

## 我国农村生活污水处理技术评析

孙鹏, 李悦\*, 孔范龙, 赵丽霞, 曲丽丽

(青岛大学 化学化工与环境学院, 青岛 266071)

**摘要:**针对农村生活污水带来的环境污染问题,从寻找合适的解决方案考虑,具有耗能低、效果好、投资少的分散式处理技术越来越受到人们的关注.首先介绍了我国农村生活污水产生和处理现状,分析了国内外主要的分散式处理技术的原理、特点及应用情况,在此基础上探讨了农村生活污水处理技术选择原则,以期为我国农村生活污水处理技术的选择提供参考.

**关键词:**农村生活污水;分散式处理技术;选择原则

**中图分类号:**X703.1      **文献标志码:**A      **文章编号:**1673-4602(2013)02-0071-05

## Comment on the rural domestic sewage treatment technology

SUN Peng, LI Yue\*, KONG Fan-long, ZHAO Li-xia, QU Li-li

(College of Chemical and Environmental Engineering, Qingdao University, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** In view of the pollution problems caused by the rural domestic sewage, and considering finding the optimum solution of domestic sewage treatment, decentralized treatment technology with energy-saving, good efficiency and low investment have been attracted more and more attention in our country. The paper introduces the source of rural domestic sewage and the statues of treatment in China, and then analyses principle, characteristics and applications of the main decentralized treatment technologies at home and abroad. So the selection principle of the rural domestic sewage treatment technology is discussed in order to provide references for the choice of the suitable rural domestic wastewater treatment technology in our country.

**Key words:** rural domestic sewage; wastewater treatment technology; selection principal

我国农村人口众多,生活污水排放量大,据统计,全国农村每年产生的生活污水量将近100亿t<sup>[1]</sup>,大部分都未经过有效地处理而直接排放到水体中,已经导致了严重的水环境污染问题,如地表水富营养化、地下水水质恶化<sup>[2]</sup>等.农村生活污水不能得到有效处理的问题在影响了正常水体功能的同时还严重威胁着人们的生活和健康.目前,我国有1.9亿农村人口的饮用水有害物质含量超标,并且有增加的趋势.随着工业和城乡废水排放量和化肥农药用量的不断增加,越来越多的饮用水源遭到污染.

然而我国农村生活污水治理起步较晚,还没有形成规模,机制问题、国家财政投入问题、技术适应性与

收稿日期:2012-09-28

基金项目:国家自然科学基金项目(41101080);山东省自然科学基金项目(ZR2011QD009);山东省高等学校科技计划项目(J12LC04);青岛市科技发展计划项目(12-1-3-71-nsh)

作者简介:孙鹏(1987-),男,山东海阳人.硕士,研究方向为环境影响评价与环境规划. E-mail: piaofeixue\_sp@163.com.

\*通讯作者(Corresponding author):李悦,男,博士,教授,博士生导师. E-mail: qdenv@126.com.

供水模式选择问题都制约了我国农村污水处理进程。鉴于此,笔者分析了我国农村生活污水处理现状,综合对比国内外常用处理技术的优缺点,在此基础上探讨了生活污水分散式处理技术选择原则,以期为各地因地制宜的选择合适的处理技术提供参考。

## 1 我国农村生活污水的来源及特点

调研结果表明,农村生活污水来源主要有5个方面:①日常生活洗涤用水;②厨房污水;③冲厕污水;④堆放垃圾产生的渗滤液;⑤农户家庭中小规模养殖过程产生的污水。

农村生活污水相对于城市污水来说有其特点<sup>[3]</sup>:

1) 面源广、排放分散。这是由我国农村分散聚集特点决定的。

2) 当前规模小,但增长速度快。当前农村生活方式决定了其人均用水量低于城市水平,农村人均污水产量大约在50~60 L/d。但随着农民生活水平的提高以及农村生活方式的改变,生活污水的产生量也随之会发生快速增长。

