

南京市江心洲农村污水分散处理技术及应用

黄伯平^{1,2}, 李晓慧³

(1. 五矿建设有限公司, 江苏 南京 210012; 2. 河海大学 环境学院, 江苏 南京 210098;
3. 南京水利科学研究所, 江苏 南京 210029)

摘要: 为把江心洲建设成生态科技岛, 分别采用厌氧生物滤池/净化浮岛工艺对洲泰村的生活污水进行处理, 采用生物滤池/人工湿地/稳定塘工艺对永定村西组养殖废水和生活污水进行处理, 采用厌氧塘/兼性塘/生物塘工艺对白鹭村生活污水进行处理, 采用一体式生物接触氧化/土地渗滤工艺对永定村东组生活污水进行处理。实际运行结果表明, 四种处理工艺的出水水质均达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 B 标准, 同时运行管理简单、建设和运行费用低, 在农村地区具有良好的应用推广价值。

关键词: 农村生活污水; 生物滤池; 人工湿地; 生物接触氧化; 土壤渗滤

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)06-0102-04

Decentralized Rural Domestic Wastewater Treatment Technology in Jiangxinzhou of Nanjing City

HUANG Bo-ping^{1,2}, LI Xiao-hui³

(1. Minmetals Land Limited, Nanjing 210012, China; 2. College of Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract: Various kinds of rural domestic wastewater treatment technology have been applied in different villages in Jiangxinzhou of Nanjing city in order to make it into an Eco-island. The sewage in Zhoutai village was treated by a combined process of anaerobic biological filter and purification floating island. The aquaculture wastewater and sewage in Yongding village west group was treated by integrated process of biological filter, artificial wetland and stabilization pond. In addition, the sewage in Bailu village was purified by combined process of anaerobic pond, facultative pond and biological pond, while the sewage in Yongding village east group was treated by integrated biological contact oxidation and soil infiltration unit. All the effluent from the four processes above could reach the first level class B criteria of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002). The good performance together with easy management low construction investment and low operation cost provides the good showcase of the decentralized treatment technologies in rural area.

Key words: rural domestic wastewater; biological filter; artificial wetland; biological contact oxidation; soil infiltration

江心洲位于南京市西南部, 隶属于南京市建邺区, 下辖白鹭村、永定村、洲泰村 3 个行政村, 产业结构以农业为基础, 以旅游业为主。2009 年, 新加坡与南京市合作开发建设江心洲, 旨在将江心洲建

设成国际一流水准的新加坡·南京生态科技岛。

秉持低影响开发 (LID) 理念, 为保留江心洲农俗旅游的特色, 保护、修复并强化自然生态系统成为设计的中心主题, 而其中三个村庄的污水处理更成

为重中之重。

由于农村生活污水处理量小、水质水量变化大,排放不连续,其气候、地理环境、地形条件及生活习惯等因素差异性大更给污水处理的工艺与技术形式选择带来很大困难。根据处理效果好、因地制宜、维护管理简单、运行费用低、工艺流程简单的原则,结合白鹭村、永定村、洲泰村的人口、地形地质、水文等实际情况,分别选择了不同的生态技术、生物技术及组合技术。江心洲现状概化示意图1。



图1 江心洲现状概化示意

Fig. 1 Sketch map of current situation of Jiangxinzhou

1 厌氧生物滤池/净化浮岛工艺

洲泰村现状人口约718人,村民生活用水定额按《建筑给水排水设计规范》(GB 50015—2003)(2009年版)第3.1.9条中普通住宅Ⅱ类取150 L/(人·d),平均流量约108 m³/d,依据《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)(2014年版)第3.1.3条取变化系数为1.3,则生活污水量为140 m³/d。考虑远期人口的增长,洲泰村生活污水处理工程的设计总规模为180 m³/d。监测结果显示,污水COD为60~200 mg/L、TN为20~40 mg/L、NH₄⁺-N为10~25 mg/L、TP为1.0~2.5 mg/L。主要出水水质指标要求达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级B标准,即COD≤60 mg/L、TN≤20 mg/L、NH₄⁺-N≤8 mg/L、TP≤1 mg/L。

