

# 活性炭对焦化废水的吸附特性研究

范明霞, 张智

(湖北工业大学 化学与环境工程学院, 湖北武汉 430068)

**摘要:**采用活性炭对焦化废水进行吸附处理,考察了吸附时间、活性炭用量、pH值、吸附温度等工艺条件对处理效果的影响。结果表明,50 mL 废水 pH 值为 6,活性炭用量 0.5 g,室温下吸附 120 min 后,焦化废水 COD 去除率达 60%以上。该过程的吸附等温线可用 Freundlich 吸附等温式表示为: $q=10^{-6.0065}c^{3.3303}$ ;吸附热为 26.35 kJ/mol;动力学方程可用班厄姆方程表示为: $q=17.5-17.5\exp(10^{0.9053}t^{-0.7839})$ 。

**关键词:**活性炭;焦化废水;吸附;动力学

中图分类号:X703

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2011)01-0023-03

## STUDY ON ADSORPTION CHARACTERISTICS OF COKE PLANT WASTEWATER WITH ACTIVATED CARBON

FAN Ming-xia, ZHANG Zhi

(College of Chemistry and Environment Engineering, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

**Abstract:** Coke plant wastewater is adsorbed with activated carbon and the influence of conditions such as adsorption time, quantity of activated carbon, pH, adsorption temperature are studied. The result shows that 50mL wastewater pH 6, the amount of 0.5g of activated carbon, the removal ratio of COD is above 60% after absorption for 120 min in room temperature. The adsorption isotherm can be expressed by Freundlich equation: $q=10^{-6.0065}c^{3.3303}$  and adsorption heat is 26.35kJ/mol. The adsorption kinetics can be described by equation: $q=17.5-17.5\exp(10^{0.9053}t^{-0.7839})$ .

**Keywords:** activated carbon; coke plant wastewater; adsorption; kinetics

焦化废水是焦化厂在生产过程中产生的有机废水,属高 COD、高氨氮、高酚的处理难度较大的工业废水。许多焦化厂的外排水虽然已经过溶剂脱酚、生物脱酚等净化工艺处理,但是,其中某些有毒有害物质的浓度仍居高不下,常常难以达到国家允许的排放标准。我国每年都有大量的焦化废水产生,对焦化废水的处理成为工业废水处理的重要课题之一。

活性炭具有发达的孔隙结构、巨大的比表面

积,是一种优良的吸附剂,也是目前废水处理中应用最广的吸附剂之一。它具有良好的吸附性能和稳定的化学性质,可以耐强酸、强碱,能经受水浸、高温、高压作用,同时还可以活化再生<sup>[1]</sup>。本文研究了活性炭对焦化废水 COD 的吸附去除能力,测定了不同条件对活性炭吸附焦化废水 COD 的影响,对该吸附过程的动力学和热力学特性进行了探讨,为工艺工程设计和工业生产提供必要的基础性数据。

## 1 实验部分

### 1.1 仪器和试剂

DIS-1 型数控多功能消解仪：深圳市昌鸿科技有限公司；HIZ-1 水浴振荡器：哈尔滨市东联电子技术开发有限公司；722N 可见分光光度计：上海精密科技仪器有限公司；202-3AB 型电热恒温干燥箱：天津市泰斯特仪器有限公司；PHS-3C 型 pH 计：上海精密科学仪器有限公司雷磁仪器厂；电子天平：北京赛多利斯系统仪器有限公司。粒状活性炭，分析纯，天津市福晨化学试剂厂；邻苯二甲酸氢钾、盐酸、硫酸、氢氧化钠等均为分析纯。

### 1.2 分析方法

COD 采用消解仪测定。按下式计算废水 COD 的去除率：

$$\text{COD 去除率} = (C_0 - C) / C_0 \times 100\%$$

式中， $C_0$  为处理前废水的 COD 值，mg/L；

$C$  为处理后废水的 COD 值，mg/L。

### 1.3 实验步骤

实验所用焦化废水取自武汉某焦化厂，水样 COD 值为 300 mg/L 左右。取 50 mL 水样置于 250 mL 锥形瓶中，将溶液 pH 调至所需值，加入一定量的活性炭，设定吸附温度，在振荡器中以中速振荡一定时间，过滤后测定滤液中 COD 值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 工艺条件对去除效果的影响

