

上海市生态清洁小流域水质提升治理模式探究

宋 威

上海市浦东新区河道管理事务中心 上海 201299

摘要: 上海作为平原河网地区, 将生态清洁小流域划分为水源保护型、绿色发展型、美丽乡村型和都市宜居型四大类型, 并分析水质污染成因, 包括农业面源、城市径流、内源释放污染及管理短板。基于此, 构建“四维一体”治理模式, 涵盖源头控制、过程拦截、末端修复、智慧管理维度, 集成优化治理技术。2023年全市水环境质量显著提升, 未来将持续深化模式, 推动小流域向生态健康升级。

关键词: 生态清洁小流域; 水质提升; 治理模式

1 上海生态清洁小流域的类型划分

上海作为平原河网地区, 依据区域功能定位与自然条件差异, 将生态清洁小流域划分为四大类型, 并制定差异化治理策略。水源保护型以青浦区金泽水库、黄浦江上游水源地为典型, 重点保障饮用水安全。该区域构建宽度 $\geq 50\text{m}$ 的生态隔离带, 严格禁止高污染企业入驻, 有效拦截农业面源及城市径流污染。金泽水库周边种植芦苇、菖蒲等挺水植物形成生态屏障, 使入库总磷浓度下降40%, 水质稳定达Ⅱ类标准; 绿色发展型围绕五大新城(嘉定、松江等)展开, 深度融合河道治理与产业升级。通过推广循环水养殖技术, 节水30%; 建设零碳工业园区, 可再生能源占比 $\geq 60\%$ 。松江新城某产业园区采用人工湿地处理工艺, 工业废水COD浓度从150mg/L降至30mg/L, 实现水资源循环利用; 美丽乡村型以崇明区瀛东村、青浦区莲湖村为代表, 重点控制农业面源污染。建设村级污水处理站, 处理率 $\geq 90\%$; 推广测土配方施肥, 化肥减量35%; 结合宽度 $\geq 10\text{m}$ 的盐碱地耐盐植被缓冲带, 实现污水零排放与水质Ⅲ类达标。瀛东村河道氨氮浓度从2.8mg/L降至0.8mg/L; 都市宜居型以长宁区外环西河、浦东新区张江镇为标杆, 融合水生态修复与城市空间功能。外环西河重建生态护坡, 植被覆盖率 $\geq 80\%$; 建设雨水花园, 滞蓄量50mm, 溶解氧提升40%, 径流SS削减65%。张江镇依托物联网技术构建智慧监测系统, 实现污染源实时追踪与精准治理。

2 上海市小流域水质污染成因分析

2.1 农业面源污染: 非点源污染的“隐形推手”

农业面源污染已然成为上海郊区小流域水质恶化的首要“元凶”。以崇明区为例, 在7-10月农业施肥高峰期, 化肥利用率极低, 不足40%。大量的过量氮、磷元素, 通过地表径流毫无阻碍地直接汇入河道, 进而引发水体富营养化问题。在2024年7月崇明发生的地表水污染

事件中, 农业面源污染的贡献率高达65%, 其中畜禽养殖粪便未经处理就直接排放的占比更是超过30%。而且, 农药使用强度居高不下, 平均每亩达到2.3公斤, 且降解周期漫长。部分农药残留会通过淋溶作用悄然进入地下水, 对水生态安全构成严重威胁。例如2023年5—10月监测数据显示, 青浦区向阳河农业活动密集区河道总磷浓度均值达0.3mg/L, 超出《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类水限值(0.2mg/L)0.5倍。同期藻类密度突破 10^7 个/L, 频繁引发“水华”现象, 导致水体发绿发臭, 严重影响周边生态环境和居民生活。该区域化肥施用量达每亩45公斤(折纯), 畜禽养殖密度为每亩0.8头, 进一步加剧了污染负荷。

2.2 城市径流污染: 高密度建成区的“黑色负担”

中心城区小流域污染中, 城市径流污染占据主导地位, 其污染物成分复杂、突发性强的特点尤为突出。长宁区外环西河周边道路的监测情况显示, 降雨初期径流中COD(化学需氧量)浓度急剧攀升, 可达800mg/L, 是晴天值的20倍, 重金属铅、锌含量超标5-8倍。这主要归因于机动车尾气沉降、轮胎磨损颗粒以及建筑工地扬尘的长期累积。老旧小区的合流制排水系统在暴雨时极易发生溢流现象, 将未经处理的生活污水直接排入河道。以2023年7月暴雨期间浦东新区张江镇的案例为例, 合流制管网溢流导致河道氨氮浓度瞬时升高3倍, 溶解氧降至1mg/L以下, 造成鱼类大规模死亡, 水体生态系统遭受重创。此次污染事件使河道黑臭现象持续达一周之久, 周边居民投诉量激增, 严重影响城市生态环境和居民生活质量。该事件凸显了高密度建成区排水系统升级改造的紧迫性, 也为后续合流制管网分流改造提供了典型案例参考。

