

我国农村生活污水治理现状与发展趋势

倪洁, 徐东昱, 吴文强*, 张盼伟, 刘来胜

中国水利水电科学研究院, 北京

收稿日期: 2022年10月9日; 录用日期: 2022年11月8日; 发布日期: 2022年11月16日

摘要

近年来农村水环境治理愈发受到国家重视, 相继出台了一系列相关政策及排放标准, 要求改善农村水环境污染严重的现状。虽然国家大力支持农村生活污水治理, 但仍然存在诸多问题, 如农村生活污水治理覆盖率低、达标率低、污水处理设施正常运转率低、乱排现象严重等。因此, 农村生活污水治理需充分考虑当地经济社会状况、人口分布及当地污水排放标准等因素, 选用因地制宜、生态环保的污水治理技术, 以高效去除、运维简单为目的, 同时实现资源的可持续发展利用, 最终实现农村生活污水的良性治理。

关键词

农村生活污水, 国家政策, 排放标准, 治理现状, 治理技术

Current Situation and Development Trend of Domestic Sewage Treatment in China's Rural Areas

Jie Ni, Dongyu Xu, Wenqiang Wu*, Panwei Zhang, Laisheng Liu

China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing

Received: Oct. 9th, 2022; accepted: Nov. 8th, 2022; published: Nov. 16th, 2022

Abstract

In recent years, the governance of rural water environment has been paid more and more attention by the state, and a series of relevant policies and discharge standards have been issued successively, requiring to improve the current situation of serious pollution of rural water environment. Although the state strongly supports the treatment of rural domestic sewage, there are still

*通讯作者。

many problems, such as low coverage of rural domestic sewage treatment, low compliance rate, low normal operation rate of sewage treatment facilities, and serious irregular discharge. Therefore, the treatment of domestic sewage in rural areas needs to fully consider the local economic and social conditions, population distribution and local sewage discharge standards and other factors, and choose the sewage treatment technology that adapts to local conditions and is ecologically friendly, aiming at efficient removal, simple operation and maintenance, and at the same time to achieve sustainable resources, development and utilization, and ultimately realize the benign treatment of rural domestic sewage.

Keywords

Rural Domestic Sewage, National Policy, Discharge Standard, Treatment Status, Treatment Technology

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着社会主义新农村建设，自来水的普及、厕所革命地不断推进，农村生活条件持续改善，使得农村人均生活用水量和污水排放量显著增加。据《2020年水资源公报》[1]显示，2020年我国农村居民人均用水量达100 L/d，大量农村生活污水未经治理排出，已成为湖泊和河流富营养化等环境污染的主要原因之一，国家已相继出台一系列政策以应对。农村生活污水治理作为农村环境保护的主要内容之一，特别是我国现处于“十四五”实现农业农村现代化的开局起步期，农村生活污水治理愈发受到国家重视。

2. 农村生活污水治理相关政策及排放标准

农村生活污水指农村居民生活产生的污水，主要包括厕所污水(人排泄及冲洗粪便产生高浓度生活污水)和生活杂排水(农村居民家庭厨房、洗衣、清洁和洗浴污水产生的污水)，即黑水和灰水[2]。党和国家非常重视农村人居环境和生态环境，自2018年先后出台一系列政策，要求整治农村生活污水，逐步消除农村黑臭水体，相关文件及要求见表1。

Table 1. Relevant documents on remediation of rural domestic sewage

表 1. 关于整治农村生活污水相关文件

文件	要求
《农村人居环境整治三年行动方案》[3]	各地区分类制定农村生活污水治理排放标准，梯次推进农村生活污水治理，逐步消除农村黑臭水体。
《关于加快制定地方农村生活污水处理排放标准的通知》[4]	明确了采用地方标准的形式进行行业监管。
《农村生活污水处理设施水污染物排放控制工作指南》(试行)[5]	进一步推动各地加快制定农村生活污水处理排放标准，提升农村生活污水治理水平。
《关于推进污水资源化利用的指导意见(发改环资[2021]13号)》[6]	积极探索符合农村实际、低成本的农村生活污水治理技术和模式。根据区域位置、人口聚集度选用分户治理、村组治理和纳入城镇污水管网等收集治理方式，推广工程和生态相结合的模块化工艺技术，推动农村生活污水就近就地资源化利用。

Continued

中央一号文件《中共中央国务院关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见》[7]

