

农村生活污水高效处理技术创新研究

邓有华¹ 杨宏²

1. 景洪市景哈哈尼族乡农业农村发展服务中心, 中国·云南 景洪 666109

2. 景洪市勐罕镇农业农村发展服务中心, 中国·云南 景洪 666108

摘要: 农村生活污水的处理是当前农村生态环境保护的重要任务之一。由于农村地区经济条件、基础设施和污水特性与城市存在显著差异, 传统的污水处理技术难以满足农村需求。论文综述了农村生活污水的特点和处理现状, 重点探讨了近年来在农村生活污水处理领域出现的高效处理技术创新, 包括生物处理技术、生态处理技术以及一体化设备技术等。通过对这些技术的原理、优势和适用条件的分析, 提出了未来农村生活污水高效处理技术的发展方向, 旨在为农村污水处理提供科学依据和技术支持。

关键词: 农村生活污水; 高效处理; 技术创新; 生物处理; 生态处理; 一体化设备

Research on Innovation of Efficient Treatment Technology for Rural Domestic Sewage

Youhua Deng¹ Hong Yang²

1. Jinghong City Jinghahani Ethnic Township Agricultural and Rural Development Service Center, Jinghong, Yunnan, 666109, China

2. Agricultural and Rural Development Service Center, Menghan Town, Jinghong City, Jinghong, Yunnan, 666108, China

Abstract: The treatment of rural domestic sewage is one of the important tasks of current rural ecological environment protection. Due to significant differences in economic conditions, infrastructure, and sewage characteristics between rural areas and cities, traditional sewage treatment technologies are difficult to meet the needs of rural areas. The paper summarizes the characteristics and current treatment status of rural domestic sewage, with a focus on exploring the efficient treatment technology innovations that have emerged in the field of rural domestic sewage treatment in recent years, including biological treatment technology, ecological treatment technology, and integrated equipment technology. By analyzing the principles, advantages, and applicable conditions of these technologies, the development direction of future high-efficiency treatment technologies for rural domestic sewage is proposed, aiming to provide scientific basis and technical support for rural sewage treatment.

Keywords: rural domestic sewage; efficient processing; technological innovation; biological processing; ecological treatment; integrated equipment

0 前言

随着中国农村经济的快速发展和农村居民生活水平的提高, 农村生活污水的排放量不断增加。然而, 由于农村地区污水处理设施覆盖率低、技术水平落后, 大量生活污水未经处理直接排放, 对农村水体、土壤和生态环境造成了严重污染, 影响了农村居民的生活质量和健康水平。因此, 开发和应用高效、经济、可持续的农村生活污水处理技术, 已成为当前农村生态环境保护的重要任务之一。

1 农村生活污水的特点及处理现状

1.1 农村生活污水的特点

农村生活污水主要包括厨房污水、洗涤污水和厕所污水等, 具有以下特点:

①排放分散: 农村居民居住分散, 房屋布局零散, 污水排放点多且分散, 难以集中收集处理。这种分散的排放特点使得污水收集管网建设难度大、成本高, 且污水水量小、水质波动大, 给污水处理设施的设计和运行带来了挑战。因

此, 需要开发适合农村分散污水的就地处理技术, 以提高农村生活污水治理效率。

②水量波动大: 农村生活污水的排放量受季节、天气和居民生活习惯的显著影响, 导致水量波动明显。例如, 夏季用水量大, 污水排放量增加; 冬季则相对减少。节假日和农忙时节, 居民用水习惯改变, 污水排放量也会出现短期高峰。这种水量的不稳定性给污水处理设施的运行和管理带来了挑战, 需要处理工艺具备较强的抗冲击负荷能力, 以确保处理效果的稳定性和可靠性。

③水质复杂: 农村生活污水成分复杂, 包含大量有机物、氮、磷等污染物。其中, 有机物主要来源于厨房废水和洗涤废水, 氮、磷主要来自厕所污水和生活洗涤剂。此外, 污水碳氮比低, 通常低于 5 : 1, 导致微生物分解有机物时缺乏足够碳源, 可生化性较差, 处理难度增大。因此, 处理工艺需针对这些特点进行优化, 以提高处理效率^[1]。

④污染物浓度较低: 农村生活污水的污染物浓度相对较低, 其 COD、NH₄⁺-N、TP 等指标通常低于城市生活污水。

例如,农村污水 COD 浓度多在 200mg/L 左右,而城市污水可达 300~400mg/L。尽管浓度低,由于水量小、分散,且可生化性差,处理难度反而较大,需采用针对性强、运行稳定的处理技术。

