

# 不同填料曝气生物滤池启动挂膜试验研究

孙兴滨<sup>1,2</sup> 孙永锋<sup>1</sup> 崔福义<sup>2</sup> 赵志伟<sup>2</sup>

(1 东北林业大学环境科学, 哈尔滨 150000; 2 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 哈尔滨 150090)

**摘要** 不同填料曝气生物滤池在相同条件下进行挂膜试验。进水流向为上流式, 挂膜方式为复合接种挂膜, 即先用活性污泥闷曝接种, 然后逐步提高进水流速, 直到滤料表面形成稳定的生物膜。结果表明: 33 d 后挂膜成功, 在温度为 16~24 °C, 水力停留时间(HRT)为 1 h, DO 为 6 mg/L 的情况下, 陶粒 BAF 对 COD<sub>Mn</sub> 和 NH<sub>3</sub>—N 的去除率分别为 23% 和 80%; 沸石 BAF 的去除率分别为 27% 和 84%; 组合填料 BAF 去除效果最好, 去除率分别为 32% 和 92%。

**关键词** 曝气生物滤池 挂膜 陶粒填料 沸石填料 组合填料

## Experimental study on start-up of biological aerated filter (BAF) with different fillers

Sun Xingbin<sup>1,2</sup>, Sun Yongfeng<sup>1</sup>, Cui Fuyi<sup>2</sup>, Zhao Zhiwei<sup>2</sup>

(1. Department of Environmental Science, Northeast Forestry University, Harbin 150000, China;

2. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

**Abstract:** The start-up of biological aerated filter (BAF) was compared by different fillers. Flow direction is upflow. The filter was filled with activated sludge, and oxygen was supplied by the air compressor, and the primary clarifier effluent and the secondary clarifier effluent of a wastewater treatment plant were fed to the different biological aerated filters, with incremental flow rate of feed water, until the media of biological aerated filters were covered with stable biofilm. The results showed that the start-up of biological aerated filter was successful after 33 days. In the conditions of the temperature was 16~24 °C, HRT was 1 h and DO was 6 mg/L, the removal rates of COD<sub>Mn</sub> and NH<sub>3</sub>—N in ceramisite BAF was 23% and 80% respectively, and its in zeolite BAF was 27% and 84% respectively. The effects of combined packing BAF was the best, and the removal rates of COD<sub>Mn</sub> and NH<sub>3</sub>—N could reached 32% and 92% respectively.

**Keywords:** Biological Aerated Filter (BAF); Different fillers; Start-up; Ceramisite; Zeolite

曝气生物滤池(Biological Aerated Filter, BAF)综合了过滤、吸附和生物代谢等多种净化作用, 使其具有占地小、出水质量好、流程简单、对环境影响小等诸多优点<sup>[1]</sup>。在美国和日本, 90 年代初已有 50 多座 BAF 处理设施投入了运行。在国内, BAF 在处理

给水方面的应用正成为研究的热点<sup>[2,3]</sup>。

填料是曝气生物滤池的核心部分, 其表面结构、物理和化学特性将对生物膜的附着生长起着至关重要的作用<sup>[4~6]</sup>。目前, 国内外研究人员对单一填料曝气生物滤池研究得比较多, 而对组合填料形式的曝气生物滤池研究较少。本文将采用陶粒、沸石、沸石-生化棉组合形式的填料载体进行微生物挂膜启动分析, 探讨不同填料在挂膜启动阶段的除污特性。

中国博士后基金特别资助项目(200902408); 中国博士后基金资助项目(20070420882); 黑龙江省博士后基金资助项目(LBH-Z06115); 环保公益性行业科研专项经费(200909055)。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验装置与材料

曝气生物滤池反应器采用有机玻璃加工成柱状结构,壁厚 5 mm。内直径 30 mm,高 1 500 mm。三个滤柱并联运行,1#柱填料为 6 mm 左右的陶粒填料,厚度 600 mm,每隔 200 mm 设一取样口。承托层厚度 100 mm,粒径 6~8 mm,由下到上依次递减。2#柱为沸石填料,3#柱为双层滤柱,上下两层中间用多孔滤板隔开,上层为沸石填料 2~3 mm,填料高度 300 mm,其中底部有 100 mm 卵石承托层;下层为悬浮填料,上下层之间有 100 mm 水垫层。试验装置见图 1。

