

江苏省农村生活污水处理技术模式及其氮磷处理效果研究

张悦, 段华平, 孙爱伶, 卞新民*

(南京农业大学农学院, 南京 210095)

摘要:对江苏省210个农村生活污水示范工程的调查分析结果表明,目前江苏省农村建设的生活污水处理工程的技术主要有生物技术、生态技术和生物生态组合技术三种类型。三个典型技术的示范工程对污水中总氮和总磷的处理效果呈显著性差异,对总氮的处理率都在13:00—15:00时达到最高,不同时段对总磷的处理率差异不显著。三种技术中,生态技术模式对于总氮和总磷的平均去除率分别为82.5%和92.33%,明显高于其他两种技术,且单位体积污水处理成本最低。针对江苏省农村的特点,适宜采用经济有效、简便易行、节约资源、工艺可靠且能够与当地自然环境高度融合的污水生态处理技术,并在污水处理工程运行过程中加强管理,建立有效的资金投入机制和运营管理机制,以保证正常运行,才能达到预期的处理效果,减少农村环境的氮磷负荷。

关键词:生活污水;技术模式;总氮;总磷;处理效果

中图分类号:X703.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2013)01-0172-07 **doi:**10.11654/jaes.2013.01.025

Rural Sewage Treatment Techniques Mode and Purifying Effect of Nitrogen and Phosphorus in Jiangsu Province, China

ZHANG Yue, DUAN Hua-ping, SUN Ai-ling, BIAN Xin-min*

(College of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: The objective of this study is to research the rural sewage treatment techniques mode and purifying effect of nitrogen and phosphorus in Jiangsu Province. All the typical demonstration projects of rural domestic wastewater treatment at 210 different counties of Jiangsu Province were investigated. They were classified three types, including biotechnology, eco-technology and biological and ecological combination technology. The differences were significant in remove efficiency of TN and TP in swage among three typical technology demonstration projects, and the rate of TN treatment was highest from 13:00 to 15:00, while no significant were found in TP treatment. The rates of TN and TP remove by biotechnology were 82.5% and 92.33% respectively, higher than the other two technologies, and the cost of sewage treatment per unit volume were lowest. In view of the characteristic of rural area in Jiangsu Province, economical, simple, resource saving and reliable ecological wastewater treatment technology with fusion of natural environment could be adopted. It was necessary to establish an effective management mechanism, to ensure the normal operation of sewage treatment project, and to achieve the desired effect and reduce the nitrogen and phosphorus loading in rural environment.

Keywords: sewage; technology mode; total nitrogen; total phosphorus; treatment effect

随着农村社会经济的迅猛发展,农村生活水平及生活方式发生了重大变化^[1],抽水马桶和洗衣机等的

普及使得农村生活污水的排放量不断增加^[2],未经处理的生活污水肆意排放,严重污染农村的生态环境^[3],已经成为农村环境污染的重要污染源。农村污水治理受地理条件、生活方式、经济发展程度等多方面因素的影响,一直是环境保护中的一道难题^[4],重视与加强农村地区的污水排放收集和处理设施建设工作,对改善农村环境具有重要的意义^[5]。

收稿日期:2012-04-23

基金项目:环保公益性行业科研专项(201109024-1)

作者简介:张悦(1986—),女,硕士,主要从事农业生态环境研究。

E-mail: zhangyuehlj@126.com

* 通信作者:卞新民 E-mail: bjxlm1@163.com

江苏省作为全国的发达省份,对农村生活污水处理工作探索较早,国内很多学者对江苏省的农村生活污水处理现状开展了研究。太湖流域农村居民生活污水 TN 和 TP 排放系数分别为 $6.2 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{人}^{-1}$ 和 $0.4 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{人}^{-1}$ ^[6],2010 年江苏省农村人口共有 4 965.2 万人,依此计算,江苏省农村每年排放 TN 和 TP 的量分别达到 30 万吨和 2 万吨,污水中的氮、磷已经是农业面源污染重要来源之一^[7-8]。农村生活污水处理已经迫在眉睫,很多学者针对江苏省农村的经济能力和布局形态,探索推荐了适宜江苏省的简易可行、集中的农村生活污水处理技术模式,包括人工湿地、生物塘(稳定塘)、生物滤池等集中式生态处理技术^[9],滴滤池和人工湿地结合技术^[10]、厌氧、好氧工艺与土地处理等组合工艺^[11]。仅 2009 年,江苏省政府就投入建设农村生活污水处理设施 1000 多处,太湖流域基本实现乡镇污水处理全覆盖,并且在“十二五”期间的投入力度还将继续加大。

