

## 南京市江心洲农村污水分散处理技术应用

黄伯平<sup>1</sup>, 李晓慧<sup>2</sup>

(1. 五矿地产控股有限公司, 南京 210012; 2. 南京水利科学研究院, 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, 四种处理工艺均达到《城镇污水处理厂排放标准》(GB18918-2002) 的一级 B 标准, 同时运行管理简单、建设和运行费用低, 对农村具有良好的应用推广价值。

**关键词:** 农村生活污水; 生物滤池; 净化浮岛; 人工湿地; 稳定塘; 三级生态塘; 生物接触氧化; 土壤渗滤

中图分类号: X703

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 02-0069-04

### Application of rural sewage treatment technology in Jiangxinzhou of Nanjing

HUANG Boping<sup>1</sup>, LI Xiaohui<sup>2</sup>

(1. Minmetals Land Holdings Limited, Nanjing 210012, Jiangsu;

2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, Jiangsu)

**Abstract:** For the construction of Jiangxinzhou Eco-Tech Island, anaerobic filter, purification floating island process was used to treat the Zhoutai Village sewage, the biological filter, artificial wetland, stabilization pond process was used to treat the West Group of Yongding Village aquaculture wastewater and sewage, anaerobic pond, facultative pond and biological pond process was used to treat the Bailu Village sewage. The integrated biological contact oxidation, soil infiltration process was used to treat the East Group of Yongding Village sewage. The operation results show that the four processes have met the first class, B standard of “discharge standard of pollutants for municipal wastewater treatment plant” (GB18918-2002). At the same time, thanks to simple operation, management and low operation cost, the technology has good application value in rural areas.

**Key words:** rural sewage; biological filter; purification floating island; artificial wetland; stabilization pond; three level of ecological pond; biological contact oxidation; soil infiltration

南京市江心洲位于南京市西南部的长江之中, 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, 旅游业为主。2009 年, 由新加坡某集团、江苏省南京市有关方面合作, 共同开发建设江心洲, 旨在营

造优美的自然生态最佳人居环境, 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, 建立一个位于生态友好环境中的、具有田园风光的、可持续发展的理想场所,

收稿日期: 2016-12-05

作者简介: 黄伯平 (1981-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事水环境相关工程技术研究工作。

使江心洲成为区域乃至全国的生态旅游目的地,保护、修复并强化自然生态系统成为设计的中心主题,而其中三个村庄的生物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,生活用水排放呈不连续状态,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,以处理效果好、因地制宜、维护管理简单、运行费用低、工艺流程简单为原则,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。

## 1 厌氧生物滤池、净化浮岛工艺

洲泰村现有人口约 718 人,村民生活用水定额按《建筑给水排水设计规范》GB50015-2003 (2009 版)第 3.1.9 条中普通住宅 II 类取 150L/(人·d),平均日流量约 108 m<sup>3</sup>/d,依据《室外排水设计规范》(2014 版)第 3.1.3 条取变化系数为 1.3,则生活污水量为 140 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/d。经水质监测, COD 为 60 ~ 200 mg/L、TN 为 20 ~ 40 mg/L、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 为 10 ~ 25 mg/L、TP 为 1.0 ~ 2.5 mg/L。主要出水水质指标要达到《城镇污水处理厂排放标准》(GB18918-2002)的一级 B 标准,即 COD ≤ 60 mg/L、TN ≤ 20 mg/L、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N ≤ 8 mg/L、TP ≤ 1 mg/L。结合将江心洲建设成生态科技岛的远景规划,为满足景观要求,因此洲泰村的生活污水处理选用无动力地理式厌氧生物滤池、净化浮岛组合工艺,见图 1。

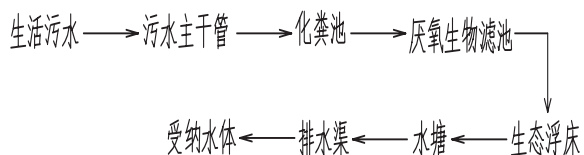


图 1 污水处理工艺流程一

生活污水经主管收集后流至化粪池,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,最终流到受纳水体。厌氧生物滤池采用地理式,内部工艺结构分为布水区、填料(反应)区和过滤区三个部分,见图 2。其中填料是厌氧生物滤池的主体,主要作用

