

基于纳污河道处理农村生活污水的生态组合技术

袁兴程, 李 丹

(江苏师范大学 化学化工学院, 江苏 徐州 221116)

摘 要: 为改善农村河流环境状况,因地制宜地选择纳污河道构建“植物栅+接触氧化池+垂直流人工湿地+浮水植物”的组合净化系统,接纳和处理农村生活污水。工程实施后,系统出水COD、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP等浓度显著下降,去除率分别达77.1%、84.1%、70%、58.8%,河流水质得到明显改善。

关键词: 纳污河道; 农村生活污水; 生态组合技术

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)06-0098-04

Treatment of Rural Domestic Sewage by Ecological Combination Process in Wastewater-receiving River

YUAN Xing-cheng, LI Dan

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China)

Abstract: The river receiving wastewater was used to treat rural domestic sewage via combined treatment system including plant gate, contact oxidation, artificial wetland and floating plant unit. The full-scale project has demonstrated that the water quality of river was greatly improved. The removal of SS, COD, $\text{NH}_3\text{-N}$ and TP was 84.1%, 77.1%, 70% and 58.8%, respectively.

Key words: river receiving wastewater; rural domestic sewage; ecological combination process

随着农村生活水平的提高,农村生活排水量迅速增加,而多数村庄没有完整的排水系统和污水处理设施^[1]。生活污水经简单处理或没有处理直接排入河道,造成农村河道污染严重,严重影响了居民的生活与农村水环境质量,同时也威胁到下游河流或湖泊的水质^[2,3]。农村水环境管理水平低,经济基础薄弱。为此,因地制宜地选择废弃的河道、坑塘来接纳和处理生活污水,开发出设备简单、易于管理、投资运行费用低的农村生活污水处理技术是非常必要的。

目前较普遍的处理农村污水的办法是将多种工艺进行组合以达到强化系统净化能力的目的^[4],如生物接触氧化与人工湿地^[5-7]、稳定塘与人工湿

地^[8]、生物净化槽与生态浮床^[9]、厌氧好氧工艺与土地处理等组合工艺^[10,11]。实践证明,组合工艺相对于单个系统而言,污染物去除效果更优,具有较好的耐负荷冲击性,可明显改善出水水质。

结合某项目工程特点,选择纳污河道构建“植物栅+接触氧化池+垂直流人工湿地+浮水植物”的组合净化系统,接纳和处理农村生活污水,以达到削减入河污染负荷的目的。

1 工程概况

1.1 工程背景

项目位于江苏省沛县张庄镇某村(见图1)。该村地理位置优越,人口密度大,是附近自然村的商品集散地,现有人口为2 840人,共896户,耕地面积

为 172 hm²。村内主要河流是八段河和徐沛河,水流汇入沛沿河,然后再汇入京杭大运河。

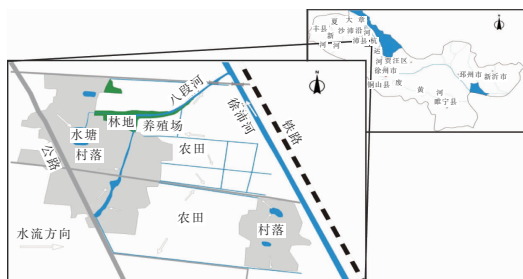


图1 地理位置

Fig. 1 Location map of project

该村已建设完成沼气池 140 余座,改厕 160 座,

新农村区的环境得到较大的改观。但是,通过对该村的实地调查发现,农户和集市中生活污水以及生活垃圾依然没有得到处理,生活污水直接排到八段河,沿河堆满了生活垃圾,夏季能闻到刺鼻的臭气,沿河周围地下水已不能饮用,环境状况很差,并且间接影响着京杭运河的水质。

