农 业 资 源 与 环 境 学 报　　Journal of Agricultural Resources and Environment
2017 年 9 月·第 34 卷·第 5 期:483–491　　September 2017·Vol.34·No.5:483–491

张亚平, 王海芹, 印　杰, 等. 太湖流域农村生活污水处理技术模式调查和分析——以江苏省为例[J]. 农业资源与环境学报, 2017, 34(5): 483–491.
ZHANG Ya–ping, WANG Hai–qin, YIN Jie, et al. Investigation and Analysis on Technical Modes of Rural Domestic Sewage Treatment in Taihu Lake Basin: Taking Jiangsu Province as an Example[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2017, 34(5): 483–491.

太湖流域农村生活污水处理技术模式调查和分析
——以江苏省为例

张亚平[1], 王海芹[2], 印　杰[1], 管永祥[3*], 龙　珍[1]

(1.东南大学能源与环境学院, 江苏 南京 210096; 2.江苏省互联网农业发展中心, 江苏 南京 210036; 3.江苏省农业技术推广总站, 江苏 南京 210036)

摘　要:通过对太湖流域农村生活污水处理技术模式的调查研究,选取 4 种典型处理技术:DSP–SH(Anaerobic–Anoxic–Oxic,A^2/O)生物脱氮除磷技术、HyWat 海沃特复合生物滤池技术、膜生物反应技术(Membrane Bio–Reactor,MBR)以及活性污泥法(Sequencing Batch Reactor Activated Sludge,SBR)进行分析比较。结果表明:除 HyWat 海沃特复合生物滤池技术处理效果基本达标外,DSP–SH(A^2/O)技术、SBR 技术以及 MBR 技术对氮、磷去除效果较差,均未稳定达到一级 B 标准,需定期加药提高去除率。4 种污水处理技术的投资及占地面积均较低,DSP–SH(A^2/O)和 HyWat 海沃特复合生物滤池技术的操作管理和后续维护均比较方便;MBR 技术污水处理效果好,但运行费用较高,适用于经济较发达或对出水要求较高的地区;SBR 技术运行方便灵活且费用适中,适用于受地形、占地面积限制的农村集中居住地。只有因地制宜地选用水处理技术模式,并结合稳定有效的资金投入和管理维护机制,才能保障农村生活污水处理达到预期目标。

关键词:农村生活污水;技术模式;太湖流域
中图分类号:X703.1　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:2095–6819(2017)05–0483–09　　**doi**: 10.13254/j.jare.2017.0002

Investigation and Analysis on Technical Modes of Rural Domestic Sewage Treatment in Taihu Lake Basin: Taking Jiangsu Province as an Example

ZHANG Ya–ping[1], WANG Hai–qin[2], YIN Jie[1], GUAN Yong–xiang[3*], LONG Zhen[1]

(1.School of Energy and Environment, Southeast University, Nanjing 210096, China; 2.Internet Agricultural Development Center of Jiangsu Province, Nanjing 210036, China; 3.Agricultural Technology Extension Station of Jiangsu Province, Nanjing 210036, China)

Abstract: According to the wide investigation on the current rural domestic wastewater treatment in the Taihu Lake basin, four typical treatment technologies, including DSP–SH(Anaerobic–Anoxic–Oxic, A^2/O), HyWat compound bio–filter, membrane bio–reactor(MBR) and sequencing batch reactor activated sludge(SBR), were selected and had been monitored for eight months. The results showed that the wastewater treatment effect of HyWat compound bio–filter could meet the emission standard while DSP–SH(A^2/O), SBR and MBR had poor removal efficiency of nitrogen and phosphorus, which needed to add medicine to improve the removal rate. The operation and management of DSP–SH(A^2/O) and HyWat compound bio–filter were more convenient. MBR process was suitable for the economically developed areas or the areas with high water–quality demand, because it had a good treatment effect with high running cost. SBR process was easy to operate flexibly and affordably, which was suitable for the densely populated areas with topography or land area restrictions. Our research concluded that choosing sewage technology should consider the local conditions combined with stable and effective capital investment and management and maintenance mechanisms to guarantee the rural sewage treatment effect.

Keywords: rural domestic sewage; technical mode; Taihu Lake basin

收稿日期:2017–01–03
基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07101–005);江苏省农业科技自主创新资金(CX(15)1004)
作者简介:张亚平(1979—),女,河南驻马店人,博士,研究方向为环境科学。E–mail:amflora@seu.edu.cn
* **通信作者**:管永祥　E–mail:gyx5598@126.com

农村生活污水由于单户排放量少,但排放节点多且去向不一,包括排入化粪池、地面泼洒、就近排河、就地资源化利用等多个节点和途径,一直存在难以集中收集处理的问题[1]。太湖流域村庄分布广泛,人口众多,农村生活污水是太湖流域的重要污染源,成为湖泊富营养化的重要原因之一。根据《太湖流域水环境综合治理总体方案(2013 年修编)》及《江苏省太湖流域水环境综合治理实施方案(2013 年修编)》,2010 年太湖流域生活污水排放量达 18.1 亿 t,COD、氨氮、TP 和 TN 入湖总量分别为 15.5 万、1.5 万、0.2 万 t 和 3.3 万 t。

随着社会经济的发展,农村生活水平及生活方式发生了重大的改变[2]。作为旅游业发达地区,江苏省太湖流域新增污染来源——"农家乐"生活污水,这类排水的特点是油脂含量多,水质、水量波动大,尤其在节假日或冬季,污染物浓度明显较高,这对农村生活污水处理技术选择和管理要求较高[3]。据估算,江苏省农村每年排放总氮(TN)30 万 t、总磷(TP)2 万 t[4],农村面源污染对太湖氨氮和 TP 的排放量占比达到 77%和 66%[5],成为太湖流域水质主要污染因子。其中,根据《太湖流域"十二五"科技需求与目标任务的建议》对太湖流域典型污染源调查显示,农村生活污水中的化学需氧量(COD)、氨氮、TN、TP 对整个流域的贡献率分别为 21%、25%、18%、19%。

