

基于长效管护的农村黑臭水体治理技术-模式-政策协同机制研究

曾书琴¹, 曾华¹, 罗雯², 彭刚毅², 王珺婷^{3*}

¹荆门市生态环境监测站 湖北荆门

²荆门市生态环境局 湖北荆门

³矿物资源加工与环境湖北省重点实验室、武汉理工大学资源与环境工程学院 湖北武汉

【摘要】针对江汉平原向丘陵岗地过渡区域农村黑臭水体“成因复杂、易返黑返臭”的治理难题，本文以荆门市 105 条典型水体为例，构建了“源头阻断-生态重构-长效管护”的系统治理框架。研究发现，单一技术手段难以应对过渡地带水动力不足与面源污染叠加的特征。实证选取其中某县 30 条典型水体开展治理前后对比与跟踪监测，表明“技术-模式-政策”三维协同机制能显著提升治理稳定性。其中，分级工程体系是基础，多元筹资模式可有效解决年运维资金缺口，而基于河湖长制等的绩效考核提供了制度约束。本研究结果尤其适用于水体类型以堰塘/沟渠为主、污染来源多元、具备县乡村三级责任体系的中西部农业型地区水环境治理，可为其提供便于复制的理论依据与实践范式。

【关键词】农村黑臭水体；长效管护；协同治理；生态修复；政策激励

【基金项目】湖北省生态环境厅：湖北省生态环境保护科研项目（2023ZHB-05）

【收稿日期】2026 年 3 月 5 日 **【出刊日期】**2026 年 4 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.aes.20260002

Research on the synergistic mechanism of technology, governance models, and policies for long-term management of rural black and odorous water bodies

Shuqin Zeng¹, Hua Zeng¹, Wen Luo², Gangyi Peng², Junting Wang^{3*}

¹Jingmen Ecological and Environmental Monitoring Station, Jingmen, Hubei

²Jingmen Municipal Bureau of Ecology and Environment, Jingmen, Hubei

³Hubei Key Laboratory of Mineral Resources Processing and Environment, School of Resources and Environmental Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei

【Abstract】In view of the management problem of black and odorous water bodies in rural areas in the transition area from Jiangnan Plain to hills and hills, which have “complex causes and are prone to return to black and odorous waters”, this article takes 105 typical water bodies in Jingmen City as an example to construct a systematic governance framework of “source blocking-ecological reconstruction-long-term management and protection”. The study found that it is difficult for a single technical means to cope with the superposition of insufficient hydropower and non-point source pollution in the transition zone. The empirical study selected 30 typical water bodies in a county for comparison and follow-up monitoring before and after treatment, showing that the three-dimensional collaborative mechanism of “technology-model-policy” can significantly improve the stability of governance. Among them, the hierarchical engineering system is the foundation, the diversified financing model can effectively solve the annual operation and maintenance funding gap, and the performance appraisal based on the river and lake chief system provides institutional constraints. The results of this study are particularly applicable to water environment management in agricultural areas in the central and western regions where the water body type is mainly weirs/gullies, the sources of pollution are diverse, and there is a three-level responsibility system of counties and

第一作者简介：曾书琴（1972-）女，湖北荆门人，高级工程师，硕士，主要研究方向：环境监测、生态环境类资金项目与管理；

*通讯作者：王珺婷（1980-）女，湖北武汉人，副教授，博士，主要研究方向：环境规划及污染控制、碳排放及节能环保评估。

villages. It can provide a theoretical basis and practical paradigm that can be easily replicated.

【Keywords】 Rural black and odorous water bodies; Long-term management and protection; Collaborative governance; Ecological restoration; Policy incentives

1 引言

农村黑臭水体已成为制约农村人居环境改善和乡村振兴的重要环境问题。为改善农村水环境质量,我国出台了一系列相关政策文件,明确农村黑臭水体治理目标和任务^[1],提出阶段性目标:到2025年基本消除较大面积农村黑臭水体^[2]。近年来,新工艺、新技术不断涌现^[3-4],通过治理,改善农村水环境,带动农村人居环境整体提升^[4-5]。但多地仍存在不同程度“返黑返臭”,暴露出仅靠一次性工程投入难以维持长期成效的共性矛盾。

现有研究与政策文件对控源截污、清淤疏浚、生态修复、水系连通等技术路径已有较充分讨论,但对“工程技术-运维模式-政策工具”之间的作用路径、关键约束与反馈机制尚缺乏可迁移的理论抽象与机制化表达。

为此,本文以荆门市105条农村黑臭水体为样本,在总结四级技术路径与多元共担运维模式的基础上,进一步提出“约束-能力-激励”协同框架与闭环运行机理,并结合某县30条典型水体数据开展验证。

2 研究区与数据方法

2.1 研究区概况与代表性边界

荆门市位于湖北省中部,地处汉江中下游,地貌上处于南方冲积平原向丘陵岗地过渡区,水系发达且农村堰塘、沟渠型小微水体数量大。鉴于荆门在治理投入、组织动员与制度供给方面具备一定基础,本文结论的外推以“具备县级统筹能力、可建立稳定运维资金与考核体系”为前提更佳。

