

农村生活污水治理现状及治理技术探讨

刘聪

天津易合工程设计有限公司

摘要：农村生活污水治理是我国农村水环境保护的重要内容。当前，我国农村生活污水治理面临着严重的挑战。本文分别对南北方农村生活污水治理现状进行分析，提出了农村生活污水治理的重要性，探讨了现有农村生活污水处理技术，以期为我国农村污水治理提供参考。

关键词：农村生活污水；治理现状；治理技术；探讨

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.18.120

随着我国农村经济的快速发展和农民生活水平的不断提高，农村生活污水排放量逐年增加，对农村水环境造成了严重污染。农村生活污水治理问题已成为影响农村生态环境和农民生活质量的关键因素。为此，有必要深入研究农村生活污水的来源、特征及治理技术，促进农村水环境的改善。

一、农村生活污水治理现状分析

（一）南方农村生活污水治理现状

1. 农村生活污水排放特点

南方农村生活污水排放受地形地貌影响较大。南方地区多山地、丘陵，许多农村依山傍水而建，导致生活污水排放呈现明显的分散性。污水沿着地势自高处向低处流动，汇入附近的水体，如河流、湖泊等。这也使得南方农村污水治理面临着较大的挑战，需要因地制宜地开展治理工作^[1]。

南方农村生活污水排放具有明显的季节性。南方地区雨量充沛，尤其在每年的汛期，大量雨水混合着生活污水，使得污水排放量剧增。此时，农村污水处理设施面临巨大压力，稍有不慎便可能导致污水溢流，影响周边环境。

南方农村生活污水排放中，生活污染与农业污染相互交织。许多农村居民将生活污水直接排入农田，作为灌溉用水。虽然在一定程度上实现了资源利用，但也加剧了农业面源污染。此外，农药、化肥的过量使用，使得农田土壤和水体受到污染，进而影响农村生态环境^[2]。

2. 治理现状及存在的问题

目前，南方农村的生活污水治理主要采取集中式和分散式两种模式。集中式治理通常通过建设污水处理厂来实现，而分散式治理则主要依赖于农户自行处理或小型设施处理。在一些经济较为发达的地区，集中式治理已经取得了一定的成效，污水处理厂能够有效地处理大量的生活污水，并将处理后的水排放至河流或湖泊中。然而，在大多数地区，由于资金、技术等限制，分散式治理仍是主流。

尽管分散式治理在一定程度上缓解了农村生活污水的污染问题，但其存在的问题也不容忽视。首先，由于

农户自身处理能力有限，很多时候污水只能经过简单的沉淀或过滤处理后就直接排放，导致污染物无法得到有效去除。其次，分散式治理缺乏统一规划和监管，导致设施运行不规范、维护不到位等问题频发。最后，由于农户对环保意识的淡薄，很多时候即使有处理设施也不会正常使用，进一步加剧了污水的污染^[3]。

（二）北方农村生活

1. 农村生活污水排放特点

北方农村生活污水排放具有较强的季节性。冬季寒冷，污水排放量相对较少，大部分时间用于取暖和生活用水。而到了夏季，气温升高，雨水增多，污水排放量也随之增大。此时，农村生活污水中的有机物、悬浮物和病原微生物含量较高，对环境的影响也更为明显。北方农村生活污水排放方式多样。一部分农村采用地下管道排放，这种方式在一定程度上减少了污水对地表的污染，但管道老化、破损等问题也导致污水泄漏现象时有发生。另一部分农村则采用明渠排放，这种方式虽然方便管理，但容易造成地表水污染，影响村民的生活质量。农村家庭普遍饲养家禽家畜，这些动物产生的粪便污水直接排放，给环境带来了很大压力。然而，这也催生了农村生物肥料的广泛应用，许多农民将粪便污水用作肥料，实现了资源的再利用。

2. 治理现状及存在的问题

在北方农村地区，随着经济的蓬勃发展和人口的不断增长，生活污水治理已成为一个迫切需要解决的问题。由于污水处理效率低下，难以满足日益增长的需求。同时，财政收入有限且资金筹措机制尚不完善，进一步制约了污水处理设施的建设和运营^[4]。