近年来,农村生活污水治理引起普遍关注,污水处理设施建设得到强化,各地区农村生活污水处理设施建设覆盖率也在逐渐增加,但由于技术工艺选择随意,后期管理不到位等原因,多数污水处理设施运行效果达不到设计要求[1,3]。农村生活污水收集处理率低已经严重影响了农村地区的生态环境,为此本课题组开展太湖流域农村生活污水处理状况的详细调研。本课题组根据相关调研和统计情况,全面系统地分析了江苏省太湖流域农村生活污水处理技术的应用现状及处理效果,并选择 4 种典型的污水处理技术模式,详细分析比较其运行原理、去污效果、维护内容等,在此基础上提出保障该地区农村生活污水处理设施长效稳定运行的措施,以期为农村生活污水治理工程建设、深化农村生活污染治理提供有益的借鉴。

1 材料与方法

1.1 调查时间及地点

在江苏省太湖治理专项资金科研课题的支持下,从 2014 年 2 月—2015 年 6 月,本课题组陆续走访了江苏省内太湖流域的代表性区域,包括无锡宜兴、江阴、锡山区、惠山区、滨湖区,苏州昆山、常熟、太仓、张家港、吴中区、吴江区、相城区、高新区,常州武进区、金坛市、溧阳市,镇江丹徒、丹阳、句容,南京江宁区、高淳区、溧水区等地。通过与管理部门访谈(如建设局、水务局、环保局、农林局等)和资料收集,并实地考察和取样,随机抽检了 200 多套农村污水处理设施,对江苏省太湖流域农村生活污水设施的建设、运行和管理情况有了充分的了解。调查显示,截至 2015 年 6 月,太湖流域 1 253 个行政村中,共建设污水处理设施 6 166 套,其中接管 2 092 套,独立设施 3 900 套。根据调查结果,选择运转正常、规模适中的分别位于常熟古里苏家尖、尚湖镇私房小区、尚湖镇翁家庄以及辛庄镇和泰村的 DSP-SH(Anaerobic-Anoxic-Oxic,A^2/O)生物脱氮除磷技术、HyWat 海沃特复合生物滤池技术、膜生物反应技术(Membrane Bio-Reactor,MBR)以及活性污泥法(Sequencing Batch Reactor Activated Sludge,SBR)技术作为江苏省太湖流域农村生活污水的典型代表,进行深入的调查取样分析。

1.2 调查内容

调查内容主要为江苏省太湖流域农村生活污水处理设施的主要技术模式类型、工程运行、管理及维修情况等,并对典型技术类型的代表工程进行进出水采样、分析。

1.3 检测项目及方法

郭迎庆等[6]通过对太湖地区农村生活污水的持续监测研究发现,由于太湖流域村民生活作息规律相似导致生活污水呈现较强的波动性,水量日变化系数大,在早、中、晚各有一个高峰时段,但夜间排水量小,甚至出现断流现象。调研发现,太湖流域农村居民每日用水时间基本在 6:00—21:00,结合污水处理设施的动态过程,本课题组将取样时间设置在 7:00—21:00,每隔 2 h 采 1 次样。样品用 250 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。根据重点流域农村生活污染源普查工作要求,监测的水质指标[7]主要包括进出水口的 COD、TN、TP 以及氨氮。COD 采用重铬酸钾法测定,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,氨氮采用纳氏试剂光度法[8]测定。

1.4 数据分析方法

测定不同时段水中 COD、TN、TP 以及氨氮浓度所获数据均采用 Microsoft Excel 2013 进行初步整理、分析和绘制图表等。

2　结果与分析

2.1　生活污水处理工程的运行现状

由于苏州、无锡、常州等处在太湖流域涵盖地域大，调研样本也较多，故抽检的 200 多套农村污水独立处理设施主要集中于此，详细分布见图 1。

独立设施的运行情况分为正常运行、可以运行但不正常运行、不运行 3 类，正常运行即设施处于运行状态；可以运行但不正常即设施完好，可以运行，但未运行；不运行即设施完全不能处理生活污水。抽检的 210 套独立设施运行情况如图 2。抽检独立设施 48.57%可以正常运行；29.52%可以运行，但不正常；而仍然有 21.91%的设施不运行。

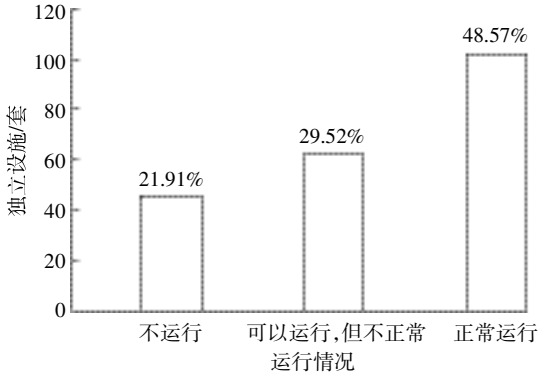

图 2　独立设施抽检运行情况分布

Figure 2　The operation distribution of the individual facilities

2.2　江苏省农村生活污水处理的技术模式分析

根据技术原理，太湖流域农村生活污水处理设施主要分为5 种类型（图 3）：MBR 法、活性污泥法、生态法、生物+生态法以及生物膜法。其中，占比达 17.85%的活性污泥法主要包括 SBR 技术和氧化沟技术；占比 30.12%的生物膜法则包括 A/O 法、接触氧化法、生物滤池等技术；生态法则主要包括人工湿地、化粪池+人工湿地、土壤渗透等技术，多与生物法结合使用。

从图 3 可以看出，目前常用的技术为生物+生态法、生物膜法，二者所占比例总和达 67.28%。生物+生态耦合方式结合地形特征，经济成本较低，处理效果有效稳定等优点成为太湖流域农村生活污水主要处理方式；生物膜法利用微生物处理生活污水，方法较为简单，效果较好，运用较多；活性污泥法主要是受农村条件限制，不能及时有效排泥，故在农村生活污水处理应用中受到一定程度的限制；生态法虽然经济有效，但其对地形条件要求较高，应用范围较小；而 MBR 技术由于其运行费用较高，并经常需要加药，在农村较少运用。

