

DOI: 10.53104/xdkxsts.2026.02.03.003

人工湿地处理农村生活污水的适用性及优化路径研究

吴昊峰¹

1. 河南城建学院, 河南 平顶山 467036

摘要: 农村生活污水具有排放点分散、单点水量较小、水质水量波动明显等特点, 若直接照搬城市集中式污水处理模式, 容易出现建设成本高、管网配套困难和后期运行维护负担较重等问题。人工湿地依靠填料、植物和微生物共同作用去除污水中的有机物、氮、磷和悬浮物, 具有能耗较低、运行管理相对简单、景观效果较好等特点, 与部分农村地区的污水治理需求具有较高的匹配度。本文采用文献分析法, 在分析农村生活污水特点和人工湿地处理原理的基础上, 从处理规模、经济成本、运行管理、生态效益和资源化利用等方面讨论人工湿地的适用性。研究认为, 人工湿地并不是可以在所有农村地区直接套用的污水处理技术, 其实际效果受到进水水质、水量变化、土地条件、气候温度、填料性能和运行维护水平等因素影响。目前实际应用中仍存在前期调查不足、设计规模与实际污水量不匹配、预处理薄弱、填料堵塞、低温处理效率下降以及重建设轻运维等问题。针对这些问题, 应建立以村庄实际条件为基础的技术选择机制, 通过完善预处理、优化填料与植物配置、合理控制水力负荷、采用组合工艺、加强季节性运行管理和建立低成本长效运维机制, 提高人工湿地系统的稳定性。同时, 应将污水处理与农业利用、村庄景观和农村生态建设结合起来, 使人工湿地由单一污染治理设施转向兼具处理、利用和生态功能的农村环境基础设施。

关键字: 人工湿地; 农村生活污水; 污水处理; 生态处理; 运行维护

The Applicability and Optimization Paths of Constructed Wetlands for Rural Domestic Sewage Treatment

WU Hao-feng¹

1. Henan University of Urban Construction, Pingdingshan 467036, P. R. China

Correspondence to: WU Hao-feng

Abstract: Rural domestic sewage is characterized by dispersed discharge points, relatively small treatment scales, and considerable fluctuations in water quality and quantity. Directly applying centralized urban wastewater treatment systems to rural areas may lead to high construction costs, difficulties in sewer network installation, and heavy operation and maintenance burdens. Constructed wetlands remove organic pollutants, nitrogen, phosphorus, and suspended solids through the combined effects of substrates, plants, and microorganisms. They generally require relatively low energy consumption, are easy to operate, and can provide ecological and landscape benefits. These characteristics make constructed wetlands suitable for sewage treatment in many rural areas. Based on a literature review, this paper analyzes the characteristics of rural domestic sewage and the treatment mechanisms of constructed wetlands and discusses their applicability in terms of treatment scale, economic cost, operation, ecological benefits, and resource utilization. The study finds

引用格式: 吴昊峰. 人工湿地处理农村生活污水的适用性及优化路径研究[J]. 现代科学探索, 2026, 2(3):25-32.

that constructed wetlands are not universally applicable. Their performance is affected by influent quality, hydraulic fluctuation, land availability, temperature, substrate properties, and maintenance conditions. Current applications still face problems such as inadequate preliminary investigation, mismatched design capacity, insufficient pretreatment, substrate clogging, reduced treatment efficiency at low temperatures, and weak long-term maintenance. Optimization should therefore focus on site-specific technology selection, improved pretreatment, appropriate substrate and plant configuration, hydraulic control, combined treatment processes, seasonal management, and long-term operation mechanisms. Constructed wetlands should also be integrated with agricultural reuse and rural ecological construction to achieve both pollution control and resource utilization.

