

工程实例

人工快渗系统在神定河水质提升中的应用

李刘柱, 李洪飞, 杜 辉
(天津市水利工程有限公司, 天津 300222)

摘 要: 采用高密度沉淀+人工快渗工艺对神定河河道水质进行提升,分析了人工快渗处理系统对污染物的去除效果和工艺优势。工程实践表明,人工快渗系统对COD的平均去除率为82.03%,氨氮平均去除率为92.08%,总磷平均去除率为87.39%,这三项出水指标均达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的Ⅲ类水标准;对SS的去除率为92.74%,出水SS可达10 mg/L以下。

关键词: 河道治理; 高密度沉淀; 人工快渗

中图分类号: TU99 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)02-0079-04

Application of Constructed Rapid Infiltration Process in Water Quality Improvement of Shending River

LI Liu-zhu, LI Hong-fei, DU Hui

(Tianjin Water Engineering Co. Ltd., Tianjin 300222, China)

Abstract: The high-density sedimentation and constructed rapid infiltration (CRI) process were used to improve water quality of Shending river. The removal efficiency and technical advantage of CRI project were analyzed. It showed that the removal rate of COD, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ and TP of CRI system were 82.03%, 92.08% and 87.39% respectively. The removal rate of SS was 92.74% and the effluent SS was less than 10 mg/L. The final effluent quality could meet level Ⅲ criteria of *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838-2002).

Key words: river regulation; high-density sedimentation; constructed rapid infiltration

神定河属于南水北调中线工程核心水源区腹地——十堰地区重要的水系,是丹江口库区上游十堰控制单元五条不达标入库河流之一。其水环境治理质量的好坏,对南水北调中线工程水源区水环境安全有着重大影响。

快渗系统作为一种典型水处理工艺,在当今的河道水质提升中正发挥着越来越重要的作用。传统渗滤工艺具有占地面积大、水力负荷低等缺点^[1],而经过改良的人工快渗系统,采用具有一定颗粒级配的天然介质,并掺入一定量的特殊填料^[2],既能保证较高的水力负荷^[3],又能满足出水目标。人工

快渗系统由预处理、人工快渗处理及后处理三部分组成,经过多年的应用和发展,已成为国家重点环境保护实用技术之一^[4]。

1 设计进、出水水质

根据2006年—2014年水质监测数据,神定河水质为劣Ⅴ类,主要超标因子有COD、氨氮、总磷。2014年—2015年,随着污水收集系统的完善、面源污染的削减与生态修复的进一步开展,河流水质有所改善,但断面水质仍为劣Ⅴ类。

根据“十二五”规划要求,该项目水质净化工程出水主要指标需达到《地表水环境质量标准》(GB

3838—2002)的Ⅲ类(非库湖)标准。

主要指标如表1所示。

表1 进水水质和出水要求

Tab.1 Influent quality and discharge standard

项目	设计进水/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	设计出水/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除率/ %
COD	17~180	≤ 20	≥ 50
$\text{NH}_3 - \text{N}$	1.7~26.0	≤ 1.0	≥ 50
TP	0.6~1.7	≤ 0.2	≥ 50
SS	64~212	≤ 14	≥ 50

2 工艺选择与工艺流程

综合考虑神定河水水质现状及出水水质要求,并结合十堰市经济情况,通过工艺对比分析,采用高密度沉淀与人工快渗结合的处理工艺对流经十堰市主城区的神定河上游来水进行处理。

工艺流程见图1。

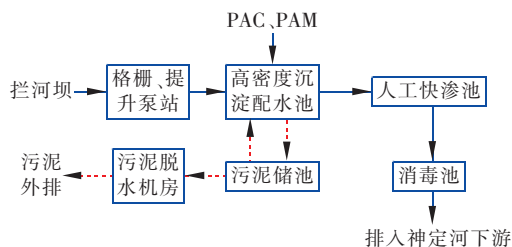


图1 深度处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of advanced wastewater treatment process

