

江西省农村生活污水生态治理示范工程效果评估研究 -以新余市上坑口村为例

温春云¹, 刘聚涛^{1,2}, 韩柳¹, 胡芳¹, 张洁¹

(1.江西省水利科学研究院,江西 南昌 330029;2.江西省鄱阳湖水资源与环境重点实验室,江西 南昌 330029)

摘 要: 选择新余市上坑口村作为典型村庄,采用了由生态塘、人工湿地、生态沟等生态处理技术组合而成的生态处理系统处理该村生活污水.结果表明:该系统对生活污水的处理效果良好,生态塘水质维持在地表水 III-IV 类标准之间(TP 除外),系统出水浓度达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(18918-2002)一级 B 标准,对 COD_{Cr}、NH₃-N、TN、TP、SS 的平均去除率分别为 58.3%、87.4%、75.6%、82%、82.6%.该工艺不仅能有效处理农村生活污水,同时还具有生态景观效果,具有一定的推广价值.

关键词: 生态处理技术;生活污水;效果评估

中图分类号: X50

文献标识码: B

文章编号: 1004-4701(2015)06-0450-05

随着江西省农村地区人口的增加,人民生活水平不断提高,生活污水排放量呈现不断增加的趋势^[1].然而,由于长期以来对农村水环境重视不够,治理资金严重不足,保护意识薄弱,农村生活污水往往不经处理就随意排放至附近水体,导致农村沟渠、河道、门塘等成为污水通道和天然的垃圾场,严重地破坏了农村水体生态系统,使得农村水污染问题日益突出,水环境质量日趋恶化,给农村人居环境带来较大的影响.近年来,江西省实施了新农村建设,采取了改水、改厕等措施,部分解决了排污系统散乱的问题.但受投入资金的限制,江西农村水环境仍然存在污水收集系统不完善、污水管网质量差、污水治理未能达标排放等问题,使得生活污水排放后同样造成水环境的污染,没有根本上解决生活污水治理的问题^[2].同时,目前大部分生活污水处理工程仅对通过管道集中收集的污水进行处理,忽视了对因地表径流而分散排放的生活污水的治理.本研究选择江西省新余市罗坊镇上坑口村作为研究对象,针对分散和集中排放的生活污水,采用低能耗、维护简单的生态治理技术,开展农村生活污水典型示范工程建设,并对污水处理工程进行效果监测、评估,探寻一种可同时处理分散排放和集中排放生活污水的组合工艺,弥补目前部分污水集中处理工程对分散排放

污水无法处理的缺陷,为江西省生活污水生态处理提供新的思路.

1 研究区概况

上坑口村位于江西省新余市渝水区罗坊镇北部,全村总户数 242 户,总人口 800 人,村民收入以种植、务工为主,主要作物为水稻,现有耕地 56.66 hm².2011 年上坑口村被列入新农村建设点,大力推进了“六改四普及”和农村清洁工程,新农村建设效果明显.虽然经过新农村建设后村内已有配套的污水收集管网,初步解决了排污系统散乱的问题,但未经处理的污水仍直接排入村内的沟塘,造成沟塘严重淤积和富营养化,严重威胁着居民的饮水安全和人居环境.随着上坑口居民生活水平的不断提高,生活污水的排放量和污染负荷不断增加,生活污水已成为该村水环境质量下降的重要因素.

2 处理工程

2.1 水量水质

上坑口村居住人口为 800 人,设计时考虑村庄的长

收稿日期: 2015-09-11

项目来源:江西省水利厅科技计划项目(KT201211, KT201413)

作者简介:温春云(1988-),男,硕士,助理工程师.