调查江苏省农村已经建设的生活污水处理工程的建设和运行管理现状,分析不同技术模式的处理效果和处理成本,必将有助于探索适合江苏省农村地区经济、环境现状的生活污水处理技术模式,促进江苏省农村因地制宜建设投资少、费用低、管理操作简单、处理效果好的污水处理技术工程,对不断完善江苏省农村生活污水处理工作具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 调查时间及地点

调研时间为 2010 年 10 月—2011 年 11 月,根据搜集到的建设生活污水处理工程的示范村清单,筛选出在 2010 年以前建设的污水处理示范工程,运行时间都达到 1 年以上。根据普遍性、代表性、合理性、可行性的原则,笔者调查了 210 个分布在苏州市、无锡市、常州市、南京市、靖江市、盐城市 6 个县市的建有农村生活污水示范工程的典型农村开展广泛的调查,其中苏南地区的农村占调查总数的 82.8%,由于苏南地区开展农村生活污水治理较早,积累了丰富的经验^[12],广泛调查主要位于苏南农村的生活污水处理工程的运行现状和处理效果具有一定的代表性,同时对比调查部分位于苏中和苏北的工程,对于全面了解江苏省不同地区的污水处理工程实施情况具有重要作用。所有调查的工程中,应用化学技术的工程 3 个,应用生物技术的工程 25 个,应用生态技术的工程 85 个,应用生物生态组合技术的工程 97 个。根据调查结

果,选择运转正常、规模适中的分别位于常熟市常熟村、常州市雅浦村、无锡市斗山村的厌氧好氧生物技术、土壤渗滤生态技术、“生物接触氧化法+人工湿地”组合技术三种模式的污水处理工程作为典型代表,进行深入的调查取样分析。

1.2 调查内容

调查内容主要为示范工程基本情况、主要技术模式类型、处理规模、尾水利用方式、工程运行、管理和维修情况、建设示范工程的村庄的基本情况等内容,并对典型技术类型的代表工程进出水进行采样、分析。

1.3 生活污水处理工程的运行现状

实地调查发现,210 个调查的工程中有 17 个在调查时没有运行,占调查总量的 8%,其中生物技术工程 4 个,组合技术工程 13 个,其余的工程都曾经出现过无法正常运行的现象。污水处理工程不能正常运行的原因有很多,主要是设备损坏、无配套集水管网,其中设备损坏占 47%,无配套管网占 53%。可见,污水处理工程不仅需要建设完整的处理设施,还需要配备完善的污水收集管网,工程建成后要及时进行检查和维修,以确保处理工程正常运转。

1.4 检测项目及方法

根据苏曼丽等^[13]以江苏省常熟市农村为例开展的农村生活污水污染物排放特征的研究结果,农村生活污水中 TN、TP 的浓度全年的变异幅度比较大,11 月到 12 月的 TN、TP 浓度最接近平均值。因此,本研究的取样时间在 2011 年 11 月到 12 月。综合笔者的工作时间安排,于 2011 年 11 月到 12 月期间对典型技术的进出水水质取样。村民生活作息规律相似造成排水呈现较强的波动性,早、中、晚均出现高峰时段,而白天其他时段以及夜晚水量则很小^[14]。

在调查过程中,据笔者观察,农村居民用水时间基本从 6:00 到 21:00,夜晚几乎不使用水,因此笔者的取样时间选择在 7:00—21:00,每隔 2 h 采样一次,且该时间段中污水处理工程处于进出水不断流动的动态过程中,更适宜采样分析。样品用 100 mL 白色塑料封口瓶密封后送回实验室,在 24 h 内进行测样分析。测定项目为总氮(TN)、总磷(TP)。TN 采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定,TP 采用钼酸铵分光光度法测定^[15]。

