

# 改性活性炭材料对无水乙醇吸附 及再生性能的比较研究

## Study on Absolute Ethyl Alcohol Adsorption Properties and Regeneration Performance of Modified Activated Carbon Materials

潘微\* 林子 张维

杭州龙碧科技有限公司

浙江省杭州市滨江区东冠路 611 号金盛工业园

\*联系方式: 0571-56131905 panwei0711@longbh.com

**摘要:** 本文利用市场上多种不同活性炭材料, 以乙醇为极性有机气体代表, 对乙醇进行吸附实验, 从而比较了每种材料对乙醇的吸附能力、稳定性和再生性能。不同的碳材料对乙醇的吸附性能差异较大, 性能最好的材料对乙醇的吸附率为 26.043%, 饱和吸附量为 26.534%, 吸附性能稳定。

**关键字:** 活性炭; 乙醇; 吸附性能; 再生性

室内污染越来越成为人们关注的焦点, 而室内有机气体对人的危害日益严重<sup>[1,2]</sup>。很多发达与发展中国家都将 VOC 列为室内污染物, 限定其浓度。我国也早已出台国家标准, 将 TVOC 值限定为  $0.6\text{mg}/\text{m}^3$ 。

随着科技的发展, 目前改善室内污染的手段层出不穷, 有药剂治理法、空气净化器净化法、通风换气法等, 然而每种方法都有其优缺点, 药剂治理能从源头上控制污染物释放, 然而可能会产生二次有机物污染; 空气净化器便捷快速, 但其实际效果有限; 通风换气法综合效果最好, 但是对建筑的密闭性以及设备的节能性有很高的要求。目前最理想的改善室内污染的方法应是通风换气与治理相结合, 这样的设备已经有人做过详细的研究<sup>[3]</sup>, 证实是高效可行的。然而使用何种治理方式应用于这种新型的设备将会是一个新的课题。

目前主流的治理原理有冷凝吸收<sup>[4]</sup>、催化分解<sup>[5,6]</sup>、臭氧氧化、聚合固化等等，然而最传统、使用最普遍的还是活性炭吸附的方法<sup>[7,8,9]</sup>，并且活性炭有很好的再生性能，筛选出吸附性能和再生性能优异的活性炭应用于通风换气设备能使室内污染改善效果和经济效益达到最大化。

TVOC 含有上百种有机气体，包括多种醇类、烃类、醛类和苯系物等<sup>[10]</sup>。为了探究活性炭对 TVOC 中极性有机气体的吸附能力，筛选出吸附性能最优的碳材料，本文设计了如下实验，为测试不同吸附材料对污染物的吸附能力提供了新的思路。

## 1.实验设备和材料

### 1.1 实验设备

本实验所用到的实验设备和工具器材如表 1-1 所示。

表 1-1 实验设备和工具器材

| 名称     | 型号     | 厂家              |
|--------|--------|-----------------|
| 电子天平   | FA2204 | 邦西仪器科技（上海）有限公司  |
| 数显温湿度计 | HTC-1  | 科舰              |
| 烘箱     | KH-55A | 康恒仪器有限公司        |
| 培养皿    | 60mm   | 盐城市华欧实业有限公司     |
| 棕色瓶    | 10mL   |                 |
| 烧杯     | 100mL  |                 |
| 干燥器    | 300mm  |                 |
| 变色硅胶   | /      | 上海阿拉丁生化科技股份有限公司 |
| 无水乙醇   | 分析纯    | 无锡市东晶化学试剂有限公司   |

1.2 实验材料

本实验所用到的实验材料如表 1-2 所示。

表 1-2 实验材料

| 活性炭编号 | 产地 | 备注        |
|-------|----|-----------|
| 1     | 上海 | 为一般活性炭    |
| 2     | 江苏 | 氢氧化钾改性    |
| 3     | 四川 | 氧化锌改性     |
| 4     | 安徽 | 纳米材料改性    |
| 5     | 广东 | 复合氧化物改性   |
| 6     | 辽宁 | 无机纳米氧化物改性 |

