文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4740 /（中图刊号）：715GL012

水环境中水生态监测分析

张惠
徐州市环境监测中心
DOI:10.32629/eep.v9i8.3296

[摘　要] 水生态系统关联水环境质量,监测分析支撑流域生态保护与水资源可持续利用。当前我国部分水体富营养化显现、生物多样性降低,需监测手段识别预警,构建理化与生物指标兼顾的综合监测体系。在遥感、自动监测设备等技术手段支撑下,水生态健康评估效率与精度得以提升。通过对监测指标体系、技术手段及数据应用路径的分析,助力水环境监管机制建立,实现科学动态可持续管控。
[关键词] 水生态监测；水环境质量；生物完整性指数；生态预警；综合评估
中图分类号：X835　文献标识码：A

Analysis of Water Ecological Monitoring in Water Environment

Hui Zhang
Xuzhou Municipal Environmental Monitoring Center

[Abstract] The water ecosystem is related to the quality of water environment, and monitoring and analysis support the ecological protection and sustainable utilization of water resources in the watershed. Currently, some water bodies in China are showing signs of eutrophication and biodiversity reduction. Monitoring methods are needed to identify and warn, and a comprehensive monitoring system that balances physical, chemical, and biological indicators should be constructed. With the support of remote sensing, automatic monitoring equipment and other technological means, the efficiency and accuracy of water ecological health assessment have been improved. By analyzing the monitoring indicator system, technical means, and data application paths, we aim to assist in the establishment of a water environment supervision mechanism and achieve scientific, dynamic, and sustainable management.
[Key words] water ecological monitoring; Water environment quality; Biological integrity index; Ecological warning; Comprehensive Evaluation

引言

水体生态系统结构复杂,自然与人为因素共同影响其稳定性,并直接关联区域生态安全和居民生活质量。近年城镇化加快、工业排放压力增大,仅依赖化学指标已难完整反映生态系统健康状态。水生态监测综合理化、生物及生态过程,可为流域管理和水资源保护提供依据。大数据与智能传感技术的应用,也推动监测方式向自动化、智能化发展。

1 水生态系统稳定性下降所带来的环境压力识别与监测需求日益增长

1.1流域污染负荷增加对水生态造成多层面冲击

农业污染源、生活污水和工业废水排放使部分流域氮、磷等营养物质持续累积,加快水体富营养化。总磷浓度超过0.2mg/L时,藻类易大量繁殖形成水华,挤压水生动植物生存空间。重金属与有机污染物在底泥中累积并经生物富集进入食物链,长期作用会导致底栖动物群落改变,敏感物种减少、耐污种比例上升,推动水生态系统退化。

1.2水体自净能力下降加剧生态系统脆弱性

水体自净依托物理沉降、生物降解与水体交换等综合作用,关键机制受阻,自净能力即下降,城市化引发的水文变化,地表径流迅速汇入河道,削弱水体与岸带生态的物质循环[1]。河道硬质化、河岸植被破坏、过度裁弯取直等人造改造,造成水体流速减缓、水力条件恶化,阻滞污染物稀释与扩散。部分湖泊型水体水力停留时间延长至60天以上,自然净化功能弱化。微生物群落多样性减少,有机物与氨氮等污染物分解效率大幅下滑,破坏营养盐平衡,形成恶性循环。

1.3人为干扰与气候变化双重因素导致生态系统失衡

水生态系统属开放型系统,易受多重外界因素交织作用,水库拦截、水资源过度调度与围湖造田等工程活动改变天然水文过程,鱼类洄游路径中断,水生植物生长周期紊乱,湿地面积缩减显著,生态缓冲能力随之下降。气候变暖推动水体温度上升,

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

温度每上升1°C,水中溶解氧浓度将下降约0.4mg/L,直接作用于鱼类、贝类等需氧生物的生理代谢与栖息行为。极端气候频发引发水位剧烈波动,洪涝、干旱交替出现,生态系统原有稳态结构遭到破坏。

2 水生态监测体系中理化与生物指标融合的重要性不断提升

2.1传统理化监测在反映生态系统动态中的局限性

水质监测的理化指标含pH、溶解氧、化学需氧量(COD)、氨氮及总磷,可反映水体污染程度,却无法揭示生态系统结构变化与功能退化,水体短期污染浓度波动较小时,理化数据或呈“良好”状态,水生生物种群已出现异动。部分水体化学指标合格,底栖动物数量锐减、鱼类种群单一化,生态功能已受损。理化监测以点位为基础,受时间空间分布限制,难以反映水体生态质量长期趋势,在干扰因子交织的流域环境中,其适应性与灵敏性不足。

