

# 洮河湿地水质变化分析

魏飒<sup>1</sup>, 郭泽忠<sup>2</sup>, 邢晨曦<sup>3</sup>, 顾宝群<sup>1</sup>

(1. 河北省水利科学研究院, 河北石家庄 050057; 2. 河北省水利水电第二勘测设计研究院, 河北石家庄 050021; 3. 河北省石家庄水文水资源勘测局, 河北石家庄 050051)

**摘要** [目的]选取洮河人工湿地为研究对象,开展水体流经湿地后水质指标变化分析。[方法]分析从湿地入口至出口之间河段的pH、COD、NH<sub>3</sub>-N、TN、TP的沿程变化。[结果]水体经过人工湿地后,pH相对稳定,湿地对水中主要污染物COD、NH<sub>3</sub>-N、TN、TP的降解效果明显,但TN、TP仍维持在较高的水平,应通过生物调控技术完善湿地水体生态系统,进一步增加生态修复措施,降低河道发生水体富营养化的风险。[结论]经水质评价,湿地出口处水质达到了II类,说明人工湿地对于改善水质状况有着明显的作用。

**关键词** 洮河;湿地;水质;变化

中图分类号 X522 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)19-0053-02

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.19.017



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Analysis of Water Quality Change in Xiao River Wetland

WEI Sa<sup>1</sup>, GUO Ze-zhong<sup>2</sup>, XING Chen-xi<sup>3</sup> et al (1. Hebei Provincial Academy of Water Resources, Shijiazhuang, Hebei 050057; 2. Hebei Institute of Water Resources and Hydropower Resources and Design, Shijiazhuang, Hebei 050021; 3. Shijiazhuang Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Hebei Province, Shijiazhuang, Hebei 050051)

**Abstract** [Objective] Xiao River artificial wetland was selected as the research object to analyze the change of water quality index after the water body flows through the wetland. [Method] The changes of pH, COD, NH<sub>3</sub>-N, TN and TP of the river section from the inlet to the outlet of the wetland were analyzed. [Result] After the wetland, the pH would appear relatively stable, the degradation of COD, NH<sub>3</sub>-N, TN and TP was obvious, but TN and TP were still at a high level. Biological regulation technology should be taken to improve wetland water ecosystem, to increase ecological restoration measures to reduce the risk of eutrophication of water bodies in rivers. [Conclusion] After water quality evaluation, the water quality of the wetland outlet reached Class II, which also shows that constructed wetlands have a significant role in improving water quality.

**Key words** Xiao River; Wetland; Water quality; Change

河北省是我国严重缺水的省份之一,人均水资源占有量仅为全国人均水资源占有量的1/7。与此同时,每年污水排放量达20亿m<sup>3</sup>以上,而再生利用率却不足20%<sup>[1]</sup>。实现污水资源化利用、提高再生水利用率已成为缓解水资源短缺的重要内容。

人工湿地处理系统是常规污水生物处理技术的有效途径<sup>[2-5]</sup>,然而湿地生态系统的结构、水生植物的布设如不合理,可能会出现富营养化现象,严重时会影响水体景观效果<sup>[6]</sup>。因此,研究人工湿地对水质的净化能力十分重要。笔者选取石家庄市典型河道内修建的人工湿地,分析水体经过人工湿地后的水质指标变化情况。

## 1 资料与方法

**1.1 研究区域概况** 选取洮河作为研究对象,开展洮河经人工湿地后水质指标变化分析。洮河全长62.3 km,洮河补给水源主要为总退水渠和环城河,总退水渠的水除来源于天然水之外,还有相当一部分是来自桥东污水处理厂<sup>[7]</sup>,环城河水主要是来源于黄壁庄水库与桥西污水处理厂。洮河人工湿地位于衡井公路跨河桥上下游两侧,全长2.0 km。

