

# 农村生活污水处理后用于农田灌溉的可行性探讨

王 剑

龙泉市水利局 浙江 丽水 龙泉 323700

**【摘要】**：农村生活污水处理后用于农田灌溉具有资源化利用与生态保护的双重价值。围绕水质达标、处理工艺选择与灌溉安全性，分析处理出水在农业利用中的可行路径。比较常见处理技术的净化效果与成本水平，结合农田灌溉水质要求，探讨污染物去除、病原控制及土壤环境影响等关键问题。结果表明，在合理工艺配置与严格管理条件下，农村生活污水处理出水能够满足灌溉需求，并实现水资源循环利用与农业生产效益提升。

**【关键词】**：农村生活污水；资源化利用；农田灌溉；水质控制；生态安全

DOI:10.12417/2705-0998.26.04.016

## 引言

水资源短缺与农村污水排放问题日益凸显，推动非常规水源利用成为重要方向。农村生活污水来源分散、成分复杂，若未经处理直接排放，将对生态环境和农业生产产生不利影响。经过适当处理后，将其用于农田灌溉，可缓解用水压力，还可实现污染减量与养分回收。水质安全、技术适配性以及长期环境影响仍需系统分析。围绕这些关键环节展开探讨，有助于明确可操作路径并提升利用水平。

## 1 农村生活污水处理出水用于灌溉的基础条件

### 1.1 水质指标与农田灌溉要求对接

农村生活污水处理后能否进入农田灌溉体系，核心在于出水水质是否满足农业用水控制标准。评价时不能只看感官清澈程度，更要围绕化学需氧量、五日生化需氧量、悬浮物、氨氮、总磷、粪大肠菌群数等指标进行系统判定。农田灌溉对水质的要求具有明显对象差异，粮食作物、经济作物与蔬菜基地在卫生学指标、盐分含量和重金属限值上并不一致。若处理出水中含盐量偏高，长期灌溉易造成土壤电导率升高，进而引发次生盐渍化，影响根系吸水能力与作物产量，必须建立出水指标与灌区类型之间的对应关系。

在实际配置中，水质对接还应体现“按地定水、按作物定质”的原则。旱地灌溉可适度利用含有一定氮磷养分的再生水，以减少化肥投入，但对叶菜类和直接接触型作物，应强化病原微生物与寄生虫卵控制，降低食品安全风险。灌溉季节、土壤渗透性、地下水埋深等条件也会改变水质准入边界，不能采用单一标准机械套用。只有把排放控制转化为灌溉适配控制，形成监测、配水、轮灌和末端管理相衔接的技术链条，农村生活污水处理出水用于农田灌溉才具备稳定落地的基础。

### 1.2 处理工艺类型与净化效果比较

农村生活污水处理工艺的选择直接影响灌溉回用水的稳定性与安全性。常见技术包括厌氧处理、接触氧化、生物滤池、人工湿地、一体化处理设备等，不同工艺对有机污染物、悬浮颗粒、氮磷养分和病原体的去除机理存在明显差异<sup>[1]</sup>。厌氧单

元运行能耗低，适合分散村庄的预处理环节，但对氨氮和粪大肠菌群的削减能力有限；接触氧化和膜分离技术出水较稳定，能够提高污染物去除率，却对运行维护和资金投入提出更高要求；人工湿地兼具生态净化与景观效应，在负荷适宜条件下可实现深度处理，但受气温、堵塞和占地条件制约较大。

从灌溉利用角度看，工艺评价不能停留在单项去除率比较，还要关注出水波动、抗冲击负荷能力和长期运维水平。农村地区生活污水水量昼夜变化明显，节假日和农忙时段排放特征也不稳定，若处理系统对水力负荷变化适应性差，出水就容易容易出现悬浮物反弹和微生物超标，增加农田回用风险。较为可行的路径是采用“预处理加生物处理加消毒”的组合模式，在控制成本的同时兼顾卫生学安全。对人口规模较小、管网条件一般的村庄，可优先考虑模块化和低能耗工艺；对集中连片灌区，则应提高深度处理水平，使处理效果与农田灌溉需求保持一致。

### 1.3 区域差异与水源供需匹配

农村生活污水回用于农田灌溉并不是统一模式可以覆盖所有地区，区域差异决定了利用方式必须因地制宜。北方缺水地区灌溉需求强、再生水替代潜力较大，处理出水进入农田后能够有效缓解季节性用水紧张；南方水网密集区域虽然总量相对充足，但部分村庄面临黑臭水体治理和面源污染叠加问题，污水回用更侧重削减外排压力与改善水环境。地形条件同样影响配置路径，平原地区便于建设集中输配系统，丘陵和山地村庄则更适合就地处理、就近回用，以减少输水成本和沿程损失。

