of Granular Activated Carbon Filter and the Fiber Filter of Activated Carbon

By ZHAO Linling<sup>\*</sup>, HUANG Xiang, GU Qun and DI Yuhui

**Abstract** The focal point of this paper has compared with the performance comparison of filtering water and air, and characteristic and structure of the granular activated carbon filter and the fiber filter of activated carbon. And has proved that the activated carbon fiber has merit that granular activated carbon can't be compared. And the development prospect to the fiber filter of activated carbon has looked into the distance, thus pointed out the economic and possibility and certainty popularized of the fiber filter of activated carbon.

**Keywords** Activated carbon Activated carbon fiber Chemical filter The fiber filter of activated carbon Performance comparison

<sup>\*</sup>Xi'an University Of Engineering Science And Technology, China

### 1 引言

随着经济的发展,人们对环境污染问题的重视程度及室内空气品质要求的不断提高,传统的只对可吸入颗粒物起作用的空气过滤器已经不能满足人们的要求,于是化学过滤器便应运而生,这是因为它可以清除空气中的气体污染物。随着工业的发展和城市的不断扩大,我们身边有害气体的浓度也在增加,而人们对空气的洁净度要求却在逐年提高,于是人们对化学过滤器的需求量也就在逐年增加。

### 2 化学过滤器

化学过滤器过滤原理是:有选择的吸附有害气体分子,而不是像普通过滤器那样机械地清除

杂质。在通风和空调领域,化学过滤器使用活性炭作为主要过滤材料<sup>[1]</sup>。

活性炭材料中有大量肉眼看不见的微孔,其中绝大部分微孔的孔径在 5~500Å (1Å=1×10<sup>-10</sup>m,以下同)之间,单位材料中微孔的总内表面积可高达 700~2300m<sup>2</sup>/g<sup>[1]</sup>,也就是说,在一个米粒大小的活性炭颗粒中,微孔的内表面积相当于一个大客厅内墙面的大小。

根据材料的处理方法,活性炭吸附分为物理吸附和化学吸附。物理吸附没有明显的化学反应,

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金资助项目(编号 50343020)

☆赵丽宁,女,1978年10月生,在读硕士研究生

710048 西安工程科技学院 123<sup>#</sup>

029-88046010

E-mail: zhaolining144@yahoo.com.cn

收稿日期:2004-3-16

它主要依靠范德华力 (Vander Waals)。化学吸附是经过化学处理而使材料与有害气体产生化学反应的吸附, 它的原理是: 活性碳靠范德华力抓到气体分子, 材料上的化学成分与污染物起反应, 生成固体成分或无害的气体<sup>[1]</sup>。

### 3 粒状活性碳过滤器及活性碳纤维过滤器

#### 3.1 活性碳 (AC-activated carbon)

活性碳, 是一种具有多孔结构和大的内部比表面积的材料。由于其大的表面积、微孔结构、高的吸附能力和很高的表面活性而成为独特的多功能吸附剂, 且其价廉易得, 部分还可再生活化, 同时它可有效去除废水、废气中的大部分有机物和某些无机物, 所以它被世界各国广泛地应用于污水及废气的处理、空气净化、回收稀有金属及溶剂等环境保护和资源回收等领域。

活性碳分为粒状活性碳、粉末活性碳及活性碳纤维, 但是由于粉末活性碳有二次污染且不能再生赋活而被限制利用<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 粒状活性碳 (GAC-granular activated carbon)

GAC 的 85%~90% 用于水处理和气体吸附处理, 它的粒径为 500~5000 $\mu\text{m}$ , GAC 的孔结构一般是具有三分散态的孔分布, 既具有按国际纯粹与应用化学会 (IUPAC) 分类的孔径 >50nm 的大孔, 也有 2.0~50nm 的中孔 (过渡孔) 和 <2.0nm 的微孔<sup>[3]</sup>。

由于 GAC 的孔状结构所致, 它的吸附速度较慢, 分离率不高, 特别是它的物理形态使其在应用和操作上的有诸多不便, 限制了 GAC 的应用范围<sup>[4]</sup>。

