

复合生态湿地系统处理农村生活污水的研究

敖子强, 桂双林, 夏 嵩, 熊继海, 黄贞岚, 王 歆

(江西省科学院 能源研究所, 江西 南昌 330096)

摘 要:农村生活污水问题日益突出,迫切需要找到经济有效的处理办法。综合国内外农村生活污水处理方法的比较,根据农村具体情况及生活污水的现状和特点,以高效脱氮除磷为目标,以低运行、低建设成本及低土地使用率为目的,因地制宜选用厌氧、好氧单元结合生态浮床和人工湿地串联构成的复合生态湿地系统处理农村生活污水。

关键词:农村生活污水;生态湿地;脱氮除磷;因地制宜

中图分类号:S 19 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)12-0205-04

随着新农村建设和人们生活水平的提高,人们对环境的需求有了进一步的提高,而农村水资源短缺和水污染严重地制约着我国农村经济的健康持续发展,农村地区的水环境治理显得尤为必要。目前我国 96% 的村庄没有专门排水管道和生活污水处理系统,生活污水未经任何处理随意排放现象严重^[1];同时由于农民进行畜禽家庭分散养殖,加之农村的卫生习惯相对较差,垃圾随意堆放以及废水溢流,环境卫生总体上相对较差,没有进行雨污分流,降雨初期大量污染物进入河道,污染了农民的生活环境,直接影响广大农民群众的身心健康,制约了农村的经济发展,农户迫切希望对农村生活污水进行处理,同时农村也具备了污水处理的基本条件和承担一定的处理费用的经济能力^[2]。但城市污水的

处理模式并不能很好地适应农村生活污水的处理,因此迫切寻求操作管理简单方便适合农村分散生活污水特点的处理方法。

1 农村生活污水的特点

1.1 生活污水水质特点

农村生活污水水质因排水类型不同而存在明显的差异。根据排放地点和水质特征不同,农村生活污水主要包括人们的生活洗涤污水、厨房污水、厕所污水以及混合一些养殖废水、小作坊的农产品加工所产生的污水等,其中厕所污水污染物浓度最高,同时有臭味产生,洗衣污水和厨房洗污水污染程度也很高;而其它类型的污水相对较干净,各项指标值都较低^[3]。农村生活污水水质相对比较稳定,有机物和氮、磷等营养物含量较高,一般不含有毒物质。

1.2 生活污水的排放特点

农村生活污水排放不均匀,日变化系数大。农村人口居住相对分散,污水处理设施相对薄弱,大多数污水没有进行处理。农村生活污水的排放呈不连续状态,日变化系数一般在 3.5~5.0,其排放量和农村居民生活规律相近,早晚比白天大,夜间排水量小,水量变化明显,污水排放为不均匀排放,变幅较大的特点^[3]。由于农村

第一作者简介:敖子强(1975-),男,博士,助理研究员,现主要从事环境科学与工程等研究工作。E-mail:aoziqiang628@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41263006);江西省科技厅资助项目(20124ACB01200, 20122BBG70086, 20113BCB24017, 20133ACF60005, 20123BBF61150);2012 年建设“全国科学院联盟”专项资助项目(2012-14);江西省科学院引进博士资助项目(2012-YYB-01)。

收稿日期:2015-01-19

Abstract:Based on the investigation on the quality and safety supervision department, farmers in Daxing district of Beijing, this paper expounded the goal and the basic construction of agricultural products quality and safety supervision platform, in-depth analyzed of Beijing Daxing district construction quality and safety supervision system of agricultural products based on information platform, sorted out the Daxing district agricultural products quality and safety supervision problem. Study found that, although Daxing district had made great progress in agricultural products quality and safety supervision, there still existed many problems. Agricultural products quality and safety supervision technology remained to be improved, and the quality and safety of agricultural products monitoring the effectiveness remained to be improved.

