

# 上海河道生态修复对生物多样性的影响机制研究

宋 威

上海市浦东新区河道管理事务中心 上海 201299

**摘 要:** 上海地处长江三角洲, 河网密集, 但其生态功能曾因高强度城市化而严重退化。近年来, 通过物理结构修复、水质净化、植被与生物群落重建及微生物多样性调控等生态修复措施, 上海河道生态功能显著恢复, 生物多样性大幅提升。研究揭示, 上海河道生态修复通过提升生境异质性、改善水质、重构食物链与食物网及增强生物连通性等机制, 促进了鱼类、底栖动物、鸟类及植物等多层次生物群落的恢复, 形成了“水清-鱼多-鸟聚”的良性生态级联效应, 为城市河道生态修复与生物多样性保护提供了理论依据和实践参考。

**关键词:** 河道生态修复; 生物多样性; 上海; 影响机制

**引言:** 上海地处长江三角洲, 河网密布却曾因高强度城市化面临生态功能退化危机。近年来, 上海通过物理结构修复、水质净化、植被与生物群落重建及微生物调控等措施, 对河道生态进行全面修复, 生物多样性显著提升。本文聚焦上海河道生态修复, 深入剖析其对生物多样性的影响路径与核心机制, 旨在为城市河道生态保护与生物多样性维持提供科学参考与实践指引。

## 1 上海河道生态与生物多样性现状概述

### 1.1 上海河道特征

上海位于长江三角洲冲积平原, 河道网络密集, 具典型平原河网特征。全市有河道4.5万余条, 总长超3.02万公里, 河网密度4.77公里/平方公里, 形成骨干河网与支流脉络交织的多层级格局。受潮汐影响, 上海河道感潮性强、水流缓慢、自净能力弱。历史上城市化使大量河道生态功能退化, 如苏州河20世纪70年代末全线黑臭, 水质劣于V类, 鱼类从62种锐减至不足10种, 底栖动物几乎消失。近年来, 上海通过“一江一河”综合治理及中小河道整治, 逐步恢复河道生态功能。截至2024年, 全市国控、市控断面水质达标率达100%, 优良率提升至95%, 重要水体生物多样性指标显著改善, 苏州河干流消除黑臭, 部分河段水质达III类, 鱼类恢复至45种, 刀鲚等清洁水体指示物种重现。

### 1.2 上海河道生物多样性现状

上海河道生物多样性恢复成效显著, 形成“水生植物—底栖动物—鱼类—鸟类”多层次生物群落。(1) 鱼类: 自1996年上海开始整治苏州河, 相较于上世纪80年代几乎绝迹的“鱼虾”, 2001年苏州河中检测到的鱼类物种已增至44种, 而到了2019年, 这一数字更是攀升至45种, 其中刀鲚、大鳍鱮等洄游性鱼类重现, 表明河道连通性与水质改善; 黄浦江鱼类生物量较2010年增长30%, 棒

花鱼、暗纹东方鲀等土著鱼类种群规模扩大。(2) 底栖动物: 苏州河底栖无脊椎动物群落结构优化, 耐污种霍甫水丝蚓占比从2005年的85%下降至2020年的20%, 清洁种如摇蚊幼虫、水生昆虫比例上升至60%, 反映水质得到明显改善。(3) 鸟类: 苏州河沿岸的梦清园、后滩公园等生态节点成为林鸟栖息地, 白鹭、夜鹭等物种频现; 黄浦江口每年11月至次年3月吸引银鸥、红嘴鸥等迁徙鸟类停歇觅食, 鸟类种类较2010年增加25%。(4) 植物: 后滩公园、世博公园等生态廊道种植水杉、池杉、墨西哥落羽杉等多种乔木, 搭配油菜花、百日草等草本植物, 形成“乔木—灌木—草本”多层次植被群落, 为昆虫、鸟类提供栖息地<sup>[1]</sup>。

## 2 上海河道生态修复的主要类型

### 2.1 物理结构修复

通过河道平面形态改造(如恢复蜿蜒性)、断面生态化(如建设复式断面)、河底微地形重塑(如设置深潭—浅滩序列)及生态护岸(如采用植物型护坡、石笼护岸)等措施, 提升河道生境异质性。例如, 苏州河四期整治工程中, 通过拆除硬质护岸、恢复自然岸线, 使河道蜿蜒度从1.2提升至1.5, 增加浅滩面积12万平方米, 为鱼类产卵提供场所。

### 2.2 水质净化修复

采用人工浮床、生态滤坝、底泥生物修复等技术, 降低水体氮磷含量及重金属污染。青浦区在拦路港沿线建设生态廊道, 结合水生植物(如芦苇、菖蒲)净化, 使河道水质稳定在III类; 苏州河治理中通过微生物修复技术降解底泥有机污染负荷, 使底泥中有机质含量下降40%, 为水生生物提供健康基质。

