

# Research and Application of decentralized Treatment Technology for Rural Domestic Sewage

Chun Lan

Guangxi Yitu Testing Technology Co., Ltd., Liuzhou, Guangxi, 545007, China

## Abstract

The growing prominence of rural domestic sewage has become a critical factor hindering ecological improvement and the implementation of rural revitalization strategies. Compared to centralized treatment systems, decentralized treatment technologies demonstrate advantages such as lower investment costs, operational flexibility, and reduced land requirements, better aligning with the practical needs of rural areas characterized by geographical dispersion, low population density, and complex construction conditions. This paper examines the pollution status and treatment demands of rural domestic sewage, conducting an in-depth analysis of the structural frameworks, operational mechanisms, and adaptability principles of various decentralized treatment technologies. It systematically outlines the functional characteristics and applicable scenarios of typical technologies, explores operational management mechanisms and comprehensive application outcomes during practical implementation, and emphasizes the significance of technical pathways in fostering positive interactions with rural ecosystems. Through systematic research, this study provides theoretical support and practical references for transitioning rural domestic sewage treatment from engineering projects to systematic management.

## Keywords

rural domestic sewage; decentralized treatment; ecological environment; operational management; technical adaptation

## 农村生活污水分散式处理技术研究与应用

蓝春

广西益土检测技术有限公司, 中国·广西柳州 545007

## 摘要

农村生活污水问题日益突出, 已成为制约农村生态环境改善与乡村振兴战略实施的重要因素。相较集中处理系统, 分散式处理技术具有投资小、运行灵活、占地少等优势, 更契合农村地区地理分散、人口密度低及建设条件复杂的实际需求。本文围绕农村生活污水的污染现状与治理需求, 深入分析多种分散式处理技术的构建体系、运行机理与适应性原则, 梳理典型技术的功能特点与适用场景, 探讨其在实际推广中的运行管理机制和综合应用成效, 强调技术路径与农村生态系统良性互动的重要意义。通过系统研究, 为推动农村生活污水治理由工程建设向系统化管理转变提供了理论支撑与路径参考。

## 关键词

农村生活污水; 分散式处理; 生态环境; 运行管理; 技术适配

## 1 引言

农村生活污水的排放长期缺乏有效管控, 造成水体富营养化、地下水污染和生态系统退化等一系列环境问题。随着国家对农村人居环境整治的持续推进, 生活污水治理被提上重要议事日程。然而, 受限于经济条件、地理布局及基础设施建设水平, 传统集中式处理方式难以在广大农村区域全面实施, 分散式处理技术因此成为现实可行的替代方案。该类技术在因地制宜、低耗运行与生态融合等方面展现出显著

优势, 适合在农村地区广泛应用。本文基于当前农村污水治理形势, 围绕分散式处理技术的构建原理、运行策略与应用机制展开系统研究, 旨在推动技术与管理协同发展, 提升农村污水处理成效。

## 2 农村生活污水污染现状与处理需求

### 2.1 农村生活污水的主要来源与污染特征

农村生活污水主要来自家庭日常活动中的洗涤、炊事、沐浴及人畜排泄等环节, 其排放常常未经任何预处理直接进入水体或土壤。由于缺乏排水系统与集中处理设施, 污水常以明渠、池塘、渗坑等方式随意排放, 形成污染扩散。污水中普遍含有高浓度有机物、氨氮、磷化合物及病原微生物, 部分地区还存在农药残留与生活化学品混入现象, 污染负荷

【作者简介】蓝春(1984-), 女, 壮族, 中国广西柳州人, 本科, 助理工程师, 从事生态环境保护方面, 污水处理, 大气治理, 土壤治理, 室内空气环境质量研究等研究。

高、变化大、成分复杂。水质具有较强的波动性和季节性，水力负荷不稳定，难以使用标准化处理模式应对。污染物难以自然降解，易造成水体富营养化与地下水质量恶化，成为制约农村生态健康与水资源可持续利用的关键因素。

