

生物颗粒活性炭处理苯酚废水

吴云海¹, 杨 凤¹, 吴云影²

(1. 河海大学环境科学与工程实验中心, 江苏 南京 210098; 2. 韩山师范学院化学系, 广东 潮州 521041)

摘要 研究了生物颗粒活性炭(BGAC)处理合成苯酚废水的效果和机理。结果表明,BGAC 能够高效处理苯酚废水,处理效果优于活性污泥法和颗粒活性炭(GAC)吸附。BGAC、活性污泥和 GAC 分别对 75 mg/L 的苯酚废水连续处理,平均去除率分别为 98%、60% 和 90%。通过苯酚出水 pH 值和反应器中溶解氧的变化情况分析,BGAC 对苯酚废水的处理主要借助于活性炭的吸附和微生物降解的交替作用。

关键词 生物颗粒活性炭 苯酚 活性污泥 颗粒活性炭 污水处理

中图分类号 X703 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2008)03-0067-03

Phenol removal by biological granular activated carbon

WU Yun-hai¹, YANG Feng¹, WU Yun-ying²

(1. Laboratory center of Environmental Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Department of Chemistry, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China)

Abstract The effects and mechanisms of biological granular activated carbon (BGAC) in treating phenol wastewater were studied. The results show that BGAC, which can efficiently treat the phenol wastewater, has higher treatment efficiency than activated sludge and granular activated carbon (GAC). The averaged removal efficiency of phenol wastewater of 75 mg/L by BGAC, activated sludge and GAC were, respectively, 98%, 60% and 90%. Analyses of pH of phenol effluent and dissolved oxygen (DO) in the reactor show that the treatment of phenol by BGAC mainly depends on biodegradation and the adsorption of activated carbon.

Key words biological granular activated carbon; phenol; activated sludge; granular activated carbon; wastewater treatment

苯酚是焦化、造纸和石油等工业废水中的主要污染物,也是生物降解多种有机物的一种中间代谢物。苯酚及其衍生物向土壤、水体的排放和积累导致了生态环境的日趋恶化。目前,苯酚废水的常规处理方法主要有萃取法、吸附法、化学氧化法、生物法等^[1-5]。其中,生物类方法处理苯酚废水比较经济,是目前应用最广的苯酚废水处理技术。

本实验采用 BGAC 对合成苯酚废水进行处理,在利用活性炭吸附苯酚的同时,可借助微生物的降解作用,将苯酚进一步氧化分解为 CO₂ 和 H₂O,从而使吸附饱和的活性炭恢复吸附能力,达到对苯酚的高效稳定处理。

1 材料与方法

1.1 实验仪器

SAGA-10 超纯水器、SKF-6A 超声清洗仪、JB-12 数显恒温磁力搅拌机、Waters 高效液相色谱(HPLC)、150A 国华生化培养箱、Nikon E600 光学显微镜、JENCO model 6010 pH 计、BTOOM 1515Z 蠕动泵等。

1.2 材料

实验溶液 配制 1 000 mg/L 的合成苯酚废水储备液和营养液(28.03 mg/L 尿素和 19.22 mg/L 磷酸氢二钾)。生物源 南京江宁污水处理厂氧化沟活性污泥。载体 煤质破碎炭(黑色颗粒,粒径 1.2 ~ 1.5 mm,比表面积为 900 ~ 1 200 m²/g,孔容积大于

0.85 cm³/g)用蒸馏水煮沸 20 min 后,105℃干燥 24 h。

1.3 污泥驯化及 BGAC 制备

取 250 mL 活性污泥(SV₃₀ = 40%)投加 50 mg/L 苯酚溶液和营养液,于恒温培养箱中 20℃ 驯化培养,并及时补充无菌水。刚开始投加苯酚 0.6 mL,隔天投加 1 次,每次均递增 0.2 mL。营养液 1.0 mL,每天投加 1 次,投加量每次均递增 0.2 mL,并及时补充无菌水。

培养驯化 60 d 后,将驯化污泥稀释至 600 mL,并取 350 mL 污泥上清液和 35g 煤质破碎炭,放入 1000 mL 烧杯中,用磁力搅拌机进行搅拌 30 min (500 r/min,20℃),确保活性炭与微生物的充分混合,搅拌后静置以备用。实验过程中,同时对驯化后的污泥上清液及其与活性炭的混合液进行平板稀释,并对两者菌落计数,以确认活性炭上生物膜的形成。

1.4 苯酚浓度检测方法

苯酚浓度采用 Waters 2487 高效液相色谱仪检测, Waters 2487 紫外检测器、1525 泵、色谱柱: LichrospherC18 (250 mm,5 μm),流动相: 甲醇/超纯水为 80/20,检测波长 270 nm,流速: 1.0 mL/min,柱温: 30℃。

