

Practice and Thinking of Non-Point Source Pollution Control Technology in Small Watershed—Taking Xiao Huang River Basin in Dongxiang District of Jiangxi Province as an Example

Zhiqiang Wei^{1*}, Jingxian Li^{1*}, Qunxing Wei², Qinghui Zhou³, Guorong Ni¹, Zhijian Xie¹, Chunhuo Zhou^{1#}

¹College of Land Resources and Environment, Jiangxi Agricultural University, Nanchang Jiangxi

²Agricultural Bureau of Dongxiang County, Dongxiang County Jiangxi

³Agricultural Ecology and Resource Protection Station, Jiangxi Province, Nanchang Jiangxi

Email: 852909898@qq.com, 18779175042@163.com, #zchh3366@163.com

Received: Feb. 10th, 2019; accepted: Feb. 21st, 2019; published: Feb. 28th, 2019

Abstract

In this paper, the problem of non-point source pollution in Xiaohuangshui watershed of Dongxiang District, Fuzhou City, Jiangxi Province is taken as the guidance, and the 4R strategy of “source reduction, process interruption, nutrient reuse, ecological restoration” is taken as the thinking. The pollution status, control scheme and engineering facilities matching are mainly discussed, which provide a scientific basis for solving the problem of non-point source pollution in Xiaohuangshui watershed of Dongxiang District. The feasibility of the scheme is to control the non-point source pollution in the watershed. At the same time, it also provides a scientific reference plan for non-point source pollution control in small watershed.

Keywords

Agricultural Non-Point Source Pollution, “4R” Strategy, Water Utilization, Control Technology, Engineering Strategy

*并列第一作者。

#通讯作者。

小流域面源污染治理技术实践与思考——以江西省东乡区小璜水流域为例

魏志强^{1*}, 李静娴^{1*}, 危群星², 周青辉³, 倪国荣¹, 谢志坚¹, 周春火^{1#}

¹江西农业大学国土资源与环境学, 江西 南昌

²抚州市东乡县农业局, 江西 东乡县

³江西省农业生态与资源保护站, 江西 南昌

Email: 852909898@qq.com, 18779175042@163.com, #zchh3366@163.com

收稿日期: 2019年2月10日; 录用日期: 2019年2月21日; 发布日期: 2019年2月28日

摘要

本文以江西省抚州市东乡区小璜水流域面源污染问题为导向; 以“源头减量、过程阻断、养分再利用、生态修复”4R策略为思路; 主要论述了污染现状、治理方案及工程设施匹配, 为东乡区小璜水流域面源污染问题的解决提供科学的可行性方案, 使流域面源污染得到治理。同时也为小流域面源污染治理提供科学的参考方案。

关键词

农业面源污染, “4R”策略, 水体利用, 控制技术, 工程策略

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

面源污染(Diffused Pollution, DP), 也称非点源污染, 是指溶解和固体的污染物在降水或融雪的冲刷作用下, 通过径流过程而汇入受纳水体并引起有机污染、水体富营养化或有毒有害等其他形式的污染[1]。在我国农业和农村经济快速发展的背景下, 农业集约化程度不断提高, 化肥、农药、地膜等农用化学品投入不断增加; 畜禽养殖数量和规模不断扩大, 农业废弃物的不断增长与废弃物处理设施不匹配引起的农业面源污染问题日益突出[2]。农业面源污染首次官方统计普查中, 农业排放的化学需氧量(COD)、总氮、总磷占比分别为 43.7%、57.2%、67.3% [3] [4], 是导致我国南方湖泊水体富营养化, 赤潮、绿潮频繁发生的重要原因。有研究表明: 每年近 20 亿 t 的畜禽粪便和近 100 亿 t 的养殖废水未经处理直接排入湖泊河流, 是水体富营养化的主要来源, 已成为社会和公众关注的热点问题[5]。

抚州市东乡区小璜水流域地处赣东丘陵与鄱阳湖平原过渡地带, 是重要的商品粮油基地, 也是重要的畜禽养殖基地, 2017 年被列入农业部小流域面源污染治理项目。本文根据小璜水流域农业面源污染的状况, 结合当地实际情况, 从源头减量、过程削减、末端治理过程出发, 通过对流域内畜禽养殖、水产

养殖、农田、地表径流综合工程防控的实施，大幅度降低农业面源污染负荷，达到改善流域生态环境、提升农村生活质量的的目的。

2. 小璜水流域面源污染现状概况

2.1. 小璜水流域概况

小璜水是信江二级支流，流域内南、北部均为丘陵山地，中间为平原，区域水系汇集于中间的小璜水，流入余江县白塔河后，汇集于信江。从行政范围看(见图 1)，小璜水主干流向南延伸到下湖村湖边自然村，出水流进余江县水水系，流域汇集成单一出口流出。



Figure 1. General situation of small Huang River Basin in Dongxiang District
图 1. 东乡区小璜水流域概况图