通过现场调查,决定对八段河部分河段进行改造,构建生态组合净化系统接纳和处理该村的生活污水,达到削减入河污染负荷的目的。

1.2 生态组合工艺流程及特点

该工艺流程由植物栅、接触氧化池、垂直流人工湿地和浮水植物四个处理单元串联组成,见图 2。

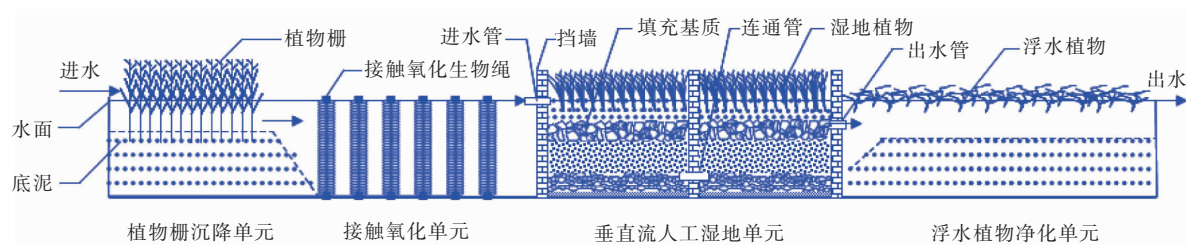


图2 工艺流程

Fig. 2 Technological process

① 植物栅沉降单元。主要利用物理沉降、吸附作用,以及生物的吸收和微生物降解作用。在修整后的河道中种植大型水生植物(芦苇、香蒲、柳条等),建成植物格栅,既对生活污水或地表径流中的体积较大的漂浮物、泥沙等进行拦截,使部分悬浮物质沉降下来,还可以去除地表径流中的氮、磷以及其他有机污染物。

② 接触氧化单元。使用高性能接触过滤材料——生物绳^[12],生物绳是新型接触氧化材料,污水水流与生物绳相接触,使微生物附着在生物绳上形成生物膜,从而将污水中的有机物氧化分解。在生物绳的中心附近,由于水中溶解氧量减少,这类微生物可以消耗掉水中的硝酸盐氮,从而达到脱氮的效果。

③ 垂直流人工湿地单元。人工湿地对污水的处理综合了物理、化学和生物三种作用。湿地系统成熟后,填料表面和植物根系将形成生物膜。污水流经生物膜时,大量的 SS 被填料和植物根系阻挡截留,有机污染物则通过生物膜的吸收、同化及异化作用而被去除。湿地系统中因植物根系对氧的传递释放,使其周围的环境中依次出现好氧、缺氧、厌氧状

态,保证了污水中的氮、磷不仅能通过植物和微生物作为营养吸收,而且还可以通过硝化、反硝化作用去除。最后湿地系统通过更换填料或收割栽种植物将污染物最终去除。

④ 浮水植物净化单元。浮水植物为植物体悬浮水上或只有叶片浮生水面的植物,利用其净化水质,可以进一步处理污水中的营养盐,改善河流的生态环境,达到强化净化的效果。

1.3 主要处理单元设计

实施工程的河段长约 1 km,上宽为 8 m,有效水面宽为 2 m,水深为 0.8 m。工程自污染排放源约 50 m 处开始,依次设置植物栅沉降单元 100 m、接触氧化池单元 10 m、垂直流人工湿地 40 m、浮水植物净化单元 50 m,共计 200 m,有效占地面积约为 400 m²,构筑物占地面积为 100 m²。整个系统处理水量约为 285 ~ 450 m³/d, HRT 为 17 ~ 28 h。

① 植物栅沉降单元。修整河道,有效水面约 2 m,水深为 0.8 m,以每间隔 10 ~ 15 cm 的密度种植挺水植物芦苇,作为植物栅,长约 100 m,主要起到拦截、沉淀水中的颗粒物和泥沙的作用。

② 接触氧化单元。以上游水面高度为水平

线,向下挖深0.5 m,修整硬化,建成长为10 m、上宽为2 m、下宽为1.5 m、深为1.5 m的梯形渠。选用接触氧化生物绳置于梯形渠内,生物绳为PP+K-45 材质:聚丙烯+维尼纶,比表面积为 $1.6 \text{ m}^2/\text{m}$,密度为 $1.24 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。生物绳呈绳索状,将其上下两端固定在框架上,设置标准为纵横间隔10 cm。因此, 1 m^3 的框架生物绳的安装量为100 m。接触氧化单元使用生物绳约2 km,计 20 m^3 。污水与生物绳接触使微生物附着在生物绳上形成生物膜,在生物绳表面附着的微生物使污水中的有机物被氧化分解而达到水质净化。

