

太湖地区农村生活污水示范工程处理工艺的选择

郭迎庆^{1,2}, 黄翔峰², 张玉先², 魏永¹, 陈毅忠¹, 彭明国¹

(1 江苏工业学院 环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164; 2 同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘要: 随着太湖地区经济的高速发展和村民生活水平的提高,农村的水环境日趋恶化,其水污染状况已经引起了普遍关注。着重介绍了目前在太湖农村地区普遍采用的污水处理技术,针对农村生活污水的特性,指出太湖地区农村生活污水示范工程处理工艺的模式应从示范点的选取、处理工艺方案的确定以及资金筹措等三方面进行考虑,并强调农村生活污水的处理应采取生物与生态处理相结合的工艺模式。

关键词: 农村生活污水; 生物生态工艺; 示范工程; 太湖地区

中图分类号: X703 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000 - 4602(2009)04 - 0006 - 04

Selection of Treatment Process for Rural Domestic Sewage Demonstration Project in Taihu Lake Region

GUO Ying-qin^{1,2}, HUANG Xiang-feng², ZHANG Yu-xian², WEI Yong¹,
CHEN Yi-zhong¹, PENG Ming-guo¹

(1 College of Environmental and Safety Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China; 2 College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: With the high-speed development of the rural economy and the improving of villagers living standard in Taihu Lake region, the rural water environment is deteriorating. The pollution of water environment has attracted more attention. Several sewage treatment technologies which are commonly used in this region are introduced. According to the characteristics of rural sewage, the treatment technology pattern for rural domestic sewage demonstration project in Taihu Lake region should be considered from three respects including the selection of demonstration project location, the determination of treatment process and the fund raising. The combination of biological process and ecological process may be the best choice for the rural domestic sewage treatment.

Key words: rural domestic sewage; biological and ecological processes; demonstration project; Taihu Lake region

太湖流域经济发达,人口稠密,近年来沿湖生活污水排放量迅速增加。在大规模推进工业污染源治理“提标升级”和城镇污水处理厂建设的形势下,太

湖流域点源污染得到了有效控制,而农村生活污水、农田径流和养殖污水则成为太湖水体富营养化的主要污染物来源,有效处理农村生活污染源便成了当

基金项目: 常州市科技局社会发展水环境治理专项 (CS2008013)

务之急。

目前,沿湖大多数村庄和农村住房均呈分散状态,使得农村生活污水难以收集进行集中处理。如太湖流域共有 4.6 万个自然村,人口在 800 人以上的仅有 830 个,只占总数的 1.8%。除少部分村庄将生活污水纳入污水收集管网外,绝大多数生活污水呈粗放型排放,不经过任何处理或只经化粪池简单处理后沿道路边沟或路面排放至就近的水体,这成为太湖水系水质恶化的重要原因之一。根据江苏省政府发布的《太湖水污染治理工作方案》,到 2010 年太湖一级保护区(沿湖 5 km 和入湖河口上溯 10 km 两侧各 1 km 范围)内农村生活污水的处理率达到 70%,其他地区农村生活污水处理率达到 40%。为实现这一治理目标,沿湖各地首先要积极抓好试点示范。因此,针对农村生活污水的特点,结合农村的实际情况,探讨选择适合当地农村生活污水的生态处理工艺技术具有现实意义。

1 太湖地区农村生活污水的特点

1.1 水质特点

农村生活污水中污染物的浓度变化大, BOD_5 和 COD 浓度一般高于城镇生活污水,可生化性较好, BOD_5/COD 为 0.45~0.55。

大部分农村生活污水的性质相差不大,水中基本上不含有重金属和有毒有害物质,水质波动大。太湖流域农村生活污水处理可依据以下水质设计: COD 为 600 mg/L, BOD_5 为 280 mg/L, SS 为 250 mg/L, TKN 为 38 mg/L, TP 为 2.75 mg/L, pH 值为 6~9^[1]。