2.2生物完整性指数在反映长期生态变化中的优势

生物完整性指数(IBI)是生态监测评价水体健康的工具,可综合反映生物群落结构、功能及其对外界扰动的响应能力,相较于短期易波动的理化参数,生物群落对环境变化的响应具有累积性与滞后性,更能捕捉长期生态变化特征[2]。鱼类、底栖动物、浮游生物等表征的生物完整性指数可敏感反映栖息地破坏、污染物沉积和流量变化等多种压力源的长期叠加效应。重金属污染区域内短期理化指标波动不大,敏感性物种消失、群落均匀度降低,却能真实揭示生态退化过程。

2.3构建多因子综合指标体系实现生态质量精准评估

生态系统受多重因素共同影响,单一监测指标无法全面评价自身健康状况,构建涵盖理化、生物及生态过程等多个维度的综合指标体系成为发展方向。综合水生态质量评估体系广泛引入多指标加权模型、熵权法及多层次模糊综合评价法,完成从点状指标到系统集成的完整转变。指标选择侧重污染负荷、生物多样性、水动力条件及岸带植被覆盖等因素的动态权重实时调整,让评估结果更贴合流域实际生态状态。为验证多因子综合评估的优越性,某省生态环境厅在长江中游典型支流开展试点监测,选取12个代表性断面,同步采集理化参数与生物群落数据,并计算生物完整性指数(IBI)。结果显示：有7个断面被判定为“Ⅲ类及以上”,水质“良好”；但结合IBI评估后,其中4个断面实际生态状态为“中度退化”甚至“严重退化”,主要表现为底栖动物多样性指数(Shannon-Wiener)低于1.5、敏感类群缺失。该结果凸显单一理化指标易掩盖生态功能受损的现实风险。

3 现代化技术赋能下水生态监测手段的智能化发展路径

3.1遥感与无人机技术助力大尺度生态变化快速识别

遥感技术具有大范围、周期性和多光谱观测优势,可识别水体表面温度、叶绿素、悬浮物及水华变化。对大型湖泊、水库和河网密集区,高分卫星影像可开展高频动态巡查,弥补地面监测覆盖不足。无人机则适合重点区域精细核查,可识别岸线植被破坏、入河排污点及局部异常水域。搭载多光谱相机和热成像设备后,单次飞行可覆盖约15平方公里水域,监测效率较人工提高8-10倍,异常点定位误差可控制在5米以内,为初筛与现场复核提供依据。其监测覆盖范围较传统人工巡查大幅提升,并可快速定位岸带退化范围、入河排污口和异常热斑分布区域,为后续现场核验提供明确的空间位置依据,便于动态复核。

3.2自动水质传感器实现实时数据采集与智能预警

自动水质传感器部署于河道、湖泊及水库核心监测断面,持续采集pH、电导率、溶解氧、浊度、氨氮等核心参数,高频动态掌控水质状态,传感设备自带实时传输功能,接入物联网监控平台,构建区域水质监测网络,提升响应时效[3]。监测数据可预设分级阈值触发预警机制,例如当水体氨氮浓度超过1.0mg/L(Ⅲ类水限值)时,系统可立即向管理平台发送一级预警,同时推送至相关负责人移动端,辅助部门开展快速应急处置。部分高端传感器系统集成自清洗与太阳能能量自供双系统,提升野外部署稳定性与数据采集连续性。

3.3人工智能与大数据分析推动水生态监测精准化

人工智能技术可对海量监测数据开展深度学习与建模,基于长江流域多年监测数据训练的模型,可实现水体生态状态变化趋势预判及污染源定位。支持向量机、神经网络等算法应用于多变量监测数据模式识别,可快速解析流域污染物迁移路径及关键影响因子的作用机制,较传统数据分析效率大幅提升。大数据平台可整合遥感图像数据、传感器实时数据、水文动态信息及历史监测记录,构建涵盖20余个维度、超千万条数据的生态系统多维数据仓库,支撑综合评估与预警工作高效开展。结合长江流域2016~2022年重点湖泊(水库)富营养化监测数据,通过AI模型可精准预测富营养化发展趋势,为太湖、巢湖、滇池等重点湖泊的水华防控提供技术支撑,部分应用中预测准确率稳定超过85%。可视化分析工具把复杂监测数据转化为直观可视化图表,实现水质变化趋势演进、生态风险热区的空间直观呈现。

4 水生态监测数据在水资源管理与生态修复中的实践应用价值

4.1生态数据支持河湖水环境治理方案科学制定

水生态监测的高质量数据,为河湖治理提供核心科学依据,连续采集生物群落结构、水质参数、水动力特征等多维生态信息,揭示水体退化深层原因与动态演变趋势。治理方案设计阶段,依托监测数据开展模型模拟与情景预测,明确污染源分布、扩散路径及关键控制断面,为工程布设提供定位依据。太湖流域治理引入生态监测数据,构建“污染负荷—生态响应”耦合模型,优化控源截污与生态修复方案布局,提升治理针对性与实施效率。数据驱动的治理模式,推动水环境管理从经验决策转向科学调控。