2.实验方法

2.1 吸附率实验

吸附率<sup>[1]</sup>是评价活性炭吸附性能好坏的重要指标,指的是干燥的吸附试样置于充满被吸附气体的容器中,恒温吸附 24 小时,试样的增重占原试样质量的百分数。

2.1.1 前处理

称取一定量的活性炭 1、2、3、4、5、6（约 1g），放入对应编号的棕色瓶中,然后在烘箱中烘烤,温度设置为 100℃。每过 4 小时将碳取出称量,直到质量稳定（即活性炭中的污染物解吸完全）并记录数据。用盖子封好棕色瓶待用。

将干燥器洗净晾干,放入无水硅胶和数显温湿度计,然后密封,使硅胶吸收干燥器内水分直至湿度低于 10%,以防水蒸气对实验的干扰。然后将装有无水乙醇溶液的烧杯放在干燥器底部,使乙醇挥发扩散充满整个容器,然后将干燥器密封待用。

### 2.1.2 实验过程

将棕色瓶内干净的活性炭倒入对应的洁净干燥的无盖培养皿中,使其均匀分散,然后快速将培养皿放入已准备好的干燥器中。所有培养皿都放入干燥器后,观察温湿度计,当其湿度稳定在 10%以下时,将硅胶快速取出。将干燥器密封好,记录时间、温度和湿度。

24 小时后将培养皿从干燥器中取出,盖上培养皿盖子,放入电子天平中进行称量,记录下每种活性炭吸附了乙醇后的质量。

### 2.1.3 实验结果和分析

由以上记录的各活性炭吸附前后的质量可以算出每种活性炭的吸附率,计算公式如下:

$$\text{吸附率} = m_{\text{吸附材料增重}} / m_{\text{吸附材料}} \quad (2-1)$$

计算结果如图 2-1 所示:

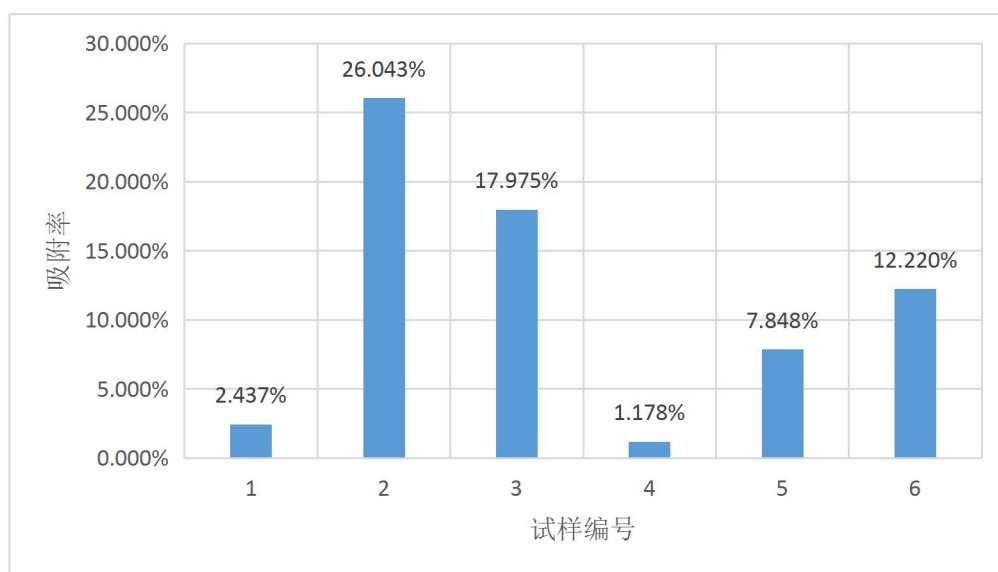


图 2-1 六种活性炭对乙醇的吸附率对比图

由图 2-1 可以看出每种活性炭对乙醇的吸附率差异较大,其中 2 号活性炭最大,为 26.043%,而 4 号最小,为 1.178%。2、3、4、5 和 6 号改性活性炭对乙醇的吸附率分别是 1 号普通活性炭的 10.69、7.38、0.48、3.22 和 5.01 倍。