江苏省太湖流域农村生活污水设计的技术多达 100 余种，使用技术占比超过 1%（含 1%）以上的多达 20 种[9]。农村生活污水处理技术的选择，不仅要考虑

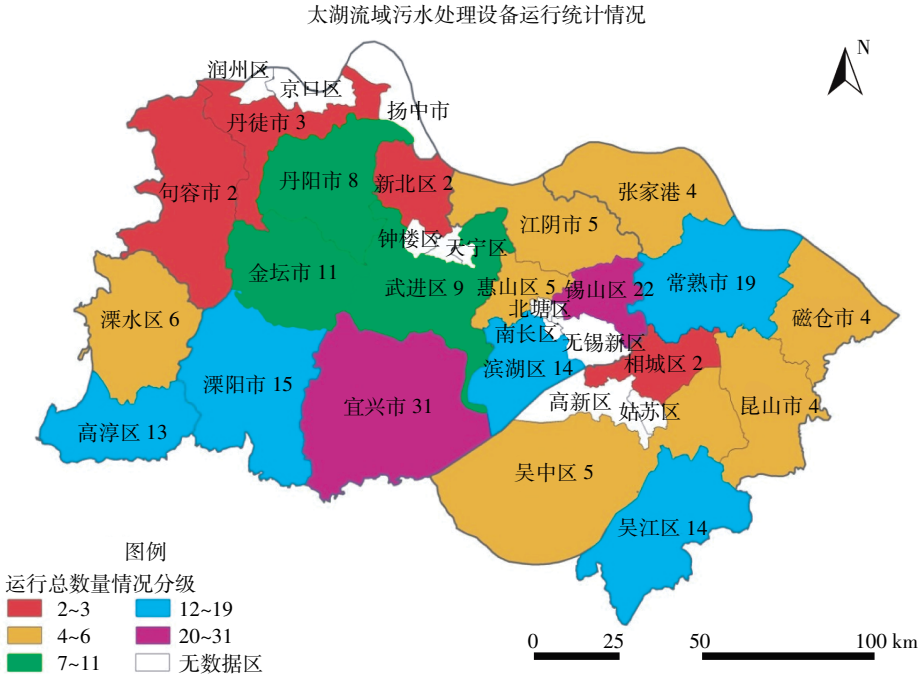

图 1　独立设施抽检地区分布情况

Figure 1　Regional distribution of individual facilities

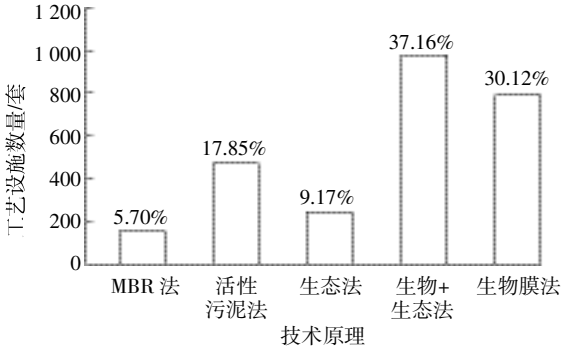

图 3 按技术原理分布的样本独立设施

Figure 3 The individual facilities in terms of technological principle

技术模式的处理效果，更要结合当地情况，综合考虑建设投资、运行投资以及后期管理维护等方面。立足此，进一步对目前应用较为广泛的 4 种水处理技术：DSP-SH(A^2/O)技术、HyWat 海沃特复合生物滤池处理技术、MBR 技术以及 SBR 技术进行分析比较。

2.3 典型技术模式的处理效果分析

2.3.1 DSP-SH(A^2/O)生物脱氮除磷技术

该模式是厌氧-缺氧-好氧的组合技术，它与单级 A/O 技术的不同之处在于前段设置一厌氧反应器，旨在通过厌氧过程使废水中的部分难降解有机物得以降解去除，进而改善废水的可生化性，并为后续的缺氧段提供适合于反硝化过程的碳源，最终达到高效去除 COD、BOD、N、P 的目的。主要在常熟古里苏家尖、沙家浜镇三星小区、梅李镇施家湾等处应用推广。

该模式的技术流程(图 4)是：废水经预处理后进入厌氧反应器，使高 COD 物质在该段得到部分分解，然后进入缺氧段，进行反硝化过程，而后是进行氧化降解有机物和进行硝化反应的好氧段。为确保反硝化的效率，好氧段出水一部分通过回流而进入缺氧阶段，并与厌氧段的出水混合，以便充分利用废水中的碳源。另一部分出水进入二沉池，分离活性污泥后作为出水，污泥直接回流到厌氧段。

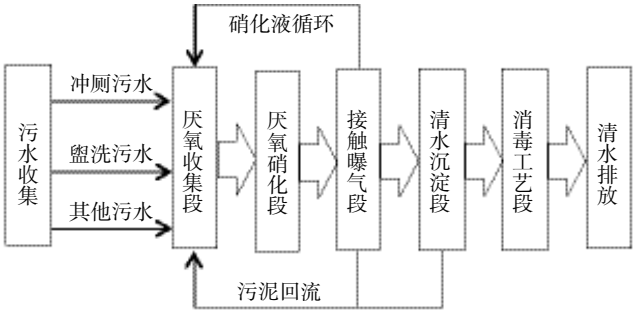

图 4 DSP-SH(A^2/O)技术流程图

Figure 4 The technical flow of DSP-SH(A^2/O) process

该模式所需的操作管理：管理员每周来巡查 1 次，半月维护 1 次；检查电器是否正常运行，气泵发不发热，目测水量，对进水量和回流量进行调节，查看管道是否通畅；要常清洗回流池、过滤网。

该模式的处理效果以苏家尖的水质分析为例，经过 8 个月的连续监测，进水、出水口的水质各项指标变化情况如图 5 所示。对比进水，出水的各项指标均有不同程度的下降。COD 从 2015 年 5 月起基本降至 60 mg·L^{-1} 以下，达到一级 B 标准，而 TN、TP 以及氨氮的去除效果比较不稳定，在初期效果不佳，虽然到运行后期效果变得稳定，但并未达到一级 B 标准。从图 5 可以看出，DSP-SH(A^2/O)技术处理下的出水只有 COD 去除效果较好，而氮、磷处理效果基本不能满足设计要求。