Key words: constructed wetland; rural domestic sewage; wastewater treatment; ecological treatment; operation and maintenance

引言

农村生活污水治理是农村人居环境改善的重要内容。与城市污水相比,农村生活污水的产生和排放更为分散,不同村庄在常住人口、生活习惯、用水条件和污水收集方式方面存在较大差异。部分村庄人口集中程度较低,如果建设长距离污水管网并采用复杂的集中处理设备,单位污水处理成本可能明显增加。农村地区还普遍面临专业运维人员不足、运行经费来源不稳定等问题,这使污水处理技术不仅需要考虑污染物去除能力,还要考虑建设后能否长期正常运行。

近几年农村生活污水治理水平已经明显提高。生态环境部发布的《2025 中国生态环境状况公报》显示,全国农村生活污水治理率已经达到 55%^[1]。治理覆盖面的扩大意味着后续治理对象中会包含更多人口较少、位置分散、基础条件相对薄弱的村庄。此类地区如果继续依赖高投入、高能耗和高管理要求的处理设施,可能出现设施建得起却长期运行困难的问题。2026 年生态环境部办公厅印发《农村生活污水资源化利用人工湿地处理技术指南》,将人工湿地作为农村生活污水资源化利用过程中的重要技术环节,并强调前期调查、合理设计和运行维护的重要性^[2]。这说明当前农村污水治理已经逐渐从单纯关注设施建设数量,转向关注治理方式是否符合村庄实际条件以及设施能否长期发挥作用。

任珊搏等在农村污水处理技术研究中指出,目前农村污水治理已经形成生物处理、生态处理、膜处理和组合处理等多种技术路线,不同工艺都有各自的适用条件^[3]。这意味着农村污水处理中不存在一种能够完全替代其他技术的“万能工艺”。人工湿地虽然具有低能耗和生态化优势,但同样受到土地、气候和进水条件限制。吴冬胜总结农村污水特点时指出,其具有排放分散、污染面广、水质水量波动大和单个处理站规模小等特点^[4]。这些特点既构成了传统集中式处理模式在农村推广的困难,也为人工湿地等分散式生态处理技术提供了应用空间。基于此,本文主要从农村实际使用条件出发,分析人工湿地在农村生活污水治理中的适用条件、运行问题及优化路径。

1 农村生活污水特点与人工湿地处理基础

1.1 农村生活污水的基本特点

农村生活污水主要来自厨房洗涤、洗衣、洗浴、厕所冲洗以及其他日常生活活动。其污染成分与城镇生活污水总体相似,主要包括有机物、氮、磷、悬浮物和部分病原微生物,但在产生方式和排放规律上具有明显的农村特点。较为突出的特点是水量规模较小且分散。一个行政村内部的住宅可能分布在较大的范围内,不同自然村之间距离也可能较远。为了把全部污水集中到一个处理点,需要建设较长的管网。

如果村庄常住人口较少,管网投资占整个污水治理工程投资的比例可能较高。部分偏远村庄采用“小集中”甚至分户处理,往往比建设大规模集中处理站更加符合实际。

农村污水还存在明显的水量波动。早晚做饭、洗漱时间可能形成排水高峰,夜间排水量明显下降。春节等节假日期间返乡人口增加,也会造成短期水量上升。部分人口外流较多的村庄,设计阶段统计的户籍人口与实际常住人口差距较大。如果完全按照户籍人口确定处理能力,容易出现设施设计规模过大、长期低负荷运行的问题。污染物浓度同样会发生变化。雨污分流不彻底时,大量雨水进入污水系统可能造成污染物浓度下降;厨房污水集中排入时,有机物和油脂含量则可能短时增加。人工湿地依靠相对稳定的生态系统完成污染物去除,对长期超负荷和频繁的大幅水量变化并不敏感。因此,在讨论人工湿地是否适用时,不能只看某一次水质检测结果,而应同时了解常住人口、季节变化和每日排水规律。

1.2 人工湿地的基本处理原理

人工湿地是一种模拟自然湿地净化过程建设的污水处理系统。周克成等认为,人工湿地的处理作用来自湿地内部不同组成部分之间的共同作用^[5]。从工程角度看,可以将其概括为填料、植物和微生物三个主要部分。

填料既是水流通过的介质,也是污染物去除的重要载体。污水进入湿地后,部分悬浮物会通过沉淀和过滤被截留,磷等污染物还可以通过填料表面的吸附和化学作用被去除。填料表面同时为微生物生长提供空间,形成能够分解有机污染物的生物膜。植物主要通过根系参与净化过程。植物能够吸收部分氮、磷等营养物质,其根系还能够为微生物提供生长环境。植物本身对污染物的直接吸收量并不是人工湿地全部净化能力的来源,更重要的是植物、填料和微生物共同形成了较稳定的生态处理环境。微生物承担了大量有机物降解和氮转化任务。湿地内部不同位置的氧气条件存在差异,可以形成不同的微生物反应区域。污水中的有机污染物经过微生物分解后浓度降低,含氮污染物也可以通过多种生物过程得到转化和去除。

