

水生生态系统中多重污染物的水质监测与评估探析

玉欢 邓娜 张学坤

云南省水文水资源局西双版纳分局

DOI:10.32629/hwr.v10i5.7001

[摘要] 水生态是地球整体生态体系的核心,水环境质量优劣与生态稳态维系、人群健康防护及社会发展有着直接的联系。现阶段水域环境复合污染特征凸显,各类污染因子叠加共存,致使水质监测与综合评估工作面临多重复杂挑战。因此,本文围绕水生生态系统中多重污染物的水质监测与评估展开探析,旨在为区域水生态治理提供理论依据与数据支撑。

[关键词] 水生态; 多重污染物; 水质监测; 评估

中图分类号: X832 **文献标识码:** A

Analysis of water quality monitoring and evaluation of multiple pollutants in aquatic ecosystems

Huan Yu Na Deng Xuekun Zhang

Xishuangbanna Branch of Yunnan Provincial Hydrological and Water Resources Bureau

[Abstract] Water ecology is the core of the Earth's overall ecosystem, and the quality of water environment is directly related to the maintenance of ecological stability, human health protection, and socio-economic development. At present, the complex pollution characteristics of water environment are prominent, and various pollution factors coexist and overlap, resulting in multiple complex challenges for water quality monitoring and comprehensive evaluation work. Therefore, this article focuses on the water quality monitoring and evaluation of multiple pollutants in aquatic ecosystems, aiming to provide theoretical basis and data support for regional water ecological governance.

[Key words] aquatic ecology; Multiple pollutants; Water quality monitoring; evaluate

水域生态体系涵盖多元水体类型,是各类水生生物赖以存续的自然载体,同时具备气候调控、环境自净等生态功能,在全球生态循环中占据不可替代的重要地位。伴随产业升级与生产活动扩张,农业分散式污染持续加剧,城乡生活排污总量逐年递增,多种污染物质持续汇入自然水体。重金属、有机污染物及营养盐等污染因子相互耦合作用,打破原有水体环境稳态,诱发水质恶化、富营养化失衡与生物群落退化等系列生态隐患。开展水生生态系统中多重污染物的水质监测与评估,是落实水域生态管控治理的前置条件,能够稳固生态运行结构、筑牢用水安全防线。

1 水生生态系统中多重污染物的水质监测技术

1.1 常规监测技术

水质常规监测技术主要划分为化学分析法与仪器分析法两大类。其中,化学分析法以化学反应原理为支撑,通过控制反应条件,利用污染物与特定试剂的特征反应,实现对水体中各类污染物含量的定量测算。该方法操作流程规范,无需依赖复杂精密设备,优势在于原理易懂、成本可控,能够快速完成污染物基础含量的初步筛查,适用于各类水体污染物的常规检测场景,是

水质监测工作中不可或缺的基础手段;仪器分析法则依托现代精密检测设备,借助先进的物理、化学检测原理,实现对水体污染物的高精度、高灵敏度检测。与化学分析法相比,该方法的优势体现在检测精度与选择性上,能够有效规避各类干扰因素,精准捕捉水体中低浓度污染物的含量变化,并且可实现多种污染物的同步检测与分离分析,适配不同理化性质污染物的检测需求,大幅提升了水质监测的效率与准确性。

1.2 在线监测技术

水质在线监测技术能够实现对各类水质参数的实时连续监测,其中传感器技术是该技术体系的核心。不同规格与类型的传感器可快速、精准地测定水温、pH值、溶解氧、电导率等常规水质参数,同时可覆盖部分重金属及有机物浓度的检测需求,为水质指标的把控提供基础^[1]。在实际应用中,多种传感器与数据处理系统被集成于自动监测站内,形成一体化监测体系,可自主完成水质数据的采集、传输与分析全流程操作,无需人工过多干预,能够帮助相关人员及时掌握水质动态变化规律,精准捕捉水质异常波动。相较于传统监测模式,在线监测技术大幅优化了水质监测的效率,缩短了监测周期,有效解决了传统监测耗时久、数

据滞后的弊端,为水质污染预警、突发水污染事件应急处理提供了及时、可靠的信息。

1.3 生物监测技术

生物监测作为水体质量评估的手段之一,原理是借助生物对水体中污染物的敏感响应特性,实现对水体质量状况的科学判定。生物指示物法是该领域应用最为广泛的监测技术之一,其逻辑是通过系统观测特定指示生物的种群构成、数量变化、行为特征及生理指标异动,判断水体污染的具体程度,为水质评估提供直观且可靠的参考依据^[2]。相较于传统监测手段,生物指示物法凭借生物与水体环境的紧密关联性,能够更全面地反映水体污染的累积效应与综合状况,避免单一理化监测的局限性。