2.3.2 HyWat 海沃特复合生物滤池处理技术

该模式的技术流程包括预处理单元、膜生物反应器处理单元、表流湿地单元、氧化塘单元(图 6)。污水经外部污水管网送至处理站，先进入预处理池进行预沉降，出水经格栅截留污水中的悬浮污染物后进入调节池，再由泵提升到缺氧池和膜池进行生化处理。膜池的回流污泥通过污泥泵回流到缺氧池，剩余污泥由潜污泵提升返回预处理池，预处理池沉淀污泥通过定期清掏运送至有关部门指定地点进行处理。膜池出水引入人工湿地进行生态处理，进一步去除污染物并稳定水质，用于回用或排放。主要在常熟市沙家浜王家山、尚湖镇私房小区等处应用推广。

该模式所需的操作管理：管理员每周来巡查 1 次，半月维护 1 次；检查电器是否正常运行；日常卫生清洁：一周 1 次；池体清淤：两年 1 次；水泵更换：一年 1 次。

该模式的处理效果以尚湖镇私房小区为例，经过 8 个月的连续监测，进水、出水口的水质各项指标变化情况如图 7 所示。从图 7 可以看出，对比进水水质，出水水质得到了很大程度的改善。各项指标的降低率都很高。COD 基本降至 60 mg·L^{-1} 以下，TN 浓度从 2015 年 5 月起基本稳定在 20 mg·L^{-1} 以下，TP 浓度在 2015 年 7 月—8 月一度降至 1 mg·L^{-1}，达到一级 B 标准，但显然不太稳定，氨氮的去除效果也比较稳定，基本维持在 15 mg·L^{-1} 以下。显然 HyWat 海沃特复合生物滤池技术处理下的出水各项指标基本能满足设计标准，但有时氮、磷处理效果不理想。

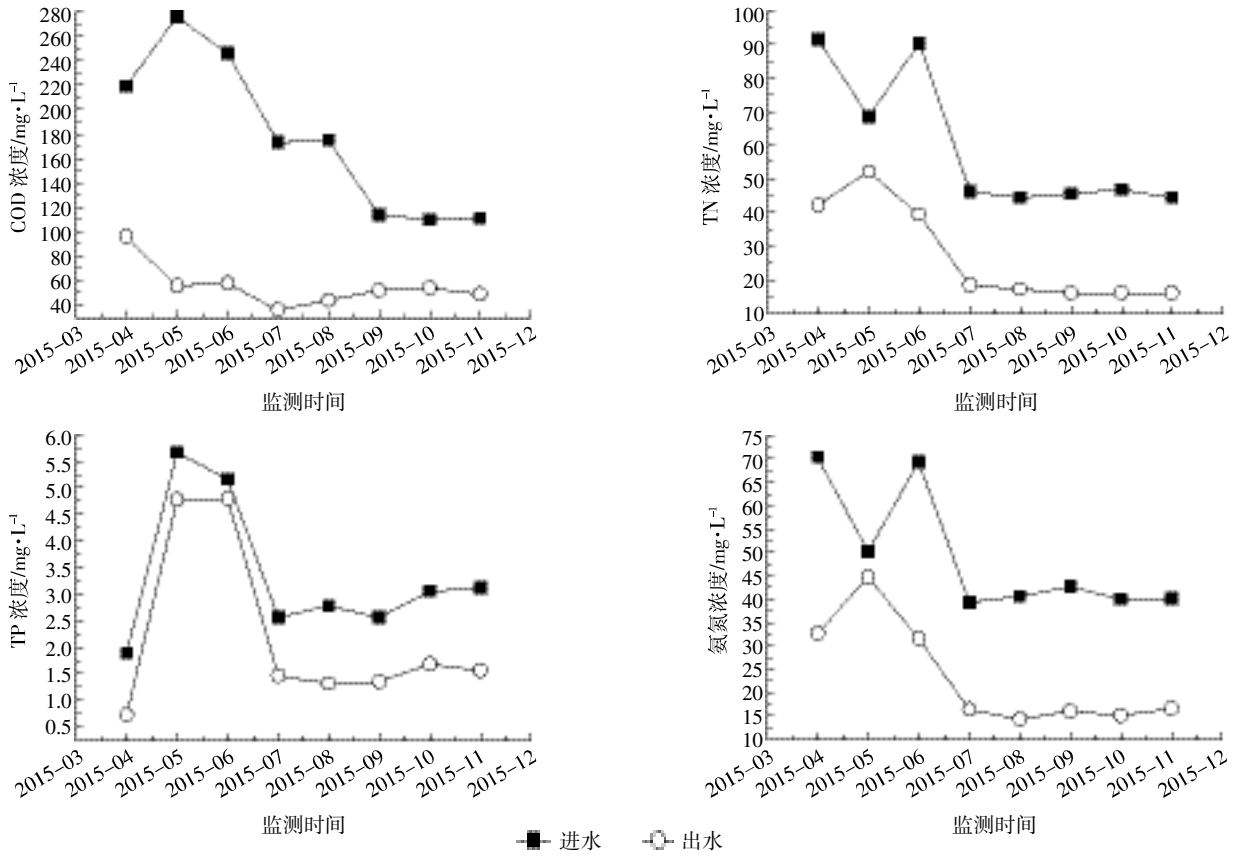

图 5 DSP-SH(A²/O)技术水质处理情况

Figure 5 Changes of wastewater quality during eight months with DSP-SH(A²/O) process

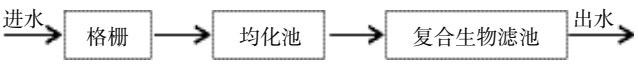

图 6 HyWat 海沃特复合生物滤池技术流程图

Figure 6 The technical flow of HyWat compound bio-filter

2.3.3 MBR 技术

该模式的原理是将活性污泥法与膜分离技术有机结合,并以膜组件代替传统污水生物处理技术中的二次沉淀池,通过膜组件的高效截留作用使泥水彻底分离(图 8)。由于 MBR 中活性污泥浓度较高以及高效菌种(尤其是优势菌群)的作用,大大提高生化反应速率,减少剩余污泥产量,从而基本解决传统生物技术存在的突出问题。主要在常熟市梅李镇聚沙村和尚湖镇翁家庄等处应用推广。

