

Research on the Path to Improving the Efficiency of Rural Sewage Treatment Facilities in the Pearl River Delta Region

Jingbin Liang

Nanhai District Drainage Monitoring Station, Foshan, Guangdong, 528200, China

Abstract

In the context of rural revitalization and the “dual carbon” goals, enhancing the efficiency of rural sewage treatment facilities in the Pearl River Delta region has become a crucial approach to improving living environments and promoting integrated urban-rural development. Based on field research and policy analysis, this paper systematically examines the current status of rural sewage treatment facility construction in the Pearl River Delta, identifies prominent issues in planning layout, operation management, technological adaptation, and community participation, and proposes an integrated four-pronged improvement path of “planning-construction-operation-mutual governance”. The study demonstrates that through precise planning, diversified operations, technological adaptation, and community co-governance, facility operational efficiency and pollutant reduction capabilities can be significantly enhanced, providing replicable experience for similar regions.

Keywords

Pearl River Delta; rural sewage treatment; efficiency improvement; facility operation and maintenance; rural revitalization

珠三角地区农村污水处理设施效能提升路径研究

梁竞斌

佛山市南海区排水监测站, 中国·广东 佛山 528200

摘要

在乡村振兴与“双碳”目标背景下, 珠三角地区农村污水处理设施的效能提升是改善农村人居环境、推动城乡融合发展的重要抓手。本文基于实地调研与政策分析, 系统梳理珠三角农村污水处理设施的建设现状, 剖析其在规划布局、运维管理、技术适配及村民参与等方面存在的突出问题, 提出“规划—建设—运维—共治”四位一体的效能提升路径。研究表明, 通过精准规划、多元运维、技术适配及村民共治, 可显著提升设施运行效率与污染物削减能力, 为同类地区提供可复制的经验参考。

关键词

珠三角; 农村污水处理; 效能提升; 设施运维; 乡村振兴

1 引言

珠三角地区作为我国经济最活跃的区域之一, 农村地区因快速城镇化、工业化进程, 生活污水排放量激增(2023年统计显示, 珠三角农村日均生活污水排放量约120万吨), 但污水处理设施建设滞后、效能不足问题突出。据广东省生态环境厅2024年监测数据, 珠三角农村生活污水治理率仅68%, 远低于城镇95%的治理水平, 部分设施因运维缺失处于“建而不用”状态, 成为农村面源污染的主要来源之一。在此背景下, 提升农村污水处理设施效能, 既是落实《农村生活污水治理技术指南(试行)》(环办土壤函〔2021〕403号)的具体要求, 也是推动珠三角“绿美乡村”建设的核心任务。本文围绕“现状-问题-路径-措施”主线展开

研究, 为同类地区提供实践参考。

2 珠三角农村污水处理设施现状分析

2.1 设施建设概况

珠三角农村污水处理设施建设始于2010年前后, 近年来在政策驱动下快速发展。截至2024年, 珠三角9市(广州、深圳、珠海等)已建成农村污水处理设施约1.2万座, 覆盖75%的行政村, 主要采用“户用化粪池+人工湿地”“厌氧+好氧(AO)”“膜生物反应器(MBR)”等工艺。其中, 广州、佛山等经济较发达城市设施覆盖率超85%, 以集中式处理为主; 惠州、肇庆等相对欠发达地区以分散式处理为主, 设施规模多为5-50吨/日。

2.2 政策支撑体系

广东省及珠三角各地市已形成“顶层设计+地方细则”的政策框架。省级层面, 《广东省农村生活污水治理攻坚行动方案(2021-2025年)》明确“到2025年全省农村生活

【作者简介】梁竞斌(1980-), 男, 中国广东佛山人, 硕士, 工程师, 从事水环境监测治理研究。

污水治理率达75%”的目标；珠三角9市配套出台《广州市农村生活污水治理提升三年行动方案》《佛山市农村污水处理设施运维管理办法》等文件，从用地保障、资金补贴（如广州对新建设施按投资额30%补贴）、技术标准（如《广东省农村生活污水处理设施水污染物排放标准》DB44/2208-2019）等方面提供支持。

2.3 典型模式对比

当前珠三角农村污水处理主要采用三种模式：

集中式处理（适用于人口密集村）：通过管网收集污水至村级处理站，采用AO、MBR等工艺，出水可达一级B标准（部分达一级A）。例如，广州市番禺区石碁镇某村处理站（规模200吨/日），采用“预处理+MBR”工艺，出水COD \leq 50mg/L，氨氮 \leq 5mg/L。