2.2. 面源污染现状

区域内的小璜水是典型农业小流域，农业集约化程度高、农业面源污染严重。根据实地调查，流域内主要种植的作物为水稻，部分花生和油菜等，种植方式传统，现代农业技术滞后；养殖业就要以生猪养殖为主，粪污处理技术落后，生猪每年出栏数大约 111,800 头；常住人口达 17,231，产生了大量的氮、磷等污染物，据测算数据表明：项目区农村及农业面源氮、磷污染物年产生量分别为 194.76 t 和 23.12 t。见表 1。

Table 1. Present situation of agricultural non-point source nitrogen and phosphorus pollution in project area
表 1. 项目区农业面源氮、磷污染现状

类型	N(t)	P(t)
生活垃圾	8.18	1.52
生活污水	96	0.05
生猪养殖	183.21	21.18
施用化肥	3.11	0.98
总计	194.76	23.12

3. 小璜水流域面源污染成因分析

3.1. 种植业污染

小璜水流域是典型的农业种植生产区,有耕地 22,370 hm²,而氮肥利用率为 30%~60%、磷肥则不到 30%,因此未经利用的养分进入大气、土壤和水体对农业生态环境造成了破坏。其次,项目区内不合理农药施用量过大且利用率低,而不合理的使用农药会使得约 80%的农药进入土壤[6]。另外,东乡区年产生农作物秸秆约 2.47 万 t,稻秸秆直接还田利用率不足 60%,是造成该区域面源污染的又一重要原因。区域性的沟塘净化能力差、地表径流携带的氮、磷等养分浓度不能得到有效的降低以及农业地膜等加剧了面源污染程度。

3.2. 畜禽养殖业污染

小璜水流域畜禽养殖主要以生猪养殖为主,生猪的年出栏量约为 111,800 头,且圈舍以传统水泥地圈舍为主,猪粪尿及冲栏废水未经深度处理排入水体的排放给该流域带来了严重的环境压力。畜禽粪便及其污水中含有大量的有机物、氮、磷、钾、硫以及致病菌等,未经处理直接排放导致水体富营养化[7][8],导致该区域的畜禽养殖的氮、磷污染分别达到了 183.21 t 和 21.18 t,远高于生活污水及农田的氮、磷污染,进一步加剧了 N、P 的流失量。

3.3. 村域生活垃圾及地表径流污染

随着社会经济的发展,小流域内常住人口有 1.72 万人,村民住房以自建楼房为主,水冲式厕所普遍且用水量大,但农村配套的污水收集管网、处理设施薄弱,造成大量洗澡、厕所等生活污水直接排放,对村庄周围的地表水污染严重。同时,地表径流由于垃圾的随意丢弃而受到污染,从而进入农田、湖泊等水体,对环境造成污染。目前地表径流污水直接排放进入水体或农田,亟需建设污水收集系统与处理设施。

4. 小璜水流域面源污染治理思路

目前,我国关于面源污染的治理技术在不断地提升,同时也通过技术建立了一些面源治理工程,如以节水灌溉、生态沟渠及生物膜过滤技术为支撑的工程[9]。但我国大部分的面源污染治理工程方案以关停中小污染企业、牺牲农业产业的发展为代价,如何因地制宜、就事论事设计治理技术和集成度高防治工程将对项目治理区有着极其重要的影响。因而,本文针对东乡区小流域面源污染的现状,以“源头减量、过程阻断、养分再利用、生态修复”的 4R 策略为农业面源污染治理工程指导理念[9][10],以源头控制、过程阻断和末端净化为策略,系统集成农田面源污染治理技术、畜禽养殖污染综合治理技术、种养一体化技术、区域水生态平衡调控技术,形成完整农业面源污染防治体系,综合治理该流域内面源污染(见图 2)。

4.1. 农田面源污染防治工程策略

4.1.1. 源头控制与减排

源头减控主要以清洁生产为主,包括种植业生产中的限量施肥、新型肥料的使用、化肥替代及农药替代与高效利用等,同时加强农田生态保护、改善耕作及灌溉技术等,如节水灌在提高水源利用率的同时很大程度上提高了作物的抗逆性,增加了作物的产量,有研究表明节水灌溉可以增加水稻的抗逆性、防止倒伏以及减少无效分蘖数[11]。同时施肥专家系统能够实现地块及用户信息的查询统计、配肥推荐和施肥指导等多种功能[12],因而利用测土配方等手段实施精准施肥将很大程度上提高肥料利用率。其次,

化肥替代工程措施,包括紫云英还田、秸秆还田等,研究显示:翻压绿肥可减少氮肥投入 20%~60% [13] [14]; 秸秆还田增加土壤养分的同时,为土壤微生物提供了丰富的碳源,增加了根系活性,有效改善了土壤板结及连作障碍[15] [16]。在近些年的研究中,生物炭肥料对于土壤的改良作用及作物的促生作用得到了证实,对于土壤微生物、作物产量与质量、土壤酸化改良及重金属污染修复等效果明显,有研究表明:土壤中按 2%~10%比例添加活性炭,与对照相比能有效降低 20%~70%左右的 N、P 流失量,是防治面源污染的重要有效措施[17] [18]。