是提供微生物附着生长的表面及悬浮生长的空间,而微生物则分别发挥水解酸化、生化及过滤等作用,将复杂的有机物分解成简单的有机物,最终形成甲烷等无害物质达到去除污染物的目的。

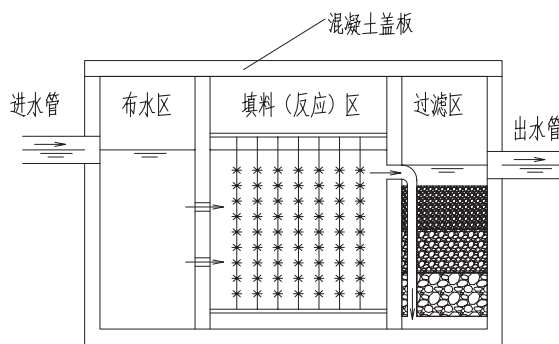


图 2 厌氧生物滤池工艺结构示意图

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 m<sup>2</sup>,选择冬季以圆币草(铜钱草)为主、暖季以薹菜(空心菜)为主,其他种植的植物还有香蒲、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,出水水质平均 COD 为 13.27 mg/L、BOD<sub>5</sub> 为 4.85 mg/L、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 为 1.65 mg/L、TP 为 0.36 mg/L,对 COD、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-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 75 人,养殖生猪近 500 头,故该组以生猪养殖废水和农民生活污水为主要处理对象,本工程生活污水量约 14.6 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/d,故总设计水量约 25 m<sup>3</sup>/d。经水质监测, COD 为 114 ~ 665 mg/L、TN 为 113 ~ 314 mg/L、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 为 65 ~ 217 mg/L、TP 为 5 ~ 35 mg/L。主要出水水质同样执行《城镇污水处理厂排放标准》(GB18918-2002)的一级 B 标准。考虑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 3。

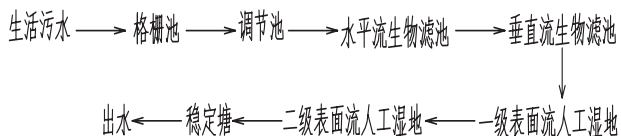


图 3 污水处理工艺流程二

格栅池设计规格( $L \times B \times H$ )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。格栅池溢流水进入调节池,调节池设计规格( $L \times B \times H$ )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 $0.9 \text{ m}$ ,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规格( $L \times B$ )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的养分等作用,水平流生物滤池能去除 $\text{N}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{COD}$ 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规格( $L \times B$ )为 $5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ ,三个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部分去除 $\text{N}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{COD}$ ,后段种植狐尾藻,进一步拦截去除 $\text{N}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{COD}$ ;一级表面流人工湿地与二级表面流人工湿地保持 $0.15 \text{ m}$ 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,还产生一定的经济效益。稳定塘设计规格( $L \times B$ )为 $35 \text{ m} \times 12 \text{ m}$ ,按面积 $1:1$ 分成前后两段,深度分别为 $0.6 \text{ m}$ 及 $1.0 \text{ m}$ ,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~2013年11月对本系统出水进行了监测,数据显示:出水 $\text{COD}$ 、 $\text{TN}$ 、 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 、 $\text{TP}$ 浓度分别为 $42$ 、 $5.6$ 、 $1.4$ 、 $0.6 \text{ mg/L}$ ,达到《城镇污水处理厂排放标准》( $\text{GB18918}-2002$ )的一级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

白鹭村现有人口约 $1523$ 人,村民生活用水定额取 $150 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ ,变化系数为 $1.3$ ,则生活污水量为 $297 \text{ m}^3/\text{d}$ ,考虑长期发展,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布置,生活污水通过雨污明渠排入约 $15000 \text{ m}^2$ 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生活污水进行处理,见图4。