水源供需匹配还体现在时间尺度和空间尺度的协调上。农村生活污水产生具有全年连续性，而农业灌溉需求呈现明显季节性，若缺乏调蓄设施，处理出水在非灌溉期容易闲置，降低资源化效率。对此，可结合蓄水塘、再生水调节池和小型泵站构建弹性调配体系，使污水处理量与灌溉制度相互衔接。对于种植结构单一、灌溉高峰集中的区域，应测算作物需水定额、回用水供给量和管网输送能力，避免出现处理设施有水可出、农田末端无水可用的失配现象。

## 2 农村生活污水灌溉利用的关键控制措施

### 2.1 污染物去除与病原控制技术

农村生活污水回用于农田灌溉，关键前提在于把有机污染物、悬浮颗粒和卫生学风险控制的安全范围内。处理单元设计应围绕化学需氧量、氨氮、总氮、总磷和悬浮物等核心指标展开，通过格栅、沉砂、调节、生物降解和深度净化形成连续处理链。对分散式村庄而言，厌氧加好氧的组合工艺更具适应性，既能削减有机负荷，又能提高出水稳定性。若灌区对回用水透明度和微生物指标要求较高，还需增加过滤环节，防止细小颗粒进入田间堵塞滴灌带或喷头，保证灌溉系统在农业生产周期内保持正常运行。

病原控制直接关系到农产品卫生质量和农田接触安全，仅依靠常规生物处理难以完全消除粪大肠菌群、病毒和寄生虫卵带来的传播风险，因此末端消毒必须纳入工艺体系。次氯酸钠消毒操作简便，适用于乡村常规运行场景，但需控制投加量与接触时间，避免余氯过高对土壤微生物群落产生抑制。紫外消毒对细菌和病毒灭活效果较好，不增加盐分负荷，适合对出水卫生指标要求较严的灌溉区域。结合农田用途、作物类别和灌溉方式建立分级处理路线，才能把污染削减与病原阻断落到实处，提升农村生活污水灌溉利用的可靠性。

### 2.2 土壤与作物安全管理策略

处理出水进入农田后，安全管理不能停留在水质达标层面，还要把土壤环境变化和作物吸收特征纳入全过程控制。长期灌溉条件下，盐分、氮磷养分及微量污染物会在耕作层内持续累积，若缺乏监测与调节，容易诱发土壤板结、盐渍化或养分失衡<sup>[2]</sup>。针对这一情况，应定期检测土壤电导率、pH值、有机质、有效磷和速效钾等指标，掌握耕层理化性质变化趋势，并根据结果调整灌溉定额和施肥制度。对于地下水埋深较浅的地块，还需关注硝态氮下移风险，避免渗漏造成地下水污染，影响区域生态安全。

作物端管理强调“水质适配种植结构”，并非所有作物都适宜长期使用再生水灌溉。粮食作物、纤维作物和部分园林植物对回用水的适应性相对较强，而生食类蔬菜、地下块根类作物和采收期短的经济作物对微生物指标更为敏感，管理要求也更严格。灌溉方式的选择同样具有决定性，滴灌和沟灌可减少水体与可食部位直接接触，降低病原附着概率。配套实施轮灌、间歇灌溉和采收前停灌制度，有助于控制污染迁移与残留风险，使污水资源化利用与农产品质量安全保持动态平衡。

### 2.3 运行维护与监测机制完善

农村生活污水处理设施用于灌溉回用，能否长期稳定发挥效能，很大程度取决于运行维护水平。部分乡村设施在建成初期出水较好，但进入常态运行后容易出现设备停运、曝气不足、污泥淤积和药剂补给不及时等问题，导致处理效果波动，影响

灌溉回用的连续性。为避免设施“重建设、轻管理”的情况，应建立与村庄规模相匹配的运维模式，明确责任主体、巡检频次和故障处置流程。对一体化设备、提升泵、消毒装置和输配水管网进行定期保养，能够减少突发停机概率，保证灌溉季节有稳定水源供应，也有利于降低后期修复成本。

监测机制的完善体现为“过程监控加结果评价”的双重闭环，要检测出水中的化学需氧量、氨氮、悬浮物和粪大肠菌群数，还应对农田土壤、作物品质和末端灌溉设施运行状态进行动态跟踪。村级层面可设置简易水质快检项目，及时识别异常波动；乡镇或区域平台则负责开展周期性实验室检测，形成分级预警体系。当监测数据出现超标趋势时，应迅速调整进水负荷、运行参数和灌溉安排，防止问题从处理环节传导到田间。把制度建设、数据留痕和技术响应结合起来，才能形成可核查、可纠偏、可持续的农村生活污水灌溉利用管理体系。

## 3 农村生活污水灌溉利用的实施路径优化

### 3.1 技术模式与经济成本协调

农村生活污水处理后用于农田灌溉，要真正落地，关键在于技术模式与经济承受能力保持一致。村庄人口规模、住户分布、地形条件和耕地布局不同，决定了处理系统不能简单套用统一方案。对居住分散、污水收集半径较大的区域，宜采用分散式处理与就地回用相结合的方式，减少长距离铺设管网带来的投资压力；对居住相对集中、灌区连片的村庄，则可建设集中处理设施，并配套调蓄池、输配管网和田间灌溉末端设备，提高出水利用率。技术选择要考虑污染物去除效果，还要统筹占地、能耗、药耗和设备折旧，避免形成高标准建设、低效率运行的局面。