此外，环境污染对农村居民生产生活的影响远远低于城市居民，使得农村居民的环保意识相对较弱，他们往往习惯于直接排放生活污水，认为经过处理的水不利于农业灌溉。这种传统观念的根深蒂固，使得农村地区的污水排放长期处于无序状态。同时，农村人口分布较为分散，建设污水管网的投资成本高昂，导致大部分农村地区缺乏配套的污水处理设施。即使有些地区通过国家补助资金建设了污水处理设施，但由于缺乏资金建设配套的排水管网以及运营经费，这些设施往往难以发挥应有的作用。

另外，农村生活污水的排放量相对较小且不稳定，这给污水处理带来了额外的难度。受村民起居生活习惯的影响，农村生活污水排放存在早、中、晚三个高峰期，而午夜到凌晨时段污水排放量很少甚至断流；农村生活污水排放量受季节及人口流动规律影响，呈现明显季节性和阶段性激增变化规律，这些特点都增加了农村污水处理项目有效运营的难度。

二、农村生活污水治理的重要性

农村生活污水治理是维护生态平衡的关键一环。生活污水中蕴藏着丰富的有机物、氮、磷等营养元素，若未经处理便肆意排放，将引发水体富营养化，进而催生水华等一系列生态灾难，破坏水生生态系统的和谐共生。通过科学有效的污水治理措施，我们可以显著降低这些污染物的排放量，从而守护珍贵的水资源，维护生态环境的稳定与平衡。

农村生活污水治理对于保障人类健康具有不可替代的作用。生活污水中潜藏着众多病原体和有害物质，一旦未经处理便渗入饮用水源和农田灌溉水，将对人类的身体健康构成严重威胁。通过深入推进污水治理工作，我们可以有效杀灭病原体，去除有害物质，确保饮用水的安全与清洁，保障农田灌溉水质的优良与可靠，从而筑牢人类健康的坚实防线。

农村生活污水治理对于推动农村经济社会可持续发展具有深远意义。随着农村经济的蓬勃发展和人口的持续增长，污水治理需求呈现出日益旺盛的态势。通过加大对农村生活污水治理的投入力度，不仅可以提升农民的环保意识和生活品质，还能促进农村旅游业和特色农业的蓬勃发展，为农村经济社会的可持续发展注入新的活力与动力。

三、农村生活污水处理技术

(一) 化粪池技术

化粪池作为农村居民排出粪水接入公共污水管道前的处理单元，实际使用最为普遍，其结构简单、效果较好。化粪池是一种无须外部动力、依靠自然原理进行污水处理的设施。它主要通过沉淀和厌氧发酵两个过程，去除污水中的悬浮物和有机物。当污水流入化粪池，其中的固体杂质和有机物在重力作用下沉积在池底，形成污泥。同时，池内的厌氧微生物在缺氧条件下分解这些有机物，产生沼气。经过一段时间的处理，上层的水变得相对清澈，可以用于农田灌溉或其他非饮用需求。

化粪池技术的优点显而易见。首先，其结构简单，施工快捷方便，无须依赖复杂的设备或专业人员。其次，与其他污水处理方法相比，化粪池的建设成本和运营维护费用都相对较低。此外，通过厌氧发酵产生的沼气可以作为可再生能源使用，进一步降低了能耗。最重要的是，化粪池能有效去除污水中的悬浮物和有机物，减少对水体的污染压力。然而，化粪池技术也存在一些局限性。由于其处理能力有限，只能去除污水中的部分有机物和悬浮物，对于氮、磷等营养物质的去除效果并不理想。同时，化粪池的占地面积相对较大，这对于土地资源紧张的农村地区来说是一个挑战。另外，化粪池产生的污泥中可能含有病原体和有害物质，如果不及时清理和妥善处理，可能会造成二次污染。最后，在寒冷地区，低温环境可能抑制厌氧微生物的活性，从而影响化粪池的处理效果。

(二) A²O 工艺

A/A/O工艺即厌氧/缺氧/好氧活性污泥法。通过结合厌氧、缺氧和好氧三个活性污泥处理阶段，有效去除污水中的有机物、氮和磷。在这个过程中，污水首先进

入厌氧区，然后流向缺氧区，最后到达好氧区。好氧区负责硝化过程，并将混合液回流至缺氧区进行反硝化，从而实现脱氮。这种工艺利用不同微生物菌群在不同处理阶段的协同作用，确保污水中的污染物得到全面去除，实现了生物除磷和生物除氮的双重目标。具体流程如下图所示。

