

“治、用、保”模式在农村水环境综合整治中的应用

金立建^{1,2}, 黄凯³, 杨华³

(1. 山东省环境保护科学研究设计院有限公司, 山东 济南 250013; 2. 天津大学 环境科学与工程学院, 天津 300072; 3. 山东省环科院环境工程有限公司, 山东 济南 250013)

摘要: 为有效解决农村水污染问题,需探索建立适合农村的环境综合治理模式。借鉴山东省近年来在流域治污上逐步探索建立的“治、用、保”模式,立足农村实际,在污染治理环节采用运行成本低、易于维护管理的生物转盘工艺;生态保护环节采用人工潜流湿地与河道走廊湿地对出水进一步处理;综合处理后出水可用于河道景观与农业灌溉,实现水资源循环再利用。

关键词: 农村生活污水; 生物转盘; 人工湿地

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)10-0119-04

Application of Control, Utilization and Protection in the Treatment of Rural Domestic Sewage

JIN Li-jian^{1,2}, HUANG Kai³, YANG Hua³

(1. Shandong Academy of Environmental Science Co. Ltd., Jinan 250013, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 3. Environmental Engineering Co. Ltd. of SAES, Jinan 250013, China)

Abstract: In order to effectively solve the problem of water pollution in rural areas, it is necessary to establish a comprehensive management model suitable for rural environment. Referring to the model of control, utilization and protection established in Shandong Province in recent years, the rotating biological contactor process with low operating cost and easy maintenance was adopted to control pollution based on local reality. The subsurface flow wetland and the surface flow wetland were adopted for ecological protection. After comprehensive treatment, the effluent could be used for river landscape and agricultural irrigation to realize the recycling utilization of water resources.

Key words: rural domestic sewage; rotating biological contactor; constructed wetland

目前农村污水处理面临多种难题,包括污水处理路线不明、粪尿污水对污水处理设施造成较大负荷、运行成本较高且对人员值守操作存在特定要求等。我国农村污水处理不能照搬城市污水集中处理的老套路,而要与低碳、循环、再利用、生态要求相结合。明确适宜的治污路线、加强污水分类、采取低运行成本污水处理设施成为解决问题的关键^[1-2]。

山东省近年来根据国外治污经验与国内现状,逐步提出适合发展中地区的“治、用、保”流域治污新模式^[3],以“因地制宜、低碳运行”为设计原则。

“治”环节设计采用运行费用低、易于管理维护的生物转盘工艺,在技术层面最大程度保证污水处理设施的投入使用及稳定运行。“保”环节利用村庄周围现有的沟渠及浅滩面积,建设小型人工湿地,通过合理布水、种植水生植物(芦苇、香蒲、菹草等),稳定并提高污水处理设施出水水质,同时提升环境承载力。“用”环节利用村庄附近季节性河道,通过设置拦水设施层层拦蓄,形成一个个大水面,作为景观用水并回用于农业灌溉,最大限度地实现村庄内水资源循环利用,减少废水排放。

1 工程概况

某工程所在村镇位于当地水源地保护区上游,前期生活污水直排进入河道,近年来排放量逐步增加,河道水质污染问题日益突出,对水源地保护区水环境产生重要影响,同时对当地居民生活环境产生健康危害。为有效解决这一水环境污染问题,保障下游饮用水水源地水质,拟建设一座污水处理设施,设计处理规模为 $600 \text{ m}^3/\text{d}$,设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准,出水排入潜流湿地与河道走廊湿地,经进一步处理后达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅳ类标准。设计进、出水水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent quality and discharge standard

项 目	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	pH 值
进水	≤ 400	≤ 40	6~8
污染治理“治”出水	≤ 40	≤ 2.0	6~8
生态保护“保”出水	≤ 25	≤ 1.5	6~8

2 工艺流程与设计参数

2.1 工艺流程

为实现长效运行,优先选择流程简洁、自控运行稳定的工艺;同时考虑到运行现场距居民区较近,噪声污染需严格控制。综上,污染治理环节主体生物单元采用生物转盘^[3],生物转盘出水经定盘过滤处理,出水经紫外线消毒处理后排入人工湿地。生物转盘上脱落的生物膜亦由定盘过滤排泥装置定期排至污泥池。生态保护环节设计采用“潜流湿地+河道走廊湿地”组合工艺,出水排入河道用于景观与农田灌溉。整体工艺流程如图 1 所示。该工艺流程具有如下优势:

① 污染治理工艺无鼓风机曝气系统,节能高效、运行费用低,同时运行中噪声 $< 50 \text{ dB}$,无噪声二次污染;盘片载体使用寿命长,无曝气器、生物填料等易损件,维护工作量小。

