



移动扫码阅读

李欲如,王晓敏,梅荣武.环境敏感区农村生活污水处理工艺设计案例分析[J].能源环境保护,2019,33(4):33-36.

LI Yuru, WANG Xiaomin, MEI Rongwu. Case analysis of rural domestic sewage treatment process design in environmental sensitive areas[J]. Energy Environmental Protection, 2019, 33(4): 33-36.

# 环境敏感区农村生活污水处理工艺设计案例分析

李欲如,王晓敏,梅荣武

(浙江省环境保护科学设计研究院,浙江 杭州 310007)

**摘要:**针对环境敏感区农村生活污水高标准处理要求,通过设计案例分析了初沉+ $A^2/O$ +混凝沉淀+过滤+人工湿地组合工艺的特点与处理效果。该工程处理规模为 $1\ 200\ m^3/d$ ,总投资615万元,运行成本为 $0.905\ 元/m^3$ 。运行结果表明,该组合工艺出水COD、 $NH_4^+-N$ 、TP浓度均稳定达到GB3838-2002 V类水体水质要求,出水TN浓度达到GB18918-2002一级A标准,对COD、 $NH_4^+-N$ 、TP、TN的去除率分别为86.7%、98.3%、92.7%和68.8%。

**关键词:**农村生活污水; $A^2O$ ;人工湿地

中图分类号:X703 文献标识码:A 文章编号:1006-8759(2019)04-0033-04

## Case analysis of rural domestic sewage treatment process design in environmental sensitive areas

LI Yu-ru, WANG Xiao-min, MEI Rong-wu

(Environmental Science Research & Design Institute of Zhejiang Province, Hangzhou 310007, China)

**Abstract:** In view of high requirements of rural domestic sewage treatment in environmental sensitive areas, the characteristics and treatment effect of a combined process “Primary sedimentation+ $A^2/O$ +Coagulation sedimentation+Filtration+Constructed wetland” were analyzed through case study. The design scale of this project is  $1\ 200m^3/d$ . The total investment is 6,150,000 RMB. The operation cost is 0.905 RMB/ $m^3$ . The operation results show that, with this combined process, the effluent COD,  $NH_4^+-N$  and TP concentrations satisfied the water quality standards of Class V in Surface Water Environmental Quality Standard (GB3838-2002), and the effluent TN concentration satisfied the water quality standards of Class IA in Discharge standard of pollutants for municipal wastewater treatment plant (GB18918-2002). The removal rates of COD,  $NH_4^+-N$ , TP and TN were 86.7%, 98.3%, 92.7% and 68.8%, respectively.

**Keywords:** Rural domestic sewage;  $A^2O$ ; Constructed wetland

## 0 引言

项目所在地为浙江省中部某乡,地处山区;随着全省各地“五水共治”的开展<sup>[1]</sup>,农村生活污水处理已成为制约当地可持续健康发展的一个重要因素<sup>[2]</sup>。项目所在地毗邻当地的饮用水源保护

区<sup>[3]</sup>,是饮用水源所在水库的集雨范围,生态环境保护要求较高,属于典型的环境敏感区。根据当地环保部门的要求,农村生活污水处理站出水主要指标COD、 $NH_4^+-N$ 、TP须执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中V类水标准,处理难度较大且无成熟案例可循。在前期多方调查研究的

收稿日期:2019-04-01

基金项目:水体污染控制与治理重大专项(2017ZX07206-004)

第一作者简介:李欲如(1981-),男,江苏宝应人,硕士,高级工程师,注册环保工程师,注册给排水工程师,主要从事水污染治理实用技术研发与工程化应用。E-mail:lyrowen@126.com

基础上,根据该地区地形因素、农村生活污水的特点及排放水质要求<sup>[4]</sup>,决定采用调节+初沉+A<sup>2</sup>/O+混凝沉淀+过滤+人工湿地组合处理工艺,项目于2016年10月建成并投入试运行,至今运行情况良好,可为类似的环境敏感区高排放标准农村生活污水处理提供较好的借鉴。

## 1 项目概况

### 1.1 设计水量

本项目收集范围为6个村,包括一所幼儿园和一所小学。根据当地人口自然增长率及人口规划,到2025年该区域人口预计为10 000人,采用人口指标法预测供水量、污水量,按全日供水,室内部分有给排水设施且卫生设施齐全,确定农村居民生活用水量140 L/(人·d),产污系数取90%,污水收集管网工程截污率取85%,地下水渗入量按污水量的10%确定。污水量预测详见表1。