实施农村人居环境整治提升五年行动，分类有序推进农村厕所革命，加快研发干旱、寒冷地区卫生厕所适用技术和产品，加强中西部地区农村户用厕所改造。统筹农村改厕和污水、黑臭水体治理，因地制宜建设污水处理设施。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》[8]

推进农村生活垃圾就地分类和资源化利用，以乡镇政府驻地和中心村为重点梯次推进农村生活污水治理。支持因地制宜推进农村厕所革命。推进农村水系综合整治。

《农村人居环境整治提升五年行动方案(2021~2025 年)》[9]

分区分类推进治理，优先治理京津冀、长江经济带、粤港澳大湾区、黄河流域及水质需改善控制单元等区域，重点整治水源保护区和城乡结合部、乡镇政府驻地、中心村、旅游风景区等人口居住集中区域农村生活污水。

在国家相关部委的政策指导下，各地纷纷制定农村生活污水处理设施水污染物排放标准，以切实提升农村污水治理水平。截止 2022 年 3 月，我国已有 31 个省(自治区、直辖市)发布了 31 部农村生活污水排放地标(含征求意见稿)。根据农村生活污水排水去向、处理设施规模及资源化利用因素等的不同，农村生活污水处理设施水污染物排放标准分为三级。农村生活污水处理设施水污染物的排放限值包含 7 个指标，分别是 pH、悬浮物(SS)、化学需氧量(COD_{Cr})、氨氮(NH₃-N)、总氮(TN)、总磷(TP)，动植物油，其中 COD_{Cr}、NH₃-N、TN、TP 的限值，见图 1~4。

对于 COD 排放一级标准，北京执行最严的标准 30 mg/L，天津、河北、山西、河南、安徽、上海 50 mg/L，其余省份 60 mg/L。对于 NH₃-N 排放一级标准，北京 1.5 (2.5) mg/L，天津、河北、山西、河南 5 mg/L，其余省份 8 (15)或 8 (20) mg/L。对于 TN 排放一级标准，除北京、河北、河南、上海要求 15 mg/L，其余省份均要求 20 mg/L。对于 TP 排放一级标准，北京 0.3 (0.5) mg/L，河北、河南 0.5 mg/L，其余省份 1.0~1.5~2 mg/L。

