

# 生物活性炭工艺处理炼油厂反渗透浓缩水

徐传海<sup>1</sup>, 魏 新<sup>2</sup>, 郦和生<sup>2</sup>, 王 崇<sup>2</sup>

(1. 中国石化 北京燕山分公司, 北京 102500; 2. 中国石化 北京化工研究院燕山分院, 北京 102500)

**[摘要]** 采用生物活性炭工艺处理炼油厂反渗透浓缩水。在无烟煤破碎炭粒径为 2.4~5.9 mm、进水 pH 为 7.5、空床停留时间为 30 min、平均进水 COD 为 100 mg/L 的条件下, 系统可稳定运行 48 d, 平均 COD 去除率为 50%, 平均  $A_{254}$  (反渗透浓缩水在波长 254 nm 处的吸光度) 降低率为 77%, 出水 COD 低于 60 mg/L, 达到 GB8978—1996《污水综合排放标准》中的一级排放标准。

**[关键词]** 生物活性炭; 炼油厂; 反渗透; 浓缩水

**[中图分类号]** X703.1

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1006-1878(2011)02-0148-04

## Treatment of Reverse Osmosis Concentrated Water in Refinery by Biological Activated Carbon Process

Xu Chuanhai<sup>1</sup>, Wei Xin<sup>2</sup>, Li Hesheng<sup>2</sup>, Wang Dong<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Beijing Yanshan Petrochemical Co. Ltd., SINOPEC, Beijing 102500, China;

2. Yanshan Branch of Beijing Research Institute of Chemical Industry, SINOPEC, Beijing 102500, China.)

**Abstract:** The reverse osmosis concentrated water in refinery was treated by biological activated carbon process. Under the conditions of cracked-anthracite-made activated carbon size 2.4–5.9 mm, influent pH 7.5, empty bed residence time 30 min and average influent COD 100 mg/L, the system can keep stable running for 48 d, the average removal rates of COD and  $A_{254}$  are 50% and 77% respectively, and the effluent COD is below 60 mg/L, which can meet the first grade discharge standard of GB8978–1996.

**Key words:** biological activated carbon; refinery; reverse osmosis; concentrated water

由于反渗透(RO)技术具有物料无相变、设备简单、处理工艺成熟、易于运行和管理等特点,近年来在废水处理中得到了广泛应用<sup>[1,2]</sup>。但 RO 处理过程中产生大量的浓缩水,尤其以再生水为进水的 RO 系统,其浓缩水中含有一定浓度的有机物,如不经处理直接排放将会对周围环境造成污染。随着环保要求的逐渐提高,对 RO 浓缩水进行处理从而达标排放,已尤为迫切<sup>[3]</sup>。

生物活性炭工艺是近年来发展起来的一种新型水处理技术<sup>[4,5]</sup>。它利用活性炭比表面积大、孔隙结构发达、对水中有机物吸附性强的特点,替代了传统生物载体固定微生物,集成了活性炭吸附和生物降解两个过程。既延长了活性炭的吸附饱和时间,又强化了活性炭的吸附处理效果<sup>[6]</sup>。目前该工艺被广泛应用于饮用水处理和微污染水源水处理<sup>[7-8]</sup>,在工业废水深度处理方面也有良好的应用先例<sup>[9-10]</sup>。

本工作对生物活性炭工艺去除 RO 浓缩水中的有机污染物进行了研究,旨在为 RO 浓缩水的达标排放提供技术支撑。

## 1 实验部分

### 1.1 实验材料

实验用活性炭的性能参数见表 1。实验用废水取自某炼油厂的 RO 浓缩水,RO 浓缩水水质见表 2。该 RO 浓缩水成分复杂,特征污染物较多,可生化性较差,悬浮物较少,颜色暗黄<sup>[3]</sup>。实验用活性污泥取自中国石化燕山石油化工有限公司某污水处理厂的二沉池回流污泥。模拟生活污水 COD 为

