

农村生活排水多介质生态处理技术模式研究 ——总体布局篇

李仰斌¹, 谢崇宝¹, 张国华¹, 籍国东², 周游²

(1. 中国灌溉排水发展中心, 北京 100054; 2. 北京大学环境工程系 水沙科学教育部重点实验室, 北京 100871)

摘 要:农村生活排水处理工程是不可缺少的重要基础设施,在保证生产、改善人居环境等方面担负着重任。针对我国农村特点,提出了农村生活排水处理的技术需求,开发了农村生活排水多介质生态处理装置多功能折流反应器(HBR)、多介质生态滤池(MEF)、多介质人工湿地(MCW)、多介质毛管渗滤(MCP),集成了 HBR、HBR-MEF、HBR-MEF-MCW、HBR-MEF-MCP 等多种处理模式,实际应用时可根据用水水质和经济水平要求,具体选择不同的处理模式。

关键词:农村;生活排水;多介质;处理模式

中图分类号:X703

文献标识码:A

Research in the Patterns of Rural Domestic Sewage Multimedia Ecological Treatment Technologies ——Overall layout

LI Yang-bin¹, XIE Chong-bao¹, ZHANG Guo-hua¹, JI Guo-dong², ZHOU You²

(1. China Irrigation and Drainage Development Center, Beijing 100054, China; 2. Department of Environmental Engineering; Peking University; Key Laboratory of Water and Sediment Sciences; Ministry of Education; Beijing; 100871)

Abstract: Rural domestic sewage treatment systems is indispensably important b infrastructures, which take on important task in the aspects of assuring production, improving the living environmental and so on. Aiming at the Chinese rural characteristic the technology demands of rural domestic wewage treatment systems are put forward, multimedia ecological treatment plants of hybrid baffled reactor(HBR), multimedia ecological filter(MEF), multimedia constructed wetland(MCW), multimedia capillary percolation(MCP) are developed and four treatment patterns of HBR、HBR-MEF、HBR-MEF-MCW、HBR-MEF-MCP are formed, which are chosen to apply according to water quality and economy condition.

Key words: village; domestic sewage; multimedia; treatment pattern

0 引 言

据调查,全国 96% 的村庄没有排水渠道和污水处理系统,生活污水随意排放。“污水乱泼、垃圾乱倒、粪土乱堆、柴草乱垛、畜禽乱跑”、“室内现代化,室外脏乱差”已成为农村人居环境的真实写照。

目前我国城市生活污水采用的大规模的集中处理方式不适合在广大农村地区推广应用,主要表现为:大规模的集中处

理厂需要较大的工程费用来建立复杂的排水管网。在人口密度很低的地区,这项投资将比污水处理厂的总投资高出一个数量级。特别是在农村地区,居住群比较分散,这项费用将更高。此外,管道修复费用也非常昂贵。污水生态处理技术因其工程造价低、运行费用少、基建材料易得、操作简便、处理效果好而受到国内外的普遍重视,包括美、日、英、法、俄等国在内的许多国家都在广泛采用这项技术处理生活排水。我国在“七五”至“十五”期间,开展了大量采用厌氧和生态技术处理小城镇生活排水、小区生活排水和工业排水的试验研究和工程示范,并在嘉兴、沈阳、深圳和盘锦等不同地区进行了工程示范。但是,将现有技术应用于农村生活排水处理时,存在终年运行不稳定、易堵塞和除磷脱氮效率低等技术方面的制约瓶颈。

因此,系统研究生态技术处理农村生活排水的适宜性,突破现有技术瓶颈,开发具有完全自主知识产权的农村生活排水

收稿日期:2009-04-29

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划课题“农村饮用水源保护与生活排水处理技术研究”(2006BAD01B08);水利部公益性行业科研专项经费项目“农村生活排水资源化利用技术模式研究”(200801048)。