Keywords: agricultural products quality and safety; information platform; Daxing district

人口较少,分布广而且相对分散,居住地没有统一规划,多数村庄没有完善的污水管道,且缺乏配套的污水处理设施,大部分生活污水未经处理就直接排入周边河道^[3]。

2 农村生活污水问题日益突出的原因

农村生活污水造成环境问题日益突出的主要原因:农村居民由分散趋向集中,主要选取交通便利、条件优越的地方进行修建房屋居住,生活污水也由分散趋向集中,环境自净能力大大减弱;同时房屋面积的增加,硬化面积进一步增大,生活污水容易汇流集中,下渗的污水量相对减少,减少了氮磷迁移转化的时间和空间;第三个方面是人们生活方式的改变导致污染程度增大,如由原来的旱厕改为水冲厕所,污水量增加处理难度增大;另外资金投入少,处理设施缺少甚至不完善,人员知识水平相对较低,操作管理能力缺乏,不能很好应对出现的水环境问题。

3 国内外农村生活污水污染防治技术现状

国外在农村分散型生活污水处理方面研究起步较早,但由于经济和社会状况存在差异,其污染防治技术也有所不同,但其技术措施及原理可以学习借鉴。常见的农村生活污水处理技术有欧美的稳定塘处理系统^[4]、日本农村生活污水处理系统^[5]、韩国的湿地污水处理系统^[4,6]等。为寻求流程简单、投资节省、管理方便,适合我国农村特点的分散式综合生活污水处理方式,近年来国内诸多学者也做了很多有益的探索研究,主要有生物浮床技术^[7]、清华大学采用人工复合湿地系统处理滇池流域农村生活污水技术^[8-9]、浙江大学对试验农场内的实际污水采用地埋式无动力厌氧处理技术(UUAR)^[10]、东南大学采用厌氧/跌水充氧接触氧化/人工湿地组合技术^[11]、采用自回流生物转盘与水生植物滤床组合技术^[12]、南京大学采用蚯蚓生态滤池技术^[13-14]等。国内外处理农村生活污水的方法虽然也取得了良好的处理效果,但是由于投资大、能耗高、运行费用高、管理难度大、没有充分考虑农村生活污水的特点和农村的实际情况等原因,难以在农村推广应用。

4 农村生活污水处理工程设计原则

村镇生活污水处理技术的选择,关键要适应村镇的具体情况,采用投资较少、除污效率高、运行费用低、管理相对简单方便、维护容易、具有较大的抗冲击负荷能力的处理工艺或技术。考虑农村基础设施相对较差,在

设计上应考虑模块化、定型化,以便于安装、管理和维护。农村生活污水处理工程设计原则主要有以下几个方面。1)农村生活污水处理工程不仅要满足相关排放标准要求,还要注重景观美化、环境协调。尽量利用地形,污水采用重力自流和跌水充氧,以节省运行费用。污水处理技术组合工艺选择的主要依据因素有:当地土地资源、经济发展水平、水环境现状、进水的水质状况、出水达标排放要求、当地的地形与气候等。2)选用质量上乘、维修简单方便、运行能耗低的仪器设备,尽量降低污水处理设施的运行费用。3)在对要处理的生活污水产生及排放要求进行充分调查研究的基础上,针对生活污水的水质、水量状况,选用技术先进可靠、处理工艺成熟稳妥、处理效率相对较高、运行成本低、处理设施占地面积小、操作管理方便的技术,确保处理后出水达标排放并投资少。4)污水处理工程总图布局合理、外形美观、布置紧凑,减少污水处理过程中废水的提升次数,保证整个污水处理工艺运行流畅。5)根据工艺控制需要选择设置自动控制系统,以降低操作管理的劳动强度,确保污水处理系统稳定运行。