2.2 数据来源与监测设计

(1) 全域样本:对105条农村黑臭水体开展调查与治理实践。本研究以荆门全域县级行政区为基本单元,涉及6个县市(区)、28个镇(街道)、85个行政村(农村社区),105条黑臭水体。

(2) 水质与底泥现状调查:通过逐乡逐镇资料搜集、现场勘验、座谈讨论,对黑臭水体水质及底泥检测分析等形式,对农村黑臭水体环境进行现状和污染源调查。并集中对105条水体按pH、透明度、溶解氧、氨氮、COD、总磷、总氮等7个指标进行采样监测。并选取不同类型且具代表性水体的11个点位,对底泥里pH、砷、汞、铅、镉、铬、镍、铜、锌、总磷等10项指标采样监测。

(3) 案例验证:选取该县30条典型水体,获取治理前后DO、NH₃-N、透明度等监测数据,并开展覆盖高温多雨季与枯水期的跟踪观察。

2.3 评估方法

治理效果评估以“阈值达标+变化幅度+稳定性”三类指标构成:(1) 达标判定:对照《农村黑臭水体治理工作指南(试行)》的消除黑臭要求;(2) 变化幅度:报告治理前后均值变化与百分比变化;(3) 稳定性:跟踪期内是否出现明显返黑返臭及关键指标波动。

3 “返黑返臭”原因分析

3.1 本地调查数据分析

经调查研究,得知荆门市6个县级行政区农村黑臭水体基本情况及经计算得到的污染物入河情况见表1。

表1 荆门6个县市(区)农村黑臭水体基本情况及经计算得到的污染物入河情况

县市区	治理条数 (条)	水体面积 (m ²)	户籍人口 (人)	周边常住人口 (人)	生活污水产生量 (m ³ /d)	生活垃圾产生量 (kg/d)	COD入河量/年 (kg/a)	氨氮入河量/年 (kg/a)	总氮入河量/年 (kg/a)	总磷入河量/年 (kg/a)
区域1	31	220637	58480	3656	199.39	1974.24	46896.32	23819.52	10341.81	119.31
区域2	3	17500	5400	760	41.45	4110.40	7174.49	2176.26	1069.57	119.31
区域3	62	450768	110925	8200	996.12	9862.56	199961.84	49649	60738.8	6212.65
区域4	2	19450	3700	1600	87.26	864.00	21849.98	2150.54	6699.70	717.88
区域5	1	6000	3532	136	7.42	73.44	1530.35	238.76	1336.12	23.17
区域6	6	23980	4571	1145	62.45	618.30	10603.95	2013.77	1743.47	194.78
合计	105	738335	186608	15497	1394.09	17502.94	288016.9	80047.85	81929.47	7387.1

在 2023 年 2、3 月进行水质现状调查, 监测 pH 值、透明度、溶解氧、氨氮、化学需氧量、总磷、总氮等 7 项指标得知, 105 条农村黑臭水体点位地表水中 89 条超标。其中 IV 类水体 1 条, V 类水体 6 条、劣 V 类水体 91 条。

随后进行底泥现状调查, 针对以下典型区域相关情况选取不同类型且具代表性水体的 11 个点位, 对底泥里 pH、砷、汞、铅、镉、铬、镍、铜、锌、总磷等 10 项指标采样监测: 点位 1 周边人口居住密集, 点位 2 周边存在畜禽养殖; 点位 3 周边人口居住密集、存在水产养殖和农业面源污染; 点位 4 属于城郊结合部; 点位 5 周边人口居住密集、存在农业面源污染。发现检测值均未超过农用地土壤污染风险筛选值相关标准。可用作农村道路护坡回填、路肩培土和菜地农田回填等。

之后, 通过逐乡逐镇资料搜集、现场勘验、座谈讨论, 分析出荆门 6 个县市区域黑臭水体具体成因可能如下:

区域 1 黑臭水体形成以房前屋后塘为主, 此类塘大部分承担周边聚集点防洪与灌溉功能, 大量农业面源进入水体, 生活源污染、种植业污染和内源污染是黑臭水体的最大成因。

区域 2 大量未经收集处理的生活污水、生活垃圾和农作物种植产生的农业面源污染以及内源污染是黑臭水体形成的主要原因。

区域 3 黑臭水体以房前屋后塘为主, 此类塘大部承担周边聚集点防洪与灌溉功能, 且多位于局部地点, 大量农业面源经雨水径流进入水体, 导致种植业污染系数是荆门市各区县中占比最大的, 生活源污染、种植业污染和内源污染是该区域黑臭水体的主要原因。

区域 4 属于荆门市城区, 人口密度较大, 农村聚集点分布多, 由于地形原因目前各分散聚集点的生活污水收集措施尚不完善, 导致生活源污染即农村生活污水和生活垃圾仍是黑臭水体形成的主要原因。