图 1 示范工程区位示意图

远规划,按照 853 人计算,根据《江西省农村饮水安全工程设计指南》,人均用水量以 120 L/人·d 计,排水量按照 90 % (适当增大排放系数) 计算,则计算工程的设计规模为 95 t/d。处理后的生活污水排入村中坑口江内,并最终流入袁河,出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 B 标准,污水处理站设计进水水质及排放标准如表 1 所示。

表 1 设计进水水质及排放标准

指标	COD _{Cr} /(mg/L)	BOD ₅ /(mg/L)	SS/(mg/L)	氨氮/(mg/L)	总磷/(mg/L)	总氮/(mg/L)	pH
设计进水水质	200	80	300	15	3	30	6~9
排放标准	≤50	≤10	≤10	≤5	≤0.5	≤15	6~9

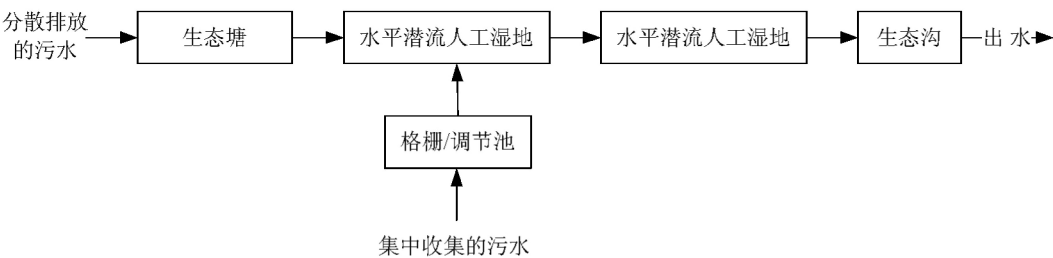


图 2 污水处理工艺流程图

去部分较大的杂质,杂质由人工定期清理,外运填埋;污水进入人工湿地后,在基质、湿地植物以及微生物的共同作用下,有机物逐步降解,最终降解为水和二氧化碳,少量氮磷类污染物被吸收和分解,出水进入生态沟进一步处理,然后达标排放。分散排放的污水经生态塘收集并处理后与集中收集的生活污水一同进入人工湿地系统进行处理。

2.3 工艺参数

2.3.1 生态塘

将原有水塘清淤后改造成生态塘,塘深 1.0~2.6 m,

2.2 处理工艺的确定

该村污水以生活污水为主,包括少量由散养畜禽产生的养殖废水。大部分生活污水通过污水管网集中收集排放,除具有一般农村生活污水所具有的水量少、浓度低、水量水质波动大等特点外^[3],还具有以下特点:①污水中各指标含量不大,重金属及其他难以生物降解的有毒有害污染物一般不超标;②污水中的有机污染物 BOD₅ 和 COD 均达到水质排放标准,主要污染物指标为 NH₃-N、TN 和 TP;③少量生活污水、养殖废水在降水和径流冲刷作用下,通过地表径流等途径进入受纳水体(即分散排放的污水),具有隐蔽性、随机性、不确定性、不易监测性等特点,该部分污水很难通过统一的管网集中收集,因此无法采用集中收集处理的方法进行治理。根据污水特征、污水排放形式以及出水要求,结合现有的污水处理技术的特点,采用无动力生态治理技术最为经济,确定采用生态塘-人工湿地-生态沟的生态治理模式。污水处理系统工艺流程见图 2。

集中收集的生活污水首先经过化粪池处理,然后通过管网收集经格栅进入调节池,均衡水质和水量,并除

保护高度 0.5 m,水塘面积 2 888 m²,水力停留时间HRT= 15 h。同时,定期引入活水,保持生态塘水系畅通。

环塘岸正常蓄水位以下采用生态袋护坡,在正常蓄水位以上采用草皮护坡,环塘每隔 5 m 种植本地植物垂柳,两颗垂柳之间种植一颗矮灌木丛。塘体岸边设置 2 处亲水平台,沿岸种植挺水植物群丛 10 处,每处种植面积 5~10 m²,水生植物搭配选择梭鱼草、黄菖蒲、水生美人蕉。塘体中种植一定数量的伊乐藻、穗状狐尾藻、金鱼藻以及睡莲。

