

生态沟渠组合工艺处理水产养殖尾水的应用效果研究

章 年

洪湖市生态环境监测站 湖北 洪湖 433200

【摘 要】：湖北是我国著名的“千湖之省”，洪湖为全国第七大淡水湖，是区域水生态安全的重要保障，目前正处在水质提质攻坚的紧要时刻。区域内水产养殖产业规模大，养殖尾水无序排放是造成河湖富营养化、水质退化的主要原因，本文用文献分析法、实地调研法、工艺应用监测法三者相结合的方式，研究生态沟渠组合工艺在水产养殖尾水处理中的应用价值。整理该工艺的核心应用要点，分析其对养殖尾水污染物的净化作用机理和综合应用效果，从而为江汉平原水产养殖绿色转型和湖泊生态修复提供技术参考。

【关键词】：水产养殖尾水；生态沟渠；组合工艺；水质净化；洪湖流域

DOI:10.12417/2705-0998.26.10.058

引言

随着养殖规模化、集约化程度不断上升，高密度养殖产生的残饵、养殖排泄物形成大量的尾水，未经处理的尾水进入河湖水系，不断加重水体氮磷富集的问题，影响区域水生态的良性循环。尾水处理是水产养殖中的一项重要工作，为了确保水产品产量较高与品质良好，必须关注尾水处理环节。目前规模化养殖尾水治理覆盖率低，简易化处理方式很难满足水质攻坚高标准的要求，生态化、低成本、可持续的尾水处理技术成为行业的迫切需求。生态沟渠组合工艺依托自然生态净化原理，将植物、微生物、基质等多重净化功能融合，契合河湖生态治理理念，在中小型养殖池塘尾水处理方面拥有明显适配优势，对于破解养殖发展与生态保护之间的矛盾，推动洪湖流域水质提质增效有着一定现实意义。

1 水产养殖尾水处理的重要性

1.1 筑牢洪湖流域水质的核心基础

洪湖是全国第七大淡水湖，是江汉平原水生态系统的重要枢纽，洪湖水质直接影响到整个区域流域生态平衡和水环境质量。据2024年生态环保督察数据显示，荆州全域水产养殖面积为187万亩，但是到2025年区域养殖尾水规范化治理面积只占总养殖面积的13.5%，大量未经处理的养殖尾水通过田间沟渠汇入四湖总干渠，最后流入洪湖水体，成为湖泊总磷、总氮超标的主要人为污染源之一。洪湖水质提升攻坚的关键时期，加强水产养殖尾水规范化治理，从源头上切断污染物进入湖中的途径，可以有效地减少湖泊外源污染负荷，减轻水体营养盐的累积压力，为洪湖水质由Ⅳ类逐步向Ⅲ类改善奠定基础，是实现区域水环境综合治理、完成水质攻坚任务的主要手

段。

1.2 推动水产养殖产业绿色发展的关键举措

水产养殖是洪湖、荆州片区农业特色优势产业，是地方渔业增效、农户增收的产业基础，但粗放式养殖模式一直制约着产业高质量发展。根据有关养殖监测数据可知，并未进行尾水处理的连片养殖区，水产病害发病率比规范化的治理区域高20%以上，养殖成品品质稳定性也大幅度降低。开展标准化尾水处理工作，可以实现养殖尾水净化回用，构建养殖水循环利用体系，节约水资源和养殖成本，规避养殖污染为环保合规带来的风险，推动水产养殖从粗放增产向绿色提质转变，促进区域渔业产业的生态效益和经济效益协调发展。

1.3 维系区域水生态系统稳定的重要保障

湖北千湖密布的水文特征形成了水文特征丰富的河湖沟渠水系网络，水产养殖池塘通常靠近田间沟渠、河道湖泊，尾水排放与区域水系深度相关联，单一养殖区域的污染问题容易扩散到整个水系。养殖尾水中过量的氮、磷污染物进入自然水体之后，会打乱水体原有的营养平衡，引发浮游生物爆发性繁殖，水体透明度降低，造成水生植物死亡，水生生物栖息地被破坏，最终引起生物多样性衰减。洪湖流域近几年的生态监测数据表明，由于养殖尾水的长期污染，湖泊局部区域沉水植被覆盖率不断降低，水体自净能力持续减弱。常态化、规范化开展养殖尾水处理，可以控制外源污染输入，减少水体营养盐富集，保护河湖水生生物生存环境，修复水系生态，维持江汉平原河湖湿地生态系统完整性和稳定性，守护千湖之省的生态基底。

