

## 曝气-生态浮床处理景观水体富营养化研究

曾冠军, 马满英 (湖南工业大学土木工程学院, 湖南株洲 412007)

**摘要** [目的]研究曝气与生态浮床组合处理景观水体富营养化的效果。[方法]选取黄花鸢尾和花叶菖蒲组合作为生态浮床,将生态浮床和曝气-生态浮床进行对比研究,研究曝气-生态浮床对景观水体中总氮(TN)、总磷(TP)的去除效果。[结果]生态浮床对景观水体中的TN、TP的去除率分别为85.14%和40.98%;曝气-生态浮床对景观水体中的TN、TP的去除率分别为93.17%和53.28%。在生态浮床处理景观水体中,增加曝气能够对景观水体中TN、TP的去除率提高10%左右。[结论]曝气-生态浮床能够很好地去除景观水体中TN、TP,是处理景观水体富营养化的有效方法。

**关键词** 景观水体;富营养化;曝气;生态浮床

中图分类号 X524 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)23-0050-02

## Study on Eutrophication of Landscape Water Body Treated by Aeration-ecological Floating Bed

ZENG Guan-jun, MA Man-ying (School of Civil Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou, Hunan 412007)

**Abstract** [Objective] To the effects of aeration and ecological floating bed treatment on eutrophication of landscape water body. [Method] *Iris pseudacorus* Linn and *Acorus tatarinowii* cv. *variegata* were selected as the ecological floating bed, and comparative study was conducted between the ecological floating bed and the aeration-ecological floating bed, the removal rate of ecological floating and the aeration-ecological floating bed on TN, TP was studied. [Result] The results showed that the removal rate of TN and TP in the landscape water by ecological floating bed was 85.14% and 40.98%, respectively. The removal rate of TN and TP in the landscape water by aeration-ecological floating bed was 93.17% and 53.28%, respectively. The removal rate of TN and TP in landscape water can be increased by 10% in the treatment of landscape water by adding the aeration. [Conclusion] The combination of aeration and ecological floating bed can remove TN and TP in the landscape water well, which is an effective method to treat the eutrophication of landscape water body.

**Key words** Landscape water body; Eutrophication; Aeration; Ecological floating bed

目前,景观水体的富营养化已成为国内外严重的水环境污染问题,在处理景观水体的富营养化方法中,生态浮床处理技术是目前国内外研究的热点。利用水生高等植物或驯化陆生植物的生态浮床技术对净化富营养水体水质和生态修复的积极作用已得到多方证实和广泛应用<sup>[1]</sup>。生态浮床处理技术是通过水生植物吸收氮、磷等营养物质,从而达到处理景观水体富营养化的目的。王郑等<sup>[2]</sup>研究了由水生植物与人工填料构建的组合型生态浮床对某农家乐污水的净化效果,结果表明,该组合型生态浮床对化学需氧量(COD)、总氮(TN)、氨氮(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)和总磷(TP)均有较好的去除效果,去除率分别达到79.71%、73.88%、88.67%和85.61%,均明显高于基质对照组和植物对照组。

曝气能够增加水体中的溶解氧(DO)含量,能够提高水体中微生物活性,与水体中的氮、磷营养物质作用能提高效率,能够使植物快速并且更容易吸收含氮、磷的营养物质。水体中DO含量直接影响水生植物的生长及河流的降解自净能力,DO含量高,则水生生物生长正常,好氧菌种群活跃,水质好;DO含量低,则水生生物遭到严重威胁甚至会濒临灭绝,并且河流中好氧菌群种类减少,水质恶化严重<sup>[3]</sup>。曝气还能够增加水动力条件,使得水体中含氮、磷的营养物质能够充分与生态浮床植物的根部接触,从而提高水体中TN、TP的去除效率。李薇<sup>[4]</sup>研究认为,DO含量大于7 mg/L有利于水体及底泥中TN的去除,DO含量小于1 mg/L时,底泥会向水体中释放磷,而其余DO状态则会抑制底泥中磷的释放。聂玉华<sup>[5]</sup>研究了微曝气强化生态浮床对污水中氮元

