

悬浮式曝气生物滤池对园林景观水处理的试验研究

陆洪宇¹, 吕炳南¹, 黄 勇², 朱 锐¹

(1. 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 苏州科技学院环境科学与工程系, 江苏 苏州 215011)

摘 要: 文章以研究悬浮式曝气生物滤池对园林景观水中各项污染物的去除作用, 通过对气水比及 COD 负荷的改变, 研究了悬浮式曝气生物滤池对园林景观水中的浊度、COD、 NH_4^+-N 的处理效果。结果表明, 悬浮式曝气生物滤池对水中的浊度、COD、 NH_4^+-N 具有较好的去除效果; COD 平均去除率为 52.9%, NH_4^+-N 去除率为 91.5%, 出水浊度在 1.1~2.1。该结果可以用于指导园林景观水处理的实施。

关键词: 悬浮式曝气生物滤池; 园林景观水; 气水比; COD 负荷

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

园林景观水多为静止或流动性差的封闭缓流水体, 一般都具有水域面积小、易污染、水环境容量小、水体自净能力差等特点, 严重时会引起水体富营养化, 致使水中的藻类大量繁殖, 水体变黑变臭, 严重影响园林的自然环境和艺术环境^[1]。

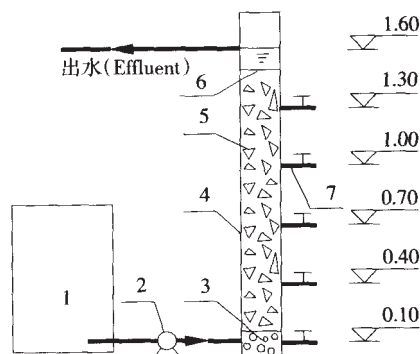
对景观水体通常采用的处理方法有如下几种: 加自来水、地下水法; 投加杀藻剂法; 种植水生植物; 池内循环法; 曝气生物滤池法等^[2], 这几种方法各有其优缺点。针对园林景观水污染物浓度低、水域面积小的特点, 本实验采用悬浮式曝气生物滤池对其进行处理。由于该悬浮式曝气生物滤池在滤料形式上采用比水密度略小的悬浮填料, 填料粒径较普通填料粒径大, 为 10 mm。因此该悬浮式的曝气生物滤池具有了如下特点: ①滤料采用密度略小于水的悬浮填料, 减少了承托层的空间; 填料直径为 10 mm, 较普通填料颗粒直径大, 只需在出水口处设置网格防止滤料外流即可, 没有滤料流失的问题; ②由于滤料粒径的增加, 反应器的空隙率加大, 纳污能力增强, 因此延长了反应器的反冲洗周期; ③目前有资料表明, 悬浮填料在截留 SS、降解 COD 方面要优于沉没填

料^[3,4]。

1 试验装置、材料与方法

1.1 试验装置及工艺流程

如图 1 所示, 本实验采用的悬浮式曝气生物滤池为上向流曝气生物滤池, 污水由曝气池底部进入, 曝气池顶部排出, 空气由柱底进入。曝气生物滤池中有粒状填料, 它一方面提供了微生物生长的场所, 通过生化方法去除水中污染物; 另一方面可以截留、吸附污水中的 SS 和产生的剩余污泥。试验所用填料粒径 10 mm, 较普通悬浮填料大, 填料为空心圆柱体, 内部有十字撑面, 材质



1. 原水箱 Influent tank; 2. 泵 Pump; 3. 曝气头 Sparger;
4. 反应器 Reactor; 5 填料 Carrier; 6 格网 Grid; 7. 取样口 Sampling ora

图 1 工艺试验装置

Fig. 1 The experimental system

收稿日期 2004-12-31

基金项目: 科技部重大水专项课题-苏州市城市水环境质量与综合示范项目 2003AA601070)

作者简介: 陆洪宇 (1975-), 男, 黑龙江人, 博士研究生, 研究方向为水污染控制。

为聚丙烯, 填料密度为 $0.9 \times 10^3 \sim 0.95 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 比表面积为 $500 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ 。反应器有效尺寸为 $D=100 \text{ mm}$, $H=1\ 800 \text{ mm}$, 在其底部设有微孔曝气头; 出水口下端 0.2 m 处设置格网, 防止填料流失; 从反应器底部到格网处全部充满填料; 由下至上每隔 300 mm 设置一个取样口。

试验用水为苏州科技学院内的景观河道水及苏州某园林内的景观水, 其 COD 浓度变化范围为 $30 \sim 70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, NH_4^+-N 浓度变化范围为 $1.0 \sim 8.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 浊度为变化范围为 $7 \sim 20$ 。