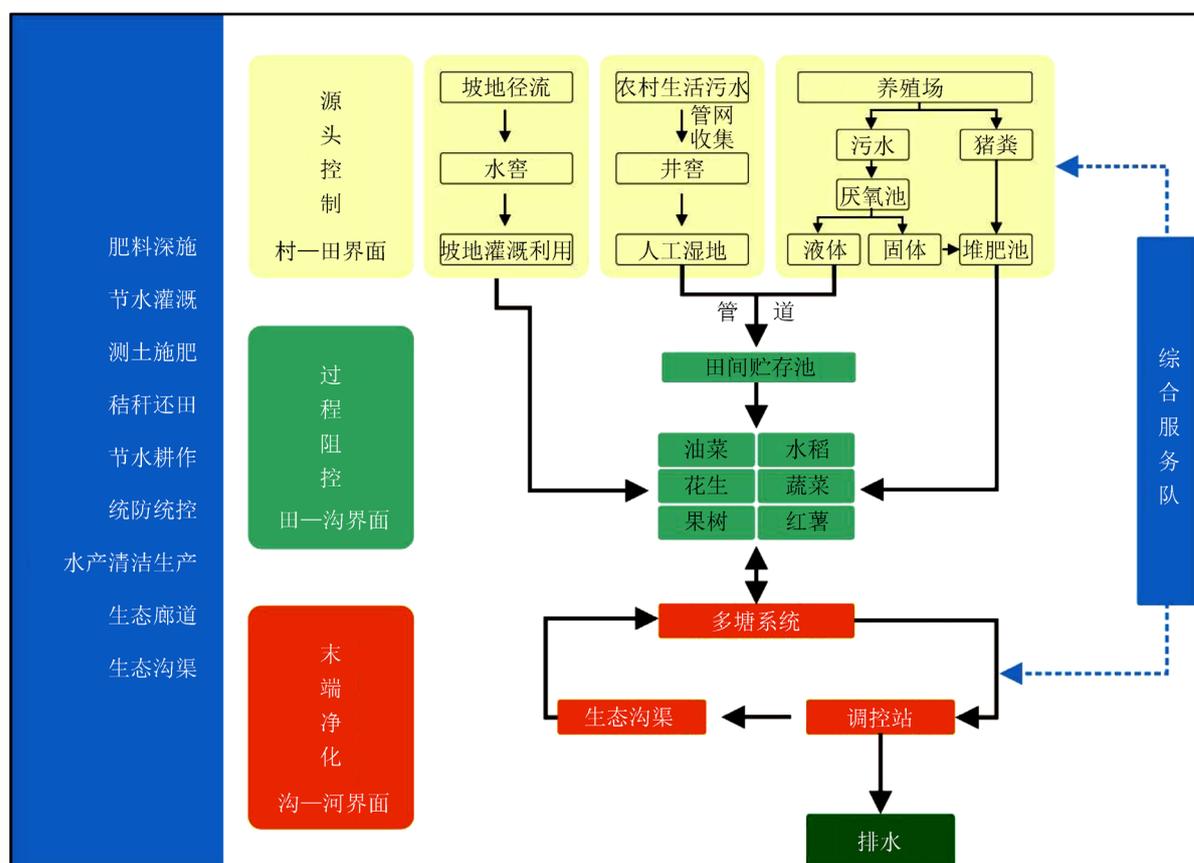


Figure 2. Overall technical and technological roadmap of the project
图 2. 项目总体工艺技术路线图

另外,推动农药源头减量策略的实施,农业部 2015 年组织实施到 2020 年农药使用量“零增长”行动计划[19],近些年来对先进施药机械的研发表明:采用水稻化学农药减量控害集成技术设备将能有效减少病虫害防治 0.13 hm²、降低农药使用量达 35.71% [20],合理使用农药来进行病虫害的防治,从源头减少农药的施用量。在设备配置上配备大型翻压机和水稻插秧同步精量施肥机,以提高秸秆还田率和精准施肥效率,使得流域内化肥施用量减少 20%。同时在项目区内布置包括风吸式选型太阳能杀虫灯、性诱味剂盒、捕虫板、诱虫植物等生物及物理防治措施,减少 20%农药喷施量,综合防控达到农药减量的效果。

针对项目区农用化学品包装物随意丢弃、田间生产废弃物处理不当带来的环境问题,开展农用化学品包装物收集工程,降低农田废弃物污染风险。利用生物技术将随意丢弃在田间地头腐烂发臭的蔬菜残体,动物粪便等农业废弃物进行快速无害化处理,达到完全杀灭农业废弃物中的病虫害,配合土地深翻机械,实现农业废弃物高效循环利用。

