

水质生物监测体系建设的若干问题探讨

张士乔¹ 吴小刚¹ 应向华²

(1. 浙江大学建筑工程学院 浙江 杭州 310027 ;
2. 东阳市质量监督站 浙江 东阳 322100)

摘要 在探讨生物监测特点及现状的基础上 , 阐述生物监测体系的建立 , 并给出生物监测的标准指数与水质对应关系 , 最后提出加强生物监测体系建设的建议 ①健全生物监测中的功能指标 ②生物监测应与理化监测相结合 ③加强水质预报系统模块建设 ④生物监测的标准化 ⑤建立典型生态区域。

关键词 水资源保护 水质监测 生物监测

中图分类号 X171.4 **文献标识码** A **文章编号** 1004-693X(2004)01-0025-03

水质监测的最终目的是通过对水体的环境变化现状、成因等进行定量的调查和测试 , 全面及时掌握水环境质量的动态变化特征 , 为水资源保护、水环境管理 , 以及水污染防治和决策提供可靠依据。所以 , 水质监测是开展水资源环境监测、调查、评价和水污染预测、预报工作的基础 , 是实施水资源保护系列措施的重要组成部分^[1]。

1 水质监测工作的发展

水资源保护是以减少进入水体系统的污染物的浓度为终极目标的。早期建立的管理目标对具有毒性或潜在性毒性的化学物质等的允许含量作了明确规定 , 这种聚焦于“排放终端 (end of the pipe)”的管理目标以水的物理化学特性作为惟一的评价尺度 , 从而无法将化学排放量的变化与生态系统乃至于人类健康的变化直接联系起来。后来 , 由于逐渐认识到生态系统中生物对污染等胁迫因素响应的综合性 , 与单个化学物质的浓度或负荷量相比 , 生物参数提供的信息更接近本质 , 因此又提出了生物管理目标 , 主要包括进行水质的生物监测技术的研究管理等 , 其内核是“恢复与保持水环境的物理、化学和生物的完整性 , 恢复与保持区域水体与周围水体的整体性”。

2 理化监测的局限性

水质监测按照测试手段可以分为理化监测和生物监测两类 , 理化监测有着速度快、简单方便等优点 , 但同时也存在着某些局限 , 主要表现为无法反映污染综合性及其对生物毒性的影响。

当水环境发生污染后 , 多种污染物同时产生的

各种作用(如协同作用、拮抗作用等)作用于生物个体、种群和群落 , 以致整个水环境发生生态毒性效应。这种整个水环境变化的综合反映 , 包括了对未测及未知因子相互作用结果及对污染物和环境因子连续性和积累性作用结果的反映。

3 生物监测特点

生物监测通常有以下特点 :

- a. 反映长期的污染效果。理化监测只能代表取样期间的污染情况 , 而生活于一定区域内的生物 , 却可以将长期的污染状况反映出来。
- b. 监测效果更加敏感可靠。某些监测生物对一些污染物非常敏感 , 它们能够对这些精密仪器都测不到的微量污染产生反应 , 并表现出相应的受害症状。
- c. 能将污染物质予以富集。生物处于生态系统中 , 通过食物链可以把环境中的微量有毒物质予以富集 , 当到达该食物链末梢时 , 可将污染物浓度提高达数万倍。
- d. 监测功能更加多样化。与理化监测相比 , 生物监测更具多功能性 , 因为一种生物可以对多种污染物产生反应而表现出不同症状。
- e. 便于综合评价。理化监测只能检测特定条件下水环境中污染的类别和含量等 , 而生物监测可以反映出多种污染物在自然条件下对生物的综合影响 , 从而可以更加客观、全面地评价水环境。

4 生物监测体系的建立

水质的生物监测属于水质监测科学。它是利用水环境中滋生的生物群落组成、结构等变化来预测、

作者简介 张士乔(1963—)男 , 浙江余姚人 , 教授 , 从事水质监测管理、水资源规划与管理等研究。

评价当地水环境的水质情况。因为生物群落与水体水质变化进程关系密切,它们的种群组成、群落结构等的变化直接或间接地反映着水体状况及其发展趋势。自 20 世纪 70 年代以后,欧洲就开始使用水蚤、蚌类、藻类等生物来显示水质好坏,因为这些水生生物对污染很敏感,是环境发生变化的见证。学者们在研究中发现,原生动物种类和数量能够随着水体的污染程度变化而消长,属于单细胞植物的藻类对生态条件变化也极其敏感,当水中污染程度上升时,其种类数目就会明显减少,而生存硅藻个体数则会明显增加。因此,通过对生态群落的种类和数量组成以及对它们的生理生化和对毒物的积累特点等进行研究,会对水体的污染性质和程度做出一个更加全面、正确的评价,从而提高水质监测水平,进而保护水资源。