区域 5 黑臭水体主要是由于历史遗留问题导致, 早期由于人口密度高, 生活污水未集中收集处理, 汇入水体后产生大量污泥。目前由于底泥污染物质的持续释放导致黑臭水体的形成。

区域 6 位于荆门市区西侧, 多种地形兼具, 人口分布不均衡, 且该区域所属属镇内大量种植橘树

等果树, 以及大量农作物秸秆汇入水体导致淤积等原因, 生活源污染、种植业污染、内源污染均是该区域黑臭水体形成不可忽视的原因。

由此可见, 荆门地区黑臭水体形成存在技术^[6-10]、管理和政策激励等多方面原因。

3.2 技术原因分析

通过与国内外技术现状与趋势分析比较, 得知荆门地区黑臭水体技术原因主要存在以下技术约束: 外源、内源、生态、水动力耦合不足。

3.2.1 外源输入污染

外源污染持续输入是导致农村黑臭水体难以长期稳定改善的根本原因。荆门地区堰塘型与沟渠型水体大量分布于农户房前屋后和农田边缘, 村庄污水收集系统不完善, 生活污水、厨房废水和洗涤水通过雨污合流或直排方式持续进入水体。同时, 农业面源污染通过地表径流和排水沟渠进入水体, 使氮、磷和有机物负荷长期处于高位。当控源截污措施不到位时, 即便实施了清淤或生态修复工程, 水体仍会在短时间内重新累积污染负荷, 形成新的黑臭风险。

3.2.2 底泥内源污染

底泥内源污染的持续释放是“返黑返臭”的关键驱动因素。底泥黑臭直接原因是系统缺氧, 根本原因是有机质等耗养物质含量高; 致黑物质主要是有机物在厌氧条件下形成的黑褐色水团, 主要包括腐殖酸和富里酸等物质^[11]。长期处于高负荷污染状态的农村水体, 其底泥中富集了大量有机质、氮、磷及还原性物质。在高温、低溶解氧或扰动条件下, 这些污染物通过扩散与再悬浮进入上覆水体, 导致水质迅速恶化。底泥治理是水质净化的前提条件^[12-13]。荆门部分城郊型与堰塘型水体即使在截断外源后, 仍因底泥释放而在夏季重新出现黑臭, 表明内源污染控制是农村黑臭水体长效治理的关键环节。

3.2.3 生态系统有待恢复

生态系统恢复不足是导致农村黑臭水体治理成效难以长期稳定的重要原因。由于受传统水利工程影响, 现部分沟渠坑塘常采用浆砌石或混凝土硬化护坡, 导致生境物理结构单一, 阻断了水土物质交换与生态循环。而部分水域受高氨氮、低溶解氧环境胁迫沉水及挺水植物群落缺失, 微生物缺乏附着载体, 导致水生生态系统食物链断裂。而生物多样性的匮乏使得水体自然净化功能丧失, 难以通过物

理沉降、化学吸附及生物降解作用消纳污染物, 从而会使水质稳定性不足, 治理后可能出现成效衰减。

3.2.4 水动力条件不足

水动力条件不足, 放大了污染物累积与内源释放效应。多数农村堰塘型水体为封闭或半封闭系统, 沟渠型水体也普遍存在断头河、淤积阻塞等问题, 水体交换能力弱, 自净过程缓慢。在水动力不足条件下, 污染物难以稀释与输出, 溶解氧补给受限, 厌氧环境易于形成, 从而促进硫化物、氨氮等黑臭物质的产生并放大污染累积效应。

3.3 管护机制等制度性约束不强

运维与管理机制缺失, 是工程效果难以持续的制度性原因。大量农村污水处理设施、生态修复工程和水体连通工程在建成后缺乏稳定的经费保障和责任主体, 设备故障得不到及时修复, 生态系统退化无人维护, 导致治理成果逐步衰减。因此, 缺乏长期稳定的管护机制, 是导致农村黑臭水体“治而不久”的重要原因。

3.4 政策激励不足与闭环缺失

农村黑臭水体治理成效具有公共品属性, 若缺乏稳定激励与约束, 易出现“建而不管、管而不久”。现有短板主要存在以下三方面: 一是资金保障渠道单一, 建设与运维主要依赖中央资金及地方配套, 缺乏吸引社会资本进入的土地、税收等优惠政策, 长效管护资金“造血”功能不足; 二是共建共治机制滞后, 农村污水垃圾“谁产生、谁付费”制度受村民经济条件与意识限制, 难以实质落地, 农户参与治理的内生动力不强; 三是考核指挥棒作用待强化的不足, 现行“河湖长制”对村级末梢的激励约束不够细化, 尚未形成以水质改善为导向的精准奖惩闭环。

4 协同治理体系解决方案

针对上述农村黑臭水体“返黑返臭”的系统性机理, 荆门市在实践中构建了以工程技术体系为基础、以多元运维模式为支撑、以政策制度为保障的“技术-模式-政策”协同治理体系, 实现从短期黑臭消除向长期水生态稳定的转变, 实现“约束-能力-激励”闭环。