#### 3.3 活性碳纤维 (ACF-activated carbon fiber)

ACF 是继粉状与粒状活性碳之后的第三代活性碳产品<sup>[3]</sup>。70 年代发展起来的活性碳纤维是随着碳纤维工业发展起来的一种新型、高效的吸附剂。

### 4 活性炭纤维的特点

ACF 是多孔碳家族中具有独特性能的一员, 与传统的粒状活性碳 (GAC) 相比, ACF 具有以下特点<sup>[5]</sup>:

① ACF 与 GAC 的孔结构有很大的差异, 如图

1 和图 2 所示。ACF 的孔分布基本上呈单分散态, 主要由小于 2.0nm 的微孔组成, 且孔口直接开口在纤维表面, 其吸附质到达吸附位的扩散路径短, 纤维直径细, 故与被吸附物质的接触面积大, 增加了吸附几率, 且可均匀接触。

② 比表面积大, 最大可达 2500 $\text{m}^2/\text{g}$ , 约是 GAC 的 10~100 倍; 吸附容量大, 约是 GAC 的 1.5~100 倍; 吸附能力为 GAC 的 400 倍以上; 吸附、脱附速度快, ACF 对气体的吸附数 10 秒至数分钟可达平衡。

③ ACF 孔径分布范围窄, 绝大多数孔径在 100 $\text{\AA}$  以下, GAC 的内部结构有微孔、过渡孔和大孔之分, 而 ACF 的结构只有微孔及少量的过渡孔, 没有大孔, 并且孔径均匀, 分布比较狭窄, 为 0.1~1nm, 这是 ACF 吸附选择性较好的原因。

④ ACF 不仅对高浓度吸附质的吸附能力明显, 对低浓度吸附质的吸附能力也特别优异, 如当甲苯气体含量低到 10ppm 以下时, ACF 还能对其吸附, 而 GAC 必须高于 100ppm 时方能吸附。

⑤ 耐热、耐酸碱; 具有很强的氧化还原特性, 可将高价金属离子还原为低价态。

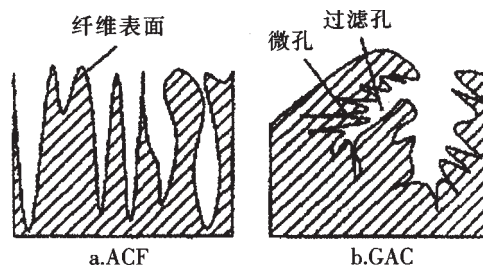


图 1 ACF 和 GAC 的孔结构模型

⑥ 体积密度小, 滤阻小, 约是 GAC 的 1/3<sup>[13]</sup>。可吸附粘度较大的液体物质, 且动力损耗小<sup>[16]</sup>。

而且 ACF 易再生, 工艺灵活性大 (可制成纱、布、毡和纸等多种制品); 以及不易粉化和沉降等特征, 这些特征有利于吸附和脱附, 使得 ACF 对各种有机化合物具有较大的吸附量和较快的吸、脱附速度。

吸附剂的吸附性能由吸附剂的比表面积、吸附剂的孔隙直径来决定, 其吸附性能的值  $\log [(C_0 - C) / C]$  可由下式计算求得<sup>[6]</sup>:

$$\log [(C_0 - C) / C] = 0.0064S - 0.123D - 0.935$$

式中:  $C_0$ —初始浓度;

$C$ —平衡浓度;

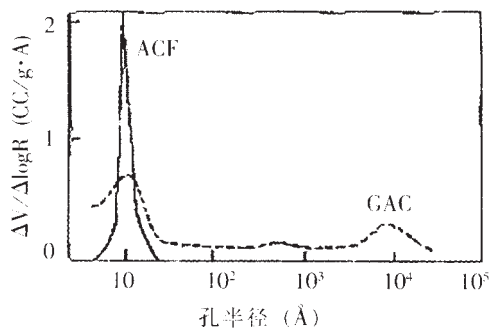


图 2 ACF 与 GAC 的孔径分布

S-吸附剂的比表面积 ( $\text{m}^2/\text{g}$ );