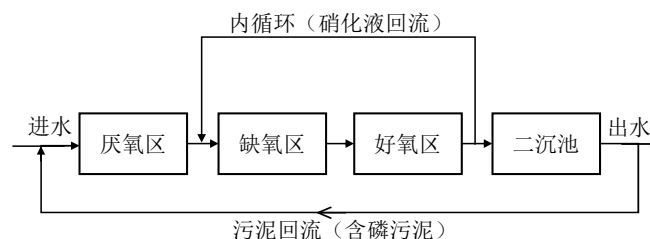


图1 传统A²O模式工艺流程示意图

这一污水处理工艺采用了先进的生物降解技术，通过多级反应池实现了对污水中有机物、氮、磷等污染物的高效去除。首先，原水与回流污泥在厌氧池内相遇，污泥中的聚磷菌在无氧环境下释放磷并吸收原水中的有机物质。接下来，混合液进入缺氧池，反硝化菌在此利用有机物质和回流硝酸盐进行反硝化脱氮。脱氮完成后，液体流入好氧池，硝化菌在此将氨氮转化为硝酸盐，同时聚磷菌进行好氧吸磷，将磷固定下来。好氧细菌在此进一步氧化剩余的有机物。最后，经过沉淀池分离，清水排放，沉淀污泥部分回用于厌氧池，部分作为富磷剩余污泥排出。

A²O工艺作为一种高效的污水处理技术，其优点在于运行稳定且具备良好的抗冲击能力。在厌氧、缺氧和好氧三种环境条件下，该工艺能够协同多种微生物菌群，实现有机物去除、脱氮除磷等多重功能。然而，该工艺也存在一些局限性。首先，剩余污泥中磷含量较高，通常超过2.5%，需要进行化学析磷处理，增加了运营成本。其次，脱氮效果受到混合液回流比的影响，而除磷效果则受到回流污泥中溶解氧和硝酸态氧的干扰，导致脱氮除磷效率难以达到理想水平。此外，对于中小型污水处理厂而言，A²O工艺涉及较多的土建工程，占地面积较大，因此初始投资较高^[5]。

(三) 雨污分流技术

首先是规划与设计阶段，对农村地区的自然条件如地形、地貌及气候等进行深入分析，以形成科学的雨污分流规划设计方案。同时，考虑到农村未来的经济发展和人口增长趋势，确保规划的长远性和可持续性。接下来是管网建设环节，依据设计方案建造独立的雨水和污水管网系统。在施工时，选用适宜的管材和连接技术，以保证管网的完整性和使用寿命。同时，应设置必要的检查口和清洁口，便于日后的维护管理工作。第三步是污水处理设施的建设，即在污水管网的终点建立污水处理厂，对居民生活产生的污水进行集中处理。根据污水的具体特性和处理需求，选择最适合的处理技术和设备，确保污水处理效果达到规定标准。同时，加强污水处理厂的运营管理，确保其高效稳定运行。最后是监管

与维护环节，建立全面的雨污分流监管体系，定期对雨水和污水管网进行检查和保养，保证系统畅通。同时，加大对污水处理厂的监管力度，确保其排放符合环保标准。一旦发现问题，立即进行整改，确保雨污分流系统的有效运作。

雨污分流技术在农村地区的应用具有显著的优势。它能有效降低环境污染。通过将雨水和生活污水分开排放，避免了两者混合后对环境造成的污染。其次，该技术能提高污水处理效率。由于雨水和生活污水被分开处理，污水处理厂可以针对不同类型的污水采取更合适的处理方法，从而提高处理效率。最后，雨污分流技术还有助于资源回收利用。比如，收集的雨水可以用于农田灌溉、景观用水等，而经过处理的生活污水则可以作为回用水使用。

（四）人工湿地技术

人工湿地是一种模拟自然湿地功能的生态工程，它通过构建水池或沟槽，铺设防渗漏隔水层，填充土壤或填料层，并种植芦苇等维管束植物或水生植物，实现对污水的有效净化。这种净化过程主要依赖于植物根区的充分接触、生物膜的形成以及溶解氧的参与。人工湿地根据水流方式的不同，可分为表面径流人工湿地和人工潜流湿地两种类型。