作者简介:李仰斌(1957-),男,主任,教授级高级工程师。

资源化利用的关键技术、滤料、设备与模式,是保护农村饮用水水源安全、治理农村生态环境污染、引导和支撑农村发展循环经济的现实需求,应用前景十分广阔。

1 农村生活排水处理技术需求分析

农村生活排水处理技术应满足两点要求:水力负荷要高。随着农村经济发展,农村地区生活水平不断提高,农村生活排水量也日益增大,因此所开发的处理技术必须要有较高的水力负荷。处理后的水质要好。一方面,生活污水中含有较高的人畜粪尿成分和氮、磷含量,特别是磷含量较高,处理时不仅要能够消减有机物还要能够进行脱氮除磷;另一方面,随着经济的迅猛发展,对水资源的需求剧增,因此所开发的处理技术应尽可能满足污水资源化利用的标准。

以上述处理要求为基本原则,加紧研发符合农村社会经济发展水平的集中、分散处理与资源化利用的关键技术与设备;重点以城市郊区和山丘区为研究对象,充分利用当地的自然条件,开发无动力污水综合控制和回用系统;以北方缺水、南方经济发达地区和城市郊区为研究对象,结合当地的自然和社会经济状况,开发无动力(或微动力)多介质快速渗滤农村生活排水处理与回用关键技术与设备;以不同区域为研究对象,在比较原生介质与多介质生态处理技术适宜性的基础上,构建农村生活排水无动力复合生态处理集成模式,建立试点工程。

2 农村生活排水多介质生态处理装置开发

在水利部公益性行业科研专项经费项目“农村生活排水资源化利用技术模式研究”和“十一五”国家科技支撑计划课题“农村饮用水源保护与生活排水处理技术研究”的资助下,课题组开发了系列农村生活排水多介质生态处理装置,包括多功能折流反应器(HBR)、多介质生态滤池(MEF)、多介质人工湿地(MCW)、多介质毛管渗滤(MCP)4套装置。

2.1 多功能折流反应器(HBR)

多功能折流反应器顺次包括3个厌氧单元2个好氧单元和1个沉淀单元,它们之间通过管道连接;厌氧单元均设有排气孔,好氧单元内均设有悬空的上、下钢丝网,钢丝网之间的隔室内填充填料,下层的钢丝网上设有与曝气机相连的布气孔。主要作用是去除COD、BOD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和TSS,出水水质达到《农田灌溉水质量标准》(GB5084-2005)。

厌氧单元的3格式设计,使产酸菌和产甲烷菌能够分别生长在各自的适宜环境中,有利于污染物的降解。厌氧第1格式兼有水质调节功能,第3单元的三相分离器能实现气、固、液三相分离,减少污泥流失。好氧单元的2格式设计,有利于脱碳菌和脱氮菌分别生长在各自适宜的环境中,有利于有机物和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除。好氧单元设计为浮动床,并填充大孔网状载体,即解决了固定床生物反应器的堵塞问题,又解决了活性污泥脱氮效率差、容积负荷低和产泥量大等问题。好氧单元采用有利于反硝化脱氮的间歇曝气方式,曝气量仅为普通活性污泥和固定床反应器的1/3~1/5。沉淀池内设有散水器,有利于水的复氧和悬浮物沉淀,以减少悬浮物对后续处理单元的冲击。

该装置同时具有化粪池、厌氧悬浮、生物浮动床和沉淀池

功能,集厌氧、好氧过程于一体,具有占地面积小、基建投资省,运行费用低(或无),不易堵塞、管理方便,无潜在生态安全隐患,且能够全年运行等特点。

2.2 多介质生态滤池(MEF)

多介质生态滤池为含有按“品”字形或其他方法填充的多介质滤料层和透水滤层的滤池,能够去除污水中的总氮、总磷、悬浮物和COD,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)二级标准。

污水经过滤池填料表面的布水管逐级通过滤料层,进入滤池底部的集水槽后排出。污水经多功能折流处理模块流经多介质生态滤池时,污染物被多介质滤料拦截和吸附在其表面,微生物利用有机物进行生长繁殖,并附着在滤料上形成生物膜。经过一段时间,生物膜成熟,栖息在生物膜上的微生物以流经的有机物作为营养,对污水中的有机物进行吸附、分解氧化,从而使流过生态滤池的污水得到净化。