**[收稿日期]** 2010-10-15; **[修订日期]** 2010-12-10。

**[作者简介]** 徐传海(1965—),男,河南省信阳市人,硕士,高级工程师,主要研究方向为环境保护。电话 010-69342987,电邮 xuch. yssh@sinopec.com。

300 mg/L、 $\rho$  (葡萄糖) 为 300 mg/L、 $\rho$  (磷酸二氢钾) 为 7.32 mg/L、 $\rho$  (尿素) 为 22.5 mg/L。

表 1 活性炭性能参数

活性炭名称	粒径/mm	碘值/(mg · g <sup>-1</sup> )	湿含量,%	灰分,%
无烟煤柱状炭 BP360	2.4 ~ 5.9	>950	<10	<10
无烟煤破碎炭 BP830	2.4 ~ 5.9	>900	<10	<12
果壳破碎炭 GWB20	0.7 ~ 1.6	>850	<10	<8
椰壳破碎炭	0.7 ~ 1.6	>900	<10	<5

表 2 RO 浓缩水水质

COD/(mg · L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> /(mg · L <sup>-1</sup> )	A <sub>254</sub> *	电导率/( $\mu$ S · cm <sup>-1</sup> )	pH
78 ~ 120	10 ~ 24	0.400 ~ 0.707	3 100 ~ 3 170	7.9 ~ 8.8

\* A<sub>254</sub> 为 RO 浓缩水在波长 254 nm 处的吸光度。

### 1.2 活性炭的生物挂膜

采用活性污泥接种法对活性炭进行生物挂膜<sup>[11]</sup>。在 4 个生物活性炭柱中分别装填高度为 10 cm 的不同类型活性炭,挂膜期间首先加入活性污泥闷曝,闷曝结束后加入 RO 浓缩水与模拟生活污水的混合液驯化培养生物膜。

### 1.3 实验装置及流程

实验装置及流程见图 1。生物活性炭柱为内径 30 mm、高 30 cm 的有机玻璃柱。实验用 RO 浓缩水自储水箱经蠕动泵进入到生物活性炭柱中,采用砂芯曝气头自底部曝气,实验采用上向流形式,气水同向而行。

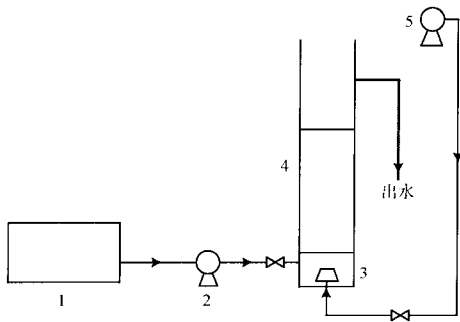


图 1 实验装置及流程

1 储水箱;2 蠕动泵;3 砂芯曝气头;  
4 生物活性炭柱;5 气泵

### 1.4 分析方法

采用重铬酸钾法<sup>[12]</sup>测定 COD,计算 COD 去除率;以 A<sub>254</sub> 间接表征废水中有机物的含量<sup>[13]</sup>,采用紫外分光光度法测定 A<sub>254</sub>,计算 A<sub>254</sub> 降低率。

## 2 结果与讨论

### 2.1 活性炭类型的选择

A<sub>254</sub> 的降低率可以间接表征废水中有机物由大

分子降解为小分子的程度<sup>[13]</sup>。活性炭类型对 COD 去除率的影响见图 2,对 A<sub>254</sub> 降低率的影响见图 3。由图 2 和图 3 可见:在 4 种活性炭中,无烟煤破碎炭 BP830 的废水处理效果最好,平均 COD 去除率为 50%,平均 A<sub>254</sub> 降低率为 80%,且去除效果比较稳定,随反应时间的延长略有下降趋势;其他 3 种活性