## 2.2 污染现状对生态环境与农村生活的影响

生活污水未经处理直接排放，导致地表水体污染、水质黑臭、藻类大量繁殖，破坏生态平衡。农田灌溉用水和地下水源受污染后，对农产品安全和饮用水质量构成威胁，间接危害农村居民的身体健康。水体污染还加剧了土壤退化与微生物群落紊乱，破坏自然循环系统的稳定性。农村污水对景观环境和村庄宜居性造成损害，影响乡村振兴战略实施效果。在一些地区，由于污染积累，农村环境质量长期处于低水平状态，形成了生态脆弱带。生态系统服务功能的丧失使得农村生产生活效率下降，增加了公共卫生治理成本与资源修复难度，阻碍了农村生态文明建设进程。

## 2.3 现有处理体系的局限性与分散式处理的必要性

传统集中处理系统依赖于完善的管网和集中建设能力，在城市具有较强适应性，但在农村因地广人稀、基础薄弱，难以形成规模效应。建设与维护成本高、运行依赖专业人员、不适应分散居住格局，导致集中式模式在多数农村地区实施难度大。部分地区虽建设集中设施，但运行不稳定、闲置率高，未能发挥预期效果。与之相比，分散式处理技术以灵活结构、模块化设计和低成本运行优势，适配农村地形复杂、水量水质波动大等现实条件。该技术可以实现就地收集、就地处理，降低管网依赖，提升资源利用效率。因其可控性与扩展性较强，在当前农村污水治理体系中具备重要应用潜力，是推动污水治理精细化、生态化的现实路径。

# 3 分散式污水处理技术体系构建要素

## 3.1 核心处理单元与工艺路径设计

分散式污水处理系统以就地处理为原则，需构建功能明确、结构紧凑的处理单元。工艺路径通常包括格栅过滤、厌氧预处理、好氧净化与出水消毒等核心步骤，通过多级处理提升水质净化效果。厌氧模块主要承担有机负荷削减任务，好氧系统通过生物膜或活性污泥进一步分解残余污染物。部分系统还融合生态单元如湿地或土壤渗滤带，实现生态恢复与景观融合。不同处理单元需根据水质指标、水量规模与运行条件灵活组合，形成适应性强、运行稳定的技术路径。通过系统化工艺整合，在节能降耗的同时确保出水水质达标，为农村污水治理提供技术支撑。

## 3.2 运行参数优化与处理效率提升手段

为提升系统运行稳定性与净化效率，需对关键运行参数进行动态调控。水力停留时间、溶解氧浓度、污泥负荷和温度等因素直接影响处理单元的生化反应速率。通过合理设置反应池体积、曝气强度与填料结构，可增强微生物活性与污染物降解能力。采用生物膜技术可提高系统耐冲击负荷能

力，维持长期稳定运行。自动化监控设备的引入可实现运行参数的实时反馈与调节，提升管理效率。同时，定期清理、科学投药、污泥回流等措施有助于维持系统生物种群平衡，延长设备使用寿命。多种优化手段协同作用，有助于提升系统对农村复杂污水的适应力与处理效能。

## 3.3 适应不同地形与气候条件的工艺适配策略

农村地区地形差异显著、水源分布不均，气候条件对污水处理系统运行影响明显。在山区村落需重点解决地势落差大、集中收集难的问题，可通过重力流设计与分布式布设降低管网依赖。在寒冷地区应选用低温运行性能优良的处理工艺，并加强保温措施保障生物反应速率。在高水位区域需防止渗漏与倒灌问题，设计中应增加防渗层与回流控制。处理设备选型需考虑抗冻抗腐蚀特性，确保在极端天气条件下稳定运行。不同地域应结合土壤类型、植被条件与可用土地，因地制宜构建多样化工艺组合路径。