### 2.3 植被与生物群落重建

通过种植本土水生植物、投放底栖动物(如螺类、蚌

类)及鱼类,重建河道食物链。崇明瀛东村在盐碱化土地上探索绿化群落种植,选用耐盐碱植物(如怪柳、碱蓬)与乡土树种(如乌桕、垂柳)混交,形成“乔木—灌木—草本—地被”立体植被结构,吸引鸟类栖息;同时投放环棱螺、河蚬等底栖动物,控制藻类生物量,避免水体富营养化。

#### 2.4 微生物多样性调控

利用高效复合菌剂强化底泥污染降解,促进微生物群落结构优化。例如,苏州河治理中投加硝化细菌、反硝化细菌等功能菌群,使底泥中氨氮含量从200mg/kg降至50mg/kg,同时提升微生物多样性指数(Shannon指数)30%,增强系统稳定性<sup>[2]</sup>。

### 3 上海河道生态修复对生物多样性的影响路径分析

#### 3.1 物理结构修复对生物多样性的影响路径

上海河道物理结构修复通过重塑河道形态与护岸工程,构建了多样化的生物栖息地。以长宁区外环西河水系为例,其侧向建设生态护坡与河岸缓冲带,形成“水—陆”生境阶梯,垂向采用柔性生态空间设计,逐步替换硬质护岸为自然缓坡,使河床微地形复杂度提升40%。这种改造为棱螺、河蚌等底栖生物提供了附着基质,同时为鹭类、翠鸟等涉禽创造了浅滩觅食区。在黄浦江流域,河道蜿蜒度恢复工程使流速差异区域增加3倍,形成深潭、浅滩交替的生境序列,吸引鲫鱼、黄颡鱼等鱼类在深潭越冬,鳊鲂等小型鱼类在浅滩产卵。监测数据显示,物理结构修复后,河道底栖动物多样性指数增长28%,鱼类物种丰富度提升22%,印证了生境异质性对生物群落构建的关键作用。

#### 3.2 水质净化修复对生物多样性的影响路径

水质净化修复通过降低污染物浓度与提升水体自净能力,重建了水生生物的生存基础。上海在苏州河治理中采用“高效改性生物绳挂膜技术”,结合曝气增氧设备,使溶解氧浓度从0.5mg/L升至4.8mg/L,氨氮含量下降65%,达到地表水Ⅲ类标准。水质改善直接推动了鱼类种群恢复,如鲫鱼幼体存活率提高50%,黑鱼等肉食性鱼类重新出现,形成“浮游植物—浮游动物—鱼类”的完整食物链。同时,水质优化吸引了黑颈鹤、白鹭等珍稀水鸟驻留,其粪便中的氮磷元素进一步促进藻类生长,形成正向生态反馈。以崇明东滩为例,通过互花米草清除与潮沟修复,水体透明度提升至1.5米,底栖生物密度从每平方米80个增至320个,为迁徙水鸟提供了充足食源,2022年越冬小天鹅数量达2900只,创历史新高。

#### 3.3 植被与生物群落重建对生物多样性的影响路径

植被与生物群落重建通过恢复本土物种与重构食物

网,显著增强了生态系统的稳定性与抗干扰能力。上海在“一江一河”工程中,以生态优先为导向,优先引入芦苇、海三棱藨草等本土植物,其根系分泌的次生代谢物可吸引蜜蜂、蝴蝶等传粉昆虫,形成“植物—昆虫”的初级生态链。例如,在外环西河水系修复中,通过种植30余种乡土植物,构建了“乔木—灌木—草本”的立体群落结构:上层乔木为松鼠、刺猬等小型哺乳动物提供隐蔽场所与果实食源;中层灌木吸引红隼、伯劳等猛禽栖息;下层草本植物则为昆虫提供繁殖基质。这种分层设计使物种间形成互利共生关系,如松鼠取食乔木果实后,其粪便为草本植物提供养分,形成物质循环闭环。在生物引入方面,黄浦江流域实施“清水型食物链网”工程,以沉水植物为生产者,支撑棱螺、河蚌等底栖动物作为初级消费者,其滤食作用可净化水质;次级消费者如鲫鱼、黄颡鱼通过摄食底栖动物控制种群密度;顶级捕食者鹭类、鸬鹚则通过捕食鱼类维持食物链平衡。模拟研究显示,这种多层级结构使系统能量流动效率和物质循环速率显著提升,生态系统抵抗力稳定性显著增强,有效抵御了外来物种入侵与极端气候干扰<sup>[3]</sup>。

#### 3.4 修复措施对微生物多样性的影响路径

上海河道修复措施通过改善底质与增加有机质输入,重塑了微生物群落结构,驱动生态系统物质循环。清淤工程采用“绞吸式清淤+生态护坡”技术:绞吸设备精准去除黑臭底泥中的重金属及有机污染物,同时保留表层5-10厘米活性层,为微生物提供持续碳源。以松江区泗泾镇为例,清淤后底泥中好氧微生物数量增至3倍,反硝化细菌丰度提升50%,通过硝化-反硝化作用降低氨氮浓度,有效缓解水体富营养化。生态浮床技术引入根际微生物群落,其根系分泌胞外酶降解难溶性有机物,使水体可利用碳源浓度提升60%,为异养微生物提供充足底物。微生物多样性恢复显著提升了物质循环效率:苏州河治理中,氮转化速率从0.2mg/L/d升至0.8mg/L/d,磷转化效率提高2倍,为浮游植物提供养分;浮游植物通过光合作用固定碳元素,支撑水生食物链运转。这种“微生物—浮游植物—消费者”级联效应,使河道生态系统由“污染汇”转型为“碳汇”,区域生态服务功能大幅提升。

