

基于多维度调查的长江口生态系统健康评估与保护对策

陈林

东方国际集团上海环境科技有限公司

DOI:10.32629/eep.v9i3.3099

[摘要] 作为我国最大的河口湿地生态系统,长江口具备特殊的水文特征,其承载了候鸟迁徙、珍稀水生生物产卵越冬、航运交通、水资源利用等多重功能。关于其生态系统健康评估与保护工作的开展,将直接影响当地的经济水平与环境生态保护质量。文章以“长江口水生态调查和地表水环境质量监测”项目为例,探明了基于多维度调查的长江口生态系统健康评估方法与保护策略,以期能够为长江口生态系统的长效保护提供助力,赋能区域经济高质量发展。

[关键词] 多维度调查; 长江口; 生态系统; 健康评估; 生态保护

中图分类号: Q132.6 文献标识码: A

Health Assessment and Protection Countermeasures of the Yangtze River Estuary Ecosystem Based on Multidimensional Investigation

Lin Chen

Dongfang International Group Shanghai Environmental Technology Co., Ltd.

[Abstract] As the largest estuarine wetland ecosystem in China, the Changjiang Estuary has special hydrological characteristics, which carries multiple functions such as migratory birds migration, rare aquatic organisms spawning and wintering, shipping and transportation, and water resources utilization. The development of ecosystem health assessment and protection will directly affect the local economic development level and the quality of environmental ecological protection. Taking the project of "Water Ecological Investigation and Surface Water Environmental Quality Monitoring in the Yangtze River Estuary" as an example, this paper explores the methods of ecosystem health assessment and protection strategies based on multi-dimensional investigation, with a view to providing assistance for the long-term protection of the Yangtze River Estuary ecosystem and empowering the high-quality development of regional economy.

[Key words] multi-dimensional survey; Changjiang estuary; Ecosystem; Health assessment; Ecological protection

引言

作为长江流域与东海交汇的重要枢纽,长江口的生态系统较为复杂,其具备渔业产区、洄游通道、河口湿地等多重生态功能。而伴随城市化进程的深入,长江口的生态系统面临着水质污染、生物多样性下降等挑战,其生态系统的健康情况,将会对长三角区域的生态安全及可持续发展产生直接影响^[1]。基于此,文章将针对基于多维度调查的长江口生态系统健康评估与保护对策做出分析。

基于多维度调查的长江口生态系统健康评估,突破了单一维度评价的局限性,可针对长江口生态系统功能稳定性、结构完整性等,对其生态系统所产生的影响做到全面捕捉,这可以为长江口生态系统保护工作的高质量发展提供有力支持。

1 基于多维度调查的长江口生态系统健康评估价值

1.1 维护生态平衡

在“水质常规参数+沉积物+水生生物+生境调查”等多维度调查的充分作用下,长江口生态系统健康评估工作的开展,可做到长江口生态系统核心不足的精准识别,并强化陆海统筹生态平衡的维护。长江口本身是典型的河口生态过渡地带,维护生物多样性、调蓄径流、水质净化等多种生态服务功能,均需在生态系统健康评估中做到重点关注。基于多维度调查,可做到长江口生物群落、沉积环境、水环境等指标的有效整合,这可为长江口生态系统保护工作的开展、生态平衡的维系等指明方向^[2]。如基于多维度调查的生物多样性保护,需注重对大型底栖生物、鱼类、浮游生物等的监测,在物种群落结构、种类、演变趋势等的高效分析中,可实现对长江口生物多样性变化规律的全面掌握。

1.2 破解科研难题

长江口生态系统本身具备一定的特殊性与复杂性,在陆海

相互作用、河口生态学等的研究工作中经常被作为典型案例。而基于多维度调查的长江口生态系统健康评估,则能够为相关研究工作的开展,提供更为创新的思路、丰富的数据资源等,这对破解科研难题、提升科研价值十分有益。在长江口生态系统健康评估的多维度调查中,可基于全域覆盖采样、连续长期监测等模式,获取与长江口生态系统健康保护相关的多维度数据,并在此基础上,实现长江口生态系统维稳、保护数据库的构建,这也能够为后续研究工作的开展提供有力支持。

