

农村面源污染治理的生态环境工程与建设模式分析

赵文刚

江西威睿环保工程有限公司 江西南昌 330000

摘要:随着我国农业的快速发展,农村面源污染问题日益凸显,成为影响农村生态环境质量的重要因素。本文旨在分析农村面源污染的现状,探讨有效的生态环境工程与建设模式,以期在农村面源污染治理提供参考。首先,本文对农村面源污染的类型和特点进行了概述,然后分析了当前农村面源污染治理中存在的问题。在此基础上,提出了几种可行的生态环境工程与建设模式,包括生态农业模式、生态沟渠模式、人工湿地模式等,并对每种模式的实施方法、优势和局限性进行了详细阐述。最后,本文提出了加强农村面源污染治理的对策建议,包括加强政策引导、提高农民环保意识、推广科学施肥和种植技术等。通过这些措施,可以有效改善农村生态环境,促进农业可持续发展。

关键词:农村面源污染;生态环境工程;建设模式;生态农业;人工湿地

引言

随着我国经济的快速发展和城市化进程的加快,农村地区的生态环境问题日益受到关注。农村面源污染,作为影响农村生态环境质量的重要因素,其治理工作显得尤为迫切。农村面源污染主要来源于农业生产活动、农村生活污水排放、畜禽养殖废弃物等,这些污染源具有分布广、排放随机性强、污染成分复杂等特点。因此,探索有效的生态环境工程与建设模式,对于改善农村生态环境、保障农产品质量安全、促进农业可持续发展具有重要意义。

一、农村面源污染的特征与生态环境工程原理

(一)农村面源污染的主要来源与特征

农村面源污染来源广泛,与人类活动密切相关。农业活动是重要来源,如过量或不合理施用化肥、农药,畜禽养殖粪污处理不当,部分区域秸秆露天焚烧。农村生活方面,分散居住导致生活污水直排或处理不达标、生活垃圾随意堆放填埋也是重要组成部分。这些污染物排放特征明显:一是分散性,污染源分布广泛;二是隐蔽性,无明确排污口,难监测追踪;三是随机性,流失量受多种因素影响波动大;四是难治理性,传统末端集中处理效果有限,成本高、难度大。

(二)生态环境工程的基本原理

生态环境工程治理面源污染,综合运用生态学、水文学、土壤学等多学科理论。生态学原理利用生态系统

自我修复能力,如水生植被缓冲带、湿地净化污染物;水文学原理关注水流和污染物迁移规律,通过工程措施延长污染物停留时间;土壤学原理利用土壤特性截留转化污染物。其应用遵循关键原则:利用强化生态系统自我修复能力,遵循物质循环利用原则,采取源头控制与末端处理结合策略^[1]。

(三)生态环境工程治理面源污染的途径

生态环境工程通过工程手段干预污染物的产生、迁移、转化和归宿。具体途径有:源头减量,如推广测土配方施肥、改进养殖场清粪和处理工艺、建设污水处理设施;过程阻断,如在坡耕地建设梯田等、设置植被缓冲带、建设拦截沟或沉淀池;末端净化,如构建人工湿地等设施深度净化污染物。途径的选择组合需根据污染类型、场地条件和管理目标确定。

二、农村面源污染治理的生态环境工程技术体系

(一)源头控制类工程技术

源头控制是减少农村面源污染最直接有效的方法。测土配方施肥技术通过对农田土壤进行检测,依据土壤养分状况和作物需肥规律,精准计算并推荐施肥种类和数量,避免过量施肥,从而减少氮磷等养分流失到水体中。病虫害绿色防控技术则采用生物防治、物理诱杀、抗病虫品种选育等环境友好型手段,替代高毒高残留农药的使用,降低农药残留对土壤和水源的污染。节水灌溉技术,如滴灌、喷灌等,不仅提高了水资源利用效率,减少了灌溉水量,也相应减少了随灌溉水流失的肥料和

农药。在畜禽养殖方面，畜禽粪便资源化利用技术至关重要。通过堆肥技术，将粪便与秸秆等辅料混合发酵，制成有机肥料还田，实现资源循环利用。沼气工程则利用厌氧发酵原理，将粪便转化为沼气用于能源，沼渣沼液也可作为肥料使用，这种“变废为宝”的方式，不仅处理了污染物，还产生了经济效益，从源头上切断了畜禽养殖污染的排放途径^[2]。