② 污染治理整体工艺配备 PLC 自动控制系统,实现完全自动化、智能化控制,运行管理简便易行。

③ 生态保护环节因地制宜采用现有沟渠与浅滩等可利用区域;人工湿地一方面净化水质,同时可提高区域环境观赏性,成为村民休闲娱乐场所。

④ 外排水可用于景观与灌溉回用,最大限度

地实现村庄内水资源循环利用,减少废水排放。

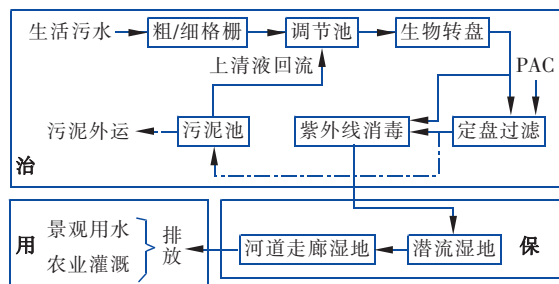


图 1 工艺流程

Fig. 1 Flow chart of sewage treatment process

2.2 设计参数

2.2.1 污染治理环节

① 集水井与格栅

由于现有管网排放口距污水站约 1.2 km ,综合考虑污水收集方式及调节池埋深等情况,在现有污水收集管网末端设置集水井、格栅与提升水泵,进行一次提升。集水井设计停留时间为 20 min ,污水进集水井前设置提篮格栅拦截漂浮污物,集水井设置 2 台潜污泵 ($Q = 30 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 300 \text{ kPa}$, $N = 5.5 \text{ kW}$, 1 用 1 备),为便于维护,采用软管式安装。

② 调节池

集水井内污水经提升进入调节池,设计停留时间为 6.0 h ,用以调节水量与水质。考虑到服务区域内畜禽养殖废水会有间歇性排入,为提高系统抗冲击负荷能力,调节池中放置生物填料与射流曝气装置,用以缓冲污染负荷急剧升高的情况。射流泵 1 台,流量为 $180 \text{ m}^3/\text{h}$;射流曝气器 6 套,进水量为 $30 \text{ m}^3/\text{h}$,进气量为 $30 \text{ m}^3/\text{h}$;生物填料填充比为 60% 。调节池设置提升泵 ($Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 90 \text{ kPa}$, $N = 1.1 \text{ kW}$, 2 用 1 备),经二次提升后进入生物转盘。

③ 生物转盘

设计采用新型生物转盘集成设备,盘片为立体网格状结构,大大增加了盘片的比表面积,有效降低了占地面积,同时有利于空气的流通。设计采用 2 台生物转盘,并联运行。 BOD_5 面积负荷率为 $20 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,抗冲击负荷能力为 $18 \sim 130 \text{ kgBOD}_5/(\text{台} \cdot \text{d})$,面积 $\geq 3000 \text{ m}^2$,转盘转速为 $3 \sim 5 \text{ r/min}$,单组运行功率为 3.15 kW 。

④ 定盘过滤

为有效保障出水水质,排出盘片上脱落的生物膜,转盘出水进入由纤维滤布滤池升级而成的定盘

过滤器。该系统由箱体、滤盘、空心转轴、清洗系统、排泥系统、驱动装置及控制系统组成。滤盘垂直布置,过滤期间滤盘处于静态,有利于污泥的沉积。过滤与清洗可同步运行,设备使用效率高。滤布过滤水头最大为3 kPa,滤速为15 m/h。

⑤ 紫外线消毒

为保证出水满足卫生学指标,设计采用运行维护简捷的管道式紫外线消毒器1套,含4支紫外线灯管,功率为320 W/支。

2.2.2 生态保护环节

① 潜流湿地

潜流湿地占地约1 667 m²,其中有效面积为1 200 m²,设置8个单元,单元尺寸均为15 m×10 m,水力负荷为50 cm/d,每个处理单元均设置雨水排放口。为保障均匀配水,一方面分4组并联运行,4组之间由主配水渠通过插板闸门调节配水量;另一方面每组由配水支渠通过三角堰向两侧均匀分配。湿地床主要由砾石层与防渗层组成。砾石层由两部分组成:上层采用粒径1~3 cm的细砾石,厚度60 cm;下层为粒径3~5 cm的火山岩陶粒,厚度20 cm;填料总铺设厚度为80 cm。防渗层部分底部黏土压实,铺设HDPE膜。湿地主要种植千屈菜(15株/m²)、水葱(10株/m²)及黄花鸢尾(10株/m²)。

② 表流湿地

利用现有河道设置河道走廊湿地,河道长度约1 000 m,植物种植面积约6 000 m²。为保证足够的水力停留时间,设计3座溢流坝形成汇水区域。河道两岸浅水处种植黄花鸢尾、香蒲、芦苇、水葱等挺水植物。

3 建设及运行状况

3.1 建设情况

建设与调试共历时5个月,其中调试期约1个月。生物转盘设备调试进水温度约15~20℃,调试初期接种活性污泥,进而通过逐步增加进水量,提高进水负荷。

通过合理安排工期,将植物种植时间安排在4月中下旬,通过水位控制与遮阴处理,提高成活率。

3.2 运行控制要素

① 污染治理

该环节设备自动化运行程度较高,自控系统将进水水位、转盘联动、定时排泥、故障停运与复位等运行指令进行了完整编排,可满足运行需要。保持

自动运行状态,通过建立日常巡检制度即可满足运行需求。日常维护保养主要包含格栅处污物日常清理、生物转盘驱动系统(链条部分)润滑保养等。

② 生态保护

为保障良好的运行与景观效果,需建立并落实完善的运行维护制度。主要包含进出水口日常清理巡检(每日1~2次)、及时清理杂草与植物残留物、冬季集中大面积收割、定期排空(生长期內每个月一次)与停床轮作(视出水水质调整)。