1.3 提升管理水平

基于多维度调查的长江口生态系统健康评估,可助推生态治理从“被动应对”转向“精准治理+主动防控”方向。同时,基于多维度调查所获得的数据信息、评估结果等,可支持各级相关部门的生态治理、管理决策的制定,这对提高长江口生态管理的实效性、科学性有显著促进意义^[3]。在环保部门、相关政府部门等的管理决策制定中,基于多维度调查所获得的长江口生态系统健康评估结果,可对长江口生态系统的受损区域、健康等级、关键驱动因素等作出更进一步的明确,这可高效提升长江口生态保护规划方案的制定水平。

2 基于多维度调查的长江口生态系统健康评估方法

2.1 主成分分析法

基于多维度调查,判断分析长江口生态系统健康情况,而后以PCA法的应用,做出导致长江口生态系统改变主导指标的提取,围绕主成分计算长江口生态系统健康评估综合得分,做好综合评价。其中,对于主成分分析法的应用,需首先完成原始数据Z-Score的标准化处理,整个过程需做出合理假设,假设主成分分析样本数据为n个、评价指标为p项,可得出数据矩阵如下:

$$X = (x_{ij})_{n \times p} \quad (1)$$

在该矩阵公式中, x_{ij} 代表的是第i个样本中的第j个指标数据值;随后,需要将 x_{ij} 进行转化,使其成为标准化指标 \bar{x}_{ij} ,其表达式为:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j} \quad (2)$$

在这一公式中, \bar{x}_j 代表的是第j个指标数据值的样本均值; S_j 代表的是第j个指标数据值的标准差。其中, \bar{x}_j 的计算公式如下:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (3)$$

$$S_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \quad (4)$$

在公式(4)中, S_j^2 代表的是第j个指标数据值的方差。随后需进行指标数据相关矩阵R的计算,其计算公式如下:

$$R = (r_{uv})_{p \times p} \quad (5)$$

在公式(5)中, r_{uv} 代表的是第u个、第v个指标的相关系数,所需应用的计算公式见公式(6)。

$$r_{uv} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n \left[\frac{(x_{ku} - \bar{x}_u)}{S_u} \right] \left[\frac{(x_{kv} - \bar{x}_v)}{S_v} \right] \quad (6)$$

$$r_{uv} = \frac{\sum_{k=1}^n \bar{x}_{ku} \times \bar{x}_{kv}}{n-1} \quad (7)$$

在公式(6)中, x_{ku} 代表的是第u个指标的第k次采样数据; S_u 代表的是第u个指标样本标准差; \bar{x}_u 代表的是第u个指标的第k次采样数据平均值; x_{kv} 代表的是第v个指标的第k次采样数据; S_v 代表的是第v个指标样本标准差; \bar{x}_v 代表的是第v个指标的第k次采样数据平均值;而在公式(7)中, \bar{x}_{ku} 代表的是第u个指标的第k次采样标准化数据; \bar{x}_{kv} 代表的是第v个指标的第k次采样标准化数据。基于上述公式可计算矩阵R特征值、特征向量,以便确定长江口生态系统健康评估的主成分,而后需对主成分做出综合评价。

2.2 健康风险评估模型

水质污染问题、生物多样性下降等与长江口生态系统健康息息相关,此次研究考虑沉积物、水质常规参数、环境DNA(eDNA)等对长江口生态系统健康的影响,特联合压力—状态—响应模型(PSR),考量压力因子中人类活动、污染、水文、状态因子中生境、生物、水质、响应因子中公众参与、生态修复、政府治理等对长江口生态系统健康的影响,并与模糊综合评价模型、生态系统健康指数模型等形成配合,以便为后续长江口生态保护工作的开展、决策的制定等提供支持^[4]。

