

农村生活污水处理技术的比较与选择

张莹，赵亚新

摘要：农村生活污水具有排放分散、水质波动大、污染物浓度适中且可生化性好的特点，其无序排放已成为制约农村生态环境改善、阻碍乡村振兴战略推进的重要因素。合理选择适配的处理技术是实现农村生活污水无害化、资源化处理的核心。本文阐述农村生活污水的来源与水质特性，分类介绍生物处理技术、生态处理技术、物理化学处理技术三大主流类别及典型工艺，从处理效率、运行成本、维护难度、适配场景等维度进行系统比较，结合农村实际条件提出技术选择原则与优化建议，为不同类型农村地区科学选用生活污水处理技术提供理论支撑与实践参考。

关键词：农村生活污水；污水处理技术；技术比较；技术选择；生态治理

1 农村生活污水来源与水质特性

1.1 污水来源

农村生活污水主要来源于农村居民日常生活，主要包括厕所冲洗水、厨房洗涤水、洗浴排水、衣物洗涤水等，涵盖黑水与灰水两大类。其中，厕所冲洗水污染物浓度最高，含有大量有机物和病原体；厨房洗涤水 COD 浓度较高，对总磷贡献显著；洗浴和衣物洗涤水水质相对洁净，污染物浓度较低。此外，部分农村地区还包含少量畜禽养殖辅助排水，进一步增加了污水治理难度。

1.2 水质特性

农村生活污水水质受生活习惯、饮食结构、人口规模影响较大，整体呈现以下特性：一是污染物浓度适中，COD 一般在 150-400mg/L，SS 约为 100-

300mg/L，氨氮 10-30mg/L，总磷 1-4mg/L，低于城市生活污水；二是可生化性好，BOD5 与 COD 比值较高，适宜采用生物处理技术；三是水质波动大，日内、季节内排放负荷变化明显，日变化系数通常为 2-4；四是氮磷含量相对突出，易引发水体富营养化；五是排放分散，单户或联户排放量小，缺乏完善的收集管网，集中处理难度较大。

2 农村生活污水处理主流技术分类及特点

2.1 生物处理技术

生物处理技术是利用微生物的代谢作用降解污水中有机污染物、氮磷等有害物质，实现污水净化的核心技术，具有处理效率高、适配性强的特点，是农村集中式污水处理的主流选择，主要包括一体化生物处理、生物接触氧化、序批式活性污泥法等典型工艺。

一体化生物处理工艺主要包括 A/O、A²/O 等工艺，采用地埋式或地上式一体化设备，将预处理、厌氧、好氧、沉淀、消毒等单元集成一体，具有结构紧凑、占地面积小、自动化程度高、处理效果稳定等优势，可有效实现脱氮除磷，出水水质能达到相关排放标准，适用于居住相对集中、有一定经济基础的村庄。

生物接触氧化法在池内设置弹性立体填料，微生物附着其上形成生物膜，通过鼓风曝气供氧，污水流经时污染物被吸附、降解，具有抗冲击负荷强、不产生污泥膨胀、运行稳定、维护简便等特点，适用于分散式农户污水或中小型集中处理场景。

序批式活性污泥法采用间歇运行模式，将进水、反应、沉淀、排水等工序在同一反应器内完成，自动化程度高，抗冲击负荷能力强，适合水量波动大的村庄，但存在污泥产量较大、运行管理要求较高的不足。

2.2 生态处理技术

生态处理技术依托土壤-植物-微生物协同作用，实现污水的净化与资源化

利用，具有运行成本低、生态效益显著、维护简便的特点，适配经济水平较低、有闲置土地、污水排放量小的农村地区，主要包括人工湿地、稳定塘、小型净化沼气池等工艺。

人工湿地分为水平潜流、表面流、垂直流三种类型，其中水平潜流湿地占地小、处理效果好、无蚊虫滋生，是当前农村应用最广泛的生态处理工艺。其通过基质吸附、植物吸收、微生物降解共同作用净化污水，对 COD、氨氮的去除效果较好，同时可实现水资源回用和景观美化，但占地面积较大，受气候影响明显，北方冬季需采取保温措施。