**1.2 监测点布置** 研究选取洮河湿地之间的河段进行水质指标分析,该河段无污水排污口,长度约2.0 km,布置3个采样点,采样点分别为湿地入口S1、衡井桥下S2、湿地出口S3,

采样点布置如图1所示。

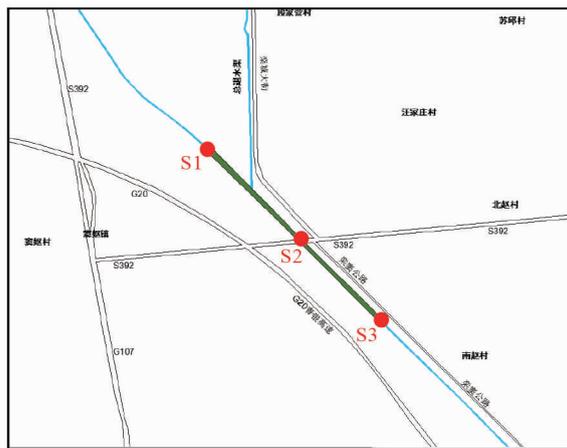


图1 采样点布置示意图

Fig. 1 Sampling point layout

**1.3 分析方法** 研究周期为2017年1—12月,每月采集水质样品一次,通过测定各样品相关水质指标浓度,分析其水质指标变化规律。测定指标主要有pH、化学需氧量COD<sub>Cr</sub>、氨氮NH<sub>3</sub>-N、总氮TN和总磷TP。水质指标的测定方法参照《水和废水监测分析方法》<sup>[8]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 pH的沿程变化** 通过对研究河段的pH测定结果分析(图2),该河段水体pH总体处于7~9,符合地表水标准对pH的要求。

**2.2 COD浓度的沿程变化** 从图3可看出,湿地入口S1的

**基金项目** 国家重点研发计划(2016YFC0401405);河北省水利科研项目(2018-08)。

**作者简介** 魏飒(1981—),女,河北安国人,高级工程师,硕士,从事水资源与水环境等方面研究。

**收稿日期** 2019-05-09

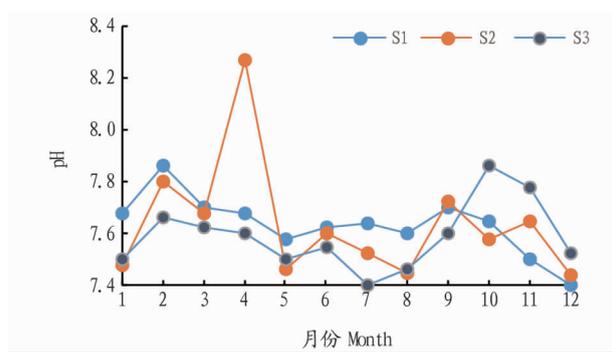


图2 pH的沿程变化

Fig. 2 Change of pH along the path

COD 浓度在 45~112 mg/L 波动,波动范围较大;中间衡井桥下 S2 的 COD 浓度在 36~65 mg/L;湿地出口 S3 的 COD 浓度在 21~45 mg/L 波动,相对比较稳定。污水在湿地中流动时, COD 的降解速率随着迁移距离的延长呈先快后慢的趋势<sup>[9]</sup>, 故由 S1 至 S2, COD 降解率达 33%, 而由 S2 至 S3, COD 降解率为 27%。从时间序列来看,随着温度的升高,植物生长旺盛, COD 降解率逐渐增加,汛期之后,温度降低,植物生长缓慢, COD 降解率呈现持平或逐渐降低的趋势。此外,湿地中的碎石层和专用微生物填料也为微生物生长提供了环境,从而有利于有机物的降解<sup>[10]</sup>。

