

# 农村分散式生活污水处理工艺的适应性选择与运行管理

张小玲

江西可欣建设工程有限公司 江西九江 332000

**摘要：**农村水环境治理是乡村振兴战略和生态文明建设的重要组成部分。与城市集中式污水处理不同，农村地区因人口居住分散、管网铺设成本高、运维管理能力弱等特点，分散式生活污水处理成为主流技术路径。然而，技术种类繁多且各有优劣，如何科学选择与当地条件相适应的处理工艺，并建立长效稳定的运行管理机制，是当前农村人居环境整治中面临的核心难题。本文系统梳理了人工湿地、厌氧处理、一体化设备等主流分散式处理工艺的技术原理与适用边界。深入分析了地理环境、水质水量、经济成本、运维能力等关键因素对工艺选择的制约作用，并提出了一个多维度、可量化的适应性综合评价体系。在此基础上，本文重点构建了涵盖日常维护、问题应对、村民参与、政府监管的运行管理长效机制。本研究旨在为农村地区提供一套从技术选型到长效管理的系统性解决方案，以提升分散式污水处理设施的建设质量和运行效能，推动农村水环境质量的持续改善。

**关键词：**分散式污水处理；工艺选择；适应性评价；运行管理；农村环境

## 引言

随着我国农村经济发展和农民生活水平提高，生活污水排放量持续增加，无序排放导致农村水体富营养化、地下水污染和人居环境恶化。传统城市集中式污水处理模式因管网投资和运行费用高，在农村难以适用。所以，发展并推广分散式生活污水处理技术是解决农村水污染问题的必然选择。当前市场上分散式处理技术多样，有利用自然生态能力的人工湿地、以生物降解为核心的厌氧处理池、技术集成度高的一体化处理设备等。但实践中存在“重建设、轻管理”、技术选型与实际需求脱节、设施运行率低甚至闲置等问题，根源是缺乏科学的工艺适应性选择方法和可持续的运行管理机制。

## 一、农村分散式生活污水处理工艺类型及特点

### （一）常见分散式污水处理工艺概述

农村分散式污水处理工艺主要分为生态处理技术和生物处理技术两大类。生态处理技术利用土壤、植物、微生物等自然要素的物理、化学和生物协同作用净化污水，其代表为人工湿地。生物处理技术则通过人工强化微生物的代谢活动来降解污染物，主要包括厌氧生物处理和好氧生物处理。好氧生物处理常以一体化设备的形式出现，将曝气、沉淀、消毒等多个单元集成于一体。这些工艺在处理原理、占地面积、建设成本、运行能耗、处理效果和维护复杂度等方面存在显著差异，决定了它们各自不同的适用场景<sup>[1]</sup>。

### （二）人工湿地处理工艺及其适用条件

人工湿地模拟自然湿地的净化过程，通过基质过滤、植物吸收和微生物降解去除污水中的有机物、氮、磷等污染物。其核心优势在于建设成本相对较低，运行能耗极小，几乎无需电力，且兼具生态景观效益。但其缺点也十分突出，即占地面积大，处理效率受季节和气温影响显著，在冬季低温地区处理效果会大幅下降。此外，人工湿地存在堵塞风险，需要定期进行基质清理和植物收割维护。因此，该工艺最适用于土地资源丰富、经济欠发达、对景观有一定要求且冬季气温不过于寒冷的南方农村地区。

### （三）厌氧处理工艺及其适用条件

厌氧处理工艺是在无氧条件下，利用厌氧微生物将有机物分解为甲烷和二氧化碳的过程。常见的厌氧处理设施有化粪池、沼气池、厌氧滤池等。其最大优点是结构简单、建设成本低、运行管理方便，且能产生沼气等可再生能源。但厌氧处理对氮、磷的去除效率有限，出水水质通常无法直接达到排放标准，往往需要后续的好氧处理或生态处理单元进行深度净化。该工艺适用于对出水水质要求不高、或作为预处理阶段的农村地区，尤其适合在有畜禽养殖、可进行粪污协同处理的农户中推广。

### （四）一体化处理设备及其适用条件

一体化处理设备通常采用生物接触氧化、膜生物反应器等好氧处理技术，将反应器、沉淀池、消毒设备等集成在一个密闭的箱体中。其核心优势是占地面积小，

处理效率高且稳定，出水水质好，抗冲击负荷能力强。缺点是设备投资和运行成本较高，需要持续电力供应，且对操作人员的专业技能有一定要求。该工艺适用于土地资源紧张、对出水水质要求严格、经济条件较好或位于环境敏感区的农村地区，如城乡结合部、水源保护区、旅游村落等<sup>[2]</sup>。

