

## 浅析河流水体污染的生物监测及指标生物

房英春<sup>1</sup>, 刘广纯<sup>1</sup>, 田 春<sup>2</sup>, 何小惠<sup>1</sup>, 宋 钢<sup>3</sup>

(1 沈阳大学生物技术研究所, 沈阳 110044;

2 沈阳市水产科学研究所, 沈阳 110032; 3 沈阳大学科技工程学院, 沈阳 110044)

**摘 要:** 针对河流水体污染的生物监测问题做了理论描述, 并比较了生物监测和理化监测的利弊, 阐述了生物监测中的指标生物、常用种类和在环保中的应用、要求和用生物指标监测污染水体存在的问题和解决办法。

**关键词:** 河流; 污染; 生物监测; 指标生物

**中图分类号:** X522

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2005)02-0151-03

### Brief Analysis on Biological Monitoring of Rivers Water Body Pollution and Target Biology

FANG Ying-chun<sup>1</sup>, LIU Guang-chun<sup>1</sup>, TIAN Chun<sup>2</sup>, HE Xiao-hui<sup>1</sup>, SONG Gang<sup>3</sup>

(1 Biological Technology Research Institute, Shenyang University, Shenyang 110044;

2 Shenyang Fishery Science Research Institute, Shenyang, 110032;

3 Technology and Project College of Shenyang University, Shenyang 110044, China)

**Abstract:** Aiming at the biological monitoring question of the rivers water body pollution, the theoretical description is presented, and the comparison on biological monitoring and the physico-chemical monitoring is made, the authors elaborated target biology in the biological monitoring, the commonly used types and in the environmental protection application, the request and the problem of biological indicator monitoring and its solvable method.

**Key words:** rivers; pollution; biological monitoring; biomarker

《中国环境状况公报》报道我国水环境面临的严重问题是水体污染和资源短缺。主要河流有机污染普遍。有毒、有害有机污染物通过食物链富集危害食物链终端, 尤其是哺乳动物和人类。据统计, 全国七大水系和内陆河流的110个重点河段中, 属4类和5类水体的占39%; 城市地面水污染普遍严重, 并呈逐渐恶化趋势, 136条流经城市的河流中, 属4类、5类和超过5类标准的高达76.8%; 约50%的城市地下水受到不同程度的污染<sup>[7]</sup>。

80年代末, 欧美等国开始研究利用生物监测(biological monitoring)技术测定水体污染。美国Clear Water Act (1987)将“污染”定义为人为制造或人为诱导致使水的理化及生物完整性的改变(Karr and Chu 1999)。如灌溉、建水库、砍伐河岸植物、引进外来种等, 而不仅仅是化学物质的释放。由于经济的发展, 生活质量的提高, 人类对于河流不只锁定在水资源的供应上, 而对其提供的休闲观光及其生态系统功能的价值上正逐渐受到重视。然而要维持这些功能, 必须整合物理、化学与生物监测评定方法, 制定符合国情的评估技术与体系。<sup>[1]</sup>

### 1 生物监测的定义及与理化监测的对比

#### 1.1 生物监测

是指利用某种生物栖息地受污染的实际变化情况, 观察生物种类、现有数量及群落的动态状况来监测环境整体的综合情况(系统地利用生物对环境的反应评价环境的改变情况)。即在有害废物排入环境前后, 对照测定生物在组成及数量上的变化, 来判断环境污染的程度。用以评价由于污染所造成的生态系统的变化<sup>[9]</sup>。如水质污染, 会使水生生物总的种类减少, 相反某一种生物的数量可能会增多, 为了能连续监测, 一般采用周期短的生物作为指标生物。它不能用来取代物理、化学监测, 而是提供生态系统整体思考的主要佐证资料。没有生物存在, 任何生态系统的功能将无法长久持续下去。

#### 1.2 生物监测与理化监测的对比

##### 1.2.1 化学监测水生生态系统的弊端

过去河流水质监测偏重于理化监测, 它快速, 但不易反应污染物质累积状况, 而生物监测则能弥补此不足。因此理化监测具有:

收稿日期: 2004-08-12

基金项目: 本课题系沈阳市环境工程重点实验室基金资助(课题批准号: 200411)

