

湿地-森林复合生态系统服务功能协同提升策略研究

芦佳林 乌赛伦

呼伦贝尔市红花尔基林业局

DOI:10.32629/eep.v9i1.3049

[摘要] 湿地-森林复合生态系统是水陆交错形成的特殊生态单元,兼具湿地与森林双重属性,可提供水源涵养、水质净化、生物多样性保育等多元生态服务功能,是区域生态安全的重要支撑。当前受人类活动干扰与生态环境变化影响,该系统结构完整性遭破坏,服务功能协同关系失衡,生态效益持续衰减。本文剖析湿地-森林复合生态系统服务功能的类型与协同内涵,识别系统功能退化的核心诱因,遵循系统保护、因地制宜等原则,从生态保护、结构修复、水文调控等维度提出服务功能协同提升策略,为复合生态系统可持续利用与生态韧性提升提供科学依据。

[关键词] 湿地-森林复合生态系统; 生态服务功能; 协同机制; 提升策略; 生态韧性

中图分类号: S342.2 文献标识码: A

Research on the Collaborative Enhancement Strategy of Wetland Forest Composite Ecosystem Service Function

Jialin Lu Sailun Wu

Honghuaerji Forestry Bureau, Hulunbuir City

[Abstract] Wetland forest composite ecosystem is a special ecological unit formed by the interaction of water and land, with dual attributes of wetland and forest. It can provide diverse ecological services such as water conservation, water purification, and biodiversity conservation, and is an important support for regional ecological security. Due to the interference of human activities and changes in the ecological environment, the integrity of the system structure has been disrupted, the coordination of service functions has become imbalanced, and the ecological benefits continue to decline. This article analyzes the types and collaborative connotations of the service functions of wetland forest composite ecosystems, identifies the core causes of system function degradation, follows the principles of system protection and adaptation to local conditions, and proposes strategies for enhancing service function collaboration from the dimensions of ecological protection, structural restoration, hydrological regulation, etc., providing scientific basis for the sustainable utilization and ecological resilience improvement of composite ecosystems.

[Key words] wetland forest complex ecosystem; Ecological service function; Collaborative mechanism; Enhancement strategy; ecological resilience

引言

湿地-森林复合生态系统是陆域与水域之间的重要生态过渡带,具备水源涵养、水质净化、生物多样性保育与固碳等多种关键功能,是维持流域生态安全的核心屏障。然而,在全球变化与人类活动干扰下,该系统正面临结构破碎、功能退化与协同减弱等威胁。因此,研究其服务功能的协同机制、诊断退化原因并提出协同提升策略,不仅是推进山水林田湖草沙系统治理的内在要求,也对增强区域生态韧性、促进生态功能可持续利用具有重要意义,可为流域生态保护与生态文明建设提供科学支撑。

1 湿地-森林复合生态系统服务功能的核心类型与协同内涵

1.1 核心服务功能类型

调节功能,系统能有效涵养水源、净化水质、调节气候与调蓄洪水。林冠与湿地植被可截留降雨15%-40%,减缓地表径流;土壤和基质具有海绵与滤池双重作用,促进雨水下渗与储存,同时去除污染物,改善水质;植被与微生物协同维持碳氧平衡,土壤与泥炭层是重要碳库;系统还能减缓洪峰,保障流域水安全。支持功能,系统为生物多样性提供重要栖息地,形成物种基因库;通过植物残体分解与养分循环,维持土壤肥力与生态平衡。供给功

能,系统可持续产出清洁水源、木材、水产品及药用植物等资源,兼顾生态保护与经济效益。文化功能,其独特水陆景观和丰富生物多样性,具有生态旅游、康养休闲、科研教育等多重价值,是开展自然教育与生态体验的重要场所^[1]。

1.2 服务功能的协同内涵

湿地-森林复合生态系统的服务功能并非独立存在,而是通过物质循环、能量流动形成协同耦合关系,这是其生态效益高于单一湿地或森林的核心原因。结构协同是功能协同的基础,乔灌草构成的森林植被层与挺水、沉水植物构成的湿地植被层形成垂直立体结构,在为不同生物提供栖息地的同时,实现降雨截留、径流调节、污染物多层级净化的协同效应。功能间相互促进、彼此支撑,水源涵养保障湿地生态基流与森林植被水分供给,维持生物群落稳定;生物多样性提升进一步增强水质净化、固碳释氧能力;养分循环为植被生长与微生物活动提供物质基础,推动调节与支持功能持续发挥。简言之,复合系统的服务功能协同,本质是结构完整性与过程连续性的综合体现,是生态韧性的核心表征。

2 湿地-森林复合生态系统服务功能退化的核心诱因

2.1 人类活动的过度干扰

人类活动是系统功能退化的首要人为诱因,主要表现为不合理开发、污染物排放与资源过度利用。围垦造田、采砂取土、乱砍滥伐等行为破坏植被群落,导致系统空间格局破碎化,湿地基质孔隙度被压缩至20%以下,水源涵养与洪水调蓄能力骤减;工业废水、农业面源污染与生活污水无序排放,使流域氮磷负荷超 $5\text{g}/\text{m}^2$ /年,重金属与有机污染物在系统内累积,超出生态自净能力,造成植被死亡、微生物失衡,破坏水质净化与养分循环功能;过度的林业采伐、水产品捕捞与生态旅游开发,超出系统资源再生能力,导致生物多样性下降,供给与文化功能的可持续性受损^[2]。