# 4 典型分散式处理技术类型与原理分析

## 4.1 人工湿地系统构建与生态净化机制

人工湿地系统通过模拟自然湿地的结构与功能，利用基质、植物与微生物的协同作用实现污水净化。系统通常包括进水区、沉淀区、植物栽植区及出水控制结构，具备良好的污染物削减能力。污水在基质中缓慢渗流，与植物根系区的微生物发生接触，完成对有机物、氨氮、磷等污染因子的降解与吸附。该系统具有运行能耗低、景观效果好与抗冲击负荷能力强等特点，适合与村落环境融合。植物品种选择应考虑抗逆性与净化性能，常见有香蒲、芦苇等。系统建设周期短、管理简单，适宜在土地资源允许、水质波动较大的农村区域推广，实现污染控制与生态修复双重目标，图1为一种农村分散式生活污水一体化生态处理工艺及系统。

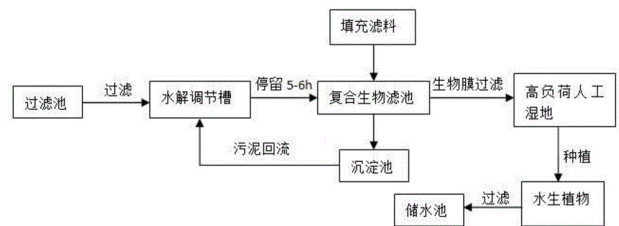


图1 农村分散式生活污水一体化生态处理工艺及系统

## 4.2 接触氧化法的工程特征与适用场景

接触氧化法以填料为载体，通过附着在其表面的生物膜对污水中的有机物和氮磷污染物进行分解和转化。系统构造包括反应池、曝气装置和出水装置，操作方式分为间歇式与连续流。曝气过程中形成的气液混合状态增强了微生物活性，提高了对污染负荷的适应能力。该工艺结构紧凑，占地面积小，适用于地形复杂或用地紧张的村落。运行过程中对水质变化具备良好的适应性，在低温条件下依然可维持较高的处理效率。系统维护较为简便，适合配合小型集水设施使

用。技术应用灵活性高,尤其适合生活污水量稳定、水质有一定污染负荷的农村区域,实现稳定处理与出水达标。

#### 4.3 多级稳定塘与厌氧滤池协同技术模式

多级稳定塘系统通过连续设置多个池体,利用不同功能区域的自然沉淀、光合作用及微生物代谢过程进行污染物去除。厌氧滤池采用填料层堆积方式,使污水在厌氧状态下流经,促使厌氧微生物分解有机物并转化污染因子。两者结合构成复合处理单元,在兼顾成本与效果的基础上强化对有机负荷和病原体的控制。多级稳定塘承担后端净化与生态景观功能,增强系统的环境适应性。协同模式结构简单、建设周期短、抗负荷能力强,适用于水源地周边或人口密度低的村落。该系统对维护频次要求不高,具备较强的推广前景。通过功能互补实现污染控制与生态修复的结合,为农村污水治理提供低成本高效能的解决路径,图2为农村生活污水快洁清水器结构分析。

