

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2017.02.012

分散式农村生活污水处理设施运营模式探讨

胡 凯^{1,2}, 许 航^{1,2}, 张怡蕾², 李晓洋², 陈 卫^{1,2}, 武虹妤², 陆 旭², 彭朝阳²

(1. 河海大学浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室, 江苏 南京 210098;
2. 河海大学环境学院, 江苏 南京 210098)

摘要:分散式农村生活污水处理设施点多面广, 缺乏有效的管理模式, 无法保障设施的正常运行和出水的稳定达标, 成为农村水环境整治的难题。在分析我国农村生活污水水质及排放特征的基础上, 针对分散式农村生活污水处理设施在运行管理中存在的问题, 提出了第三方运营管理模式。结果表明, 这种模式可以有效降低成本, 提升管理效率, 可以有效地解决设施长效管理问题; 第三方运营管理模式是分散式农村生活污水处理设施运营管理深入发展的必然趋势。

关键词:农村生活污水; 分散式处理设施; 运营管理; 第三方运营

中图分类号: X323 文献标志码: A 文章编号: 1004-6933(2017)02-0063-04

Study of operation modes for decentralized domestic sewage treatment facilities in rural areas

HU Kai^{1,2}, XU Hang^{1,2}, ZHANG Yilei², LI Xiaoyang²,
CHEN Wei^{1,2}, WU Hongyu², LU Xu², PENG Chaoyang²

(1. Key Laboratory of Integrated Regulation and Resources Development of Shallow Lakes,
Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. College of Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: As a result of lack of an effective management mode, quantities of decentralized sewage treatment facilities widely distributed in rural areas have been operated in unstable conditions with the effluent failing to satisfy the discharge standard, which is a challenge in rural water environment treatment. In this paper, the characteristics and discharge patterns of rural domestic sewage are analyzed. In order to solve the problems in operation and management of decentralized domestic sewage treatment facilities in rural areas, a mode of third-party operation is proposed. Practices indicate that the mode can effectively reduce operating costs and improve management efficiency. This mode suggests a promising method of long-term effective management of decentralized sewage treatment facilities in rural areas.

Key words: rural domestic sewage; decentralized sewage treatment facilities; operation and management; third-party operation

农村水环境的状况直接影响水源地保护以及公众身体健康, 关系到城乡的统筹发展。我国新农村建设的重点是推进农村环境整治, 包括水环境的治理。从 2008 年开始, 中央设立农村环保专项资金, 促进全国村庄开展环境综合整治和生态示范。我国

农村水环境整治内容主要包括农村生活污水治理和河道污染治理两个方面。目前, 农村生活污水治理面临两大困扰, 即设计问题和管理问题。我国农村地域辽阔, 居住地分散, 离城镇市政管网较远, 相应的环保基础设施建设比较滞后。在城市应用的一些

基金项目: 国家自然科学基金(51408194); 国家重点研发计划“水资源高效开发利用”重点专项(2016YFC0400800-04); 河南省科技攻关项目(162102310057); 浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室开放基金(2015002); 江苏省环境科学与工程重点实验室开放课题项目(2012543412); 江苏高校优势学科建设工程(PAPD)项目

作者简介: 胡凯(1983—), 男, 讲师, 博士, 主要从事污水与污泥处理技术研究。E-mail: hukaihit@163.com

成熟或先进的污水处理技术,由于较低的农村生活污水纳管率以及处理技术本身涉及的维护、运行费用和操作管理要求等,不一定能在农村适用^[1]。我国从 20 世纪 80 年代开展分散式生活污水处理技术的研发工作^[2],虽然已形成了一批可行性技术,但在产业化、规模化,产品的一体化^[3]、标准化、自动化等方面有待加强。在管理方面,有关我国农村生活污水处理设施运营管理的理论与基础研究较少,而农村又不能完全照搬城镇污水处理设施的相关管理方法和体制。笔者在分析农村生活污水排放现状的基础上,总结设施运营情况,针对出现的问题,探讨分散式处理设施有效运营的对策——“第三方运营管理”模式,并分析该模式的特点。

1 农村生活污水的水质及特征

农村生活污水一般不含有毒物质,但含有 N、P 等营养物质以及许多细菌、病毒和寄生虫卵,可生化性较好^[4]。农村生产废水包括畜禽养殖业、水产养殖业、农产品加工等小作坊加工所产生的高浓度有机废水^[5],废水特点为悬浮物浓度高、水量小且不均匀、水质大部分可生化性较好。农村生产废水往往与生活污水混合排放。

1.1 农村生活污水的来源

农村生活污水的来源^[6-7]主要有:①厨房用水,多为洗锅碗水、淘米水、洗菜水等,含有米糠、菜屑等有机物以及油脂、醋酸等;②洗涤用水,含有大量洗涤剂化学成分,产生磷污染;③冲厕废水,在冲水厕所普及地区,会产生大量的“黑水”,而仍使用旱厕的村镇,冲厕废水产量较少。此外,一些农户饲养家禽,也会产生混有牲畜粪便的污水。冲厕废水中 N、P、BOD 等浓度很高。