#### 2.1.1 吸附时间的影响

在焦化废水 pH 值为 6、活性炭用量为 0.5 g、室温条件下吸附，考察吸附时间对 COD 去除效果的影响，实验结果见图 1 所示。

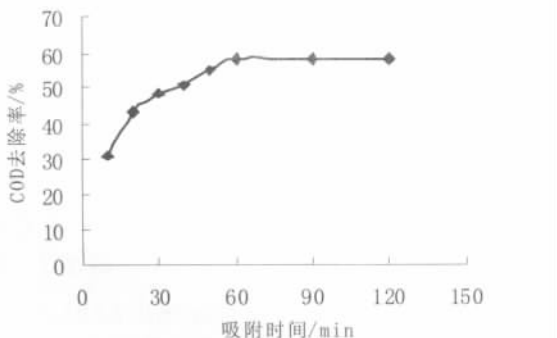


图 1 吸附时间对去除效果的影响

由图 1 可知，COD 去除率随吸附时间的延长而增加，但当吸附时间达 30 min 时 COD 去除率可以达到平衡时的 90%，60 min 吸附基本达到平衡。以下实验中取吸附时间为 120 min，保证吸附

达到平衡。

#### 2.1.2 活性炭用量的影响

在焦化废水 pH 值为 6，室温条件下吸附 120 min，考察活性炭用量对 COD 去除效果的影响，实验结果见图 2 所示。

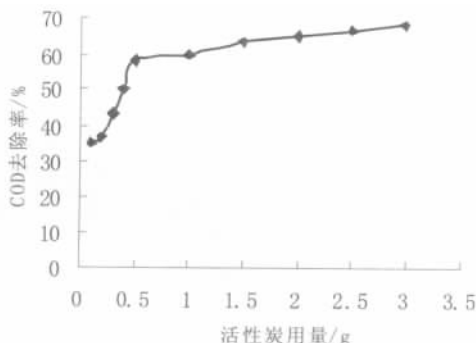


图 2 活性炭用量对去除效果的影响

由图 2 可知，活性炭用量越大，COD 去除率越高。当活性炭用量大于 0.5 g 时，COD 去除率增幅逐渐减缓，且单位质量活性炭对焦化废水 COD 的去除率随用量的增多而减少。因此，综合考虑去除效果和经济性，选择活性炭用量为 0.5 g。

#### 2.1.3 pH 值的影响

在活性炭用量为 0.5 g、室温下吸附 120 min，考察 pH 值对 COD 去除效果的影响，实验结果见图 3。

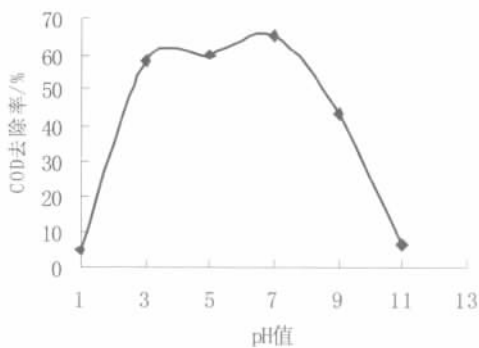


图 3 pH 值对去除效果的影响

由图 3 可知，pH 值对吸附效果影响较大。pH < 3 和 pH > 7，COD 去除率都开始下降，pH 在 3~7 之间时，COD 去除率比较稳定且较高。这可能是因为活性炭一般对不溶性物质吸附能力较强，而酸性较强和碱性条件使废水中的残留有机物溶解性增加，所以导致吸附效果变差<sup>[2]</sup>。因此，本实验选择最佳 pH 值为 6~7。

#### 2.1.4 吸附温度的影响

在焦化废水 pH 值为 6、活性炭用量为 0.5 g、吸附时间为 120 min，考察吸附温度对 COD 去除

效果的影响,实验结果见表 1。

表 1 吸附温度对去除效果的影响

吸附温度/℃	20	30	40	50
COD 去除率/%	63.33	45	31.67	23.33

由表 1 可知,COD 去除率随温度升高呈下降趋势,说明低温有利于吸附的进行,属于典型的物理吸附。因此,本实验在室温下进行吸附。

### 2.2 吸附等温方程式

在中等压力范围内,活性炭对低浓度有机化合物溶液的吸附等温线,绝大多数可以用 Freundlich 等温式<sup>[3]</sup>表示:

$$q = kc^{1/n}$$

式中:  $q$  为活性炭对 COD 的吸附量(mg/g);