D-吸附剂的孔隙直径 (nm)。

由上式可见, 吸附剂的比表面积越大吸附能力也越大, 吸附剂的孔隙直径越小具有的吸附能力越大。活性炭纤维最显著的特点是具有发达的比表面积 ( $1000\text{m}^2/\text{g} \sim 3000\text{m}^2/\text{g}$ ) 和丰富的微孔, 微孔的体积占总孔体积的 90% 以上, 微孔直径约  $10\text{\AA}$  左右, 故其吸附能力大。它对硫醇类恶臭气味化合物及苯酚和亚甲基兰等离子具有特殊的吸附能力, 且其表面具有疏水性, 对水蒸气吸附亲和性小, 对空气中的有害气体、臭气, 特别是有机化合物具有较高的去除效率, 适于吸附和脱附频繁的废水处理和空气净化等。ACF 被认为是 21 世纪最优秀的环境材料之一。在气体和液体净化, 有害气体及液体吸附处理等方面已得到广泛应用<sup>[4]</sup>。

ACF 是非常有发展前途的高效吸附材料, 无论污染物质是微量级还是高浓度, 都可采用 ACF 进行吸附处理, 达到满意效果, 在很多领域中都将被取代粒状活性炭<sup>[7]</sup>。

## 5 粒状活性炭过滤器和活性炭纤维过滤器的性能对比

粒状活性炭过滤器是以 GAC 为滤料的一种压力式过滤装置, 可与离子交换软化, 除盐设备串联, 组成处理系统。粒状活性炭过滤器不仅具有普通机械过滤器过滤悬浮物的功能, 同时还能去除用常规手段难以去除的游离性余氯、臭味、色度及有机物等, 而且可对滤料再生, 恢复其吸附性。

活性炭纤维过滤器采用活性炭纤维毡或纤维布制成, 此种过滤器优越于粒状活性炭 (GAC) 过滤器。活性炭纤维过滤器除了活性炭纤维适用的范围外, 还可用于医疗保护、战地施救等领域<sup>[8]</sup>。

影响两种活性炭过滤器吸附效果和使用寿命

的主要因素有: 污染物的种类和浓度、气流在过滤材料中的滞留时间、空气的温度和湿度。使用过程中, 活性炭过滤器的阻力不变, 但重量会增加, 有经验的专业人员可根据重量变化估计过滤器的使用寿命<sup>[1]</sup>。

### 5.1 两种过滤器对水的过滤

图 3 所示粒状活性炭过滤器可用于天然水和污水过滤处理。过滤精度高, 截污容量大; 过滤流速高, 占地面积小, 水耗少; 易清洗, 操作简单, 滤料不流失; 运行可靠, 检修方便, 维护工作量小; 可调性强, 出水质量可根据要求进行调整; 设备价格低, 不需另购滤料。

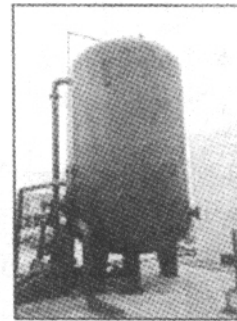


图 3 粒状活性炭过滤器

采用活性炭纤维为主要过滤材料的净水器, 具有净化、矿化、磁化、杀菌功能, 在使用中可以定向过滤、反冲清洗。特别适用于新建楼房和水中铁锈污染严重的家庭使用, 可免除频繁清洁滤材及更换滤材的烦恼, 同时不同流速产生不同的净化效果, 过滤速度越小, 废水在吸附柱中停留时间越长, 净化效果越好, 反之, 净化效果下降<sup>[9]</sup>。