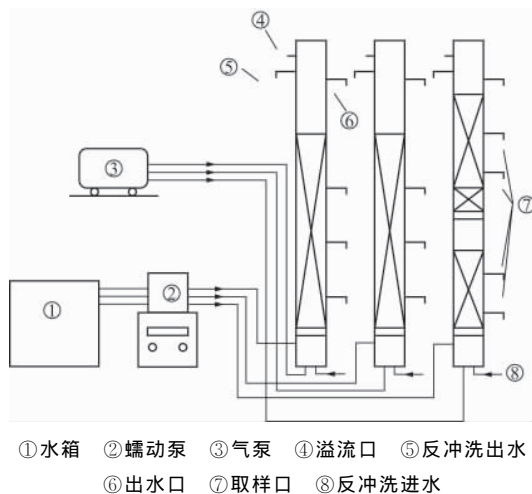


图 1 试验装置

### 1.2 测定项目及方法

氨氮的测定采用纳氏试剂分光光度法;高锰酸盐指数采用酸性法测定。

### 1.3 启动过程

试验采用受污地表水体进行复合式接种挂膜。进水水流方向采用上流式,先将活性污泥注满试验装置,然后进行闷曝。连续闷曝 6 d(每 3 d 换一次)后改为小流量进水,并逐渐加大进水流量至设计流量。在温度为 16~24 ℃,水力停留时间(HRT)为 1 h,DO 为 6 mg/L 的情况下,使微生物逐渐适应进水水质。在整个挂膜期间,每天对高锰酸盐指数、氨氮等指标进行测定。试验用水水质见表 1。

表 1 试验用水水质

指标	NH <sub>3</sub> -N /mg/L	COD <sub>Mn</sub> /mg/L	pH	水温/℃	UV <sub>254</sub> /cm <sup>-1</sup>
数值	12~13	14~15	6.5~7.5	20~27 ℃	0.335~0.463

## 2 结果与讨论

### 2.1 高锰酸盐的去除效果

由图 2 可知,曝气生物滤池在启动 5 d 后 1#滤柱出水高锰酸盐质量浓度为 12.18 mg/L,高锰酸盐指数去除率很低,此时微生物处于生长期,生物量少,对高锰酸盐的去处作用弱,主要由陶粒层颗粒间的机械截留作用去除。

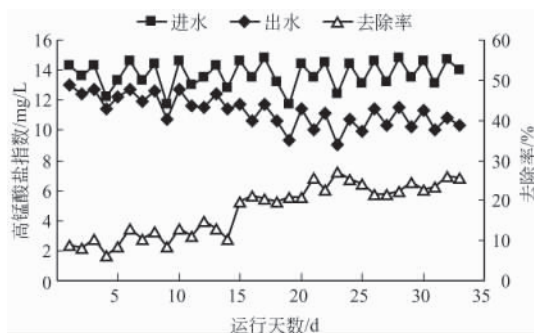


图 2 启动挂膜阶段陶粒 BAF 对 COD<sub>Mn</sub> 的去除效果

图 3 和图 4 可见,2#、3#出水高锰酸盐质量浓度分别降到 11.57 mg/L、10.48 mg/L,说明这阶段沸石填料上生物膜还没成熟,去除作用主要是沸石的吸附作用。但这种吸附是有限的,有研究表明,沸石只能去除天然水体的大分子有机物,对小分子的有机物吸附效果很差<sup>[7]</sup>。3#去除率比 2#高,主要因为除了上层沸石填料的吸附作用,下层的悬浮填料也具有一定的截留作用。

第 15 天,高锰酸盐去除率分别达到 17.5%、22%、26%,表明异养菌大量生长,对有机物起到一定的降解作用。第 33 天去除率分别达到 22.3%、27%、32%,说明填料上的异养菌数量达到最高数量并稳定,微生物膜生长成熟,生物膜对高锰酸盐的去除除了降解之外,生物膜上的微生物絮体还减少了填料之间的空隙,对水中的有机物起到一定的吸附、过滤作用。

由于填料载体的不同理化性能,在挂膜期间对高锰酸盐的去除效率是不一样的,组合填料 BAF 的去除效果最好,下层生化棉层在有机物的去除上占有很大比重,这与大量异养微生物在生化棉层的富集有关。