作者简介: 房英春(1960-), 女, 辽宁锦州人, 副教授, 主要从事环境生物、生理、生态教学与科研工作。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(1) 瞬时性。如果一种污染物排入河流,用化学方法只能在污染物注入后很短的时间内检测到,但污染物的影响可持续数年或数十年。

(2) 片面性。排入河流的有毒化合物有数千种之多,但目前用于检测的只有几十种。而生物监测能提供早期生态报警等功能。如许多化合物与其它潜在污染物交互作用于生物体,而此作用很难用化学方法精确得出。

(3) 机械性。两种或多种毒物在一起可能产生协同作用,有时甚至对生物是致命的。

(4) 单一性。用化学方法有时只能描述水体中毒物某方面水平,因此检测结果导致它们对生物有机体污染的影响反应有限,所以单独的化学(指标)参数不能为正确管理水生资源提供充足的依据,可能会低估或漏掉污染物,使监测不能发挥应有的作用。

## 1.2.2 生物监测水生生态系统的优势

目前国际上广泛研究的生物修复技术和植物修复技术因具有处理有毒、有害物种类多、成本低、易推广等特点而倍受瞩目。美国环保局(EPA)在评价环境生物技术时也指出“生物治理技术优于其它新技术的显著特点在于其是污染物消除技术而不是污染物分术”(Biotechnology Newswatch, August, 16, 1993)。由于大部分有机污染物适于作为生物过程反应物(底物),其中一些有机污染物经生物过程处理后可转化成沼气、酒精、生物蛋白等有用物质,因此,生物处理方法也常是有机废物资源化的首选技术。生物过程是以酶促反应为基础的,作为催化剂的酶是一种活性蛋白,因此,生物反应过程通常是在常温、常压下进行的。据美国环保局估算,美国现有的化学工业若有5%为生物过程取代,污染防治费用可降低约1亿美元<sup>[6]</sup>。

生物处理技术除易于大规模处理外,还可利用天然水体或土壤作为污染物处理场所,从而大大节约生物处理的费用。另外,生物技术的产品或副产品基本上都是可以快速降解的,且可作为一种营养源加以利用。用生物制品代替一切可取代的化学药物、化石能源、人工合成物等,有助于把人类活动产生的水体污染降至最低程度,使经济发展进入可持续发展的轨道。(潘涛轩,中国环境科学研究院生物工程重点实验室)

## 2 河流水体调查或生物监测常用的指标生物、种类及功能

根据各种类型的水质调查或监测标准来看,由于国情的不同,其侧重点各异。而且调查或监测指标的选择和确定问题本身也还有一个逐步深入和不断发展的过程,例如对污染指标随着新的化学物质种类的增加、分析技术的发展以及在流行病学研究中对致癌、致畸及致突变的生理生化过程的深入研究,监测或调查项目会不断地加以改变,方法也会逐步发展和完善。

### 2.1 水污染指示生物

水污染指示生物是在一定的水质条件下生存,对水体环境质量的变化反应敏感而被用来监测和评价水体污染状况的水生生物。20世纪初德国学者B. 科尔克维茨和M. 马松提出指示生物的概念,并把能够表示河流污染特性的生物称

为水污染指示生物。后来许多学者相继补充和发展了这一概念。如浮游植物(硅藻、小球藻、栅藻)、浮游动物(原生动物、枝角类、无节幼体、桡足类)、水生微型动物、大型底栖无脊椎动物、摇蚊幼虫、水生维管束植物等均可用来作为水污染的指示生物。

#### 2.1.1 生物指数(biological index)

在水体受到污染后,水体中水生生物的种群分布将受到限制,污染越严重,生物种类就越多,直至大型生物灭绝。所以,有些生物学家建议采用生物指数作为衡量水体污染程度的一种指标。

$$\text{优势种指数}(C) \quad C = N_i/n$$

$$\text{Margalef 指数}(D) \quad D = \frac{S-1}{\log_e N}$$

$$\text{Shannon-Wiener 指数}(H)$$

$$H = 3.3219(\lg N - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n n_i \lg n_i)$$