4.1.2. 过程拦截

过程拦截是治理农田面源污染的重要治理环节,主要通过工程设施对面源污染径流进行拦截和储存。一般来说,过程拦截主要技术有生态塘、生态沟渠、缓冲带以及人工湿地等。而沟渠是南方农业系统的重要组成部分,是农业地表径流汇入湖泊河流的重要渠道[21],对农田面源污染物的降解有着很重要的作用,前人研究结论认为生态沟渠对面源污染磷、氮的去除率分别41%~70%,48%~64% [22]。同时通过坡改梯、横坡垄作对面源污染径流进行储存与利用,延长其在自然环境下的滞留时间,提高农田生态工程建设,降低氮磷污染物浓度。

4.1.3. 末端净化

末端净化主要目的在于消耗剩余的氮、磷等有机物污染物,目前针对面源污染的末端净化工程措施有修建生态浮床、生态潜水坝、人工湿地及沉水植物等[23],主要通过利用物理与化学作用、植物吸附作用、氧气传输、藻类抑制、微生物降解以及植物与微生物的协同作用来实现污染物的处理,再通过后续湿地、稻田等系统的回用,达到降解污染物的目的。针对示范区现有处理工程分布散乱、结构不甚合理、淤泥积严重、水生植物缺失所造成的生态功能退化问题,末端净化主要是对于剩余氮磷等养分的消纳和回用,因此整理生态处理设施与布局,修农田污水生态沟,清挖淤泥,加固边坡,合理配置水生植物群落,引入湿地系统净化,以达到地表水质改善、农田环境美观、提升氮、磷等污染物处理效率的效果。

4.2. 养殖废物处理工程措施

4.2.1. 养殖废弃物处理策略及技术

1) **全量化栏舍改造与堆肥处理技术** 畜禽粪便源头减量主要通过建立高标准栏舍,实现干清粪自动刮粪及水肥一体化管道的铺设来实现。近年来,高床养猪技术得到了广泛的认可,高床养殖技术区别于传统的水泥地养殖,通过漏缝隔板将猪的生活场地与粪污隔开,再通过猪场自动清污系统清理粪便污水[24],同时高床养殖还可以解决水泥地面以及传统发酵养猪的缺点,一种经济型高床式微生态发酵床养猪技术。前端使用高效固液分离机进行渣水分离,粪便堆肥处理制作有机肥料。近粪便堆肥处理是一种有效的资源化利用技术,同时有研究表明在堆肥的程中添加无害化活菌制剂,不仅可以在短时间内起到除臭、杀菌等作用,还能充分分解有机质,释放出大量的养分[25],产生一定的经济效益。

2) **黑膜沼气与沼液储存工程** 黑膜沼气技术是一种利用厌氧发酵,具有实用性强、处理效果高、经济实用性好以及内冲击性强等优点。有研究表明:黑膜沼气池处理技术中,进水口养殖污水的化学需氧量为9720 mg/L~66,400 mg/L,而出水口的则为862~2080 mg/L,处理率基本稳定在90%以上[26]。运用黑膜沼气池工艺对污水进行厌氧发酵,产生沼气用于能源化利用,同时产生的沼渣也可以制作有机肥、饲料添加剂浸种、追肥及杀虫剂等[27]。在配套工程建设上,新增沼液储存罐与发电机设备,完善现有的黑膜沼气池和集散处理设备,进而通过沼液储存池储存沼液对其进行利用,是一种符合项目区现状的清洁化能源技术。

3) **沼液后处理** 对于沼液的后处理主要采用二级DST氧化塘、生化深度处理池及生态塘的综合处理工艺进行处理,且这种生态处理方式是一种功能强大且结构合理生态系统,具有处理效果好、工程造价低及运行成本低等特点[28] [29],其中对于生物膜技术而言,胡学伟等对于不同ESP组成生物膜对Cu²⁺的吸附研究表明,生物膜在对Cu²⁺吸附的同时还包括了大量的离子吸附和离子交换[30] [31] [32],很大程度上减少了污染物的排放,出水排入附近的水生植物塘。主要工程设施则在现有的厌氧池基础上增加好氧处理池,新建曝氧塘对发酵后的沼液污染物进行曝氧降解COD,进入深度处理二次降解,第三级建设生态塘,完善末端的生态处理工艺。