1.2 农村生活污水的处理现状

目前,中国农村生活污水治理工作仍处于起步阶段,处理设施覆盖率低,处理技术相对落后。据统计,截至 2023 年,中国农村生活污水治理率仅为 30% 左右,仍有大量农村地区缺乏有效的污水处理设施。现有的农村污水处理技术主要包括传统生物处理技术、生态处理技术和一体化设备技术等,但这些技术在实际应用中仍存在一些问題,如处理效率低、运行成本高、维护管理复杂等。

2 农村生活污水高效处理技术创新

2.1 生物处理技术

生物处理技术是利用微生物的代谢作用对污水中的有机物进行降解和转化的一种处理方法。近年来,生物处理技术在农村生活污水治理领域得到了广泛应用,并不断涌现出一些新的技术和工艺。

①生物膜技术:生物膜技术是通过在填料表面附着微生物膜,利用微生物代谢的作用对污水中的有机物进行降解。与传统的活性污泥法相比,生物膜技术具有抗冲击负荷能力强、运行稳定、污泥产量少等优点。例如,生物转盘、生物滤池等生物膜处理工艺在农村生活污水治理中表现出良好的效果。生物转盘通过转盘的旋转,使生物膜与污水充分接触,同时利用空气中的氧气进行曝气,提高了处理效率。生物滤池则通过填料层的过滤作用,使污水中的污染物被微生物降解,出水水质稳定。

②厌氧好一氧组合工艺:厌氧一好氧组合工艺是将厌氧处理和好氧处理相结合的一种工艺。厌氧处理可以有效去除污水中的有机物,同时降低能耗;好氧处理则可以进一步去除污水中的氨氮和磷等污染物。例如,厌氧折流板反应器(ABR)与好氧生物滤池的组合工艺在处理农村生活污水时,对 COD、BOD、NH₄-N、TN 和 TP 的去除率分别可达 80%、90%、70%、60% 和 50% 以上。该工艺具有处理效率高、运行成本低、占地面积小等优点,适合在农村地区推广应用^[2]。

2.2 生态处理技术

生态处理技术是利用自然生态系统中的生物、物理和化学作用对污水进行净化的一种处理方法。生态处理技术具有投资少、运行成本低、生态效益显著等优点,适合在农村地区应用。

①人工湿地技术:人工湿地是通过人工设计和建造的湿地系统,利用湿地植物、微生物和基质的协同作用对污水进行净化。人工湿地具有投资少、运行维护费用低、生态效益显著等优点。研究表明,人工湿地对 COD、NH₄-N、TN

和 TP 的去除率分别可达 70%、80%、60% 和 70% 以上。然而,人工湿地也存在占地面积大、水力负荷较低、处理效果受季节影响等缺点。为解决这些问題,研究人员开发了多种改进型人工湿地技术,如垂直流人工湿地、水平流人工湿地和复合流人工湿地等。复合流人工湿地结合了垂直流和水平流人工湿地的优点,具有较高的处理效率和较小的占地面积,适合在农村地区推广应用。

②生态塘技术:生态塘是一种利用自然水体的自净能力对污水进行净化的处理方法。生态塘通过水生植物、微生物和浮游生物的协同作用,对污水中的有机物、氮、磷等污染物进行降解和吸收。生态塘具有投资少、运行成本低、生态效益显著等优点,适合在农村地区应用。研究表明,生态塘对 COD、NH₄-N、TN 和 TP 的去除率分别可达 60%、70%、50% 和 60% 以上。然而,生态塘的处理效率受季节和气候条件影响较大,适合在气候温和、水量充足的地区应用。

2.3 一体化污水处理设备

一体化污水处理设备是将多种污水处理工艺集成于一体的高效处理设备,具有占地面积小、建设周期短、自动化程度高、运行稳定等优点。近年来,随着技术的不断进步,一体化污水处理设备在农村生活污水治理领域得到了广泛应用。

①膜生物反应器(MBR)一体化设备:膜生物反应器(MBR)是一种将膜分离技术与生物处理技术相结合的高效污水处理工艺。RMB 一体化设备通过膜组件的过滤作用,有效截留污水中的悬浮物和微生物,提高了处理效率和出水水质。研究表明,MBR 一体化设备对 COD、BOD、NH₄-N、TN 和 TP 的去除率分别可达 90%、95%、80%、70% 和 80% 以上。该设备具有占地面积小、运行稳定、出水水质好等优点,适合在农村地区推广应用。

②地理式一体化设备:地理式一体化设备是一种将污水处理设备安装在地下,通过地表绿化等方式进行美化的一种处理设备。地理式一体化设备具有占地面积小、噪声低、异味少等优点,适合在农村地区应用。研究表明,地理式一体化设备对 COD、BOD、NH₄-N、TN 和 TP 的去除率分别可达 80%、90%、70%、60% 和 70% 以上。该设备采用自动化控制系统,运行维护简单,适合在农村地区推广应用^[3]。