2 生态沟渠组合工艺处理水产养殖尾水的应用要点

2.1 依托原有沟渠改造, 优化空间布局适配养殖场景

生态沟渠组合工艺不同于传统工程化治理模式, 主要优点是可以利用现有的田间排水沟渠、养殖排渠进行改造升级, 不需要大规模的征地施工, 符合洪湖流域零散化、连片化并存的水产养殖布局特点^[1]。按照湖北省农业事业发展中心的技术规范, 生态沟渠改造宽度应控制在 2.0~5.0m 之间, 渠深 1.0~1.5m, 尽量保留原生土质边坡, 避免进行全封闭式硬化, 以最大限度保持沟渠的自然渗透和生态吸附功能。根据洪湖周边乡镇多小型养殖池塘的特点, 结合养殖片区规模、尾水排放路径规划沟渠走向, 实现养殖池塘尾水集中收集、统一净化, 单组生态沟渠服务养殖面积可达 50 亩到 200 亩连片池塘。在改造过程中, 应同步进行沟渠清淤工作, 清除底部淤积的残饵、污泥等污染物, 防止底泥内源污染释放问题的发生, 同时根据地形坡度来优化水力流速, 确保尾水在沟渠内停留时间不小于 4 小时。

2.2 搭配复合型水生植物, 构建层级净化植被体系

水生植物是生态沟渠净化尾水营养盐的主体, 差异化植被配置属于提升组合工艺净化效果的重要举措。根据洪湖本地乡土水生植物的特点来建立挺水、沉水、浮水植物相结合的层次化的种植模式, 避免单一类型植物净化功能单一、稳定性差的问题。沟渠边坡和浅水区先栽种菖蒲、梭鱼草、鸢尾等挺水植物, 这类植物根系繁茂, 可以很好地吸附水体里的颗粒污染物和氮磷物质, 而且能够稳固沟渠边坡, 防止水土流失, 沟渠深处栽种苦草、金鱼藻等沉水植物, 覆盖河底面积 20%~30%, 依托光合作用增氧, 加强水体微生物的降解能力, 水面适当添置浮水植物, 辅助吸附悬浮杂质。洪湖螺山镇试点应用数据表明, 复合型植被配置模式可以使沟渠生态净化稳定性提高 30% 以上, 比单一类型植被的沟渠对氨氮、总磷的去除效果更加平衡。植被栽植之后, 需要及时开展修剪养护工作, 调节植株生长密度, 避免植被腐烂造成二次污染, 保证净化系统长时间正常运转。

2.3 增设人工辅助设施, 强化动态水质净化能力

为克服纯生态沟渠在阴雨天气、高污染负荷工况下净化能力差的缺点, 需要在生态基底上加装曝气、生物填料等人工辅助设施, 形成生态基底和人工强化相结合的组合工艺系统。在沟渠中段和尾水汇入端设置微曝气装置, 不断提高水体溶解氧含量, 促进好氧微生物的繁殖, 加快水体中有机物、氨氮的氧化分解, 解决静态沟渠水体缺氧、净化滞后的难题^[2]。同时在沟渠水流平缓处挂上立体生物填料, 为微生物附着生长带来载体, 充实水体微生物群落结构, 改善污染物降解效率。洪湖本地治理实践显示, 生态沟渠加曝气设施之后, 水体溶解氧含量能保持在 5mg/L 以上, 高负荷尾水净化效率提高 25% 左右。设

施布置需要遵照疏密相间准则, 进水端重点设置强化预处理, 出水端适度简化, 保证水流畅通, 挑选低能耗设备, 掌控日常维护费用, 契合中小型养殖主体低成本治理需求。

2.4 构建多级拦截体系, 实现尾水分段梯度净化

根据养殖尾水污染物分层分布的特点, 应建立多级拦截、梯度净化的工艺体系, 使污染物分步去除、精准净化。按照“三池两坝”的治理理念, 在生态沟渠进水口处设置简易过滤坝, 使用碎石、沸石、活性炭等滤料分层铺设, 优先拦截尾水中的大颗粒残饵、泥沙等固体悬浮物, 降低后续生态净化单元的污染负荷, 中段依托植被和微生物体系降解溶解态氮、磷以及有机物, 末端增设二次过滤净化区, 搭配底栖生物净化模式, 投放田螺、河蚌等本土底栖生物, 摄食水体残余浮游生物和有机碎屑, 改善水质^[3]。这种梯度净化模式可以完成尾水从固液分离、污染物降解到深度净化的全过程处理, 很好地解决了单一生态沟渠净化不彻底的问题。洪湖滨湖乡镇连片养殖区采用该模式之后, 尾水达标排放率明显提高, 有效地控制了入湖污染通量, 符合流域精细化治水的要求。

3 生态沟渠组合工艺处理水产养殖尾水的应用效果

3.1 全面降低污染物负荷, 显著优化尾水水质指标

生态沟渠组合工艺依托植物吸附、微生物降解、基质过滤、生物摄食等多种协同作用, 可以全方位降低水产养殖尾水中的主要污染物, 使尾水水质持续改善。与传统的简易沉淀池相比, 组合工艺不再只对固体悬浮物进行去除, 还能够同时降低水体中氨氮、总磷、总氮以及化学需氧量等主要的超标指标, 解决了洪湖流域尾水超标率高的治理难题。荆州区域检测结果显示, 未处理的养殖尾水污染物超标率为 96.3%, 经过生态沟渠组合工艺净化后, 连片养殖区尾水各项指标可以满足淡水养殖尾水排放标准。从净化规律来看, 多级梯度净化模式可以按照污染负荷动态调整净化能力, 高浓度尾水经过前端过滤、曝气预处理之后, 再经由生态单元深度净化, 很好地避免了单一工艺净化上限不足的状况。洪湖试点区域监测数据显示, 该工艺对养殖尾水总氮、总磷的去除率可以达到 40%~60%, 大幅度降低了尾水入湖污染负荷, 为洪湖水水质持续改善提供了有力支持。