1.5 苯酚废水连续处理实验方法

在 3 组相同的处理柱中(如图 1 所示,处理柱高 1 m,内径 0.026 m 的有机玻璃柱),分别加入 BGAC (含碳量为 35 g),活性污泥 350 mL,GAC 为 35 g。取配制的合成苯酚废水储备液稀释至 75 mg/L,用蠕动泵以 4.0 mL/min 的流量连续进水,经反应器处理后流出。实验温度控制在 25 ~ 30℃,进水 pH 值为 6.45,曝气量为 0.1 L/min 左右。

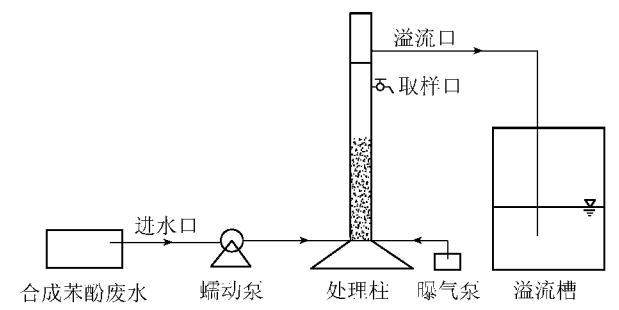


图 1 反应装置

2 结果与讨论

2.1 活性污泥法微生物驯化结果

污泥驯化过程中共加入 50 mg/L 的苯酚废水 67.40 mL,苯酚含量为 3.37 mg。按 1.3 节所述方法驯化 60 d 后,测定活性污泥中的苯酚含量为 1.74 mg,苯酚降解率达到 48.2%。用平板稀释法观察微生物驯化前后的生长情况。驯化前的活性污泥平板中,微生物菌落数少而零散。滴加苯酚溶液的

几个点周围,微生物生长受到苯酚废水的抑制,菌落几乎没有。驯化后的活性污泥平板中,菌落主要集中在滴加苯酚溶液的几个点周围。此时的微生物对苯酚具有一定的适应性,并以苯酚作为炭源,完成自身的生长繁殖。

2.2 苯酚废水处理效果比较

3 组平行试验研究分别采用 BGAC、活性污泥和 GAC 处理苯酚废水。处理结果如图 2 所示,3 组反应器中的苯酚废水都得到了不同程度的处理,其中 BGAC 组对苯酚废水的处理效果最好,运行期间出水质量浓度保持在 0.76 ~ 1.09 mg/L 范围内,苯酚去除率可达到 98% 以上。活性污泥组处理苯酚废水时,苯酚去除率的变化在一定范围内波动,平均去除率为 60%。GAC 组运行前期,苯酚废水的处理效果优于 BGAC 组,后期处理效果开始缓慢下降,第 7 天苯酚去除率为 80%。

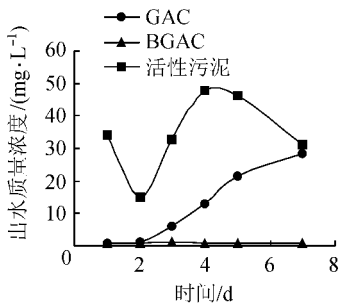


图 2 苯酚废水处理效果

实验表明 BGAC、驯化后的活性污泥和 GAC 对苯酚废水处理有差异,原因在于:GAC 对苯酚处理仅仅是物理吸附作用,处理一段时间后,有效吸附容量减小,苯酚的吸附去除率随之下降,该法运行周期较短。活性污泥具有有机物的生物降解功能,但容易受高浓度苯酚废水中毒性物质的抑制,抗冲击负荷能力差,处理效率不稳定^[6-7]。BGAC 处理苯酚废水的过程中,微生物的降解作用可以提高活性炭的吸附容量,延长活性炭的运行周期,而活性炭对苯酚的吸附作用可以减缓苯酚对微生物的抑制,从而达到对苯酚废水的高效稳定处理。

2.3 pH 值变化情况

苯酚废水初始 pH 值为 6.45,随着苯酚的去除,pH 值变化情况如图 3 所示。经过 1 d 的处理,活性污泥处理组中的 pH 值上升到 6.70,BGAC 组中上升到 7.14。可以认为在此处理阶段,这两组都表现为吸附处理苯酚。由于苯酚呈弱酸性,随着其浓度的降低,pH 值不断升高。BGAC 中由于有吸附性很强的活性炭作用,苯酚的吸附去除率相应较高,pH 值的上升速度较快。