5 复合生态湿地系统的选用

处理农村生活污水要根据其水质特点和排放形式,其核心问题是“脱氮除磷”。复合生态湿地系统对农村生活污水处理是一个复杂的过程,是湿地物理化学、生物等作用综合效应的结果。主要包括吸附、沉淀、络合反应、离子交换、营养物质吸收、硝化、反硝化、生物迁移转化和微生物降解等过程^[15]。农村生活污水中含有植物和微生物生长所需要的氮、磷、无机质和有机质等,综合国内外生活污水各种处理技术的比较,复合生态湿地系统坚持“因地制宜、生物生态、综合利用、系统集成”的环境理念,采用“生态节能型农村生活污水处理技术”,该技术将生物方法和生态方法结合于一体,综合了厌氧调节槽降低生活污水的COD、BOD及除磷、强制充氧反应槽的硝化作用和人工湿地的反硝化及除磷作用,同时可以采用太阳能作为外加动力,具有操作管理简单方便、流程顺畅、造价和运行费用较低等优点,符合我国农村地区生活污水处理的现状特点。该技术在应用中可结合“环境优美乡村”建设,同步建设具有农村特色的自然景观,从而创造出了一个自然和谐的人居环境。

农村生活污水直接流入厌氧调节槽,厌氧调节池设置在地下,内置填料,水平折向平流,厌氧调节池的污水自流入强制充氧反应槽,经风机曝气实现污水充氧,污

水在充氧反应槽内经好氧微生物处理后,有机物得到降解,氨氮经硝化生成亚硝酸根和硝酸根,利用气提将氧化后的硝化液回流到厌氧调节池,出水经生态渠流入好氧生态床,好氧生态床之间设有多级跌水充氧单元,经多级好氧生态床后经生态渠依次流入第一级人工湿地、氧化塘(配置适量的人工浮岛)、第二级人工湿地,最终出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》的一级 B

标准后外排。该处理工艺的主要优点:①工艺采用微曝气和势能增氧,利用风机空气形成气提,实现硝化液回流,节省电能消耗。②流程后段污水处理采用势能增氧,利用地形地势多层形成增氧。③充分利用地形地势,构筑多个跌水充氧单元,结合好氧生态床、生态渠、人工湿地、氧化塘(生态浮床)制造自然景观,与环境融合与协调。