4) **污水处理工艺 + 生物调节** 对水产养殖废水的去除主要采用三级表面流湿地与生态净化塘组合的处理模式。近些年对于人工湿地污水处理技术的研究近些年来更加倾向于对于复合人工表面流湿地系统,有研究表明:生态塘对 COD_{Cr} 、 $\text{NH}^{4+}\text{-N}$ 、 TN 和 TP 均体现了较高的去除效果,其率可分别达到 55%、70%、80%和 75%以上,后续通过简单的处理就可以达到排放标准[33],是一种经济效益好且处理效率高的适合在农村大面积推广的污水处理技术;万文玉等对多级串联的人工湿地处理生活污水进行了研究,形成了 TN 、 $\text{NH}^{4+}\text{-N}$ 和 TP 等污染物的衰减模型,目的是为了补充各种处理系统间的不足,为湿地设计及排水水质预测提供了理论分析依据[34] [35]。生物去除技术用于水产养殖废水处理,其中活性污泥法、生物膜法、人工湿地和生态浮床等具有良好的处理效果,同时也避免了二次污染,提高了处理利用效率。

4.2.2. 畜禽养殖污染物治理实践工程

东乡区小潢水流域内畜禽养殖主要以生猪养殖为主,采用水冲粪系统处理粪污,存在粪尿不分、雨污混合、污水处理设备单一、处理技术落后等现象,污水量大、环境负荷高和废弃物处理费用高等问题突出(见表 2)。而畜禽粪便中含有大量有机物,具有很高的资源化利用价值。当前畜禽粪便资源化利用主要有肥料化、饲料化以及能源化等方向,其中利用好氧微生物进行堆肥处理以及厌氧发酵产生沼气是目前处理与推广较为可行的方法。因此针对项目区实际情况,对于规模化养殖场,畜禽粪污处理主要集中与肥料化及能源化利用,分散化养殖场主要通过粪污收集进行集中化处理。主要建设内容包括前处理设施、厌氧消化设施、生物燃气利用设施、厌氧消化剩余物利用设施等,采用污水减量、厌氧发酵、粪便堆肥及沼气等技术,实现畜禽养殖废物的综合高效化利用。

Table 2. Main situation and problems of demonstration pig farms in the project area

表 2. 项目区示范猪场主要基本情况及问题

名称	存栏(育种)量	污水处理设施	主要存在问题
东乡鹏顺生猪养殖有限公司	存栏量 2000 (年/头)	厌氧池 350 m^3 , 无后续处理设施	厌氧池容积无法满足要求, 出水未达标
江西东华种畜禽有限公司	出栏量 50,000 (年/头)	露天沼液堆放池	无其他污水处理设施
江西盛祺实业有限公司	育种小猪 3.6 万(年/头)	2.6 万方沼气厌氧池, 1.6 万方沼 气包	水肥一体化管道是设施不健全
江西腾通实业有限公司	存栏 4000、育种小猪 1 万 (年/头)	地埋式厌氧发酵池、露天沼液堆 放池	无其他污水处理设施

因而,根据项目区示范猪场基本情况,主要建设内容包括前处理设施、厌氧消化设施、生物燃气利用设施、厌氧消化剩余物利用设施等,结合畜禽粪便收集站建设,因地制宜建设粪污处理中心,配套堆肥设施、污水高效处理设施、污水转运设施等,见表 3。恒盛、小姜养猪、连盛以及东乡龙帆等养殖企业的年育种量均不足 5000 头,其中恒盛年育种量达 4000 头,根据其养殖粪便及污水处理设施状况,处理设施建设主要集中与增加固液分离机、扩建沼气池、新建曝氧塘、生态塘扩建等。对于处理后污水的排放,主要通过水肥一体化管道设施排入水生植物塘满足部分经济作物的灌溉,如东乡县恒盛养殖场自家有 20 亩的茶山,曝氧塘出水利用管道输送到 20 亩茶山上,进行水肥一体化的利用,并可以产生一定的经济价值。

4.2.3. 水产养殖废水处理实践

在项目区域内,大型水产养殖有果旺牛蛙养殖,年产牛蛙 500 余吨,日排污水 200 余吨,没有经过污水处理设施直接排放。牛蛙养殖废水中药品试剂残留含量高, N、P 含量超标,尤其是残饵跟粪便对水

质的影响,而水产养殖水质浑浊、悬浮物过多会对牛蛙的呼吸产生影响,同时还会影响其生长发育。目前对于水产养殖污染物的去除有物理去除、化学去除及生物去除等方法。因此综合果旺牛蛙养殖场现状,首先设置水产养殖废弃物收集装置,通过水力聚集和气力输送的方法对废弃物进行收集,并结合生态浮床与富氧挂膜工艺对收集的废弃物进行生态净化处理,对湖泊、水库网箱进行改造,构建复合型环保网箱设施系统。其次,在排水口新建生态处理塘以及多级人工表面流湿地,对养殖废水进行逐级处理,并种植高等水生植物进行护坡。在设备配备上,配备循环泵 2 组,曝气机 1 组,将处理后达到循环利用标准的污水通过动力输送装置,进行循环利用。