人工湿地按照水流方式可以分为表面流人工湿地和潜流人工湿地,潜流系统还可进一步划分为水平潜流和垂直潜流。不同类型之间没有绝对优劣,应根据处理目标、用地和运行条件选择。刘璐等对长江中游农村污水处理技术进行评价时发现,当地处理规模主要集中在200m³/d以下,厌氧与生态组合工艺的应用比例达到28.05%,说明生态处理技术在中小规模农村污水治理中具有较强的现实基础^[6]。填料选择尤其需要注意。许浩浩、吕伟娅指出,填料组成、配比、去污能力和渗透性能都会直接影响人工湿地处理效果^[7]。如果片面追求吸附能力而忽视水力性能,运行一段时间后可能发生堵塞;如果只选择透水性很强但吸附能力有限的材料,又可能影响磷等污染物的去除。因此,人工湿地设计实际上是在处理能力、渗透性能和使用寿命之间寻找平衡。

2 人工湿地处理农村生活污水的适用性

2.1 与农村中小规模分散排水特点相匹配

人工湿地最明显的适用性来自其处理规模的灵活性。农村污水不像城市污水那样容易形成连续、稳定的大流量。人工湿地可以根据自然村、村组甚至相邻住户的污水产生量进行设计,不需要为了达到较大的集中处理规模建设过长的输送管道。这种特点对于村落分布较散、地形条件复杂的地区较有意义。

从技术选择角度看,农村污水治理并不是处理规模越大越好。规模扩大能够提高部分设备利用效率,却可能同时增加管网建设距离和提升运维复杂度。人工湿地更适合形成“小范围收集—就地处理—就近利用”的模式。特别是在具备一定闲置土地、沟渠、塘坝或者绿化空间的村庄,可以将处理设施布置在村庄边缘,缩短污水输送距离。这种适用性并不等于完全分散。人口集中程度较高、靠近城镇污水管网的村庄,直接纳管处理可能更加经济。人工湿地真正具有优势的场景,是集中处理成本偏高但又具备一定土地条件的中小规模村庄。

2.2 建设和运行方式符合低能耗治理需求

农村污水设施长期运行最大的压力之一不是建设技术本身,而是持续的电费、设备维修和人员管理成本。人工湿地主要依靠自然生态过程处理污水,在能够利用地势形成重力流的条件下,可以减少水泵等机械设备的使用。系统中高速旋转设备和复杂电气控制设备较少,也降低了发生机械故障后的维修难度。需要指出的是,“运行费用低”不能简单理解为“建成以后不用管理”。人工湿地仍需要检查进出水、清理预处理设施、收割植物、清除杂物和处理堵塞问题。其真正的经济优势在于管理技术门槛相对较低,很多日常工作经过简单培训后可以由当地运维人员完成,不必长期依赖专业技术团队。刘璐等的技术评价结果表明,农村污水处理技术选择中,除了技术性能,经济效益和运行管理也占有较高权重^[6]。这说明农村地区评价一种污水处理工艺时,不能只比较实验条件下的污染物去除率。即使某种设备理论处理效率更高,如果运行成本长期超过村级管理能力,实际治理效果仍可能下降。

2.3 具有生态景观和资源利用的附加价值

人工湿地与普通机械处理设施的区别还在于,其本身可以成为农村生态空间的一部分。合理配置芦苇、香蒲、菖蒲等湿地植物后,处理设施不会完全呈现工业设备形态,而是可以与村庄绿化、沟渠整治和公共空间建设结合。这种景观功能具有实际管理价值。如果污水处理设施长期隐藏在封闭设备房内,普通村民很难了解其运行状态;人工湿地作为可见的生态设施,更容易使村民直观感受到污水治理和村庄环境改善之间的关系。但景观建设不能反过来削弱污水处理功能。植物种类和种植密度应优先服从净化要求,不能为了追求观赏效果种植不适合当地气候和长期淹水环境的植物。人工湿地还适合与资源化利用结合。处理后的水如果达到相应利用要求,可根据当地条件用于农田、林地、绿化等,实现污水就近处理和水资源循环利用。尤其在水资源相对紧张的地区,将污水处理设施单纯理解为“达标排放设施”并不充分。通过人工湿地进行进一步净化后再合理利用,可以减少外排水量,也能提高农村污水治理的综合效益。