$$\text{科级水平生物指数}(FB I)^{[12]} \quad FB I = \frac{\sum n_i t_i}{N}$$

#### 2.1.2 生物标记物(biomarker)技术

生物标记物技术是常规生物检测方法的必要补充,其在环境管理、风险性评价和生态恢复等方面有着较广泛的应用。相对于常规生物监测方法而言,生物标记物所具备的优点,以及常用生物标记物的类型及在环境保护领域的应用已经非常广泛。生物标记物中的生物化学生物标记物:生理学生物标记物和作用于个体的生物标记物等在环境方面的研究越来越频繁。有毒物质急性和慢性效应;某些毒物联合作用的变化;独立、加和、协同和拮抗等结果;有毒物质对个体种群和群落的影响;群落和生态系统的变化等研究也日见广泛。“蚯蚓的生物标记物作用”是基于蚯蚓的庞大数量和作为土壤结构以及陆栖生态系统中有有机物分解的极为重要的生物体,蚯蚓受化学污染的影响而产生生物反应,如用组织病理变化、行为变化来描述蚯蚓作为生物标记物的显著作用<sup>[5]</sup>。

(1) 指示水体严重污染的生物<sup>[3]</sup>:如颤蚓类、毛蠓(*Psychoda alternata*)、细长摇蚊幼虫(*Tendipes attenuatus*)、绿色裸藻(*Euglena viridis*)、静裸藻(*E. caudata*)、小颤藻(*Oscillatoria tenuis*)等,均能在低溶氧条件下生活。颤蚓类在溶氧为15%的水体中仍能正常生活,所以成为受有机物污染十分严重的水体的优势种。美国学者提出以单位面积颤蚓的数量作为评价水体污染的指标,颤蚓数量愈多,表示水体污染愈严重。我国学者曾以颤蚓为指示生物对松花江等水系进行监测和评价。中国常见的颤蚓类有霍甫水丝蚓(*Limnodrilus hoffmeisteri*)、中华拟颤蚓(*Rhyacodrilus sinicus*)和正颤蚓(*Tubifex tubifex*)等。

(2) 指示水体中度污染的生物,如居桫水藻(*Asellus caninus*)、瓶螺(*Physa heterotropha*)、被甲栅藻(*Scenedesmus armatus*)、四角盘星藻(*Pediastrum tetras*)、环绿藻(*Ullothrix zonata*)、脆弱刚毛藻(*Cladophora racta*)、蜂巢席藻(*Phormidium favosum*)和美洲眼子菜(*Potamogeton americanus*)等对低溶氧也有较好的耐受能力,还在中度有有机物污染的水体中大量出现。

(3) 指示清洁水的生物,如纹石蚕(*Hydropsyche*)、钩虾

(*Gammarus pulex*)、扁蚌(*Heptagenia*)和蜻蜓(*Anisjunius*)的稚虫以及田螺(*Compelamadecei*)、肘状针杆藻(*Synedraulna*)、簇生竹枝藻(*Draparnaldia glomerata*)等,只能在溶氧很高、未受污染的水体中大量繁殖。

各种生物虽然都有一定的适应范围,但生物种类和数量的分布并不单纯决定于污染,其它条件如地理、气候,以及河流的底质、流速、水深等对生物的生存和分布也有重要影响,而且河流上游和下游的生物区系也存在天然差异。利用指标生物监测和评价水体质量必须注意这些因素<sup>[4]</sup>。

2 2 对评价水体污染物、毒性的水生生物的要求

- (1)对污染物和环境因子有一定的敏感性。
- (2)分布区域较广,生物数量较多,常年可以获得。
- (3)在区域内或更大范围内具有生态学和经济学上的重要性。
- (4)已经掌握了在实验室培养的方法并了解它们对环境的要求等。

2 3 利用指标生物监测水质存在的主要问题及解决办法

(1)生活史数据的缺乏,使得野外监测的评估复杂化,例如我们必须知道水栖昆虫生活史的季节变化,才可避免因个

体数的变化而导致的错误评估,如果我们不知道这些底栖生物的生活史,那么个体数的变化是因为自然生活史的原因,还是污染所造成就不得而知。这一点我们在做“河流水体生物监测技术研究”项目(刘广纯,1999)中体会颇深。总之,为了要对野外收集的种群动态数据有正确的评估,对于这些生物的每年完成生活环境的频度(voltinism)及生活环境过程的季节变化(phenology)必须有适当的了解(Rosenberg and Resh 1993)。