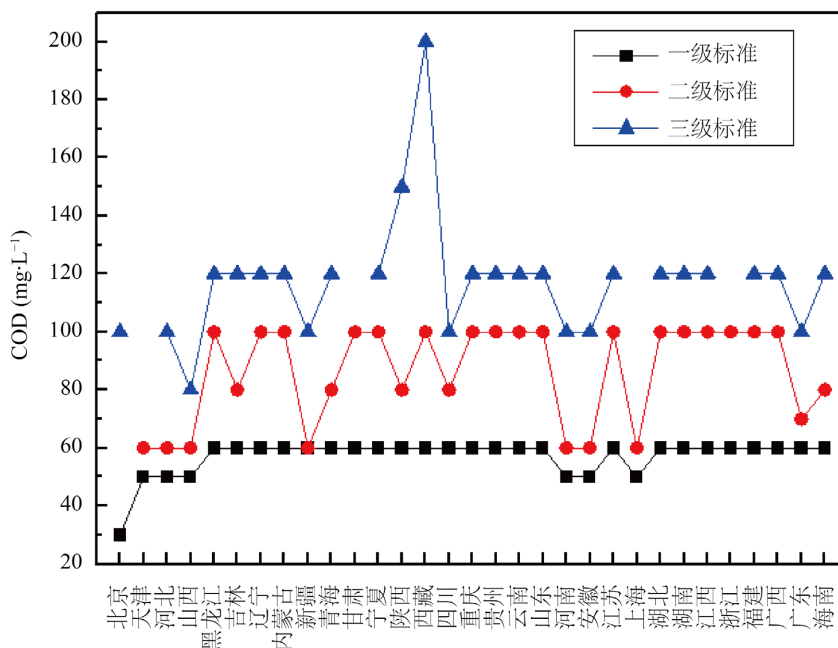


Figure 1. COD_{Cr} limits
图 1. COD_{Cr} 限值

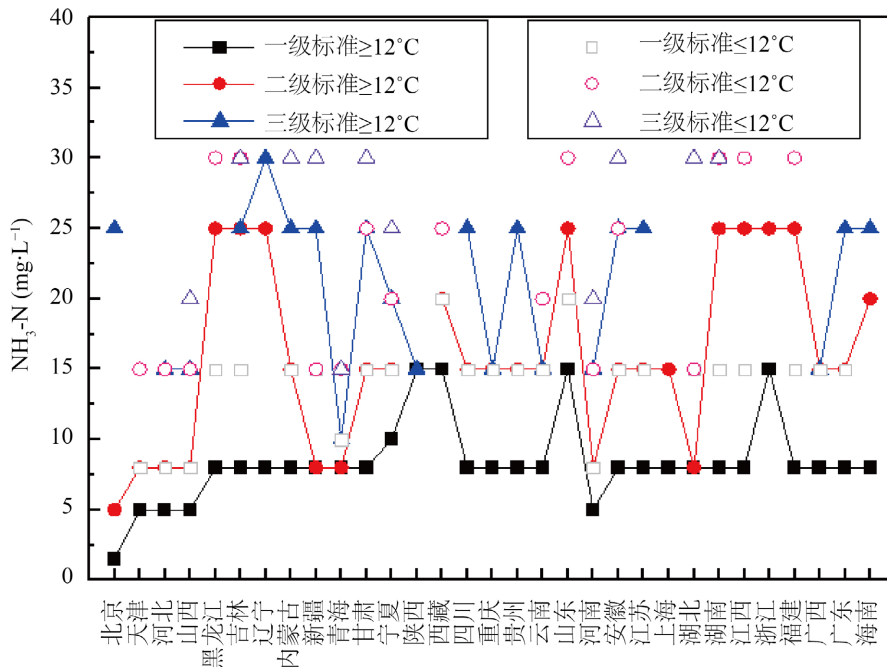


Figure 2. Ammonia nitrogen limits
图 2. 氨氮限值

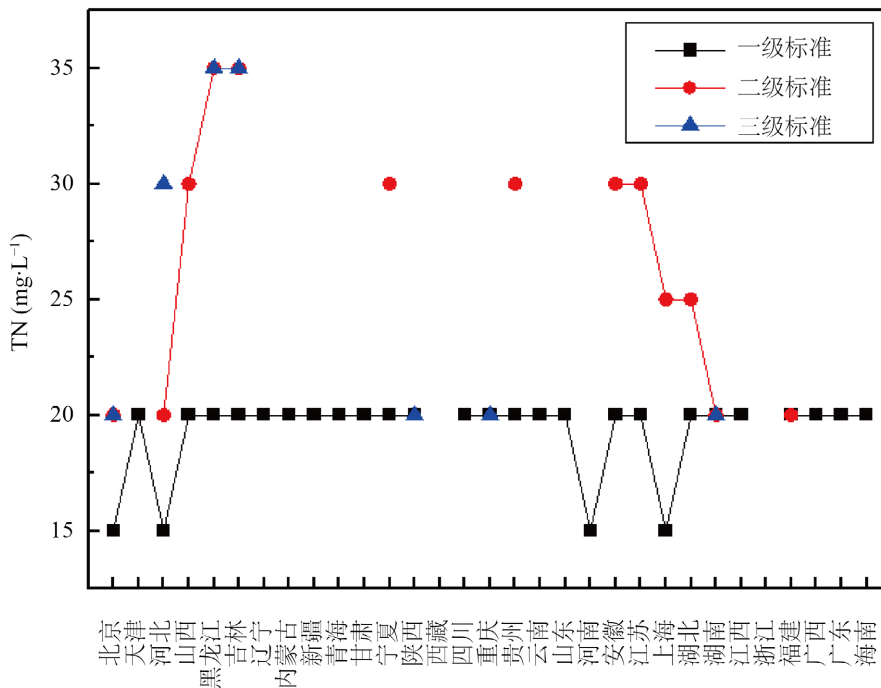


Figure 3. Total nitrogen limits
图 3. 总氮限值

北京、上海，作为中国的首都及第一大城市，且周边接纳水体有限，COD、氨氮、总氮、总磷均执行最高的一级标准。河北、天津、山西，作为首都北京周边的省份，所执行的标准也略高于其他省份，京津冀一体化的高要求充分体现。河南省由于其所辖丹江口水库为南水北调中线东线的水源区，同样执