3 基于多维度调查的长江口生态系统健康保护策略

为探明基于多维度调查的长江口生态系统健康保护策略,文章以“长江口水生态调查和地表水环境质量监测”项目为例展开探究,该项目监测断面包含长江口16个监测点位,其中沉积物、水质常规、水生生物(eDNA)、生境调查等指标的监测均为16个点位,但常规水生生物类群有所不同,其为12个点位。2025年5月6日至8日期间,项目完成了全部16个点位的采样工作(每个点位监测一次,而非同一批点位重复观测3天),各点位监测结果统计见表1。

表1 长江口水生态调查和地表水环境质量监测结果

| 参数项 | 统计值(最小值~最大值/均值±标准差) |
|------------|------------------------|
| 温度/℃ | 20.5~21.5/21.0±0.5 |
| 水深/m | 2.5(各点位一致) |
| 流速/(m/s) | 0.051(各点位一致) |
| 溶解氧/(mg/L) | 7.1~11.2/8.94±2.05 |
| pH值 | 8.0~8.4/8.2±0.2 |
| 盐度/‰ | 0.9~1.3/1.10±0.20 |
| 浊度/NTU | 14.7~30.0/19.9±8.6 |
| 电导率/(mS/m) | 165.0~240.0/201.8±37.5 |

从监测结果来看,各点位溶解氧在7.1~11.2 mg/L之间波动,整体水平较高,但空间差异明显:部分点位溶解氧偏低(7.1 mg/L),可能与该点位附近的有机物耗氧过程或水体滞留程度有关。pH值在8.0~8.4之间,呈弱碱性。浊度和电导率表现出较大的空间变异性(浊度范围14.7~30.0 NTU,电导率范围165.0~240.0 mS/m),反映了长江口不同区域受潮汐、径流及陆源输入影响的复杂性。建议后续将各点位监测数据按照流向进行空间比对,并与历史公开数据或国家地表水质量标准(GB 3838-2002)分类要求相对照,以更合理地判断长江口生态系统的健康等级与主要压力区段。

3.1 改善水体环境,强化污染治理

在长江口生态系统健康保护及地表水环境治理中,需结合当地水质污染的突出问题进行深入解析,以便推进多源污染综合治理工作的针对性强化,形成对污染物入海通量的严格控制,并在此基础上,落实水体富营养化治理工作,保证水体环境的改善效果。(1)注重流动污染源管控的强化,并对船舶航行行为做出严格控制。同时,需升级船舶油污、污水的处理设备系统,构建船舶污染应急处置机制。(2)强化水体富营养化治理工作的落实,结合“长江口水生态调查和地表水环境质量监测”项目所获结果,开展DIP、DIN等污染物削减行动,并以有益浮游生物培育、生态净化制剂投放等实现长江口浮游生物群落结构的调节,并关注长江口水体生态修复工作规划落实,这对水体自净能力提升大有裨益^[5]。

3.2 基于河湖长制,提升保护效能

在长江口生态系统健康保护工作的开展中,可基于“河湖长制”,提升整体生态保护效能。从“河湖长制”的贯彻落实角度出发,需注重以下两点。

3.2.1 推进责任落实,保证各级河长履职尽责

在长江口生态系统健康保护中推进责任落实,保证各级河长履职尽责,需从制度设计、监督考核等多维度综合施策。(1)细化职责清单与履职规范:长江口生态系统健康保护及地表水环境治理部分,应制定《河湖长履职细则》并细化相关内容,明确各级河长巡查频次、问题处理流程、考核标准等,将各级河长的权责做出更进一步的明确。基于标准化流程,相关部门应注重巡河工作的开展,着重问题整改,推动河长从“发现问题”向“解决问题”转变;(2)管理机制的完善建设:需在各相关部门的联合治理中,强调构建统一标准及管理机制的重要作用,通过“四不两直”暗访、群众举报等发现机制建设不足,进而形成“发现—交办—整改—复核”的闭环,以保证各级河长责任落实的有效性;(3)强化人员培训及其能力建设:相关部门应结合长江口生态系统健康保护需求,定期组织河长业务培训,提升专业治理能力,以便充分锻炼工作人员解决问题的能力,提升长江口生态保护质量、流域治理效果。