4.1 协同机理与作用路径

本文将“技术-模式-政策”的协同关系机制化为“能力提升-约束削弱-激励闭环”三段链条:

(1) 技术提升能力: 四级技术路径分别对应外源负荷削减、内源释放阻断、生态过程重建与水动

力复氧增强, 提升水体自净与抗扰动能力;

(2) 运维模式削弱制度性约束: 通过明确责任主体与稳定经费, 将设施运行、生态维护与巡查处置常态化, 降低“设施失灵-生态退化-水质反弹”的制度性风险;

(3) 政策激励形成闭环反馈: 以监测数据为基础, 将水质稳定达标与考核奖惩、资金拨付挂钩, 促使地方政府、运维主体与村级组织形成共同维护水体的利益共同体, 并通过信息公开与共同缔造提升公众参与。

上述机制通过“监测-考核-拨付-运维-水质”的反馈链条运行: 即水质数据进入考核体系→影响经费拨付与责任追究→推动运维投入与处置效率提升→稳定水质并降低返黑返臭概率。

4.2 四级协同的工程技术体系构建

目前, 农村黑臭水体治理技术主要包括控源截污、内源治理、生态修复、水系连通四大类^[4]。结合南方冲积平原向丘陵岗地过渡区的地貌特征与水体类型, 本研究构建了“控源截污-内源清除-生态修复-水动力恢复”的四级协同技术路径, 以实现“能力”方面技术全链条布局。

为防止外源输入污染, 设立第一级控源截污工程技术体系。该体系主要通过农村生活污水分区收集处理、雨污分流改造以及农业面源污染控制, 缓冲带和生态沟渠建设, 大幅削减进入水体的外源污染负荷, 从源头上降低水体污染压力, 其技术路线见图1。

为杜绝底泥内源污染, 设立第二级清淤疏浚工程技术体系。该体系主要对长期污染富集的水体实施环保清淤和漂浮物清理, 去除底泥中的有机质和营养盐, 切断内源污染的持续释放通道, 为水质稳定改善奠定基础。其技术路线见图2。

为实现生态功能良性循环, 设立第三级生态修复工程技术体系。该体系通过构建以沉水、挺水和浮水植物为核心的水生植物群落, 并辅以生态浮岛、曝气复氧等措施, 重建水体生物结构与物质循环过程, 提高系统自净能力与抗扰动能力, 其技术路线见图3。

为增强水动力条件, 设立第四级水系连通系统工程体系。该体系通过水系连通、断头河打通和补水调度, 增强水体流动性和换水能力, 改善溶解氧条件, 抑制厌氧环境的形成, 从而降低黑臭物质产生风险。其技术路线见图4。