与粒状活性炭过滤器相比, 活性炭纤维过滤器具有不易产生粉末, 压力损失小, 水流速度快等特点, 但它可能分解为除去水中细菌而加入的有效氯, 导致水中细菌不能完全被杀除而繁殖, 可利用银离子解决细菌繁殖的问题, 制成抗菌性活性炭过滤器。ACF 和 GAC 除氯效果与水温的关系如图 4<sup>[4]</sup>。

### 5.2 两种过滤器对气体的过滤性能对比

活性炭空气过滤器, 不但能过滤空气中的细微颗粒, 而且对酸性气体、碱性气体、恶臭、甲醛、苯等苯类、酚类、醇类、酯类、醛类等有机气体和含有微量重金属的低浓度、大风量的各类气体有很好的吸附效果。主要适用于污染物浓度不高的中央空调和集中通风系统。

活性炭纤维是适合用作过滤材料的活性炭,

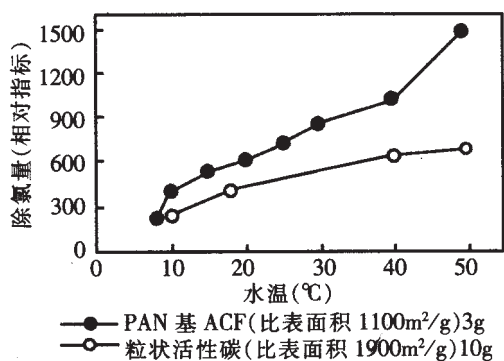


图4 ACF及活性炭除氯效果与水温的关系

活性炭纤维用于过滤时的压力损失小，吸附和脱吸速度快，故亦大量用于气体的净化。

#### (1) 对氨气的过滤性能对比<sup>[6]</sup>

高强等人以氨气为除臭对象，将渔网状GAC过滤网和ACF过滤网进行了对比实验，数据如表1所示：

从实验结果可以看出，ACF过滤网氨气去除率较GAC过滤网高，且再生性能明显优于GAC过滤网。同时ACF过滤网克服了GAC过滤网对低浓度介质难以吸附及难以再生的缺点。

#### (2) 对甲苯气体的吸附性能对比<sup>[10]</sup>

在范德华力的作用下，当相距很近的相对孔壁的吸附场发生叠加，引起微孔内吸附势的增加，因此在很低的相对压强（低浓度）和较短的时间内就基本完成吸附，也就是说，低浓度下吸附量高，如图5所示。

#### (3) 活性炭过滤器对SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO、CO<sub>2</sub>的过滤<sup>[11]</sup>

活性炭纤维过滤器的阻力与风道风速成直线关系；对SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>的去除效率随过滤器的风量而变化。并随去除时间的延长而增大，最后逐渐趋于平缓趋势。活性炭纤维过滤器的最佳滤速不随污染浓度的改变而变化。

活性炭纤维过滤器对CO、CO<sub>2</sub>几乎无去除效果。这主要是由活性炭纤维的性质和CO、CO<sub>2</sub>的特点所决定的，SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>气体极强，易被活性炭纤维吸附，而CO、CO<sub>2</sub>极性弱并与活性炭上的极性键有相斥作用，故CO、CO<sub>2</sub>不能被活性炭纤维