表1 污水量预测表

项目	指标
平均日供水量(m <sup>3</sup> /d)	1400
产污系数	0.90
截污系数	0.85
地下水渗入系数	1.10
平均日污水量(m <sup>3</sup> /d)	1178

据此,本项目水处理设计规模为1 200 m<sup>3</sup>/d。

### 1.2 设计进、出水水质

污水处理站进水均为农村生活污水,结合以往类似工程经验<sup>[5-7]</sup>,在预测进水平均浓度的基础上确定污水处理站设计进水水质。

因污水处理站毗邻饮用水源保护区,离下游Ⅱ类目标水质断面较近,出水须执行更严格的排放标准,设计出水COD、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TP执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中V类标准,其他指标如TN、SS等执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准,设计进、出水主要水质指标具体见表2。

表2 设计进、出水主要水质指标 单位:mg/L

指标	COD	SS	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TP	TN
进水	≤300	≤200	≤30	≤3.5	≤40
出水	≤40	≤10	≤2	≤0.4	≤15

### 1.3 工艺流程及设计说明

项目工艺流程见图1。

(1)格栅调节池:农村生活污水水量水质受季节、农家乐旅游旺季等影响波动大,设置了格栅

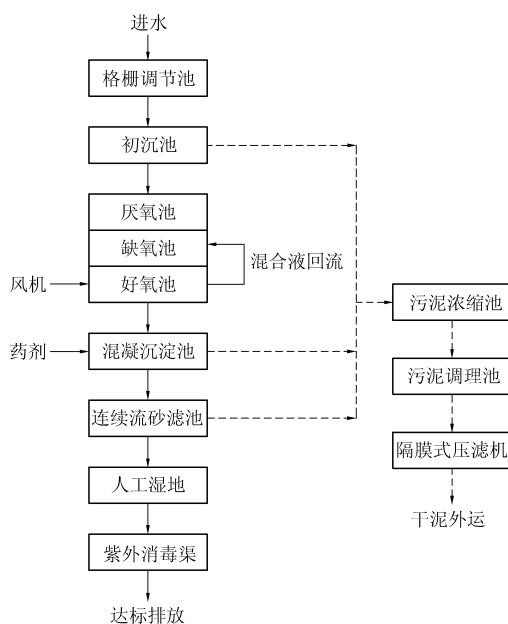


图1 农村生活污水处理工艺流程

调节池。污水先经过格栅井去除大颗粒污染物,调节池内设搅拌机搅拌均化水质水量。格栅调节池1座,尺寸20×9×5.3 m,水力停留时间10.8 h,配备2道格栅,2台潜水搅拌机,2台提升泵(1用1备),1台液位计,水泵运行时间根据液位由PLC进行自动控制。

(2)初沉池:均化后的污水通过泵提升进入初沉池,在初沉池内沉淀部分悬浮颗粒物及泥砂,为后续生化系统创造良好条件。初沉池2座,尺寸5×5×5.5 m,采用竖流式沉淀池,表面负荷:1.0 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h),配备排泥泵2台(1用1备)。

(3)生化池:生化系统为A<sup>2</sup>/O,池内填充生物载体组合填料,采用生物膜法,耐水质水量冲击,氨氮硝化效果好,剩余污泥量相比活性污泥法少1/3;在O池中利用填料上附着的生物膜去除有机物及氨氮,池内设内回流反硝化脱氮。A<sup>2</sup>O池2座,尺寸20×5×5.5 m,水力停留时间共18 h,其中厌氧池2 h,缺氧池4 h,好氧池12 h;硝化负荷0.027 kg/(m<sup>3</sup>填料·d),反硝化负荷0.094 kg/(m<sup>3</sup>填料·d),COD容积负荷0.40 kg/(m<sup>3</sup>填料·d),填料层高度:3 m,混合液回流比4:1。配备潜水搅拌机4台,可提升曝气管120 m,组合填料600 m<sup>3</sup>,鼓风机2台(1用1备)。

(4)混凝沉淀池:因生化出水TP较难达标,生化后直接进入混凝沉淀池,在混凝沉淀池投加PAC化学除磷。混凝沉淀池2座,尺寸6×6×6 m,采用竖流式沉淀池,表面负荷0.69 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h),配备排泥泵2台(1用1备),加药装置2套,分别