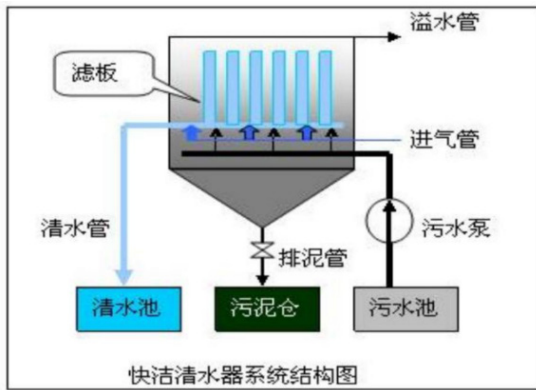


图2 农村生活污水快洁清水器结构分析

### 5 分散式处理技术的推广应用与综合成效

#### 5.1 环境改善与水体质量提升效果评估

分散式污水处理技术在实际应用中表现出良好的生态环境改善能力,处理出水水质在多数场景下可稳定达到农村污水排放标准,有效控制了氨氮、总磷与化学需氧量等主要污染物的浓度水平。农村黑臭水体问题得到有效缓解,水体透明度和溶解氧显著提升,水生动植物栖息环境逐步恢复,生态系统稳定性增强。部分地区的水源地水质风险下降,地下水污染趋势得到遏制。处理设施建设后,村庄整体环境面貌改善明显,生活用水安全性增强,居民对治理成效认可度不断提高。通过持续运行与动态监管,处理效果的长期稳定性得到保障,为区域生态修复与水资源保护提供了可靠支撑,形成生态与生活共赢的良性发展局面。

#### 5.2 技术本地化改进与设备选型优化路径

推进分散式处理技术广泛应用需要结合地方实际进行本地化改进,从水质特征、水量变化、地理条件与资源可得性出发优化设计方案。高温多雨地区适合选用具有抗负荷冲

击能力的湿地与氧化系统,严寒地区则需强化保温结构与厌氧处理环节的稳定性。设备选型以耐用性、维护便捷性和适配性为核心,优先选择具有自净能力强、动力依赖低、可人工维护的模块化设备。处理单元结构应兼顾施工便利与土地占用要求,材料选择注重抗腐蚀与环境协调性。本地技术力量参与设计与调试过程有助于提升系统适应性与运维效率。通过持续的技术反馈与优化迭代,形成稳定成熟、因地制宜的技术集成体系,增强处理系统在多种农村条件下的实际运行效果与应用推广能力。

#### 5.3 可复制推广模式与区域协同发展支撑

分散式处理技术的推广需要构建可复制的标准化模式与区域协同推进机制,提升技术普及率与建设效率。在治理需求较为相近的区域,统一技术路线、设备配置与施工标准,有助于降低单位成本与管理复杂度。建立以县域为单位的统筹规划体系,将若干村庄的处理设施纳入一体化部署,推动区域层面的资源共享与运维协同。培训本地管理人员,形成技术支持网络,增强基层运行能力。推动政策引导、资金整合与项目对接的常态机制建设,实现技术、管理与制度的同步落地。形成可复制的治理示范区,通过典型引导带动周边村庄跟进建设,在更大范围内实现污水治理成效。通过区域协同与模式固化推动治理体系由项目驱动向制度化运营转变,实现农村生活污水治理的长效机制建设与成片推进目标。

### 6 结语

农村生活污水治理是推进乡村生态文明建设的关键环节,分散式处理技术以其灵活适应性、较低投入成本和生态友好特性,为解决农村污水问题提供了可持续路径。针对农村地域分布分散、水质水量波动大等特点,构建符合实际的技术体系与运行机制,有助于提升治理效率与管理水平。推动多元参与、因地制宜、长效运行的处理模式,需要在政策支持、资金保障、技术迭代和公众参与等方面形成协同联动。通过持续优化和机制完善,分散式处理技术将在农村人居环境改善中发挥更大作用,为实现农村绿色发展与生态安全提供坚实支撑。

#### 参考文献

- [1] 刘建国,刘海洋,杨晓艳,刘海龙,马尚彬,李鹏宇,郑倩倩,李倩,边巴次仁,郑天龙.高海拔无动力农村生活污水处理系统微生物群落特征解析[J].环境工程学报,
- [2] 李霄然,兰树伟,杨红文,王绍春.云南山区农村生活污水排放特征与处理工艺研究[J].黑龙江环境通报,2025,38(07):62-64.
- [3] 叶兴刚,杜纲.农村生活污水处理工艺的优化对策研究——基于武当山农治项目运维现状的思考[J].湖北工业职业技术学院学报,2025,38(03):77-80.
- [4] 董佳,彭雨花.某农村生活污水处理设施智慧化改造的实验研究[J].四川环境,2025,44(03):142-148.