4.2基于监测结果实施分区差异化治理策略

水生态状况区域间差异显著且成因复杂,单一化的统一治理模式难以全面适配不同流域的生态本底特征。依托水生态监测的详实结果,可将流域精准划分为生态良好、轻度退化与重度

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

受损等多个等级区域,对应制定差异化的治理实施策略。生态良好区域侧重原生境保护与潜在风险预警机制构建,轻度退化区域开展针对性生态修复工程推进,重度污染区实施严格控源减排与生态系统重构措施[4]。滇池治理实践过程中,通过系统分析浮游植物群落结构变化规律与营养盐浓度空间分布特征,精准划定生态风险敏感带范围,针对性实施分区分类治理措施,最终取得显著治理成效。

4.3水生态监测成果在生态补偿与绩效评估中的转化路径

水生态监测数据为构建流域生态补偿机制和环境绩效考核体系提供核心量化依据。上下游、左右岸及行政边界交汇处,监测结果能界定生态服务受益与损失区域,明确补偿责任主体与额度。流域性补偿实践中,部分地区将水生生物完整性指数、营养盐削减率等纳入补偿计算模型,提升补偿科学性与可操作性。水环境治理项目绩效评估引入生态监测指标作为效果判定核心参数,打破仅以水质达标率评估治理成效的单一模式。治理前后监测数据对比分析,可评估项目对生态系统结构和功能的实际改善程度,推动生态治理从过程导向向效果导向转型。

5 构建区域协同与多元参与机制推动水生态监测长效运行体系

5.1跨部门协作打通水生态监测与管理信息壁垒

水生态监测涉及生态环境、水利、农业、住建等部门,职责交叉、数据分散和标准不一会削弱成果转化效率。建立统一监测数据平台和共享机制,可整合水质、水文、生物多样性等多源信息,提升协同处置能力。长江经济带部分地区已推进“生态环境+水利”协同机制,实现重点断面数据互通和问题联动处置。统一监测流程与指标口径后,也有利于减少重复建设,为综合决策和联合执法提供一致的数据基础。

5.2公众参与提升水环境治理透明度与社会认同

公众对水生态状况的感知敏感且直接,参与能补足监管力量,增强环境治理透明度与公信力。部分地区构建的“河湖长+民间河长”机制中,志愿者依托APP记录非法排污、黑臭水体、生态破坏等问题,实现基层生态监测全域覆盖[5]。生态环境部门定期发布水质状况通报、开放监测数据查询平台,社会各界可直观认知治理过程与成效。公众反馈可作为监测体系优化的重要依据,促使治理措施贴合现实需求,太湖、巢湖等重点流域,公众参与机制推动生态治理与社会认知良性互动,强化环保政策社会支持基础。

5.3建立制度化经费与技术保障机制支撑监测持续推进

水生态监测体系的长期运行需稳定且可持续的资金投入保障与持续迭代的技术支撑体系。传统单次项目制的阶段性拨款模式,难以满足多点位覆盖、长周期追踪、高频率观测的监测需求,需构建以财政投入为主、污染者付费为补充、社会资本参与的多元化资金筹措机制。国内部分省市已专门设立水生态监测专项基金,资金定向用于监测设备更新升级、数据平台日常维护及专业监测人员技能培训。技术层面,标准化监测设备配置方案、定期校准核查制度与全流程数据安全保障体系,是维持监测数据质量的核心基础。

6 结语

水环境中水生态监测关键问题,从污染压力识别、监测体系构建、技术手段应用、数据成果转化到保障机制建设的系统分析,呈现当前水生态监测理论与实践层面的发展路径。多源数据融合与智能化技术持续推进,水生态监测朝着高效化、精准化与系统化方向发展。构建科学统一协同的水生态监测体系,为水环境治理与生态修复提供坚实支撑,助力达成流域生态安全与水资源可持续利用的双重目标。

[参考文献]

[1]张丽伟,李鑫.流域水污染防治中环境工程技术的应用[J].黑龙江环境通报,2025,38(06):89-91.

[2]何姝.基于多源数据精准感知的河湖健康监测与智能动态评价[D].哈尔滨工业大学,2025.

[3]王欣.城镇供水系统水质净化技术集成和优化运行决策系统构建[D].哈尔滨工业大学,2025.

[4]田羽博.水污染防控与治理在生态环境保护中的作用研究[J].当代化工研究,2024,(12):76-79.

[5]丁尚坤.污水厂再生水生态补水对河道的影响及深度处理技术研究[D].浙江大学,2024.

作者简介：

张惠(1999--),女,汉族,江苏徐州人,本科,助理工程师,研究方向：环境监测。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.