## 二、处理工艺适应性选择的影响因素与评价方法

### (一) 地理环境与气候条件对工艺选择的影响

地理环境与气候条件是影响农村污水处理工艺选择的基础性约束因素，这些自然条件在很大程度上决定了可选工艺的范围和适用性。从地形地貌来看，山区、丘陵地带由于地势起伏较大，难以提供大面积平整土地，这就直接排除了人工湿地等需要较大占地面积的污水处理工艺。同时，复杂地形还会增加施工难度和建设成本。气候条件，特别是温度因素，对生物处理工艺的效率具有决定性影响。在北方地区，漫长的冬季和严寒天气会导致人工湿地系统冻结，微生物活性显著降低，处理效果无法达到预期标准。在这种情况下，就必须选择具有良好保温性能或对低温环境不敏感的一体化处理设备。此外，当地的地下水位高低也是一个重要考量因素，高地下水位地区需要进行特殊的地基处理，这会影响到施工方式的选择和建设成本。因此，在工艺选择初期就必须全面评估这些自然条件的限制。

### (二) 水质水量特征对工艺选择的影响

农村生活污水的水质水量特征具有明显的特殊性，这些特征直接影响着处理工艺的选择和技术路线的确定。从水质方面来看，农村污水通常具有波动性大、早晚集中排放、季节性变化明显等特点。污水中的主要污染物浓度，特别是化学需氧量(COD)、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)、总磷(TP)等关键指标的浓度水平，是决定处理工艺复杂程度的核心参数。对于污染物浓度较低的污水，采用简单的厌氧处理工艺或人工湿地系统可能就能满足处理要求；而对于污染物浓度较高或含有较多难降解有机物的污水，则需要选择处理能力更强、工艺更复杂的一体化处理设备。从水量方面来看，排放规模和变化规律同样至关重要。对于人口集中、水量较大的村庄，一体化处理设备的规模效应更能体现其经济优势；而对于高度分散、水量极小的单户或几户居民，则低成本的厌氧处理工艺更为经济实用。因此，必须通过长期监测获取准确的水质水量数据，才能做出合理的工艺选择<sup>[3]</sup>。

### (三) 经济成本与运维能力对工艺选择的影响

经济成本和运维能力是决定农村污水处理工艺能否

长期稳定运行的关键因素，需要在选择过程中给予充分重视。经济成本主要包括建设投资和运行费用两大部分。建设投资需要考虑设备购置、土建施工、管网铺设等一次性投入成本，这些费用往往占项目总投资的很大比重。运行费用则包括日常的电费、药剂费、污泥处置费和人工维护费等持续性支出。由于农村地区的经济承受能力有限，必须进行全生命周期的成本效益分析，确保所选工艺在经济上具有可持续性。运维能力方面，需要重点评估当地是否具备专业的技术人员，村民是否愿意并能够承担日常的简单维护工作，以及地方政府是否有稳定的财政预算来支持设施的长期运行。一个技术上再先进的工艺，如果超出了当地的运维能力范围，最终也难以避免被闲置的命运。因此，在选择工艺时必须坚持“量力而行”的原则，确保技术与当地的经济条件和运维能力相匹配。

### (四) 适应性选择的综合评价体系

为避免农村污水处理工艺选择的盲目性和主观性，需要建立一个科学、系统的综合评价体系。该体系应当是一个多准则决策模型，能够从技术、经济、环境、社会和管理等多个维度对备选工艺进行全面评估。技术指标包括处理效果、抗冲击负荷能力、占地面积等技术性能参数；经济指标涵盖建设成本、运行成本、投资回收期等经济性指标；环境指标需要考虑资源消耗、二次污染风险等环境影响；社会指标包括村民接受度、景观协调性等社会效益因素；管理指标则涉及操作复杂度、维护频率等运行管理要求。通过采用层次分析法(AHP)或模糊综合评价法等科学方法，为各指标赋予合理的权重，最终对不同备选工艺进行综合评分，从而筛选出与当地条件匹配度最高的最优方案。这种体系化的选择方法，能够显著提升决策的科学性和项目的成功率，确保农村污水处理设施长期稳定运行<sup>[4]</sup>。

## 三、分散式污水处理系统的运行管理机制

### (一) 日常运行维护的主要内容与技术要求

日常运行维护工作是确保污水处理设施长期稳定运行、持续发挥环境效益的重要保障措施。对于人工湿地系统而言，日常维护工作主要包括：定期巡检进水管道的布水系统是否畅通无阻，及时清理湿地表面堆积的落叶、塑料袋等杂物，科学控制湿地植物的生长密度和高度，按季节规律收割枯萎植物以防止二次污染，以及定期检查填料层是否存在淤积堵塞现象。对于厌氧处理池，重点维护内容包括：定期打捞水面浮渣、清除底部沉积污泥，全面检查池体及管道的气密性状况，确保沼气收

