



中南地区农村生活污水治理工艺简析

廖芬莉

广东省广业环保服务有限公司 广州 510000

摘要:农村生活污水治理是我国生态文明建设和乡村振兴的重要环节。本文通过简述我国农村生活污水特点和治理难度以及传统处理技术,结合广东、广西、湖北、河南等4个省份案例简要分析了中南地区农村生活污水精准评估与分类施策、资源化利用模式、结合物联网监测等精准化治理解决路径,有效提升了农村污水治理工艺处理效率,为农村污水治理提供科学依据与实践参考。

关键词:农村生活污水;污水处理工艺;精准化治理

中图分类号: X703 文章编号: 1671-9212(2025)06-0137-03

文献标识码: A DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2025.06.022

我国农村污水治理已取得显著成效,但由于污水排放规律存在差异,且受人口密度及地形条件的影响,要想实现生活污水的全面有效治理仍十分困难,具体表现为人口密度变化制约处理模式选择、地域环境差异对多样化治理模式的需求等。在此背景下,精准识别空间差异,针对性应用适配技术,成为提升治理效能的核心路径。

1 农村生活污水的特点和治理难点

1.1 农村生活污水的特点

农村人口居住分散,污水排放源广泛,导致污水浓度普遍偏低。主要污染物为氮、磷、有机物及病原菌和病毒等。污水碳氮比通常较低,影响了生物脱氮效率。污水成分以厨房用水、盥洗用水、冲厕用水为主,基本不含重金属。多数农村地区缺乏系统化的排水管网,普遍采用合流制排水或直接将污水排放至自然环境中。部分经济条件较好的村庄虽建有试点处理设施,但由于运维资金和技术支持不足,设施实际处理效能往往受限。

1.2 农村生活污水的治理难点

1.2.1 收集管网建设困难

山地、丘陵、河网密布等复杂地势增加了管网

铺设的难度,导致建设成本高且效率低。农户庭院排污管与外部主管网的连接率较低,大量未经处理的污水直接排放。前期若未进行充分调研,易导致主管网布局不合理,进而影响房屋地基或农田耕作,甚至出现污水泄漏和臭气外溢等问题。

1.2.2 运维管理薄弱

大多数污水处理设施由村委会管理,缺乏专业维护能力,设备故障响应迟缓。日常运维、检修及污泥处置所需资金难以保障,造成设施长期带故障运行。同时,对污水治理的重视程度不足,未建立起定期检查与维护的制度,进一步加剧设备损耗。

1.2.3 处理技术适配性差

传统污水处理工艺对间歇性排放的适应性较差,水量过低时容易出现设备闲置或无法启动的情况。污水碳氮比过低也制约了生物脱氮效率,需额外补充碳源或进行工艺优化。

1.2.4 区域差异

南方地区污水量普遍高于北方,经济发达地区污水量及处理需求更为突出,但设施建设仍不均衡;污水处理与垃圾分类、黑臭水体治理等工作缺乏统筹协调。此外,缺失污泥处理整体规划,厕所改造与污水处理设施扩容导致粪便和污泥大量堆积,可能引发二次污染。

[收稿日期] 2025-07-11

[作者简介] 廖芬莉,女,1990年生,工程师,研究方向为农村生活污水及污水处理厂运维, E-mail: 962743385@qq.com。

2 生活污水传统处理工艺简介

现代生活污水处理工艺通常采用“分级处理”的模式：一级处理主要是物理处理，目的是去除污水中易于沉淀的固体物质；二级处理为污水处理的核心，主要是微生物处理，利用微生物的新陈代谢作用，将污水中的溶解性、胶体状和部分悬浮性有机物降解为稳定的无机物（如 CO_2 和 H_2O ）；三级处理是深度处理，为进一步提高出水水质，以满足更严格的排放标准或回用（如景观用水、绿化用水）要求。其中，一级处理主要包括格栅、沉砂池、初沉池等；二级处理主要包括活性污泥法和生物膜法，活性污泥法包括厌氧/好氧（A/O）工艺、厌氧-缺氧-好氧（AAO）工艺、氧化沟、序批式活性污泥法（SBR）、膜生物反应器（MBR）等工艺；生物膜法包括生物滤池、生物转盘、生物接触氧化法、移动床生物膜反应器等；三级处理主要包括化学除磷、过滤、消毒、高级氧化、生物活性炭过滤、膜分离技术等。另外，人工湿地技术不能简单地划分为一、二、三级，是一种综合的生态处理技术。