多介质生态渗滤模块采用“品”字形填料方法,达到既能保证流量又能保证停留时间的平衡点。多介质生态滤池中的多介质滤层是净水介质,透水滤层是水流通道,净水介质和水流通道的功能分异,即可增加污染物的反应时间又可有效防止多介质生态渗滤模块的堵塞。

2.3 多介质毛管渗滤(MCP)

多介质毛管渗滤的核心技术是按“品”字形或其他方法填充的毛细提升介质和透水滤层,主要去除TN、TP和溶解性COD,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准。

毛细提升介质的毛细作用将布水槽中的污水提升至一定高度,并在毛细管中使污染物和水分离,当毛细水上升到一定高度后,重力作用使其下降,毛细水在下降过程中流经多介质滤层而得到深度净化。

多介质毛管渗滤在毛管渗滤的基础上增加了的多介质滤层,水力负荷比同等效率的毛管渗滤提高了1~2倍。多介质毛管渗滤床种植易于管理,不需特别保护即可越冬,氮磷吸收能力强,具有观赏价值和药用价值的麦冬等植物,麦冬的根系发达,能够为毛细提升提供推动力,麦冬根系与微生物和滤料的相互作用,也有利于污染物的降解和滤料的自解吸再生。

2.4 多介质人工湿地(MCW)

多介质人工湿地的核心技术是按“品”字形或其他方法填充的多介质滤层毛细提升介质和透水滤层,以及有利于反硝化脱氮和终年运行的深层集水垂直流态设计,主要去除TN、TP和溶解性COD,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级B标准。

多介质人工湿地上分别种植不同的湿生挺水植物,主要利用土壤、人工介质、植物、微生物的物理、化学、生物三重协同作用,对污水、污泥进行处理的一种技术。其作用机理包括吸附、滞留、过滤、氧化还原、沉淀、微生物分解、转化、植物遮蔽、残留物积累、蒸腾水分和养分吸收及各类动物的作用。

多介质人工湿地在普通垂直流人工湿地的基础上增加了多介质滤层和深层集水设计,水力负荷比同等效率的普通垂直流湿地提高了1~2倍。多介质人工湿地床种植易于管理,不

需特别保护即可越冬,氮磷吸收能力强,具有观赏价值和药用价值的菖蒲和黄花鸢尾等植物,植物根系与微生物和滤料的相互作用,有利于污染物降解和滤料的解吸再生。

3 农村生活排水多介质生态处理模式

课题组在开发上述装置和设备的基础上,研究提出了农村生活排水多介质生态处理模式,分别为:多功能折流反应器单一处理模式(HBR);多功能折流反应器与多介质生态滤池复合模式(HBR-MEF);多功能折流反应器与多介质生态滤池及多介质人工湿地三合一模式(HBR-MEF-MCW);多功能折流反应器与多介质生态滤池及多介质毛管渗滤三合一模式(HBR-MEF-MCP)。此外,课题组还开发了经济型和高效型各两种功能滤料,故按照滤料和填充方法的不同,上述4种模式又包含了若干种不同的处理组合单元,实际应用时可根据用水水质和经济水平要求,具体选择不同的处理模式。

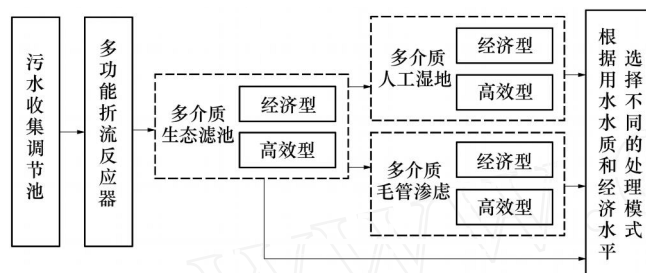


图1 农村生活排水多介质生态处理模式

4 农村生活排水多介质生态处理模式示范

依据上述提出的处理模式,将上述各装置在水利部节水灌溉示范基地进行了总体布置,如图2。示范点综合运用了多功能折流反应器技术、多介质处理技术、土地处理技术等多种农村污水处理新技术,充分发挥微生物的降解作用以及土壤和植物的拦截、过滤、吸收等物理、化学、生物多种功能,使得污水中的有机污染物、氮、磷等大幅度减少。