2.2 饱和吸附实验

为了测试活性炭的饱和吸附量以及饱和时间，特设计了如下实验。

2.2.1 实验过程

做完吸附率实验即活性炭吸附 24 小时，称完活性炭质量后，将活性炭放入 2.1 中的干燥器继续吸附实验，每隔一定时间将培养皿取出，盖上盖子，放入电子天平中进行称量，记录下每种活性炭吸附了乙醇后的质量，直到接近稳定，则活性炭对乙醇吸附饱和。

2.2.2 实验结果和分析

实验过程中所记录的 6 种活性炭的吸附数据见表 2-1 和图 2-2。

表 2-1 六种活性炭的饱和吸附量

| <div>时间</div> <div>编号</div> <div>吸附量</div> | 1      | 2       | 3       | 4      | 5       | 6       |
|--------------------------------------------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| 24h                                        | 2.437% | 26.043% | 17.975% | 1.178% | 7.848%  | 12.220% |
| 42h                                        | 1.909% | 26.596% | 18.783% | 4.428% | 11.302% | 17.498% |
| 63h                                        | 1.987% | 26.659% | 16.050% | 2.654% | 10.275% | 12.993% |
| 84.5h                                      | 2.216% | 26.628% | 18.349% | 3.321% | 10.324% | 10.244% |
| 112h                                       | 2.098% | 26.596% | 17.416% | 2.214% | 10.158% | 12.331% |
| 134h                                       | 1.901% | 26.534% | 17.067% | 2.526% | 10.295% | 13.414% |