$c$  为吸附后废水 COD 浓度(mg/L);

$k, 1/n$  为 Freundlich 常数。

图 4 为在焦化废水 pH 值为 6, 室温下吸附 120 min 的等温吸附线。

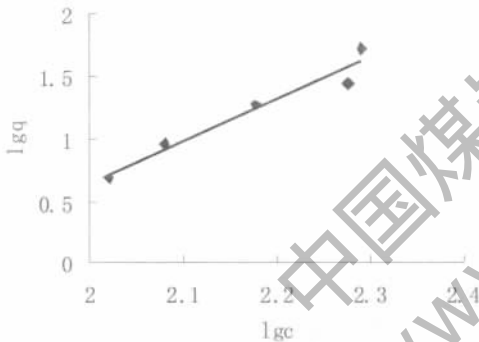


图 4 吸附等温线

以  $lgq$  对  $lgc$  作图,拟合得到一条线性较好的直线。吸附等温式为:

$$lgq = 3.3303 lgc - 6.0065 \quad (1)$$

从直线方程可得到  $k$  和  $1/n$  的值,分别为  $10^{6.0065}$  和 3.3303,故本实验 Freundlich 式为:

$$q = 10^{-6.0065} c^{3.3303} \quad (2)$$

### 2.3 吸附热的求取

把 Freundlich 方程  $q = kc^{1/n}$  与  $k = k_0 e^{Q/RT}$  联立得:  $q = k_0 e^{Q/RT} c^{1/n}$  (3)

式中:  $q, c$  为同前意义一致;

$T$  为吸附温度(K);

$k, k_0, n$  为常数;

$Q$  为吸附热(J/mol);

$R$  为  $8.314 J/K \cdot mol$ 。

对(3)式两边取对数得:

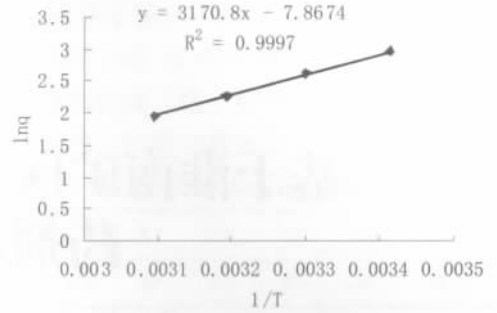


图 5  $lnq-1/T$  曲线

$$lnq = lnk_0 + 1/n ln c + Q/R \cdot 1/T$$

以  $lnq$  对  $1/T$  作图,如图 5 所示:

图 5 中所得直线的斜率  $Q/R$  为 3 170.8,可求得吸附热为 26.35 kJ/mol。可见该过程吸附热较高,即温度对吸附影响较大,同时我们前期工艺条件影响的实验结果也证明吸附温度对 COD 去除效果的影响较大,两者所得结论是一致的。

### 2.4 吸附动力学

活性炭对稀溶液中有机物的吸附,采用班厄姆提出的吸附速率公式<sup>[4]</sup>计算:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{k'(q_{\infty} - q)}{t^m} \quad (4)$$

式中,  $t$  为吸附时间, min;  $q_{\infty}$  为平衡吸附量;  $k', m$  为常数。

对式(4)积分可得:

$$ln \frac{q_{\infty} - q}{q_{\infty} - q} = k' t^m \quad (5)$$

式中,  $n$  为常数。

根据式(5),以  $lg(ln \frac{q_{\infty} - q}{q_{\infty} - q})$  对  $lgt$  作图,拟合得一条线性很好的直线,见图 6 所示。

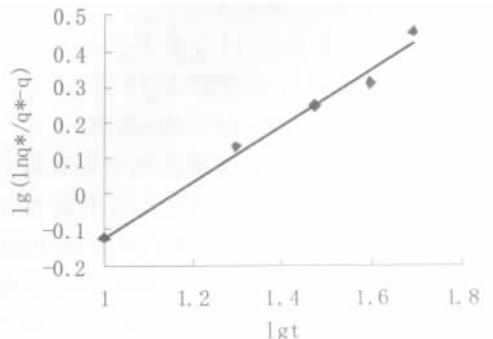


图 6  $lg(\frac{q_{\infty} - q}{q_{\infty} - q})$  与  $lgt$  的关系

从直线方程可求出  $k'$  和  $n$ , 从而得到吸附速率方程为:

$$q = 17.5 - 17.5 \exp(10^{0.9053} t^{-0.7839})$$

的影响, 试验中 PAM 用量控制在 0.3 mg/L, 试验结果见表 8、表 9、表 10 所示。

表 8 PAC 配阳离子型 PAM 试验结果分析

PAC 加药量/(mg·L <sup>-1</sup> )	10	20	30	40	50	60
沉后水浊度/NTU	36	19	8	5	4	4

表 9 PAC 配阴离子型 PAM 试验结果分析

PAC 加药量/(mg·L <sup>-1</sup> )	10	20	30	40	50	60
沉后水浊度/NTU	29	10	3.5	3.0	2.4	2.2

表 10 PAC 配非离子型 PAM 试验结果分析

PAC 加药量/(mg·L <sup>-1</sup> )	10	20	30	40	50	60
沉后水浊度/NTU	42	22	10	8	9	8

为使 PAC、PAM 的投药量配比更具科学性, 试验进行了阴离子型 PAM 的投加量选择试验, 结果如表 11。

表 11 阴离子型 PAM 投药量试验结果分析

PAC 加药量/(mg·L <sup>-1</sup> )	40	40	40	40	40	40
PAM 加药量/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
沉后水浊度/NTU	4.6	2.3	2.2	2.0	1.9	2.0

由表 8、9、10、11 试验结果表明, 采用两种药剂配合投加处理矿井水, 出水水质明显优于单种药剂, 且净化效果明显优于药剂单独使用。PAC 与阴离子型 PAM 配合使用效果最好, 非离子型次

之, 阳离子型较差。当使用 PAC 投药量 40 mg/L, 阴离子型 PAM 投药量 0.2 mg/L 时, 其反应沉淀后沉后水上清液浊度持续低于 3.0 NTU, 净化效果最好。

### 3 结论

(1)通过药剂选择单因素试验分析, 针对淮南矿区矿井水水质, 采用 PAC 与阴离子型 PAM 配合投加较为适合; 当 PAC 和 PAM 投加量分别为 40 mg/L 和 0.2 mg/L 时, 沉后水上清液浊度持续低于 3.0NTU, 净化效果最好;

(2)各组试验中净水剂加药量远低于各矿井实际加药量, 由于各单位的矿井水原水水质存在差别, 净水构筑物效果也存在差异, 所以, 在矿井水净化处理过程中的投加量确定, 应以试验结果为依据进行现场调整, 保证出水指标达到要求水质。

### 参考文献

[1] 周如禄, 高亮, 陈明智. 煤矿含悬浮物矿井水净化处理技术探讨. 煤矿环境保护, 2000, 14(1): 10~12.

[2] 曹祖民, 高亮, 崔刚等. 矿井水净化及资源化成套技术与装备 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2003.

[3] 郭中权, 王守龙, 朱留生. 煤矿矿井水处理利用实用技术. 煤炭科学技术, 2008, 36(7): 3~5.

[4] 许光泉, 王伟宁, 李佩全等. 正交混凝试验在矿井水处理设计中的应用. 地学前缘, 2010, 17(6): 88~93.

(上接第 25 页)

### 3 结论

(1)经过以上实验分析得出该活性炭吸附焦化废水的最佳条件: 50 mL 废水 pH 值为 6, 活性炭用量 0.5 g, 室温条件下吸附 120 min。

(2)室温下活性炭吸附焦化废水的吸附等温式可表示为:  $q = 10^{-6.0065} c^{3.3303}$ ; 吸附热为 26.35 kJ/mol; 吸附动力学方程可用班厄姆方程表示为:  $q = 17.5 - 17.5 \exp(10^{0.9053} t^{-0.7839})$ 。

### 参考文献

[1] 张淑琴, 董仕唐. 活性炭对重金属离子铅镉铜的吸附研究[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(4): 91~94.

[2] 周丹, 张涛, 呼士斌. 水性油墨废水的活性炭吸附特性研究[J]. 环境科学与技术, 2007, 30(3): 85~86.

[3] 戴闻光编. 吸附理论[M]. 福建: 福建人民出版社, 1985.

[4] 立本英机, 安部郁夫. 活性炭的应用技术—其维持管理及存在问题[M]. 南京: 东南大学出版社, 2002.