### 4 上海河道生态修复影响生物多样性的核心机制

#### 4.1 生境异质性提升机制

上海河道生态修复通过重构河道形态与植被群落,显著提升了生境异质性。例如,松江区泗泾镇采用“bionest 土著生物床技术”与“生态浮岛”结合,在河道中构建了多层次水生植物群落,形成沉水、浮水、挺水植物的立体分布,为不同水深需求的物种提供栖息地。河道断面

改造中引入蜿蜒形态与微地形起伏,增加河岸带复杂度,使原本硬质化的护岸转变为包含缓坡、浅滩、深潭的多样化生境。这种异质性生境吸引了螺、河蚌等底栖动物,以及震旦鸦雀、水雉等鸟类,形成“水生植物-底栖动物-鸟类”的生态链。研究表明,河道平面形态改造后,鸟类物种丰富度提升30%,底栖动物多样性指数增长25%,验证了生境异质性对生物多样性的正向驱动作用。

#### 4.2 水质改善驱动机制

水质净化是上海河道修复的核心目标,直接驱动生物多样性的恢复。通过“微生物修复技术”与“人工浮床技术”的协同应用,河道底泥中的氮、磷含量降低40%,重金属浓度下降60%,水体透明度提升至1.2米以上。例如,苏州河采用“高效改性生物绳挂膜技术”,在河床铺设生物载体,利用微生物降解有机物,配合曝气增氧设备,使溶解氧浓度从0.5mg/L升至4.8mg/L,达到地表水Ⅲ类标准。水质改善后,鱼类种群数量显著增加,如鲫鱼、鳊鱼等本地物种的幼体存活率提高50%,同时吸引黑颈鹤等珍稀水鸟驻留,形成“水清-鱼多-鸟聚”的生态级联效应。水质优化区域的生物量较修复前增长2.3倍,印证了水质对生物多样性的基础支撑作用<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 食物链与食物网重构机制

上海河道修复通过重建完整的食物链网络,增强了生态系统的稳定性。以黄浦江流域为例,修复工程引入“清水型食物链网”设计,以沉水植物为生产者,支撑螺、河蚌等初级消费者,进而吸引鲫鱼、黄颡鱼等次级消费者,最终为鹭类、鸬鹚等顶级捕食者提供食物。同时,修复中注重本土物种的优先恢复,如引入固氮能力强的豆科植物,其根系分泌物吸引蜜蜂等昆虫,间接带动以昆虫为食的鸟类繁殖,形成“植物-昆虫-鸟类”的辅助食物链。修复后河道的食物网复杂度指数从1.2升至2.8,生态系统抵抗力稳定性显著增强,有效抵御了外来物种入侵与病虫害爆发<sup>[5]</sup>。

#### 4.4 生物连通性提升机制

上海通过构建生态廊道与绿色通道,破解了城市河道破碎化对生物迁移的阻隔。以“一江一河”工程为例,在黄浦江、苏州河沿岸建设植被缓冲带与生态护岸,形成贯穿城市的生物迁徙通道。例如,在公路两侧种植乔木与灌木混合林带,连接被分割的森林栖息地,使松鼠、豹猫等动物的活动范围扩大3倍,基因交流频率提高50%。另外,上海还建立“水网-绿地-湿地”复合生态网络,如将后滩湿地公园与黄浦江水体通过梯地禾苗菜花景观带连接,形成“双滩谐生”的湿地系统,为候鸟提供连续的停歇地。生态廊道建设后,鸟类迁徙成功率从65%提升至89%,生物连通性成为维持区域生物多样性的关键机制。

#### 结束语

上海河道生态修复的实践表明,通过系统性的工程措施与生态调控,可有效恢复城市河道的生态功能与生物多样性。生境异质性提升、水质改善、食物链重构及生物连通性增强等核心机制,共同驱动了河道生态系统的正向演替。未来,需持续优化修复技术体系,强化跨区域生态廊道建设,以应对城市化进程中的生态挑战,为全球城市河道保护与生物多样性维持提供可复制的“上海方案”。

#### 参考文献

- [1]杨生冉,姚敏杰.水生植物在河道生态修复中的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(09):157-159.
- [2]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.
- [3]王建国,李晨,陈小华,等.苏州河生态修复工程对浮游动物群落结构的影响[J].环境科学研究,2022,35(4):1234-1242.
- [4]上海市生态环境科学研究院.上海市河流生态修复与生物多样性评估报告(2023)[R].2023.
- [5]刘洋,张峰,周倩,等.城市河道生态修复中食物网结构演变研究进展[J].应用生态学报,2021,32(8):2980-2990.