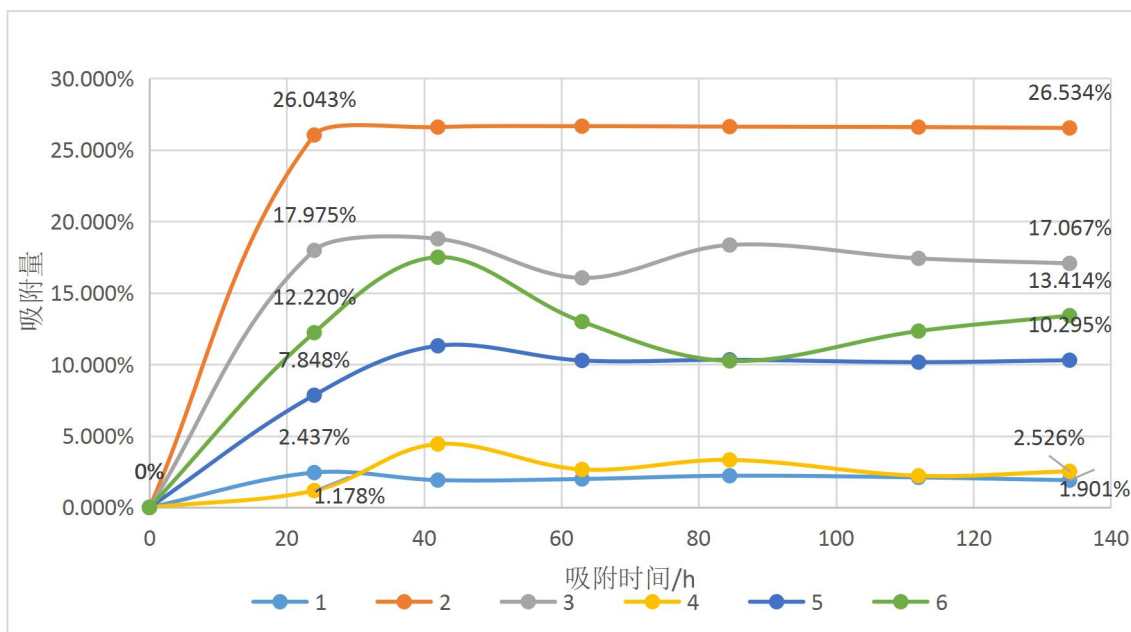


图 2-2 六种活性炭对乙醇的饱和吸附量对比图

六种活性炭材料对无水乙醇的饱和吸附量从大到小为：2>3>6>5>4>1。2、3、4、5 和 6 号改性活性炭对乙醇的饱和吸附量分别是 1 号普通活性炭的 13.96、8.97、1.33、5.42、7.06 倍。

2 号活性炭的吸附较稳定，在吸附 24 小时即接近饱和，且在之后的实验中，吸附量变化较小；而 3、4 和 6 号的吸附性能则不稳定，随着吸附时间的增加，其吸附量有上升也有下降，很难达到稳定。

## 2.3 再生性实验

为了评价活性炭的再生性能，即是否可以保持高效的循环再利用能力，设计如下实验。

### 2.3.1 实验过程

按 2.1 实验步骤将六种活性炭进行乙醇吸附 24 小时后又放入烘箱中烘烤，温度设置为 100℃。每过 4 小时将碳取出称量，直到质量稳定（即活性炭中的乙醇解吸完全）并记录数据。

然后将解吸后的活性炭又放入 2.1 中准备好的充满无水乙醇气体且湿度在 10%以下的干燥器中吸附，24 小时后测每种活性炭的增重，算出吸附率。

重复上面步骤 3 次，即进行三次再生性实验，将每次再生的吸附率与初始吸附率进行比较。实验数据见表 2-2 和图 2-3。

### 2.3.2 实验结果和分析

表 2-2 六种活性炭的再生吸附率

| <div> <div>编号</div> <div> <div>吸</div> <div>附率</div> </div> <div>再生次数</div> </div> | 1      | 2       | 3       | 4      | 5      | 6       |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|
| 0                                                                                  | 2.437% | 26.043% | 17.975% | 1.178% | 7.848% | 12.220% |
| 1                                                                                  | 1.927% | 24.307% | 13.058% | 1.882% | 7.808% | 9.093%  |
| 2                                                                                  | 2.220% | 23.976% | 11.189% | 3.835% | 9.674% | 10.967% |
| 3                                                                                  | 1.991% | 24.340% | 14.095% | 3.165% | 8.451% | 11.922% |