污水处理工艺的选择应结合地形（山区、平原、水网）、气候（温度影响微生物活性）、可利用资源（空地、水塘）选择工艺。优先低成本、低能耗方案，选择运维简便的技术，避免“重建设轻管理”。

3 中南地区生活污水精准化治理解决路径及案例

3.1 精准评估与分类施策

污水处理工艺的选择应实现“因地制宜、因水施策”：分析污水成分和目标排放标准，选择对应技术。具体评估体系为：（1）技术指标评估：分析化学需氧量（COD）、生物化学需氧量（BOD）、氮磷含量、悬浮物等指标，结合季节性变化，确定处理工艺的降解能力与抗冲击负荷能力。评估膜生物反应器、生物滤池、人工湿地、稳定塘等工艺对不同污染物的去除效果，并考虑地形地貌、气候条件的影响。（2）经济成本评估：包括建设成本、运维成本及废弃处置成本，综合评估不同工艺的经济性。（3）环境效益评估：分析工艺对土壤、地

下水、空气的潜在污染风险，优先选择生态友好型技术；评估工艺的能耗与温室气体排放，应用低碳技术。农村地区优先选择低成本、低维护技术，并且要充分考虑地形、人口密度、经济水平、污水类型（黑水/灰水）及资源化需求（灌溉、生态景观等），区分集中处理与分散处理模式。

经济实用型：黑水（厕所污水）经厌氧处理资源化利用，灰水（厨浴污水）通过隔油沉淀+生态湿地/氧化塘处理，用于灌溉或生态补水。针对人口密度低、地形复杂的村庄，采用单户或联户处理单元。如“三格式化粪池+小三园（菜园、果园、花园）利用”模式，农户污水经“三格式化粪池”处理后直接滋养经济作物，实现“分层截留、逐级利用”。农户可实现污水处理后的再利用，并通过庭院作物销售实现增收^[1]。

生态敏感型：采用“人工湿地+生态塘”系统，强化氮磷去除，减少生态扰动。如广东省东江流域范围内的典型农村地区污水处理，经过优化人工湿地填料及AO耦合人工湿地的组合工艺，该工艺对 COD、氨氮和总磷等常规污染物的平均去除率分别为 81.64%、82.72%、56.46%，对三氯卡班、三氯生和磺胺嘧啶等痕量有机污染物的去除率分别为 68.68%、65.41%、90.63%，COD、氨氮出水浓度可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918—2002）一级 A 标准^[2]。

3.2 资源化利用模式

资源化利用模式包括分类处理与资源转化。主要工艺模式有小型 MBR、生物滤池、人工湿地等，其中小型 MBR 技术出水水质可达《农田灌溉水质标准》（GB 5084—2021），污水经净化后，可用于灌溉菜园、果园或庭院绿化。通过人工湿地，将污水处理与乡村旅游结合。此外，整合人畜粪污与生活污水，通过沼气池发酵产生清洁能源，沼液、沼渣可作为林果种植有机肥料，从而实现资源化利用。

广西桂林市兴安县五百塘村的生活污水，通过“生物处理装置+生态塘+人工湿地廊道”生物生态组合工艺去除污染物的效果具有一定的季节效应。在夏季，COD、氨氮、总氮、总磷的平均去除率分别为 71.27%、32.64%、74.89% 和 78.62%；



在冬季，分别为65.82%、19.69%、63.53%和65.39%，经处理后出水水质优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准排放要求。再生水可用来灌溉蔬菜，既满足了植物生长所需水量，又节约了污水处理成本，同时每年还节省了16455元/hm²的氮肥、磷肥费用^[3]。