该模式所需的操作管理:管理员每周来巡查 1 次,半月维护 1 次;检查电器是否正常运行,气泵发不发热,目测水量,对进水量和回流量进行调节,查看管道是否通畅。

该模式的处理效果以尚湖镇翁家庄为例,经过 8 个月的连续监测,进水、出水口的水质各项指标变化情况如图 9 所示。显然,除了 TP,出水的 COD、TN 以及氨氮去除率都比较高,且基本都达到了一级 B 标准。从图 9 可以看出,MBR 技术处理下的出水 COD 与脱氮处理效果较好,但磷去除不达标。

2.3.4 SBR 技术

该模式是一种按间歇曝气方式来运行的活性污泥污水处理技术。它的主要特征是在运行上的有序和间歇操作,SBR 技术的核心是 SBR 反应池,该池集均化、初沉、生物降解、二沉等功能于一池,无污泥回流系统(图 10)。可通过添加化学药剂或流入人工湿地除磷,保证出水 TP 稳定达标[11]。尤其适用于间歇排放和流量变化较大的场合。主要在常熟市辛庄镇合泰村等处应用推广。

该模式所需的操作管理:管理员每周来巡查 1 次,半月维护 1 次;检查电器是否正常运行,气泵发不发热,目测水量,对进水量和回流量进行调节,查看管道是否通畅;定期清理污泥、更换 1 次消毒剂和风机用隔膜套件。

该模式在常熟市辛庄镇和泰村共设立了 2 个监测点,2# 设计处理规模为 5 t·d⁻¹,5# 设计处理规模为 15 t·d⁻¹。以 2# 处理设施为例,经过 8 个月的连续监

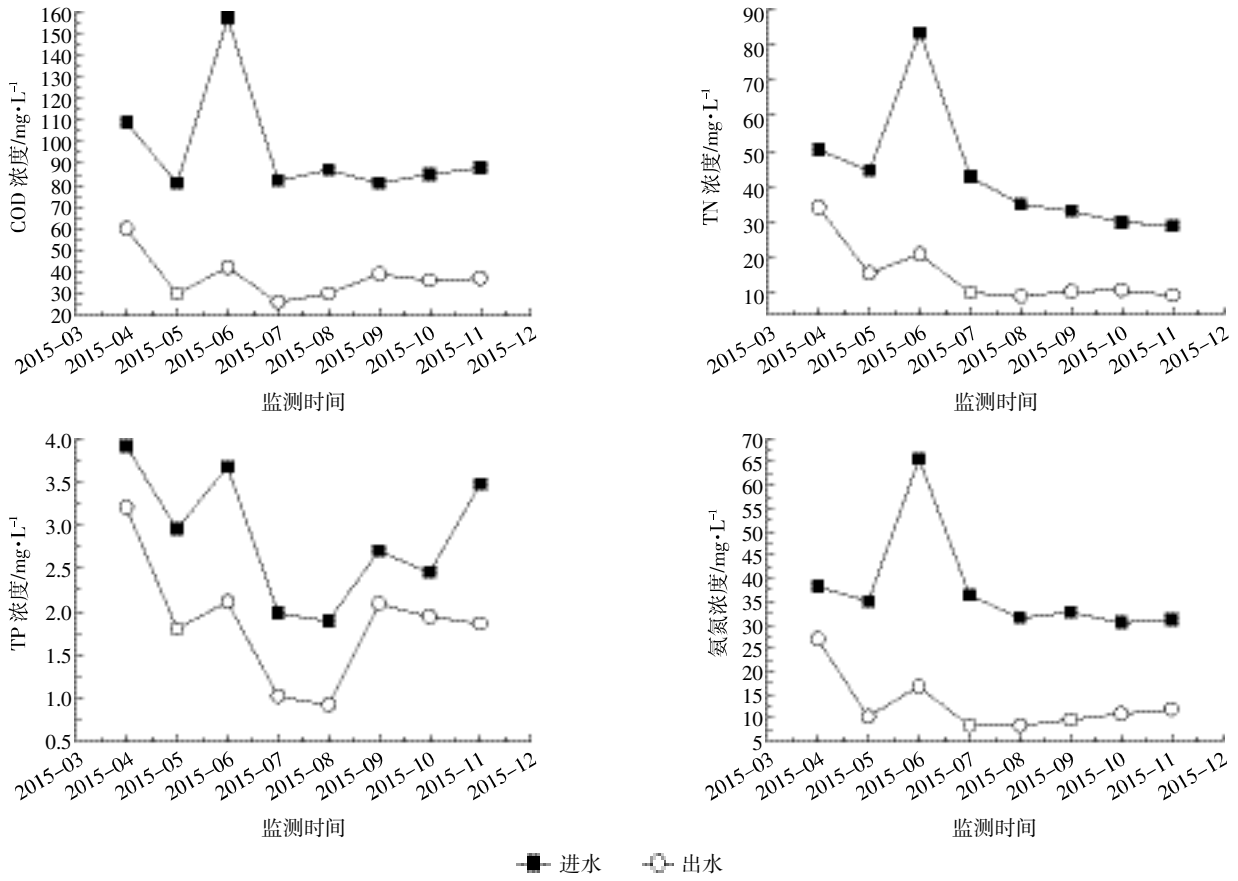

图 7 HyWat 海沃特复合生物滤池技术水质处理情况

Figure 7 Changes of wastewater quality during eight months with the HyWat process

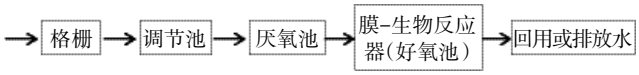

图 8 MBR 技术流程图

Figure 8 The technical flow of MBR process

测,进水、出水口的水质各项指标变化情况如图 11 所示。从图 11 可以看出, 出水的 COD 浓度稳定在 60 mg·L⁻¹ 以下, 氮的去除效果不稳定, 呈下降趋势,TP 浓度虽然对比进水有降低,但随着时间的增加,一度呈上升趋势。因此可知,SBR 技术处理下的出水 COD 处理效果较好,但氮、磷处理效果不理想。