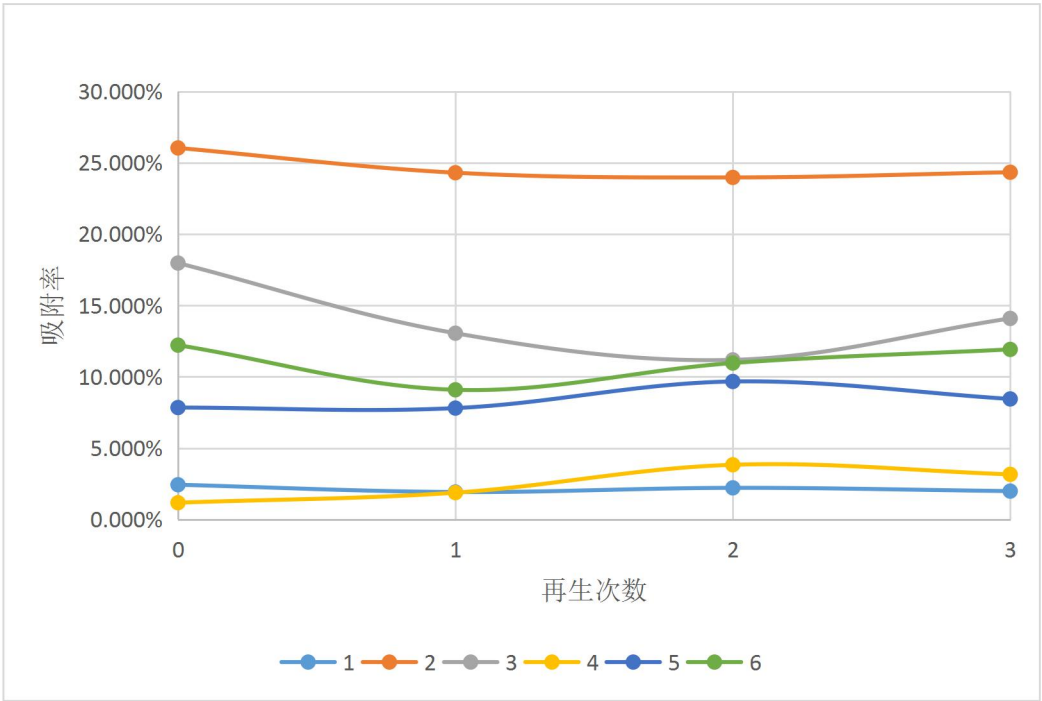


图 2-3 六种活性炭的再生吸附率对比图

总体来看，1、2、3 和 6 号样品再生后其吸附率有所下降，但下降不多，而

4 号和 5 号样品有所上升。从图 2-3 可以看出，1、2、5 号在三次再生中吸附率相对较稳定，而 3、4、6 则波动相对较大。

### 3.结论

本文设计了一套探究吸附材料对目标气体吸附性能的方法，包括吸附率、饱和吸附量和再生吸附性能。通过这些实验考察了吸附材料的吸附能力和吸附稳定性并作出对比，选择出性能最优的活性炭材料。在本次实验中，我们可以得出结论：2 号样品对无水乙醇的吸附，不论是从吸附能力、再生性能还是稳定性上都远远优于其他 5 种材料。而这种实验方案也为筛选和评价吸附材料对目标污染物的吸附性能研究提供了新的思路。通过此种方法选择出的最优材料可以用于室内空气治理以及与通风换气设备相结合，最大限度的改善室内空气质量。

## 参考文献:

- [1]丁照兵, 李娟, 李波. 室内空气净化技术研究综述[J]. 微量元素与健康研究, 2008, 25(2): 63-65.
- [2]Hoppe P, Martinac I. Indoor climate and air quality [J]. International Journal of Biometeorology, 1998, 42(1): 1-7.
- [3]Regenerative Air Purification System & Method , Wei Zhang, US patent, US15/ 0033942A1.
- [4]谢兰英, 罗灵爱, 李忠. 热电冷凝 VOCs. 广东化工, 2005, 32(6): 11-15.
- [5]苏会东. 二氧化钛光催化剂的制备及性能研究[D].东北大学博士学位论文, 2005.
- [6]刘红敏, 叶晓江, 连之伟, 等. 静态光催化去除甲醛及其分解产物的研究[J]. 环境化学, 2001, 23(6): 641-645.
- [7]龚圣, 黄肖容, 隋贤栋.室内空气净化技术[J]. 环境污染治理技术与设备, 2004, 5(4): 55-57.
- [8]立本英机, 安部郁夫主编, 高尚愚译编.活性炭的应用技术[M].南京: 东南大学出版社, 2002.
- [9]M Valix, W H Cheung, G Mckay. Preparation of activated carbon using low temperature carbonisation and physical activation of high ash raw bagasse for acid dye adsorption[J]. Chemosphere, 2004, 56(5): 493-501.
- [10] Doyun Won, Richard L Corsi, Mike Rynes. Sorptive Interactions between VOC and Indoor Materials[J]. Indoor Air-International Journal of Indoor Air Quality and Climate, 2001, 11(4): 246-256.
- [11]GB/T 26900-2011. 空气净化用竹炭, 2008.