

DOI:10.3969/j.issn.1004-4701.2018.04.12

多级人工湿地-塘组合系统对微污染水体 污染物去除效果的实验研究

胡松^{1,2}, 占鹏^{1,2}, 孙微³, 戚晓波³

(1. 江西水利职业学院, 江西 南昌 330013; 2. 江西省灌溉排水发展中心, 江西 南昌 330013;
3. 江西交通职业技术学院, 江西 南昌 330013)

摘要:采用多级人工湿地-塘组合系统处理微污染水体,考察水力停留时间的变化条件下系统对COD、TP、浊度、氨氮等去除效果的影响。实验结果表明:在水力停留时间为5d时,COD、TP、浊度、氨氮去除率分别为62%、75%、80%、60%,多级人工湿地-塘组合系统能够有效的去除微污染水体污染物质。

关键词:人工湿地;生态塘;污染物

中图分类号:X52 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2018)04-0293-04

0 引言

随着我国国民经济的快速发展与城市化进程加快,水生态面临着严峻的考验。据环保部调查发现,我国主要的河流中,微污染原水比例高达36.9%^[1]。微污染原水是指因受到排入的工业废水和生活污水影响,其部分水质指标超过饮用水源卫生标准要求的源水。作为饮用水主要水源的库区河流的污染加重会加剧淡水资源危机,使耕地灌溉得不到有效保障,最终危害到人畜的生存发展^[2,3]。故研究和开发适用于微污染原水的高效治理技术,显得尤为迫切。生态法处理技术因具有无二次污染、美化环境等优点一直广泛的受到研究者的关注与重视,其中人工湿地与塘工艺最引人注目。单独人工湿地工艺存在湿地基质对污染物的吸附饱和、基质容易堵塞、人工湿地生态服务功能单一等缺陷在一定程度上限制了人工湿地的推广与应用。然而稳定塘和人工湿地的组合系统可以很好的解决上述问题,不少研究发现仅仅采用单级人工湿地-塘二级组合系统仍然对水体中污染物质控制效果不理想^[4]。

采用多种形式的生态单元组合不同种类水环境提升生态系统净污能力,成为当前的研究热点区域^[5]。本实验采用多级人工湿地-塘组合系统处理微污染原水,通过对污染水体中磷、氨氮、COD等污染物去除的研究,为处理微污染水体提供新思路。

1 试验部分

1.1 实验装置

多级人工湿地/塘组合系统试验装置,装置包括6个处理单元如图1所示。流程为高位水箱→好氧塘→表面流人工湿地1→表面流人工湿地2→水平潜流人工湿地→沉水植物氧化塘。表1为各处理单元尺寸和栽种植物种类。

1.2 试验水质

考虑到自然水体水质随季节变化大,本试验水样采用人工配水模拟位于华东交通大学中的孔目湖微污染水体。模拟水样水质如下:COD为50.00~60.00 mg/L、TP为0.50~1.40 mg/L、浊度为4.80~9.60 NTU、氨氮为3.50~5.00 mg/L。

表1 各处理单元尺寸和栽种植物种类

处理单元	高位水箱	前置沉水植物塘	表面流人工湿地	水平潜流人工湿地	后置沉水植物塘
尺寸	80 cm × 80 cm × 80 cm	130 cm × 50 cm × 70 cm	180 cm × 50 cm × 80 cm	130 cm × 50 cm × 70 cm	130 cm × 50 cm × 70 cm
栽种植物种类		粉绿狐尾藻	香根草和菖蒲	美人蕉	伊乐藻

收稿日期:2018-02-05

项目来源:国家自然科学基金资助项目(51168013);江西省教育厅科学技术项目(171366)