经拦水坝截留的河水,自流进入格栅渠和提升泵集水池,经提升后进入高密度澄清池。高密度澄清池由集成式絮凝区、沉淀区、污泥浓缩区组成,在絮凝区投加絮凝剂及助凝剂^[5]进行絮凝反应后,进入沉淀区进行泥水分离,去除大部分TP、SS及部分有机物。沉淀池出水经配水池均匀分配到各人工快渗池进行深度处理。快渗池通过慢滤、吸附、生物降解^[6]等物理和生物化学过程,将河水中剩余的污染物进一步去除,再经紫外消毒,主要指标达到地表Ⅲ类水质后,最终排入神定河下游。

3 人工快渗池

人工快渗是本工程的主体工艺,主要利用快渗池的物理过滤和生化反应进一步去除COD、TP、SS、氨氮等污染物。快渗池剖面示意图见图2。在快渗池内,河水经管式布水系统喷洒在填料层上面,实现均匀布水和预充氧。快渗池上部填充粒径为2.0~2.5 mm的填料,通过过滤进一步截留污水中的SS^[7-8]和非溶解性COD等。下部采用粒径为2~8

cm且比表面积较大的特性填料,为微生物提供良好的附着载体。经人工接种,使填料迅速挂膜,通过异养型微生物的吸附和生化降解作用去除COD和BOD₅;当到达某一池深后,有机物大部分被降解,硝化细菌开始发挥主导作用,发生氨氮的硝化^[9-10];当污水下渗到底层填料时,溶解氧被消耗殆尽,此时反硝化细菌成为该填料段内的优势菌群,将硝态氮转化为氮气,实现反硝化,从而实现系统氨氮和总氮的削减。

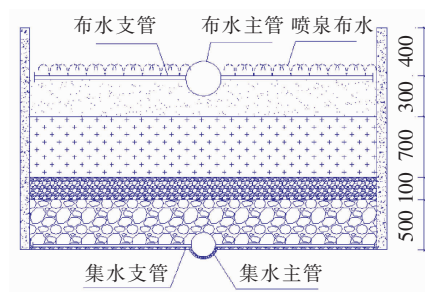


图2 人工快渗池结构

Fig.2 Structure of constructed rapid infiltration

4 运营维护

人工快渗池按 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的水量进行设计,共设计18座,单池面积为1029 m^2 ,总面积为19551 m^2 。设计水力负荷为 $2.66 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,单池布水周期为4次/d,单次布水时间为0.5 h。在系统运行过程中,需要每周不少于一次对快渗池表面5~10 cm的填料进行扒松,当快渗池出现堵塞时,需对池表面35~50 cm的填料层进行翻耕晾晒,晾晒中应翻松成凸起堆状,从而稳定快渗池的渗透能力,减少下渗时间,增强复氧能力,提高处理效果。

5 处理效果

① 对COD的去除效果

图3为人工快渗系统对COD的去除效果。

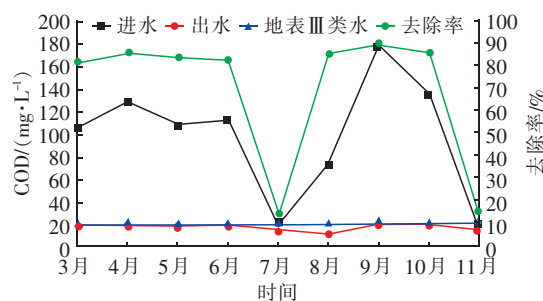


图3 人工快渗系统对COD的去除效果

Fig.3 Removal effect of COD by constructed rapid infiltration process

进水 COD 浓度为 17 ~ 180 mg/L, 3 月—11 月出水 COD 都在 20 mg/L 以下, 平均去除率为 82.03%, 稳定达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 的Ⅲ类水标准。

② 对氨氮的去除效果

图 4 为人工快渗系统对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果随时间的变化。

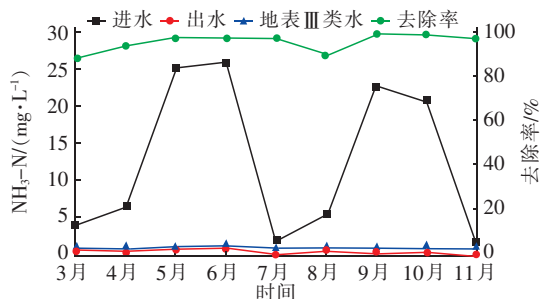


图 4 人工快渗系统对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果

Fig. 4 Removal effect of $\text{NH}_3\text{-N}$ by constructed rapid infiltration process