1.5 典型技术模式污染物处理成本分析方法

分析农村生活污水处理技术模式的成效,不仅需要监测污染物的处理效果,还需要对比不同类型技术

的单位体积污水和单位质量污染物的处理成本,进而从环境效益和经济效益的角度全面评价不同技术模式的适宜性,有助于相关部门根据农村生活污水水质特点和污水产生量以及农村经济发展水平建立适合农村特点的污水处理技术模式。

单位体积污水处理成本公式:

$$UWC=TC/[365\cdot WV] \tag{1}$$

其中: UWC 为污水处理工程的单位体积污水处理成本,单位为元 $\cdot m^3\cdot a^{-1}$; TC 表示污水处理工程的年支出成本,单位为元 $\cdot a^{-1}$; WV 表示污水处理工程的处理规模,单位为 $m^3\cdot d^{-1}$ 。

单位质量污染物处理成本公式:

$$UC_i=(C+VC\cdot n)/[(IC-EC)\cdot 10^{-6}\cdot S\cdot 365\cdot n/P] \tag{2}$$

本公式假定污水处理工程的运行成本不随时间变化,其中: UC_i 表示第 n 年的单位质量污染物处理成本,单位为元 $\cdot kg^{-1}$, i 表示污染物类别; C 表示污水处理工程的建设成本,单位为元; VC 表示污水处理工程的运行管理成本,单位为元 $\cdot a^{-1}$; n 表示年数; IC 表示污染物的进水浓度,单位为 $mg\cdot L^{-1}$; EC 表示污染物的出水浓度,单位为 $mg\cdot L^{-1}$; S 表示污水处理工程的处理规模,单位为 $kg\cdot d^{-1}$; P 表示水的密度,单位为 $kg\cdot L^{-1}$ 。

1.6 数据分析方法

测定不同时段水中总氮总磷浓度所获得数据采用 Microsoft Excel 2003 进行初步整理、分析和绘制图表,用 SPSS 16.0 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 江苏省农村生活污水处理的技术模式分析

调查结果表明,江苏省不同农村的生活污水处理工程采用的技术模式不同,对调查的 210 个样本归纳分析,主要有四种处理技术模式,分别是化学处理、生物处理、生态及生物生态组合处理。由表 1 可以看出,生物技术、生态技术和生物生态组合技术占大多数,比例分别为 12%、40%和 46%。污水处理工程的设计处理规模根据实际自然村和集中居住区的规模而定,

表 1 江苏省农村污水处理技术统计结果

Table 1 Statistical results of rural sewage treatment technology in Jiangsu Province

技术模式	设施数量	技术名称	应用数量
化学技术	3	净水剂	3
		生物技术	6
		KOT 生物处理	1
生物技术	25	A/O 工艺	4
		接触氧化	11
		活性污泥	3
		生态技术	85
		土壤渗滤	2
		蚯蚓滤池	4
生物生态组合技术	97	人工湿地	79
		接触氧化+人工湿地	25
		生物滤池+人工湿地	41
		一体设备+人工湿地	31

规模在 50~100 户的工程有 55 个,100~200 户的有 49 个,200 户以上的有 106 个。

根据表 2 的典型技术模式基本情况,进一步对三个典型技术模式分析,生物技术主要是采用接触氧化工艺。生态技术主要是将土壤渗滤系统和植物氧化塘两种生态技术工艺结合,同时达到改善农村生态环境质量的作用。组合处理技术是将膜生物处理工艺和人工湿地组合。三个典型技术工程的尾水都用于农业灌溉,实现了生活污水处理从“供水-用水-排水”的单向线性水资源代谢系统向“供水-用水-排水-污水回用”的闭环式水资源循环系统过渡的目标^[6]。