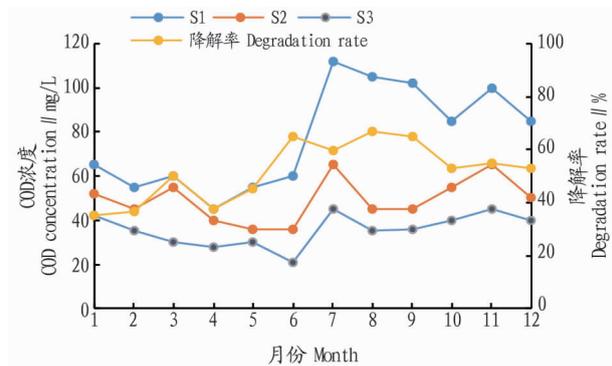
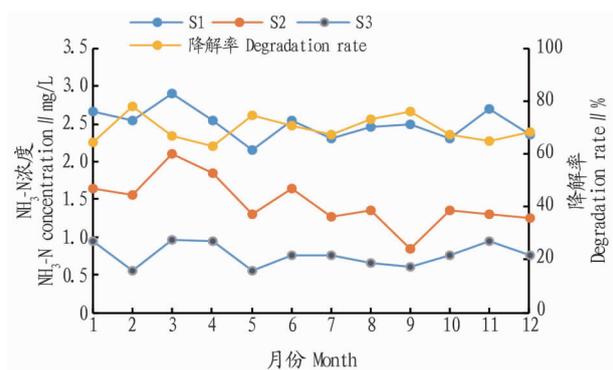


图3 COD浓度的沿程变化

Fig. 3 Change of COD concentration along the path

**2.3 NH<sub>3</sub>-N 浓度的沿程变化** 从图 4 可看出,湿地入口 S1 的 NH<sub>3</sub>-N 浓度在 2.15~2.90 mg/L 波动,中间衡井桥下 S2 的 NH<sub>3</sub>-N 浓度在 1.25~2.10 mg/L 波动,湿地出口 S3 的 NH<sub>3</sub>-N 浓度在 0.55~0.96 mg/L 波动,达到地表水环境质量 III 类标准,故湿地对 NH<sub>3</sub>-N 具有较好的降解效果。

**2.4 TN 浓度的沿程变化** 从图 5 可看出,湿地入口 S1 的 TN 浓度在 20.5~28.6 mg/L 波动,中间衡井桥下 S2 的 TN 浓度在 9.55~20.4 mg/L 波动,湿地出口 S3 的 TN 浓度在 4.65~10.05 mg/L 波动。从空间上考虑,湿地前半程降解速率较低,后半程降解速率较高;从时间序列考虑,年度降解速率相对稳定。湿地出口处 S3 的 TN 浓度仍远高于地表水环境质量标准的要求,这是由于洹河作为城市行洪河道,河岸边坡均有衬砌,在一定程度上降低了水体的自净能力;此外,由于其本底值过高,即使经过人工湿地,其浓度也未能得到有效降解。故为控制水华暴发,保障水体生态环境稳定性,

图4 NH<sub>3</sub>-N 浓度的沿程变化Fig. 4 Change of NH<sub>3</sub>-N concentration along the path

需强化修复降低水体氮元素含量。

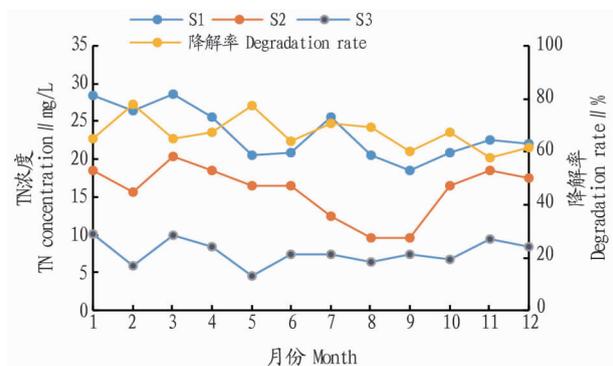


图5 TN 浓度的沿程变化

Fig. 5 Change of TN concentration along the path

**2.5 TP 浓度的沿程变化** 从图 6 可看出,湿地入口 S1 的 TP 浓度在 0.73~1.21 mg/L 波动,中间衡井桥下 S2 的 TP 浓度在 0.49~0.96 mg/L 波动,湿地出口 S3 的 TP 浓度在 0.32~0.66 mg/L 波动。从空间上考虑,湿地前半程降解速率较低,后半程降解速率较高;从时间序列考虑,自汛期之后降解速率略有提高。但湿地出口 S3 处的 TP 浓度大多月份仍不能满足地表水环境质量标准,尽管人工种植了挺水植物且沉水植物也有生长,但对水体 TP 浓度有主要贡献的 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 被生物吸收利用量不足。故应据此修复完善湿地水体生态系统。