进水氨氮在 1.7 ~ 26 mg/L 之间, 系统出水氨氮在 1 mg/L 以下, 平均去除率为 92.08%, 稳定达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 的Ⅲ类水标准。

③ 对总磷的去除效果

人工快渗系统对 TP 的去除效果见图 5。进水总磷为 0.65 ~ 1.76 mg/L, 系统出水总磷为 0.06 ~ 0.18 mg/L, 平均去除率为 87.39%。对总磷的去除, 高密度沉淀池是主要贡献者。

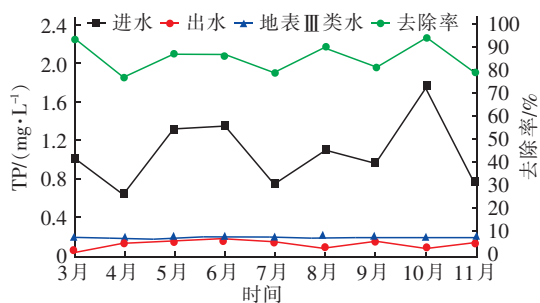


图 5 人工快渗系统对 TP 的去除效果

Fig. 5 Removal effect of TP by constructed rapid infiltration process

④ 对 SS 的去除效果

人工快渗系统对 SS 的去除效果随时间的变化见图 6。进水 SS 为 64 ~ 212 mg/L, 出水 SS 为 7 ~ 14 mg/L, 人工快渗系统对 SS 的平均去除率为

92.74%。

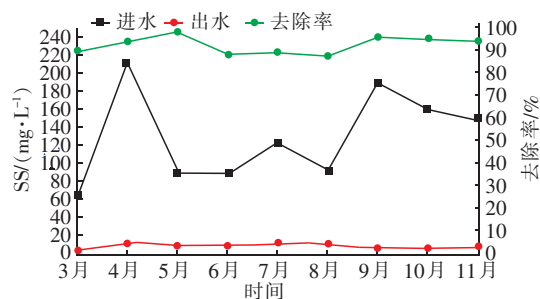


图 6 人工快渗系统对 SS 的去除效果

Fig. 6 Removal effect of SS by constructed rapid infiltration process

6 运行费用

① 运行电费。该项目总耗电量为 $193.67 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h/a}$, 电价按 0.66 元/(kW·h) 计算, 则电费为 127.82 万元/a, 折合吨水成本为 0.060 元/ m^3 。

② 工资福利。该项目建成后, 人员编制为 22 人, 工资按 3 000 元/(人·月) (包括福利费、劳保等) 计, 则总人工费用为 79.20 万元/a, 折合吨水成本为 0.043 元/ m^3 。

③ 药剂费。药剂费为 122.82 万元/a, 折合吨水成本为 0.067 元/ m^3 。

④ 污泥处置费。该项目每年产生 80% 含水率的污泥 5 110 t, 全部污泥承包外运至垃圾填埋场, 处置费为 25.55 万元/a, 折合吨水成本为 0.014 元/ m^3 。

⑤ 维护维修费。参照其他已运行工程, 分为工程设施及设备大修费。按固定资产的 0.5% 计算, 日常检修维护费为 16.25 万元/a, 折合吨水成本费用为 0.009 元/ m^3 。

⑥ 其他费用。合计 0.077 元/ m^3 。

综上, 运营成本为 0.27 元/ m^3 。

7 结论

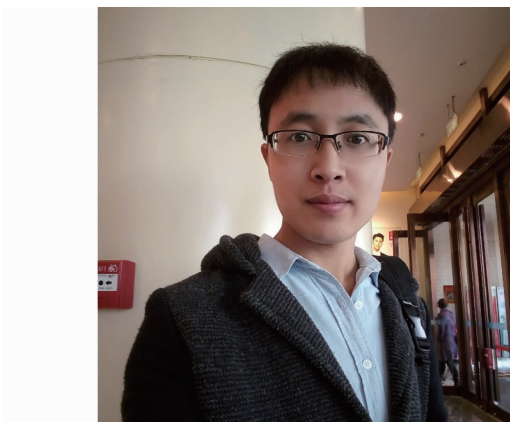
① 人工快渗系统对神定河水 COD、氨氮、总磷和 SS 具有良好的处理效果, 正常运行情况下, 对 COD 的去除率为 82.03%, 对氨氮的去除率为 92.08%, 对总磷去除率为 87.39%, 这三项出水指标达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 的Ⅲ类水标准。对 SS 去除率为 92.74%, 出水 SS 可达 10 mg/L 以下。