根据江心洲的远景规划,确定洲泰村的生活污水处理工艺(见图2)。

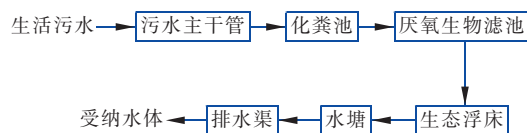


图2 洲泰村污水处理工艺流程

Fig. 2 Domestic sewage treatment process of Zhoutai village

生活污水经主干管收集至化粪池,接着进入厌氧生物滤池,然后流入设置了净化浮岛的水塘,由水塘出水口进入排水渠,最终进到受纳水体。厌氧生物滤池采用地埋式,内部分为布水区、填料(反应)区和过滤区三个部分(见图3)。

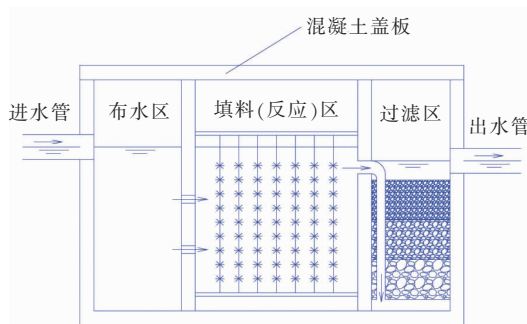


图3 厌氧生物滤池

Fig. 3 Anaerobic biological filter

净化浮岛采用环保PE材质框体,由木桩牵拉固定,设计在河道布置净化浮岛1300 m²,寒季植物以圆叶草(铜钱草)为主,暖季植物以蕹菜(空心菜)为主,其他还有香蒲、水葱、再力花、红蓼、黄菖蒲等。

该工艺投入运行后,处理效果较好、出水水质稳定,出水平均COD为13.27 mg/L、BOD₅为4.85 mg/L、NH₄⁺-N为1.65 mg/L、TP为0.36 mg/L,对COD、NH₄⁺-N、TP的去除率分别达到81.0%、81.9%、75.2%。

2 生物滤池/人工湿地/稳定塘工艺

永定村西组常住人口为75人,养殖生猪近500头,故该区组以生猪养殖废水和农民生活污水为主要处理对象,生活污水量约14.6 m³/d;另外,按每头猪产生18 L/d的废水量计算,养殖废水量约9 m³/d,故总设计水量约25 m³/d。监测结果显示,污水COD为114~665 mg/L、TN为113~314 mg/L、NH₄⁺-N为65~217 mg/L、TP为5~35 mg/L。主要出水水质执行一级B标准。考虑到永定村西组