1.2 分析项目及测定方法

详见表 1。

表 1 分析项目及测定方法

Table 1 Analytical items and methods for wastewater quality

分析项目 Analysis item	测定方法 Method of analysis	分析项目 Analysis item	测定方法 Method of analysis
DO	WIW315i 型便携式溶氧仪	NH_4^+-N	钠氏试剂光度法
COD	重铬酸钾法	浊度 (Turbidity)	WGZ-1 数字式浊度仪
pH	PHS-3TC 精密数显酸度计		

2 试验结果及讨论

2.1 试验装置的启动

反应器启动的主要问题是填料挂膜。在启动初期, 向反应器投加种泥, 种泥取种于苏州市新区污水处理厂, 闷曝 2 d 后, 开始以 $6 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ 的流量连续进水, 原水为苏州环保科技学院内水质较差的河道水, 进水 COD 约为 $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 左右。启动初期反应器对 COD 、 TP 的去除率很低, 甚至有时会出现出水浓度比进水浓度高的情况; 分析其原因, 是由于反应器内的污泥由于进水的贫营养, 大量死亡、分解, 并随出水流出反应器。反应器运行 20 d 后, 填

料表面呈现淡黄色, 随着高度的降低, 填料上的淡黄色越来越明显。部分填料内部出现生物絮体, 镜检微生物相良好稳定, 出水 COD 基本稳定在 60% 左右, 至此, 认为反应器启动完成。

2.2 反应器的运行性能

反应器正常试验运行从 2004 年 8 月中旬开始到 11 月上旬结束, 在此期间主要考察了不同气水比及不同 COD 负荷下, 反应器的运行性能。试验根据不同的气水比及 COD 负荷设定了 5 种运行工况, 其中 1, 2, 3 工况是为了考察气水比对反应器的影响, 2, 4, 5 工况则是为了考察 COD 负荷对反应器的影响, 各工况运行参数见表 2。

表 2 运行工况及主要运行参数

Table 2 Operating state and main operation parameters

工况 Operating state	1	2	3	4	5
进水流量 ($\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$) Flow	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
温度 ($^{\circ}\text{C}$) Temperature	21~27	21~27	21~27	21~27	21~27
气水比 Air-water ratio	1.0	2.0	3.0	2.0	2.0
pH	7.0~7.4	7.0~7.4	7.0~7.4	7.0~7.4	7.0~7.4
平均有机负荷 ($\text{kg COD} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$) Average of COD load	0.3387	0.3492	0.3455	0.4215	0.2406

2.3 试验结果分析

试验中, 反应器的运行性能主要是由浊度、 COD 、 NH_4^+-N 等性状指标来评价。试验结果见表 3。

2.3.1 对浊度的去除

浊度是评价景观水好坏的一个重要指标。景

观水的浊度受外界条件, 如风力、水体的流动等因素影响比较大, 因此进水的浊度变化范围也比较宽, 一般在 $7 \sim 20$ 之间。从反应器运行情况看, 虽然进水浊度波动比较大, 但出水浊度稳定, 基本在 $1.1 \sim 2.1$ 范围内变化。

表3 试验结果

Table 3 Results of the experiment

工 况 Operating state	COD			NH ₄ ⁺ -N			浊度 (Turbidity)	
	进水(mg·L ⁻¹) Influent	出水(mg·L ⁻¹) Effluent	去除率 (%) Removing rate	进水(mg·L ⁻¹) Influent	出水(mg·L ⁻¹) Effluent	去除率 (%) Removing rate	进水(mg·L ⁻¹) Influent	出水(mg·L ⁻¹) Effluent
1	46.80	25.07	46.4	5.26	0.52	90.1	10	1.3
2	48.25	22.54	53.3	5.29	0.39	92.6	12	1.7
3	47.73	20.84	56.3	5.41	0.32	94.1	11	1.9
4	58.24	22.16	62.0	6.30	0.46	92.7	14	1.7
5	33.24	19.47	41.4	2.62	0.32	87.8	8	1.3

从表3的试验结果可以看出,当气量增加时,出水中的浊度会略有增加,浊度由1.3增加到1.9,而COD的增加并没有对出水浊度产生太大影响。反应器内的悬浮填料粒径为10 mm,远大于水中的悬浮物粒径,因此可以认为浊度的去除是依靠填料上的生物膜的吸附作用。

2.3.2 对COD的去除

由表3的1,2,3工况对比试验结果可以看出,随着气水比的增加,COD的去除率分别达为46.4%,53.3%,56.3%,去除率随着气水比的增加而增加。这主要是由于曝气量的增加,提高了微生物活性的原因。通过2,3工况的比较,可以看出,当气水比由2:1增加到3:1后,反应器对COD的去除率增加不明显,发生这种情况,一方面是由于出水中可生化的COD浓度较低,即使加大气量,提高微生物活性,也不会对出水中的COD浓度有太大的影响;另一方面是由于曝气量的增加,使反应器内出现线虫等高级微生物,这些微生物大量摄取水中的营养物质,使低级微生物因缺乏营养物质而死亡;而生成的线虫等高级微生物由于气水的冲刷,被吹脱出反应器,致使反应器内微生物数量减少。试验期间,由于设备出现问题,曾连续4 d气水比达到并超过4:1,反应器内的微生物量急剧减少,出水浊度升高,COD去除率仅为30%左右,出水中含有大量线虫,这也间接地证明了以上的分析。