② 人工快渗系统处理效果好、低能耗、操作简单, 单位运营成本为 0.27 元/ m^3 。

参考文献:

- [1] 潘彩萍,王小奇,钟佐桑,等. 人工快渗处理牛湖河水的实践[J]. 中国给水排水,2004,20(9):71-72.
Pan Caiping, Wang Xiaoqi, Zhong Zuoshen, *et al.* The practise of treatment on NiuHu river with constructed rapid infiltration. [J]. China Water & Wastewater, 2004,20(9):71-72(in Chinese).
- [2] 张金炳,陈鸿汉,钟佐桑,等. 人工快速渗滤复合系统处理洗浴污水的试验研究[J]. 水文地质工程地质, 2001,28(6):30-32.
Zhang Jinbing, Chen Honghan, Zhong Zuoshen, *et al.* Study on constructed rapid infiltration for bath wastewater [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2001, 28 (6):30-32(in Chinese).
- [3] 汪民,吴永锋,钟佐桑. 污水快速渗滤土地处理[M]. 北京:地质出版社,1993.
Wang Min, Wu Yongfeng, Zhong Zuoshen. Rapid Infiltration Soil Treatment for Wastewater[M]. Beijing: Geology Press,1993(in Chinese).
- [4] 刘家宝. 人工快速渗滤系统污染物去除机理及其处理效果研究[D]. 北京:中国地质大学,2006.
Liu Jiabao. Study on Wastewater Treatment Efficiency and Mechanism of Constructed Rapid Infiltration [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2006 (in Chinese).
- [5] 侯艳玲. 城市污水处理厂化学除磷工艺优化运行与控制系统研究[D]. 北京:清华大学,2010.
Hou Yanling. Study on Chemical Phosphorus Removal Technology Optimizing Operation and Control System of Municipal Wastewater Treatment Plant [D]. Beijing: Tsinghua University,2010(in Chinese).
- [6] 王枫,骆灵喜,刘欢,等. 人工快速渗滤系统中人工快渗池对污染物的去除效果研究[J]. 环境污染与防治,2013,35(5):58-63.
Wang Feng, Luo Lingxi, Liu Huan, *et al.* Study on pollutants removal efficiency of constructed rapid infiltration tanks in constructed rapid infiltration system

- [J]. Environmental Pollution & Control,2013,35(5): 58-63(in Chinese).
- [7] Weaver M A, Zablotowicz R M, Krutz L J, *et al.* Microbial and vegetative changes associated with development of a constructed wetland[J]. Ecol Indic, 2012,13(1):37-45.
- [8] 康爱彬. 人工快渗系统除磷方法和多段处理工艺研究[D]. 北京:中国地质大学,2006.
Kang Aibin. Study on Phosphorus Removal Method and Multi-stage Treatment Process of Constructed Rapid Infiltration System [D]. Beijing: China University of Geosciences,2006(in Chinese).
- [9] Ma L,Sun X,Liang X,*et al.* Biological nitrogen removal by nitrification-denitrification in constructed rapid infiltration land system to treat municipal wastewater [J]. J Food Agric Environ,2009,7(3):795-798.
- [10] Xu W,Zhang J,Yun L. NH_3 -N degradation dynamics and calculating model of filtration bed height in constructed soil rapid infiltration[J]. Chin Geogr Sci, 2011,21(6):637-645.



作者简介:李刘柱(1989-),男,天津人,硕士,助理工程师,主要从事污水处理相关技术工作。

E-mail:13102126780@163.com

收稿日期:2018-08-09

借自然之力,护绿水青山