厕所排放的污水水质较差,但可进入化粪池用作肥料。

1.2 水量特征

一般农村的生活污水量都较小,人均用水量为 70~110 L/(人·d),排水量为 25~70 L/(人·d),其高低值与农户的节水意识等相关,与经济条件关系不大;排水量/用水量为 40%~85%^[1]。

居民生活规律相近,生活污水排放量早晚比白天大,夜间排水量小,甚至可能断流,水量变化明显,即污水排放呈不连续状态,具有变化幅度大的特点,在早、中、晚都有一个高峰时段。

2 太湖地区农村生活污水的处理技术

农村由于其社会组织结构、经济发展状况、生活水平和生活习性与城市相比有很大的不同和差异,

决定了农村生活污水处理和城市生活污水处理非但在水质、水量及建设规模上不同,相应在处理工艺选择、工程建设投资和运行管理模式等方面也均有较大区别^[2]。农村污水处理技术的选择要量力而行,充分考虑到农村地区财力薄弱、农民实际承受能力较差这一普遍情况,选用既成熟可靠,又适合农村特点和实际的生态处理技术。把污水处理与农村村落微环境生态修复、生态堤岸净化、农田灌溉回用和景观用水需求等有机结合,根据不同实际条件进行优化组合与系统化,选择适合太湖地区农村生活污水的“生物+生态”处理模式及综合利用技术集成系统。

2.1 复合厌氧—人工湿地工艺

复合厌氧—人工湿地工艺流程见图 1。

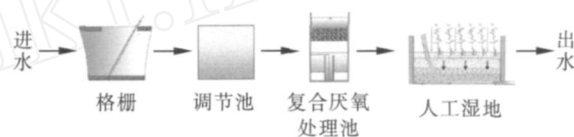


图 1 复合厌氧—人工湿地工艺流程

Fig 1 Flow chart of hybrid anaerobic-constructed wetland process

农村生活污水首先经过格栅预处理和调节池后,进入复合厌氧处理池和人工湿地。生活污水经过厌氧处理后可使其中的悬浮物沉淀,难降解有机污染物转化为小分子有机物,减轻后续“精”处理单元的负荷,不仅能节省人工湿地的占地面积,还能有效防止湿地土壤的堵塞。人工湿地是模拟自然湿地的人工生态系统,其表面种有水生植物,人工湿地除起到过滤作用外,其床体还能够提高除污效果:一是植物的生长能够改变生态床的流态,植物根系和杆茎对水流的阻碍作用有利于均匀布水,延长水力停留时间;二是植物的根系能够创造有利于各种微生物生长的微环境,植物根茎的延伸会在植物根系附近形成有利于硝化作用的好氧区,同时在远离根系的厌氧或缺氧区里含有大量可利用的碳源,又为反硝化提供了有利条件;三是植物生长对各种营养物,尤其是对硝酸盐氮具有良好的吸收作用。该系统中的生物种类多,并处于人为控制之下^[3],能够达到良好的除污效果。因此,这种组合不但能有效去除有机物,还能有效解决目前污水处理中难以做到的出水氮、磷浓度皆能达标的难题。

该工艺具有出水水质好、运行管理方便、投资及运行费用低、脱氮除磷效率高等优点,较适于在管理

水平较低、处理水量较小的城郊或乡村应用,采用该工艺处理太湖流域地区的农村生活污水具有一定的可行性。

2.2 净化沼气池—人工湿地工艺

污水净化沼气池是一个集水压式沼气池、厌氧过滤器及兼性厌氧塘于一体的多级折流式消化系统。粪便经格栅去除粗大固体后进入前处理区,在这里粪便进行沼气发酵,并逐步向后流动,生成的污泥悬浮固体在该区的后半部得到沉降并沿倾斜的池底滑回前部,再与新进入的粪便混合进行沼气发酵。上清液则溢流入前处理区,在这里与粪便以外的其他生活污水混合进行沼气发酵,并向前流动经过厌氧过滤器(附着于填料上的生物膜对污水进一步进行厌氧消化),再溢流入后处理池。前处理区是经过改进的水压式沼气池,后处理区为三级折流式兼性池,与大气相通,上部装有泡沫过滤板拦截悬浮固体,以提高出水水质。污水经净化沼气池去除大部分有机污染物及部分氮、磷,剩余的氮、磷营养物质则主要通过人工湿地去除。污水净化沼气池—人工湿地工艺流程如图 2 所示。