1.2 农村生活污水水质水量特征

受地理位置、生活方式、经济发展程度等条件的影响,农村生活污水水质和水量存在地区差异。表 1 是全国各地区农村生活污水排放量及水质情况^[8]。东北地区农村村落规模通常较小,村落间的距离较远,气候以干旱多风、冬季较长而寒冷为主要特征,污水人均排放量较南方地区少,但污染物浓度

较高。东南地区年平均气温高、降水充沛,工农业生产发达,许多村庄达到了小康标准,农村生活水平和生活方式与城市接近,农民用水量和农村生活污水的排放量逐年增加,氮磷浓度较高。西北地区地广人稀,70% 以上人口居住在农村。由于大多数农村经济欠发达,污水人均排放量较南方地区少,污染物浓度偏低。

1.3 农村生活污水处理模式

目前,我国农村生活污水年排放量约为 90% 以上的生活污水未经处理直接排入河流和湖泊^[9]200 亿 t。截至 2010 年,上海、浙江、江苏、山东等省市行政村污水处理率较高的地区污水处理率也仅达到 48.6%、31.9%、19.6% 和 9.6%,华北、东北地区各省的最高污水处理率为 3.5%,西北地区仅为 0.6%~1.3%^[10]。

根据管网建设的程度,农村生活污水处理模式可以分为集中收集处理和分散处理。对于管网工程较完善的居民集中居住地区,农村生活污水经过排水管网的收集后进入乡镇污水处理厂统一处理后排放;对于居民居住较分散的地区,耗费资金和人力修建较长的污水管网来收集较小水量的做法显然是不经济和不现实的,因此,对于农村分散住户来说,其常见的排水模式有:①厨房、厕所的污水通过管道进入自家的化粪池经处理后排放;②经化粪池处理后,再经过二级处理;③居民将管道通入河中,污水直接排入水体;④将污水倾倒在门前屋后,任其自然蒸发;⑤在自家屋后农田边上开挖污水沟,将污水排入此沟,自然蒸发、下渗^[11]。我国分散式处理设施的规模都在 1 000 m³/d 以下,多数日处理量集中在 50~500 m³^[10]。就全国总体排放情况来看,污水处理程度不一,污水处理设施水平各异,污水达标排放和稳定达标的水平差异也较大^[10]。

在选择农村生活污水处理设施时,应结合工艺可靠稳定、运行费用少、操作和管理简单等原则^[12]。我国农村生活污水处理工艺一般采用常规处理+深度处理为主的工艺组合形式。常规处理工艺有无动力地理式厌氧技术、接触氧化法、A/O 法以及生物膜处理技术等,深度处理工艺有人工湿地、生态塘

表 1 我国各地区农村生活污水水质及水量特征

地区	污水排放量/ (L·人 ⁻¹ ·d ⁻¹)	ρ(COD)/ (mg·L ⁻¹)	ρ(BOD ₅)/ (mg·L ⁻¹)	ρ(NH ₃ -N)/ (mg·L ⁻¹)	ρ(TP)/ (mg·L ⁻¹)	SS/cm	pH
东北	14~95	200~450	200~300	20~90	2.0~6.5	150~200	6.5~8.0
西北	10~70	100~400	50~300	3~50	1.0~6.0	100~300	6.5~8.5
华北	18~72	200~450	200~300	20~90	2.0~6.5	100~200	6.5~8.0
东南	30~150	150~450	70~300	20~50	1.5~6.0	100~200	6.5~8.5
中南	28~126	100~300	60~150	20~80	2.0~7.0	100~200	6.5~8.5
西南	15~120	150~400	100~150	20~50	2.0~6.0	150~200	6.5~8.0

(稳定塘)、土壤渗滤技术等^[2,13]。

2 农村生活污水处理设施运营情况

影响农村生活污水处理设施运行管理水平的因素很多^[12],既有产权责任、运行管理模式等体制方面的因素,也有国家及地区政策制度方面的因素,还有运行经费、管护人员技术水平等因素。目前,在农村生活污水处理设施的运行管理过程中,存在问题亟待解决。

2.1 规划设计不科学

许多农村地区治污工作起步不久,部分规划编制与设计简单套用,未考虑当地实际情况,导致规划设计能力偏大。如,苏北某乡镇污水处理厂,总投资178万元,设计污水处理规模为500 t/d。由于配套管网建设滞后,实际收集的生活污水量达不到满负荷运行,设施无法24 h连续运行,设备闲置期较长,效率降低。