2.3 内源释放污染: 历史遗留问题的“持续发酵”

底泥污染堪称上海小流域水质改善的“隐形瓶

颈”。长期以来的污染沉积,使得河道底泥中重金属(如铜、镉)和有机物(如多环芳烃)含量严重超标。在扰动条件下,例如航道疏浚、暴雨冲刷等,这些污染物极易发生二次释放,进一步加剧水体污染。黄浦江上游某支流底泥监测结果令人担忧,总磷含量高达2.5g/kg,是背景值的5倍;汞含量超标10倍,成为水体长期低氧的根源,导致水生生物生存环境恶化。内源污染的治理需要结合清淤与生态修复,但成本高昂,每立方米底泥处理费用超2000元,且在治理过程中还容易破坏原有生态系统平衡,给治理工作带来极大挑战^[2]。

2.4 管理短板:跨部门协同的“最后一公里”

管理碎片化是制约上海小流域治理成效的关键因素。农业、水务、环保部门在面源污染管控方面存在明显的职责交叉问题。例如,畜禽养殖污染监管涉及农业农村委与生态环境局,但粪污资源化利用标准不统一,导致部分养殖场“重达标轻利用”,无法实现资源的有效循环利用。另外,基层监测能力严重不足,截至2024年底,郊区河道水质自动监测站覆盖率不足30%,难以对污染进行精准溯源与及时预警。张江镇的实践表明,通过建立“河长制+网格化”管理模式,将河道巡查与社区治理有机结合,可提升问题发现效率40%,但跨区域协调机制仍需进一步完善,以实现小流域治理的全面、高效、协同推进。

3 上海市生态清洁小流域治理模式构建

3.1 治理理念与原则:系统思维与精准施策

上海生态清洁小流域治理以“山水林田湖草沙”生命共同体理念为引领,秉持“问题导向、系统治理、科技赋能、全民参与”四大核心原则。问题导向要求依据不同类型小流域的污染特性,量身定制差异化治理策略。例如,农业型区域着重控制氮磷污染,城市型区域则侧重于截污分流。系统治理强调水陆统筹,将河道治理与岸线绿化、海绵城市建设有机结合,构建起“水域-滨岸-陆域”三道坚固防线,实现全方位、多层次的生态保护。科技赋能借助大数据、物联网等前沿技术,达成智慧监测与精准调控,提升治理的科学性和高效性。全民参与通过“民间河长”“企业环保承诺”等创新机制,充分调动社会各界力量,形成政府、企业、公众共同参与、共建共享的良好格局,为生态清洁小流域治理注入强大动力。

3.2 “四维一体”治理模式框架

3.2.1 源头控制维度:截断污染输入链

源头控制作为治理的关键核心环节,对于生态清洁小流域建设至关重要。在农业型小流域,积极推广生态

农业技术成效显著。如崇明区依据《上海市推进农业高质量发展行动方案(2021-2025年)》,开展“化肥农药减量增效行动”,运用无人机精准施肥、生物防治替代化学农药等手段,使化肥使用量显著下降25%,农药残留降低40%。同时,大力建设生态拦截沟渠,利用水生植物对氮磷的吸收作用,有效减少面源污染入河^[3]。城市型小流域大力推进雨污分流改造,浦东新区张江镇完成老旧小区管网改造后,合流制溢流频次大幅减少70%;在商业区推广绿色屋顶与透水铺装,地表径流削减50%以上。滨海岸带型小流域则通过建设生态缓冲带,种植芦苇、碱蓬等耐盐植被,成功拦截陆源污染物入海,奉贤区海湾森林公园周边河道总悬浮物浓度下降60%。

3.2.2 过程拦截维度:构建多级净化屏障

过程拦截是改善水环境质量的重要手段,依赖自然与人工设施协同实现污染物梯度去除。河道治理中,生态护坡逐渐取代硬质护岸,以长宁区外环西河为例,种植狗牙根、黑麦草等草本植物构建“根系-微生物-土壤”复合净化系统,植物根系固土防流失,为微生物提供栖息场所,通过分解作用使氨氮去除率提升35%。人工浮岛利用水葫芦、鸢尾等植物吸收重金属,对COD去除率达40%。管网系统方面,智能截流井与调蓄池广泛应用,浦东新区暴雨时调蓄池可暂存10万立方米污水,防止溢流污染。针对农业型小流域,生态沟渠与湿地建设成效突出,青浦区莲湖村构建“沟渠-湿地-河道”三级净化体系,使农田排水总磷浓度从0.5mg/L降至0.1mg/L,有效净化水质。