3) 水质水量变化大。农村地区排水时段比较集中,在早、中、晚集中做饭时段污水排放量是平时的3~5倍。

4) 污染物浓度低。农村生活污水的浓度大约为 $\text{COD}_{\text{Cr}}$  200 mg/L左右,总氮60 mg/L左右,氨氮50 mg/L左右,总磷5 mg/L左右。

## 2 我国农村生活污水处理现状及原因分析

### 2.1 我国农村生活污水处理现状

目前农村生活污水治理尚处于起步阶段,主要受经济条件和环保意识所限,农村生活污水处理率总体较低,绝大多数没有处理而直接排放;部分已建污水处理设施因为技术选择不当导致运行费用高或者维护不方便等问题而出现不能持续运行的情况也屡屡发生;并且由于很多地区的规划滞后,规划不科学等问题也严重制约了农村生活污水处理技术的推广与发展。

### 2.2 原因分析

我国政府自“十一五”以来提出了建设社会主义新农村的重大历史任务,明确提出了加强农村生活污水的处理是社会主义新农村建设的重要内容,并增加了在该方面的资金和政策支持,但总体而言,农村生物污水处理工作在取得了一定进展的同时也面临着较大的压力。具体原因为:

1) 资金问题。农村地区经济相对落后,居民收入相对较低,在缺少财政补贴情况下,建设发展污水处理设施增加了经济负担。

2) 环保意识问题。受文化水平所限,农村居民环保意识不到位,农村生活污水治理尚未引起足够重视。

3) 政策问题。没有出台农村地区污水处理工艺与技术的选择指导性文件,同时农村的环保机制不健全。

4) 管理问题。未建立专业的管理机构进行管理和指导。同时,已建工程的维护管理技术人员培训不到位,导致因人员的运行管理经验缺乏等问题出现工程虽建、利用不起来的現象。

## 3 我国农村生活污水处理方式及技术分析

### 3.1 污水处理方式

目前,我国农村生活污水处理方式主要分为集中式污水处理和分散式污水处理两种。

1) 集中式污水处理。即该地域的污水经过某种方式集中后,通过管道统一接入临近市政污水管网。该处理方法适用于距离城镇污水管网距离较近(一般不超过5 km),建设收集运输管道费用比直接建设污水处理项目投资少的地区。具有投资省、见效快、施工周期短、方便管理等特点。

2) 分散式污水处理。分散式污水处理系统是指把一较大的区域分为若干较小的单元,每个单元为一个独立的系统,单独布置管网系统,建设污水处理设施,互不交错,以期实现最大的经济和环境效益。其核

心思想是“化整为零”,实现就地、就近、分类和低能耗<sup>[4]</sup>。

### 3.2 分散式农村污水处理主要技术

集中式污水处理方式虽从技术上来讲比较成熟,但适用于人口居住密度大、污水产生集中、且距离城镇污水管网较近的农村地区。而我国广大中小城镇、农村等人口分布广、居住分散、污水产生相对分散,因此集中式污水处理方式不宜大规模推广使用。因此,具有能够实现就地、就近、分类和低能耗的分散式污水处理方式成为我国农村生活污水处理的新理念<sup>[5]</sup>。

下面对几种常用且实用的分散式处理技术做简要介绍。

1) 土壤渗滤系统处理技术。土壤渗滤系统始于日本,其工艺原理是生活污水首先经过化粪池进行预处理后再经过滤沉淀去除悬浮物和有机物,然后投配到距离地面一定深度、有良好扩散性的土层中,污染物经过毛细管浸润作用向周围土壤渗透和扩散,通过土壤-微生物的自净和自我调控能力逐步得到净化<sup>[6]</sup>。

2) 人工湿地处理技术。人工湿地净化作用主要通过土壤、基质、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、养分吸收及各类动物的作用<sup>[7]</sup>。

3) 稳定塘处理技术。稳定塘是一种利用天然净化能力对污水进行处理的建筑物的总称。运行原理是在太阳能作为初始能力推动下,通过塘内的食物链的物质迁移、转化和能量传递将污水中的有机物降解。

