

生态修复工程对底栖动物群落结构及水质指示作用的影响

盛峰雷

上海市金山区林业站

DOI:10.32629/eep.v9i4.3165

[摘要] 以金山区朱泾镇秀州村为研究载体,基于区域生态本底调查数据,结合实地采样与水质监测手段,探究生态修复干预下底栖动物群落结构演变规律及其水质指示效应。通过梳理物种组成、群落密度与多样性变化,辨析底栖生物和水环境因子的内在响应关联。结果表明,生态修复重构局地生境、疏通水系脉络,显著优化底栖动物群落格局。区域底栖生物对溶解氧、营养盐变化敏感度高,可作为乡村湿地健康评价的可靠生物指标。研究成果可为江南同类乡村湿地修复、水生态长效管护提供理论与实践支撑。

[关键词] 生态修复; 底栖动物; 群落结构; 水质指示; 乡村湿地

中图分类号: Q132.6 文献标识码: A

The Impact of Ecological Restoration Projects on the Community Structure of Benthic Animals and Water Quality Indicators

Fenglei Sheng

Shanghai Jinshan District Forestry Station

[Abstract] Taking Xiuzhou Village, Zhujing Town, Jinshan District as the research carrier, based on the data of regional ecological background investigation, combined with field sampling and water quality monitoring, the evolution law of benthic community structure and its water quality indication effect under the intervention of ecological restoration were explored. By combing the changes of species composition, community density and diversity, the internal response relationship between benthos and water environment factors was analyzed. The results show that ecological restoration can reconstruct the local habitat, dredge the water system and significantly optimize the benthic community pattern. Regional benthos are highly sensitive to changes in dissolved oxygen and nutrients, and can be used as reliable biological indicators for rural wetland health assessment. The research results can provide theoretical and practical support for wetland restoration and long-term water ecological management in similar rural areas in the south of the Yangtze River.

[Key words] ecological restoration; Benthic animals; Community structure; Water quality indication; Rural wetland

引言

人与自然和谐共生的发展框架下,乡村小微湿地已然成为城市生态网络里关键的生态单元,承载水源涵养、物质循环、生物栖息等多重功能。江南水网乡村河塘林田交织,但受日常生活长期扰动,沟渠淤积、水系割裂、植被同质化等问题持续显现,水体富营养化不断加剧,原有自然生境逐步破碎化。底栖动物常年栖息水体底层,活动范围固定、生活史稳定,群落结构的细微波动,都能真实折射水环境与生境的健康状态。依托秀州村落地的生态修复工程开展系统观测,顺着工程推进轨迹探究底栖动物群落演替特征,挖掘其对水质变化的指示价值,既能理清乡村湿地修复的内在作用机理,也能为区域生物保育、水生态常

态化管护建立可参照的实践依据。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域概况

研究区域坐落于上海市金山区朱泾镇秀州村,地处江南平原感潮水网腹地,整体地势平缓低洼,全域河网纵横交错。小泖港、秀州塘、沈浦泾等骨干河道环绕片区,村内支渠、浜塘零散分布,天然水系基础条件十分优越。区域隶属亚热带季风气候,水文节律受黄浦江半日潮调控,水位随潮汛自然起落,温润气候与发达水网为乡土动植物繁育提供了良好环境基底。区域用地以林地为主体,穿插少量现状耕地与零散坑塘,林地优势树种以池杉、水杉、香樟为主,搭配女贞、旱柳等乡土林木,林下草本



图1 主要调查站点位置示意图

自然繁衍,但整体物种丰富度偏低,群落层次相对单薄。周边乡村路网密集,人居聚落分布集中,长期人为活动形成持续性生态扰动,生态空间碎片化趋势明显,水体自净能力与生境承载能力随之有所衰减。

1.2 生态修复工程概述

秀州村生态修复项目划分东西两大片区,西区占地45亩,东区占地60亩,全程遵循生态优先、低影响改造、本土物种优先的建设原则,最大限度保留原有地形肌理与林地基底。西区定位林水复合生态片区,东区打造多塘联动湿地体系,以水系梳理、微地形塑造、植被群落重构为核心实施内容。工程对村内淤积排水沟开展清淤疏拓作业,修整原有陡峭土坡,采用木桩护岸稳固边坡;新建提水泵站、溢流堰与过路涵管,打通水系阻隔断点,实现内外水体有序循环互通。植被配置优选墨西哥落羽杉、杜英等乡土乔木,分层搭配挺水、浮叶、沉水及湿生植物,构建立体湿地植被群落。同步开展入侵生物整治,清理加拿大一枝黄花、福寿螺等有害种群,配套建设科普步道、标识系统与水质监测设施,集生态保育、水质净化、科普游憩于一体。