（二）过程阻断与拦截类工程技术

在污染物随地表径流迁移扩散的过程中，采用过程阻断与拦截类工程技术可以有效拦截和削减污染物负荷。生态沟渠利用水生植物或陆生植物种植在沟渠边坡和底部，植物根系可以吸附和吸收径流中的氮磷等污染物，同时沟渠内的水生生物也能起到净化作用。植被缓冲带通常设置在农田与水体之间，通过种植草地、灌木或树木，利用植被的拦截、过滤和吸附作用，减缓径流速度，使其中的泥沙和污染物得以沉降和被植物吸收。拦截坝则是在沟渠或河流的适当位置修建小型坝体，形成蓄水区域，能够有效拦截和沉淀径流携带的泥沙和悬浮物。沉淀池则通过设计一定的水流路径和停留时间，使径流中的悬浮颗粒物自然沉降，从而净化水质。这些技术通过物理拦截、生物吸收和沉淀作用，在污染物进入水体前对其进行拦截和削减。

（三）末端净化与修复类工程技术

对于已经产生的污染，末端净化与修复类工程技术提供了进一步的净化和修复手段。人工湿地模拟自然湿地生态系统，利用基质、植物和微生物的共同作用，对污水进行净化。污水流经人工湿地时，植物根系吸收部分营养物质，基质吸附和过滤悬浮物，微生物则分解有机污染物。稳定塘是一种利用自然塘体或人工修建的池塘，通过长时间的水力停留，依靠水体中自然存在的微生物和藻类等，进行污染物降解和水质净化。生态浮岛是将植物种植在浮于水面的基质上，植物的根系悬垂在水中，可以吸收水中的氮磷等营养物质，同时为水生生物提供栖息地，改善水体生态环境。土壤修复技术则针对已被污染的土壤，采用物理、化学或生物方法，去除或稳定土壤中的污染物，恢复土壤的正常功能。这些技术主要应用于污染相对集中或污染程度较重的区域，对水体或土壤进行深度净化和生态修复^[3]。

（四）技术与技术的组合应用

单一工程技术往往难以应对农村面源污染的复杂性和多样性。因此，根据具体的污染类型、污染程度、场

地条件、气候特点以及经济承受能力等因素，将不同类型的工程技术进行优化组合，形成综合治理技术体系，是提高治理效果的关键。例如，在一个以种植业和分散养殖为主的村落，可以采用“源头控制+过程拦截+末端净化”的组合模式：首先推广测土配方施肥和节水灌溉减少农田面源污染，同时建设沼气池处理养殖粪便；其次在农田排水沟渠建设生态沟渠和植被缓冲带，拦截径流中的污染物；最后，在村落的下游或集中排水口建设小型人工湿地或稳定塘，对汇集的污水进行进一步净化处理。这种组合应用能够针对污染产生的各个环节进行控制，形成层层设防、综合治理的格局，提高污染治理的整体效率和可持续性，从而构建起一个因地制宜、系统有效的农村面源污染治理技术体系。

三、农村面源污染治理的建设模式探讨

（一）不同尺度的建设模式

分析不同尺度下的治理模式，可以发现其差异与特点显著。村级治理模式通常针对性强，范围较小，能够更直接地解决村内特定区域或来源的污染问题，例如针对某片农田的径流污染或某个养殖户的粪污处理。这种模式决策链条短，易于组织村民参与，但可能面临资金、技术和土地空间上的局限，难以解决跨村或更广泛区域的污染问题。乡镇级治理模式则具有更广的覆盖面，能够统筹协调区域内多个村庄的污染源，实施更大规模的工程，如建设集中的污水处理设施或区域性的生态拦截系统。它有助于整合资源，实现规模效益，但同时也增加了管理的复杂性和协调难度。流域尺度治理模式着眼于整个水系，从源头到河口进行系统性的规划和管理，强调上下游、左右岸的协同治理。这种模式最为宏观，能够从整体上优化水资源配置和污染负荷分配，但实施周期长，涉及的利益相关方众多，协调难度最大。在模式选择上，集中式治理通常适用于污染源相对集中、人口密度较大、经济条件较好的区域，便于建设和管理大型处理设施。而分散式治理则更适用于污染源分散、地形复杂、经济条件有限的区域，通过建设小型、分布式的处理单元来解决点状或小范围的污染问题。选择哪种模式，需要根据污染的具体分布、治理目标、经济投入和运营管理能力综合判断^[4]。