### 2.2 氨氮去除效果

由图 5 可知,1#运行到第 13 天去除率为 12.3%,进、出水氨氮质量浓度很接近,因为这几天是碳化异

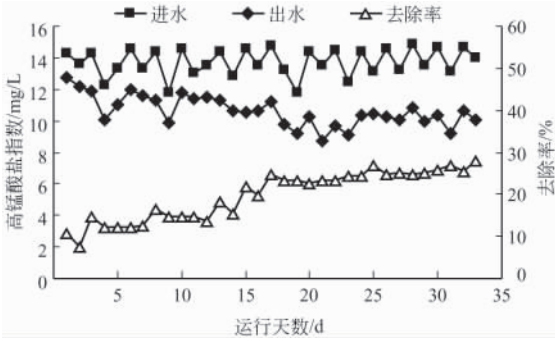


图3 启动挂膜阶段沸石 BAF 对  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的去除效果

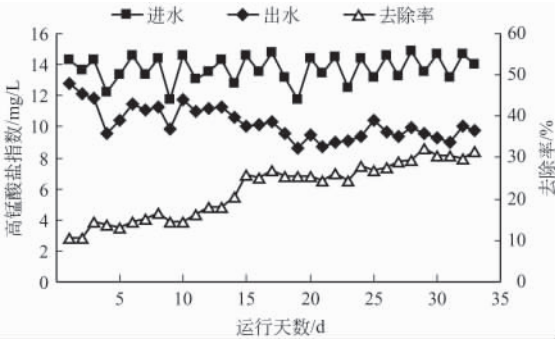


图4 启动挂膜阶段组合填料 BAF 对  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的去除效果

养菌占优势而硝化细菌是在填料上附着与适应的阶段,碳化异养菌对自养硝化菌的生长、繁殖产生抑制作用,所以生物滤池主要是碳化异养菌的培养阶段,尚未发挥硝化功能,而且氨氮仅有的一点去除率,是来自异养菌同化作用消耗氨氮的结果。第15天去除率为17.7%,之后氨氮的去除率呈现上升趋势,说明填料表面已经附着生长了一定的硝化细菌。第33天去除率为82%,说明生物膜有大量的硝化细菌,生物膜已成熟。

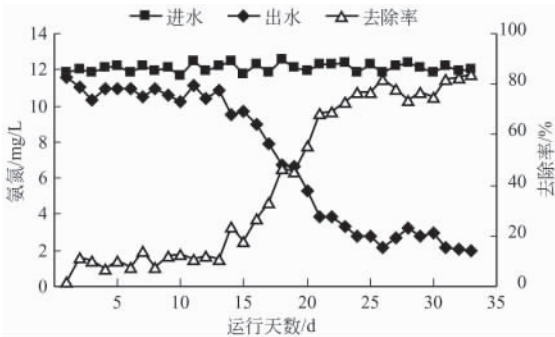


图5 启动挂膜阶段陶粒 BAF 对  $\text{NH}_3\text{-N}$  的去除效果

图6和图7显示2#、3#反应器启动期间对氨氮的去除效果,进水氨氮平均浓度为12.2 mg/L时,第2天出水氨氮值分别为8.7 mg/L、8.2 mg/L,去

除率分别为28.7%、33.1%,第16天突然下降,随后去除率又呈现上升趋势,第33天出水值分别为1.4 mg/L和0.9 mg/L,去除率达最高值。由于沸石对氨氮具有离子交换和吸附作用,因此其启动过程中对氨氮的去除不同于陶粒 BAF。

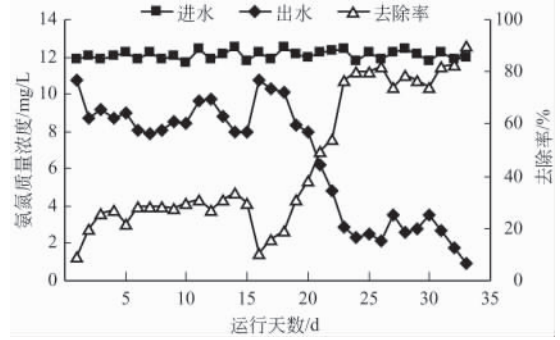


图6 启动挂膜阶段沸石 BAF 对  $\text{NH}_3\text{-N}$  的去除效果

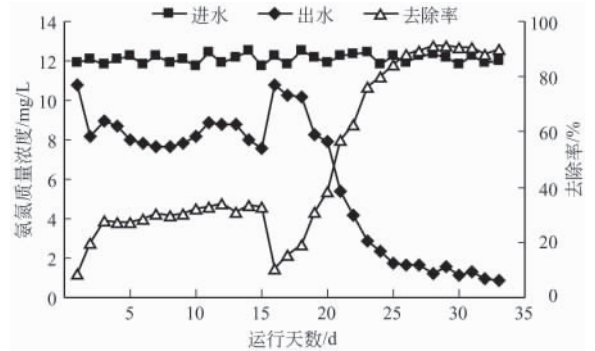


图7 启动挂膜阶段组合填料 BAF 对  $\text{NH}_3\text{-N}$  的去除效果

在启动初期,沸石表面并未形成硝化生物膜,沸石对氨氮的高去除率主要是由于离子交换作用造成的,第16天,离子交换氨氮的能力基本达到饱和,氨氮去除率突然下降,随着时间的进一步延长,由于硝化菌数量的进一步增加,氨氮的去除主要以生物硝化为主,氨氮的去除率逐渐上升,至30天左右,硝化菌的数量基本趋于稳定。