与传统污水处理厂相比，人工湿地具有显著的优势。它的投资成本和运行费用都相对较低。尤其在农村地区，由于人口密度较小，人工湿地的投资成本通常可以节省1/3至1/2。人工湿地的处理过程基本上采用重力自流的方式，无须额外能源消耗，因此运行费用极低。相比之下，传统污水处理厂处理每吨废水的成本通常在1元左右，而人工湿地的处理成本不到2毛。除了经济优势外，人工湿地在环境保护方面也表现出色。它采用纯生物技术进行水质净化，避免了化学方法可能带来的二次污染。同时，人工湿地以水生植物和水生花卉为主要处理植物，不仅能有效净化污水，还能改善农村环境，增加景观效果。此外，人工湿地还具有可持续的经济效益，可以选择种植一些具备净化效果和经济价值的水生植物，实现污水处理与经济效益的双赢。从运行管理的角度来看，人工湿地也具有明显的便捷性。它完全采用生物方法自行运转，基本无须专人负责。只需定期清理格栅池、隔油池、每年收割一次水生植物即可。这种简



图2 庭院人工湿地

便的管理方式大大降低了运营成本和人力投入。

在设计和建设人工湿地时，需要注意一些关键问题。首先，要防止湿地填料堵塞问题、植物死亡问题和过冬问题。这些问题可能会影响到湿地的正常运行和处理效率。其次，人工湿地的服务年限一般按照10-15年计算。设计比较完善的湿地系统在15年以后才需要清理填料床，达到服务年限的人工湿地系统在清理填料床后，即可重新投入使用。因此，在设计和建设时，应充分考虑这些因素以确保湿地的长期稳定运行。

（五）缺氧池→BAF生态池→除磷工艺

该创新工艺融合了先进的缺氧池与BAF生态池技术，通过独特的上向流设计，实现了污水与空气的同步底部注入。这一设计不仅为微生物降解有机物提供了优越环境，显著提高了污水处理效率，同时滤料的运用既拦截了悬浮物和脱落生物膜，又具备自动反冲洗功能，大幅降低了人力成本。工艺中增设的除磷步骤进一步优化了出水水质，确保达到一级A标准，完美符合严苛的环保要求。

该工艺的紧凑布局和小巧占地面积使其成为土地资源有限的农村和居民区的理想选择。在运行期间，它不仅无异味，且无污水泄漏，与周围环境和谐共生。此外，较低的基建及运营成本，以及支持自动化、智能化管理的特点，进一步减轻了维护压力。该工艺适用于处理200至2000立方米/日的污水量，为农村和居民区提供了高效、可靠的污水处理解决方案。从技术创新、经济效益和环保效益三个维度看，该工艺展现出巨大的发展潜力和广阔的应用空间。

结束语

我国农村生活污水治理技术种类繁多，但每种技术都有其适用范围和局限性。在实际治理过程中，应根据当地农村生活污水的特点、经济条件、地理环境等因素，选择适合的治理技术，实现农村生活污水的有效治理。同时，还应加强对农村生活污水治理技术的研发和创新，不断提高治理效果，为改善农村生态环境、提高农民生活质量作出贡献。

参考文献

- [1] 丁建军, 杨云波. 农村生活污水治理现状及技术应用比较研究[J]. 资源节约与环保, 2022(8): 141-144.
- [2] 张秋洁. 农村生活污水治理现状及主要应用技术分析[J]. 资源节约与环保, 2023(12): 132-135.
- [3] 倪洁, 郎杭, 徐东昱, 等. 农村生活污水治理技术的比较评价及应用现状[J]. 环境保护前沿, 2022, 12(4): 858-865.
- [4] 方艳, 定花. 中国湖北某县农村生活污水污染现状及治理技术[J]. 生态与环境科学, 2023, 4(1).
- [5] 王申全. 农村生活污水污染现状及其治理技术[J]. 国际援助, 2022(15): 145-147.

作者简介: 刘聪, 1989.10, 女, 汉, 河北省邯郸市, 硕士研究生, 天津易合工程设计有限公司, 中级工程师, 研究方向: 市政给排水方向。