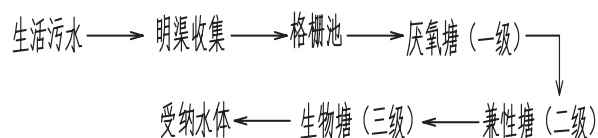


图4 污水处理工艺流程三

厌氧塘近似为长条形,设计规格 $150 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ ,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 $5 \text{ d}$ 。兼性塘与生物塘形状不规则,水面面积分别约 $2100 \text{ m}^2$ 和 $7800 \text{ m}^2$ ,水深均近 $2 \text{ m}$ ,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 $\text{N}$ 、 $\text{P}$ ,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 $\text{N}$ 、 $\text{P}$ ,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~2013年11月对本系统出水进行了监测,数据显示:进水 $\text{COD}$ 为 $132 \sim 430 \text{ mg/L}$ 、出水 $\text{COD}$ 基本稳定在 $57 \text{ mg/L}$ 以下,达到了一级B标准,去除率一般在 $60\%$ 以上,大部分时间近 $80\%$ ;  $\text{TN}$ 由进水 $20 \sim 30 \text{ mg/L}$ ,到出水 $\text{TN}$ 大部分 $< 5 \text{ mg/L}$ ,达到一级A标准,去除率在 $80\%$ 以上;  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 由进水 $10 \sim 22 \text{ mg/L}$ ,到出水 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 大部分 $< 8 \text{ mg/L}$ 、部分 $< 5 \text{ mg/L}$ ,达到一级A标准,去除率在 $90\%$ 以上;  $\text{TP}$ 进水为 $1.0 \sim 2.5 \text{ mg/L}$ ,出水 $\text{TP} < 0.5 \text{ mg/L}$ ,去除率在 $80\%$ 以上。



#### 4 一体式生物接触氧化、土地渗滤工艺

永定村东组现有人口约 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  $120 \text{ m}^3/\text{d}$ 。经水质监测分析,设计进水水质主要指标 COD 约  $250 \text{ mg/L}$ 、TN 约  $34 \text{ mg/L}$ 、 $\text{NH}_4^+-\text{N}$  约  $23 \text{ mg/L}$ 、TP 约  $4 \text{ mg/L}$ ,设计主要出水水质指标要达到《城镇污水处理厂排放标准》(GB18918-2002)的一级 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 5。

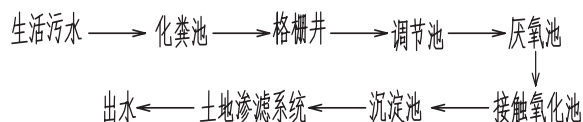


图 5 污水处理工艺流程图

农民粪便污水首先进入化粪池,经厌氧发酵后,其中的有机物得到部分分解,然后与其他生活废水通过管道送到砖砌格栅井,拦截污水中粗大的漂浮物后再以自留方式流入调节池,进行调节水量及水解酸化预处理,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,每格均装弹性填料及曝气装置,将其作为生物膜的载体,待处理的污水经充氧后以一定流速流经填料,与生物膜接触,在生物膜及悬浮的活性污泥共同作用下对污水进行净化,污水中的大部分有机物在接触氧化池内得以去除。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~2013 年 11 月期间近 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 GB18918-2002 的一级 B 标准,出水平均浓度分别为  $41.4$ 、 $4.3$ 、 $13.3$ 、 $0.5 \text{ mg/L}$ ,各项指标的去除率都在 80% 以上。

#### 5 结语

以上为江心洲农村污水处理的若干工艺,从实际运行效果来看均达到了《城镇污水处理厂排放标准》(GB18918-2002)的一级 B 标准,处理效果稳定,且投资少、能耗极低、运行费用低、维护管理简单方便,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 Nunez, Jordi Oliver-Sola, 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.

(责任编辑:华智睿)