（二）基于主体参与的建设模式

梳理不同主体参与下的建设模式，可以看出其特点与运行机制各有侧重。政府主导模式中，政府承担主要的规划、投资和监管职责，通常能够确保治理目标

的实现和工程标准的统一，但在激发基层活力和适应性方面可能存在不足。农民主体模式强调发挥农民在污染治理中的积极性和自主性，例如通过成立合作社自行管理小型污水处理设施或参与生态农业实践，这种模式贴近实际，易于操作，但可能面临资金、技术和组织能力上的挑战。企业参与模式引入市场机制，企业通过提供技术、设备或运营服务获取收益，可以提高治理效率和专业水平，但也需要有效的监管以防止唯利是图导致治理效果打折。社会协同模式则鼓励非政府组织、科研机构、志愿者等社会力量参与宣传、监督、技术支持和资金筹措，能够弥补政府和市场功能的不足，提升公众意识和参与度。在不同模式中，各主体的角色与责任是明确的。政府主要负责政策制定、规划引导、资金支持和监督管理。农民是污染治理的直接受益者和参与者，负责具体措施的落实和维护。企业则提供专业的技术、产品和服务。社会力量则发挥监督、宣传、技术支持和辅助管理的作用。清晰界定各方责任，是确保模式有效运行的基础。

（三）建设模式的关键要素

探讨模式成功实施所需考虑的关键因素，可以发现多个方面缺一不可。资金投入与保障机制是前提，无论是工程建设还是后期运营维护，都需要持续稳定的资金来源，需要探索政府投入、使用者付费、社会资本参与等多渠道融资方式。土地政策也至关重要，治理工程往往需要占用一定的土地，需要有相应的土地流转、调整或补偿政策来保障项目落地。技术支撑是核心，需要根据当地实际情况选择成熟可靠、经济适用的治理技术，并确保有相应的技术力量进行设计、施工和指导。管理维护是保障，任何治理工程都需要建立长效的运行维护机制，明确责任主体，确保设施长期稳定发挥作用。农民意愿与参与度是基础，治理措施如果不符合农民的实际需求或习惯，就难以持续下去，需要通过宣传教育、利益引导等方式提高农民的认同感和参与积极性。

（四）模式选择的影响因素

分析影响模式选择的因素，地理环境是一个基础性因素，例如地形地貌、气候条件、水资源状况等，都会影响技术的适用性和工程的建设难度。经济水平决定了地方和农民能够承担的投入能力，也影响了技术选择的范围。污染程度直接关系到治理的紧迫性和投入强度，重度污染区域可能需要更集中、更严格的治理模式。社

会文化因素，如农民的环保意识、社区组织能力、传统习俗等，也会影响不同模式的接受度和实施效果。例如，在环保意识较强、社区凝聚力高的地区，农民主体或社会协同模式可能更容易推行。因此，模式的选择并非一成不变，而是需要综合考量上述多种因素，因地制宜地做出最适宜的选择^[5]。

结语

农村面源污染治理是复杂长期的系统工程，涉及生态环境工程技术运用与建设模式选择。生态环境工程技术体系包括源头控制、过程阻断与拦截、末端净化与修复等环节，各环节技术相互配合，为治理提供全方位支撑。源头控制技术可减少污染物产生，过程阻断与拦截技术能拦截削减迁移中的污染物，末端净化与修复技术可深度处理和修复已产生的污染。不同类型工程技术优化组合应用，能提高治理效果。建设模式有不同尺度和基于主体参与的类型，需依实际选择。其实施要考虑资金、技术、管理维护等关键要素，地理、经济、污染、社会文化等因素也会影响模式选择。未来，要加强生态环境工程技术研发创新，提高适用性和有效性；优化完善建设模式，调动各方主体积极性，形成全社会参与治理的局面；加强监测评估，及时调整策略措施，保障治理实效，推动农村生态环境改善与可持续发展。

参考文献

- [1]展晓莹, 张爱平, 张晴雯. 农业绿色高质量发展期面源污染治理的思考与实践[J]. 农业工程学报, 2020, 36(20): 7. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.20.001.
- [2]骆伍. 新农村沼气应用与发展策略分析[J]. 2021. DOI: 10.12316/j.issn.1674-0831.2021.25.046.
- [3]韩冰, 张杨, 陈融旭. 引黄灌区农业面源污染生态治理模式浅析[C]//2022中国水利学术大会(中国水利学会2022学术年会). 1. 黄河水利科学研究院; 2. 河南省黄河水生态环境工程技术研究中心; 3. 河南省黄河流域生态环境保护与修复重点实验室, 2022.
- [4]展晓莹, 张爱平, 张晴雯. 农业绿色高质量发展期面源污染治理的思考与实践[J]. 农业工程学报, 2020(020): 036.
- [5]王婧. 南水北调中线湖北水源区生态清洁小流域生态修复模式与技术研究[D]. 华中农业大学, 2021.