沸石 BAF 和沸石-生化棉 BAF 中存在着动态的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氮,对沸石填料起到生物再生的作用,使得沸石表面的吸附位被腾空,沸石重新具备吸附氨氮的能力<sup>[8]</sup>。因此2#、3#始终保持很高的氨氮去除率。3#去除氨氮的效果最好,是因为不仅上层的沸石填料积累了大量的氨氧化细菌和硝化细菌,在沸石的离子交换的共同作用下保持对污水中氨氮的较高去除率,下层的生化棉表面的

# 锁磷剂 Phoslock 除磷试验研究

张大群 曹井国 张述超

(天津水工业工程设备有限公司, 天津 300070)

**摘要** 研究了锁磷剂(Phoslock)吸附除磷的效果及动力学,当原水磷酸盐浓度为 1 mg/L 时(以 P 计),处理水中磷酸盐随 Phoslock 的投加量增加而减少,pH 为 9~10 时除磷效果最佳;动力学试验表明,Phoslock 除磷具有持续性和长效性;Phoslock 对磷酸盐的吸附可较好拟合 Langmuir 等温线;解吸附试验表明,磷酸盐的吸附与解吸处于动态平衡,解吸的磷酸盐浓度较低,不会对处理效果造成显著影响。

**关键词** 锁磷剂 Phoslock 吸附等温线 动力学

## 0 前言

目前,我国城市内河普遍遭到污染,生态功能衰退并呈逐渐加重的趋势。究其原因是高度集中的生活与生产活动对自然资源的无度消费和污染物大量废弃的结果。城市活动的废弃物和排泄物,通过人工排水系统和天然径流进入城市内河,碳源有机物国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07314-004-001-003)。

孔隙大,有利于硝化细菌的生长,因此对氨氮有较高的去除。

## 3 结论

(1) 在相同条件下使用曝气生物滤池工艺,对不同填料进行挂膜试验,33 d 后挂膜成功。

(2) 陶粒 BAF 最终对  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的去除率稳定在 23% 左右,而沸石填料 BAF 为 27% 左右,组合填料 BAF 为 32% 左右。在  $\text{NH}_3 - \text{N}$  去除方面,陶粒 BAF 保持 80% 的处理率,而沸石填料 BAF 的去除率为 84%,组合填料的去除率在 92%。

(3) 本试验组合填料 BAF 在处理污染源水时下层轻质载体处于流化状态,可以高效的去除有机物、截留悬浮物,同时上层天然斜发沸石,比表面积大,氨氮去除率高,可以达到氨氮和有机物同时高效去除的目的。

的污染使水体缺氧、发黑、发臭,破坏城市内河水体生态系统,甚至使水生生物灭绝;而氮、磷污染致使循环不畅的城市内河水域富营养化,使城市内河水环境恶化,危害人们的生活环境。

“天津中心城区景观水体水质保障与水系功能恢复技术研究”是国家“十一五”重大专项“水体污染控制与治理”中“城市水污染控制与水环境综合整治技术体系研究与示范”主题的一个子课题。研究

based on 12 sewage treatment plants. Wat Sci Tech, 1994, 29(10): 13~22

2 Stephenson T, Man A, Upton J. The small footprint wastewater treatment process. Chemistry & Industry, 1993(19): 533

3 Desbos G, Rogalla F. Biofiltration as a compact technique for small wastewater treatment plant. Sci Tech, 1990, 22(3): 145

4 Fatihah S, Donnelly T. Effect of media volume on mixing of biological aerated filters. J Environ Eng Sci, 2008, 7: 229~236

5 Moore R, Quarmby J, Stephenson T. The effects of media size on the performance of biological aerated filters. Wat Scie Tech, 2001, 35(10): 2514~2522

6 Mann A T, Mendoza-Espinosa L, Stephenson T. Performance of floating and sunken media biological aerated filters under unsteady state condition. Water Research, 1999, 33(4): 1108~1113

7 董秉直,夏丽华,高乃云. 有机物对沸石去除氨氮的影响. 水处理技术, 2005, 31(8): 10~13

8 郑易生等编. 中国环境发展与评论. 北京: 社会科学文献出版社, 1998

## 参考文献

1 Canler J P. Biological Aerated Filters: Assessment of the process

& 通讯处: 150000 哈尔滨市香坊区和兴路 26 号

E-mail: sun\_xingbin1025@163.com

收稿日期: 2011-03-07