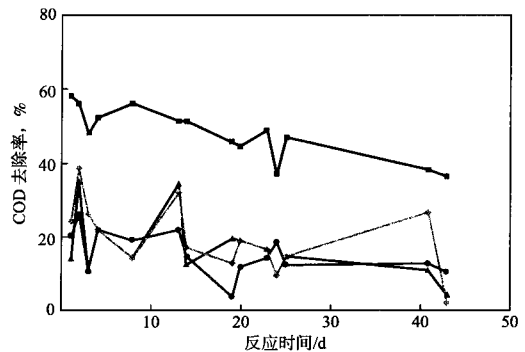


图 2 活性炭类型对 COD 去除率的影响

活性炭:● 无烟煤柱状炭 BP360; ■ 无烟煤破碎炭 BP830;  
▲ 果壳破碎炭 GWB20; ◆ 椰壳破碎炭

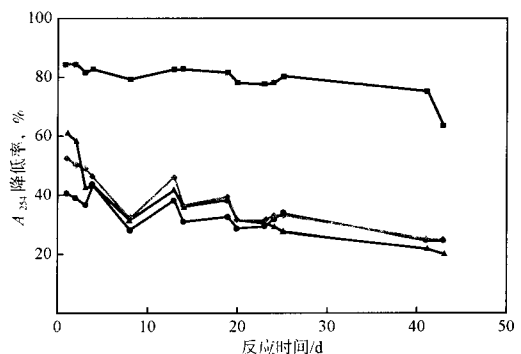


图 3 活性炭类型对 A<sub>254</sub> 降低率的影响

活性炭:● 无烟煤柱状炭 BP360; ■ 无烟煤破碎炭 BP830;  
▲ 果壳破碎炭 GWB20; ◆ 椰壳破碎炭

炭 COD 去除率均低于 40%,  $A_{254}$  降低率低于 60%, 且去除效果不稳定。分析原因, 可能是无烟煤破碎炭 BP830 的粒径小、比表面积大, 可吸附的生物量多, 对 RO 浓缩水的吸附效果较好, 因而对有机物的去除效果较为理想。因此, 以下实验均选择无烟煤破碎炭 BP830 作为处理 RO 浓缩水的生物活性炭。

### 2.2 进水 pH 对 COD 去除率的影响

进水 pH 对 COD 去除率的影响见图 4。由图 4 可见, 当进水 pH 为 7.5 时, 系统对 RO 浓缩水的 COD 去除效果最好。

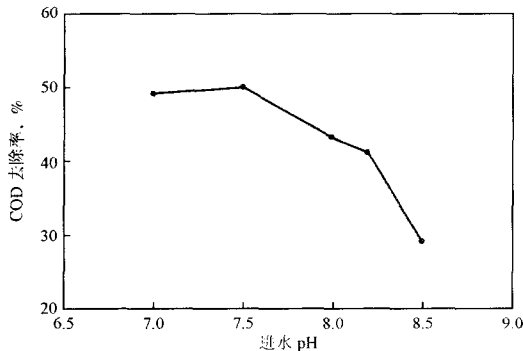


图 4 进水 pH 对 COD 去除率的影响

### 2.3 空床停留时间对 COD 去除率的影响

空床接触时间是在假设没有填装粒状活性炭的情况下, 水流通过炭床高度的反应柱所需的时间。空床接触时间会直接影响粒状活性炭固定床的工作状况。空床接触时间对 COD 去除率的影响见图 5。由图 5 可见: 空床接触时间为 30 min 时, RO 浓缩水的 COD 处理效果最好; 当接触时间不足 30 min 时, 生物活性炭的吸附降解作用没有完全发挥出来, COD 去除效果差; 接触时间过长, COD 处理效果也会变差。因此, 实验确定适宜的空床接触时间为 30 min。