2.2 生态结构的完整性破坏

生态结构是服务功能实现的载体,结构破碎化与单一化直接导致功能协同效应丧失。植被群落结构失衡,本土优势物种减少,互花米草等入侵物种大肆扩张,降低物种丰富度,破坏垂直立体结构,降雨截留与污染物吸附的多层级效应减弱;生物群落结构单一,鸟类、底栖生物等物种数量减少,反硝化菌、聚磷菌等功能菌群活性下降,生物多样性保育功能受损,同时削弱生物吸收与微生物介导的净化能力;土壤与湿地基质结构破坏,孔隙度降低、有机质含量下降,导致土壤吸附与水分下渗能力减弱,进一步加剧系统功能退化。

2.3 水文过程的自然节律紊乱

水文过程是复合系统的核心驱动因子,自然水文节律的破坏直接影响物质循环与能量流动。筑坝修渠、水资源过度开采改变流域水文连通性,导致湿地生态基流不足,水位波动异常,干湿交替循环被打破,植被根系缺氧死亡,微生物活性受抑,硝化-反硝化、磷的固定-释放等过程受阻^[3];水文连通性丧失

使径流流速异常,水力停留时间短于2天或长于15天,过短则污染物来不及降解即外排,总氮去除率骤降至30%以下,过长则诱发厌氧环境,产生硫化物等次生污染;极端降雨与干旱导致的水文波动,进一步加剧水文过程紊乱,降低系统抗干扰能力。

2.4 外部环境的多重胁迫

全球气候变化与区域生态恶化形成的外部胁迫,加剧了系统功能退化。温室效应导致区域气温升高、降水分布不均,极端天气频发,影响植被生长周期与微生物活动规律,植物氮磷吸收速率下降,微生物降解活性降低,固碳释氧与水质净化功能受损;区域水土流失加剧,大量泥沙淤积湿地水域,抬高河床,降低调蓄能力,同时堵塞土壤与基质孔隙,减弱吸附与下渗能力;周边单一农田、人工林扩张,使复合系统生态缓冲带缺失,外部干扰直接作用于核心区域,进一步降低生态韧性^[4]。

3 湿地-森林复合生态系统服务功能协同提升的核心原则

3.1 系统保护,整体协同

坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统治理理念,将复合系统作为整体统筹规划,摒弃单一湿地或森林的保护模式,综合考虑水陆交错带的空间格局、生物群落、水文过程与物质循环,注重服务功能间的协同关系,避免因单一功能开发牺牲其他功能,实现调节、支持、供给、文化功能的整体提升。

3.2 因地制宜,分类施策

复合系统的结构特征、服务功能与退化程度,因区域气候、土壤、水文及人类活动强度不同存在显著差异。提升策略需立足区域实际,针对河流型、湖泊型、沼泽型等不同类型复合系统,以及轻度、中度、重度不同退化程度,制定差异化保护、修复与管理措施,确保策略针对性与有效性。

3.3 自然恢复,人工辅助

遵循生态系统自然演替规律,优先采用自然恢复手段,减少人工干预的二次破坏,通过拆除人为设施、恢复自然水文节律、保护本土物种,让系统依靠自身物质循环与能量流动实现结构修复与功能恢复。对于中、重度退化系统,在自然恢复基础上实施科学人工辅助,如本土植被重建、功能微生物接种、土壤改良等,加速恢复进程,提升恢复效率。

3.4 保护优先,可持续利用

坚持生态保护第一原则,划定生态保护红线,保护复合系统核心区域与生态敏感区,杜绝不合理开发与污染物排放。在生态保护基础上,探索低干扰、高附加值的生态服务功能可持续利用模式,推动生态旅游、绿色农产品开发等产业发展,实现良性循环,让生态效益转化为经济与社会效益,激发全社会保护积极性。

4 湿地-森林复合生态系统服务功能协同提升的具体策略

4.1 强化生态保护,筑牢系统功能基础

严格的生态保护是协同提升的前提,通过划定红线、污染防治、生态补偿,为系统营造稳定环境,防止人为干扰加剧退化。划

定生态保护红线,明确核心保护区、缓冲保护区与开发利用区,核心区禁止一切开发建设,缓冲区严控生态旅游与资源利用,保障系统空间格局完整;实施全流域污染协同治理,严格执行排污许可制度,工业废水深度处理达标排放,推广测土配方施肥、生物防治等技术减少农业面源污染,建设人工湿地与植被缓冲带拦截净化农田退水,将氮磷负荷控制在生态阈值内;建立生态补偿机制,依据水质净化量、固碳量等生态服务价值制定跨区域补偿标准,通过财政转移支付、生态产品价值实现等方式保障保护区居民权益,激励社区与企业参与保护。