Table 3. Major construction projects and facilities
表 3. 主要建设工程及设施配备

名称	主要建设工程(配备设施)	主要技术	欲达处理效果
东乡鹏顺生猪养殖有限公司	增加固液分离设备、好氧处理池、生态塘、堆肥设备、发电机组,废水雨污分流;		
江西东华种畜禽有限公司	粪污固液分离,完善黑膜沼气池并配备发电机组,二级 DST 氧化塘 + 生化深度处理池 + 生态塘 + 组合人工湿地系统,雨污分离改造;	1、使用高效固液分离机进行渣水分离,粪渣用于堆肥; 2、沼气工程:运用黑膜沼气池工艺,污水进行厌氧发酵,产生沼气用于发电;	畜禽粪污,生活污水处理利用率达到 90%以上
江西盛祺是实业有限公司	铺设水肥一体化管道 1200 m ² ,建立高标准栏舍 4000 m ² ,改造曝氧塘和深度处理池;	3、沼液后处理:二级 DST 氧化塘 + 生化深度处理池 + 生态塘,沼液利用:水肥一体化。	
江西腾通实业有限公司	增加固液分离设备,新建曝氧塘,扩建沼气池。		

4.3. 地表径流污水净化利用技术工程实践

4.3.1. 地表径流污水净化技术

项目区内农村生活污染面广量大、农村人口多、空间密集,且污水收集与处理设备不完善,造成村庄周围地表水污染严重。对于生活污水的处理采取源头控制、中端拦截、末端治理的方式进行防控和修复,综合组装配套推广各项农业清洁生产技术,减少农业投入品对水体的污染;结合农田面源污染防治工程,建设项目区地表径流污水收集及处理设施,实现村域地表径流污水净化利用。在生活污水处理技术中,目前主要有化学技术、生物处理技术及生态处理技术,而利用生态处理技术则表现出更好的处理效果[36],其中包括生物膜、人工湿地以及生态稳定塘等处理技术,近些年来生物膜处理技术得到了快速的发展,吴迪等利用“一体化生物膜技术”处理农村生活污水,经监测出水口的 BOD 与 TN 等指标均达到了项目指标要求[37],使得污水中的有机物得到了氧化降解。对于村庄黑臭水主要采用生物处理技术进行处理(如图 3)。通过加入生物底改剂和生物除臭剂、生物起爆剂、全员生物制剂等来降解氮、磷等有机污染物,净化水体、增加透明度、稳定 pH 及消除杂物。然后将二级处理过后的污水通过生态浮岛和加入微生物维持剂来治理,通过培植有益藻类成为优势藻类,防控有害藻类,同时配合水生植物维持生态平衡。

4.3.2. 地表径流污水净化工程实践

下湖村村边自然村总人口 2000 人左右,村庄生活污水没有系统技术措施,主要是沿用现有的房前屋后沟渠排进村旁的池塘,且村旁小池塘储水没有活水流动,富营养化严重。因此对于池塘分别安装曝氧机曝氧处理,同时利用高等水生植物构建人工浮岛,净化生活污水,该措施成本低、效果好、简单易行。其次对小塘做深化处理,大塘修建浮岛、鱼类、投入特种生物活菌处理,对村域的岸提,生态袋在水面