4) 小型集成化污水处理技术。小型集成化污水处理技术主要采用厌氧与曝气池、生物滤池等工艺相结合,是集预处理、二级处理及三级处理于一体的集成化处理技术。

5) 净化沼气池处理技术。净化沼气池处理技术原理是通过构造厌氧环境以促进厌氧微生物分解代谢污染物从而达到净化污水、收集沼气的目的,再通过兼氧或好氧微生物的呼吸作用进一步降解污染物。

不同处理技术比较如表 1 所示。

表 1 国内外常用分散式处理技术比较

技术名称	处理效果	投资处理费用	应用情况	主要限制因素	主要优点
土壤渗滤系统处理技术	COD 去除率 80% 左右; BOD 去除率 80% 左右; 氨氮去除率 90% 左右; TP 去除率 90% 左右	投资建设费用大约为 600~1300 元/m <sup>3</sup> , 处理费用为 0.16~0.3 元/m <sup>3</sup>	在日本,土壤渗滤系统有 2 万多套,而且还在发展中;在美国的农村及零星建造住宅多采用了土壤渗滤技术 <sup>[8]</sup> ;我国目前在贵州、云南、内蒙古、沈阳等地区都有工程应用实例	①基质容易堵塞;②水力负荷较低,占地面积大;③需要化粪池预处理,投资相对较高	①系统位于地下,无臭味,无噪音,不影响地表景观;②受到气候条件影响较小;③出水效果较好,部分可作为中水回用
人工湿地处理技术	COD 去除率 80% 左右; BOD 去除率 80%~90%; 氨氮去除率 50% 左右; TP 去除率 85% 左右	投资建设费用为 600~800 元/m <sup>3</sup> , 处理费用约 0.15 元/m <sup>3</sup>	人工湿地广泛应用到农田灌溉、生活污水、采矿废水的整治和生态恢复中 <sup>[9]</sup> ;美国有 800 多处人工湿地用于市政,欧洲有 5000 多座潜流湿地;我国“七五”期间开始研究,目前已有几千座湿地成功运行	①水力负荷较低,占地面积大;②受到气候条件影响较大;③土壤有机质累积产生堵塞现象;④设计上缺乏相关规范和经验参数	①土地处理系统维护简便,技术含量低;②基建投资少;③运行费用低;④具有环境景观效益
稳定塘处理技术	COD 去除率 70% 以上; BOD 去除率 65% 左右; 氨氮去除率 90%; TP 去除率 90% 左右	投资建设费用 800~1300 元/m <sup>3</sup> , 处理费用约 0.1 元/m <sup>3</sup>	在美国、法国、德国、南非、以色列、菲律宾等很多国家已有应用;我国从 20 世纪 50 年代开始研究,近几年发展迅速,特别是在我国西部地区,人少地多,氧化塘技术的应用前景非常广泛	①占地面积大;②受气候温度影响较大;③易产生臭味;④污泥不易排出和利用	①基建投资少;②运行维护费用低,操作和管理简单;③可以在稳定塘里放养水生动物来实现资源化利用

续表

技术名称	处理效果	投资处理费用	应用情况	主要限制因素	主要优点
小型集成化处理技术	COD 去除率 80% 以上; BOD 去除率 90% 左右; 氨氮、TP 去除效果 80% 以上	投资建设大约 1.2 万元/人; 1 个 5 人型 (1 m <sup>3</sup> /d) 约需 6 万元, 处理费用大约 4 元/m <sup>3</sup>	日本在缺乏排水系统的山区应用比较成熟 <sup>[10]</sup> ; 欧洲许多国家也开始研究此类装置; 1994 年, 同济大学和清华大学开始对日本的净化槽技术进行研究; 目前国内已有一些净化槽生产厂家与日本公司合作生产净化槽	①投资运行费用较高; ②工艺复杂, 需要专业技术人员; ③产生的污泥需要处置; ④国内没有相应的标准和评价系统	①安装灵活; ②具有高效的处理能力, 出水水质标准很高, 可回用; ③应用领域广泛
净化沼气池处理技术	COD、BOD 去除率 80% 以上, 氨氮、TP 处理效果较低	投资建设费用 500~800 元/m <sup>3</sup> , 处理费用约 0.05 元/m <sup>3</sup>	越南河内有 1000 多个净化池在使用, 并成为主要的处理方式之一; 我国已在不少省、市 (特别是南方的各省市) 进行了积极的推广, 根据农业部门的不完全统计至 2009 年底中国农村户用沼气池已达 3507 万户 <sup>[11]</sup>	①污水停留时间较长; ②受温度影响较大; ③出水水质不稳定, 部分指标可能不达标	①不需充氧, 不耗动力; ②污泥生成量低; ③可季节性、间歇性运行; ④运行费用低; ⑤可回收沼气