分散式处理（适用于人口分散村）：以“户用化粪池+人工湿地”为主，利用植物-微生物协同净化，成本低（约8000元/户），但处理负荷低（仅5-10吨/日·户）。如惠州市博罗县某村采用该模式，出水满足《农田灌溉水质标准》（GB5084-2021），用于农业回用。

资源化利用模式（适用于干旱缺水村）：将处理后的尾水经简单消毒后回用于冲厕、灌溉，减少外排量。例如，珠海市斗门区某村通过“三格化粪池+人工湿地”实现尾水回用率40%，年节水约1.2万吨。

3 存在的主要问题

3.1 规划布局不合理，“建管脱节”现象突出

部分设施建设前未开展详细的村庄人口、地形、污水量调研，导致“大马拉小车”或“小马拉大车”。例如，佛山市某行政村建设了500吨/日的处理站，但实际服务人口仅300人，日均污水量不足100吨，设备长期低负荷运行，药剂投加浪费严重；反之，部分山区村因管网铺设成本高（每公里约15万元），仅覆盖中心村，偏远散户污水直排。

3.2 运维管理机制缺失，“重建设轻运维”问题普遍

珠三角农村污水处理设施运维主体多元（涉及镇街、村集体、第三方公司），责任划分不清。调研显示，约60%的设施由村集体自行运维，但多数村干部缺乏专业知识，仅能进行简单清淤；第三方运维公司因服务费拖欠（部分村集体财政紧张，拖欠率达30%）或服务标准不明确（如仅要求“设备不坏”），运维效果参差不齐。2023年广东省生态环境厅抽查显示，珠三角农村设施正常运行率仅52%，其中因运维缺失导致的停运占比达41%。

3.3 技术适配性不足，运行成本高企

部分设施盲目采用城镇污水处理工艺（如传统活性污泥法），但农村污水水质波动大（COD浓度范围50-300mg/L）、水量季节性强（雨季水量是旱季的2-3倍），导致工艺“水土不服”。例如，某村采用A²O工艺处理分散式污水，因进水碳源不足，反硝化效率低，总氮出水超标率达60%；此外，

人工湿地虽成本低，但需定期更换填料（每3-5年更换一次，费用约2万元/亩），后期运维成本高，部分设施因填料堵塞被迫闲置。

3.4 村民参与度低，“共治”机制尚未形成

村民环保意识薄弱，对污水处理设施的认知停留在“政府工程”层面，主动参与运维的意愿不足。调研显示，仅28%的村民能准确说出本村污水处理设施的位置，65%的村民认为“污水处理是政府的事”；部分村民将生活污水（如厨房油污、农药残留）直接排入管网，导致设施负荷加重、堵塞频发。

4 效能提升的关键路径与措施

4.1 规划先行：构建“需求导向、多规融合”的精准布局体系

提升设施效能，规划是前提。需以“精准识别需求、科学匹配工艺、衔接村庄规划”为核心，构建“一村一策”专项规划：

需求精准识别：委托专业机构开展村庄人口、污水量、地形地貌调查（建议采用“入户访谈+流量监测”双轨制）。例如，广州增城区派潭镇通过连续7天监测村民日均用水量（按30L/人·天计算），结合户籍人口与流动人口比例，确定污水处理规模，避免“大马拉小车”。

多规融合衔接：将污水处理规划与村庄规划、国土空间规划、产业规划统筹考虑。例如，旅游型村庄可将人工湿地与村内池塘、公园结合，兼顾景观功能；农业型村庄可配套尾水灌溉管网，减少化肥使用。

