

# 沸石曝气生物滤池预处理微污染源水

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:** 考察了沸石曝气生物滤池(ZBAF)处理微污染源水的效果及其影响因素,结果表明,在停留时间为15~60 min、气水比为1:1、水温为17~26 ℃的条件下,处理COD<sub>Mn</sub>为6.1~10.8 mg/L、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N为2.3~5.2 mg/L的微污染源水时,对COD<sub>Mn</sub>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、UV<sub>254</sub>、浊度的平均去除率分别为31.2%、94.8%、9.3%和67.1%,且抗冲击负荷能力强。

**关键词:** 沸石曝气生物滤池; 预处理; 微污染源水; 水力停留时间

中图分类号: TU991.2 文献标识码: C 文章编号: 1000-4602(2005)06-0038-03

## Zeolite Biological Aerated Filter for Treatment of Micro-polluted Source Water

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

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

**Abstract:** Zeolite biological aerated filter (ZBAF) was used for treatment of micro-polluted source water, and its treatment effect and affecting factors were investigated. The result shows that under the conditions of HRT 15-60 min, air-water ratio 1:1, and water temperature 17-26 ℃, as well as the influent COD<sub>Mn</sub> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N being 6.1-10.8 mg/L and 2.3-5.2 mg/L respectively, the removal rate of COD<sub>Mn</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, UV<sub>254</sub>, and turbidity is averaged at 31.2%, 94.8%, 9.3% and 67.1% respectively, with high resistance to shock loading.

**Key words:** zeolite biological aerated filter; pretreatment; micro-polluted source water; HRT

### 1 试验装置与方法

#### 1.1 原水水质

原水取自长期接纳两岸生活污水的蒸水河,试验期间的水质见表1。

表1 原水水质

Tab.1 Raw water quality

项目	COD <sub>Mn</sub> / (mg·L <sup>-1</sup> )	氨氮/ (mg·L <sup>-1</sup> )	Mn/ (mg·L <sup>-1</sup> )	浊度/ NTU	pH	色度/ 倍	水温/ ℃
数值	6.1~ 10.8	2.3~ 5.2	0.1~ 0.5	7.4~ 20.3	6.5~ 7.8	20.6~ 28.2	17.1~ 26.3

#### 1.2 试验装置

试验装置如图1所示。

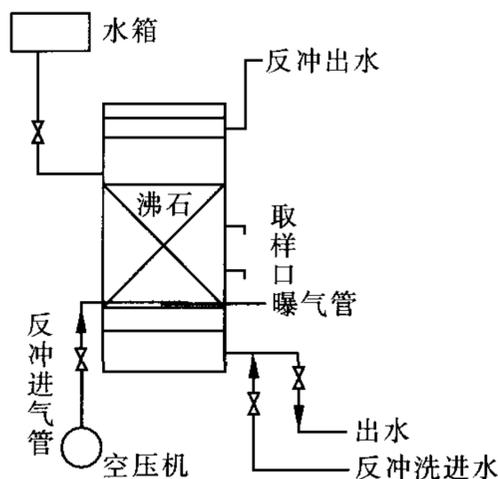


图1 试验装置

Fig.1 Schematic diagram of experimental setup

沸石曝气生物滤池(ZBAF)采用直径为100 mm、高为1.8 m的有机玻璃柱制成,填料采用浙江某地的天然斜发沸石,其外观呈红褐色,粒径为3~5 mm,相对密度为2.2,孔隙率为0.23 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>。沸石装填高度为660 mm,ZBAF底部设有曝气管和反冲洗管,以下向流方式运行,采用气水联合反冲洗,其中气冲强度为15 L/(m<sup>2</sup>·s),水冲强度为10 L/(m<sup>2</sup>·s)。

试验中通过改变水力停留时间、气水比、进水氨氮浓度等,考察了ZBAF的除污效果及其影响因素。

## 2 结果与讨论

### 2.1 生物膜的培养

采用原水接种挂膜法,在取水点附近取一定量的河流底泥,经适当稀释后加入ZBAF中,同时加入一定量的营养物,闷曝24 h后换水并重新投加营养物,再闷曝3 d后改成小流量进水,待出水清澈后逐渐减少停留时间。ZBAF运行15 d后对COD<sub>Mn</sub>的去除率稳定在20%~40%,可认为挂膜成功。