2.4 不同气候和地区条件下具有一定适应能力

人工湿地可以在南北方不同地区应用,但设计方式不能完全相同。陈晓东对沈阳地区农村生活污水人工湿地应用进行分析时,从污水特点、处理效果、冬季运行和经济指标等方面证明了人工湿地在北方农村也具有适用性^[8]。这一实践说明低温并不意味着人工湿地完全不能使用,但北方地区必须更重视保温、水深、植物选择和前处理。南方地区温度条件较好,植物和微生物活性保持时间较长,人工湿地运行季节限制较小,但高降雨量可能带来雨污混接、水力负荷突然增加等问题。北方地区的主要矛盾则更多集中在冬季低温和植物休眠。可见,人工湿地的地区适用性并不能简单按照“南方适合、北方不适合”进行判断,而应分析当地全年最低温度、降雨规律、冻土情况和实际排放要求。

3 人工湿地实际应用中的主要问题

3.1 前期调查不足导致设计与实际需求脱节

人工湿地运行效果不好,有时并不是技术原理存在问题,而是设施从设计开始就没有真正符合村庄情况。常见问题包括按照户籍人口而不是常住人口确定规模,没有调查节假日人口变化,没有掌握农户实际用水量,也没有充分考虑村庄未来人口变化。设计规模过大会导致湿地长期处于低负荷状态,不仅造成土地和建设资金浪费,也可能影响系统稳定运行。设计规模过小则容易在节假日或者旅游旺季出现超负荷。部分村庄还存在新房不断向外围扩展的情况,如果管网和处理设施完全按照现状建设,几年以后又需要重新铺设管道。人工湿地项目在前期设计阶段应回答“多少水、什么时候来、从哪里来、处理后去哪里”几个基本问题。只有这些问题明确以后,才能进一步确定湿地面积和工艺类型。单纯依据相似村庄已有项目套用设计参数,看似节省设计时间,实际容易埋下后期运行问题。

3.2 预处理不足容易造成湿地堵塞

人工湿地不是直接承受所有原污水污染负荷的设施。农村生活污水中可能含有大量悬浮物、厨房油脂和其他杂物,如果未经有效处理直接进入湿地,颗粒物会不断积累在填料孔隙

中,使水流通道缩小,最终出现表面冒水、局部积水甚至污水短流。人工湿地运行初期往往能够保持较好的处理效果,这容易使管理者忽视前端设施。化粪池、格栅、沉淀池长期不清掏,污染物会逐渐进入湿地主体。当明显堵塞出现时,简单疏通已经难以解决问题,甚至需要更换部分填料,维修成本明显增加。人工湿地的“低维护”实际上建立在预处理正常运行的基础上。前端拦截越有效,后端湿地越容易保持稳定。对于含油脂较多的厨房污水,可以根据实际情况加强隔油;对于悬浮物较高的进水,应保证足够的沉淀条件。

3.3 单一人工湿地面对较高排放要求时能力有限

人工湿地对有机物和悬浮物通常具有较好的处理作用,但氮、磷去除受到温度、填料、植物和水力条件等多种因素限制。如果进水浓度较高或者出水要求较严格,仅依赖单一级人工湿地可能难以长期稳定达到要求。李晓东针对县城生活污水采用 A/O 与人工湿地组合工艺,通过生物处理承担主要污染负荷,再利用人工湿地进行后续处理,最终获得较稳定的出水效果^[9]。赵兢兢等开展的 A/O 与人工湿地耦合研究也表明,组合工艺能够提高 COD、TN 和 TP 的综合处理效果^[10]。这些研究对于农村治理的意义并不是要求所有村庄增加复杂设备,而是说明人工湿地可以被看作一个具有组合能力的处理单元。进水污染程度较低时,可以采用简单预处理加人工湿地;污染负荷较高时,可以在前端增加厌氧、生物接触氧化或其他适宜的生物处理环节;对出水要求较高时,还可以设置多级湿地。与其要求一个湿地单元承担全部处理任务,不如根据污染物特点合理分配各处理环节的功能。