分类布局策略：根据人口规模和密度配置处理工艺。

人口密集村（ \geq 500人）：优先建设集中式处理站，配套管网（管网覆盖率达80%以上），采用AO、MBR等高效工艺；

人口分散村（ \leq 200人）：推广“单户三格化粪池+小组人工湿地”模式（单组处理规模5-10吨/日），降低管网成本；

旅游/工业村：增加预处理单元（如隔油池、沉淀池），采用“调节池+生物滤池”抗冲击工艺。

4.2 机制创新：建立“多元参与、长效稳定”的运维管理体系

破解“重建设轻运维”困局，需构建“责任清晰、资金多元、监管严格”的运维机制：

明确四级责任主体：推行“县（区）统筹、镇（街）监管、村（居）配合、第三方运维”四级管理模式；

县级政府：统筹资金（按处理水量给予0.3元/吨补贴）、制定技术标准（如《珠三角农村污水处理设施运维技术规程》）、开展年度考核（考核结果与资金分配挂钩）；

镇街政府：负责设施选址、管网建设协调，监督第三方公司服务质量（每月抽查1次）；

村集体：协助日常巡查（每周1次）、收集村民意见，签订协议承担10%的运维费用（通过集体收入或村民商议决定筹集）；

第三方公司：承担专业运维（包括设备检修、水质监测、填料更换），服务费用按“处理水量×单价×考核系数”结算（考核系数与出水达标率、村民满意度挂钩）。

拓宽资金渠道：建立“财政补贴+社会资本+村民自筹”的多元化投入机制：

财政补贴：省级财政对粤东西北地区给予每吨水0.5元补贴，珠三角地区对欠发达村额外补贴0.2元/吨；

社会资本：推广PPP模式（如佛山顺德区某镇与环保企业合作，企业投资建设处理站，通过收取处理服务费回收成本，运营期15年）；

村民自筹：鼓励村民以“投工投劳”方式参与管网维护（如每月义务清理格栅1次，折算为50元/月的人工补贴）。

强化智慧监管：建设区级农村污水智慧管理平台，集成在线监测（pH、COD、氨氮）、设备状态（运行电流、故障报警）、运维记录（清淤时间、药剂投加量）等功能。例如，广州增城区平台可实时预警设施异常（如连续2小时出水COD>50mg/L），镇街人员通过手机APP接收通知并调度处理，运维效率提升40%。

4.3 技术优化：推广“低成本、易维护”的工艺组合

针对珠三角农村污水特征，需筛选“抗冲击负荷强、运维成本低、适合本土条件”的工艺组合：

分散式处理优选方案：推荐“预处理（格栅+沉砂）+生态处理（人工湿地/生物滤池）”复合工艺。例如，惠州博罗县某村采用“三格化粪池+人工湿地”模式（投资1.2万元/户），通过种植耐污性强的美人蕉、菖蒲净化水质，出水COD≤80mg/L、氨氮≤5mg/L，满足《农田灌溉水质标准》（GB5084-2021），尾水回用于灌溉，年节水约500吨/户。

集中式处理优化方向：对于人口密集村，可采用“AO工艺+MBR膜组件”组合，通过膜分离提高污泥浓度（MLSS达8000-12000mg/L），减少占地面积（较传统工艺节省30%）；同时增加在线监测设备（实时监控水质），实现“精准曝气、药剂投加”，降低能耗（电耗≤0.3kWh/吨）。

资源化利用升级路径：对于干旱缺水村，推广“三格化粪池+人工湿地+消毒”三级处理，尾水经消毒后（采用二氧化氯发生器）回用于冲厕、绿化。珠海斗门区某村改造后，尾水回用率达40%，年减少地下水开采1.2万吨，同

时降低处理成本（因减少外排量，药剂投加量降低25%）。

4.4 共治共享：培育“村民主体、社会协同”的治理生态

提升设施效能，需激发村民内生动力，构建“政府引导、村民参与、社会支持”的共治格局：

加强宣传教育：通过“村广播+短视频+入户培训”普及污水处理知识。例如，广州增城区制作《农村污水处理小知识》短视频（用方言讲解“油污冷却后再排放”“农药瓶不进管网”等要点），在村微信群、抖音号推送，覆盖90%以上村民；联合学校开展“环保小卫士”活动，通过学生带动家长参与设施巡查。

建立激励机制：推行“积分制”管理，村民参与设施巡查（每次+10分）、举报私接乱排（每次+50分）、节约用水（每月用水量≤5吨/人+20分）可兑换生活用品（如大米、洗衣液）；设立“红黑榜”，对连续3个月无违规的村民家庭授予“环保示范户”称号，优先申请美丽乡村建设项目（如庭院改造补贴）。

引导社会参与：鼓励乡贤捐赠（如设立“农村污水治理公益基金”）、企业结对帮扶（如环保企业提供技术指导）。例如，佛山顺德区某村乡贤捐赠50万元用于设施运维，企业免费提供水质检测服务，形成“政府+乡贤+企业”协同治理模式。

5 结论与展望

珠三角农村污水处理设施效能提升是一项系统性工程，需统筹规划、建设、运维与共治。通过精准规划解决“建哪里、怎么建”问题，通过机制创新解决“谁来管、怎么管”问题，通过技术优化解决“如何高效运行”问题，通过村民共治解决“可持续性”问题。未来，随着“智慧水务”“低碳工艺”等技术的推广应用，珠三角农村污水处理将逐步从“达标排放”向“资源循环利用”转型，为全国农村污水治理提供“珠三角样本”。

参考文献

- [1] 广东省生态环境厅. 广东省农村生活污水治理技术指南（试行）[Z]. 2021.
- [2] 王凯军, 甘一萍. 中国农村污水处理技术发展路线与战略[J]. 环境工程学报, 2020, 14(5): 1291-1300.
- [3] 陈硕, 等. 珠三角农村生活污水治理现状与对策[J]. 生态环境学报, 2022, 31(8): 1601-1608.