2.2 缺乏专业的运营管理人员

大中型城镇污水处理厂的运行管理人员应具备相应的专业技能,且人员数量应满足污水处理厂的需要^[14]。但是,农村生活污水处理设施运行管理主体较多,既有乡镇政府、乡镇或流域水务站,也有村委会,权责不对等容易造成推诿扯皮、管理失效等现象^[15]。农村生活污水处理设施的管理人员多以当地村民为主,缺乏环保相关知识以及设备操作管理的相关技能,仅能负责设备的日常看护工作,难以胜任专业水平的系统维护,导致污水处理效果波动以及出水水质不达标等问题。

2.3 维护经费无法保障

经费短缺一直是制约农村生活污水处理的难题。全国约有60万个建制村,其中很多村缺乏必要的环保设施,迫切需要资金支持。由于没有科学的集资机制和渠道,民间资金难以投入^[2],单纯依靠财政预算,对于地方财政困难的特别是西部欠发达地区,难度极大^[8]。

污水处理设施建成后,为了确保设备长期稳定运行,必要的维护经费不可缺少,而许多乡镇地区用于环保事业的资金缺少相应的保障制度。除少数地区将运行管护经费纳入财政预算外,大部分地区仅有很少的补助经费,不能满足设施正常运行需要,出现设备“晒太阳”现象,降低了设施效益的发挥水平。

2.4 管理体系尚未健全

突出表现在两个方面:一是不同地区管理水平差异较大,二是缺乏统一的规范制度。有些村镇对设施的运营情况监管力度较大,运行管理水平较高;但是一些相对落后的地区,由于重视程度和技术水

平不够,设施运行效果不如人意。有些地区没有明确的可操作性的治理目标,考核方式不科学,量化程度差,考核指标笼统单一,各地区管理要求不一,许多地区出水水质不能达标;行政管理法规不完善,缺少解决设计、建设、运营管理中出现的问题的依据,管理随意性较大^[2,15]。

3 农村生活污水处理第三方运营管理模式

无人管理或村民兼职管理是现状条件下我国农村生活污水处理设施的主要运行管理模式^[10],也是导致污水处理设施运行情况不理想的重要原因。在现有条件下,迫切需要提出可行的运行对策以及有效的管理模式。

根据海南、上海和常熟等地农村地区生活污水处理设施运营的经验^[1,16],市场化运营模式逐渐崭露头角,其中TOT(移交-运营-移交)模式和托管运营模式(亦称第三方运营模式)尤其受到关注。第三方运营模式是由政府投资建设污水处理设施,建成后通过签订契约或合同的法律形式,将设施委托给具有较强经营管理能力并能承担相应经营风险的专业运营公司,同时实行社会化的有偿服务^[11]。

3.1 第三方运营模式的优势

这种委托运营管理模式主要具有以下优势^[2,17]:①环保设施所有者(政府)、运行单位(专业公司)、监督机构(环保部门)三者之间权责分明、关系明确(形成一个“倒三角形”结构)、互相制约,独立行使权利,履行职责;②通过市场竞争机制(如招标)选择第三方专业公司运营管理,双方签订运营合同,在合同中约定双方的责任、权利和义务,双方均严格遵守;③第三方运营模式从机制上保证了污水处理设施的稳定运行和废水达标排放。专业公司充分发挥人才、技术、管理优势,可同时运营管理多个分散式污水处理设施,进行专业化服务和标准化管理,发挥规模优势,避免非专业管理造成的资金资源浪费或损失。

3.2 第三方运营模式的应用

任朝斌等^[15]的研究表明,对于采用厌氧生物滤池工艺,村镇管理模式与第三方运营模式的运行费用相差不大,而采用膜工艺时,第三方运营模式可降低5.4%的运行成本,且污水处理设施总体运行率大于80%,运行效果良好。

常熟市将311座农村生活污水处理设施(处理规模1~140 m³/d)委托集中运行之后,设施的正常运行率从27.5%提高至89.3%,且随着设施达到数量上或规模上的优势之后,人工成本将降低,吨水运行费用将下降^[16]。

福建省安溪县对 25 座农村生活污水处理站引入第三方运营管理模式,通过 1 年的运行实践,设备运行率及污水处理达标率均达到 100%,且故障维修及时,相对于乡镇各自组织运行管理模式,费用节约 50% 以上^[18]。

对政府来说,虽不能通过这种模式收回投资,但能引入竞争机制。由于污水处理的公共服务属性以及高沉淀资本的特性,简单地在资产环节引入竞争机制并形成较长的合同期,会造成服务价格的高涨,而委托运营周期短,将使竞争更充分,不会造成服务价格的非理性上涨,还可以根据市场的变化及时调整运营模式,从而有效降低运营成本。通过政府部门对污水处理设施进行有效的监督,可以保证设施出水的达标排放。对运营公司来说,前期投入非常小,并且不涉及国有资产的产权转移,取得运营权手续简便,与地方政府签订协议就取得污水处理费,收入稳定,风险较小^[1]。