2.3.2 调节池



图 3 生态塘示意图

表 2 人工湿地系统技术参数

项 目	参数
处理水量/(m ³ /d)	95
湿地表面积/m ²	364
单个湿地尺寸/m	14×13×1.0
水力负荷/(m ³ / m ² .d)	0.26
水力停留时间/h	27.6
滤料孔隙率/%	40
基质厚度/m	0.8
基质种类	碎石
植物	美人蕉、芦苇、旱伞草、再力花

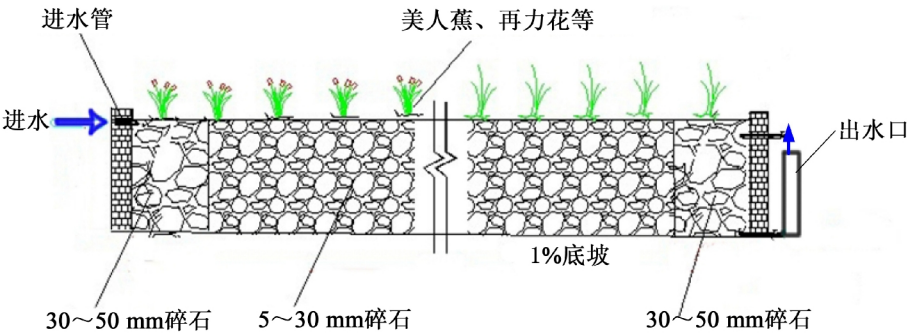


图 4 水平潜流人工湿地示意图

农村污水浓度较低,但水质水量日变化系数大^[4]。调节池能够调节处理站进水流量及水质,保证湿地进水的稳定。由于农村生活污水实时排水量难以监测,故调节池的有效容积一般按水力停留时间 (HRT) 确定。本工程设计流量为 95 t/d,设计停留时间为 12 h,则调节池的容积为 50 m³,尺寸为 5 m×4 m×2.5 m。

2.3.3 人工湿地

人工湿地主要由填料层和水生植物组成,利用基质的吸附作用、微生物代谢活动及水生植物的综合生态系统净化污水^[5]。与表面流人工湿地相比,水平潜流人工湿地的水力负荷和污染负荷大,对氮磷等污染指标的去除效果好,且很少有恶臭和滋生蚊蝇现象^[6]。

本工程人工湿地由两个并联的水平潜流人工湿地组成,总面积为 364 m²,单个湿地尺寸为 14 m×13 m×1.0 m,主要设计参数见表 2。池体采用砖混结构,池底和四壁均采用混凝土浇筑做防渗漏处理。调节池出水通过布水管均匀流入床层,保证湿地布水均匀。人工湿地基质选择当地易获得且效果较好的碎石,池内自下而上填充 3 层不同粒径的碎石,下层为粒径 20~30 mm 的碎石,厚度 0.30 m;中间层铺设粒径 10~20 mm 的碎

石,厚度为 0.30 m;表层铺设粒径 5~10 mm 的碎石,厚度 0.20 m,进水和出水区填充粒径为 30~50 mm 碎石。人工湿地植物选择当地植物及在当地长势较好的外来植物,包括美人蕉、芦苇、旱伞草、再力花,人工湿地示意图见图 4。

2.3.4 生态沟

将原有的排水沟渠改造成生态沟,清除沟渠底部及两岸坡的淤泥、杂物、杂草,断面形式大致为梯形断面。沟渠岸坡采用生态袋和草皮两种形式进行生态护坡,同时在沟渠内沿线种植再力花、风车草、旱伞草等一些具有观赏及净化水质的水生植物。

3 材料与试验方法

人工湿地正常运行后,于 2014 年 6~12 月共 5 次对生态塘、总排水口进行了采样。水样主要分析项目有化学需氧量 COD_{Cr}、高锰酸盐指数 COD_{Mn}、氨氮 NH₄⁺-N、总氮 TN、总磷 TP 和悬浮物 SS。水质分析参照国家标准分析方法。其中,COD_{Cr}采用重铬酸盐法,COD_{Mn}采用碱性高锰酸钾氧化法,NH₄⁺-N 采用纳氏试剂分光光度

法,TN 采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法,TP 采用过硫酸钾消解紫外分光光度计法,SS 采用重量法。