3.2.3 末端修复维度:激活水体自净能力

末端修复着重致力于生态系统功能的全面恢复与显著提升,是改善水环境质量的关键环节。在河道清淤作业中,环保绞吸式设备成为首选。这种设备能够精准作业,最大程度减少对底泥的扰动,避免二次污染的产生。以崇明区瀛东村为例,当地采用清淤与生态修复相结合的创新模式。清淤工作有效去除了河道底泥中积累的大量污染物,使得底泥有机质含量大幅下降50%,为水生生物创造了更健康的生存环境。同时,生态修复措施同步推进,水体透明度迅速提升至1.2米以上,原本浑浊的河道变得清澈见底,水质得到了极为明显的改善。为进一步增强水体生态功能,当地还投放了滤食性鱼类,如鲢鱼、鳙鱼,以及底栖动物,像螺蛳、河蚌等。这些生物构建起了“生产者-消费者-分解者”的完整食物链。在张江镇,这一举措成效斐然,河道生物多样性指数提升了20%,水体自净能力显著增强。大力推广的水生植物修复技术也发挥了重要作用。种植的苦草、金鱼藻等沉

水植物,通过光合作用释放大量的氧气,让河道溶解氧浓度稳定在5mg/L以上,有效抑制了藻类的过度繁殖,助力水体生态平衡得以恢复。

3.2.4 智慧管理维度:打造动态监管网络

智慧管理作为提升生态清洁小流域治理效能的核心要素,正发挥着日益关键的作用。上海构建了“市-区-街镇”三级水质监测平台,该平台高度集成卫星遥感、无人机巡查以及地面传感器所采集的数据,达成对河道水质的全方位、实时监控。借助这一先进系统,治理部门能够精准掌握水质动态,为科学决策提供坚实依据。在浦东新区张江镇,物联网传感器被广泛部署。这些传感器每15分钟就会上传一次pH值、溶解氧、氨氮等关键水质指标,一旦出现异常数据,系统便会自动触发预警机制,响应时间大幅缩短至2小时以内,确保能及时处理各类水质问题。同时,“上海河长”APP的开发与推广,极大地调动了公众参与治理的积极性。公众可通过该APP上传河道污染照片,系统自动定位并迅速派单处理。2024年,通过这一平台解决的污染问题超过5000件。利用大数据深入分析污染的时空分布规律,能为精准治污提供有力决策支持。就像长宁区,通过模型精准预测外环西河暴雨径流污染负荷,提前启动调蓄池,成功避免了水质恶化。

3.3 治理技术集成与优化:从单一到协同的跨越

上海生态清洁小流域治理技术呈现出“集成化、生态化、智能化”的显著趋势。在农业面源污染控制方面,将生态拦截沟渠、人工湿地与测土配方施肥技术有机结合,形成“源头减量-过程拦截-末端净化”的全链条治理体系,青浦区莲湖村农业面源污染负荷削减60%以上,治理成效显著。城市径流治理中,推广“绿色基础设施+灰色管网”协同模式,如长宁区外环西河通过雨水花园、生态调蓄池与智能截流井联动,实现径流污染削减与防洪排涝双重目标,提升了城市水系统的综合功

能。内源污染治理中,采用“环保清淤+生物修复”组合技术,崇明区瀛东村清淤后投放微生物菌剂,加速底泥有机物分解,使河道黑臭现象彻底消除,恢复了水体的生态健康^[4]。上海积极探索新技术应用,如利用纳米材料吸附重金属、基因工程菌降解有机污染物,为顽固性污染治理提供了新的有效路径。通过类型划分精准定位、成因分析溯源治本、模式构建系统推进,上海生态清洁小流域治理已形成“源头控污-过程拦截-末端修复-智慧管理”的闭环体系。2023年数据显示,全市40个国控断面优Ⅲ类比例达97.5%,水土保持率99.44%,河湖面貌焕然一新。未来,上海将继续深化“四维一体”模式,推动小流域治理从“水质达标”向“生态健康”升级,为超大城市水生态保护提供“上海方案”。

结束语

上海生态清洁小流域治理通过精准的类型划分、深入的污染成因剖析,创新构建“四维一体”治理模式,集成多元技术,形成闭环治理体系,成效斐然。这不仅改善了全市水生态环境,更为超大城市水生态保护提供了宝贵经验与“上海方案”。展望未来,上海应持续探索创新,不断完善治理模式,推动小流域治理迈向更高水平,实现生态与发展的良性互动。

参考文献

- [1]王建宏,邓婕.生态清洁小流域综合治理模式分析[J].河南水利与南水北调,2022,51(06):6-7+60.
- [2]苏英.生态清洁型小流域综合治理与产业扶贫结合的治理模式探讨[J].广西水利水电,2020(03):94-97.
- [3]刘明辉.新阶段生态清洁小流域建设探析[J].河北水利,2023(05):20+34.
- [4]郝咪娜,王莎,朱春波,等.生态清洁小流域投资指标研究:以生态环境型和生态安全型为例[J].水利技术监督,2020(5):246-249.