正是基于对大量生物反应的实践研究,很多专家提出了一系列的生物量化指标用于水质监测,包括生物的多样性指标、相似性指标、群落的相对稳定性指标等,尤以大型无脊椎动物的生物指数模型最具有代表性,主要有:Shannon 种类多样性指数 H' , Margalef 指数 d 、FBI 科级水平生物指数(详见表 1)、个数在种间的均匀度指数 j 以及 Trent, Chandler 生物指数等。

表 1 生物监测的标准指数与水质对应关系

指数名称	表达式	评价标准
Shannon 种类多样性指数 $H'^{[2]}$	$H' = - \sum_{i=1}^S (n_i/N) \cdot \ln(n_i/N)$	H' 值在 $\begin{cases} 0 \sim 1 & \text{重污染} \\ 1 \sim 2 & \text{中度污染} \\ 2 \sim 3 & \text{轻污染} \end{cases}$ (大于 3 时为清洁水体)
Margalef 种类丰富度指数 $d^{[2]}$	$d = \frac{S-1}{\ln N}$	d 值越大表示水质越好
FBI 科级水平生物指数	$FBI = \sum_{i=1}^n \frac{N_i T_i}{N}$	FBI 值越小表示水质越好

注: S 为样品中种的种类数; n_i 为样品中第 i 种个体数; N 为样品中总的个体总数; T_i 为第 i 科的耐污值; N_i 为第 i 科的个体数。

污染的生物监测标准指数很多,但是,它们都有自身的局限性,为了全面、客观地反映水环境生态系统的总体现状及其变化趋势,应该将不同的指标有机地整合在统一的理论框架内。Fontaine 等^[3]提出的食物链动力学模型就是根据某种生物参数的波动,如肉食性鱼类的增加和减少,经济性鱼类的捕捞,新的种类有目的地或随机地引入等来预测整个群落结构的变化,从而更好地预测水资源环境的变化。还有如“融洽群落”(Harmonic Community)概念或集中体现综合性的“生物完整性指数”(Indices of Biotic Integrity)等也在水环境生物监测评价中有着广泛的应用。

5 关于加强生物监测体系建设的几点建议

目前,我国生物监测体系的建设虽然已具雏形,

但是还存在着许多问题,需要在以后工作中予以进一步的完善。

5.1 健全生物监测中的功能指标

目前的生物监测中,由环境样品直接测试的项目多为生态系统的主要结构指标,缺乏重要而又敏感的功能指标,特别是缺少一些公众熟悉的指标,如鱼类、水生昆虫等,SL219—98《水环境监测规范》中的水生生物毒性试验是用水生生态系统食物链中的代表生物如藻类等进行的急性试验,其结果确实可以反映污染物对生物的影响,但是生物的死亡是污染的晚期效应,难以起到有效保护生物的目的,所以,有必要健全这些功能指标,使监测结果能够更好地反映生物受污染情况。

同时需要注意的是,生物监测存在明显的地域性特点,因为在不同地域,生态群落对污染物等的耐受程度不一或者生态群落的种类本身就各不相同。例如,我国甘肃段底栖动物出现率较高的种类是蜉蝣目、毛翅目中的种属及摇蚊科中的粗腹摇蚊等,与黄河中的类群就明显不一样。因此,生物监测指标体系的建立必须考虑地域特点,以免监测体系在某个地域生态系统中适用时,却不一定能够适用于其他地域的生态系统。

5.2 生物监测必须与理化监测相结合

通常理化监测可以揭示污染物在环境中存在的形式和组分,但是难以反映污染物的综合作用和各个组分的单独作用机制;生物监测中的群落指标和毒性试验方法等虽然不能揭示污染水体含有的污染物和浓度,但是却能够反映污染物对生物毒性的大小或污染程度。例如:在河流或水库内出现新型毒剂时,水质监测人员由于不知道其化学构成,因而利用过去的理化方法就显得无能为力了,无法事先对其加以防范,而生物监测恰好可以解决这一不足。因此,水质监测体系中,理化与生物两种方法的结合运用可以相互弥补对方的不足,从而获得可靠、全面的数据,为水资源的保护提供更精确的资料,偏废其中任何一种都是不科学的。

5.3 水质预报系统模块是建设生物监测体系的重点

水资源的有效管理要求的是预防而不是仅仅记录下生物受损,而在目前水污染的生物监测过程中往往只是通过生物的受损情况来进行对水环境的判别鉴定,从而难以达到有效管理的目的。所以,在以后的生物监测中研究重点之一就是加强预报系统模块的建设。

目前,这类快速生物信息预报系统模块包括:硅藻鉴定自动化、鱼类呼吸信号早期警报装置、鱼类行为反应的计算机化等。如美国马里兰德特里克军事要塞为防止饮用水遭到投毒或污染,增设了一群翻