从表 1 中可以看出, 目前几种常用分散式生活污水处理技术在处理效果、适用范围、技术特点、发展阶段上各有不同. 农村地区生活污水处理没有既定模式, 不能简单盲目地采取一种或者几种措施, 而应当结合污水特点及当地实际进行科学决策, 选择合适的处理方法.

#### 4 我国农村生活污水处理技术选择原则

针对我国农村生活污水处理现状及特点, 在进行工艺选择的时候重点应考虑如下原则:

- 1) 抗冲击性强. 依据原水水质、接纳水体与周边的环境容量及污水的排放特点, 处理技术应具有较好的冲击负荷能力.
- 2) 工艺稳定, 处理效果好. 选择的技术应该保证具有一定的污染去除率, 避免出现二次污染或者重复污染, 出水水质符合国家和地方现行的相关规定, 便于进行资源化利用.
- 3) 建设投资省、运行费用低. 我国农村地区人口对污水处理认识不深而且经济能力有限, 处理设施建设和运行费用消耗必须与村镇地区居民承受能力匹配.
- 4) 维护简单. 由于农村地区缺乏专业的技术人员, 维护管理不易到位, 因此其工艺流程不能太复杂, 减少工艺环节, 方便运行管理.
- 5) 利用当地资源条件, 合理规划. 结合当地城乡发展统一规划, 技术选择应当结合当地的自然地理条件, 合理利用闲置或者荒废土地, 避免占用良田, 避免因后期发展问题造成设施拆迁甚至废弃. 在选择某些湿地处理时候, 可以充分利用周边池塘、水田等, 同时结合农村景观及生态农业建设, 尽量减少污泥产生量并进行资源化利用, 达到资源与环境的统一.

总之, 农村生活污水处理工艺的选择要量力而行, 要综合考虑农村环境容量和经济发展水平、处理效率、建设规模、场地选择、运行管理及经济效益、人员素质等, 通过技术比较和经济分析, 因地制宜选择科学合理、简单有效的处理技术. 在经济发达、人口密集的地区, 可以采用占地较少的处理技术, 如小型集成化处理<sup>[12]</sup>和地下微动力氧化沟等; 而在土地资源相对富裕的地区, 则可以采用占地面积相对较大的土地处理技术, 亦或厌氧、好氧工艺与土地处理组合工艺等; 在一些水源富裕的地区可采用稳定塘、人工湿地等处理技术, 进行污水处理的同时可以生态化养殖; 在比较干旱的地区, 则可以采用土壤渗滤等技术来进行处理.

## 5 结束语

加强农村生活污水的处理已成为社会主义新农村建设的重要内容,具有能够实现就地、就近、分类和低能耗的分散式污水处理方式成为我国生活污水处理的新理念. 在实施农村生活污水治理工作中,应该坚持因地制宜、分类处置的原则,根据村落的布局,合理规划、科学选用污水处理模式及技术,对于不足和尚待改进之处,在实际应用中可通过科学设计、优化组合,达到技术上的互补. 同时有关政府部门应给予高度重视,加大扶持农村污水的处理力度,加快建立健全相关标准及技术措施、政策措施,保证新农村污水治理工程的长期稳定可持续运行.