1.3 采样点布设

为保证样本代表性与研究数据可靠性,结合项目水系走向、修复分区边界及不同生境类型差异,依托原有生态调查基础合理布设监测点位。本次布设站点覆盖西区林地沟渠、东区多塘水域、周边骨干河道及未受人为扰动的自然对照水域,兼顾沟、塘、河等多种生境类型,空间分布均匀,能够完整覆盖修复区与对照全域。本次所有观测点位地理坐标及空间分布可参见图1

主要调查站点位置示意图,各点位均做好现场生境记录,为季度、年度动态监测奠定基础,保障数据连续可比。

2 底栖动物群落结构特征

2.1 物种组成与优势种

本次野外调查过程中,区域内共检出底栖动物分属软体动物门、节肢动物门、环节动物门三类,包含铜锈环棱螺、福寿螺、黄色雨摇蚊、中国长足摇蚊、霍甫水丝蚓五类物种。整体物种构成相对简约,不同水域生境下群落分布差异较为突出。开阔河道生境容纳物种类型更丰富,封闭林地沟渠物种构成相对单一。群落优势特征表现明显,霍甫水丝蚓适应力极强,在各类水域均有广泛分布,更适宜低氧、高营养盐淤积环境;铜锈环棱螺多集中在水质通透的河道浅水区;福寿螺常聚集于排水沟缓流浅滩;摇蚊幼虫易在有机质富集沟底繁衍,物种分布与水质、底质条件高度契合^[1]。

2.2 群落密度与生物量

传统城市河道因硬质化改造、污水直排、生态基流不足等问题,逐渐退化为单一排水通道,导致水生生物栖息地丧失、水体自净能力下降及生态系统服务功能弱化。尤其是在水资源短缺地区,河道断流现象频发,进一步加剧了生态系统的脆弱性^[2]。生态修复实施前后,底栖动物群落密度与生物量呈现明显分异规律。修复前期,淤积封闭沟渠水体流动性差,有机质长期累积,耐污类种群密度偏高,生物量集中在少数优势物种,群落结构趋于单一;自然河道水体交换通畅,群落密度适中,生物量分配更为均衡,群落稳定性更强。随着生态整治落地推进,水

表 1 项目修复区域周边主要水体水质数据结果表

序号	水体名称	pH	溶解氧(mg/L)	氨氮(mg/L)	总磷(mg/L)	综合评价
1	小泖港	7.84	5.45	0.42	0.12	III
2	秀州塘	7.00	3.20	0.83	0.28	IV
3	河泥浜	7.00	3.20	0.83	0.32	V
4	沈浦泾	7.00	3.40	0.17	0.27	IV
5	西区林地排水沟	7.36	5.82	1.81	0.25	V

系连通性大幅提升,沟渠淤积得到有效治理,水体营养盐负荷稳步回落,原有耐污优势种群密度逐步下降,适配清洁水体的底栖生物数量持续增多。生物量空间差异依旧显著,河道水域以螺类生物量占比更高,林地沟渠仍以昆虫幼虫、寡毛类为主,整体群落逐步从单一耐污格局,向多物种均衡共存状态过渡^[3]。

2.3生物多样性特征

从群落丰富度、均匀度等维度分析来看,修复前区域生境同质化严重,底栖动物物种数量偏少,优势种垄断性较强,个体数量分配不均,群落均匀度偏低,生态系统自我调节与抗干扰能力偏弱。生态修复通过微地形改造营造错落小生境,水系连通优化水环境,乡土植被逐步恢复完善,为不同生态习性的底栖动物创造多元栖息空间。群落物种丰富度稳步提升,个体分配趋于均衡,多样性水平明显上扬,整个生态系统结构更趋稳定,对外界干扰的耐受能力显著增强^[4]。

2.4修复区与对照区群落对比

对照水域未开展任何生态整治,沟渠淤积、水体滞留等问题无法自然消解,底栖动物物种组成、种群规模常年波动极小,长期以耐污类群为主体,多样性水平持续低迷,群落自然演替速度十分缓慢。修复区经过水系疏通、地形重塑、植被营建等系列举措,生境异质性大幅提升,水环境与生境基底同步改善,底栖动物物种丰富度、群落均衡性均明显优于对照区域。两区群落结构的明显差异,充分印证人工适度干预能够有效引导底栖动物群落正向演替。

