

沸石-陶粒曝气生物滤池处理微污染水源水试验

刘金香, 娄金生, 陈春宁

(南华大学 建筑工程与资源环境学院, 湖南 衡阳 421001)

摘要: 采用沸石-陶粒曝气生物滤池, 对以有机物和氨氮为主要污染物的微污染水源水进行了处理试验, 结果表明: 沸石-陶粒曝气生物滤池对微污染水的处理效果较好, 在水力停留时间为 15~60 min, 气水体积比为 1, 水温为 17~26 ℃时, COD_{Mn}, NH₃-N, UV₂₅₄ 的平均去除率分别为 32.25%, 92.57%, 9.73%。气水比、进水有机物负荷对沸石-陶粒曝气生物滤池的运行效果有一定的影响。

关键词: 沸石; 陶粒; 曝气生物滤池; 微污染; 水源水; 给水处理

中图分类号: TU991.2 文献标识码: A 文章编号: 1009-2455(2005)04-0010-03

Test of treatment of slightly polluted source water by zeolite-ceramics biological aerated filter

LIU Jin-xiang, LOU Jin-sheng, CHEN Chun-ning

(School of Architectural Engineering, Resources and Environment, Nanhua University, Hengyang 421001, China)

Abstract: Zeolite-Ceramics biological aerated filter was used in the test of treatment of slightly polluted source water which mainly polluted by organic matters and ammonia nitrogen. The results show that: zeolite-ceramics biological aerated filter has a good effect on slightly polluted water treatment, when the hydraulic retention time is 15 - 60 min, the gas/water ratio is 1, the water temperature is 17 - 26 ℃, the average removal rate of COD_{Mn}, NH₃-N, UV₂₅₄ are 32.25%, 92.57% and 9.73% respectively. The gas/water ratio and the organic loading of the influent water affect the running effect of biological aerated filter to some extent.

Keywords: zeolite; ceramics; biological aerated filter; slightly pollution; source water; feed water treatment

沸石是一种天然的多孔硅铝酸盐矿物质, 具有良好的吸附和离子交换性能^[1], 对极性分子和细菌有富集作用, 生物沸石反应器的运行结果表明, 沸石上生长的硝化细菌能将吸附在沸石上的氨氮转化为硝态氮, 实现了动态生物再生, 因而生物沸石能够始终保持较高的氨氮去除率, 并能适应冲击负荷^[2-3]。陶粒曝气生物滤池处理微污染水, 具有挂膜快, 处理效率高, 耐低温, 耐冲耐磨等诸多特点^[4-5]。本试验采用沸石、陶粒双层填料曝气生物滤池(BAF)对微污染水的处理进行了研究。

1 试验装置与方法

试验装置如图 1 所示。曝气生物滤池采用直径 100 mm, 高 1.8 m 的有机玻璃柱, 底部设有曝

气管和反冲洗管, 滤池采用下向流运行方式, 填料层高 660 mm, 上层采用粒径为 2~3 mm 的天然斜发沸石, 下层采用粒径为 3~5 mm 的球形陶粒,

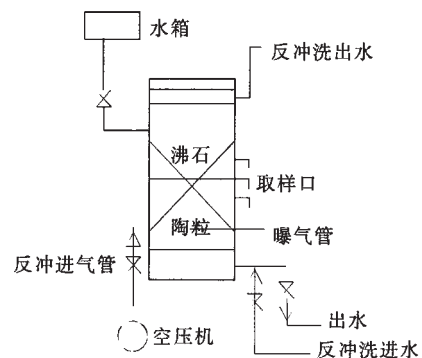


图 1 曝气生物滤池装置

收稿日期: 2004-10-28; 修回日期: 2005-04-20

基金项目: 湖南省教育厅科研资助项目(4-02-Jy-02C382)

装填高度均为 330 mm, 垫层高度为 400 mm。

采用气水联合反冲洗, 先用气冲 3 ~ 5 min, 冲洗强度为 15 L/(s·m²), 再用水冲 5 min, 冲洗强度为 10 L/(s·m²)。冲洗周期与原水浊度有关, 一般为 10 ~ 15 d。水力停留时间为 30 min, 气水体积比为 1。

2 原水水质

原水取自长期接纳两岸生活污水的衡阳市蒸水河, 试验期间的水源水质见表 1。

表 1 试验期间的主要水质参数

$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{氨氮})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	浊度/NTU
6.12 ~ 10.85	2.26 ~ 5.22	7.36 ~ 20.28
pH值	色度/度	水温/°C
6.47 ~ 7.78	21 ~ 28	17.1 ~ 26.3