农户分散建有化粪池与沼气池,采用组合式生态处理工艺(见图4)。

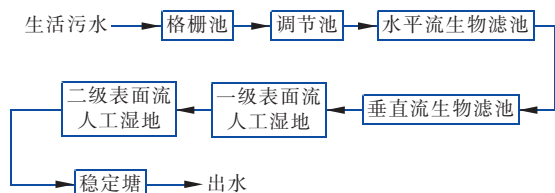


图4 永定村西组污水处理工艺流程

Fig.4 Domestic sewage treatment process of Yongding village west group

格栅池设计尺寸($L \times B \times H$)为 $2.4 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} \times 0.7 \text{ m}$,主要进行预处理,用于截留大的漂浮物及悬浮物、初次沉淀大颗粒杂物。格栅池溢出水进入调节池,其设计尺寸($L \times B \times H$)为 $7.5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$,悬浮颗粒与泥沙被进一步沉淀截留,调节池最大蓄水深度为 0.9 m ,当来水量过大时,多于设计水量的污水可通过溢流管直接进入一级表面流人工湿地进行处理。水平流生物滤池设计尺寸($L \times B$)为 $8 \text{ m} \times 4 \text{ m}$,从下向上分为两层:下层填放稻草,上层覆盖种植狐尾藻,通过稻草表面附着的大量厌氧和兼性厌氧微生物、狐尾藻根系表面好氧微生物的代谢以及狐尾藻本身生长吸收养分等作用,水平流生物滤池对N、P、COD及重金属等有较好的处理效果,同时随着狐尾藻的生长覆盖,臭味得到有效的控制。垂直流生物滤池单元设计尺寸($L \times B$)为 $5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$,三座垂直流生物滤池并联运行,每个单元从下向上依次填充碎木块、稻壳、稻草、土壤,利用附着在这些生物质材料表面的微生物进行脱氮、固磷,同时土壤层还可吸附重金属和磷,在土壤层种植美人蕉,还具有良好的景观效果。垂直流生物滤池出水后,进入由水稻田改建而成的表面流人工湿地。表面流人工湿地以所种植物不同而分为两级三段(其中一级分为前后两段,二级为一段式),一级表面流人工湿地前段种植梭鱼草,用以缓冲垂直流生物滤池的出水并通过植物吸收去除部分N、P、COD,后段种植狐尾藻,进一步拦截去除N、P、COD;一级表面流人工湿地与二级表面流人工湿地保持 0.15 m 以上的高差,出水通过溢流堰由一级表面流人工湿地自流进入二级表面流人工湿地,二级表面流人工湿地主要种植有西洋菜、水芹、空心菜等适合当地生长的水生蔬菜,不仅具有水质净化效果,还会产生一定的经济效益。稳定塘设计尺寸($L \times B$)为 $35 \text{ m} \times 12$

m ,按面积比为 $1:1$ 分成前后两段,深度分别为 0.6 m 及 1.0 m ,前段栽种挺水植物(香蒲、荷花),后段栽植沉水植物(金鱼藻、菹草),稳定塘四周种植芦苇,对污水进一步处理。

经过半年试运行后,2013年3月—11月对本系统出水水质进行了监测,数据显示:出水COD、TN、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、TP浓度分别为 42 、 5.6 、 1.4 、 0.6 mg/L ,达到一级B标准,去除率整体保持在 80% 以上。

3 厌氧塘/兼性塘/生物塘工艺

白鹭村现状人口约 1523 人,村民生活用水定额取 $150 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$,变化系数为 1.3 ,生活污水量为 $297 \text{ m}^3/\text{d}$,考虑远期发展,白鹭村生活污水处理工程的设计总规模为 $350 \text{ m}^3/\text{d}$ 。该村的民宅沿中棚河零星分布,生活污水通过雨污明渠排入长约 1.5 km 、宽约 10 m 的中棚河,由于长期接纳未处理的生活污水,中棚河水质日益恶化,高温季节有黑臭现象。根据该村的实际情况和当地生活习惯,采用三级生态处理工艺对其生活污水进行处理(见图5)。

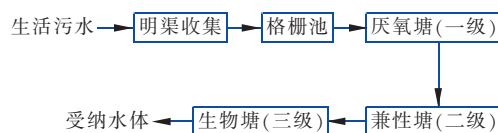


图5 白鹭村污水处理工艺流程

Fig.5 Domestic sewage treatment process of Bailu village

厌氧塘近似为长条形,设计尺寸为 $150 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$,安装人造土工布作为生物基质填料固定微生物,水力停留时间约 5 d 。兼性塘与生物塘形状不规则,水面面积分别约 2100 m^2 和 7800 m^2 ,水深均近 2 m ,其中:兼性塘采用水生植物修复与水生食草动物优化配置技术,由水生植物去除水体中部分N、P,水生食草动物去除部分水生植物,达到生态平衡;生物塘安装生态浮床,构建挺水植物、浮水植物浮岛,放养鱼类等高级水生动物,进一步去除水体中的N、P,并对塘体构建生态护岸,削减降雨面源污染。同时,对兼性塘/生物塘适时进行微气泡复氧、强化曝气,增加水体的溶解氧浓度,进一步强化脱氮和去除有机污染物。

经过半年试运行后,2013年3月—11月对本系统出水进行了监测,数据显示:进水COD为 $132 \sim 430 \text{ mg/L}$ 、出水COD基本稳定在 57 mg/L 以下,达到了一级B标准,去除率一般在 60% 以上,大部分时间接近 80% ;进水TN为 $20 \sim 30 \text{ mg/L}$,出水TN

大部分低于 5 mg/L, 达到一级 A 标准, 去除率 > 80%; 进水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 为 10 ~ 22 mg/L, 出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 大部分低于 8 mg/L、少部分低于 5 mg/L, 达到一级 A 标准, 去除率 > 90%; 进水 TP 为 1.0 ~ 2.5 mg/L, 出水 TP < 0.5 mg/L, 去除率 > 80%。