3.4 季节变化影响处理稳定性

温度下降会降低植物生长和微生物活动水平,进而影响污染物去除。北方冬季还可能发生表层结冰。如果设计时只参考春夏季运行效果,冬季出水可能出现明显波动。解决低温问题不能只依靠增加设备。较为现实的方法是减少表面暴露、合理增加填料层厚度、采取潜流形式以及选择耐寒植物。条件允许时,可以通过适度增加停留时间减轻低温造成的影响。南

方地区虽然低温问题相对较小,却需要注意暴雨导致的水力冲击。张健越等对浙江和四川农村污水设施调查后指出,农村污水治理中污水收集、技术选择、污泥处理和运行管理等环节仍存在需要改进的问题^[11]。这说明不同地区面临的问题并不相同,人工湿地设计必须把地方气候和基础设施条件放在重要位置。

3.5 重建设轻运维降低设施实际寿命

农村污水处理设施最容易出现的管理问题,是工程验收以后缺少持续管理。一些项目建设期间技术要求较严格,但进入运行阶段后,责任主体并不清楚。村级组织认为专业设施应由上级部门管理,建设单位完成工程后退出,第三方运维单位又可能因为项目规模小、地点分散而提高服务成本。人工湿地表面看起来没有大量机械设备,反而更容易被误认为“不需要维护”。植物长期不收割会出现枯死腐烂,格栅和沉淀设施不清理会增加湿地负荷,配水管堵塞会导致污水集中流向局部区域。郭钟锐等对新密市农村污水治理进行研究时提到,当地已建成投运农村污水处理设施 587 座,并采用分区建档和精细化运维方式提高设施管理水平^[12]。这一案例说明,大量小规模设施要保持稳定运行,不能只依靠单个村庄临时处理问题,而需要建立区域化、制度化的运维体系。

4 人工湿地处理农村生活污水的优化路径

4.1 从“先建设”转向“先判断是否适合建设”

人工湿地优化的第一步不是改造填料或者增加设备,而是提高技术选择的准确性。每个村庄在确定工艺前,应对人口、用水、地形、土地、现有沟渠、排水去向和管理能力进行调查。人口密集并靠近城镇管网的村庄,应优先判断是否具备纳管条件。人口较少且农田消纳条件较好的地区,可以更多考虑资源化利用。人口相对集中、具备一定闲置土地且需要就地处理的村庄,则可以重点考虑人工湿地。这种分类思路能够避免把人工湿地简单理解为所有农村污水项目的标准配置。土地条件是判断适用性

的关键。如果村庄建设用地紧张,人工湿地面积需求可能成为明显限制。如果附近存在闲置低效土地、沟渠或者适宜的生态空间,其用地矛盾则明显减轻。选址还应避开容易被洪水冲淹的位置,同时考虑污水能否依靠自然高差进入设施。能够采用重力流时,应尽量减少不必要的提升泵,从源头降低长期电费和设备故障风险。

4.2 加强预处理并根据污染负荷选择组合工艺

人工湿地优化不能只盯着湿地主体。很多运行问题实际上来自前端处理不足。农村生活污水进入湿地前,应根据污水组成设置适当的格栅、隔油、化粪和沉淀环节。预处理不一定需要复杂,但必须能够有效拦截大颗粒杂物和大部分易沉降物质。对于水质较稳定、污染浓度不高的村庄,可以采用“化粪池或沉淀设施+人工湿地”的简单工艺,减少设备数量。对于人口较集中、污水有机负荷较高的村庄,可以增加厌氧或生物处理设施,再利用人工湿地完成深度净化。这样可以降低湿地的直接负荷,也能减缓填料堵塞。组合工艺并不是工艺越多越好。增加一个处理环节就意味着增加建设成本和维护内容。组合工艺的选择应以实际处理需求为基本判断标准:只有当前一处理环节能够明显降低后一环节的运行负荷或风险时,才有必要增加相应工艺,而不应单纯追求工艺流程的复杂化。

4.3 优化填料、植物和水力条件

填料是人工湿地稳定运行的基础。实际设计时可以采用不同粒径和功能材料分层配置。进水端更应重视透水 and 抗堵塞能力,后续区域可以增加具有较强吸附能力的材料。对除磷要求较高的项目,可以适量使用具有较好磷吸附性能的填料,但要考虑材料来源、价格和后期更换问题。植物选择应优先采用适应当地气候的乡土湿地植物。这类植物更容易存活,后续补植成本也较低。植物种类不宜过于单一,可以根据根系深度和生长季节进行合理组合,但也不需要为了增加所谓“生物多样性”配置大量难以管理的植物。