另一类监测技术为生物传感器,该技术有效整合了现代生物技术与传感器技术的优势,依托生物分子特有的特异性识别功能,实现对水体中污染物的精准捕捉与检测。生物传感器具备灵敏度高、选择性强的突出优势,可在短时间内完成特定污染物的快速检测,大幅提升水体污染监测的效率与精准度,为水体质量的实时监控、污染溯源及治理方案制定提供高效技术支撑,进一步完善了生物监测在水体质量评估中的应用体系。

1.4 新兴监测技术

随着科技的不断迭代升级,各类新型监测技术陆续涌现,为水质监测工作的革新与优化提供了全新路径,有效弥补了传统监测方式的局限。遥感监测技术以卫星或航空搭载的专业传感设备为支撑,可实现对大面积水域的全方位信息采集,通过精准分析水体反射光谱的独特特征,快速反演得出叶绿素浓度、悬浮物含量等关键水质参数,其优势在于能够高效完成大范围水体的规模化监测,大幅提升监测工作的覆盖效率。

纳米技术在水质监测领域的应用,进一步推动了监测精度的跨越式提升。依托纳米材料所具备的特殊物理化学性质,该技术可显著增强检测过程的灵敏度与准确性,打破传统监测技术的局限,实现对超低浓度污染物的精准捕捉与检测,为水体中微量污染物的防控提供了可靠的数据支撑。

2 水生态系统中多重污染物水质评估指标体系构建

2.1 物理指标

表征水体物理属性的指标统称为物理指标,主要包含水温、色度、浊度、透明度及悬浮物等参数,各指标从不同维度反映水体物理状态,且相互关联。其中,水温作为物理参数,不仅直接调控水中生物的生长节律与繁殖活动,还对水体内部各类化学反应的速率产生显著影响,是反映水体物理特性的基础指标^[3]。

色度与浊度是衡量水体外观污染程度的关键指标,二者的数值高低通常与水中悬浮物含量、有机物浓度密切相关,其数值越高,往往意味着水体外观污染越严重。透明度则用于直观判断水体的清澈程度,其大小主要受水中悬浮物、浮游生物的种类及含量影响,悬浮物与浮游生物含量越高,水体透明度越低,清澈度也随之下降。

悬浮物是水中各类固体颗粒物质的总称,其在水体中的含

量直接影响水体的光透过性,进而间接影响水中浮游生物的光合作用,同时也会改变水体的栖息环境,对水生生物的生存产生重要作用。

2.2 化学指标

水质化学指标涵盖范围较为广泛,囊括了各类水体污染物以及能够表征水体化学特性的相关参数。其中,汞、镉、铅、铬作为典型的重金属类水质指标,具有天然毒性且易在生物体内富集留存,难以通过自然过程降解,因此始终受到行业内及社会层面的广泛关注与重点管控。

有机污染物类指标所涉及物质品类繁杂,涵盖持久性有机污染物、各类农药制剂、医用药物及个人护理品等,这类物质多具有稳定性强、降解难度大的特点,长期存在于水体中会对生态系统及人体健康构成潜在威胁。氮、磷类化合物归属于营养盐指标,其在水体中的过量积累是诱发水体富营养化的驱动因素,会直接导致水体中藻类疯狂繁殖,破坏水体生态平衡。

此外,酸碱度、电导率、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量等指标,能够直接反映水体的化学平衡状态与氧化还原水平,是精准判断水质化学污染程度、分析水体自净能力的关键参考,其检测数据的准确性对水质评估结果的科学性具有重要影响。

2.3 生物指标

生物指标作为反映水质实际状况的核心生物层面依据,主要涵盖生物种类、生物数量、生物量、生物多样性指数及生物毒性指标等类别,其变化特征可直观映射水体环境的真实健康状态。水体生态系统的健康程度,可通过生物种类与数量的动态波动得以精准体现,当对污染物敏感的生物逐步消失,而耐污类生物呈现大规模滋生蔓延的态势时,即可直接判定水质处于恶化状态。

生物多样性指数能够综合量化生物群落的多样性水平,通过该指数的高低变化,可有效判断水体生态系统的稳定程度以及抵御外界干扰的能力,指数越高,通常表明生态系统结构越完整、抗干扰能力越强^[4]。生物毒性指标则以生物测试数据为核心支撑,重点评估各类污染物对生物机体产生的毒性影响,通过该指标可直接明确水质对生物生存、生长造成的危害程度,为水质风险评估提供直接的生物层面依据。