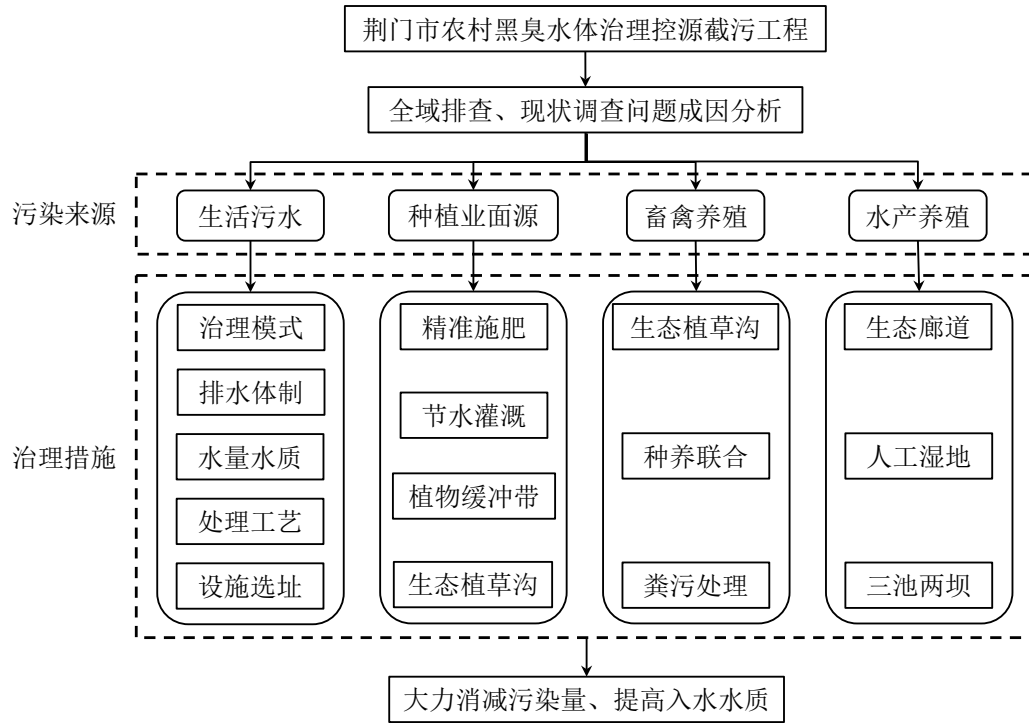


图1 荆门市农村黑臭水体治理控源截污工程技术路线

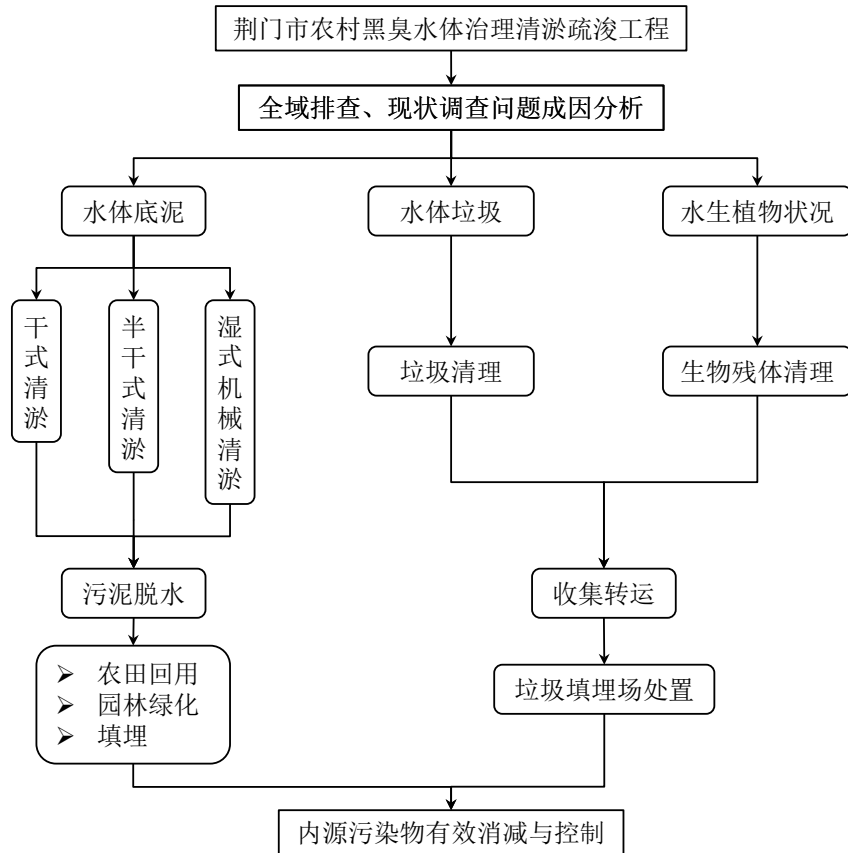


图2 荆门市农村黑臭水体治理清淤疏浚工程技术路线

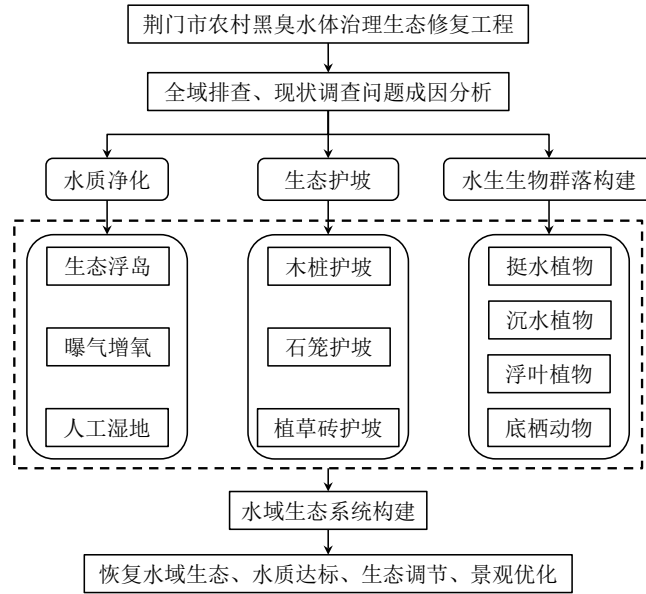


图3 荆门市农村黑臭水体治理生态修复工程技术路线

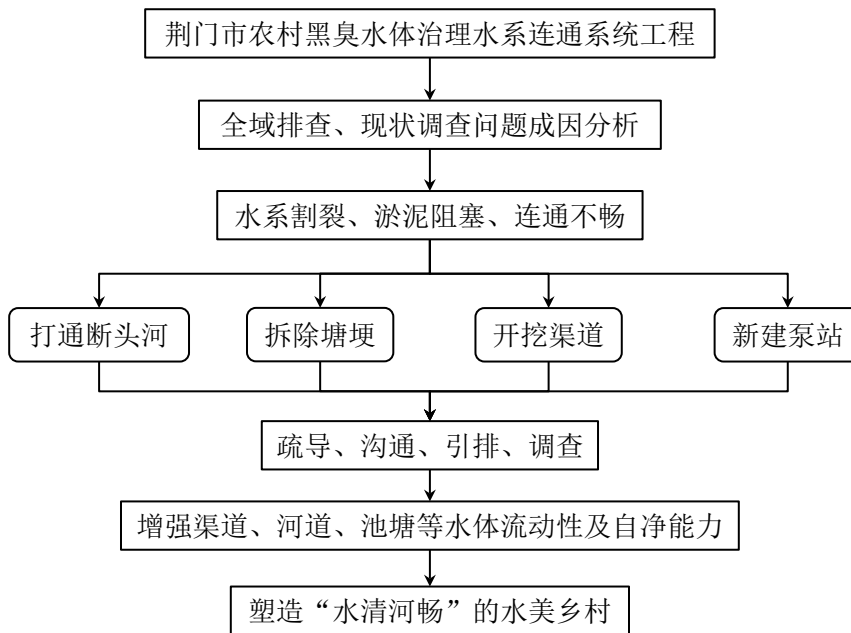


图4 荆门市农村黑臭水体治理水系连通工程技术路线

四级技术路径由外至内、由物理到生态协同作用,使水体由“高负荷、低自净”的脆弱状态转变为“低输入、高循环”的稳定生态系统。

4.2 多元共担的长效运维模式建立

在工程技术体系之外,荆门市同步构建了“财政补一点、项目筹一点、集体投一点、农户出一点”的多元化运维资金筹措机制,将农村黑臭水体治理从“工程驱动”转变为“制度驱动”,提升基层参与度

与设施运行稳定性,实现“约束”与“能力”的耦合。

财政资金承担基础性与兜底性保障,确保监测、管护与核心设施运转不断档;项目统筹资金通过整合水利、城管和生态环境等部门预算,实现多源资金协同;村集体通过土地流转与产业收益反哺水环境治理;农户通过缴费与投工投劳参与日常维护。这一模式有效分散了单一财政负担,提高了基层参与度和设施运行稳定性。

4.3 政策制度对协同治理的支撑作用体现

在制度层面, 荆门市将农村黑臭水体纳入河长制和乡村振兴绩效考核体系, 通过责任压实与结果导向形成制度约束; 建立以监测数据为基础的考核与奖惩机制, 将水质稳定达标作为评价治理成效的核心指标, 并与运维经费拨付挂钩, 促使地方政府、运维主体和村级组织形成共同维护水体的利益共同体。从而把“长效管护”嵌入财政与治理流程, 实现“激励”促进与良性循环。

工程技术、运维模式与政策制度的协同运行, 使农村黑臭水体治理从一次性工程行为转变为持续

性的公共环境治理过程, 为实现水体“长制久清”提供了系统保障。

5 典型案例验证

5.1 水质改善效果定量比较

为定量评估“技术—模式—政策”协同治理体系的实际效果, 选取荆门市某县 30 条典型农村黑臭水体作为实证研究对象。该区域水体以沟渠型和堰塘型为主, 受生活污水直排、农业面源污染和底泥内源释放的综合影响, 治理前普遍呈现低溶解氧、高氨氮和明显感官黑臭特征。治理前后监测数据见表 2, 典型黑臭水体调查、治理信息对比图见图 5。

表 2 荆门市某县 30 条黑臭水体治理前后监测数据对比表