行较高标准。

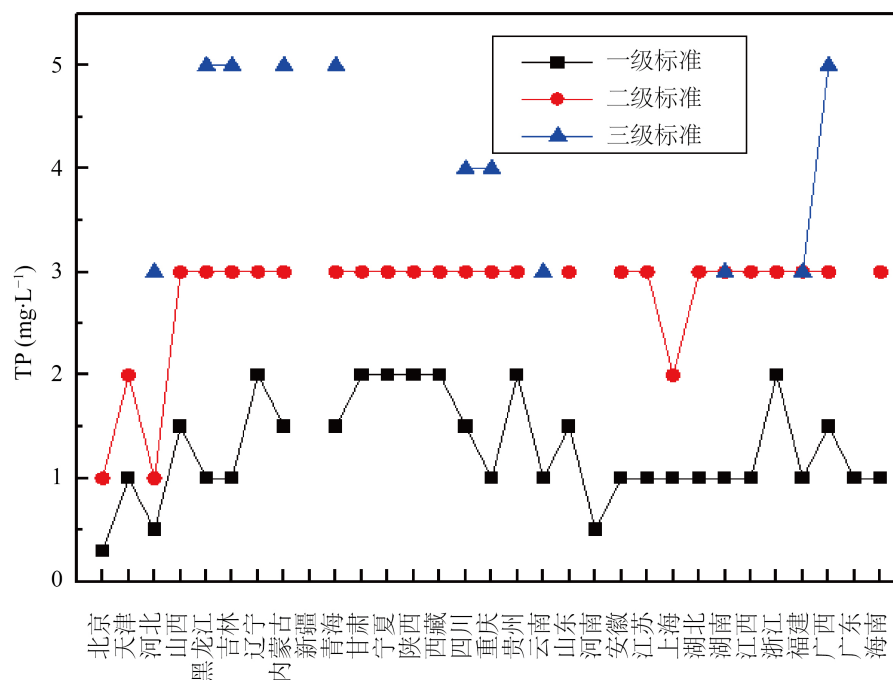


Figure 4. Total phosphorus limits
图 4. 总磷限值

3. 农村生活污水治理现状

3.1. 农村生活污水治理覆盖率低

虽然国家大力支持农村生活污水治理项目，但是农村生活污水治理建制村总体覆盖率较低，分布不均。2008~2018年，中央财政设立的农村环境综合整治专项资金支持开展农村生活污水治理在内的环境综合整治工作累计投入1200多亿元，累计建设污水管网近160万km，建成农村生活污水处理设施30多万套，处理能力近1000万吨/天。虽然依托农村环境综合整治推动生活污水治理的行政村数量及污染处理率不断提高，但截至2018年底，在全国55万个行政村中，依托农村环境综合整治开展生活污水治理的比例仅为10.5%，总体占比偏低[10]。且各个地区执行差别较大，据2020年《土壤污染防治工作简报》统计数据显示，除浙江、上海农村生活污水治理建制村覆盖率达80%以上，福建、天津、江苏、广东达50%以上，湖南、陕西等8个地区达30%以上，其余18个均在30%以下，其中5个在10%以下，全国平均农村生活污水治理建制村覆盖率为30.8% [11]。

3.2. 农村生活污水治理达标率低

在实地调研中发现，我国农村生活污水排放现状依然严峻。即使在浙江、上海比较发达的地区农村生活污水治理在实际应用过程中依然存在一些问题。王钰[12]对净化槽在长三角地区的现场实际应用中发现，净化槽对TN和TP的去除效果均不理想，即便是额定处理水量，TN、TP去除率也分别只有 $(27.2 \pm 11.6)\%$ 和 $(13.6 \pm 7.9)\%$ 。侯帅帅[13]调研了浙江地区60座A2O工艺农村污水处理设施的建设及运行现状，其进水水质无法满足A2O工艺在脱氮除磷过程中对碳源的需求，且存在一些运维和建设问题影响了农村污水处理设施对污染物的去除效果。总体来说，不同规模的污水处理设施对COD、TP达标率影响不大，

但 TP 达标率偏低, 均不超过 60%; 且 TN、TP 去除率都较低, 对 TN 的去除率最高为 38.2%, 对 TP 的去除率最高为 45.1%。

3.3. 农村生活污水处理设施正常运转率低

国家财政大力支持投入农村污水处理基础设施建设, 但由于技术、人力、物力等原因, 农村污水处理设施未能正常运行, 大多停滞瘫痪, 形同虚设。罗治华等[14]对滇池流域农村生活污水处理设施运行现状调查结果显示, 三池及生态塘污水处理设施共计建设 828 座, 现存 638 座, 运行仅 178 座, 一体化设施建设 57 座, 运行 11 座, 因停电、缺水等原因停运 46 座。在一些地区农村污水治理设施建设虽已完成并运行, 但是依然出现不达标现象或达标率很低。王丽君等[15]对河南省、辽宁省、广西壮族自治区及云南省等典型农村生活污水处理设施执行的达标情况进行了统计分析, 发现执行 GB 18918-2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准的达标率仅为 23.08%, 一级 B 标准的达标率为 40.63%。