配水均匀程度同样重要。污水如果长期从固定位置进入湿地,容易形成局部水力负荷过

大,其他区域却没有充分利用。应通过合理设置布水管、控制进水速度和定期检查配水状态,使污水尽量均匀经过填料层。董畔在讨论人工湿地技术创新时,将新型功能填料、微生物强化和高效节能工艺作为重要优化方向^[13]。对于普通农村工程而言,并不一定需要使用价格较高的新材料,更现实的思路是优先解决填料级配、堵塞和配水这些基础问题,在确有更高处理需求时再考虑强化措施。

4.4 建立适应季节变化的运行方式

人工湿地不能全年按照完全相同的方式运行。冬季温度较低时,可以适当降低瞬时水力负荷,避免污水过快通过系统。植物进入枯萎期后,应根据当地气候选择适当时间进行收割,避免大量枯枝长期腐烂后重新向水体释放有机物和营养物质。北方地区应在设计阶段解决冬季运行问题,而不是等设施建成以后临时增加保温措施。潜流湿地可以减少污水直接暴露在低温空气中的时间,合理覆盖也有助于减小温度波动。雨季则需要重点防止外部雨水大量进入污水系统。村庄排水系统如果雨污不分,人工湿地面积再大也难以长期承受暴雨产生的短时水量。人工湿地项目应与村庄排水整治同步考虑,把屋面雨水、道路雨水和生活污水尽可能分开。

4.5 建立低成本、可长期执行的运行维护机制

朱田田指出,农村污水治理中仍存在运维管理水平不足、政策资金支持不够和公众参与有限等问题^[14]。人工湿地降低了机械设备维护难度,却不能解决管理责任不清的问题。因此,优化重点应从“谁来修设备”扩大到“谁检查、谁记录、谁负责、经费从哪里来”。

对于单个村庄而言,长期配备专业环保人员并不现实。可以采取若干村庄共同委托专业单位运维的方式,由专业人员定期巡检,村级人员负责日常观察。日常管理内容可以尽量简单,包括观察水位、检查是否出现异味、清理格栅、查看植物生长状态和记录进出水异常等。没有必要为所有小型人工湿地安装昂贵的在线监测系统。规模较大的集中处理设施可以设置必要的监测设备,小型湿地则可采用定期人工检测与日常巡查结合的方式。真正需要数字化

管理的,是设施数量较多的区域。通过建立设施档案、位置、设计规模、运行状态和维修记录,可以使管理部门及时发现长期停运或者反复出现故障的项目。

4.6 将村民参与和资源化利用纳入系统管理

农村污水治理与城市污水处理最大的区别之一,是污水产生者与设施之间距离很近。村民是否正确使用设施,直接影响运行状态。将厨房垃圾、大量油脂或者其他固体废物排入污水管道,会明显增加堵塞风险。擅自改变排水管线,也可能造成污水绕过处理设施直接排放。杜佳岷等对 438 户农户进行调查后发现,农户认知、态度和责任主体意识与参与农村污水治理意愿存在明显关系^[15]。这说明农村污水治理不能完全采用“建设单位负责技术、村民只负责使用”的模式。通过简单明确的宣传,让村民知道哪些污水可以进入系统、哪些杂物不能排入管道以及出现异常应该向谁报告,比单纯增加技术设备更容易降低部分运行故障。

人工湿地还可以与村庄景观建设和处理水利用结合。龚路军等在武汉村组级人工湿地实践中已经注意到设施运行维护和监督管理对于长期治理效果的重要性^[16]。在新的农村污水治理中,可以进一步将湿地出水与绿化、农田或生态补水需求联系起来,使处理后的水形成实际用途。只有村民能够看见治理带来的环境改善和资源价值,污水处理设施才更容易获得长期维护支持。

5 结论

参考文献:

- [1]生态环境部. 2025中国生态环境状况公报[R]. 北京:生态环境部, 2026.
- [2]生态环境部办公厅. 农村生活污水资源化利用人工湿地处理技术指南[Z]. 2026.
- [3]任珊搏, 苏雷, 刘智, 翟昊. 农村污水处理技术的研究进展[J]. 清洗世界, 2025, 41(11):108-110+152.
- [4]吴冬胜. 我国农村污水治理存在问题及治理方案研究[J]. 环保科技, 2023, 29(6):60-64.
- [5]周克成, 梁敏, 饶利军. 人工湿地污水处理技术及其发展应用[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(15):32-34.
- [6]刘璐, 张文强, 胡飞超, 庞阔, 郭亚丽, 张婷, 李敏. 基于群决策和层次分析法的长江中游地区农村污水处理技术评价及优选[J]. 环境科学, 2023, 44(2):1191-1200.