2.4 典型技术模式的成本及处理效果分析

4 种污水处理技术的成本分析如表 1 所示。从表 1 可以看出,农村生活污水处理工程投资较大,经调研,江苏省太湖流域农村生活污水处理工程建设费用主要来源于政府配套资金及村镇自筹等,但大多数地区的运维费用却是由村镇自付,由于农村经济发展程度较低,此种费用投入模式大大降低了其支持并管护污水处理设施的积极性。因此,只有拓宽资金渠道,调整经费投入方式,保障设施运维费用,才能保证污水处理设施发挥其设计效用。

经调研,太湖流域农村生活污水处理技术工程的设计标准为:出水水质基本满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)一级 B 标准。经连续监测,DSP-SH(A^2/O)技术和 SBR 技术处理下的出水只有 COD 去除效果较好,而氮、磷处理效果基本不能满足设计要求,这与高晓兰等[10]、马鲁铭等[11]在常熟的调研结果相似。HyWat 海沃特复合生物水处理技术基本能满足设计标准, 有时氮、磷处理效果不理想。MBR 技术处理下的 COD 与脱氮处理效果较好,但磷去除不达标, 主要原因可能是 MBR 技术一般采用化学除磷, 即需通过添加化学药剂提升其除磷效果,但在实际运行中,很多设施并没有及时加药,甚至不加药,因而该技术对磷的去除效果欠佳。

3 讨论

3.1 技术选择要因地制宜

经调研,太湖流域农村生活污水处理设施不同名称的技术种类多达几百个,即使按照技术原理分类也多达数十种[12],不仅给后期统一维护带来较大的技术

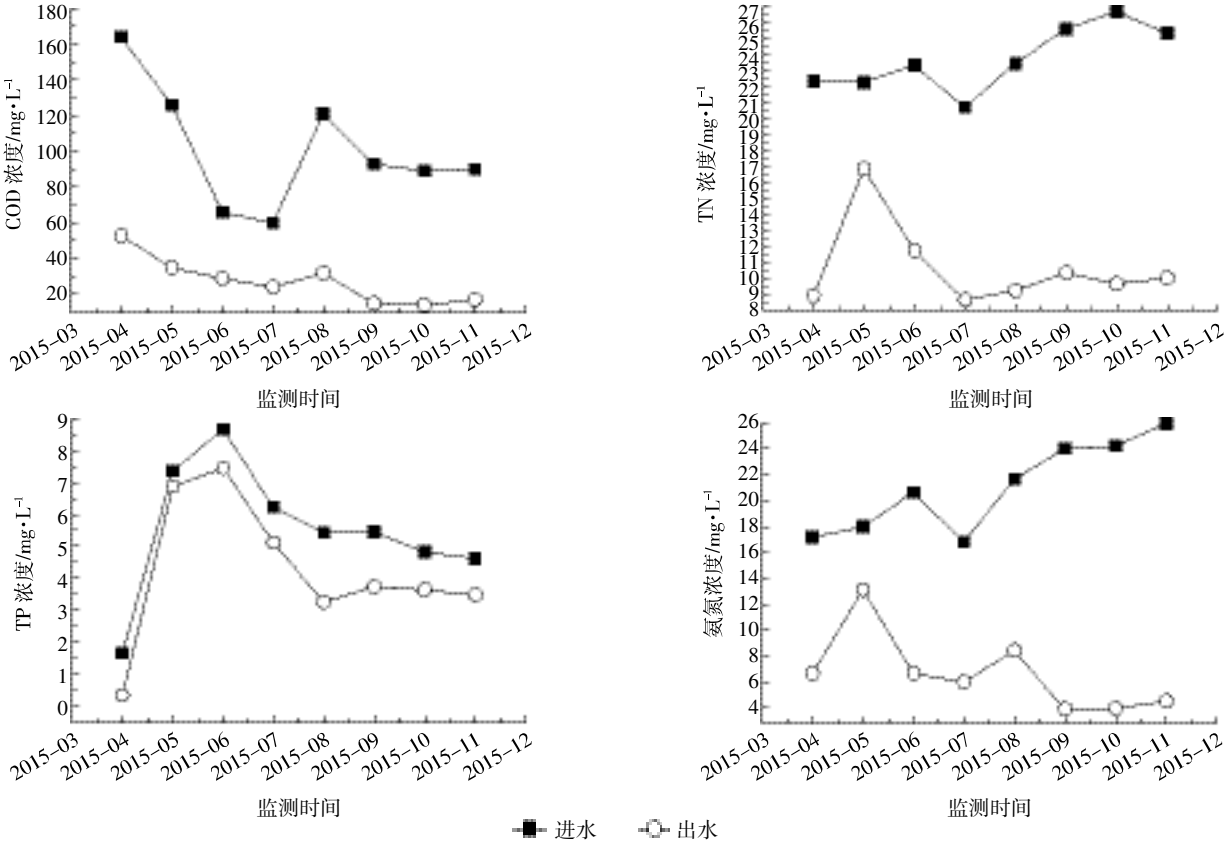

图 9 MBR 技术水质处理情况

Figure 9 Changes of wastewater quality during eight months with MBR process

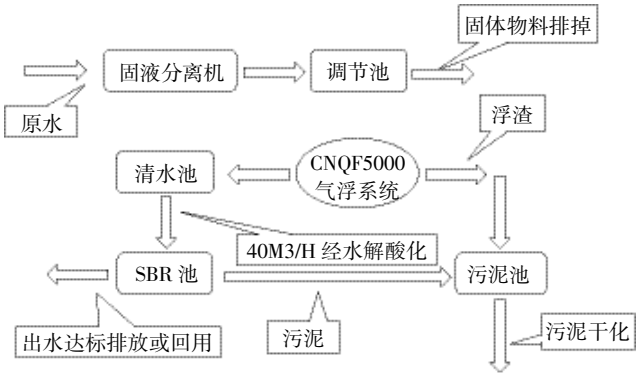

图 10 SBR 技术流程图

Figure 10 The technical flow of SBR process

难度,更重要的是因为处理技术选择和设计没有因地制宜,导致后期不正常运行率较高。比如,有些农村生活污水建设初期所使用的无动力式技术处理,已不太适用于现在的污水处理要求, 而较为复杂的处理技术,对运行管理的要求也高,再加上建设质量不到位、运行管理不到位,处理设施很难正常运行。