### 参考文献(References):

- [1] 侯京卫,曲波,蔡亮,等. 农村生活污水排放特征研究评述[J]. 安徽农业科学,2012,40(2):964-967.  
HOU Jing-wei, QU Bo, CAI Liang, et al. Review about characteristics of rural domestic wastewater discharge[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(2): 964-967.
- [2] 郑彦强,卢会霞,许伟,等. 地下渗滤系统处理农村生活污水的研究[J]. 环境工程学报,2010,4(10):2632-2636.  
ZHENG Yan-qiang, LU Hui-xia, XU Wei, et al. Study on rural sewage treatment by subsurface infiltration system[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2010, 4(10): 2632-2636.
- [3] 何安吉,黄勇. 农村生活污水处理技术研究进展及改进设想[J]. 环境科技,2010,23(6):68-75.  
HE An-ji, HUANG Yong. Research progress and improvement of rural wastewater treatment technology[J]. Environmental Science Technology, 2010, 23(6): 68-75.
- [4] 陈士朋. 小型垂直流人工湿地处理农村生活污水的研究[D]. 北京:中国人民大学,2007:3-8.  
CHEN Shi-peng. Study on small vertical constructed wetland treatment of rural sewage[D]. Beijing: Renmin University of China, 2007: 3-8.
- [5] 全向春,杨志峰,汤茜. 生活污水分散处理技术的应用现状[J]. 中国给水排水,2005,21(4):24-27.  
QUAN Xiang-chun, YANG Zhi-feng, TANG Qian. Development and application of decentralized treatment technology for domestic sewage[J]. China Water & Wastewater, 2005, 21(4): 24-27.
- [6] 陈华清,李义连,宁宇,等. 人工快速渗滤系统堵塞-恢复实验研究[J]. 环境污染与防治,2010,32(3):60-63.  
CHEN Hua-qing, LI Yi-lian, NING Yu, et al. Experimental study on blockage and recovery of constructed rapid infiltration system[J]. Environmental Pollution and Control, 2010, 32(3): 60-63.
- [7] 郝敏,刘红玉,吕宪国. 流域湿地水质净化功能研究进展[J]. 水科学进展,2006,17(4):566-573.  
XI Min, LIU Hong-yu, LYU Xian-guo. Progress in study on the water quality purification functions of wetlands in watersheds[J]. Advances in Water Science, 2006, 17(4): 566-573.
- [8] 张建,黄霞,施汉昌,等. 地下渗滤系统在污水处理中的应用研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备,2002,3(4):47-48.  
ZHANG Jian, HUANG Xia, SHI Han-chang, et al. Review of subsurface wastewater infiltration system applied in sewage treatment[J]. Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control, 2002, 3(4): 47-48.
- [9] 向长生,祝万鹏,张彭义,等. 人工湿地在植物生长停滞期处理农田排灌余水的中试研究[J]. 农业环境科学学报,2003,22(6):681-684.  
XIANG Chang-sheng, ZHU Wan-peng, ZHANG Peng-yi, et al. A pilot-scale test of constructed wetland for treating irrigation drainage water in period of growth stagnancy of vegetation[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2003, 22(6): 681-684.
- [10] Jun Nakajima, Yoko Fujimura, Yuhei Inamori. Performance evaluation of on-site treatment facilities for wastewater from households and restaurants[J]. Water Science and Technology, 1999, 39(8): 85-92.
- [11] 李景明. 提升沼气在中国天然气产业发展中的战略地位[J]. 天然气工业,2011,31(8):120-123.  
LI Jing-ming. Relevant law affairs involved in the abandoned oil and gas wells[J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(8): 120-123.
- [12] 蒋克彬,彭松,王明明. 农村生活污水治理措施[J]. 四川环境,2008,27(5):114-117.  
JIANG Ke-bin, PENG Song, WANG Ming-ming. Treatment of rural domestic sewage[J]. Sichuan Environment, 2008, 27(5): 114-117.