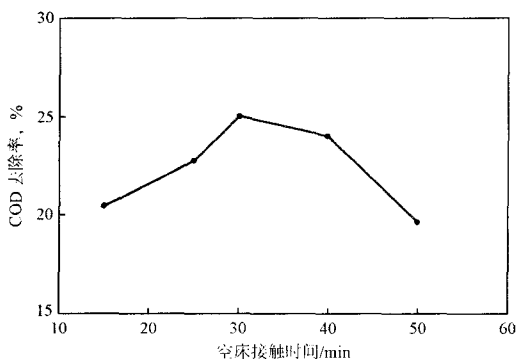


图 5 空床接触时间对 COD 去除率的影响

### 2.4 有机物去除效果评价

在进水 pH 为 7.5、空床接触时间为 30 min 的

条件下, 系统运行期间的 COD 去除效果见图 6。由图 6 可见, 系统运行期间, 平均 COD 去除率为 50% 左右。生物活性炭对 COD 的去除是炭柱的物理吸附和生物降解共同作用的结果。运行初期, 由于活性炭对有机物吸附速率较快, 而活性炭上生物量较小, 因而活性炭对有机物的吸附占主要作用; 运行一段时间后, 活性炭上吸附和生长的微生物增加, 生物降解开始发挥作用, 吸附作用逐渐趋于平衡, 系统发挥的是吸附-生化集成作用。系统运行期间, 平均进水 COD 为 100 mg/L, 出水 COD 低于 60 mg/L, 能够达到 GB8978—1996《污水综合排放标准》<sup>[14]</sup>中的一级排放标准。

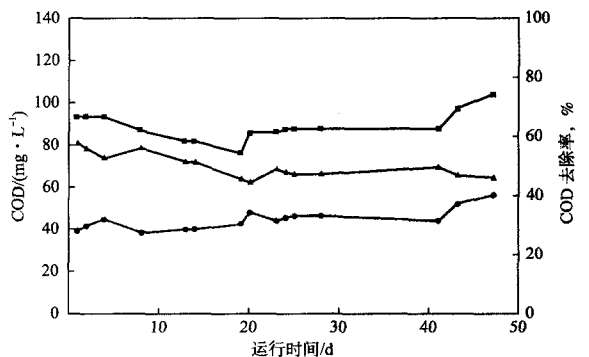


图 6 系统运行期间的 COD 去除效果

● 进水 COD; ■ 出水 COD; ▲ COD 去除率

在进水 pH 为 7.5、空床接触时间为 30 min 的条件下, 系统运行期间的  $A_{254}$  降低率见图 7。由图 7 可见: 系统运行初期,  $A_{254}$  降低率能够达到 80% 以上; 运行一段时间后  $A_{254}$  降低率略有下降; 平均  $A_{254}$  降低率为 77%。

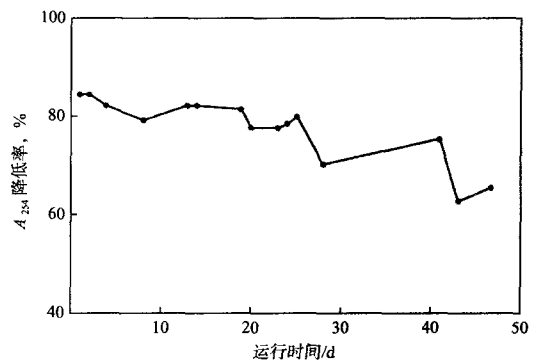


图 7 系统运行期间的  $A_{254}$  降低率

## 3 结论

a) 对炼油厂反渗透浓缩水进行生物活性炭工艺处理, 宜选用粒径为 2.4 ~ 5.9 mm 的无烟煤破碎

炭,适宜的进水 pH 为 7.5,空床接触时间为 30 min。

b) 在上述最佳工艺条件下,平均进水 COD 为 100 mg/L 的炼油厂反渗透浓缩水经生物活性炭工艺处理后 COD 低于 60 mg/L,能够达到 GB8978—1996《污水综合排放标准》中的一级排放标准。