### 2.2 对污染物的去除效果

ZBAF对氨氮、COD<sub>Mn</sub>、UV<sub>254</sub>的去除效果见图2。

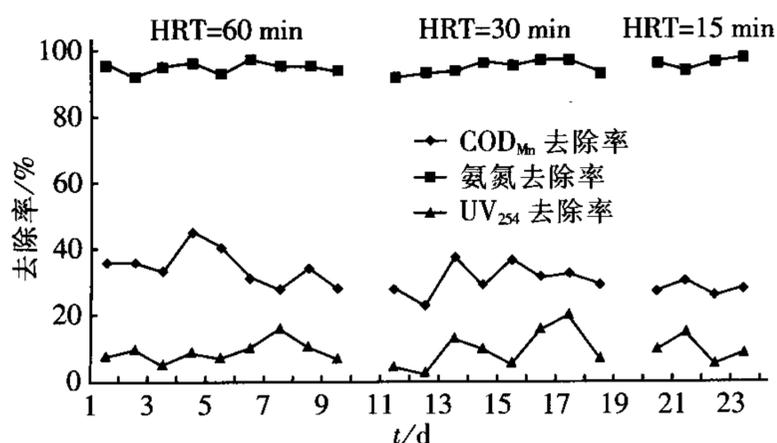


图2 ZBAF对主要污染物的去除效果

Fig.2 Removal performance of pollutants by ZBAF

由图2可知,尽管原水氨氮浓度波动范围较大,但出水氨氮<0.3 mg/L,对其去除率为88.4%~97.82%(平均为94.8%)。生物沸石对氨氮的去除较为迅速,在水力停留时间为15 min时对氨氮的去除率就已达93%左右;延长水力停留时间至30 min和60 min时,氨氮去除率没有明显增加。

ZBAF对氨氮去除效果良好,这是生物硝化、吸附、离子交换等共同作用的结果。在启动初期,沸石对氨氮的去除完全靠沸石的吸附和离子交换作用,当生物膜成熟后对氨氮的去除则以硝化为主。ZBAF中存在着氨氮吸附和生物解析过程,被沸石

吸附的氨氮在硝化细菌的作用下转化为硝态氮,对沸石填料起到了生物再生作用<sup>[1]</sup>,使得沸石因表面吸附位被腾空而重新具备吸附氨氮的能力,因此ZBAF能始终保持很高的氨氮去除率。

ZBAF对COD<sub>Mn</sub>的去除率为22.43%~50%(平均为31.2%),水力停留时间对COD<sub>Mn</sub>的去除效果影响不大,如水力停留时间为30 min和60 min时的COD<sub>Mn</sub>去除率基本一样,当水力停留时间为15 min时对COD<sub>Mn</sub>的去除率虽有所减少,但仍可保持在20%以上。考虑经济因素,停留时间取15~30 min为宜。

ZBAF对COD<sub>Mn</sub>的去除效果较好,但对UV<sub>254</sub>的去除能力有限,对其去除率为1.68%~19.83%(平均为9.32%)。

此外,ZBAF对浊度、锰、色度等也有较好的去除效果,对其平均去除率分别为67.1%、90.3%、78.2%。

### 2.3 冲击负荷对除污效果的影响

向ZBAF进水中加入氯化铵并在气水比为1:1、水力停留时间为30 min的条件下进行试验,以考察氨氮浓度对氨氮去除效果的影响,结果见表2。

表2 氨氮浓度对其去除效果的影响

Tab.2 Effect of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N concentration on its removal efficiency

氨氮/(mg·L <sup>-1</sup> )	2~4	4~6	6~8	8~11	11~14	14~17	17~20	20~23
去除率/%	92.17	94.08	95.17	97.55	96.06	95.85	98.35	98.41

由表2可知,当氨氮浓度由2 mg/L逐渐增至23 mg/L时,氨氮去除率大部分在94%以上。

改变进水有机物浓度的试验结果显示,当进水COD<sub>Mn</sub>浓度由6 mg/L逐渐增至17 mg/L时,ZBAF对NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N的去除率均在90%以上,即ZBAF具有较强的抗冲击负荷能力。