4 处理效果分析

由表 3 可知,通过引入活水、微生物的代谢活动以及包括水生植物在内的多种生物的综合作用,上坑口生态塘对分散排放的生活污水治理效果较为明显,塘内水质有了明显的改善。除 TP 外,生态塘水质在 III~IV 类水之间,其中 6 月 29 日和 10 月 8 日两天的水样

指标均达到了《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类水标准,而 10 月 24 日、11 月 17 日和 12 月 5 日 3 次水样 TP 偏高,其原因是附近引水渠水位降低,无法保证充足的活水引入生态塘。分散排放的生活污水经过生态塘处理后与集中收集的生活污水混合后一起进入湿地系统进一步处理,通过人工湿地的基质、微生物和植物共同促进污水中的有机物、氮磷的去除^[7,8]。两者组合能更有效地削减了农村生活污水中的有机物浓度,使出水中 N、P 和 COD 均能达标排放。

由表 4 可以看出,生态处理系统对生活污水的处理

表 3 生态塘水质评价 mg/L

项目	COD _{Mn}	COD _{Cr}	NH ₃ -N	TN	TP	SS	水质评价
村塘改造前出水水质		129.32	3.24	3.88	1.21		劣 V
6 月 29 日	4.844	16.834	0.532	0.584	0.106		V
10 月 8 日	5.564	19.564	0.582	0.627	0.187	19.2	V
10 月 24 日		24.133	0.697	0.824	0.271	83	劣 V
11 月 17 日		28.533	0.883	1.227	0.265	67	劣 V
12 月 5 日		28.941	0.956	1.24	0.279	70	劣 V

表 4 系统出水水质 mg/L

项 目	COD _{Cr}	NH ₃ -N	TN	TP	SS	达标情况
6 月 29 日	16.44	0.180	0.731	0.184	15.7	
10 月 24 日	14.933	0.169	0.528	0.152	16.25	《城镇污水处理厂污染物排放标准》(18918-2002)一级 B 标准
11 月 17 日	15.467	0.157	0.626	0.241	14	
12 月 5 日	16.321	0.172	0.694	0.221	12	

效果良好,系统出水 COD、TN、TP、NH₃-N、SS 的监测结果均优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(18918-2002)一级 B 标准,出水中 COD、TN、TP、NH₃-N 还优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(18918-2002)一级 A 标准。从表 4 可以发现,系统出水中各污染物的含量均比较低,主要原因是一方面人工湿地的基质、微生物和植物对污水中的有机物、氮磷的去除效果明显,另一方面是由于湿地进水混合了水质较好的生态塘出水,稀释了湿地进水各污染物浓度。分散排放和集中排放的生活污水经过生态塘、人工湿地和生态沟等处理后可用于农田灌溉。

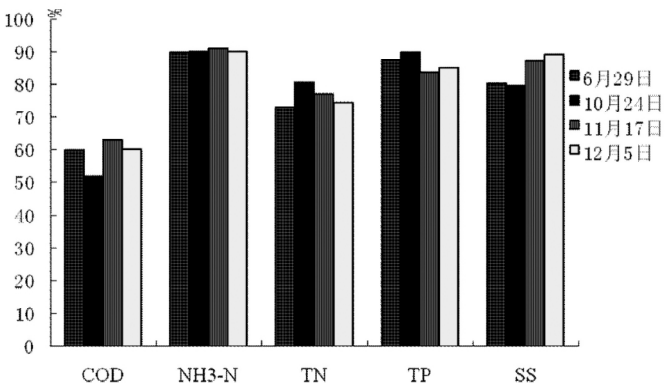


图 5 污水处理系统的去除率

由图 5 可知,污水处理系统对 COD_{Cr} 的去除率在 51.9 %~63 %,平均去除率为 58.8 %;对 NH₃-N 的去除率在 89.7 %~91 %之间,平均去除率为 90 %;对 TN 的去除率在 73 %~80.5 %之间,平均去除率为 76.2 %;对 TP 的去除率在 83.7 %~89.7 %之间,平均去除率为 86.5 %;对 SS 的去除率在 80.4 %~89.1 %之间,平均去除率为 84 %。随着季节的变化,生态处理系统对有机物和氮磷的去除率会发生变化,进入秋冬季节后,因植物的枯萎、微生物新陈代谢减弱,系统对营养元的吸收和分解能力减弱,去除效果逐渐变差,但仍能达标排放。