稳定塘利用天然或人工修建的池塘，通过水生生物的代谢作用和物理、化学过程净化污水，分为好氧塘、兼性塘、厌氧塘等，具有投资少、运行成本极低、管理简单的优势，但占地面积大、处理效率低，易产生异味和滋生蚊虫，适用于土地资源丰富、人口稀疏的偏远农村。

小型净化沼气池基于多级自流、逐级降解原理，通过厌氧发酵降解有机物并产生沼气，发酵后的污水再经兼性消化过滤进一步净化，具有投资少、运行成本低、可实现资源化利用的特点，适用于经济条件有限的分散农户，但处理效果有限，出水需进一步处理才能达标排放。

2.3 物理化学处理技术

物理化学处理技术通过物理分离、化学反应去除污水中的污染物，具有处理速度快、占地面积小、受水质波动影响小的特点，但运行成本较高、易产生二次污染，主要用于农村生活污水预处理或深度处理，辅助提升处理效果，典型工艺包括混凝沉淀、吸附、过滤等。

混凝沉淀技术通过投加混凝剂，使污水中悬浮污染物凝聚沉淀，快速去除 SS 和部分 COD、磷，适用于污水预处理，降低后续处理负荷，但需消耗化学药剂，产生的污泥需妥善处置。吸附技术利用活性炭等吸附材料，去除污水中难降解有机物和重金属，适用于深度处理，提升出水水质，但吸附材料需定期更换，运行成本较高。

3 农村生活污水处理技术比较与选择

3.1 技术核心维度对比

生物处理技术处理效率最高，COD、氨氮、总磷去除率分别可达 75%–85%以上，运行成本中等，维护难度适中，占地面积中等，适配居住集中、有一定经济基础、对出水水质要求较高的村庄；生态处理技术处理效率中等，运行成本最低，维护最简单，占地面积最大，适配人口稀疏、经济水平较低、土地资源丰富的偏远农村；物理化学处理技术针对性强，SS 去除率可达 90%以上，但对有机物、氮磷去除效果差，运行成本最高，维护难度最大，占地面积最小，主要用于预处理或深度处理。

3.2 技术选择原则与优化建议

技术选择需坚持因地制宜、经济性、生态性、长效性四大核心原则，结合当地人口分布、经济水平、土地资源、水质特性，选择技术成熟、适配性强、成本可控、维护简便的工艺。优化建议重点包括：分类推广适配技术，集中式村庄优先采用一体化生物处理等高效工艺，分散式农户采用小型净化沼气池与人工湿地组合工艺；加强技术集成创新，研发低成本组合处理技术；完善污水收集管网配套，提升处理效果；强化基层运维培训，建立常态化运维机制；推动处理后污水资源化利用，实现水资源循环。

4 结论

农村生活污水处理是农村生态环境保护的重要组成部分，其技术选择需充分考虑农村污水特性和当地实际条件。生物处理技术、生态处理技术、物理化学处理技术各有优劣，生物处理技术处理效率高、适配集中式场景，生态处理技术成本低、生态效益显著、适配分散式场景，物理化学处理技术适合预处理或深度处理。

农村生活污水处理技术选择应坚持因地制宜、经济性、生态性、长效性原

则，结合当地人口分布、经济水平、土地资源等条件，科学选用适配技术，推动技术集成创新，完善配套设施与运维机制，实现农村生活污水无害化处理与资源化利用，为乡村振兴和农村生态环境改善提供有力支撑。

参考文献

- [1] 卓佳璐,邹恺恺,刘双艳,谭晓波.高寒旱地区农村生活污水处理技术与模式研究进展[J].现代农业研究,2026,32(1):77-80
- [2] 李晓琳,李晓良,茹秋瑾,罗延钰,齐明星,王毅凡.膜曝气生物膜工艺处理低碳氮比农村生活污水的研究[J].灌溉排水学报,2026,45(3):102-110