图 2 净化沼气池—人工湿地工艺流程

Fig 2 Flow chart of biogas digester-constructed wetland process

生活污水净化沼气池容积的确定可以参考以下标准^[4]:每 20~30 户居民适用的沼气池总容积为 40~50 m³;每 50~60 户居民适用的建池总容积为 80~90 m³;每 100~120 户居民适用的建池总容积为 160~180 m³。该组合工艺基建费用低,动力消耗少,能回收能源(沼气),管理简单,适于有可利用空闲地的村庄和集镇。

2.3 组合式生物—生态工艺

组合式生物—生态工艺流程见图 3。

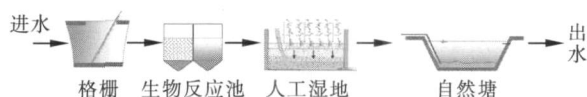


图 3 组合式生物—生态工艺流程

Fig 3 Flow chart of combined biological and ecological process

农村生活污水经格栅和调节池后进入生物反应池,利用其中发生的水解酸化和好氧反应去除有

机物及氮、磷等营养物;生物反应池出水先进入人工湿地系统,再进入自然塘,自然塘是一种纯生态化的污水处理方式,由植物和微生物组成。污水在塘内缓慢流动及较长时间的停留,可使污染物经植物根系过滤与吸附、好氧与厌氧微生物菌群分解、植物吸收等作用而得到降解。与传统的氧化塘相比,自然塘具有清洁、无恶臭、不滋生蚊蝇等特点,无运行动力费用、维护简单。自然塘可充分利用农村废弃的坑洼池塘、河道就地布置,施工方便且工程量小。

本工艺适于对出水水质要求较高、有可利用空闲地的新型农村社区,处理效果可以达到城镇污水厂的一级排放标准。

2.4 土壤渗滤生态处理系统

该工艺基于自然生态原理,生活污水在化粪池中经过初级沉淀、厌氧处理后,被有控制地投配到经一定构造、距离地面约 50 cm 深和具有良好扩散性能的土层中,然后流入各土壤渗滤管。污水经渗滤管均匀地向厌氧滤层渗滤,再通过表面张力作用上升,越过厌氧滤层出口堰之后,通过虹吸作用连续地向上层好氧滤层渗透。在上述过程中,水与污染物分离,水被渗滤并通过集水管收集,污染物通过物理化学吸附被截留在土壤中;碳和氮经厌氧和好氧过程,一部分被分解为无机碳、无机氮留在土壤中,另一部分变成氮气和二氧化碳进入空气中;磷则经土壤的物理化学吸附作用而被截留在土壤中,为草坪或者其他植物所利用。

该系统负荷低、停留时间长、水质净化效果好、工艺简单、投资少、运行费用低,适于土地较少但土壤条件适宜的几户或十几户家庭的生活污水处理。

3 示范工程处理工艺模式的选择

3.1 示范点位置的确定

为确保试点示范目标的实现,太湖农村地区在选择示范点位置时,要充分考虑区域环境敏感程度、区域地理环境状况等多种因素,要优先选择在规划保留的村庄、太湖一级保护区、太湖入湖河流两侧、集中式饮用水水源地附近、经济实力较强的行政村、经济社会发展的先进村,从而使示范工程对促进太湖湖体和太湖流域水环境质量的改善、饮用水水源地水质的改善发挥更好的作用。