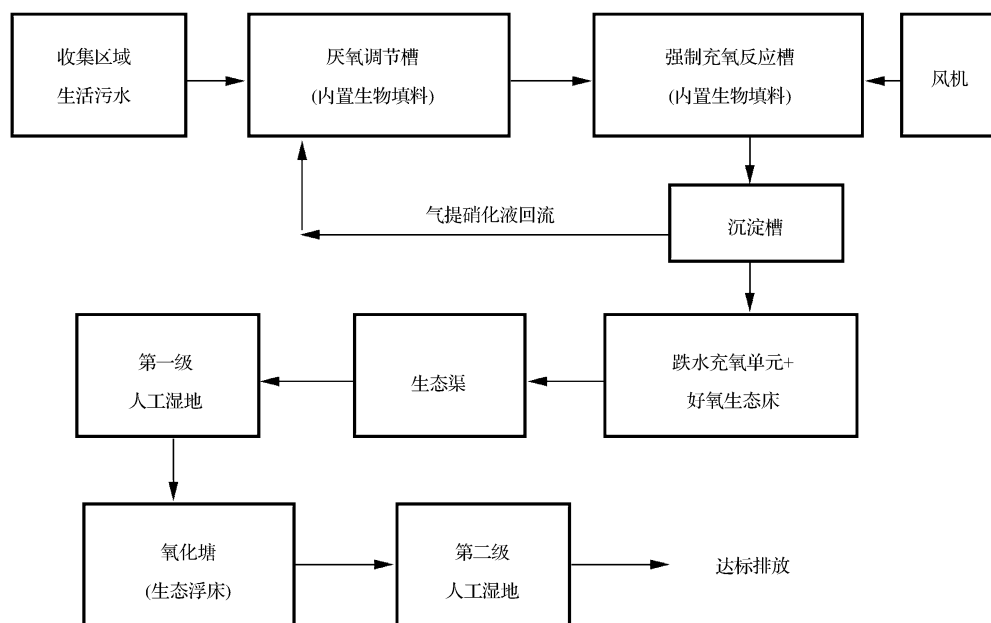


图1 复合生态湿地系统废水处理工艺流程

复合生态湿地系统在脱氮除磷方面具有明显的优势,将人工湿地系统与组合生态浮床系统串联使用结合厌氧和好氧单元构成复合生态湿地系统能很好地解决农村生活污水中的氮磷问题。为了达到高效脱氮除磷,有效解决农村生活污水的目的,需加强对复合生态湿地系统以下几个方面的研究:1)复合生态湿地系统基质的选择及其组合,选用的基质对氮磷的吸附能力强,有利于植物和微生物的生长;2)复合生态湿地系统中植物的抗逆性、脱氮除磷能力、耐寒能力、根系特征等方面的筛选,选用的植物对不同浓度农村生活污水的耐性强,对氮磷吸收去除能力强,需要选用适应冬季生长耐寒的植物品种,根系发达,如适应冬天生长的水芹(*Oenanthe javanica* (Blume) DC)、酸模(*Rumex acetosa* Linn)等成为冬天常见人工湿地备选植物种;3)复合生态湿地系统结构类型及运行效果比较研究,结合氧化塘及生态浮床的建设,选择性地进行水产养殖从而提高复合生态湿地系统的经济价值;4)复合生态湿地植物的资源化利用及景观设计研究,选用的植物不但除污能力强,同时兼具

有一定的经济价值或者景观价值,如常见的景观植物美人蕉(*Canna indica* L.)、鸢尾(*Iris tectorum* Maxim.)、芦苇(*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud)等去污能力强,又能美化环境。目前具有发展前景适宜复合生态湿地系统生长且有较大推广应用价值的还有能源植物象草(*Pennisetum purpureum* Schum.)和巨菌草(*Pennisetum* sp.)。象草是一种热带、亚热带地区多年生草本植物,生长较快,生物量大,植株可高达4 m或更高,是典型的高蓄能植物,由于象草生长周期短、根系发达、生长快等特点,其在人工湿地植物的选择上具有很大优势^[16-19]。巨菌草属典型的C4植物,太阳能转化率高是阔叶树的4.00~7.46倍,年产鲜草达200~400 t/hm²,根系发达,生物量高、抗逆性强。巨菌草用途广泛,既可作为优质的食、药用菌培养的原料,又可以作为畜禽养殖的饲料,还可以作为生物质能源代替煤炭发电、生产沼气等,是一种具有较大种植潜力和社会经济生态效益的草种^[20-21]。

6 结论

农村生活污水处理需要研究开发一种成本低廉,运行效果显著,不受时间空间限制,节能环保,操作管理简单方便的农村废水处理技术。复合生态湿地系统根据当地实际情况因地制宜通过厌氧、好氧结合人工湿地和生态浮床等这种“生物+生态”组合技术,解决目前农村生活污水带来的污染问题,同时还能种植景观作物美化环境,或种植经济作物转化生活污水中的氮磷提高土地的附加值,或通过水产养殖提高土地的经济价值,或种植能源植物解决农村能源短缺的实际问题等,从而能降低整个农村生活污水处理系统的运行成本。

参考文献

- [1] 易志霞,王本严.农村生活污水处理技术研究进展[J].华章,2012(29):344-345.
- [2] 王延华.生态土壤系统对生活污水的处理效能及氮循环过程研究[D].上海:上海交通大学,2008:83.
- [3] 周井娟.农村生活污水治理的制约因素分析与对策研究-基于世行宁波农村生活污水处理项目的经验[J].经济研究导刊,2012(10):48-55.
- [4] 张克强,李军幸,张洪生,等.国内外农村生活污水处理技术及工程模式探讨[A].全国农业面源污染与综合防治学术研讨会论文集[C].中国会议,2004:222-226.
- [5] 邓芙蓉,刘东生,王辉,等.人工湿地与土壤净化槽处理农村生活污水的对比[J].环境化学,2013,32(2):232-235.
- [6] 周律,李秉浩,李佳璘.韩国农村排水系统的建设及对我国新农村水污染控制的启示[J].中国农业科技导报,2008,10(4):42-47.
- [7] 辛在军.水芹生态浮床净化功能影响因素与生态化学计量研究[D].