集系统安全可靠运行。对于一体化处理设备，技术要求更为专业精细，需要定期检查曝气系统的运行参数是否正常，监测水泵和各类阀门的运转状态，规范进行污泥回流与排放操作，并按照标准方法定期检测进出水水质指标。所有维护工作都必须建立完整的台账记录体系，详细记载每次维护的具体时间、作业内容、操作人员、发现的问题及处理结果，形成系统化、可追溯的运行管理档案。

### （二）运行管理中的常见问题与应对措施

在实际运行管理过程中，经常遇到的问题主要包括：设备因突发停电或机械故障导致运行中断，管网系统堵塞造成污水无法正常进入处理设施，冬季低温环境导致生物处理效率显著下降，以及村民不当使用（如随意倾倒生活垃圾、厨余油污）造成系统负荷超标或设备损坏等问题。针对这些问题需要采取系统性的应对方案：对于设备故障问题，应当组建专业维修队伍并建立常用备品备件储备库，确保故障能够及时排除；对于管网堵塞问题，需要制定定期清淤计划，同时加强村民环保意识教育；针对冬季低温影响，可采取设备保温、调整运行参数等技术措施；对于村民不规范使用行为，应当通过制定村规民约、建立奖惩制度等方式进行约束管理，并在设施进水口设置格栅等预处理装置，有效拦截大块杂物<sup>[5]</sup>。

### （三）村民参与与社区管理机制

作为分散式污水处理设施的直接使用者和最终受益者，村民的参与程度和配合意愿直接关系到设施管理的长效性。应当建立以村民自治为基础的社区化管理机制，具体包括：组建由村干部、党员代表和村民代表共同参与的环境监督小组，负责日常巡查和监督工作；推行“门前三包”等责任制度，将设施周边的环境卫生责任落实到户；同时建立合理的收费机制，按照“污染者付费”和“受益者付费”原则，向村民收取适当的污水处理费，专项用于设施运行维护。收费标准的制定应当经过民主协商，充分考虑村民经济承受能力，并定期公示收支情况接受监督。这种将村民自治与专业技术指导相结合的管理模式，能够有效调动村民参与的积极性。

### （四）政府监管与技术支持体系

政府部门在分散式污水处理设施运行管理中承担着多重职责。在监管方面，环保部门应当建立常态化的监测检查制度，包括定期水质监测和不定期现场抽查，并

将考核结果与财政奖补政策挂钩；在支持方面，应当设立专项运维资金，重点支持经济欠发达地区，同时组织开展多层次技术培训；在引导方面，应当通过政策扶持培育专业的第三方运维服务市场，鼓励有资质的企业通过市场化方式承接运维业务，实现规模化、专业化管理，从而提升运维效率、降低管理成本。

### 结语

农村分散式生活污水处理的成败，不在于单一技术的先进性，而在于技术选择的科学性和管理机制的长效性。适应性选择是前提，它要求决策者摒弃“一刀切”的思维，深入调研，综合权衡，为每一个具体的村庄“量身定制”最适宜的技术方案。运行管理是保障，它要求构建一个政府、市场、村集体、村民多方协同、权责明晰的管理网络，确保设施能够持续稳定运行。二者共同构成了农村分散式污水处理工作的核心。未来的发展方向，一方面是研发成本更低、能耗更小、操作更简便、适应性更强的新型处理技术和智能化监控设备，降低技术门槛和管理难度；另一方面是深化体制机制改革，探索更有效的市场化运维模式和更精准的政府补贴方式，最终形成一套可复制、可推广的农村生活污水治理长效机制，为全面改善农村人居环境、建设美丽中国提供坚实的支撑。

### 参考文献

- [1]唐跃明.农村生活污水收集模式与常用处理工艺分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)农业科学,2022(5):3.
- [2]王波,税燕萍,张杰彬,等.农村污水处理技术指南编制的若干建议[J].环境保护,2021,49(1):4.
- [3]陈融旭,张杨,时芳欣,等.黄河流域农村生活污水特征及适宜处理技术分析[C]//中国环境科学学会2022年科学技术年会——环境工程技术创新与应用分会场论文集(二).2022.
- [4]王波,税燕萍,张杰彬,等.农村污水处理技术指南编制的若干建议[J].环境保护,2021,49(1):20-23.
- [5]董亚明,李爱英.新疆农村生活污水治理现状及技术适应性研究[J].环境与可持续发展,2020,45(3):4.DOI:CNKI:SUN:HJKD.0.2020-03-025.