③ 垂直流人工湿地单元。垂直流人工湿地由下行流池和上行流池串联而成,每池尺寸为 $2 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}$,两池中间隔墙底部孔洞相连通,采用穿孔管多点均匀进水,集水管出水。本系统共计串联20个单体池。下行池底部为排水层,填料为100 mm厚、粒径为40~80 mm的鹅卵石;中部采用300 mm厚的高炉炉渣填充,炉渣粒径为30~50 mm,试验证明该填料质量轻,颗粒质地坚硬,粒径可分级,其水溶液的pH值呈中性,对污染物具有较好的吸附作用,尤其对磷具有较快和较好的吸附效果;中上部采用100 mm的碎石,主要是石灰岩,粒径为10~30 mm,该部分可以防止湿地的涌水,维持湿地稳定;上部覆盖100 mm的熟土,种植湿地植物香蒲、水葱、美人蕉等。上行流池填料与下行流池填料一致,进出水方向相反。

④ 浮水植物单元。面积约 100 m^2 ,选择当地优势种水花生,种植在垂直流人工湿地下游,长度为50 m,宽度覆盖整个河面,吸收水体中的营养物质,提高水体透明度,达到强化净化的效果。

2 结果与分析

2.1 运行效果

工程建成后,2010年5月—9月先后6次取样监测分析运行效果,主要对COD、SS、 NH_3-N 、TP等四项指标进行分析。

① SS

对SS的去除效果见图3,可以看出,系统对SS有较好的去除效果,特别是植物栅单元,经过植物栅单元后,71%的SS被去除,进入接触氧化单元后,SS为 $20 \text{ mg}/\text{L}$;人工湿地单元出水SS已经降到 $8 \text{ mg}/\text{L}$;浮水植物单元出水受到植物的影响,SS略有上升;总体上,系统对SS的去除率为84.1%。

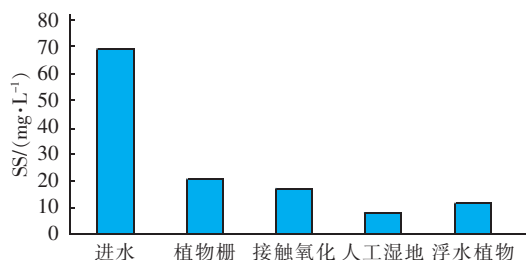


图3 各单元出水SS浓度变化

Fig.3 SS concentration of each unit effluent

② COD

对COD的去除效果见图4,可以看出,系统对COD有较好的去除效果,其中人工湿地单元的去除效果最好(去除率为56.8%);系统出水COD为 $28.2 \text{ mg}/\text{L}$,去除率为77.1%。

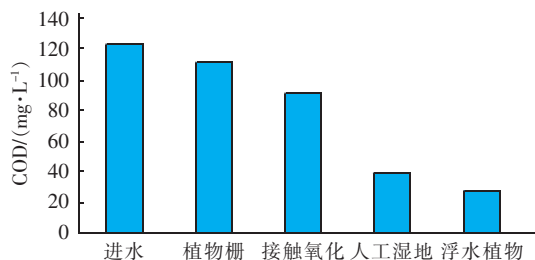


图4 各单元出水COD浓度变化

Fig.4 COD concentration of each unit effluent

③ NH_3-N

对 NH_3-N 的去除效果见图5,可以看出,系统对 NH_3-N 有较好的去除效果,其中人工湿地单元的去除效果最好(去除率为36.5%);系统出水 NH_3-N 为 $7.02 \text{ mg}/\text{L}$,去除率为70%。

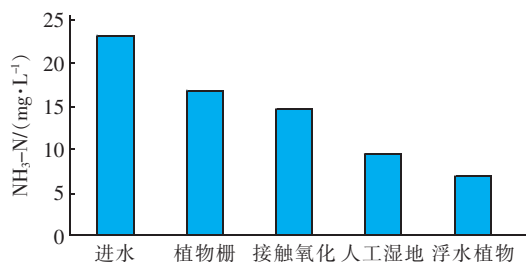


图5 各单元出水 NH_3-N 浓度变化

Fig.5 NH_3-N concentration of each unit effluent

④ TP

对TP的去除效果见图6,可以看出,系统对TP也具有较好的去除效果,人工湿地单元去除效果明显,系统去除率为58.8%;尽管如此,系统出水TP浓度依然很高,在一定程度上影响了水质。