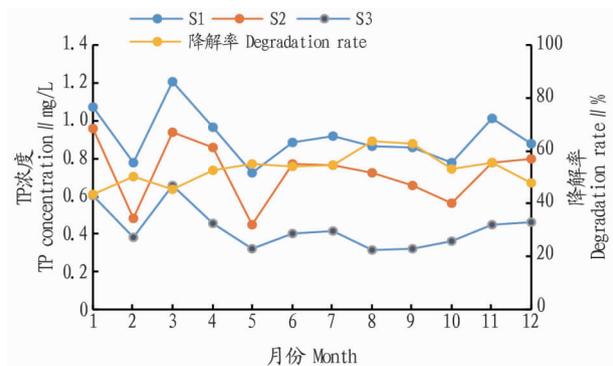


图6 TP 浓度的沿程变化

Fig. 6 Change of TP concentration along the path

**2.6 水质评价** 根据水功能区划要求,洹河水质评价采用 V 类标准。采用单因子和综合指数评价法对洹河湿地水质 (下转第 62 页)

耕地质量,努力提高耕地生态承载力。

第二,降低耕地生态足迹深度。要控制生态足迹,可以通过提倡节约资源、节约消费等手段,降低人均生态足迹,以减少生态赤字。

第三,合理配置土地资源,必须对耕地进行严格的保护。从规划层面严格控制土地利用类型的转变,有效实行耕地补偿机制,尽可能保证补偿耕地面积不小于建筑用地开发占用面积,适度退耕还林,加大补偿力度。

### 参考文献

- [1] WACKERNAGEL M, REES W E. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective [J]. *Ecological economics*, 1997, 20(1): 3-24.
- [2] 曹文亚. 基于生态足迹的德阳市耕地脆弱性研究[J]. *四川林业科技*, 2018, 39(4): 69-72.
- [3] NICCOLUCCI V, BASTIANONI S, TIEZZI E B P, et al. How deep is the footprint? A 3D representation [J]. *Ecological modelling*, 2009, 220(20): 2819-2823.
- [4] VAN DEN BERGH J, GRAZI F. On the policy relevance of ecological footprints [J]. *Environmental science & technology*, 2010, 44(13): 4843-4844.
- [5] NICCOLUCCI V, GALLI A, REED A, et al. Towards a 3D national ecological footprint geography [J]. *Ecological modelling*, 2011, 222(16): 2939-2944.
- [6] 樊玉杰, 董世杰, 杨佳. 基于耕地生态足迹的昭通市耕地可持续发展评价[J]. *中国市场*, 2017(31): 46-47.
- [7] 靳相木, 柳乾坤. 基于三维生态足迹模型扩展的土地承载力指数研究:

以温州市为例[J]. *生态学报*, 2017, 37(9): 2982-2993.

- [8] 王琦, 易桂花, 张廷斌, 等. 基于生态足迹模型的四川省耕地资源评价[J]. *长江流域资源与环境*, 2018, 27(1): 80-87.
- [9] 周丽萍, 戚瑞生, 冯进军. 2002—2015年临夏州耕地生态足迹动态研究[J]. *中国农学通报*, 2018, 34(2): 35-41.
- [10] Global Footprint Network. Accounting for demand and supply of the Biosphere's regenerative capacity: the National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. 2011 Edition. Oakland [EB/OL]. (2012-08-05) [2019-05-10]. [http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Methods\\_Paper\\_Draft\\_2011.pdf](http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Methods_Paper_Draft_2011.pdf).
- [11] 世界自然基金会(WWF). 地球生命力报告 2018 [R/OL]. (2018-10-30) [2019-05-10]. [http://www.wwfchina.org/content/press/publication/2018/LPR2018\\_Full%20Report.pdf](http://www.wwfchina.org/content/press/publication/2018/LPR2018_Full%20Report.pdf).
- [12] 世界自然基金会(WWF). 中国生态足迹与可持续消费研究报告 [R/OL]. (2014-04-03) [2019-05-10]. <http://www.wwfchina.org/content/press/publication/2014/CN2014footprint.pdf>.
- [13] 薛若哈. 生态足迹模型视角下的福建省可持续发展评价[J]. *合肥学院学报(综合版)*, 2017, 34(2): 16-19, 50.
- [14] 世界环境与发展委员会. 我们共同的未来[M]. 王之佳, 柯金良, 译. 长春: 吉林人民出版社, 1997: 100-200.
- [15] 方恺, HEIJUNGS R. 自然资本核算的生态足迹三维模型研究进展[J]. *地理科学进展*, 2012, 31(12): 1700-1707.
- [16] 方恺. 生态足迹深度和广度: 构建三维模型的新指标[J]. *生态学报*, 2013, 33(1): 267-274.
- [17] 福建省统计局. 福建统计年鉴 [EB/OL]. (2018-08-27) [2019-05-10]. <http://www.stats-fj.gov.cn/xxgk/ndsj/>.
- [18] 福建省国土资源厅. 福建省第二次全国土地调查主要数据成果公报 [EB/OL]. (2014-07-04) [2019-05-10]. [http://www.mlr.gov.cn/tz/tz/tz/gdcd/dccg/gscg/201407/t20140704\\_1322754.htm](http://www.mlr.gov.cn/tz/tz/tz/gdcd/dccg/gscg/201407/t20140704_1322754.htm).