3 农村生活污水高效处理技术创新的驱动因素

3.1 政策法规的推动

近年来,中国政府高度重视农村生态环境保护,出台了一系列政策法规,对农村生活污水治理提出了明确要求。例如,《农村人居环境整治提升五年行动方案(2021—2025 年)》提出,到 2025 年,农村生活污水治理率要达到 40% 以上。这些政策法规为农村生活污水高效处理技术创新提供了政策支持和动力。

3.2 农村环境需求的驱动

农村生活污水的无序排放导致了农村水体污染、生态系统破坏和居民健康问题,严重影响了农村人居环境和可持续发展。因此,开发高效、低耗、经济适用的污水处理技术,实现农村生活污水达标排放和资源化利用,已成为农村环境保护的迫切需求。

3.3 技术发展的促进

随着科学技术的不断进步,污水处理技术也在不断创新和发展。例如,生物膜技术、人工湿地技术、膜分离技术等在水处理领域的应用越来越广泛。这些新技术的出现为农村生活污水高效处理技术创新提供了技术支持。

4 农村生活污水高效处理技术的发展方向

4.1 智能化与自动化

随着物联网、大数据和人工智能技术的不断发展,农村生活污水处理设备的智能化和自动化水平将不断提高。通过在污水处理设备中安装各类传感器(如水质传感器、流量传感器、液位传感器等),能够实时监测污水的水质、水量以及设备的运行状态。结合自动化控制系统,可实现设备的远程监控、故障报警、自动调节运行参数等功能,从而提高污水处理效率和运行稳定性,降低人工巡检和操作成本。智能化与自动化的应用,不仅提升了农村污水处理设施的管理水平,还为实现无人值守运行提供了可能,推动农村污水处理向高效、精准、可持续的方向发展。

4.2 生态化与资源化

未来农村生活污水处理技术将向生态化与资源化方向发展。一方面,生态处理技术如人工湿地、生态塘等将被广泛应用,利用自然生态系统的净化功能,实现污水处理与生态修复的有机结合,提升农村生态环境质量。另一方面,通过开发资源回收技术,例如从污水中回收氮、磷等营养物质,用于农业生产,不仅能减少污染物排放,还能实现资源的循环利用,推动农村污水处理的可持续发展,助力乡村振兴^[4]。

4.3 集成化与模块化

未来,农村生活污水处理技术将朝着集成化与模块化方向发展。通过将生物处理、生态处理等多种工艺集成于一体,开发一体化污水处理设备,能够充分发挥不同工艺的优势,显著提高处理效率。同时,采用模块化设计理念,将设备划分为多个标准化模块,不仅便于运输、安装和维护,还

能根据实际需求灵活调整设备规模和工艺组合。这种集成化与模块化的设计思路,将有效降低农村污水处理设施的建设成本和运行成本,提升设备的适应性和可持续性,为农村污水治理提供更加高效、经济的解决方案^[5]。

4.4 低成本与可持续

未来,农村生活污水处理技术将更加注重低成本和可持续性。一方面,通过开发高效、低耗、经济适用的处理技术,如优化生态处理工艺、简化设备结构等,降低污水处理设施的建设和运行成本,使其更符合农村地区的经济条件。另一方面,加强技术研发和创新,提高处理技术的稳定性和适应性,确保污水处理设施能够长期稳定运行,减少维护成本和资源消耗,实现农村生活污水治理的可持续发展,为农村生态环境保护提供有力保障。

5 结语

农村生活污水的高效处理是当前农村生态环境保护的重要任务之一。近年来,随着技术的不断进步,农村生活污水处理技术得到了快速发展,生物处理技术、生态处理技术和一体化设备技术等在农村地区得到了广泛应用。然而,现有的处理技术仍存在一些问題,如处理效率低、运行成本高、维护管理复杂等。未来,农村生活污水处理技术将朝着智能化、生态化、集成化和低成本的方向发展。通过加强技术研发和创新,开发高效、低耗、经济适用的处理技术,实现农村生活污水的达标排放和资源化利用,将为农村生态环境保护和可持续发展提供重要支持。

参考文献:

- [1] 黄鹏.农村生活污水处理中A-MBR工艺设计探讨[J].黑龙江环境通报,2025,38(6):23-25.
- [2] 丁富鑫.西南地区农村生活污水治理技术设计探讨[J/OL].给排水,1-5[2025-06-14].
- [3] 向津.关于农村生活污水分散式治理技术的应用[J].黑龙江环境通报,2025,38(5):79-81.
- [4] 王子兴,咸义,段会波,等.我国农村生活污水处理研究现状与趋势[J].环境生态学,2025,7(5):74-82.
- [5] 李剑.城市与农村生活污水处理设备对比分析[J].农村科学实验,2025(8):57-59.

作者简介: 邓有华(1972-),男,中国湖南祁东人,本科,环境保护工程师,从事环境工程研究。