3 底栖动物对水质的指示作用及生态效应

3.1水环境因子时空特征

研究区域水体酸碱整体稳定,pH常年处在合理区间,时空波动较小。溶解氧呈现清晰空间规律,河道高于内部沟渠、修复区高于非修复区,同时受季节调控明显,夏秋高温期含量偏低,冬春时段有所回升。氨氮、总磷是区域主要污染因子,空间分化特征突出,水质等级差异明显。为直观量化各水域水质差异,整理

各监测断面理化指标及水质评价结果如表1项目修复区域周边主要水体水质数据结果表所示,可见小泖港水质最优达III类,秀州塘、沈浦泾处于IV类,西区林地排水沟及河泥浜水质为V类,氨氮超标是主要污染诱因。生态修复实施后,区域水体透明度显著提升,藻类滋生得到抑制,营养盐浓度稳步下降,整体水环境格局持续优化。

3.2底栖动物与环境因子的关系

底栖动物群落空间分布,与水体溶解氧、氨氮、总磷及沟底淤积状况联系紧密。霍甫水丝蚓、摇蚊幼虫耐污性突出,可适应低溶解氧、高营养盐的淤积环境,在封闭沟渠中易形成优势;铜锈环棱螺偏好溶氧充足、营养盐偏低的洁净浅滩;福寿螺更易在有机质丰富的缓流水域集群繁衍。溶解氧是约束群落分布的核心条件,营养盐主导优势种更替,底质淤积改变栖息基底,多重因子共同调控种群格局,群落变化可灵敏反馈水环境波动。

3.3生物评价指数对水质的指示

依托底栖动物群落结构构建生物评价体系,评判结果与理化水质检测高度吻合。耐污物种占比偏高的水域,富营养化程度更突出;清洁型类群增多的区域,水环境明显向好。寡毛类大量滋生可作为水体污染加重的信号,螺类繁盛则代表水生态状态优良。相较于理化瞬时监测的局限,底栖动物能长期累积记录水环境变化,可作为乡村小微湿地常态化水质评价的可靠生物依据。

3.4生态修复工程的生态效应

秀州村生态修复工程通过水系疏通重构水文格局,微地形塑造营造多元生境,乡土植被配置强化水质净化能力,从基底环境、水文条件、植被群落多维度改善底栖动物栖息环境。工程实施后,水体滞留淤积问题得到缓解,营养盐富集态势被遏制,生境异质性显著提升,为乡土底栖生物繁衍扩散创造条件,推动群落结构向健康稳态演替。同时,入侵生物整治减少外来物种对本土底栖生物生态位的侵占,植被分层结构稳固水岸边坡,减少

水土流失与底质淤积,进一步维系底栖生境稳定性。生态修复不仅实现水质直观改善与景观提升,更通过调控底栖动物这类关键生物类群,完善水生态系统食物链结构,提升区域生态系统自我净化与自我修复能力,构建可持续的乡村湿地生态格局。

4 结论

乡村小微湿地开展系统性生态修复,能够重塑区域水文与生境基底,带动底栖动物群落组成、种群结构及多样性水平正向演替,逐步打破耐污物种单一垄断状态,助力本土生物自然恢复。区域内底栖动物对溶解氧、营养盐及底质变化十分敏感,群落更替能够精准反映水质时空差异,具备稳定可靠的生态指示价值。缺少人工干预的自然水域,生境退化与群落僵化难以自行逆转,适度生态介入必不可少。以底栖动物为依托构建生物评价方式,可弥补常规水质监测短板,适配江南水网乡村长效管护

需求,本次研究可为金山区及同类乡村湿地修复、生物保育与水环境治理提供可落地的参考范式。

【参考文献】

[1]赵明雷,张灵贵,刘冬雨,等.水生态系统修复技术在河道生态修复中的应用研究[J].水上安全,2024,(06):103-105.

[2]王慧.基于生物多样性指数的再生水河道生态修复评估[J].水利技术监督,2026,(02):172-174+190.

[3]钱玉超,朱义刚,杨帆,等.河道疏浚工程对底栖生态系统的影响分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(26):182-185.

[4]马卓苹,代晓炫,王赛,等.基于底栖动物群落的河流生态修复工程应用[J].长江科学院院报,2026,43(01):34-41.

作者简介:

盛峰雷(1973--),男,汉族,上海人,本科,研究方向:林业野保。