2.2 典型技术模式的氮磷处理效果分析

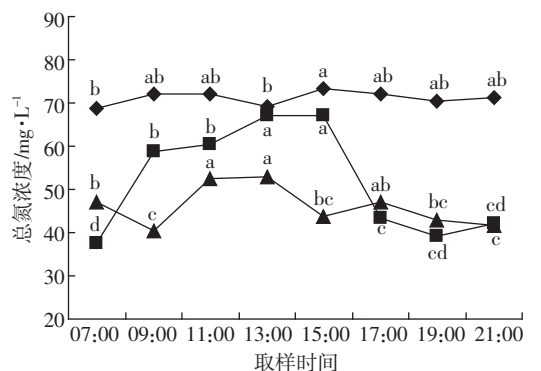
2.2.1 典型技术工程的总氮处理效果分析

由图 1 可知,三个技术工程的进水总氮浓度不同时段的差异均显著($P<0.05$),生物生态组合技术的进水总氮浓度在 15:00 时最高,与最低时 7:00 的差异显著($P<0.05$),与其他时段差异不显著($P>0.05$)。生物技术的进水总氮浓度在 13:00 和 15:00 时最高,与其他时段差异显著($P<0.05$)。生态技术的进水总氮浓度在 11:00 和 13:00 时最高,与其他时段差异显著($P<0.05$)。

表 2 典型技术模式的基本情况

Table 2 The basic situation of typical technology mode

地点	工程名称	技术类型	建设时间/ a	处理规模/ 户	设计处理量/ $t\cdot d^{-1}$	建设成本/ 万元	运行费用/ 元 $\cdot a^{-1}$	尾水利用	村庄类型	运行情况
苏州	接触氧化池	生物技术	2007	400	240	68	20 000	灌溉	集中居住区	正常
常州	土壤渗滤+植物氧化塘	生态技术	2007	240	90	120	5000	灌溉	自然村	正常
无锡	膜生物反应器+人工湿地	组合技术	2009	69	20	27	9600	灌溉	自然村	正常



不同小写字母表示同一技术不同时段间差异显著($P<0.05$)。下同

图1 不同类型技术工程的进水总氮浓度

Figure 1 Total nitrogen concentration of intake sewage of different technology

由图2可知,组合技术和生态技术的出水总氮浓度不同时段差异均显著($P<0.05$),组合技术的出水总氮浓度在21:00时最高,与最低时15:00的差异显著($P<0.05$)。生态技术的出水总氮浓度19:00时最高,与最低的7:00时差异显著($P<0.05$),与其他时段差异不显著($P>0.05$)。生物技术出水总氮浓度不同时段差异不显著($P>0.05$)。三个工程中,只有生态工程的不同时段出水总氮浓度达到《城镇污水处理厂排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准^[17]。

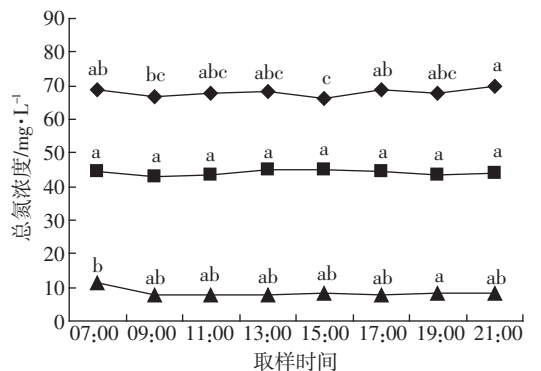


图2 不同类型技术工程的出水总氮浓度

Figure 2 Total nitrogen concentration of outlet sewage of different technology

由以上分析看出,三个工程对总氮的处理效果差异较大,生态技术处理效果好于其他两种技术。三个工程的进水浓度都在13:00—15:00时最高,平均处理率从高到低依次是生态技术、生物技术、组合技术。

2.2.2 典型技术工程的总磷处理效果分析

由图3可知,组合技术进水总磷浓度不同时段差

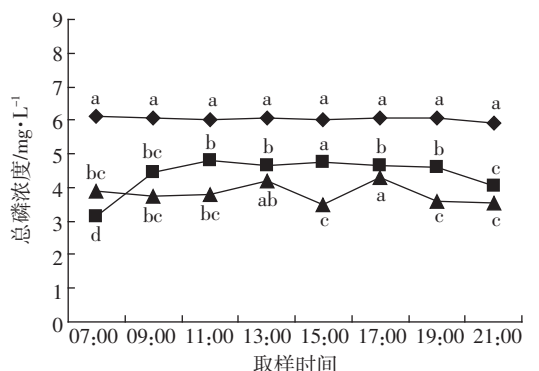


图3 不同类型技术工程的进水总磷浓度

Figure 3 Total phosphorus concentration of intake sewage of different technology

异不显著($P>0.05$)。生物技术进水总磷浓度不同时段差异显著($P<0.05$),15:00时浓度最高,与其他时段差异显著($P<0.05$)。生态技术进水总磷浓度不同时段差异显著($P<0.05$),17:00时浓度最高,与其他时段差异显著($P<0.05$)。