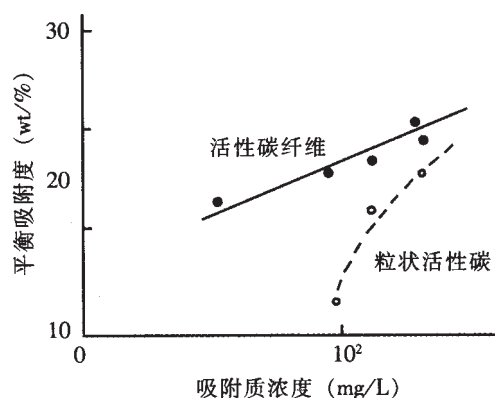


图5 活性炭吸附甲醛时的等温吸附线

去除。经研究表明，经氧化及铁处理后，ACF对CO的吸附能力可大大提高<sup>[4]</sup>。

## 6 市场展望

在物质文明和科学技术高度发展的今天，随着人们对环境空气质量要求提高，空气过滤技术也迅速地发展起来，性能卓越的活性炭纤维过滤器由于过滤时具有压力损失极小，吸附与脱吸速度快，耐振动，不产生粉尘，可再生，无污染等优势，势必将得到大力的推广和应用。我国活性炭纤维过滤器的开发还仅处于初始阶段，其应用领域还远远没有打开，在水处理，空气净化，化学物质的吸附应用方面其市场开发的潜力极大。随着环境保护各项法规的进一步建立、完善和绿色化学时代的到来，活性炭纤维过滤器必将呈现光明的发展前景<sup>[12]</sup>。

SARS的到来及禽流感疫情的爆发，对空气过滤行业是一次大的挑战，更是一次难得的机遇，它使得抗菌活性炭纤维过滤器具有了广阔的市场。

随着科学技术的发展，简单的活性炭纤维也已经不能满足人们的生活需求，纳米光催化活性炭纤维将是一个新的发展领域，有关这方面的研究有待深入研究。

#### 参考文献

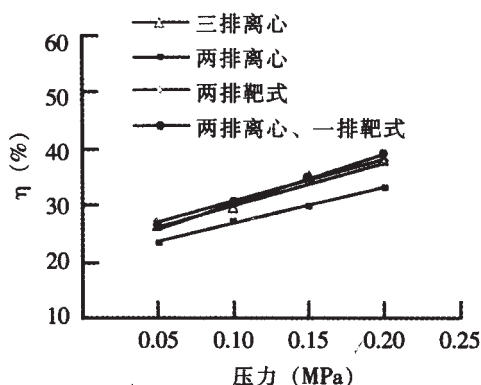
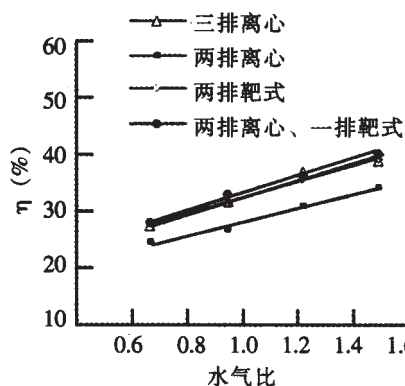
- 1 蔡杰.空气过滤ABC.北京：中国建筑工业出版社，2002
- 2 贺福，赵建国，王润娥.中孔活性炭纤维及其吸附特性.高科技纤维与应用，1999，3：1~5
- 3 王茂章.活性炭纤维的高功能化.高科技纤维应用.

表1 ACF过滤网与GAC过滤网除臭（氨气）性能的对比实验数

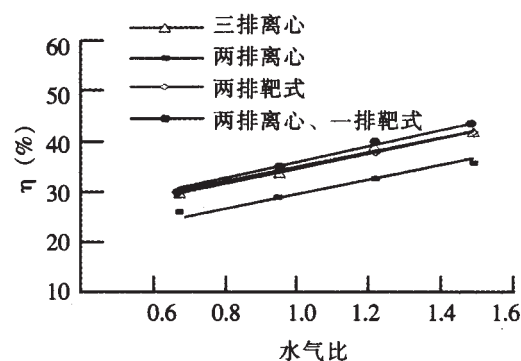
|        | 初始浓度                 | 循环时间 | 残留浓度                 | 去除率    | 去除率下降率 |
|--------|----------------------|------|----------------------|--------|--------|
| ACF过滤网 | $1.3 \times 10^{-4}$ | 6h   | $1.8 \times 10^{-5}$ | 86.15% | 1.8%   |
| GAC过滤网 | $1.3 \times 10^{-4}$ | 6h   | $1.8 \times 10^{-5}$ | 61.53% | 几乎不能再生 |

(下转第16页)