由表3的2,4,5工况可以看出,COD的去除率随着COD负荷的降低而降低。当平均COD负荷为0.4215 kgCOD·m⁻³·d⁻¹时,平均去除率最高,可达到62.0%;平均COD负荷降低到为0.2406

kgCOD·m⁻³·d⁻¹时,平均去除率降低到41.4%。通过对曝气生物滤池柱的观察发现,在2,4工况运行时,反应器内微生物颜色由上而下,淡黄色颜色逐渐变深,颜色变化比较有规律;当在第5工况运行时,仅在反应器曝气头至0.6 m范围内有比较明显淡黄色,从曝气头上方0.9 m处取水样进行分析,发现其COD浓度与出水口COD浓度基本接近,说明在此状态下,反应器上部的微生物由于营养物质的缺乏,已经死亡,因此,在这种情况下,应提高水力负荷以满足微生物对营养物质的需要。

2.3.3 对NH₄⁺-N的去除

通过表3可以看出,悬浮式曝气生物滤池对NH₄⁺-N具有良好的去除效果,去除率基本在90%左右。

由1,2,3工况可以看出,随着气水比的增加,NH₄⁺-N的去除率是逐渐增加的,但增幅比较小,当气水比由2:1变为3:1时,NH₄⁺-N的去除率仅仅由92.6%增加到94.1%,这与景观水体中COD、NH₄⁺-N浓度比较低有直接的关系。

通过表3中2,4,5工况的比较可以看出,随着COD负荷的变化,NH₄⁺-N的平均去除率也略微有些变化,但基本在90%左右,出水NH₄⁺-N浓度低于0.5 mg·L⁻¹。在2,4工况中,COD负荷分别为0.3492,0.4215 kgCOD·m⁻³·d⁻¹,NH₄⁺-N去除率分别为92.6%,92.7%;第5工况中,COD负荷为0.2406 kgCOD·m⁻³·d⁻¹,NH₄⁺-N去除率略微低些,为87.8%,但出水NH₄⁺-N浓度仍低于2,4工况出水,这主要是由于第5工况中进水NH₄⁺-N浓度比较低的缘故。

3 结论和建议

a. 在一定范围内, 气水比的增加能够提高 COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除率。从性能及经济两方面综合考虑, 建议采用气水比 2:1。

b. 在气水比为 2:1, 随着 COD 负荷的降低, COD 去除率不断降低。COD 负荷为 $0.4215 \text{ kg COD}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ 时, 平均去除率可达到 62.0%; 平均 COD 负荷为 $0.2406 \text{ kgCOD}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ 时, 平均去除率为 41.4%。

c. 随着 COD 负荷的变化, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的平均去除率基本保持在 90% 左右, 出水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度低于 $0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

d. 悬浮式曝气生物滤池能够有效地去除水中的

浊度、COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$, 适用于园林景观水的处理。

[参 考 文 献]

- [1] 蔡昌凤, 徐建平. 景观水微污染控制 [J]. 安徽工程科技学院学报, 2003, 18(1): 1-3.
- [2] 朗建, 肖海文, 王涛, 等. 生物滤沟处理景观水体试验研究 [J]. 给水排水, 2002, 28(12): 54-56.
- [3] Allant M, Leopoldo M E, Tom S. Performance of floating and sunken media biological aerated filters under unsteady state conditions [J]. Wat Res, 1999, 33(4): 1108-1113.
- [4] Mann A, Mendoza E L, Stephenson T. A comparison of floating and sunken media biological aerated filters for nitrification [J]. J Chem Technol Biotechnol, 1998, 72: 273-279.

Study on the treatment of a suspended biological aerated filter on landscape water in garden

LU Hong-yu¹, LV Bing-nan¹, HUANG Yong², ZHU Rui¹

(1. Municipal & Environment Engineering College, Harbin University of Technology, Harbin Helongjiang 150090, PRC;

2. Environment Science & Engineering College, Suzhou University of Science & Technology, Suzhou Jiangsu 215011, PRC)

Abstract: To study on the treatment efficiency of a suspended biological aerated filter on landscape water in garden, we examined a suspended biological aerated filter on landscape water in garden, through changing air-water ratio and COD load. The result shows that the suspended biological aerated filter can remove well the Turbidity, COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ in water. The removing rate, in average, is 52.9% for the COD, 91.5% for $\text{NH}_4^+\text{-N}$, and Turbidity of effluence is 1.1-2.1. This result may be useful for the cleanness of landscape water in garden.

Key words: suspended biological aerated filter; landscape water in garden; air-water ratio; COD load