3.3 运行数据

经运行调试稳定后,20天的连续运行监测数据如图2、3所示。

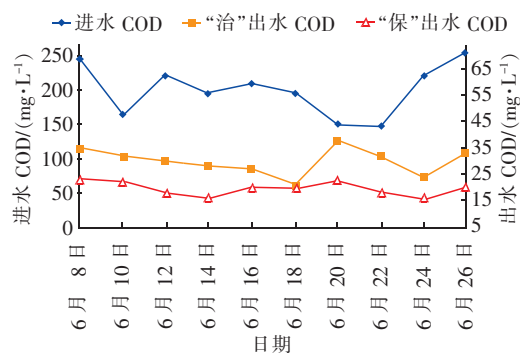


图2 “治、用、保”模式 COD 去除效果

Fig. 2 COD removal efficiency by control, utilization and protection process

图2表明“治、用、保”模式对COD实现了有效去除。进水COD平均值为201 mg/L,污染治理环节出水平均值为30 mg/L,经生态保护环节进一步降解,最终出水COD平均值为19.5 mg/L,优于地表Ⅳ类水标准。

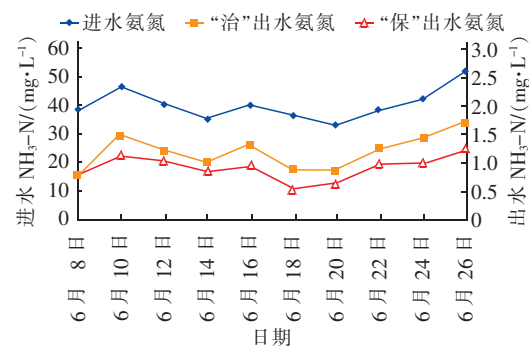


图3 “治、用、保”模式 NH₃-N 去除效果

Fig. 3 NH₃-N removal efficiency by control, utilization and protection process

图3表明,“治、用、保”模式对氨氮实现了有效

去除,主要得益于调节池内射流曝气与填料的多重复合强化作用,氨氮得到快速降解,生态保护环节氨氮出水平均值为 0.96 mg/L ,优于地表Ⅳ类水标准。

3.4 投资与运行成本

该项目总投资约为430万元,污染治理环节投资>228万元,相关设备购置费、安装费投资约为170万元,相关建筑物、构筑物及厂区工程投资约58万元。生态保护环节投资约202万元,其中河道土方、溢流坝、潜水区构筑物等投资141万元;植物种植及相关费用约61万元。

该项目运行功率为 15.3 kW ,运行系数为0.8,电价为 $0.8\text{ 元}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,设备巡检人员一名,工资为 $1\,000\text{ 元}/(\text{人}\cdot\text{月})$ 。综合考虑电费、药剂费、人工费,处理成本约 $0.46\text{ 元}/\text{m}^3$,其中包含污水管网二次提升约 $0.15\text{ 元}/\text{m}^3$ 。

4 结论

该工程参照“治、用、保”治污模式,以生态建设为出发点,多角度综合考虑治污效果,运行后可实现点源污染的有效治理,对COD、氨氮分别减排 82 t/a 、 8.4 t/a 。该模式处理成本为 $0.46\text{ 元}/\text{m}^3$,且可进一步挖潜降低。同时,该项目生态保护环节具有良好的景观效果,为居民提供了休闲娱乐场所,可为乡村环境治理提供工程借鉴。

参考文献:

- [1] 李蕾,方圣琼,顾超,等. 小城镇和农村污水处理与资源化技术研究[J]. 污染防治技术,2003,16(4):58-62.
- Li Lei, Fang Shengqiong, Gu Chao, *et al.* Study on small town and rural sewage treatment and utilization method

[J]. Pollution Control Technology, 2003, 16(4): 58-62 (in Chinese).

- [2] 王凤,邹斌,潘春芳,等. 农村生活污水典型处理技术与发展[J]. 中国资源综合利用,2009,27(8):41-43.
- Wang Su, Zou Bin, Pan Chunfang, *et al.* Rural areas domestic wastewater treatment technologies and development [J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2009, 27(8): 41-43 (in Chinese).
- [3] 韦真周,范庆丰,容继,等. 生物转盘处理小城镇生活污水工程实例[J]. 水处理技术,2016,42(2):133-136.
- Wei Zhenzhou, Fan Qingfeng, Rong Ji, *et al.* A case history of treating urban sewage by rotating biological contactor[J]. Technology of Water Treatment, 2016, 42(2): 133-136 (in Chinese).



作者简介:金立建(1979-),男,河北沧州人,工学硕士,高级工程师,主要从事水处理工程技术研究。

E-mail: jlj354@163.com

收稿日期:2018-07-30

加强水土保持, 打造绿水青山