太湖流域农村污水水量变化性很大,在设施设计阶段如果没有深入农村走访, 调研农户人口变化、农户用水习惯而按照经验数据估算污水量,往往导致设计规模出现过大或者过小现象,这是导致设施无法正常运行的另一原因。目前,农村人口外出打工导致人少,加上农村居民用水习惯,进入管网的生活污水很少,导致实际用水量远远小于设计水量。又由于村庄合并或者工厂生活污水接入,以及雨污未分流,导致大雨时流入设备水量过大,超过设施设计范围,污水处理效果不佳。另一方面,农村污水水质变化性也很大。比如,多数农村村民习惯将洗衣洗菜的水用来浇花,导致进入管网的污水以黑水为主,进水浓度较大;也有些村民会将自家化粪池(厕所)的粪便水用来浇菜或种树,导致进入管网的污水以灰水为主,COD 浓度较低。

综上,农村生活污水治理应在设计之初就根据当地的基本特征,因地、因时、因人制宜,选用不同的处理技术以适应当地条件和满足农民需求,保证设施长期有效稳定地运行。

3.2 资金来源要稳健持续

本课题组在调研中发现,资金短缺问题是设施彻底不运行的主要原因。太湖流域多数地区运维费用由村镇自筹,这对经济力量薄弱的村庄来说,是一笔不

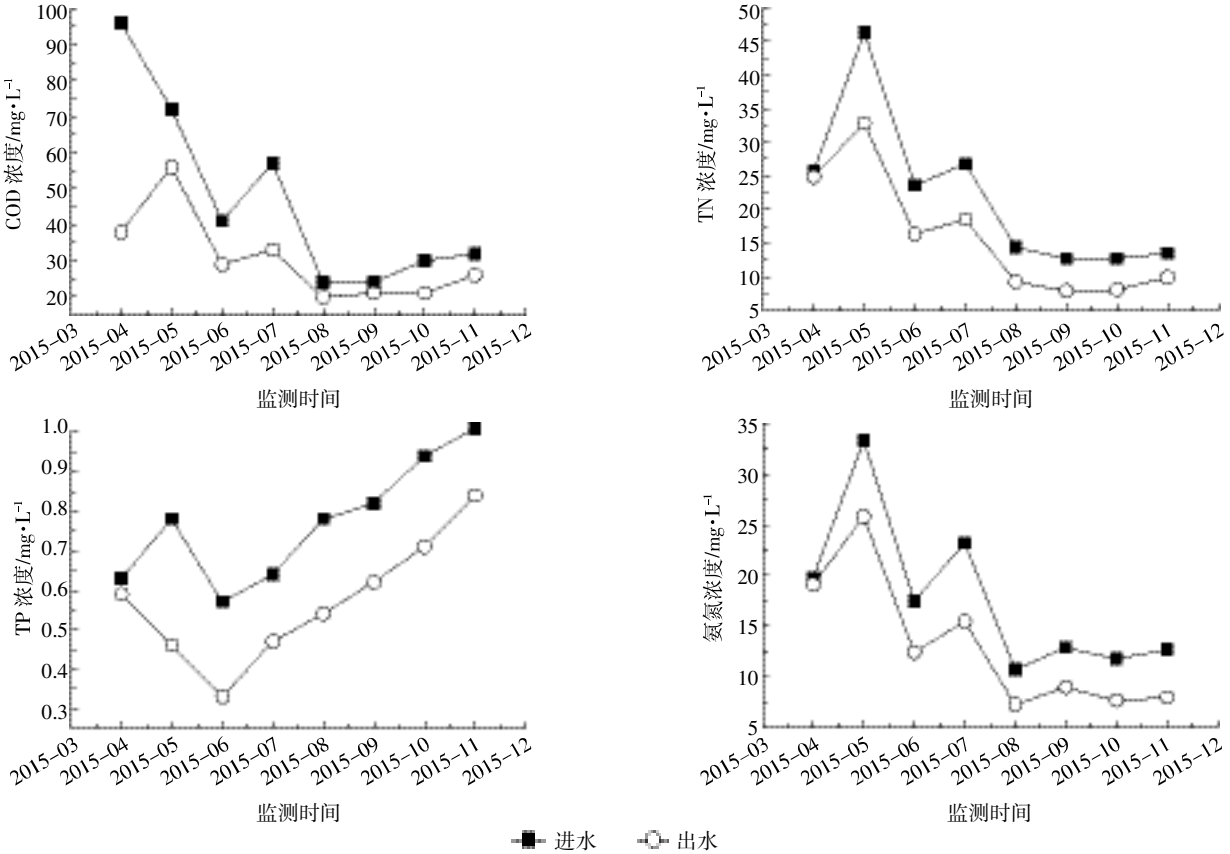

图 11 SBR 技术水质处理情况

Figure 11 Changes of wastewater quality during eight months with SBR process

表 1 4 种污水处理技术成本分析表

Table 1 Cost analysis of four wastewater treatment technologies

污水处理技术	建设成本/元·套⁻¹	运行费用/元·t⁻¹
DSP-SH(A^2/O)	7 000	0.8
HyWat 海沃特复合生物滤池	4 000~8 000	0.25
MBR	8 000~11 000	0.91
SBR	3 500	0.41

小的开支，因而导致设施出现故障不能及时修葺，造成设施不运行。另外，还有些地区实行财政报账制，设施已建造完成，但由于资金不到位，没有投入运行。

因此，拓宽资金渠道，调整经费投入方式，保障设施运维费用，才能保证污水处理设施的长效稳定运行。建议对农村生活污水处理设施的建设设立财政专项资金保障制度，用于农村生活污水治理主要工程项目的建设、管理及维护，以便在设施出现故障时能够有维修资金及时更换或修葺设备，保证设施运行，污水得到有效处理。

3.3 管理体制要全面完善

调研发现，太湖流域（江苏省）多数地区没有明确监管部门，监管职责不明确。很多地区都是农办、住建、环保、农委等多条线、多部门下达任务，补助资金，提出要求，参与管理，但形不成合力，而镇一级又疲于应付，工作思路和重点不清。最终的建设责任落实到镇，甚至是村一级，缺乏内生动力，缺乏专业人员和监管能力，虽然上级部门有技术指南和管理要求，但普遍轻信设备厂家宣传，最终导致建设标准低、设施质量差、建而失管现象较普遍。