投加 PAC、PAM。

(5) 砂滤池:通过连续流砂滤池强化去除 SS, 一是确保 SS 达到一级 A 标要求 10 mg/L 以下, 二是为后续人工湿地创造良好的条件, 避免人工湿地的堵塞。连续流砂滤池为集混凝、澄清、过滤为一体的高效过滤工艺, 过滤与洗砂同时进行, 能够 24 小时连续自动运行, 无需停机反冲洗, 系统无需维护, 管理简便。连续流砂滤池 2 座,  $\phi 2.0 \text{ m} \times 3.9 \text{ m}$ , 钢制成套化设备, 滤速 8 m/h, 配备空压机 1 台, 布水器 1 台、石英砂滤料  $10 \text{ m}^3$ 。

(6) 人工湿地:设置人工湿地强化去除氮磷, 把对受纳水体的影响降到最低。人工湿地采用垂直复合流型<sup>[8-9]</sup>, 湿地内设置沸石、碎石、鹅卵石等逐级配填料, 按季节性搭配选种美人蕉、菖蒲、旱伞草、麦冬等水生植物深度除磷脱氮<sup>[10]</sup>, 确保尾水氨氮、TP 达到地表水 V 类水要求。人工湿地,  $25 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ , 2 座,  $11 \text{ m} \times 26 \text{ m}$ , 4 座, 钢砼结构, 水力

负荷  $0.77 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ; 池内铺设沸石  $312 \text{ m}^3$ 、碎石  $780 \text{ m}^3$ 、鹅卵石  $158 \text{ m}^3$ , 种植美人蕉 14 040 株、菖蒲 14 040 株、旱伞草 5 020 株、麦冬 5 020 株。

(7) 紫外消毒渠:采用无二次污染、运行维护方便的紫外线消毒, 确保出水粪大肠杆菌达标。配备低压高强紫外灯管(UVL)16 根, 功率 16 kW。

(8) 污泥处理:污泥经浓缩、调理后通过高压隔膜压滤机压滤干化后含水率  $< 60\%$ , 污泥干化后送至当地生活垃圾填埋场卫生填埋。配备污泥进泥泵 2 台(1 用 1 备), 隔膜压滤机  $100 \text{ m}^2$ , 1 台。

## 2 运行效果分析

污水处理站自 2016 年 10 月建成并试运行, 经过约 3 个月的调试后即正常运行; 至今已近 3 年, 目前实际处理水量为  $900 \sim 1\,100 \text{ m}^3/\text{d}$ , 系统运行稳定, 处理后出水稳定达到设计出水水质。以下是日常监测 6 次数据的范围值和平均值, 见表 3。

表 3 日常监测结果

单位: mg/L

采样点	COD <sub>Cr</sub>		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N		TN		TP	
	范围值	平均值	范围值	平均值	范围值	平均值	范围值	平均值
调节池	156~306	246	18.5~32.1	25.2	21.2~42.3	33.6	2.3~4.6	3.3
初沉池	137~288	225	17.5~31.6	24.3	21.0~41.1	32.5	1.8~3.9	2.9
A <sup>2</sup> O 池	39~57	45.2	1.4~4.3	2.6	9.5~16.6	13.5	0.46~1.24	0.75
混凝沉淀池	28~52	35.9	1.2~4.0	2.4	8.2~15.5	13.0	0.21~0.44	0.35
排放口	26~39	32.6	0.24~0.67	0.42	7.4~13.6	10.5	0.15~0.32	0.24
处理效率(%)	86.7		98.3		68.8		92.7	
设计出水标准	≤40		≤2		≤15		≤0.40	

通过以上监测数据可以看出, 出水 COD<sub>Cr</sub> 的总去除率为 86.7%, 氨氮去除率为 98.3%, TN 去除率为 68.8%, TP 去除率为 92.7%, 项目出水 COD、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TP 均达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中 V 类标准, TN 指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准。

## 3 经济技术指标

污水处理的运行费如表 4 所示。

工程总投资 615 万元, 其中土建费用 302 万元, 设备费 225 万元, 其他费用 88 万元, 占地面积约为 9.2 亩, 装机功率 89.9 kW (需要容量为 65.3 kW)。