抬升，后覆土做生态拦截带。使得塘与塘间互通，小塘溢流入大塘。并在小塘污水入口格栅拦截，接通村沟。

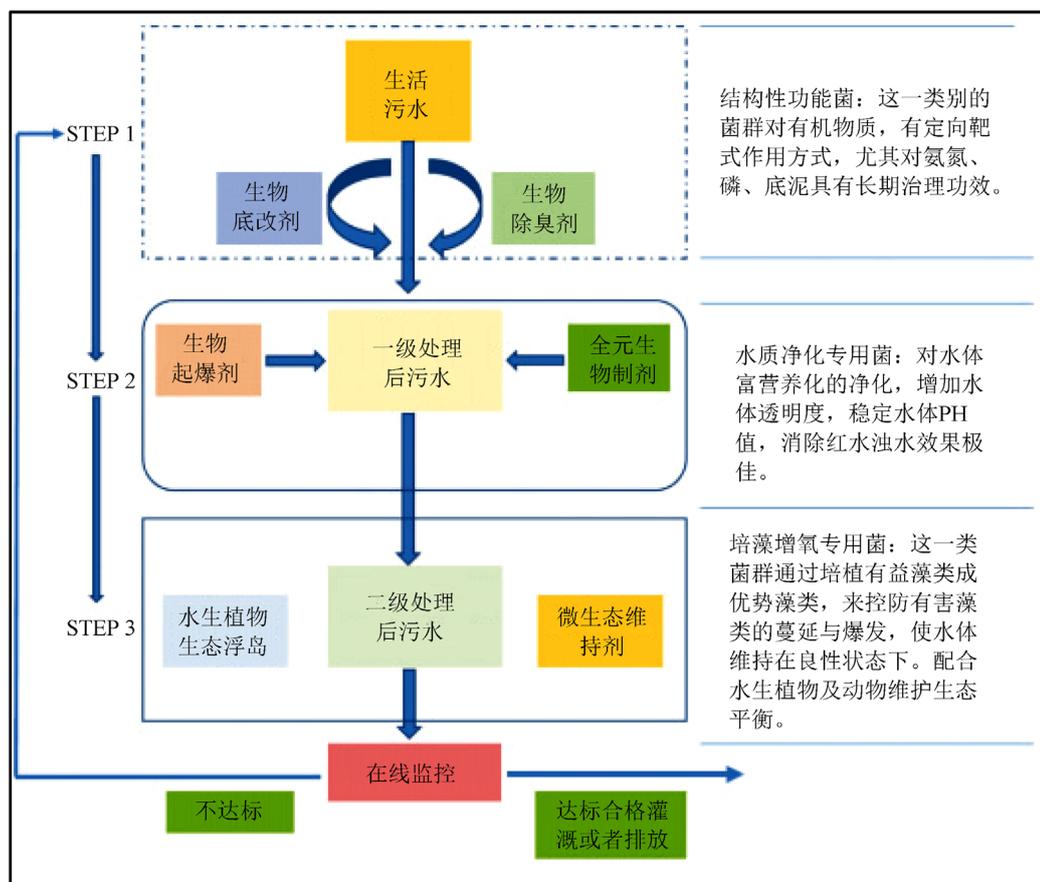


Figure 3. Road map of biological treatment technology for black and odorous water in villages

图 3. 村庄黑臭水体的生物处理技术路线图

下湖村大院地存总人口 260 人左右，村庄生活污水没有系统技术措施，只有村前一口池塘，池塘水质污染严重，富营养化严重。因此完善生活污水排水管网，利用生物活菌监理生态平衡，建设人工浮岛，宣传环保理念，设立警示牌。对水塘进行生态净化塘处理，填料、沉水植被、微生物、鱼类、中间浮岛、四周挺水植物如芦苇等生态处理，并做溢水口，做格栅并布置废弃物收集池。同时对村庄内沟渠淤积，打通池塘和排水沟。

徐桥边村经过新农村建设，基础设施有很大改善，但是尚无生活污水技术措施，村庄生活污水径流入池塘，水质不断恶化，污染严重。在新农村建设的条件下，在村庄中心池塘修建一座人工浮岛，利用生物活菌建立生态平衡，净化污水，美化景观，提升村民居住环境质量。

5. 总结

本文以江西省东乡区面源污染治理为导向，提出小流域面源污染治理的措施方案，同时建立完善工程项目的检测实施效果评估，全方位监测农田水质、农田化肥农药用量、土壤质量、畜禽粪便随意堆放、污水直排情况与项目处理利用率、生活污水直排情况与项目处理利用率，综合治理该流域面源污染问题，实现化肥减施 20%、农药减量 20%、畜禽污染及生活污水处理利用率达 90%以上、水产养殖废水废物实

现循环利用, COD、TN、TP 总排放量分别减少 40%、30%、30%以上的目标, 为流域内生态环境的保护作出一定的贡献, 同时也为小流域面源污染治理提供科学的可行性方案。

基金项目

国家重点研发项目: “鄱阳湖低丘-平原双季稻区面源污染防治技术集成与示范”课题(编号: 2018YFD0800503); 全程机械化条件下双季稻田紫云英高产栽培技术研究。