4.2 推进结构修复,重构功能协同载体

以生态结构完整性恢复为核心,从植被群落、生物群落、土壤基质三个维度实施修复,重构复合系统垂直立体结构与生物多样性体系,恢复功能协同的物质载体。开展植被群落重建,坚持本土物种优先,补植柃木、枫香等耐湿乔木,紫穗槐等灌木,芦苇、香蒲等湿地草本,构建垂直结构,提升物种丰富度,严控互花米草等入侵物种,确保群落覆盖率达70%以上;强化生物多样性保育,建设生物栖息地廊道,恢复生境多样性,定向接种反硝化菌、聚磷菌等功能菌群,结合植被根系分泌物碳源供给,重建共生网络,提升微生物净化与养分循环能力;实施土壤与基质改良,疏浚污染沉积物,补充腐殖质使有机质含量提升至10%以上,恢复土壤多孔结构,确保孔隙度维持在40%~60%,增强吸附、下渗与养分持留能力^[5]。

4.3 优化水文调控,恢复自然驱动节律

通过水文连通性恢复、生态基流保障、水位动态调控,恢复自然水文节律,为系统物质循环与能量流动提供保障。恢复流域水文连通性,拆除非法堤坝、沟渠,疏通水系通道,实现湿地与森林、上游与下游的水文连通,保障水体自由流动与物质交换;保障生态基流,制定生态基流标准,中型湿地生态基流不低于 $0.3\text{m}^3/\text{s}$,通过水资源统一调度,避免过度开采,确保湿地不干涸、森林植被水分供给充足;优化水位动态调控,维持 0.52m 年水位波动范围,重建干湿交替循环,激发微生物活性;调控水力停留时间至310天、流速至 $0.05\sim 0.3\text{m/s}$,确保水体与基质、植物、微生物充分接触,提升净化效果,避免流速异常引发的次生问题。

4.4 实施科学管理,提升系统管控能力

构建科学管理体系,通过全域监测、动态评估、适应性管理,保障服务功能持续协同提升。构建天空地一体化监测体系,布设水质、生物、土壤与水文监测设备,结合卫星、无人机遥感技术,实时跟踪COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP等污染物浓度及植物群落、微生物活性等生态指标,建立联动数据库;建立生态预警机制,设定服务功能基准值,确保核心功能维持在基准值80%以上,指标异常时及时预警,识别退化早期信号;实施适应性管理,结合气候变化

与区域发展动态优化策略,构建多塘串联体系、生态缓冲带等防灾设施,削减洪峰流量;将复合系统保护纳入地方政绩考核,强化监管,杜绝不合理开发与排污行为。

4.5 推动产业融合,实现生态价值转化

在生态保护基础上,推动生态保护与特色产业融合,实现生态服务功能价值转化,形成长效保护机制。发展生态旅游,严格控制旅游规模,打造湿地观鸟、森林康养、自然研学等产品,配套生态化旅游设施,减少活动干扰;开发绿色生态产品,依托系统自然资源发展林下经济、生态水产品、药用植物种植等绿色产业,推广生态种养模式,提升产品附加值;推进生态产品价值实现,通过碳汇交易、水质净化服务、生态旅游收益等方式,将生态效益转化为经济收益,收益反哺生态保护与修复,同时加强科普宣传,提升全社会生态保护意识。

5 结语

综上,湿地-森林复合生态系统的生态价值关键在于其多元服务功能的协同性,这依赖于系统结构、水文连续性与生物群落的稳定。当前,受人类活动与外部环境影响,该系统面临功能退化与协同失调等问题。为有效应对,应以系统思维为指导,通过生态结构修复、水文调控、保护管理与产业融合等策略,提升其功能协同性与生态韧性。未来,需统筹流域治理与区域发展,深化功能协同机制研究,创新监测与管理手段,并构建跨区域、跨部门协作机制,调动多元主体参与,最终实现生态保护、经济发展与社会福祉的协同共赢,为全球复合生态系统的可持续治理提供借鉴。

[参考文献]

- [1]郭丹,陈媛,谢华,等.森林湿地在生态环境保护中的水环境净化功能——机制、路径与可持续管理[J].中国林业产业,2025(08):85-86.
- [2]张曼,杨桂山,苏伟忠,鄱阳湖流域生态系统服务权衡与协同关系对土地利用变化的响应[J].生态学报,2025,45(03):987-998.
- [3]张建锋,王荣嘉,李悦.微生物驱动的氮固持机制及在防护林农业面源污染控制中的应用[J].应用生态学报,2024,35(09):2891-2900.
- [4]李畅游,张生,赵胜男.霍林河流域生态系统格局变化对水文服务功能的影响机制[J].湿地科学,2024,22(06):897-906.
- [5]蔡庆华,罗开利,刘建康.基于自然-人类系统联动的淡水生态系统服务管理策略[J].水生生物学报,2023,47(10):1567-1576.

作者简介:

芦佳林(1989--),男,汉族,河北省张家口市人,大专,研究方向:林业。