序号	地点	黑臭水体治理前水质			治理后水质		
		氨氮	溶解氧	透明度	氨氮	溶解氧	透明度
1	水体 1 沟渠	0.06	2.3	17	0.16	5.4	40
2	水体 2 沟渠	4.59	1.1	9	0.13	5.1	40
3	水体 3 堰塘	1.54	1.56	12	0.23	8.1	55
4	水体 4 堰塘	0.56	1.4	20	0.19	6.3	30
5	水体 5 堰塘	0.56	1.82	17	0.12	8.5	30
6	水体 6 堰塘	1.83	4.57	24	0.09	7.0	60
7	水体 7 堰塘	9.49	2.2	10	0.28	10.2	30
8	水体 8 堰塘	0.67	1.98	15	0.20	9.8	30
9	水体 9 堰塘	15.4	1.71	20	0.03	4.4	100
10	水体 10 堰塘	1.56	2.01	7	0.16	4.6	60
11	水体 11 堰塘	1.31	1.34	11	0.11	6.8	100
12	水体 12 堰塘	1.2	1.5	10	0.16	10.2	80
13	水体 13 堰塘	0.64	1.95	10	0.27	9.8	30
14	水体 14 堰塘	0.17	1.98	12	0.38	10.8	30
15	水体 15 堰塘	0.7	1.92	8	0.17	5.9	30
16	水体 16 沟渠	0.5	1.98	8	0.13	5.6	40
17	水体 17 沟渠	0.61	1.57	10	0.15	5.4	80
18	水体 18 堰塘	1.49	1.18	12	0.08	4.8	80
19	水体 19 堰塘	0.73	1.92	11	0.11	5.6	75
20	水体 20 堰塘	10.9	1.95	8	0.06	6.7	75
21	水体 21 堰塘	11.3	2.03	10	0.12	6.4	35
22	水体 22 堰塘	3.69	1.9	14	0.20	5.8	60
23	水体 23 堰塘	0.62	1.5	9	0.16	5.3	55
24	水体 24 堰塘	0.7	1.8	12	0.15	5.3	60
25	水体 25 堰塘	0.146	1.8	15	0.24	5.8	30
26	水体 26 堰塘	0.36	2.1	8	0.23	5.5	60
27	水体 27 堰塘	0.33	1.5	8	0.24	4.4	40
28	水体 28 堰塘	0.46	1.7	6	0.19	4.2	55
29	水体 29 堰塘	-	-	-	0.12	5.3	50
30	水体 30 堰塘	0.41	1.4	7	0.11	6.7	35