参考文献

- [1] 刘鸿渊, 刘险峰, 闫泓. 农业面源污染研究现状及展望[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(19): 8249-8250+8254.
- [2] 闵继胜, 孔祥智. 我国农业面源污染问题的研究进展[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2016(2): 59-136.
- [3] 饶静, 许翔宇, 纪晓婷. 我国农业面源污染现状、发生机制和对策研究[J]. 农业经济问题, 2011, 32(8): 81-87.
- [4] 金书秦, 邢晓旭. 农业面源污染的趋势研判、政策评述和对策建议[J]. 中国农业科学, 2018, 51(3): 593-600.
- [5] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对 I. 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计[J]. 中国农业科学, 2004(7): 1008-1017.
- [6] 赵根. 浅谈化肥农药污染控制与防治[J]. 农业科技通讯, 2018(1): 188-190.
- [7] 周轶韬. 规模化养殖污染治理的思考[J]. 内蒙古农业大学学报(社会科学版), 2009, 11(1): 117-120.
- [8] 张云青, 张涛, 李洋, 等. 畜禽粪便有机肥中重金属在不同农田土壤中生物有效性动态变化[J]. 农业环境学报, 2015, 34(1): 87-96.
- [9] 杨林章, 施卫明, 薛利红, 等. 农村面源污染治理的“4R”理论与工程实践——总体思路与“4R”治理技术[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(1): 1-8.
- [10] 吴永红, 胡正义, 杨林章. 农业面源污染控制工程的“减源-拦截-修复”(3R)理论与实践[J]. 农业工程学报, 2011, 27(5): 1-6.
- [11] 姚林, 郑华斌, 刘建霞, 等. 中国水稻节水灌溉技术的现状及发展趋势[J]. 生态学杂志, 2014, 33(5): 1381-1387.
- [12] 冯绍振. 测土配方施肥专家系统的研究与实现[D]: [硕士学位论文]. 泰安: 山东农业大学, 2017.
- [13] 汪航, 周建光, 翟国栋, 等. 紫云英替代水稻化肥试验研究[J]. 现代农业科技, 2014(12): 242-243+246.
- [14] 刘威. 紫云英养分积累规律和还田腐解特性及其效应研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [15] 潘剑玲, 代万安, 尚占环, 等. 秸秆还田对土壤有机质和氮素有效性影响及机制研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(5): 526-535.
- [16] 徐国伟, 李帅, 赵永芳, 等. 秸秆还田与施氮对水稻根系分泌物及氮素利用的影响研究[J]. 草业学报, 2014, 23(2): 140-146.
- [17] 王欣, 尹带霞, 张凤, 等. 生物炭对土壤肥力与环境质量的影响机制与风险解析[J]. 农业工程学报, 2015, 31: 248-257.
- [18] 武玉, 徐刚, 吕迎春, 等. 生物炭对土壤理化性质影响的研究进展[J]. 地球科学进展, 2014, 29(1): 68-79.
- [19] 张跃, 薛鑫, 刘艳梅, 等. 化肥污染及其防治[J]. 化工时刊, 2015, 29(6): 47-49.
- [20] 彭理, 陈永凡, 潘长虹. 关于控制农药污染与防治的探讨[J]. 资源环境, 2016, 33(15): 137-138.
- [21] 张树楠, 肖润林, 刘锋, 等. 生态沟渠对氮、磷污染物的拦截效应[J]. 环境科学, 2015, 36(12): 4516-4522.
- [22] Wu, Y.H., Kerr, P.G., Hu, Z.Y., et al. (2010) Eco-Restoration: Simultaneous Nutrient Removal from Soil and Water in a Complex Residential-Cropland Area. *Environmental Pollution*, **158**, 2472-2477. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.03.020>
- [23] 杨林章, 吴永红. 农业面源污染防控与水环境保护[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(2): 168-176.
- [24] 俸祥仁, 崔艳莉, 姜源明, 等. 经济型高床式微生物发酵床养猪试验[J]. 广东农业科学, 2012, 39(23): 101-103+109.
- [25] 郭珺, 庞金梅. 畜禽养殖废弃物污染防治与资源化循环利用[J]. 山西农业科学, 2011, 39(2): 149-151+161.
- [26] 朱飞虹, 朱伟清, 吴焯, 等. 运用黑膜沼气池处理高浓度养殖污水的研究[J]. 农业工程技术(新能源产业), 2014(12): 21-23.

- [27] 陈鹏举, 向忠菊. 畜禽粪便资源化处理技术在农业污染防治中的应用[J]. 家畜生态学报, 2010, 31(2): 106-108.
- [28] 刘言正, 张小龙, 何腾, 等. 生态修复技术在杭州龙泓润综合治理工程中的应用[J]. 中国给水排水, 2015, 31(22): 105-108.
- [29] Bezrodnykh, A.A., Zhirkov, A.A. and Safonova, S.L. (2007) Health Status of Motor Vessel Teams of the Lena River Line and of the Plant Workers in Yakutia. *International Water Resource Engine*, **8**, 46-47.
- [30] 戚韩英, 汪文斌, 郑昱, 等. 生物膜形成机理及影响因素探究[J]. 微生物学通报, 2013, 40(4): 677-685.
- [31] 张楠, 初里冰, 丁鹏元, 等. A/O 生物膜法强化处理石化废水及生物膜种群结构研究[J]. 中国环境科学, 2015, 35(1): 80-86.
- [32] 胡学伟, 李姝, 荣辉, 等. 不同 EPS 组成生物膜对 Cu²⁺吸附的研究[J]. 中国环境科学, 2014, 34(7): 1749.
- [33] 吉祝美, 李通林, 吕锡武, 等. 生态塘处理农村生活污水的效果分析[J]. 江苏环境科技, 2007(5): 39-41.
- [34] 万玉文, 郭长强, 茆智, 等. 多级串联表面流人工湿地净化生活污水效果[J]. 农业工程学报, 2016, 32(3): 220-227.
- [35] Vymazal, J. (2005) Horizontal Sub-Surface Flow and Hybrid Constructed Wetlands Systems for Wastewater Treatment. *Ecological Engineering*, **25**, 478-490. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.07.010>
- [36] 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.
- [37] 吴迪, 高贤彪, 李玉华, 等. 一体化生物膜技术处理滨海农村污水[J]. 环境工程学报, 2012, 6(8): 2539-2543.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: hjas@hanspub.org