为了更好地了解ZBAF耐冲击负荷的特性,将ZBAF与沸石—陶粒(两者的装填高度相同)曝气生物滤池(ZCBAF)和陶粒BAF(CBAF)进行了相同条件下的处理效果对比,发现CBAF对氨氮的去除效果受进水有机物浓度的影响最大,当COD<sub>Mn</sub>浓度增至14~17 mg/L时,其对氨氮的去除率仅为20%。这表明硝化菌与异养菌在生存空间和溶解氧的竞争中处于劣势<sup>[2]</sup>。ZCBAF对氨氮的去除效果受进水有机物浓度的影响次之,而ZBAF受进水有机物浓

度的影响最小,这是由于沸石表面形成生物膜后仍有吸附和离子交换  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的能力所致<sup>[3]</sup>。

#### 2.4 气水比对除污效果的影响

气水比对除污效果的影响见表3。

表3 气水比对除污效果的影响

Tab.3 Removal performance of pollutants at changes in air/water ratio

项目	数值		
	0.5	1	2
气水比	0.5	1	2
$\text{COD}_{\text{Mn}}$ 去除率/%	28.24	31.2	32.59
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除率/%	90.55	93.22	91.33

由表3可知,就  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  去除而言,随着气水比的增加则对  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的去除率也增加,而提高气水比对去除氨氮效果的改善作用不明显。

#### 2.5 与其他填料 BAF 的除污效果对比

将 ZBAF 与 ZCBAF、CBAF 进行了相同条件下的除污效果对比,在水力停留时间为 30 min、气水比为 1 时各 BAF 对主要污染物的去除结果见表4。

表4 不同 BAF 的除污效率对比

Tab.4 Comparison of different BAFs for pollutant removal efficiency %

项目	$\text{COD}_{\text{Mn}}$	氨氮	Mn	$\text{UV}_{254}$	浊度	色度
ZBAF	30.83	94.39	90.36	9.97	66.43	77.95
ZCBAF	31.26	92.34	92.43	9.61	70.40	78.62
CBAF	28.57	90.41	91.74	8.63	52.84	71.56

由表4可知,三种 BAF 的除污效果相近。虽然文献[3]报道了不规则沸石在反洗中易磨损,但是通过选择合适的粒径并确定合理的反冲参数,可使

沸石的使用寿命大为延长,因此 ZBAF 技术有广阔的应用前景。

#### 3 结论

① 采用以天然斜发沸石为填料的 BAF 处理微污染源水时效果良好,在气水比为 1、水力停留时间为 15 ~ 60 min 时,对  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 、 $\text{UV}_{254}$ 、浊度、锰的平均去除率分别为 94.8%、31.2%、9.32%、67.1%、90.3%。

② 由于硝化菌对沸石的生物再生作用,使得 ZBAF 能始终保持较高的氨氮去除率,且抗冲击负荷能力强、所需气水比小。

#### 参考文献:

- [1] Lahav O, Green M. Ammonium removal using ion exchange and biological regeneration[J]. Wat Res, 1998, 32(7): 2019 - 2028.
- [2] Gil more K. Influence of organic and ammonia loading nitrifier activity and nitrification performance for a two-stage biological aerated filter system[J]. Wat Sci Tech, 1999, 39(7): 227 - 234.
- [3] 田文华,文湘华,钱易. 沸石滤料曝气生物滤池启动性能研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 1991, 12(3): 38 - 40.

电话:(0734)6125725

E-mail:ljx72021@nhu.edu.cn

收稿日期:2005-01-05

#### · 工程信息 ·

### 河南新乡小尚庄污水处理厂工程

该工程处理规模为  $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,投资额约为 1.6 亿元,处理工艺为  $\text{A}^2/\text{O}$ ,所需设备为离心鼓风机等,目前正处于工程设计、资金落实阶段,建设单位为新乡市建委,设计单位为新乡市市政设计研究院。

### 深圳燕罗污水处理厂工程

该工程一期处理规模为  $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,二期规模为  $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,占地面积为  $18 \text{ hm}^2$ ,投资额为 2.25 亿元,处理工艺为 UCT,建设周期为 2005 年—2007 年,目前正在报批可研,建设单位为深圳市宝安区环保局,设计单位为深圳市中联水工业技术有限公司。

(本刊编辑部)