表 4 污水处理运行费

项目	说明	单位费用(元/m <sup>3</sup> 水)
电费	0.52 元/kW·h, 0.82kW/m <sup>3</sup> 水	0.43
人工费	3000 元/月·人, 3 人	0.18
药剂费	PAC 2000 元/t, 0.05kg/m <sup>3</sup> 水	0.10
	PAM 25000 元/t, 0.001kg/m <sup>3</sup> 水	0.025
污泥处置费	污泥处置费用按 200 元/吨·污泥计, 污泥量为 0.25t/d (按 60%含水率计), 则日处理费 50 元	0.05
维修费	维修费按每月 1000 元, 年底大修费 3.8 万元, 合计为 5 万元/年	0.12
合计		0.905

## 4 结论与建议

(1) 针对环境敏感区农村生活污水, 采用调节+初沉+A<sup>2</sup>/O+混凝沉淀+过滤+人工湿地组合工艺处理, 出水 COD、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TP 达到了《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) V类标准, TN、SS 等指标可达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准。

(2) 组合工艺对污染物的去除率较高, COD 去除率 86.7%, 氨氮去除率 98.3%, TN 去除率 68.8%, TP 去除率 92.7%; 运行稳定, 操作管理方便, 运行费用相对较低, 具有较好的推广应用价值。

(3) 针对运行存在的问题建议: a. 在设计类似项目时, 适当延长生化池与人工湿地停留时间, 通过活性污泥延时曝气、人工湿地填料微生物降解吸附、植物吸收等作用强化去除废水中的污染物; b. 湿地植物应根据当地的季节变化搭配种植喜温、耐寒植物, 并定期收割; c. 人工湿地设计与当地乡村景观结合, 营造村民休憩场所。

## 参考文献

- [1] 夏宝龙. 全面深化河长制把“五水共治”进行到底[J]. 中国水利, 2017(2): 8-9.
- [2] 马静颖, 詹建益. “五水共治”背景下浙江省农村生活污水处理现状分析研究[J]. 环境科学与管理, 2016, 42(2): 64-68.
- [3] 李雁辉. 集中式饮用水水源地污染防治对策研究[J]. 环境与发展, 2017, 55(5): 8-9.
- [4] 杨易帆, 李欲如, 项晓晖, 等. 浙江省农村生活污水处理工艺效果分析[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(9): 60-63.
- [5] 卜岩枫, 许月明, 卓明, 等. 浙江省农村生活污水处理技术应用现状及处理效果分析[J]. 环境污染与防治, 2014, 36(6): 106-110.
- [6] 熊积斌. 我国农村生活污水治理问题及对策的思考[J]. 环境与发展, 2018, 56(7): 56-58.
- [7] 邹亮, 冯计安. 农村生活污水处理现状及对策[J]. 乡村科技, 2019, 64(6): 116-117.
- [8] 曾毅夫, 邱敬贤, 刘君, 等. 人工湿地水处理技术研究进展[J]. 湿地科学与管理, 2018, 14(3): 62-65.
- [9] 曹笑笑, 吕宪国, 张仲胜, 等. 人工湿地设计研究进展[J]. 湿地科学, 2013, 11(1): 121-128.
- [10] 陈永华, 吴晓芙, 郝君, 等. 人工湿地植物应用现状与问题分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(31): 88-92.

(上接第 27 页)

- [9] 刘静静. 巢湖内源氮磷的形态、释放规律及控制研究[D]. 合肥工业大学, 2006.
- [10] Andersen J M. Influence of pH on release of phosphorus from lake sediments[J]. Arch Hydrobiology, 1975, 76(4): 411-419.
- [11] Lijklema L. Interaction of orthophosphate with iron(III) and aluminum hydroxides[J]. Sci Technol, 1980, 14: 537-540.
- [12] 韩沙沙. 富营养化湖泊底泥释磷机理研究[J]. 环境与可持续发展, 2009, 34(4): 63-65.
- [13] 蔡景波, 丁学锋, 彭红云. 环境因子及沉水植物对底泥磷释放的影响研究[J]. 水土保持学报, 2007(2): 151-154.
- [14] Sondergaard M, Jensen J P, Jeppesen E. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. Hydrobiologia, 2003, 506-509(1-3): 135-145.
- [15] 拜得珍. 红壤中污泥 N、P、K 释放及淋溶研究[D]. 福建农林大学, 2009.
- [16] 于军亭, 张帅, 张志斌, 等. 环境因子对浅水湖波沉积物中氮释放的影响[J]. 山东建筑大学学报, 2010, 25(1): 58-61.