由图4可知,三个工程的出水总磷浓度不同时段差异显著($P<0.05$),且不同技术类型间的差异较大。生态技术工程平均总磷浓度 $0.41 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,达到《城镇污水处理厂排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准。组合技术工程的出水总磷浓度平均仅为 $5.35 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,没有达到农田灌溉的排放标准^[18],属于不达标排放。生物技术平均浓度为 $2.54 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,处于其他两种技术之间,达到排放标准。

由以上分析看出,三个工程的进水和出水总磷浓度不同时段的最大值和最小值出现的时段不相同,不同时段浓度没有出现明显的规律。三个工程对总磷的处理效果差异较大,平均处理率从高到低排序与总

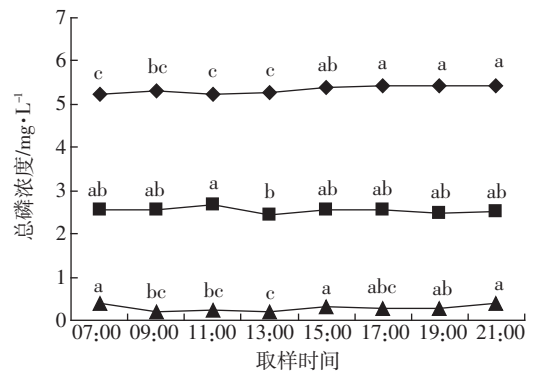


图4 不同类型技术工程的出水总磷浓度

Figure 4 Total phosphorus concentration of outlet sewage of different technology

氮处理结果相同。

2.3 典型技术模式的运行和处理成本分析

2.3.1 生活污水处理工程的建设成本和运行成本调查分析

笔者根据调查的210个示范工程的技术类型分类结果,针对江苏省主要建设的生物技术、生态技术和生物生态组合技术三大主要类型中包含的每一种技术工程开展了建设和运行成本的调查。生活污水处理工程的运行需要支付一定的费用,包括电费、日常维护费、填料费、设备折旧费等,对于生物技术采用的微动力及全动力污水处理工程而言,电费所占的比例比较大,因此本研究的运行成本主要以电费为主。根据表3的运行成本和建设成本统计结果,建设成本和运行成本因技术类型和处理规模的不同而不同。根据公式(1)计算得出各污水处理技术工程的单位体积污水处理成本介于0.08~1.37元·m⁻³之间,生物技术工程、生态技术工程和生物生态组合技术工程的平均运行成本分别为0.71、0.25、0.88元·m⁻³,低于污水处理厂0.8~1元·m⁻³的运行成本^[1]。此外,本研究中的生态技术类型的工程由于利用自然生态系统来处理生活污水,耗电较少,运行成本普遍低于其他两种技术类型。

2.3.2 典型技术模式的单位体积污水处理成本分析

据调查,生物技术、生态技术、生物生态组合技术三个典型工程2010年支出的运行费用分别为:2万元、0.5万元和0.96万元。根据表2的典型技术模式的设计处理量和公式(1)可计算出生物技术、生态技术和生物生态组合技术三个技术的单位体积污水处理成本分别为:0.2、0.15、1.3元·m⁻³。据调查,生物技

术的工程属于微动力式,在实际应用时并不是全年不停地运转,而是每日在排水较集中的时间连续运行数小时,因此导致运行费用远低于前文所计算过的生物技术工程的平均处理成本0.71元·m⁻³。生态技术的处理单位质量污水运行费用最低,主要原因是笔者调查的生态处理工程采用太阳能发电和直接用电相结合的方式维持工程中的土壤渗滤系统的正常运转,因此大量节省了运行费用。组合技术的处理成本远高于其他两种技术,可能是由于处理规模太小且全年不停地运转,设计处理量大于实际处理量,一定程度上导致了能源浪费。