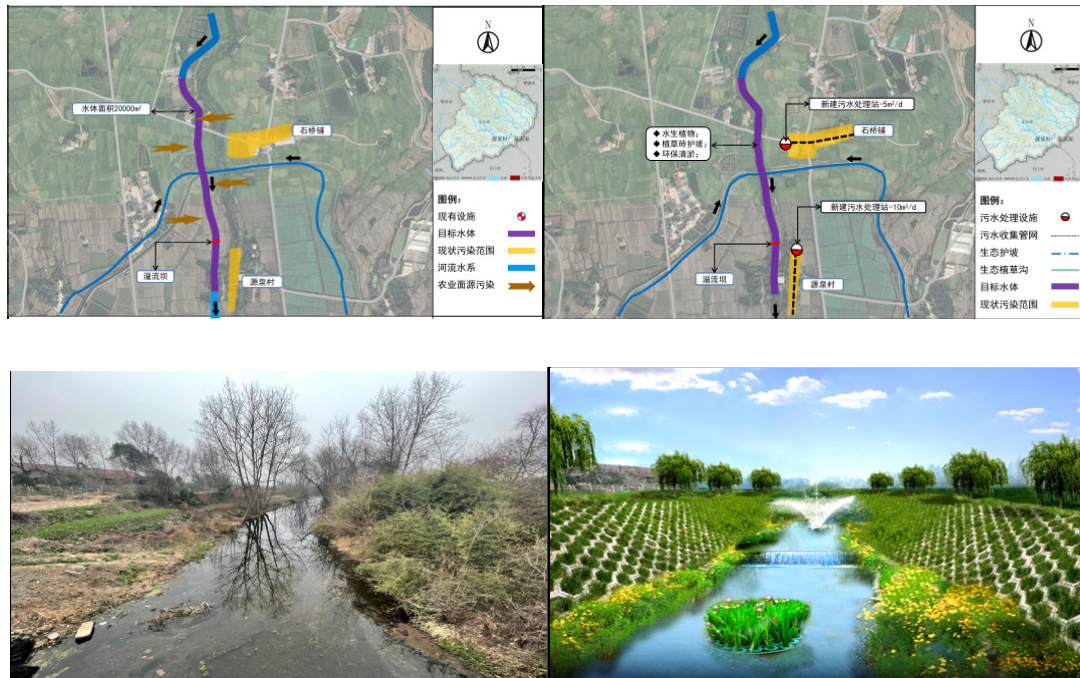


图5 典型区域现状分析图(左上)、治理措施图(右上)、现场实拍图(左下)、治理效果图(右下)(以某沟渠为例)

该县 30 条水体治理前, DO 平均为 1.85mg/L (远低于消除黑臭所需的 2mg/L 下限), NH₃-N 平均为 2.5mg/L, 透明度为 11.72cm。呈现典型的高有机负荷和强还原性环境。在实施控源截污、底泥清除、生态修复和水系连通等综合措施后, 水体水质得到显著改善。监测结果表明, 治理后 DO 平均提高至 6.52 mg/L, 增幅达 252%; NH₃-N 平均降至 0.17mg/L, 降幅为 93.2%; 透明度升至 52.5cm, 增幅达 349%。所有水体均达到《农村黑臭水体治理工作指南(试行)》规定的消除黑臭标准。

以上结果不仅反映均值改善, 也体现单一工程措施难以实现的稳定溶解氧水平与低营养盐状态, 在协同治理体系下得以同时实现。水体由“厌氧-还原”状态向“好氧-氧化”状态的系统性转变, 为协同治理的综合效应提供了可复核的量化证据。

5.2 黑臭消除稳定性跟踪分析

治理完成后覆盖高温多雨季与枯水期的跟踪监测显示, 30 条水体均未出现明显返黑返臭现象, 感官指标保持稳定达标, 水质指标波动幅度较治理前明显减小。

与仅实施工程治理而缺乏后续管护的水体相比, 该区域水体在汛期与高温期仍能维持 DO 大于 4 mg/L, NH₃-N 小于 0.5 mg/L 的水平, 表明运维机制