作者简介:胡松(1988-),男,大学本科,助理工程师。

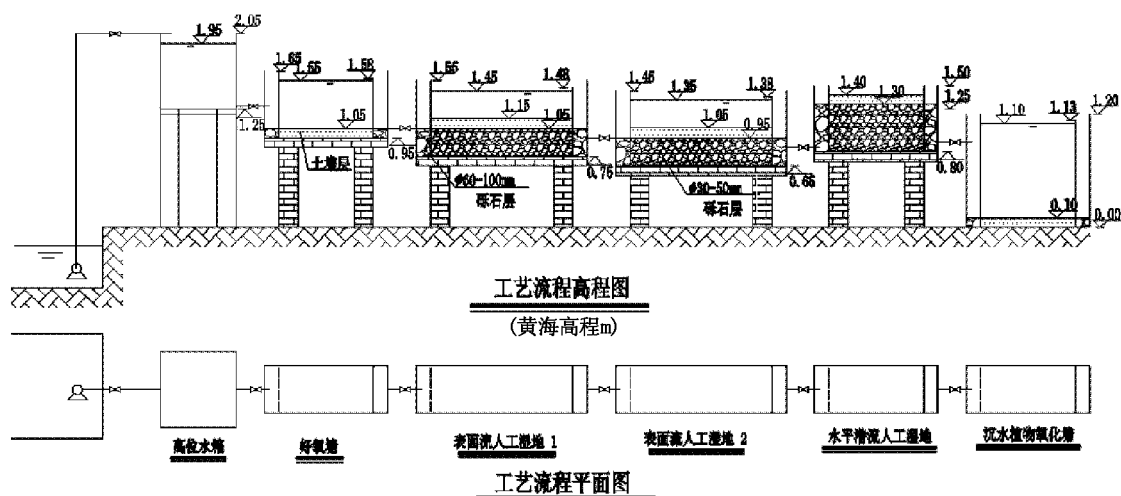


图1 多级人工湿地/塘组合系统装置示意图

1.3 试验方法

COD 采用重铬酸钾法测定,TP 采用过硫酸钾消解法预处理,采用钼锑抗分光光度法进行测定;无机磷酸盐(DIP)经过 $0.45\ \mu\text{m}$ 醋酸纤维膜过滤,采用钼锑抗分光光度法进行测定;浊度采用浊度仪测定;氨氮采用纳氏试剂分光光度法。水力停留时间: $\text{HRT} = V/Q(\text{h})$ 即水力停留时间等于反应器有效容积与进水流量之比。

2 实验结果与讨论

2.1 水力停留时间对 COD 的去除效果分析

实验水样采用 COD 浓度为 $50.00 \sim 60.00\ \text{mg/L}$, 属于微污染水体,利用图 1 试验装置,实验定期对进出装置水样 COD 进行检测。多级人工湿地/塘组合对 COD 去除效果的如图 2 所示。

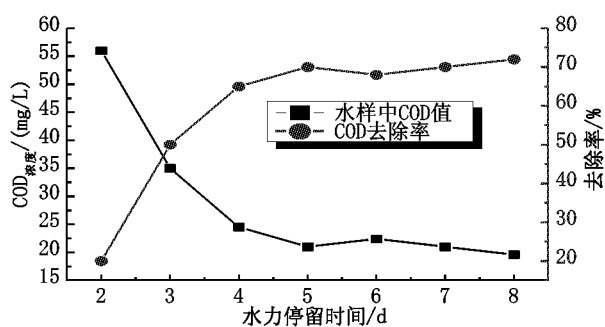


图2 水力停留时间对多级人工湿地塘组合系统 COD 去除效果的影响

由图 2 可以看出,在水力停留时间 $< 5\ \text{d}$ 时,COD

的去除率急剧上升,COD 浓度由 $58.00\ \text{mg/L}$ 下降到 $22.00\ \text{mg/L}$,去除率高到 62% 。继续延长停留时间,COD 去除率趋于稳定,不再大幅度增加。这是因为在人工湿地中 COD 的去除主要是水样中不溶性有机物被基质和植物根系截留,与溶解性有机物被植物根系和基质表面的生物膜所吸收分解;而在植物塘中有机物主要被沉水植物的根系截留、生物膜的吸附和生物代谢及有机物颗粒的沉降去除。在实验初期,基质和植物根系对基质有很强的截留和吸附作用,生物活性良好;表现出 COD 去除效果理想,过了 $5\ \text{d}$ 后基质与根系截留趋于饱和,COD 去除率不再大幅度升高。实验得出,多级人工湿地/塘组合系统对 COD 去除水力停留时间为 $5\ \text{d}$ 最为经济与高效。

2.2 水力停留时间对 TP 的去除效果分析

实验水样采用 TP 浓度为 $0.50 \sim 1.40\ \text{mg/L}$,水样水质劣于属地表水环境质量标准 V 类标准属于微污染水体,利用图 1 试验装置,实验定期对进出装置水样 TP 进行检测。多级人工湿地/塘组合对 TP 去除效果如图 3 所示。