第 2 ~ 7 天处理过程中,2 个处理组 pH 值随着

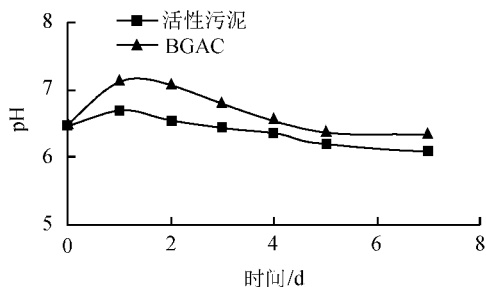


图3 pH 值随时间的变化

苯酚的去除而下降。BGAC处理中苯酚废水 pH 值下降速度较大。此处理阶段,2 组主要表现为降解去除苯酚,BGAC的降解速度较快。好氧微生物降解苯酚后的产物主要是弱酸性物质^[8](如 CO_2 、乙酸和丙酮酸),降解苯酚速度越大,产生的酸性产物越多,pH 值下降越快。

2.4 溶解氧变化情况

活性污泥和 BGAC 处理苯酚过程中,DO 变化情况如图 4 所示。反应器运行第 1 天时,BGAC 中 DO 降低迅速。原因在于:此阶段苯酚处理以活性炭吸附为主,大量苯酚占据了可吸附位点,减少有效吸附容积,BGAC 表面的微生物降解苯酚所需 DO 量较大,影响了 DO 下降。

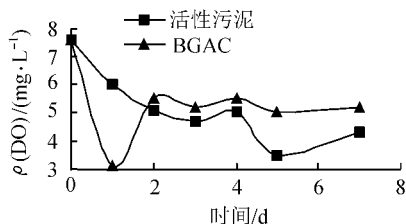


图4 溶解氧量随时间的变化

第 2 天,BGAC 中活性炭表面的微生物降解苯酚呈较稳定状态(与 pH 值变化中的分析相一致),DO 也不断上升至较稳定状态。BGAC 后期处理苯酚废水以吸附和降解作用为主,DO 保持在 5.0 mg/L 左右。苯酚(本试验中好氧微生物的唯一炭源)和 DO 为 BGAC 表面吸附的微生物提供了良好的生长环境。活性污泥处理组中,由于高浓度苯酚对活性污泥有一定的抑制作用,活性污泥降解速度较慢,DO 较低且不稳定。

3 结 论

a. 采用驯化活性污泥中的微生物制备而成的 BGAC 对苯酚废水处理效率较高。用 BGAC 处理初始质量浓度为 75 mg/L 的苯酚废水,连续运行 7 d,可以保持 95% 以上的去除率。相同处理条件下相比,GAC 的苯酚去除率为 80%,活性污泥的苯酚去除率仅为 60%。

b. 通过反应器中的 DO 和出水 pH 值的变化情

况分析,BGAC 处理苯酚主要是活性炭吸附和微生物降解交替作用,活性污泥处理苯酚主要是微生物降解作用。

c. BGAC 处理苯酚废水,处理刚开始主要是活性炭的吸附占主导作用。运行过程中,BGAC 表现为吸附与微生物降解交替功能,微生物对活性炭进行着不断的生物再生,使活性炭保持一定的有效吸附容量。

参考文献：

- [1] 张金利,李韦华,袁兵.生物流化床法处理高浓度含酚废水的研究[J]. 化学反应工程与工艺,2001,17(2):148-152.
- [2] 姚福琪.含酚废水的处理与酚的回收研究[J]. 河北化工,2002(3):42-47.
- [3] 戴猷元,杨义燕,杨天雪.络合萃取法处理含酚废水技术[J]. 化工进展,1991(6):40-46.
- [4] 陈拥军,窦和瑞,杨氏,等.催化湿式氧化法在苯酚废水预处理中的应用研究[J]. 工业水处理,2002,22(6):19-22.
- [5] 杨骏,陈诵英,彭少逸.活性炭自水溶液中吸附酚的研究 I 热力学及吸附机理[J]. 化学研究与应用,1997,9(2):155-157.
- [6] KEIDING K, NIELSEN P H. Desorption of organic macromolecules from activated sludge: effect of ionic composition [J]. Wat Research,1997,31(7):1665-1672.
- [7] WANG J L, HORAN N, STENTIFORD E, et al. Bioadsorption of pentachlorophenol (PCP) from aqueous solution by activated sludge biomass [J]. Bioresource Technology, 2000, 75:157-161.
- [8] 向述荣,林敏.苯酚的生物降解基因组成及其调控机制[J]. 微生物学杂志,2001,21(9):48-53.

(收稿日期 2007-01-10 编辑 舒 建)