(1)适用范围:生活小区、宾馆饭店、山庄别墅、旅游景区、学校及生态村镇等。

(2)技术特点:建设与运行费用低、氮磷去除能力强、不影响地面景观、管理维护方便、处理出水水质好、可回用。

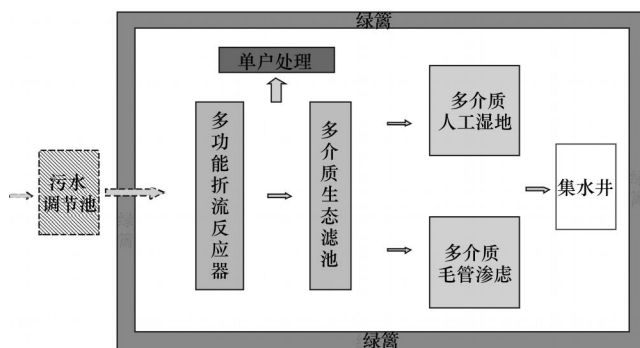


图2 农村生活排水多介质生态处理模式总体布置图

(3)处理标准:出水水质达到《污水综合排放标准》中的一级标准。

5 结 语

课题组开发的系列适度强化的农村生活排水多介质生态处理技术,突破了现有技术无法全年运行、占地面积大、除磷脱氮效果差和易于堵塞等技术瓶颈,这对解决集中供水条件下,不同区域农村生活排水处理与资源化利用将起到重要作用,具有广泛的市场需求和推广应用前景,经济效益非常显著。该技术直接面向国家需求,保障广大农民身体健康,维护区域生态和社会安全,造福子孙后代,其环境和社会效益非常显著。 □

参考文献:

- [1] 李仰斌,张国华,谢崇宝. 国内外农村生活排水相关标准编制概况[J]. 中国水利,2009,(5):56-57.
- [2] 李仰斌,张国华,谢崇宝. 我国农村生活排水现状及处理对策建议[J]. 中国水利,2008,(3):51-53.
- [3] 李仰斌,张国华,谢崇宝. 我国饮用水源保护与监测相关法规和技术标准编制现状[J]. 中国农村水利水电,2008,(1):45-47.
- [4] 李仰斌,张国华,谢崇宝. 我国农村饮用水源现状及保护对策建议[J]. 中国农村水利水电,2007,(11):1-6.
- [5] 籍国东,周国辉. 异位化学淋洗修复石油类污染土壤[J]. 北京大学学报(自然科学版),2007,(6):863-871.
- [6] 籍国东,孙铁珩,常士俊,等. 自由表面流人工湿地处理超稠油废水[J]. 环境科学,2001,(4):95-99.
- [7] 籍国东,袁星,赵元慧,等. 应用次最低空轨道能研究硝基芳烃的生物活性[J]. 环境科学,1999,(2):69-71.

· 信 息 ·

欢迎订阅 2009 年《节水灌溉》

《节水灌溉》是由中国国家灌排委员会、中国灌溉排水发展中心、武汉大学、国家节水灌溉北京工程技术研究中心共同主办的技术类期刊。是全国中文核心期刊,中国科技论文统计源期刊,省(部)优秀科技期刊,入选“中国期刊方阵”。

栏目设置:试验研究、工程技术、水利经济、工程管理、技术讲座、国外动态、设备与市场、简讯等。

读者对象:从事节水灌溉行业的水利、农业、林业、机械及相关领域的技术人员、管理人员。

《节水灌溉》邮发代号 38-17,月刊,6.00 元/册,全年定价 72 元。每月 5 日出版,全国各地邮局征订,国内外公开发行。也可直接从编辑部订阅。

地址:武汉市珞珈山 武汉大学(二区)《节水灌溉》编辑部,邮编:430072,电话:(027)68776133,传真:(027)68776133,电子信箱:jieshui@163.net,联系人:关良宝,单位名称:节水灌溉编辑部,开户银行:中国银行武汉市水大支行,账号:19531708091001。