由图 3 可以看出在水力停留时间为 $5\ \text{d}$ 后,水体中 TP 浓度下降到 $0.18\ \text{mg/L}$,水质可以达到 V 类 ($0.20\ \text{mg/L}$),水力停留时间超过 $6\ \text{d}$,水体中出水 TP 浓度下降到 $0.095\ \text{mg/L}$,水质可以达到 IV 类标准 ($0.10\ \text{mg/L}$)。在水力停留时间 $< 5\ \text{d}$,TP 的去除率急剧上升,继续延长水力停留时间 TP 去除率趋于稳定。这是因为 TP 的去除同样基本依靠生物膜中微生物的硝化反硝化作用以及基质对磷的吸附沉淀作用而去除,后期趋于饱和不再上升。考虑到实际水质的波动性,在净净水

质为 TP 浓度为 0.50 ~ 1.40 mg/L 时,水力停留时间考虑以 5 d 为宜^[6]。

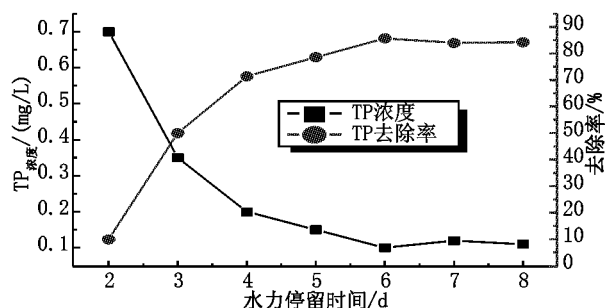


图3 水力停留时间对多级人工湿地塘组合系统 TP 去除效果的影响

2.3 水力停留时间对浊度的去除效果分析

实验水样浊度为 4.80 ~ 9.60 NTU, 采用上述装置进行试验, 实验定期对进出装置水样浊度进行检测。多级人工湿地/塘组合对浊度去除效果的如图 4 所示。

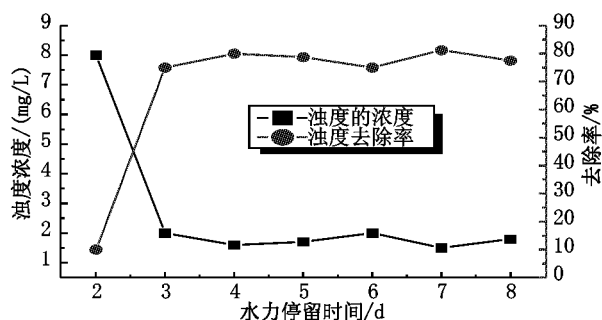


图4 水力停留时间对多级人工湿地塘组合系统浊度去除效果的影响

由于影响水体浊度的因素主要是悬浮物, 浊度大小是水质好坏的最直观表现, 所以对浊度去除显得尤为重要^[7]。由图 4 可以看出, 在水力停留时间 < 3 d 时, 浊度由 8.00 NTU 直接下降到 2.00 NTU, 去除率达到 75%, 随后继续延长水力停留时间, 浊度去除率趋于稳定。这主要是因为浊度的拦截机制在水流停留前期表现最为显著, 体现在浊度下降速度快。随着水力停留时间的延长, 去除率不再升高, 可能是因为后期在水体中导致水体主要是微小直径污染物, 基质和根茎很难进一步截留, 浊度去除效果不再明显提升。