4 一体式生物接触氧化/土地渗滤工艺

永定村东组现状人口约 557 人, 按上文计算方法, 永定村东组生活污水处理工程的设计总规模为 120 m³/d。监测结果显示, 进水 COD 约 250 mg/L、TN 约 34 mg/L、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 约 23 mg/L、TP 约 4 mg/L, 主要出水水质需达到一级 B 标准。考虑永定村东组的土地紧凑, 本工程采用一体式生物接触氧化/土地渗滤工艺(见图 6)。

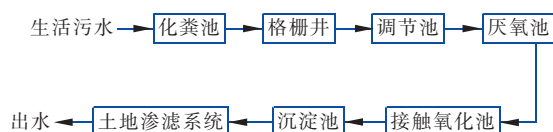


图 6 永定村东组污水处理工艺流程

Fig. 6 Domestic sewage treatment process of Yongding village east group

粪便污水首先进入化粪池, 经厌氧发酵后有机物得到部分分解, 然后与其他生活污水通过管道送到砖砌格栅井, 拦截粗大的漂浮物后再以自流方式流入调节池, 调节水量及进行水解酸化预处理, 调节池 HRT 约 9 h。调节池后的厌氧池内装有弹性填料, HRT 约 1.5 h。污水经厌氧反应后升流到生物接触氧化池。氧化池共分 3 格, 每格均安装弹性填料及曝气装置。污水经充氧后以一定流速流经填料, 与填料上的生物膜接触, 在生物膜及悬浮的活性污泥共同作用下, 大部分有机物得以去除。经氧化池处理后的污水溢流至沉淀池。沉淀池主要用于泥水分离, 兼作后续土壤渗滤池的布水井, 沉淀池 HRT 为 1.5 h, 出水(上清液)进入土地渗滤系统进行深度处理, 土地渗滤系统从下向上依次为: 防渗层(防渗土工膜构成)、厚 300 mm 的布水层(由级配碎石组成)、隔离层(可透水无纺布构成)、厚 800 mm 的渗滤层(由当地土、粗砂、碎石掺和而成)、厚 300 mm 的布水层(由瓜子片组成)、厚 400 mm 的表层(由种植土组成, 用于种花植草), 在这一阶段污水经过池内层层填料的过滤、吸附, 最终达标排放。

该工艺系统经 2013 年 3 月—11 月近 9 个月的运行, 监测数据显示: 出水 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、TN、TP 均达到一级 B 标准, 出水平均浓度分别为 41.4、4.3、13.3、0.5 mg/L, 各项指标的去除率都在 80% 以上。

5 结语

江心洲农村污水处理因地制宜, 采用几种不同的工艺, 从实际运行效果来看, 出水水质均稳定达到了一级 B 标准, 且投资少、能耗极低、运行费用低、维护管理简便, 对农村生活污水的分散处理具有良好的生态示范以及一定的借鉴、推广价值。

参考文献:

- [1] 黄治平, 张克强, 沈丰菊, 等. 巢湖流域农村生活污水处理技术模式调查和分析[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(1): 179 - 184.
- [2] 魏东洋, 董磐磐, 李杰, 等. 新型组合工艺在农村生活污水处理示范工程中的应用[J]. 中国给水排水, 2013, 29(18): 110 - 112.
- [3] 顾超. 上海浦东南片新农村的污水治理技术分析[J]. 中国给水排水, 2011, 27(2): 34 - 38.
- [4] 张悦, 段华平, 孙爱伶, 等. 江苏省农村生活污水处理技术模式及其氮磷处理效果研究[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(1): 172 - 178.
- [5] Montserrat Núñez, Jordi Oliver-Solà, Joan Rieradevall, et al. Water management in integrated service systems: accounting for water flows in urban areas[J]. Water Resour Manage, 2010, 24: 1583 - 1604.



作者简介: 黄伯平(1981 -), 男, 江苏泰兴人, 硕士, 工程师, 主要从事水利科学研究工作。

E-mail: wshbp@126.com

收稿日期: 2016 - 06 - 20