3.2 处理工艺方案的确定

选择最适宜的农村生活污水处理工艺能有效减少日后出现问题和失败的风险^[5],技术方案的选择

应优先达到两个目标:一是出水水质达标排放或回用;二是注重工艺的经济适用性,运行成本低,管理维护简单^[6]。

3.2.1 达标原则

就目前我国的技术、经济水平而言,将污染源治理后达标排放是其主要目的。因此在确定设计方案时,应将接纳水体的排放标准作为其首要条件,对于太湖流域直排区的污染源,在设计示范工程时应充分考虑湖泊的水域功能,考虑脱氮除磷措施,并严格按排放标准确定各项设计参数,确保治理设施投入运营后各项污染物达标排放,尤其是氮、磷的排放一定要达到水域功能要求。否则,即使 COD、BOD₅ 等指标能够达标,处理出水水质还是达不到水体功能要求。

3.2.2 经济适用原则

当前农村地区财力薄弱、农民实际承受能力较差,因此示范工程工艺的选择首先要具备经济性,否则污水处理设施日后就会成为摆设,发挥不了其工程效益。在确定工艺方案时要做多种方案的技术、经济综合比较分析,对于有土地可利用的地区,可选择生物与生态处理相结合的处理模式,以确定治理工程的最优性价比,力求真正达到“以较少的投入,获得最大的产出”,从而获得经济与环境的双赢。

3.3 努力开辟多元化投资渠道

调查结果显示,目前村民对污水处理费虽有一定的承受能力,但都不愿意承担,多数区县运行费用来源不清,在推进农村生活污水示范工程建设时,应坚持“五个一点”筹资原则:“各级政府及环保部门拨付一点”,就是各级政府和环保部门要向农村适当倾斜,加大投资力度,建立生活污水处理财政向农村倾斜的导向政策,设置农村生活污水处理的专项资金,采取实物、资金、贴息等多种方式扶持农村生活污水处理设施的建设、运行与维护。“企业帮助解决一点”,就是要发动经济效益好、社会责任感强的企业开展企业与镇村环保挂钩帮扶活动。“镇村经济自筹一点”,就是镇村应将农村生活污水处理列为公共财政支出的重点之一,特别是太湖流域地区农村经济发达,绝大多数镇村两级都有数量可观的稳定收入,要立足于自我投入。“通过市场盘活一点”,就是要建立完善“政府引导、市场推

进”的投入机制,鼓励各类社会资本进入农村生活污水处理领域,要坚持“谁投资、谁受益”的原则,引导企业、社会和农民投入,逐步建立多层次、全方位、多渠道的投资机制。“发动群众苦干一点”,就是要加强对村民的宣传,把村民动员起来,积极筹工投劳,降低试点示范工程的建设成本。

太湖地区作为我国经济相对发达的地区,应积极探索创新机制,实施市场化运作,激活投入主体,加大对农村生活污水处理的投入。加强示范项目的建设,通过农村生活污水处理成功模式的推广应用,吸引各方人士主动参与项目建设。

4 结语

通过对农村生活污水排放特征和处理要求的分析,太湖地区农村具备发展生态工程的独特条件,应因地制宜地将污水处理和农业生态利用相结合,采用生物+生态的处理模式,实现污水的无害化和资源化。同时要重视示范点的选定、改革资金的筹措方式,以保证示范工程的稳定持续运行。

参考文献:

- [1] 徐洪斌,吕锡武,李先宁,等. 农村生活污水(太湖流域)水质水量调查研究[J]. 河南科学, 2008, 26(7): 854 - 857.
- [2] 兰虹,郭运功,谢冰,等. 上海新农村建设中生活污水污染现状及处理对策[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(4): 5 - 8.
- [3] 贾静,傅大放,马强,等. 苏南农村地区分散式污水的处理与回用[J]. 中国给水排水, 2007, 23(6): 31 - 34.
- [4] 曹军,程卫锦. 生活污水净化沼气池技术[J]. 农技服务, 2007, 24(5): 23 - 25.
- [5] Massoud M A, Tahini A, Nasr J A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries[J]. J Environ Manage, 2008, 90(1): 652 - 659.
- [6] 郭永龙,武强,王焰新,等. 分散式生活污水污染源的治理技术与方法述评[J]. 环境科学与技术, 2004, 27(1): 100 - 102.

电话: (0519) 86330086

E-mail: water8820@163. com

收稿日期: 2008 - 10 - 29