经济成本协调并不意味着单纯压缩投入，而是强调全生命周期内的成本优化。从实际运行数据来看，技术模式的选择对运维成本影响显著。山东省肥城市东里二村采用“雨污分流+黑灰分离+重力自流+一级沉淀+加压提升”的生态净化模式，整个生活污水处理设施的年运行费用仅约4000元，其中电费每月低至60元至100元，实现了“花小钱、办大事”的治理效果。又如山东省肥城市边院镇何庄村由集中拉运改为资源化利用后，年拉运成本从5400元骤降至680元，村集体节约林木绿化水费1500元，生态效益与经济效益双双显现。农村污水回用于农田灌溉涉及建设费用、运行维护费用、人工管理费用以及后期更新费用，若只重视前期投资，忽视后续支出，设施往往难以持续稳定运行。较为可行的路径是采用低能耗、易维护、模块化程度高的工艺路线，并把再生水替代灌溉水源、减少化肥施用、改善村庄环境等综合收益纳入核算。

### 3.2 政策引导与农户参与机制

农村生活污水灌溉利用涉及生态治理、农业生产和公共卫生等多个层面，仅靠单一主体推动难以形成稳定机制，必须依

托政策引导构建协同实施框架。地方在推进此类项目时，应把农村污水治理、节水农业建设和高标准农田提升统筹起来，明确处理出水回用标准、设施运行责任和资金保障渠道<sup>[1]</sup>。对于具备回用条件的区域，可通过专项补助、运维奖补、设备更新支持等方式降低基层负担，增强乡镇和村集体推动项目的积极性。制度设计还应突出分类施策，对缺水型地区、生态敏感区和粮食主产区分别制定差异化管理要求，使政策工具与区域实际需求相匹配。

农户参与程度直接影响处理出水能否真正进入田间并长期被接受。再生水灌溉若缺乏有效沟通，农户容易对作物品质、土壤安全和市场销售产生顾虑，从而影响使用意愿。为提高参与质量，应建立公开透明的信息反馈机制，将出水检测结果、土壤监测数据和作物生长情况定期向农户公示，增强信任基础。村级合作组织、种植大户和农技人员可在其中发挥桥梁作用，通过示范田建设、灌溉培训和收益测算，让农户直观了解回用水在节水增效方面的实际表现。

### 3.3 长期运行效果与生态风险调控

农村生活污水处理出水用于农田灌溉，评价重点不能停留在短期达标层面，还应关注长期运行后的综合效应。处理设施在初期往往能够达到设计要求，但进入连续运行阶段后，进水浓度波动、设备老化、管理水平差异等因素会逐步影响出水质量，进而传导至农田系统。对长期效果的判断，应从水质稳定

性、灌溉保障率、土壤理化性质变化、作物产量与品质波动等维度进行综合分析。

生态风险调控强调预防性管理，而不是出现问题后被动修复。长期灌溉过程中，盐分累积、氮磷富集、重金属迁移和病原残留都有可能特定条件下放大，对土壤生态功能和周边环境造成潜在干扰。对此，应建立分层次风险识别体系，把处理端、输配端和农田端纳入统一监测范围，重点追踪土壤电导率、地下水硝酸盐浓度、作物可食部位卫生指标等关键参数。通过动态评估与分级管控相结合，能够把生态风险控制在可接受范围内，保障农村生活污水回用与农业生态安全协同推进。浙江省建德市三都镇镇头村的实践表明，通过“分级处理、分级利用”模式，不仅实现了生活污水资源化利用率超过80%，还将污水处理终端打造为乡村文旅新亮点，2023年吸引游客3万余人次，带动旅游收入超300万元，展现了长期综合效益提升的可行路径。

## 4 结语

本文围绕农村生活污水处理后用于农田灌溉的可行性展开系统分析，从水质控制、工艺选择、管理措施及实施路径等方面进行了深入探讨。对关键环节的梳理可以看出，在技术合理配置与规范管理保障下，处理出水具备进入农业利用体系的条件。通过完善运行机制与风险调控，可有效提升资源利用效率并降低环境压力，为农村水资源循环利用提供现实支撑。

## 参考文献：

- [1] 许杰宁.处理农村生活污水生态系统的构建与效果研究[D].中南林业科技大学,2025.
- [2] 徐玉,李橙,郑冰冰,等.我国水资源再生利用现状与管理建议[J].资源节约与环保,2024,(04):120-124.
- [3] 范东芳.农村混合污水灌溉对农田土壤肥力和微生物多样性的影响[D].安徽师范大学,2019.