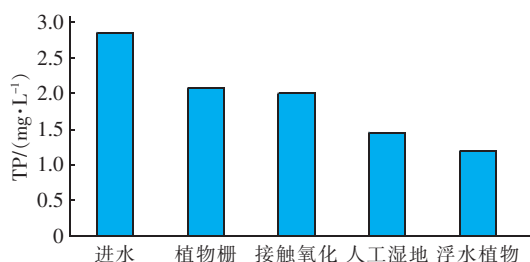


图6 各单元出水 TP 浓度变化

Fig. 6 TP concentration of each unit effluent

综上所述,通过工程的实施,系统出水 SS、COD、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TP 等浓度显著下降,去除率分别达 84.1%、77.1%、70%、58.8%,已达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准。因此,河流水质得到明显改善,达到了削减入河污染负荷的目的。

2.2 经济效益

整个工程的建设投资为 4 万元,其中建筑工程费为 2.5 万元,设备购置及运输安装费为 1.2 万元,绿化及景观建设费为 0.3 万元。主要运行成本为人工费和维护修缮费,其中人工费约 0.6 万元/a(需日常维护人员 1 名,负责淤泥清除、植物补种、收割管理等,月工资为 500 元),维护修缮费为 0.2 万元/a,整个组合工艺一年运行总成本约为 0.8 万元。

3 结论

基于纳污河流的生态组合净化系统是通过废弃河道进行改造,构建农村生活污水的净化系统。该系统适用于废弃的小型纳污河流,接纳和处理农村生活污水和农业面源污染,达到削减入河负荷的目的,具有处理能力大、能耗小、成本低、操作维护简单、污染物去除效果好的优点。平原河网区河网分布密度大,可根据河流使用功能和现状,因地制宜地选择生态组合净化系统,削减农村生活污染和农业面源污染负荷是比较可行的,具有一定的推广价值。

参考文献:

- [1] 王世君. 生态组合系统处理农村生活污水的研究[J]. 环境科技, 2011, 24(4): 42-46.
- [2] 刘峰, 苏宏智. 中国农村生活污水处理技术的研究现状[J]. 污染防治技术, 2010, (5): 24-26.
- [3] 钱海燕, 陈葵, 戴星照, 等. 农村生活污水分散式处理研究现状及技术探讨[J]. 中国农学通报, 2014, 30

(33): 176-180.

- [4] 马琳, 贺锋. 我国农村生活污水组合处理技术研究进展[J]. 水处理技术, 2014, 40(10): 1-5.
- [5] 桂双林, 王顺发, 吴永明, 等. 太阳能驱动生物滤塔-人工湿地组合工艺处理农村生活污水[J]. 水处理技术, 2013, 39(8): 134-136.
- [6] 袁兴程, 李丹. 生物绳填料净化河流的效果及微生物群落分析[J]. 环境工程, 2016, 34(4): 48-53.
- [7] 许加星, 徐力刚, 姜加虎, 等. 生化生态组合湿地系统对农村生活污水的净化效果研究[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(9): 1815-1822.
- [8] 蔡明凯, 张智, 焦世珺. AF-人工湿地-生态塘工艺处理养殖废水[J]. 给水排水, 2010, 36(2): 66-70.
- [9] 张增胜, 徐功娣, 陈季华, 等. 生物净化槽/强化生态浮床工艺处理农村生活污水[J]. 中国给水排水, 2009, 25(9): 8-11.
- [10] 任珊珊, 薛帅征, 崔朝锋, 等. 厌氧-人工潜流型湿地技术处理农村生活污水[J]. 给水排水, 2013, 39(Z1): 155-158.
- [11] 郑彦强, 卢会霞, 许伟, 等. 地下渗滤系统处理农村生活污水的研究[J]. 环境工程学报, 2010, 4(10): 2235-2238.
- [12] Yuan X C, Qian X, Zhang R B, et al. Performance and microbial community analysis of a novel bio-cord carrier during treatment of a polluted river[J]. Bioresour Technol, 2012, 117: 33-39.



作者简介:袁兴程(1982-), 男, 江苏沛县人, 博士, 讲师, 注册环评工程师, 注册环保工程师, 研究方向为污水处理、河流水环境治理及环境影响评价。

E-mail: yxingcheng@163.com

收稿日期: 2016-06-16