3 试验结果与讨论

3.1 生物膜的培养

采用接种挂膜。生物膜培养期间氨氮的去除情况见图 2(从第 8 d 开始测试数据)。在生物膜培养初期, 颗粒表面生物膜还没有形成, 由于沸石对氨氮具有离子交换和吸附作用, 氨氮的去除率可达 93%。在运行至 19 d 时, 沸石的吸附容量接近饱和, 硝化菌的硝化作用还较弱, 氨氮的去除率开始突然下降。随着时间的延长, 硝化菌数量逐渐增加, 硝化作用逐渐增强, 到 26 d 左右, 硝化菌的数量基本趋于稳定, 氨氮的去除率稳定在 88% 以上。而异氧菌生物膜成熟较快, 在 15 d 左右, COD_{Mn} 的去除率稳定在 20% ~ 30%。

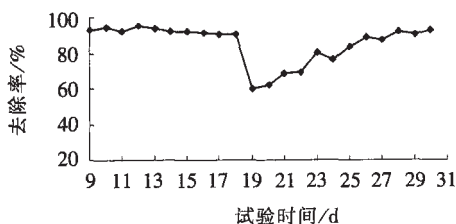


图 2 挂膜期间氨氮的去除率

3.2 水力停留时间对去除效果的影响

滤池稳定运行后, 沸石吸附氨氮的容量基本饱和, 吸附作用小, 对 COD_{Mn} 、氨氮的去除以生物作用为主。在水力停留时间为 15 ~ 60 min, 气水比为 1 时, 曝气生物滤池对 COD_{Mn} 的去除率最高可达到 50%, 平均为 32.25%; 对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率最高可达 97.8%, 平均为 92.57%, 且出水 $\text{NH}_3\text{-N}$

的质量浓度均低于 0.3mg/L; 对 UV_{254} 的去除有限, 其去除率为 2% ~ 21%, 平均为 9.73%; 对浊度的平均去除率为 70.52%。

水力停留时间是影响处理效果的一个重要因素。停留时间越长, 原水中污染物与微生物膜的接触越充分, 越有利于污染物的氧化。但停留时间过长, 水力负荷小, 工程设施规模和投资费用会随之增大。3 种水力停留时间对 COD_{Mn} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果见图 3、图 4。停留时间分别为 15, 30, 60 min 时, COD_{Mn} 的平均去除率分别为 27.4%, 32.7%, 33.6%, 氨氮的平均去除率分别为 91.3%, 95.2%, 93.8%。停留时间为 30 ~ 60 min 时, 对 COD_{Mn} 、氨氮的去除率影响不大; 而停留时间为 15 ~ 30 min 时, 影响明显, 停留时间越长, COD_{Mn} 、氨氮的去除率越高。

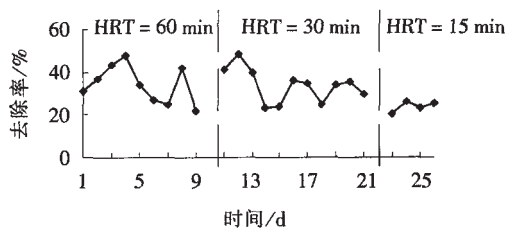


图 3 水力停留时间对 COD_{Mn} 去除效果的影响

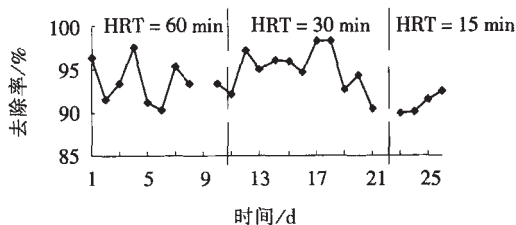


图 4 水力停留时间对氨氮去除效果的影响

3.3 气水比对去除效果的影响

气水比对去除效果的影响见图 5。当气水比为 0.5 时, 出水中溶解氧的质量浓度为 2 ~ 3 mg/L, COD_{Mn} 的平均去除率为 26.34%, 氨氮的平均去除率为 78.15%; 当气水比增大为 1 时, 出水中 DO

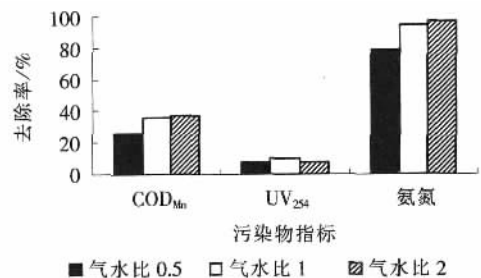


图 5 气水比与污染物去除率的关系

的质量浓度为 5 ~ 7 mg/L, COD_{Mn} 的平均去除率上升为 36.31%, 氨氮的去除率上升为 94.4%, 而气水比增大为 2 时, COD_{Mn}、氨氮的去除率没有明显增加。试验表明生化池所需的气水比小, 池内氧的传递效果好。经综合考虑, 气水比取 1。

3.4 冲击负荷对去除效果的影响

氨氮的质量浓度变化对氨氮去除效果的影响见表 2。沸石-陶粒 BAF 对氨氮的冲击负荷有很好的适应能力。当氨氮的质量浓度在 2 ~ 23 mg/L 之间变化时, 氨氮的去除率大多数稳定在 95% 以上。