5 结语

采用生态塘-人工湿地-生态沟组合而成的生态处理系统对新余市上坑口农村生活污水的处理效果良好,系统出水各项指标均优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(18918-2002)一级 B 标准,对 COD_{Cr}、NH₃-N、TN、TP、SS 的平均去除率分别为 58.3 %、87.4 %、75.6 %、82 %、82.6 %。

新余市上坑口农村生活污水生态治理示范工程运行情况表明,由生态塘、人工湿地、生态沟组成的生态处理系统不仅对集中排放的生活污水处理效果明显,

同时对因地表径流、雨水冲刷等原因分散排放的生活污水处理效果同样明显。组合工艺可同时处理分散和集中排放的生活污水,可弥补集中收集处理模式在处理分散排放污水方面的缺陷。该生态组合技术不仅能有效处理农村分散排放和集中排放的生活污水,同时还具有一定的生态景观效果,可成为农村地区一道亮丽的风景线,具有一定的推广价值。

参考文献:

- [1] 刘聚涛,钟家有,付敏,等.鄱阳湖流域农村生活区面源污染特征及其影响[J]. 长江流域资源与环境,2013,23(7):970-976.
- [2] 刘聚涛,游文荪,丁惠君.鄱阳湖流域农村水环境污染防治对策研究[J]. 江西水利科技, 2014,40(2):97-100.
- [3] 科学技术部中国农村技术开发中心.农村污水处理技术[M].北京:中国农业科学技术出版社,2006.
- [4] 张新华,杨期勇,王慧娟.鄱阳湖区农村生活污水分散式处理探讨[J]. 九江学院学报,2012,4:5-9.
- [5] 罗欢,林俊生,贺新春,等.基于人工湿地系统的农村污水治理技术与实践[J]. 人民珠江,2013,(6):91-93.
- [6] 余波平.垂直流人工湿地净化湖水的应用研究[D].中国优秀硕博论文, 2006:1-84.
- [7] 冯培勇,陈兆平,靖元孝. 人工湿地及其去污机理研究进展[J]. 生态科学,2002, 21(3): 264-268.
- [8] 贾晓亮,毕东苏,周雪飞,等.农村生活污水生态处理技术研究与与应用进展[J]. 安徽农业科学, 2011,39(31): 19307-19309.

Effect evaluation of the ecological treatment and demonstration for rural domestic wastewater in Jiangxi ——A case study for Shangkengkou village of Xinyu

WEN Chunyun¹, LIU Jutao^{1,2}, HAN Liu¹, HU Fang¹, ZHANG Jie¹

(1.Jiangxi Provincial Institute of Water Sciences, Nanchang 330029 China;

2.Jiangxi Key Laboratory of Poyang Lake Water Resources and Environment, Nanchang 330029 China)

Abstract: Taking Shangkengkou village Xinyu as a typical example, this paper developed the hybrid ecosystem technology to deal with the sewage in the rural area, based on the sewage discharge characteristics in Shangkengkou village of Xinyu city. The system is composed of ecological pond、constructed wetland and ecological ditch. The results showed that the system of sewage treatment effect was good. The water quality of ecological pond is maintained between the surface water category III-IV(except TP). The concentrations of the effluent water are lower than the urban sewage treatment plant pollutant discharge standard (GB1 8918-2002) a B standard. The average removal rates of COD、NH₃-N、TN、TP and SS in the whole system are respectively 58.3%、87.4%、75.6%、82%、82.6%. The process not only can effectively deal with the rural domestic sewage, but also has a certain ecological landscape effect. It has prodigious popularization value.

Key words: Ecological processing technology; Domestic sewage; Effectiveness analysis

编辑: 张绍付