(2)生物分类基础的缺乏,指标生物通常是选择污染对生物影响机制已知的生物,当分类数据缺乏时将妨碍这些试验进行与基础数据收集。

(3)为解决以上这些难题,可以建立区域性或全国性大型无脊椎动物群落分布的基本资料,再依据水质情况将采样站加以归类,并选出指标生物或制定生物的忍受值。当然这个过程也可以借助多变量统计分析及国外先进的计算机软件系统,将采样站依据大型无脊椎动物的群落结构数据及理化指标数据加以分析归类,再订出生物的忍受值,或是建立生物群落与功能特性的生物完整性指标(Rosenberg and Resh 1993)。

参考文献:

[1] Karr,J R, E W Chu. Restoring life in running waters: better biological monitoring[M]. Washington D. C.: Island Press, 1999

[2] Rosenberg, D M, V H Resh. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates[M]. New York: Chapman & Hall, 1993

[3] 许木启. 利用PFU 原动物群落监测北京排污河净化效能的研究[J]. 生态学报, 1991, 11 (1): 23- 24

[4] 许木启. 利用PFU 方法快速监测汉沽污水库净化效能的研究[J]. 环境科学学报, 1991, 11(4): 30- 34

[5] 许木启. 京密运河- 北京排污河浮游动物群落结构特征与水质状况相互关系的研究[J]. 环境科学学报, 1993, 13(3): 20- 23

[6] 中国环境与发展国际合作委员会. 第三年度(1994/1995)工作报告[R]. 1995

[7] 中国环境科学学会. 中国环境科学年鉴[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1991. 245- 247.

[8] 国家环境保护局. 地面水环境质量标准, 非离子氮换算方法[J]. 中国环境监测, 1995, 11: 10

[9] 凯恩斯, 等. 水污染的生物监测[M]. 北京: 中国环境出版社, 1989. 100- 145

(上接第 150 页)

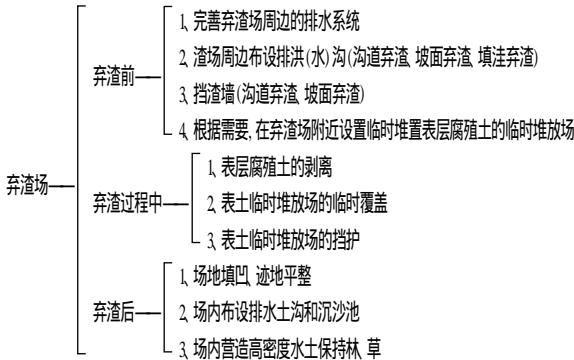


图4 弃渣场分类综合防治措施布局图

4 结 论

(1)借土场可分为沿等高线借土、不跨山脊坡面借土和跨山脊坡面借土3 大类。弃渣可分为填洼(塘)弃渣、沟道弃渣、坡面弃渣和平地弃渣4 大类。

(2)根据经济上最省,环境影响最小的原则,借土方式应优先选择沿等高线借土,跨山脊坡面借土次之,最后考虑不跨山脊坡面借土;弃渣方式应优先选择填洼(塘)弃渣,平地弃渣次之,最后选择沟道弃渣或坡面弃渣。

(3)不同类型的借土场、弃渣场,其综合防护措施也不尽相同,应因地制宜、因害设防,才能确保其防治水土流失的效果最佳。

参考文献:

[1] 郭锐, 薛志敏, 刘勇, 等. 开发建设项目水土流失预测易出现的问题及其对策——以公路建设项目为例[J]. 中国水土保持, 2002, (2): 36- 37.

[2] 杨建峰, 张艳玲, 景宏伟. 浅谈沙漠高速公路绿化设计与生态保持[J]. 高等级公路, 2002, (1): 52- 55

[3] 路瑞娥. 公路边坡植草防护技术浅谈[J]. 内蒙古公路与运输, 2002, (3): 47- 48

[4] 李文银, 王治国, 蔡继清. 工矿区水土保持[M]. 北京: 科学出版社, 1996. 15- 52

[5] 焦居仁. 开发项目水土保持[M]. 北京: 中国法制出版社, 1998. 67- 93