表 2 氨氮质量浓度变化对氨氮去除效果的影响

进水 ρ (氨氮)/ (mg·L ⁻¹)	氨氮去除率/ %	进水 ρ (氨氮)/ (mg·L ⁻¹)	氨氮去除率/ %
2 ~ 4	92.17	11 ~ 14	96.06
4 ~ 6	94.08	14 ~ 17	95.85
6 ~ 8	95.17	17 ~ 20	98.35
8 ~ 11	97.55	20 ~ 23	98.41

有机物的质量浓度变化对有机物和氨氮去除效果的影响见表 3。随着有机物的增加, COD_{Mn} 的去除率稍有增加, 但对氨氮的去除率影响较大, 在 COD_{Mn} 的质量浓度低于 12 mg/L 时, 氨氮的去除率超过 90%, 当 COD_{Mn} 的质量浓度达到 14 ~ 17 mg/L 时, 氨氮的去除率降为 47.65%。有机物增加时, 水中营养物充足, 世代周期短的异养菌迅速繁殖, 大量消耗水中的溶解氧, 造成硝化菌缺氧, 抑制了硝化菌的繁殖, 其硝化能力大大降低。虽然沸石对氨氮具有很强的吸附和离子交换能力, 但是由于有机物冲击负荷试验紧跟在氨氮的冲击负荷试验后, 吸附氨氮的沸石还没有及时得到生物再生, 沸石的吸附容量趋于饱和。因此当有机物的质量浓度增大到一定程度时, 硝化作用和离子交换作用开始减弱, 氨氮去除率开始明显下降。

表 3 有机物的质量浓度变化对去除效果的影响

ρ (COD _{Mn})/(mg·L ⁻¹)	COD _{Mn} 去除率/%	氨氮去除率/%
6 ~ 8	24.57	93.29
8 ~ 10	26.19	94.03
10 ~ 12	29.66	89.14
12 ~ 14	34.47	69.31
14 ~ 17	34.83	47.65

4 沸石-陶粒BAF与陶粒BAF的处理效果比较

对沸石-陶粒 BAF 与陶粒 BAF 进行了试验对

比, 在水力停留时间为 30 min, 气水比为 1 时, 2 种 BAF 对主要污染物的去除结果见表 4。沸石-陶粒 BAF 对污染物的去除效果优于陶粒 BAF, 且沸石价格便宜, 国内分布广, 储量丰富, 无毒副作用, 因此沸石-陶粒 BAF 技术更具有发展前景。

表 4 沸石-陶粒 BAF 与陶粒 BAF 的处理效果对比

污染物名称	去除率/%	
	沸石-陶粒 BAF	陶粒 BAF
COD _{Mn}	31.26	28.57
氨氮	92.34	90.41
UV ₂₅₄	9.61	8.63
浊度	70.40	52.84

5 结论

① 沸石-陶粒 BAF 对微污染水的处理效果较好, 在停留时间为 30 min, 气水比为 1 时, 对 COD_{Mn}, UV₂₅₄, NH₃-N, 浊度的平均去除率为 32.25%, 9.73%, 92.57%, 70.52%。

② 沸石-陶粒 BAF 抗冲击负荷的能力强。氨氮的质量浓度在 2 ~ 23 mg/L 时, 氨氮的去除率大多数稳定在 95% 以上。

③ 水力停留时间在 30 ~ 60 min 时, 对去除效果影响不大; 水力停留时间在 15 ~ 30 min 时, COD_{Mn}、氨氮的去除率随停留时间的延长而提高。

④ 气水比对 COD_{Mn}、氨氮的去除有一定的影响, 所需气水比小。

参考文献:

- [1] Rozic M, Cerjan-Stefanovic S, Kurajica S, *et al.* Ammoniacal nitrogen removal from water by treatment with clays and zeolites [J]. *Water Research*, 2000, 34(14): 3675-3681.
- [2] Lahav O, Green M. Ammonium removal using ion exchange and biological regeneration [J]. *Water Research*, 1998, 32(7): 2019-2028.
- [3] Tsuno H, Nishimura F, Somiya I. Removal of ammonium nitrogen in bio-zeolite reactor [J]. *Doboku gakkai Bombu Hokokushu*, 1994, 5(3): 159-166.
- [4] 桑军强, 王占生. 低温条件下生物陶粒反应器运行特性研究 [J]. *环境科学*, 2003, 24(2): 112-115.
- [5] 江萍, 胡九成. 国产轻质球型陶粒用于曝气生物滤池的研究 [J]. *环境科学学报*, 2002, 22(4): 459-464.

作者简介: 刘金香(1972-), 女, 湖南常德人, 讲师, 硕士, (电话)0734-6125725 (电子信箱)ljx72021@nhu.edu.cn。