和水动力条件的同步保障有效抑制了内源污染的再释放。

5.3 运维机制的支撑体现

该县通过引入第三方运维机构并落实多元资金保障机制, 对污水处理设施、生态浮岛、曝气系统和水生植物进行常态化管护。治理设施完好率保持在 95%以上, 生态植物覆盖度稳定在 95%以上, 显著高于缺乏专职管护的对照村庄。此外, 还实现了年均约 300 万运维经费缺口的补足。以上结果为“制度安排影响长期成效”提供了可量化支撑指标。

5.4 政策激励效果

将黑臭水体治理纳入“河湖长制”及乡村振兴战略实绩考核, 形成了“监测-通报-整改-问责”的行政闭环, 解决了“谁来管”的主体缺位问题。对政策激励的量化评估现以“可观测过程指标+结果指标”呈现。已形成过程指标中运维考核与经费拨付挂钩、建立运行台账与巡查处置制度; 结果指标包括设施完好率、生态覆盖度与水质稳定达标情况稳步向上向好。

6 结论与建议

(1) 荆门市农村黑臭水体呈现堰塘型与沟渠型占比高、外源输入与内源释放耦合、水动力不足突出的特征。四级技术路径“控源截污-内源清除-生

态修复-水动力恢复”能够实现外源削减、内源控制与生态功能恢复的协同作用。

(2)“财政补一点、项目筹一点、集体投一点、农户出一点”的多元分担运维资金模式与第三方常态化管护相结合,可提升设施完好率与生态覆盖度,为水质长期稳定提供制度条件。

(3)工程技术、运维模式与政策制度的协同耦合,是抑制返黑返臭、实现“长制久清”的关键支撑之一。在以该市某县 30 条典型水体的治理实践为例的实证评估中,治理后氨氮平均浓度由 2.5 mg/L 降至 0.17 mg/L (-93.2%),溶解氧由 1.85 mg/L 提升至 6.52 mg/L (+252%),透明度由 11.72 cm 提升至 52.5 cm (+349%),黑臭水体消除率达 100%。研究表明,技术体系、运维模式与协同管理手段的深度耦合是防止农村黑臭水体“返黑返臭”的关键。其作用依赖于“监测-考核-拨付-运维-水质”的闭环是否有效运行。

(4)本文模式更适用于南方冲积平原向丘陵岗地过渡区、农村小微水体类型复杂且污染来源多元的地区;推广应用需满足:①县级统筹与乡镇村责任体系可落实;②具备稳定运维资金安排与考核拨付机制;③能开展最低频次的水质监测与台账管理。对自然条件差异显著或财政与组织动员能力不足地区,应结合本地约束条件对政策工具组合与运维强度进行适配。

参考文献

- [1] 生态环境部.生态环境部公布 2024 年第四季度和 1-12 月全国地表水环境质量状况 [EB/OL].北京:生态环境部,(2025-01-24) [2025-05-30].
- [2] 生态环境部,农业农村部,住房和城乡建设部,等.关于印发《农业农村污染治理攻坚战行动方案(2021-2022 年)》的通知 [EB/OL].北京:生态环境部,(2022-01-25)[2025-05-30].
- [3] 张爱丽.水环境治理项目造价控制难点与对策研究[J].建筑经济,2023,44:86-88.
- [4] 韩冰,杨婷,李小虎.农村黑臭水体治理工程投资估算及经济指标分析[J].环境工程技术学报,2025,15(5):1628.
- [5] 马冀威,王洪波,冯慧娟,等.青岛市典型农村黑臭水体微生物群落结构与功能特征[J].环境工程技术学报,2024,14(2):464-473.
- [6] 唐晶,庞维海,林常源,等.我国黑臭水体的成因分析与综合治理技术[J].应用化工,2020,49(2):484.
- [7] 杨凯,袁雯,赵军,等.感潮河网地区水系结构特征及城市化响应[J].地理学报,2004,59(4):557-564.
- [8] 吴阿娜,车越,张宏伟,等.国内外城市河道整治的历史、现状及趋势[J].中国给水排水,2008,24(4):13-18
- [9] 李话雨.生物-生态法修复受污染河流的实例分析[J].中国科技信息,2008(3):17-18.
- [10] Ruley J E, Rusch K A. An assessment of long-term post-restoration water quality trends in a shallow, subtropical, urban hypereutrophic lake [J]. Ecological Engineering, 2003, 19(4):265-280.
- [11] 王莉,李亭亭,刘萌硕,等.曝气联合菌剂对农村黑臭水体治理效果研究[J].工业水处理,2021,41(10):65.
- [12] 刘苏港,黄羽,倪庆国,等.农村黑臭水体治理效果评估指标体系.长江科学院院报,2023,40(12):53.
- [13] 吴比,黄毅华,马君妍,等.河道水体水质对底泥污染物释放的影响[J].净水技术,2018,37(9):132-138.
- [14] 生态环境部,水利部,农业农村部.关于印发《农村黑臭水体治理工作指南》的通知[EB/OL].北京:生态环境部,(2024-01-12) [2025-05-30].

版权声明:©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