3 讨论

3.1 农村污水处理技术模式的选择

农村经济基础有限,生活污水治理需要大量的资金,不适宜建设过于先进的污水处理工程,不能完全照搬城市污水处理技术类型,应选择一次性投入成本低,且运行费用在地方政府财政和村级组织能够承受的范围之内的技术模式。本研究中的生态技术工程对氮磷的平均去除率都明显高于其他两种技术,且单位质量氮磷处理平均成本均低于其他两种技术,这与张磊等^[19]得出的生态技术具有低成本、高效率的结论相一致。本研究的生物技术工程处理效果和运行成本介于其他两种技术之间,虽然具有处理效果较好、处理规模大、占地面积小等优点,但生物处理技术管理难度较大、运行成本较高,比较适合经济发达、污水产生量大的农村集中居住区建设。本次研究中的组合技术处理效果不明显,且成本较高,与刘晋^[20]研究的生物技术与生态工程有机结合,可以充分发挥各自的优

表3 不同技术模式的建设成本和运行成本统计

Table 3 Statistics of construction costs and operating costs of different modes of technology

技术类型	技术名称	地点	建设年份	建设成本/ 万元	处理规模/ m ³ ·d ⁻¹	2010年运行成本/ 元·a ⁻¹	单位体积污水处理成本/元·m ⁻³
生物技术	生物滤池	盐城	2009	22	60	5000	0.23
	KOT生物处理	无锡市	2007	20	30	8000	0.73
	A/O工艺	盐城市	2008	20	30	10 000	0.91
	接触氧化	海门市	2008	25	50	10 000	0.54
	活性污泥	常州市	2009	56	60	25 000	1.14
生态技术	土壤渗滤系统	靖江市	2008	32	70	15 000	0.59
	蚯蚓滤池系统	苏州市	2007	50	100	3000	0.08
	人工湿地	溧阳市	2008	15	30	1000	0.09
生物+生态组合技术	接触氧化+人工湿地	南京市	2009	20	20	10 000	1.37
	生物滤池+人工湿地	常州市	2009	47	50	6000	0.32
	一体设备+人工湿地	常州市	2009	66	100	35 000	0.96

势,达到既节省成本和运行费用,又能取得稳定的除磷脱氮效果的目的的结论相反。

综上,从处理效果和成本考虑,生态处理技术更适宜农村地区建设。人工湿地生态系统作为生态技术的主要类型,其可种植的植物种类多,处理规模受到人为设计控制,处理能力较强^[21],且可以充分发挥农村土地资源丰富的优势,是值得推荐的农村生活污水处理技术模式。

3.2 建设完善的经费投入机制

农村生活污水处理工程建设和运行费用投入是一项长期的投入,笔者在实际调查中发现,经济不发达地区承担污水处理的建设和运行费用还有很大困难。因此,农村生活污水处理项目要建立适宜的经费投入机制,减轻政府的财政负担,避免因地方财政困难,造成污水处理工程运行中管道疏通、处理设施清淤等养护费用紧缺,降低处理效果^[22]。调查的建设费用投入方式主要是政府配套资金及村级组织自筹部分资金,运行费用的投入方式主要是村里先支付,政府部门年底给予报销。这种费用投入方式往往出现政府不能及时报销这部分费用的情况,一定程度上降低了其管理污水处理工程的积极性。因此,此种费用投入机制需要政府以及村级组织具有较强的经济实力,需要设立农村生活污水治理专项资金,确保长期投入。

国内现有的农村生活污水处理费用投入方式主要有政府直接投资、政府与农户共同承担、政府投入与社会资金共同投资等,污水处理厂还可以采用委托专业单位管理、征收污水处理费等^[1],本研究中的生态技术工程利用太阳能做能源的方式也值得借鉴。总之,每种方式的应用条件不同,在实际应用时应根据地方政府财政实力和农村实际情况而定,在选择投资模式时可以参照“各级政府及环保部门拨付一点、企业帮助解决一点、镇村经济自筹一点、市场盘活一点、发动群众苦干一点”的原则^[14],江苏省作为我国经济发达地区,在农村生活污水处理费用投入机制方面要积极探索,为我国农村生活污水处理费用投入的模式起到示范和推广作用。

3.3 建设完善的管理机制

建设农村生活污水处理工程仅仅是污水处理工作的一个初始部分,后期对工程的管理更加重要,关系到工程的处理作用是否发挥,直接影响处理效果。本次调查发现,目前江苏省的污水处理系统的前期建设往往由上级政府牵头组织并投入资金,对于建设后的实际