车鱼作为“哨兵”,同时配备专门仪器进行全天候全程监测。当电脑发觉有样品鱼行动异常时,就会向系统管理人员发出警报,并自动提取水样进行检测。正是这种生物水质监测具有的快速动态反馈性,从而可以及时采取切断饮水供应与否的行动,及时保护水源^[3],为水污染的防止和控制河道流域不发生突发性污染事件起到重要的作用。但是这些在国内尚不普及,需要强化其应用研究。

5.4 生物监测需要标准化

生物监测主要是对毒性的监测,在其过程中会有很多的因素影响生物对毒性反应的灵敏性,不仅要各个测试指标设立置信区间等,还因为各个指标中的每一种都能够影响生物反应,人们有可能将这种影响错误的归因于毒性的差别,所以,我们还需要整个监测过程尽可能做到标准化,还包括标准物质的配备等。

试验的标准化,可以便于对实验结果进行比较总结,在同类的不同实验室中进行多次有用试验并进行结果选择,而且增加了数据的精确度^[4]。

目前,我国生物监测的试验方法标准化程度还不高,现在的试验者还不足以提供可对比的、可重复的、可靠的、有意义的毒性数据。对于监测机构管理者而言,更应该认识到标准化试验的重要性,从而加强试验方法标准化建设的进程。但是过度的标准化有抑止“创新性”工作的可能,也有其危险性。

另外,生物监测方法还需要向整体化和系统化方向发展。

5.5 生物监测需要建立典型生态区域

建立典型生态区域是生物监测质量保证体系中的一项重要内容,因为生物监测指标质量保证体系的确立需要在保证先前研究工作信息有效的前提下进行。为了拥有大量准确的生态数据库信息,应提供一批能够代表最普遍的水生生态系统的典型区域,这一目的可以通过对该区域进行一段时间的监控来实现,该项工作同时对研究长期的水环境生态变化、测定生态群落结构与功能变迁等都有很大的意义。

5.6 发挥监测生物的其他相关作用

监测生物不仅能从总体上综合而连续地监测水体污染的变化与结果,而且参与了水体的自净、污染物质的转化和浓缩富集作用过程。所以,我们可以利用生物对污染物的“作用”,放植专门的培植生物于受污染流域。例如,根据底栖生物对污染的反应特性,可以将其用于恢复区域生物多样性和重建生态平衡。这项应用实际上属于目前国际新兴的学科分支——修复生态学内容,即通过逐步向水域投放各级生物来逐步重建水资源的环境生态平衡。

参考文献：

[1] 田志志,王玉. 谈淮河流域水资源保护对水质监测工作的迫切需求[J]. 江苏环境科技, 1995(3).

[2] 金德美,宋玉珍,刘文君,等. 河流水质监测与评价中的生物学指标研究[J]. 甘肃环境研究与监测, 1995(1):12~15.

[3] Fontaine T D, Stewart D J, Edwards C J. An ecosystem approach to the integrity of the great lakes in turbulent times [A]. Edwards C J, Regier H A(eds). Great Lakes Fishery Commission Special Publication 90-4 [C]. Ann Arbor. 1990. 153~168.

[4] 凯恩斯 J. 水污染的生物监测[M]. 曹凤中,于亚平译. 北京:中国环境科学出版社, 1989.

(收稿日期 2003-05-20 编辑 高渭文)

(上接第24页)专家的经验、决策人员的意图及群众的意愿结合起来)知识的综合(自然科学、社会科学、工程学、系统科学、哲学以及计算机科学)决策方法的综合(理性实证与感性推理结合,模拟优化与专家咨询结合)及计算机手段的综合(各种不同的语言交叉使用,各种软件、硬件环境的结合,人脑与电脑通过界面的交互等),在各个相互矛盾的目标间进行冲突分析和调解^[23]。

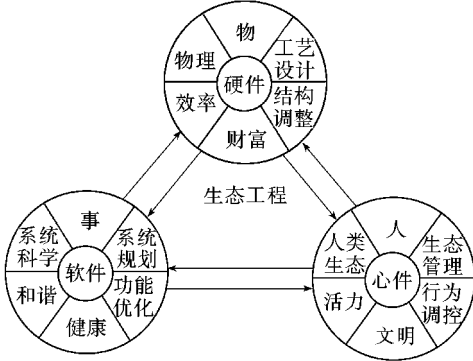


图1 生态工程的硬件、软件、心件相结合

8 政府、科技单位、企业、群众结合

水资源的保护和合理利用生态工程的实施,要以政府为引导与推动(组织、支持),科技为依托和支撑,社会兴办,特别是企业投资、经营、管理,群众参与(参加与实施)。

参考文献：

[23] Wang R S, Yan Jing-song. Integrating hard-ward, soft-ward and mind-ward for sustainable development[J]. Ecol Eng, 1998, 11(1~4): 277~289.

(参考文献 1~17 见本刊 2003 年第 5 期 A49 页 [18~22 见本刊 2003 年第 6 期 A5 页.] (完)

(收稿日期 2003-08-07 编辑 胡新宇)