(上接第 54 页)

进行评价,评价结果见表 1。从评价结果可以看出,湿地入口 S1 处的水质为 V 类,湿地出口 S3 的水质则达到了 II 类,说明人工湿地对于改善水质状况有着明显的作用。

表 1 水质评价结果

Table 1 Water quality assessment results

采样点 Sampling point	综合指数 Composite index	评价结果 Evaluation results
湿地入口 S1 Wetland entrance S1	4.872	V类
衡井桥下 S2 Hengjing Bridge under S2	3.399	IV类
湿地出口 S3 Wetland exit S3	1.828	II类

### 3 结论与讨论

水体经过人工湿地后, pH 相对稳定, 湿地对水中主要污染物 COD、NH<sub>3</sub>-N、TN、TP 的降解效果明显, 但 TN、TP 仍维持在较高的水平, 不能满足地表水环境质量标准。故建议通过生物调控技术完善湿地水体生态系统, 进一步增加生态修复措施, 降低河道发生水体富营养化的风险。经水质评价, 湿地出口处 S3 的水质达到了 II 类, 说明人工湿地对于改善

水质状况有着明显的作用。当然, 仅根据监测指标进行水质评价尚存在缺陷, 下一步应增加 BOD<sub>5</sub>、SS 及重金属等指标以实现对接河水质的全面分析。

### 参考文献

- [1] 河北省住房和城乡建设厅. 河北省城市(县城)建设统计年报(2011-2014年) [R]. 2012-2015.
- [2] 张丽, 韩乔, 司马卫平. 人工湿地污水处理技术综述 [J]. *山西建筑*, 2007, 33(28): 204-205.
- [3] 耿瑞鹏, 洪剑明. 人工湿地净化污水机理研究进展 [J]. *南水北调与水利科技*, 2006, 4(5): 43-45.
- [4] 焦有权. 人工湿地处理生态系统污水的研究进展 [J]. *中国农村小康科技*, 2007(2): 31-33.
- [5] 王飞宇, 洪剑明, 靖德兵, 等. 人工湿地生态系统污水净化研究进展 [J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(12): 5641-5643, 5689.
- [6] 李兆欣, 赵斌斌, 顾永钢, 等. 北京典型再生水补水型河道水质变化分析 [J]. *北京水务*, 2016(5): 1-4.
- [7] 马丽娜, 张慧, 檀文炳, 等. 河北滦河人工湿地水体溶解性有机物性质的演化过程研究 [J]. *光谱学与光谱分析*, 2016, 36(1): 206-211.
- [8] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 [M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 102-284.
- [9] BORIN M, SALVATO M. Effects of five macrophytes on nitrogen remediation and mass balance in wetland mesocosms [J]. *Ecological engineering*, 2012, 46: 34-42.
- [10] 李君华. 人工湿地对接河水水质改善效果的分析与评价 [D]. 石家庄: 河北科技大学, 2016.