人工湿地与农村生活污水治理具有较高的匹配度,但这种匹配是有条件的。农村生活污水排放分散、处理规模较小,而人工湿地具有能耗较低、设备较少和生态效果较好的特点,适合部分不便接入城镇污水管网、具备一定土地条件的村庄。人工湿地还可以与绿化、农田用水和农村生态空间建设结合,使污水处理产生环境治理之外的附加价值。

人工湿地的不足同样较为明显。其运行容易受到水量波动、填料堵塞、低温、土地面积和后期维护水平影响,对氮、磷等污染物的稳定去除也存在一定限制。这说明人工湿地不能简单以“低成本生态技术”的名义直接推广。项目建设前应判断村庄是否真正适合采用该技术,建设过程中应做好预处理、填料选择、布水和植物配置,运行以后还需要进行清掏、巡查、植物维护和必要的水质检测。

对于污染负荷较低、排放要求适中的农村污水,可以采用较简单的预处理与人工湿地组合;当污染负荷较高或出水要求提高时,应把人工湿地与厌氧、生物处理等技术组合使用。农村污水治理的目标也不应停留在“建成多少座设施”,而应关注设施在几年甚至更长时间后是否仍能正常处理污水。人工湿地的真正价值,不是完全取代其他处理技术,而是在适合的村庄中以较低的运行负担持续发挥污染治理、资源利用和生态改善作用。

- [7] 许浩浩, 吕伟娅. 人工湿地污水处理系统中填料的研究进展[J]. 人民珠江, 2019, 40(3): 107-111+140.
- [8] 陈晓东. 人工湿地在沈阳市农村生活污水处理中的适用性分析[J]. 环境保护与循环经济, 2011, 31(11): 43-45.
- [9] 李晓东. A/O 及人工湿地耦合工艺处理县城生活污水[J]. 环境保护与循环经济, 2012, 32(9): 54-55+75.
- [10] 赵兢兢, 李晓东, 张巍, 晁雷. A/O 与人工湿地耦合处理生活污水实验研究[J]. 环境保护与循环经济, 2011, 31(6): 54-56.
- [11] 张健越, 刘世婷, 刘金凤, 袁嘉悦, 陈洪斌. 我国南方地区农村污水处理现状分析与对策研究——以浙江省和四川省为例[J]. 四川环境, 2025, 44(1): 69-75.
- [12] 郭钟锐, 王东, 孙滢斐, 付根深. 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.
- [13] 董畔. “双碳”战略下人工湿地污水处理技术创新及实践[J]. 中国资源综合利用, 2026, 44(2): 137-140.
- [14] 朱田田. 乡村振兴背景下农村污水治理技术应用存在的问题及优化建议[J]. 农村科学实验, 2024(23): 51-53.
- [15] 杜佳岷, 冯骞, 唐柏杨, 余博骋, 杨诗瑶, 唐国涛. 基于知情行理论的农户参与农村污水治理意愿研究——以经济较发达地区为例[J]. 中国农村水利水电, 2024(11): 111-118.
- [16] 龚珞军, 韩炜, 李明, 杨伟, 王小晓. 武汉市村组级人工湿地污水处理系统的现状与建议[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(S2): 693-696.

版权声明

© 2026 作者版权所有。本文依据“知识共用署名 4.0 国际授权合约”(CC BY 4.0) 以开放获取方式发布。该许可允许使用者在任何媒介中自由使用、复制、传播与改编文章(含商业用途), 惟须明确署名原作者及出处, 并注明所作修改(如有)。完整协议详见: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.zh-hans>

出版声明

所有出版物中的陈述、观点及资料仅代表作者及供稿者个人立场, 与 Brilliance Publishing Limited 及/或编辑人员无关。Brilliance Publishing Limited 及/或编辑人员对因内容所提及的任何理念、方法、说明或产品所导致的人身或财产损害概不负责。