3.2 降低治理运维成本, 适配规模化推广应用场景

相比人工湿地、一体化净水设备等工程化尾水处理技术, 生态沟渠组合工艺具有建设成本低、运维简单、能耗低的经济优势, 适合洪湖周边分散式、规模化兼有的水产养殖场景^[4]。这一工艺主要利用已有的沟渠进行改造, 无需大范围土建施工和设备投入, 建设成本仅为传统工程化治理模式的 50% 上下, 大幅减轻了养殖主体的治理投入压力。日常运维只需要进行植被修剪、沟渠清淤、设备简易检修等基本工作, 无需专业的运维团队和高额的药剂、能耗支出, 普通养殖户可以自行完成日

常的管护。由于荆州 187 万亩养殖面积和治理覆盖率低的现状，本工艺可以快速大面积推广，很好地解决了区域尾水治理设施的短缺问题。净化后的尾水还可以回流到养殖池塘中进行循环利用，减少养殖换水用水量，降低养殖水电成本，实现治理投入和资源回用的双向经济效益，具有很强的基层推广适配性。

3.3 修复沿线生态肌理，提升水系自净循环能力

与传统的纯工程化治水模式不同的是，生态沟渠组合工艺在净化尾水时，还可以对养殖沿线的沟渠水系实施生态修复，创建良性水生态循环系统。传统的硬化沟渠会切断水土物质的交换，破坏水生生物的栖息环境，但是改造后的生态沟渠保留了原有土质基底，搭配上复合型的水生植被和底栖生物，形成了一种完整的微型水生生态系统，提高了沟渠的水体自净能力。植被群落可以涵养水源、保持水土、美化水系环境，微生物、底栖生物能够不断改善水体生态结构，解决传统沟渠淤积、水体发黑发臭的问题。洪湖螺山镇治理实践表明，采用生态沟渠组合工艺治理之后，养殖片区沟渠水体透明度明显提高，水生生物种类数量增加 30% 以上，沟渠自身的抗污染、自净能力不断加强，形成了“尾水净化→生态修复→水质稳态”的良性循环，持续改善了洪湖周边支流水系生态环境。

3.4 助力绿色养殖转型，赋能生态产业协同发展

生态沟渠组合工艺规模化应用，化解了水产养殖产业发展

和水生态保护之间的矛盾，使区域渔业由粗放式发展转向绿色生态化发展。在环保监管越来越严格的情况下，可以促使养殖主体迅速完成尾水达标处理，避免因环保违规而产生的风险，规范养殖生产秩序^[5]。洁净的循环水体能够改善养殖池塘水环境，减少水产病害的发生，降低养殖药物的使用量，提高水产品的品质，促进绿色、无公害水产养殖品牌的创建。洪湖是区域核心生态文旅载体，养殖尾水规范化治理可以大幅度改善片区水系风貌，实现渔业生产与湖泊生态保护、乡村水环境整治的协同发展。目前洪湖多个乡镇采用该工艺后，养殖产业增效和生态环境提质双管齐下，为江汉平原水产养殖绿色高质量发展提供了一个可复制、可推广的实践范式。

4 结语

综上所述，生态沟渠组合工艺依托生态净化原理，融合多级净化优势，兼顾水质治理、生态修复、经济适配等多重价值，很好地处理了传统养殖尾水治理适配性差、成本高、生态效益不好的问题，完全符合洪湖流域养殖治理场景。这种工艺不但可以有效降低养殖尾水污染物、改善河湖水质，还可以修复水系生态肌理、促进养殖产业绿色转型，达到生态、经济和社会效益的统一。根据洪湖流域水文特征和养殖模式的不同，不断改进工艺配置方案，完善长效运维机制，提高工艺的适配性和净化效果，能够为区域水生态持续提质、水产养殖产业高质量发展提供保障。

参考文献：

- [1] 梁达智,梁彩凤,李泽雍,等.常见水产养殖尾水处理技术概述[J].农业科技创新,2025,(36):48-50.
- [2] 周世明.水产养殖尾水处理方法探索[J].渔业致富指南,2025,(9):36-39.
- [3] 莫云富.水产养殖尾水生态处理技术与应用研析[J].畜牧兽医科技信息,2025,(4):268-270.
- [4] 李登荣,梁龙.水产养殖尾水处理研究进展[J].四川农业科技,2024,(10):74-77.
- [5] 李林.水产养殖尾水处理技术现状及其开发与应用[J].黑龙江粮食,2023,(9):131-133.