### 参 考 文 献

- [1] 张葆宗. 反渗透水处理应用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004: 1-5.
- [2] 何小娟, 杨再鹏, 党海燕, 等. 膜技术在水处理中的应用及膜材料研究进展[J]. 化工环保, 2004, 24(3): 185-189.
- [3] 赵春霞, 顾平, 张光辉. 反渗透浓水处理现状与研究进展[J]. 中国给水排水, 2009, 25(18): 1-5.
- [4] 胡静, 张林生. 生物活性炭技术在欧洲水处理中的应用与发展[J]. 环境技术, 2002, (2): 33-37.
- [5] 许亮, 王文美, 张余, 等. 生物活性炭技术在水处理中的研究进展与应用[J]. 中国环保产业, 2010, (5): 30-34.
- [6] 张朝晖, 吕锡武. 生物活性炭滤池去除水中溶解性有机碳的研究[J]. 中国给水排水, 2008, 24(1): 105-108.
- [7] 张金松, 乔铁军. 臭氧-生物活性炭技术水质安全性及控制措施[J]. 给水排水, 2009, 35(3): 9-13.
- [8] 任芝军, 马桂林, 孙勇, 等. 高锰酸钾-生物活性炭工艺抗冲击负荷研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2010, 42(10): 1667-1670.
- [9] 张翼, 马军, 李雪峰, 等. 活性炭生物转盘法处理化工废水[J]. 化工环保, 2006, 26(4): 272-275.
- [10] 李安婕, 刘红, 王文燕, 等. 生物活性炭法吸附降解正十六烷的研究[J]. 化工环保, 2005, 25(4): 259-262.
- [11] 郑永菊, 陈洪斌, 何群彪, 等. 黄浦江原水生物活性炭深度处理的挂膜研究[J]. 水处理技术, 2010, 36(11): 66-69, 77.
- [12] 原国家环境保护局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 第4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 210-232.
- [13] 蒋绍阶, 刘宗源. UV<sub>254</sub>作为水处理中有机物控制指标的意义[J]. 重庆建筑大学学报, 2002, 24(2): 61-65.
- [14] 原国家环境保护局. GB8978—1996 污水综合排放标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.

(编辑 王 馨)

## · 信息与动态 ·

### 利用废水为水处理厂提供电力

Chemical Engineering Progress, 2010, 106(11):5

美国内华达雷诺大学的1项将废水污泥转化为电力的实验研究已通过首次中试。该工艺是将污泥干燥,使其适用于气化。研究人员希望该技术最终可为内华达 Truckee Meadows 水回收厂提供一种原位的电力源。

该工艺采用的污泥干燥器是一个在大约 160 ℉ (1 ℉ = 5/9 ℃) 下运行的低温流化床,由大约 215 ℉ 的热源加热。流化床内填充有沙子等惰性固体粗粒,沙粒的粒径经过特殊选择,使其可呈流化态并可快速加热及物质传递。流化床中的气泡可以破碎湿污泥,从而促进污泥的快速干燥。

干燥的污泥粉末被流化床中的空气带走并移出流化床,成为一种容易被过滤器收集的燃料。湿污泥的进料速率和空气的流速协同作用,可精确控制干燥燃料产品的湿度。由于该流化床是在如此低的温度下运行,因此它可以仅仅由污泥废水加热,而不需额外燃料。生产出的干燥燃料可完美地在原位进行气化,应用于发电、产热或热电

联产。

在 Truckee Meadows 水回收厂的试验中使用的是 1 台冰箱大小的连续进料示范装置,可将大约 20 lb/h (1 lb = 0.453 6 kg) 的污泥转化为 3 lb/h 的干燥粉末。研究人员正在评估这种固体产物作为燃料用于气化的适用性,并正在测定工业化运行的最佳条件。他们估计 1 个实际规模的处理系统大概可以为该水回收厂提供 25 000 kW · h/d 的电能。

该工艺的优点是所有装置均设计为原位运行,节省了运输费用及污泥处置费。它将工艺废热用于驱动发电,而且还免于进行污泥填埋。

研究人员的下一步工作是在 1 个大型装置上进行验证试验,以使投资人及工厂操作人员相信该技术的耐久性。该示范项目由美国内华达州雷诺市与斯帕克斯市合作。美国内华达雷诺大学的技术交流办公室计划使该系统适用于其他社区的废水处理厂。例如,据研究人员称,加利福尼亚州的各城市每年可产生大约 700 000 t 干污泥,这将可供  $2.4 \times 10^6$  kW · h/d 的电力生产。

(以上由叶晶菁供稿)