3.4. 农村生活污水乱排现象仍然严重

在一些地区农村污水治理仍停留在政策、口号的表面层次上, 依然存在一定的污水直排或随意排放现象。丁红等对甘肃省内陆河地区 232 个农村的生活污水排放现状调研发现, 仍有 37.45%的污水随意泼洒, 22.13%的污水排入附近河流, 以及 3.4%的污水流淌或渗入地下[16]。

4. 农村生活污水治理发展趋势

农村生活污水治理在国家政策密集出台情况下, 呈加速发展趋势, 下面对农村污水治理技术适用性简单分析。

4.1. 因地制宜, 生态环保

农村生活污水治理区别于城市污水治理, 不能完全照搬复制城市污水治理方式或者某一个模式, 而需遵循生态环保的原则, 充分考虑区域城乡发展、经济社会状况、生态环境功能区划和农村人口分布等因素, 因地制宜采用适宜的污染治理技术。针对地域特点及经济条件针对性开发宣传农村生活污水治理技术, 才能扩大适用范围进而提高覆盖率。例如京津冀、长江经济带、粤港澳大湾区、饮用水水源地保护区、风景或人文旅游区、自然保护区、重点流域等环境敏感区的村庄, 其水排放标准要求较高, 集预处理、二次治理和深度治理为一体的中小型一体化污水治理设备的推广和应用将会成为农村分散式生活污水治理的趋势。针对东北高寒地区, 冬季气候寒冷干燥, 人口规模较小, 村落分布分散, 经济水平相对落后, 宜选用土壤治理为主的复合系统和人工湿地治理系统。针对气候温暖湿润南方乡村地区、生态保护区, 宜选用厌氧沼气池、稳定塘、人工湿地、土壤渗滤、生物膜法等“生物 + 生态”相结合的污水治理综合技术。

4.2. 高效去除, 运维简单

以高效去除污染物、运维简单为导向进行技术创新, 以解决治理达标率低和正常运转率低的问题。根据不同污水治理原理设计中小型一体化设施, 是农村分散户式生活污水治理的发展方向之一。将污水治理设施加工成设备送至现场安装, 事先调整好运行参数, 专业人员定期维护, 以免由于农村地区缺乏人员或现场条件而使农村生活污水处理设施使用受限。李昀婷[17]开发了 AAO-接触氧化一体化处理装置, 采用间歇曝气方式处理农村生活污水, COD、 NH_4^+-N 、TN、TP 的平均去除率分别为 87.9%、89.2%、54.3%、47.3%, 当 PAC 投放量为 50~60 ppm, TN、TP 的排放达到辽宁省《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》DB21/3176-2019 一级标准。赵文斌[18]应用 MBBR 工艺在低温下(8℃~10℃)处理农村厕所废水,

COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TN 和 TP 的去除率分别为 82.85%、83.43%、47.31%和 46.12%，四个水质指标的出水水质可达到农田灌溉水的标准。

4.3. 资源整合，高效利用

以资源整合，高效利用、可持续发展为导向，推动农村生活污水就近就地资源化利用，“变废为宝”以解决乱排现象依然突出的问题。将农村污水治理与农村改厕相结合，减少农村生活污染排放、提高水资源利用率和粪污资源化利用率。将黑水和灰水的源头分离可以促进污水的回收和中水的再利用，减少处理设施的规模，降低基础设施的投资和运行成本，以实现水资源利用的可持续发展[19]。农村生活污水就近就地资源化利用，如可作为灌溉用水，湿地植物可作为牲畜饲料，实现了水资源的二次开发利用。Aviraj Datta 等[20]在印度一个资源稀缺的小村庄，采用人工湿地处理 100 家庭产生的废水。处理后的废水储存在农场池塘中，并用于附近农田(0.6 公顷)的灌溉。这种多年生的水源帮助附近的农民种植农作物，有保证的水供应减少了他们在干旱期间遭受缺水的脆弱性。此外，从人工湿地收获的生物质被用作牲畜的饲料。农民使用处理后的废水进行种植，实现了 70,000 卢比(1000 美元)的净额外收入。Liying Gong [21]通过复合 HV-SFCW 技术(水培蔬菜系统(HV)与地下水流人工湿地(SFCW)联合系统)技术处理农村污水，COD、TN 和 TP 的去除率分别达到 46.7%、58.1%和 53.7%。采收植物重金属含量符合《食品安全国家标准食品中污染物限量》(GB 2762-2012)标准。不仅保证了出水水质达到国家标准，而且实现氮磷的有效利用。