2.4 水力停留时间对氮的去除效果分析

实验水样 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度为 3.50 ~ 5.00 mg/L, 采

用上述装置进行试验, 定期对进出装置水样氨氮进行检测, 多级人工湿地/塘组合对氨氮去除效果的如图 5 所示。

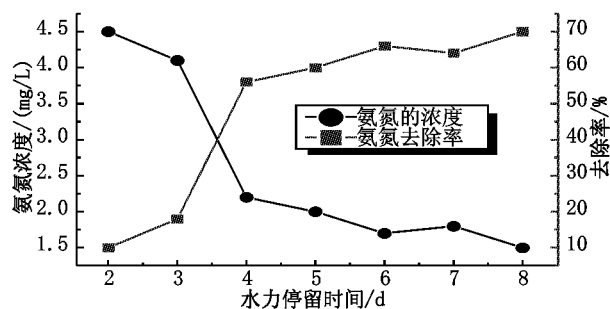


图5 水力停留时间对多级人工湿地塘组合系统氨氮去除效果的影响

$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除主要依赖于硝化反应, 根系与基质的截留对于氨氮去除效果不够理想^[8], 不少研究发现 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除方式主要液态氨的挥发、生物硝化/反硝化和生物同化作用协同去除。在稳定塘中氨氮的去除方式主要是挥发和硝化与反硝化, 而在人工湿地对氨氮的去除途径为硝化与反硝化和生物同化。由图 5 可以看出, 在水力停留时间 < 3 d 时, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除速率较慢, 主要是因为初期硝化与反硝化作用需要一个时间准备时期; 当 3 d < 水力停留时间 < 5 d 时, 氨氮去除速率最快, 此时 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除率高达 58%, 随着水力停留时间的推移, 氨氮去除率趋于平缓。

3 结 论

(1) COD 随着水力停留时间的增加去除率逐步提高, 最后趋于平衡, 选取水力停留时间为 5 d, 出水水质 22.00 mg/L, 已经达到《地表水环境质量标准》V 类水质标准。这说明兼顾时间有效利用原则, 水力停留时间为 5 d 时处理 COD 的效果好。

(2) TP, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、浊度的去除, 在一定范围内, 水力停留时间越长, 去除效果越好, 但是到达一个临界时间点之后会出现下降的现象。本试验得出 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 在水力停留时间为 5 d 时, 出水水质最好, 但在水力停留时间为 4 d 时出水水质已经达到 V 类水质标准。这说明兼顾时间有效利用原则, 选取 4 d 停留时间在工程上可以更好地实施。TP 的去除由于温度的限制, 无法达到《地表水环境质量标准》, 同时由于是低浓度污水,

在处理方面有一定的难度,在去除率方面能达到 75%,属于较好的处理效果。

参考文献:

- [1] 张淑敏,陈蓓蓓,侯伟肤. 微污染原水原位净化技术应用研究进展[J]. 净水技术,2017,36(4):30~35.
- [2] 谭学军,张惠锋,张辰. 农村生活污水收集与处理技术现状及进展[J]. 净水技术,2011,30(2):5~9.
- [3] 卜岩枫,许月明,卓明,等. 浙江省农村生活污水处理技术应用现状及处理效果分析[J]. 环境污染与防治,2014,36(6):106~110.
- [4] Vymazal J, Brezinová T. Long term treatment performance of constructed wetlands for wastewater treatment in mountain areas: Four case studies from the Czech Republic[J]. Ecological Engineering, 2014, 71: 578~583.
- [5] 遇抒,彭莉. 氮磷在塘-湿地组合生态系统中的去除机制研究[J]. 环境保护科学,2011,37(6):37~40.
- [6] 徐丽,吕锡武,杨子萱. 组合生态系统去除农村生活污水中氮磷效果研究[J]. 水处理技术,2016(7):93~96.
- [7] 狄军贞,赵微,朱志涛,等. 响应曲面法优化强化混凝工艺处理微污染水[J]. 环境工程学报,2017,11(1):27~32.
- [8] 王全金,万博阳,戚晓波. 污水停留时间对多级人工湿地塘组合系统除氮的影响[J]. 科学技术与工程,2016(5):245~249.

编辑:张绍付

Experimental study on removal of pollutants from micro polluted water by multistage constructed wetland pond combination system

HU Song^{1,2}, ZHAN Peng^{1,2}, SUN Wei³, QI Xiaobo³

(1. Jiangxi Water Resources Institute, Nanchang, 330013, China;

2. Jiangxi irrigation and Drainage Development Center, Nanchang, 330013, China;

3. Jiangxi V& T College of Communication, Nanchang 330013, China)

Abstract: Experimental study on micro polluted water pollutant removal effect of multistage constructed wetland pond system using change by hydraulic retention time of COD, TP, turbidity, ammonia nitrogen removal effect. The experimental results show that the multilevel artificial wetland pond system for removal of ideal micro polluted water pollution in the hydraulic retention time of =5 d COD, TP, turbidity, ammonia nitrogen removal rate were 62%, 75%, 80%, 60%.

Key words: Constructed wetland; Eco-pond; Pollutant

翻译:胡松