情况问津的较少,还缺乏后续管理和维护的保障措施,导致有些工程建设流于形式。一方面是由于村委对于处理系统的管理普遍缺乏专业知识和管理的热情,另一方面是缺乏有效的管理办法和保障体系。因此,应建立长效的运营和管理机制,将农村生活污水处理纳入日常管理范围,各级部门要充分重视工程的运行管理过程,而不是只看重建设过程,定期组织水质监测,及时检查处理效果,建立以环保、建设部门为管理主体,村级组织为实施主体,与工程建设单位订立维修条约,定期对工程进行检修与维护,确保工程正常运转。

4 结论

(1)调查的210个工程中,8%的工程没有正常运行,其原因有47%是设备损坏,53%是无配套管网。因此,要建设完善的管网收集系统,并加强工程的后期管理和维护。

(2)三个技术工程的进水总氮浓度不同时段差异均显著,出水总氮浓度中,组合技术和生态技术的不同时段差异显著,生物技术差异不显著,三者的出水总氮平均浓度分别为 $67.97 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $7.9 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $44.17 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,只有生态技术对总氮的处理达到《城镇污水处理厂排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准,且处理率达到83.7%,高于其他两种技术。

(3)组合技术的进水总磷浓度不同时段差异不显著,生态和生物技术差异显著,三者的出水总磷浓度不同时段差异均显著,且出水总磷浓度分别为 $5.35 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.41 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $2.54 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,只有生态技术工程对总磷的处理达到排放标准,处理率达到92.68%,高于其他两种技术工程,与总氮处理的结论相同。

(4)经调查和计算,组合技术、生态技术和生物技术典型工程的单位污水处理成本分别为: $0.2 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $0.15 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $1.3 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$,

(5)生态技术具有处理效果好、成本低的优点,在农村地区应优先选择生态处理技术,对于土地资源紧张、经济较发达的地区可适当选择生物技术和生物生态组合技术。

参考文献:

- [1] 国家环境保护部. 2007年中国环境状况公报[R]. 北京:国家环境保护部, 2008:41.
The State Department of Environmental Protection. The state of environment in China in 2007[R]. Beijing: The State Department of Environmental Protection, 2008:41.
- [2] 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): 111-115.
- SHEN Dong-sheng, HE Yong-hua, FENG Hua-jun, et al. Underground unpowered anaerobic reactor for rural domestic sewage treatment [J]. *Transactions of the CSAE*, 2005, 21(7): 111-115.
- [3] 梁 祝, 倪晋仁. 农村生活污水处理技术与政策选择[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2007, 7(3): 18-22.
- LIANG Zhu, NI Jin-ren. Rural domestic sewage treatment technology and policy choice[J]. *Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition)*, 2007, 7(3): 18-22.
- [4] 孙兴旺, 马友华, 王桂苓, 等. 中国重点流域农村生活污水处理现状及其技术研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(18): 384-388.
- SUN Xing-wang, MA You-hua, WANG Gui-ling, et al. Research on current treatment status and technologies of rural domestic wastewater in China major basins[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(18): 384-388.
- [5] 曹 群, 余佳荣. 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 Jia-rong. Treatment technologies for rural domestic sewage[J]. *Environmental Science and Management*, 2009, 34(3): 118-121.
- [6] 尹微琴, 王小治, 等. 太湖流域农村生活污水污染物排放系数研究: 以昆山为例[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(7): 1369-1373.
- YIN Wei-qin, WANG Xiao-zhi, et al. Discharge index of pollutants from village sewage in TaiHu region: A case study in Kunshan [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2010, 29(7): 1369-1373.
- [7] 张 刚, 张乃明. 农村生活污水土地处理技术研究进展[J]. 环境科学导刊, 2010, 29(4): 67-71.
- ZHANG Gang, ZHANG Nai-ming. Rural domestic sewage land treatment technology research progress[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2010, 29(4): 67-71.
- [8] 余 浩. 水解池-滴滤池-人工湿地处理农村生活污水研究 [D]. 南京: 东南大学, 2006.
- YU Hao. Study on the treatment of rural domestic wastewater by hydrolysis pond-trickling filter-constructed wetland[D]. Nanjing: Southeast University, 2006.
- [9] 王青颖. 江苏省农村地表水环境现状及治理对策[J]. 污染防治技术, 2007, 20(3): 68-70, 93.
- WANG Qing-yin. Current situation of rural surface water environment in Jiangsu Province and its countermeasures[J]. *Pollution Control Technology*, 2007, 20(3): 68-70, 93.
- [10] 白永刚, 吴浩汀. 滴滤池-人工湿地组合工艺处理农村生活污水[J]. 中国给水排水, 2007, 17: 55-57.
- BAI Yong-gang, WU Hao-ting. Combined process of trickling filter and constructed wetland for treatment of rural domestic sewage [J]. *China Water & Wastewater*, 2007, 17: 55-57.
- [11] 刘 峰, 苏宏智. 中国农村生活污水处理技术的研究现状[J]. 污染防治技术, 2010(5): 24-26.
- LIU Feng, SU Hong-zhi. Status of studies on rural sewage treatment processes in China[J]. *Pollution Control Technology*, 2010(5): 24-26.
- [12] 张新华, 芦 昱, 田 珺, 苏南地区农村生活污水处理之 SWOT 分析[J]. 污染防治技术, 2011(4): 28-43.
- ZHANG Xin-hua, LU Yu, TIAN Jun, et al. SWOT analysis on rural sewage treatment in the South Part of Jiangsu[J]. *Pollution Control Technology*, 2011(4): 28-43.
- [13] 苏曼丽, 赵言文, 等. 太湖流域农村污水污染特征研究[J]. 江西农业学报, 2009, 21(7): 176-179.
- SU Man-li, ZHAO Yan-wen, et al. Study on pollution characteristics of rural wastewater in TaiLake Region[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2009, 21(7): 176-179.
- [14] 郭迎庆, 黄翔峰, 张玉先, 等. 太湖地区农村生活污水示范工程处理工艺的选择[J]. 中国给水排水, 2009, 25(4): 6-9.
- GUO Ying-qing, HUANG Xiang-feng, ZHANG Yu-xian, et al. Selection of treatment process for rural domestic sewage demonstration project in Taihu Lake Region[J]. *China Water & Wastewater*, 2009, 25(4): 6-9.
- [15] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 第4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 8.
- State Environmental Protection Administration Editorial Board. Water and wastewater monitoring analysis method[M]. Fourth edition. Beijing: China Environmental Science Press, 2002: 8.
- [16] 马忠玉, 蒋洪强. 我国水循环经济若干理论问题及其发展对策[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2006, 6(3): 21-28.
- MA Zhong-yu, JIANG Hong-qiang. Our country several theoretic issues of water recycling economy and its development countermeasure [J]. *Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition)*, 2006, 6(3): 21-28.
- [17] GB 18918—2002 城镇污水处理厂排放标准[S].
- GB 18918—2002 Urban sewage treatment plant discharge standards [S].
- [18] GB 5084—1992 农田灌溉水水质标准[S].
- GB 5084—1992 Standards for irrigation water quality[S].
- [19] 张 磊, 吴 昊. 太湖流域农村生活污水处理技术与思考[J]. 南京林业大学学报(人文社会科学版), 2010(4): 131-134.
- ZHANG Lei, WU Hao. Reflections on treatment of domestic sewage in rural areas in Taihu lake basin[J]. *Journal of Nanjing Forestry University (Humanities and Social Sciences Edition)*, 2010(4): 131-134.
- [20] 刘 晋. 生物生态组合技术处理农村生活污水研究[D]. 南京: 东南大学, 2006.
- LIU Jin. Study on the process combined with bio-ecological technology for rural sewage treatment[D]. Nanjing: Southeast University, 2006.
- [21] Jurgen Kern, Christine Idler. Treatment of domestic and agricultural wastewater by reed bed systems[J]. *Ecological Engineering*, 1999(12): 13-25.
- [22] 黄治平, 张克强, 沈丰菊, 等. 巢湖流域农村生活污水处理技术模式调查和分析[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(1): 179-184.
- HUANG Zhi-ping, ZHANG Ke-qiang, SHEN Feng-ju, et al. Investigation on rural domestic wastewater treatment modes in Chaohu Lake Basin[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2012, 31(1): 179-184.