上海:华东师范大学,2012:1-52.

- [8] 卢少勇,金相灿,余刚.人工湿地的磷去除机理生态环境[J].生态环境,2006,15(2):391-396.
- [9] 刘志强,苗群,邵长飞,等.滇池流域村镇生活污水污染及处理技术[J].青岛建筑工程学院学报,2003,24(3):15-18.
- [10] 沈东升,贺永华,冯华军,等.农村生活污水埋式无动力厌氧处理技术研究[J].农业工程学报,2005,21(7):111-117.
- [11] 刘文涛,吴磊,吕锡武,等.生物生态耦合技术处理农村生活污水的应用研究[J].环境监控与预警,2012,4(1):46-51.
- [12] 李彬,吕锡武,宁平,等.自回流生物转盘/植物滤床工艺处理农村生活污水[J].中国给水排水,2007,23(17):15-19.
- [13] 李军状,罗兴章,郑正,等.蚯蚓生态滤池处理农村生活污水现场试验研究[J].环境污染与防治,2008,30(12):11-16.
- [14] 郭飞宏,汪龙眠,张继彪,等.蚯蚓生态滤池对农村生活污水的深度净化效果[J].环境工程学报,2012,6(3):714-719.
- [15] 敖子强,彭世寿,严重玲,等.利用人工湿地修复黔灵湖的研究[J].安徽农业科学,2009,37(33):16522-16523.
- [16] 邹书成,吴晖,夏世斌,等.能源植物人工湿地处理生活污水试验研究[J].武汉理工大学学报,2011,33(12):77-83.
- [17] 丁益平.关于象草开发及用于造纸情况概述[J].湖南造纸,1997,1(1):16-17.
- [18] 贺锋,吴振斌.水生植物在污水处理和水质改善中的应用[J].植物学通报,2003,20(6):641-647.
- [19] 刘金祥,蔡瑜,肖生鸿.模拟酸雨对矮象草生理生态特性的影响[J].湛江师范学院学报,2005,26(6):65-70.
- [20] O'Donnell A G,Seasman M,Macrae A. Plants and fertilizers as drivers of change in microbial community structure and function in soils[J]. Plant and Soil,2001,232(1/2):135-145.
- [21] 林兴生,林占熿,林冬梅,等.荒坡地种植巨菌草对土壤微生物群落功能多样性及土壤肥力的影响[J].生态学报,2014,34(15):4304-4312.

Study on Rural Domestic Sewage Treatment Using Hybrid Ecological Wetland Systems

AO Zi-qiang, GUI Shuang-lin, XIA Song, XIONG Ji-hai, HUANG Zhen-lan, WANG Xin
(Institute of Energy, Jiangxi Academy of Sciences, Nanchang, Jiangxi 330096)

Abstract: Rural domestic sewage becoming serious, it need to find economical and practical ways to solve it. Under comparing of domestic and foreign rural sewage treatment and combining the present situation and characteristic of rural domestic sewage, for the goal of removing the nitrogen and phosphorus efficiently, the lower cost of operating and constructing and the less land, we selected hybrid ecological wetland systems to treat rural domestic sewage according to the local conditions with aerobic, anaerobic, the ecological floating bed and the constructed wetland.

Keywords: rural domestic sewage; ecological wetland; nitrogen and phosphorus removal; tailoring measures regarding the local conditions