素的去除效果,微曝气强化生态浮床对污水中TN、NH<sub>3</sub>-N的净化效果明显优于强化生态浮床和传统生态浮床,其对污染水体中TN、NH<sub>3</sub>-N的去除率分别为69.08%和81.14%。笔者采用曝气-生态浮床组合处理景观水体富营养化,研究该技术去除污水中TN、TP的效果,旨在为景观水体污水处理提供科学依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验设施** 该试验在湖南工业大学土木工程学院水处理实验室的人工模拟水槽中进行。人工模拟水槽规格(长×宽×高)100 cm×50 cm×40 cm,总容积为0.2 m<sup>3</sup>,实际试验水深30 cm,有效容积为0.15 m<sup>3</sup>。曝气设备:西龙AP-005氧气泵。

**1.2 生态浮床植物** 根据适应水环境的能力、净化水体的效果和景观效果等因素综合考虑选择合适的植物。由于生态浮床处理水体的富营养化主要是依靠植物的根系吸收水体中的氮、磷等营养物质而达到处理的目的,因而还要考虑植物的根系是否发达,植物是否能够四季常青。该试验选取了耐寒性好及适应能力较强的2种植物:黄花鸢尾(*Iris pseudacorus* Linn)和花叶菖蒲(*Acorus tatarinowii* cv. *variegata*)<sup>[6]</sup>。

**1.3 供试水体** 该试验用水取自湖南工业大学河西校区观书塘景观湖泊中,观书塘景观水体是一个封闭的水体,将周围小范围内的雨水汇集到其中,也会定期补充自来水。湖泊中有大量观赏性鱼类及少量睡莲,除此之外湖体中没有任何水生植物。观书塘景观湖泊由于水体小并且封闭,生态结构简单,水体流动性差,水动力不足,是比较容易污染的景观水体。观书塘景观湖泊的春季水质指标浓度:DO含量13.283 mg/L, TN含量2.315 mg/L, TP含量0.122 mg/L, pH

**作者简介** 曾冠军(1990—),男,四川宣汉人,硕士研究生,研究方向:水污染控制与治理。

**收稿日期** 2017-05-31

8.720, 浊度(NTU)15.20。其中 TN、TP 均属于重度富营养水体。按照《地表水环境质量标准》(3838—2002)分类, 污染程度均超过 V 类水。

**1.4 生态浮床设计** 以塑料泡沫作为载体, 在载体上打出等间距且大小合适的小孔, 使植株能穿过小孔, 床体尺寸为 50 cm × 60 cm。将 5 株黄花鸢尾和 5 株花叶菖蒲穿过小孔, 并以海绵将植株的根部固定。做 2 个尺寸一致、植株排列方式相同的浮床, 分别放置于 2 个人工模拟水槽中。2017 年 3 月 5 日在观水塘 5 个点共取 0.30 m<sup>3</sup> 的水混合均匀, 在 2 个人工水槽中分别放 0.15 m<sup>3</sup>。

将黄花鸢尾和花叶菖蒲先在水体中培育, 培育至生长呈现出良好状态, 再做成 2 个无差别的生态浮床。将做好的 2 个生态浮床放入 2 个人工水槽中, 一个水槽安装曝气设备, 另一个水槽不安装。曝气方式为鼓风曝气, 每天间歇式曝气, 每天曝气 6 h。连续 8 d 进行试验, 每天晚上 8:00 取 2 个人工水槽的水样进行 TN、TP 含量的测定。分别对比分析 2 个人工水槽中 TN、TP 含量的变化规律。

**1.5 测定项目与方法** TN 含量: 按照 GB11894—89 的测定方法, 将碱性过硫酸钾消解后, 用紫外分光光度法测定, 主要仪器为 UV-1800 型紫外可见分光光度计。TP 含量: 按照 GB11893—89 的钼酸铵分光光度法测定, 将过硫酸钾消解后, 用紫外分光光度法测定, 主要仪器为 UV-1800 型紫外可见分光光度计。

## 2 结果与分析

**2.1 曝气-生态浮床对景观水体中 TN 的去除效果** 从图 1 可见, 生态浮床和曝气-生态浮床在第 1、2 天, 对水体中 TN 的去除效果不明显, 去除率分别为 5.66% 和 9.58%, 第 3~5 天对 TN 的去除率最高, 分别为 77.60% 和 82.37%。这是由于生态浮床植物在适应新的水体环境后开始生长, 从而大量吸收水体中含氮营养物质。在第 5~8 天时, 水体中 TN 含量基本上维持不变, 这是由于试验在人工模拟水槽中进行, 水体环境随着试验的进行而发生了改变, 植物的根系不再吸收含氮的营养物质。生态浮床和曝气-生态浮床对 TN 的总去除率分别为 85.14% 和 93.17%, 由此可知, 在生态浮床处理景观水体富营养化中, 增加曝气能够提高生态浮床对水体中 TN 的去除率。