3 水生态系统中多重污染物水质综合评估方法

3.1 单因子评估法

单因子评估法在判定水质类别时,标准为选取监测指标中水质状况最差的一项作为整体水质评估的唯一依据。该评估方法的突出优势在于操作流程简便、原理通俗易懂,能够快速锁定水体中的主要污染因子,并精准反映该因子对应的污染程度,大幅提升水质评估的效率。但该方法存在明显局限性,其未充分考量监测指标体系中其他因子对整体水质的综合影响,仅以单一最差指标定论,易导致水质评估结果出现片面性,无法全面、客观地呈现水体的整体污染状况。基于其特性,单因子评估法更适用于特定污染物的专项排查工作,或是对水体水质进行初步筛选评估。

3.2 综合污染指数法

综合污染指数法的逻辑是整合水体监测中的多项指标,通过代入特定数学模型进行统一运算,最终得到能够反映水体整体污染程度的对应指数^[5]。该方法在水质评估中应用广泛,目前较为常用的计算模式主要分为两类,分别是内梅罗污染指数法与加权平均法。其中,内梅罗污染指数法的特点是同时兼顾最大污染指数与平均污染指数,着重凸显污染程度最严重的污染物对水体整体质量的影响,能够精准捕捉水体污染的关键短板;加权平均法则需先结合水质评估目标,明确各项监测指标的重要程度差异,再为不同指标赋予对应的权重系数,通过计算各项指标的加权平均值,最终确定综合污染指数。

综合来看,该方法的优势在于能够全面覆盖各类污染物对水体的影响,避免单一指标评估的片面性,使评估结果更具完整性和参考价值。但该方法也存在明显缺点,即权重赋值环节受人为主观判断影响较大,这种主观偏差会直接干扰综合污染指数的计算结果,进而降低水质评估的准确性。

3.3 模糊综合评估法

模糊综合评估法以模糊数学理论为支撑,优势在于能够对水质评估过程中存在的各类不确定性因素进行精准量化处理。在实际应用过程中,通过科学搭建评估指标因素集、水质等级评估集,并构建合理的模糊关系矩阵,即可系统计算出水质综合评估结果。该方法有效突破了传统水质评估中边界界定模糊的技术瓶颈,能够全面兼顾影响水质的多类因素,实现对水质状况的综合考量,使评估结果更贴合实际水体环境的真实情况。但该方法也存在明显局限性,其计算流程相对繁琐复杂,在实际应用时,需要结合水质评估的具体场景与指标特点,科学、合理地确定隶属函数的类型及各评估指标的权重分配,以此保障评估结果的准确性与可靠性。

3.4 神经网络评估法

神经网络评估法以人脑神经网络的结构特征与运行规律为借鉴依据,通过针对性设计与优化,构建出适用于水质评估特定场景的专属模型。在向该网络模型输入足量且规范的样本

数据并完成系统训练后,模型将逐步具备自主学习与动态自适应能力,能够有效解析并处理水质评估过程中存在的各类复杂非线性关联关系。该评估方法的突出优势在于评估精度较高,可全面兼顾水质评估中不同影响因素之间的相互作用与耦合效应,能够更贴合实际水质状况给出客观评估结果。与此同时,该方法也存在一定应用局限,其稳定运行与评估需依托充足的样本数据作为支撑,若样本数量不足或数据存在偏差,会直接影响评估效果。此外,神经网络的结构设计合理性、相关参数设置的科学性,也会对最终的水质评估结果产生显著影响,需经过反复调试优化才能达到最佳应用效果。

4 结语

水生态系统中多重污染物的水质监测与综合评估具备较强应用价值,依托多元化监测技术开展常态化检测,全面收集水体环境基础数据,可为后续评估打下坚实的数据基础。科学构建综合性的评估指标,采用有针对性的评估模型开展分析,能够有效规避单一评估模式的固有短板,提高水质评估结果的科学性与准确性。

[参考文献]

- [1]钱诗懿.水生态系统中多重污染物的水质监测与评估[J].化工管理,2025(1):83-86.
- [2]张希.河流生态系统底栖生物监测与水质健康状况评估分析[J].生态学与可持续发展研究,2025,2(4):104-106.
- [3]李春晖,高举,全宇,等.长江流域水生生态健康评价指标体系构建初步研究[J].水利发展研究,2025(8).
- [4]徐松华.水库水生生物群落结构及水生态系统健康评价研究[J].农村科学实验,2025(20):49-51.
- [5]王焰新,邓娅敏,张婧玮,等.地下水质与健康研究进展[J].中国科学:地球科学,2025,55(09):2873-2886.

作者简介:

玉欢(1985--),女,傣族,云南勐海人,本科,水利,水文与水资源工程师,研究方向:水质、水生态监测评价与分析。