在湖北枝江市农村生活污水治理中，通过多户共建处理规模为5~20 m³/d的小型污水处理站，采用“预处理+生物处理+生态滤池”工艺，确保出水水质达到农田灌溉或林地用水标准。根据农林用地类型和需水周期，分区设置输水管道网络，将处理后的尾水根据水质等级分流至不同区域^[4]，实现资源循环利用。

3.3 结合物联网监测

随着物联网、大数据与人工智能技术的融合，精准监控与调控技术通过实时数据采集、智能分析与动态调控，为农村污水治理提供了高效、精准的解决方案。首先构建多维度监测网络，在污水处理设施关键节点安装水质传感器及流量监测设备，获取pH、浊度、氨氮、COD、溶解氧等参数，结合物联网技术实现数据实时传输。根据污水类型、处理阶段（预处理、生物处理、深度处理）设置差异化监测指标，确保关键环节全覆盖。建立区域级污水监测系统，通过地理信息系统（GIS）地图可视化展示设施分布、水质动态及异常预警，辅助决策管理。其次进行实时预警与分析，设定污染物浓度、流量、设备运行参数等阈值，超限自动触发预警。利用大数据分析历史数据，识别水质变化规律，预测设施负荷峰值，提前调整运行策略。通过水质指纹技术结合管网拓扑分析，快速定位污水异常排放源头，提高监管效率。最后运用智能调控技术，根据实时水质数据，自动调节曝气量、药剂投加量、水力停留时间等参数。远程控制泵站启停、阀门切换，优化污水输送路径，降低能耗与管网负荷。

广东省粤西地区某农村生活污水具有进水水量和水质波动较大、碳氮比较高等特点。采用雨污分流模式收集污水，选择适度集中治理模式以及抗冲击负荷较强的SBR处理工艺，并利用智慧运维平台进行管理。运行研究表明，采用SBR一体化

污水处理设施，可有效应对水量和水质波动、进水碳氮比偏高的难题，出水稳定达到广东省《农村生活污水处理排放标准》(DB 44/2208—2019)中的二级标准，运行费用合理^[5]。

在河南新密市已建成投运的农村污水处理设施达587座，主要采用A/O及其改良的处理工艺，将A/O连续工艺改为序批式运行，以应对农村污水的进水水质浓度高、水量季节性变化大带来的挑战，其氨氮、COD等污染物的去除率可达到85%以上；采用投、建、运一体的精细化运维管理模式，分区建档立卡，并积极推进智慧化平台建设^[6]。

4 结论

农村生活污水治理需要突破同质化思维，以空间差异为切入点，构建精准化技术体系；并且要深化区域差异化治理标准，推动技术集成创新，完善政策保障体系。通过“因地制宜、精准施策”，逐步实现农村污水治理的生态效益、经济效益与社会效益协同提升，助力乡村振兴，实现可持续发展。

参考文献

- [1] 向津. 关于农村生活污水分散式治理技术的应用 [J]. 黑龙江环境通报, 2025, 38 (5) : 79 ~ 81.
- [2] 蔡倩怡. AO耦合人工湿地处理痕量有机污染物研究 [D]. 广西大学硕士学位论文, 2024.
- [3] 王绍旭, 聂远雄, 林钊, 等. 生物生态组合工艺对广西农村生活污水的净化效果及氮、磷资源化利用研究 [J]. 环境科技, 2024, 37 (5) : 40 ~ 45.
- [4] 李晓, 段灏, 王琪, 等. 农村生活污水资源化利用模式探索——以枝江市为例 [J]. 环境科技, 2025, 38 (4) : 16 ~ 21, 26.
- [5] 张威震. SBR工艺与智慧水务平台耦合应用于粤西农村污水治理的案例研究 [J]. 广东化工, 2025, 52 (19) : 97 ~ 99, 107.
- [6] 郭钟锐, 王东, 孙滢斐, 等. 郑州市新密市的农村污水治理及长效管理机制探索 [J]. 水处理技术, 2024, 50 (11) : 14 ~ 19.