**2.2 曝气-生态浮床对景观水体中 TP 的去除效果** 与 TN 的去除规律大致相同, 生态浮床和曝气-生态浮床在第 1、2 天对 TP 的去除率分别为 4.10% 和 6.56%, 这是由于生态浮床的植物对水体有一个适应的过程。第 3~5 天对水体中 TP 的去除率最高, 去除率分别为 30.56% 和 40.78%, 这是由于植物在适应新的水体环境后开始生长, 吸收大量含磷的营养物质。第 6~8 天水体中的 TP 基本上趋于稳定, 这是由于水体环境发生变化, 植物停止生长, 水体中的含磷营养物质保持动态平衡。生态浮床和曝气-生态浮床对水体中 TP 的总去除率分别为 40.98% 和 53.28% (图 2)。由此可以得出, 在

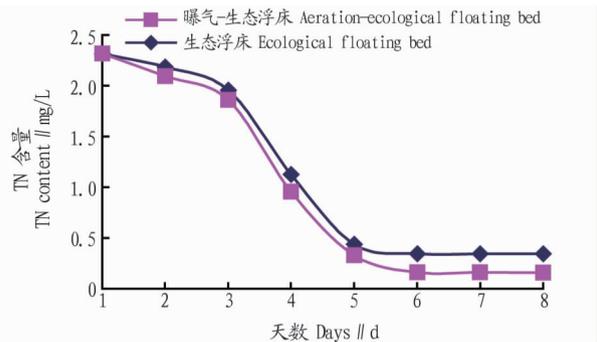


图 1 曝气-生态浮床对景观水体中 TN 的去除效果

Fig. 1 Removal efficiency of TN in landscape water by aeration-ecological floating bed

生态浮床处理景观水体富营养化中, 增加曝气能够提高生态浮床对水体中 TP 的去除率。

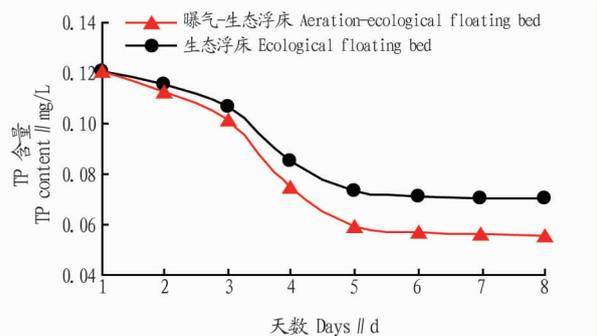


图 2 曝气-生态浮床对景观水体中 TP 的去除效果

Fig. 2 Removal efficiency of TP in landscape water by aeration-ecological floating bed

## 3 结论

与生态浮床处理景观水体富营养的方法相比, 该试验创新性地将曝气与生态浮床相结合处理景观水体富营养化, 能够有效去除富营养化水体中的 TN、TP, 生态浮床对景观水体中 TN、TP 的去除率分别为 85.14% 和 40.98%, 而曝气-生态浮床对景观水体中 TN、TP 的去除率分别为 93.17% 和 53.28%。由此可知, 在生态浮床处理景观水体富营养化中, 增加曝气能够提高对景观水体中 TN、TP 的去除效率, 去除效率能够提高 10% 左右。曝气与生态浮床处理景观水体的富营养化切实可行, 能够应用于实际工程中。

## 参考文献

- [1] 刘娅琴, 邹国燕, 宋祥甫, 等. 不同营养状态水体中生态浮床对浮游植物群落的影响[J]. 环境科学研究, 2015, 28(4): 629-637.
- [2] 王郑, 崔康平, 许为义, 等. 组合型生态浮床处理农家乐污水[J]. 环境工程学报, 2016, 10(1): 455-460.
- [3] 武贝贝. 明渠掺气水流和河道复氧的研究[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2015.
- [4] 李薇. 溶解氧水平对富营养化水体底泥氮磷转化影响的研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2014.
- [5] 聂玉华. 微曝气强化生态浮床对污水中氮元素的去除效果研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2015.
- [6] 赵家荣, 刘艳玲. 水生植物图鉴[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2009.