5. 结语

目前，我国农村生活污水治理得到国家政策的大力支持，发展趋势较好，但仍然存在一些问题，如农村生活污水治理覆盖率低、达标率低、设施正常运转率低、乱排现象依然严重等问题。针对这些问题，提出了农村生活污水治理发展趋势，因地制宜、生态环保，以提高覆盖率的问题；高效去除、运维简单，以解决达标率低和设施正常运转的问题；通过资源整合、高效利用，以减少现象。各个地区在遵循生态环保的原则基础上，充分考虑当地经济社会状况、农村人口分布及当地污水排放标准等因素，因地制宜选用适宜的污染治理技术，将污染治理与资源利用相结合、工程措施与生态措施相结合、集中与分散相结合的建设模式和处理工艺，最终实现农村生活污水的良性治理。

基金项目

国家重点研发计划课题项目(2019YFD1100205)。

参考文献

- [1] 水利部. 2020 年水资源公报[Z]. 2021-07-09.
- [2] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB 51347-2019. 农村生活污水处理工程技术标准[S]. 北京: 中国科学院生态环境研究中心, 2019. <https://www.doc88.com/p-31673364016918.html>
- [3] 中共中央、国务院. 农村人居环境整治三年行动方案[Z]. 2018-02-05.
- [4] 生态环境部、住房和城乡建设部. 关于加快制定地方农村生活污水处理排放标准的通知[Z]. 2018-09-29.
- [5] 生态环境部. 农村生活污水处理设施水污染物排放控制工作指南(试行) [Z]. 2019-04-18.
- [6] 国家发展改革委, 等. 关于推进污水资源化利用的指导意见[Z]. 2021-01-04.
- [7] 中共中央、国务院. 关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见[Z]. 2021-02-21.
- [8] 新华网. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要[EB/OL]. http://www.xinhuanet.com/2021-03/13/c_1127205564.htm, 2021-03-13.
- [9] 农村人居环境整治提升五年行动方案(2021~2025 年) [Z]. 2021-12-05.

- [10] 贾小梅, 于奇, 王文懿, 等. 关于“十四五”农村生活污水治理的思考[J]. 农业资源与环境学报, 2020, 37(5): 623-626.
- [11] 范梓昀. 组装式一体化同步脱氮除磷生物滤池装置研发与应用[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2021.
- [12] 王珏. 净化槽处理农村分散式生活污水的效能研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海师范大学, 2021.
- [13] 侯帅帅. A~2O 处理农村生活污水的现状调研及优化工艺研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海师范大学, 2020.
- [14] 罗治华, 魏薇. 滇池流域农村生活污水处理设施运维现状及对策措施分析[J]. 节能, 2019, 38(7): 114-115.
- [15] 王丽君, 夏训峰, 朱建超, 等. 农村生活污水处理设施水污染物排放标准制订探讨[J]. 环境科学研究, 2019, 32(6): 921-928.
- [16] 丁红, 杨家萍. 分析农村生活污水治理现状及对策[J]. 农业与技术, 2019(7): 82-83.
- [17] 李昀婷. 农村生活污水 AAO-接触氧化一体化处理装置设计与处理效果研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 辽宁大学, 2021.
- [18] 赵文斌. 低温条件下 MBBR 工艺处理农村厕所废水研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 辽宁大学, 2021.
- [19] Li, X., Yang, L., Xu, K., *et al.* (2021) Application of Constructed Wetlands in Treating Rural Sewage from Source Separation with High-Influent Nitrogen Load: A Review. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **37**, Article No. 138. <https://doi.org/10.1007/s11274-021-03105-3>
- [20] Datta, A., Singh, H.O., Kumar, S., *et al.* (2021) Constructed Wetland for Improved Wastewater Management and Increased Water Use Efficiency in Resource Scarce SAT Villages: A Case Study from Kothapally Village, in India. *International Journal of Phytoremediation*, **23**, 1067-1076. <https://doi.org/10.1080/15226514.2021.1876627>
- [21] Gong, L., Chen, G., Li, J., *et al.* (2020) Utilization of Rural Domestic Sewage Tailwaters by *Ipomoea aquatica* in Different Hydroponic Vegetable and Constructed Wetland Systems. *Water Science & Technology*, **82**, 386-400. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.373>