3.2.2 强化信息化建设投入,提高监管效能

为保障河湖长制在长江口生态系统健康保护及地表水环境治理中的充分落实,还需当地相关部门加大信息化建设的投入,

以便提高整体监管效能。针对长江口生态系统健康保护及地表水环境治理系统的完善建设,可迅速提升整个系统的可靠性及稳定性,并完善数据信息的采集流程,提升所采集数据信息的精准性,长江口生态系统健康保护及地表水环境治理监管效能也会随之产生显著提升。此外,在长江口生态系统健康保护及地表水环境治理中,还需强调人工智能、卫星遥感等技术的应用及引入,加大投入力度,构建数字信息化水利,强化水域岸线智慧监管。通过加强卫星遥感、人工智能等技术应用,提升河库监管效能,推进河库“四乱”问题由事后处置向事前预防、事中管控转变。常态化、规范化开展河库清“四乱”工作。按照“锁定现状、消化存量、禁止新增、严肃问责”的工作思路,推进问题整改。同时,可基于人工智能技术,实现水资源、水环境、水生态、生物栖息地等监管技术路径的重塑,并整合卫星遥感影像、水文传感器数据、生物监测记录和政策文本等多源异构信息,构建全域感知监测体系,提升监管效果。具体的功能模块见图1。

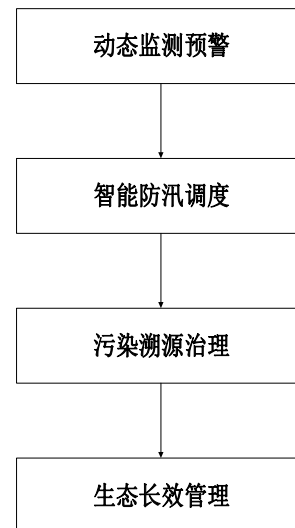


图1 基于人工智能的长江口生态系统健康保护及地表水环境治理功能设置

4 结论

长江口生态系统健康本身面临水污染突出、水文节律紊乱、动植物栖息地质量下降等难题。因此,就需在充分发挥多维度调查优势的基础上,完善长江口生态系统健康评估工作,这样才能充分解决长江口生态保护的瓶颈问题。文章基于对多维度调查赋能长江口生态系统健康评估价值的分析,提出了更具实践性、针对性的长江口生态系统保护策略,希望能够为长江经济带的高质量发展提供思路与借鉴。未来,长江口生态系统保护工作的开展,还需充分考量其复杂性、综合性、长期性特点,强调多领域多部门协同发力,以保证创新生态系统保护举措的实施效果。

[参考文献]

[1]刘娇,杨爱霞,李帅锋,等.基于生态系统健康的川滇生态屏障区生态安全格局构建[J].林业科学,2026,62(1):42-56.

[2]罗翔骏,胡玉鹏,张先炳,等.河流生态系统健康评估方法及发展趋势综述[J].人民长江,2025,56(5):66-71.

[3]宋南奇.近海生态系统健康对围填海的时空响应——以辽宁近岸海域为例[J].海洋通报,2025,44(5):716-729+788.

[4]李魁明,王晓燕,李婷婷,等.黄河中游地区生态系统健康及其影响因子分析[J].环境科学,2025,46(8):5145-5155.

[5]奉龄洋,张典.基于生态系统崩溃风险的华南沿岸海草床生态系统退化评估[J].中国环境科学,2025,45(4):2197-2207.

作者简介:

陈林(1992--),男,汉族,上海市人,硕士学位,中级工程师(节能环保),研究方向:生态环境监测。