图 18  $v=1.5\text{m/s}$ 图 19  $v=1.6\text{m/s}$ 

测试当风速大于  $1.7\text{m/s}$  时, 喷水室对空调新风中有害气体的净化效率, 以及喷水室对新风中可吸入颗粒物去除的研究。

图 20  $v=1.7\text{m/s}$ 

## 参考文献

- 1 林琳.提高室内空气品质的意义及措施.洁净与空调技术,2003,3:34~42
- 2 黄翔.面向环保、节能、经济及室内空气品质联合挑战的蒸发冷却技术.建筑热能通风空调,2003,3:1~4
- 3 陆亚俊,马最良,邹平华.暖通空调.北京:中国建筑工业出版社,2002
- 4 刘艳华,介江斌,袁琪等.空调环境中污染物的光催化净化, 洁净与空调技术,2003,4:35~37
- 5 宋广生.室内空气质量标准解读.北京:机械工业出版社,2003
- 6 王天富,买宏金.空调设备.北京:科学出版社,2003
- 7 郑文亨.喷水室净化空调新风中有害气体的初步研究.西安工程科技学院硕士论文,2004

(上接第 20 页) 1999,6: 5~12

- 4 肖长发.活性炭纤维及其应用.高科技纤维应用, 2001,4: 27~31
- 5 付正芳,王庆瑞,王曙中.中空活性炭纤维概述.高科技纤维与应用,2003,5: 32~35
- 6 高强,王春梅,季涛.活性炭纤维净化室内空气的研究.产业用纺织品,2000,10 (18): 26~29
- 7 阎怀国,张俊贞,赵惠敏,李传运,安鼎年.活性炭纤维的应用.城市环境与城市生态,1998,3 (11): 5~7

- 8 活性炭及活性炭纤维样本.南通苏通碳纤维有限公司
- 9 肖月竹,赵光.用活性炭纤维处理炼油厂废水的研究.水处理技术.1994,3 (20): 177~182
- 10 曹雅秀,刘振宇,郑经堂.活性炭纤维及其吸附特性.炭素,1999,2:20~23
- 11 张金萍,李德生.活性炭纤维过滤器在室内空气净化中的试验研究环境工程.2000,5 (18): 32~35
- 12 汪多仁.活性炭纤维的开发与应用.高科技纤维与应用,2001,3:21~24

## 《洁净与空调技术》2004 年第 1 期勘误表

| 页次     | 行数   | 原文                | 改正                | 页次     | 行数   | 原文          | 改正             |
|--------|------|-------------------|-------------------|--------|------|-------------|----------------|
| 目次 (中) | 右 11 | 涂航                | 涂舫                | 目次 (英) | 右 33 | Ji, Yonxang | Jie, Yongxiang |
| 目次 (中) | 右 14 | 杜燕霞               | 杜雁霞               | 目次 (英) | 右 36 | Jichuam     | Jichuan        |
| 目次 (中) | 右 21 | ...病房的设计          | ...病房的设计探讨        | 目次 (英) | 右 44 | Wenping     | Wenbing        |
| 目次 (中) | 右 26 | ...送风末端性能         | ...送风末端装置性能       | 目次 (英) | 右 47 | Jianing     | Jiaming        |
| 目次 (中) | 右 33 | 孙浩                | 孙洁                | 目次 (英) | 右 52 | Zhigong     | Zhigang        |
| 目次 (英) | 右 9  | Catchingup        | Catching up       | 34     | 9    | Yongxong    | Yongxiang      |
| 目次 (英) | 右 14 | Fountaions        | Fountains         | A10    | 左 22 | 相对湿度        | 露点温度           |
| 目次 (英) | 右 20 | Zhengao, Xuennong | Zhengguo, Xuenong | A12    | 10   | Kg/h        | kg/h           |
| 目次 (英) | 右 24 | Yangao            | Yanguo            | 封底     | 右 5  | ...中央空调制造厂商 | 中央空调制造厂商之一     |
| 目次 (英) | 右 26 | Guanbei, Shuseen  | Guangbei, Shusen  |        | 右 6  | ...销售榜首     | ...销售前列        |