4 结 语

分散式农村生活污水处理设施的管理水平直接关系到农村水环境治理效果。由于点多面广、缺乏专业的技术人员等原因,政府直接管理或村民兼职管理模式无法保障设施的正常运行和出水的稳定达标。通过委托运营管理(第三方运营)模式,可以有效降低成本,提升管理效率,提高污水处理监管的准确度和透明度。因此,基于第三方运营管理的监管机制可以科学、有效地管理农村生活污水处理设施,适合我国国情,具有良好的发展潜力。

参考文献:

[1] 赵磊. 农村污水处理设施的运营机制创新研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2011.

[2] 周莉. 大连农村污水处理现状调查与治理研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2012.

[3] 冯艳丽. 渭河农村分散污水实时监控系统分析与研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2010.

[4] 赵雪莲, 张煜, 赵旭东, 等. 北京市新农村污水处理技术及存在问题[J]. 北京水务, 2010(1): 38-40. (ZHAO Xuelian, ZHANG Yu, ZHAO Xudong, et al. Technologies and problems in wastewater treatment in rural areas of Beijing[J]. Beijing Water Service, 2010 (1): 38-40. (in Chinese))

[5] 曹群, 余家荣. 农村污水处理技术综述[J]. 环境科学与管理, 2009, 34 (3): 118-121. (CAO Qun, SHE Jiarong. Treatment technologies for rural domestic sewage [J]. Environmental Science and Management, 2009, 34 (3): 118-121. (in Chinese))

[6] 吴召富. 南四湖流域农村生活污水现状调查与处理工艺研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.

[7] 乐小芳. 我国农村生活方式对农村环境的影响分析[J]. 农业环境与发展, 2004, 21 (4): 42-45. (YUE Xiaofang. Impact of life style on rural environment in China[J]. Agriculture Environment and Development, 2004, 21 (4): 42-45. (in Chinese))

[8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 农村生活污水处理技术指南(试行)[R]. 北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2010.

[9] 王俊起, 王友斌, 李筱翠, 等. 乡镇生活垃圾与生活污水排放及处理现状[J]. 中国卫生工程学, 2004, 3 (4): 202-205. (WANG Junqi, WANG Youbin, LI Xiaocui, et al. Discharge and disposal status on domestic garbage and sewage in countryside[J]. Chinese Journal of Public Health Engineering, 2004, 3 (4): 202-205. (in Chinese))

[10] 郭雪松, 陈梅雪, 刘俊新. 我国农村生活污水处理技术现状和对策[C]//全国排水委员会 2012 年年会论文集. 北京: 全国排水委员会, 2012.

[11] 兰虹. 上海市新农村建设中生活污水污染、管理及处理对策研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2008.

[12] 宋文玲, 潘铁山, 朱蓓. 浅析影响农村污水处理设施长效运行管理的主要因素[J]. 污染防治技术, 2014, 27(5): 37-41. (SONG Wenling, PAN Tieshan, ZHU Bei. Analysis of the main factors affecting effective long-term operation and management of sewage treatment facilities in villages[J]. Pollution Control Technology, 2014, 27(5): 37-41. (in Chinese))

[13] 黄天寅, 马奕, 吴玮, 等. 苏州地区农村生活污水治理研究[J]. 中国给水排水, 2012, 28 (4): 11-14. (HUANG Tianyin, MA Yi, WU Wei, et al. Research on treatment of rural domestic sewage in Suzhou[J]. China Water and Wastewater, 2012, 28 (4): 11-14. (in Chinese))

[14] 环境保护部. 城镇污水处理厂运行监督管理技术规范[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2014.

[15] 任朝斌, 于磊, 顾华, 等. 京郊生活污水处理设施运行现状调研与分析[J]. 中国给水排水, 2013, 29 (14): 5-8. (REN Chaobin, YU Lei, GU Hua, et al. Investigation and analysis on operation status of rural sewage treatment facilities in Beijing[J]. China Water and Wastewater, 2013, 29(14): 5-8. (in Chinese))

[16] 高晓兰. 常熟市农村污水处理设施的调查研究[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2013.

[17] 党超. 我国污水处理行业建设与运营模式探讨: 以 A 市污水处理项目为例[D]. 成都: 西南财经大学, 2005.

[18] 许章色, 吴秋木. 安溪县农村生活污水处理及运行管理的做法与经验[J]. 资源节约与环保, 2015(6): 181-182. (XU Zhangse, WU Qiumu. Practice of treatment and management of rural domestic sewage in Anxi [J]. Resources Conservation and Environment Protection, 2015 (6): 181-182. (in Chinese))

(收稿日期: 2016 - 06 - 30 编辑: 彭桃英)