“三分建，七分管”，为确保农村生活污水处理设施正常运行，应加强设施运维管理，建立完善的监管制度。例如，苏州常熟市主要采用 BOT 监管模式，监管体制完善，运行率接近 100%。因此，建议对污水处理设施加强管理，首先要求管护人员定期巡视污水处理设施，确保设备正常运行，同时应加强其专业培训，以便在设施出现故障时能得到有效处理。其次，监管部门应每月至少检测 1 次设施处理尾水，若出水水质不达标应分析原因并及时进行调整。最后，建议监管部门可根据水质监测报告以及运行记录等管理情况对设施管护人员实施一定的奖惩措施。

4　结论

(1)抽检的 210 套独立设施中,48.57%可以正常运行,29.52%可以运行,但不正常运行,有 21.91%的设施不运行。可见,农村生活污水处理不能止步于处理设施的建造,而应综合考虑技术模式、资金支持、管理情况等多方面因素,以保证处理设施的有效运行。

(2)4 种典型的水处理技术模式对农村生活污水 COD 处理效果显著,基本能达到 GB 18918—2002 一级B 及以上的要求,降至 60 mg·L^{-1} 以下。

(3)DSP-SH(A^2/O)技术、HyWat 海沃特复合生物滤池技术和 SBR 技术处理下总氮处理效果不稳定,波动幅度较大,出水总氮平均浓度分别为 27.75、15.25、16.63 mg·L^{-1},应优化处理技术或增加辅助药物加强其脱氮效果。MBR 技术脱氮效果较好,出水总氮平均浓度仅为 10.63 mg·L^{-1},低于其他 3 种水处理技术。

(4)4 种水处理技术模式的总磷处理率普遍不高,DSP-SH(A^2/O)技术、HyWat 海沃特复合生物滤池技术、MBR 技术和 SBR 技术的出水总磷平均处理率分别为35.8%、35.9%、28.0%、35.6%,需通过添加药物增强其除磷效果。

(5)MBR 技术污水处理效果好,但运行费用较高,适用于经济较发达或对出水要求较高的地区;SBR 技术运行方便灵活且费用适中,适用于受地形、占地面积限制的农村集中居住地。

参考文献:

[1] 李　响. 太湖流域农村生活污水处理现状及建议[J]. 北方环境, 2011(11):67.
LI Xiang. Present situation and suggestion of rural domestic sewage treatment in Taihu River Basin[J]. *Northern Environment*, 2011(11):67. (in Chinese)

[2] 国家环境保护部. 2007 年中国环境状况公报[R]. 2008:41.
Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. China environmental status bulletin 2007[R]. 2008:41. (in Chinese)

[3] 卜岩枫, 许月明, 卓　明, 等. 浙江省农村生活污水处理技术应用现状及处理效果分析[J]. 环境污染与防治, 2014, 36(6):106-110.
BU Yan-feng, XU Yue-ming, ZHUO Ming, et al. Analysis of the application status and performance of rural domestic sewage process in Zhejiang Province[J]. *Environmental Pollution & Control*, 2014, 36(6):106-110. (in Chinese)

[4] 张　悦, 段华平, 孙爱伶, 等. 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[J]. 农业环境科学学报, 2013(1):172-178.
ZHANG Yue, DUAN Hua-ping, SUN Ai-ling, et al. Rural sewage treatment techniques mode and purifying effect of nitrogen and phosphorus in Jiangsu Province, China[J]. *Journal of Agro-Environmental Science*, 2013(1):172-178. (in Chinese)

[5] 郭飞宏, 张心良, 汪龙眠, 等. 太湖地区农村生活污水生物生态处理技术选择分析[J]. 中国给水排水, 2012, 28(20):48-51.
GUO Fei-hong, ZHANG Xin-liang, WANG Long-mian, et al. Selection and analysis of treatment technologies for rural domestic sewage in Taihu Lake area[J]. *China Water & Wastewater*, 2012, 28(20):48-51. (in Chinese)

[6] 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. (in Chinese)

[7] 张玉华, 刘东生, 徐　哲, 等. 重点流域农村生活源产排污系数监测方法研究与实践[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(4):785-789.
ZHANG Yu-hua, LIU Dong-sheng, XU Zhe, et al. Monitoring method of generation and emission coefficients of rural domestic waste in key basins[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2010, 29(4):785-789. (in Chinese)

[8] 国际环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法(第 4 版)[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2002.
International Environmental Protection Administration "Water and Wastewater Monitoring and Analysis Methods" Editorial Board. Water and wastewater monitoring and analysis methods(fourth edition)[M]. Beijing:China Environmental Science Press, 2002. (in Chinese)

[9] 张亚平, 徐　茂, 赵　坤, 等. 5 种农村生活污水处理工艺运行效果[J]. 安徽农业科学, 2016:32-36.
ZHANG Ya-ping, XU Mao, ZHAO Kun, et al. Operation effect of 5 rural domestic sewage treatment processes[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2016:32-36. (in Chinese)

[10] 高晓兰, 郭一令. 常熟市农村生活污水处理设施的调查研究[J]. 农村经济与科技, 2013, 24(4):14-15.
GAO Xiao-lan, GUO Yi-ling. Investigation on rural domestic sewage treatment facilities in Changshou City[J]. *Rural Economy and Science-Technology*, 2013, 24(4):14-15. (in Chinese)

[11] 马鲁铭, 王云龙, 刘志刚, 等. 南方农村生活污水处理目标及工艺模式探讨[J]. 中国环境科学, 2013(1):118-122.
MA Lu-ming, WANG Yun-long, LIU Zhi-gang, et al. Discussion on objective of rural domestic wastewater treatment and technology system in Southern China[J]. *China Environmental Science*, 2013(1):118-122. (in Chinese)

[12] 龙　珍, 张亚平, 管永祥, 等. 江苏省太湖流域农村生活污水处理设施建设情况剖析[J]. 安徽农业科学, 2015(11):85.
LONG Zhen, ZHANG Ya-ping, GUAN Yong-xiang, et al. Construction of rural sewage treatment facilities in Taihu Basin of Jiangsu Province [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2015(11):85. (in Chinese)