

用综合生物指数法评价水质

张光贵

(洞庭湖环境保护监测站, 湖南 沅江 413100)

摘要: 针对单项生物指数评价水质的片面性与不确定性, 提出了用综合生物指数法评价水质。实验结果表明, 该方法在综合各种生物指数评价结果的基础上, 能对某一水体水质作出明确的评价结论, 且与用理化监测结果评价水质的结论相吻合。

关键词: 水质; 综合生物指数; 评价

中图分类号: X 824

文献标识码: A

文章编号: 1006- 2009(2000) 05- 0027- 03

To Evaluate Water Quality with Comprehensive Biological Index

ZHANG Guanggui

(Dongtinghu Environmental Monitoring Station, Yuanjiang, Hunan 413100, China)

Abstract: Because of the one-sidedness and uncertainty of single biological index to evaluate water quality, comprehensive biological index was suggested. The experiment result showed that it can reached a definite evaluation result on the basis of synthesizing all kinds of evaluation results of single biological index. And result was same as the result with physical and chemical methods.

Key words: Water quality; Comprehensive biological index; Evaluation

50 年代以来, 人们在研究了各种环境质量参数的基础上, 提出了一系列用于评价水环境质量的生物指数。然而由于这些生物指数及其标准的产生都有特定的环境条件, 不同的生物指数所反映的信息各有所异, 仅仅是生物群落特征的某一侧面, 再加上环境与生态系统本身的复杂性, 因此, 用单项生物指数评价水质具有片面性与不确定性。

现试图在单项生物指数评价的基础上, 探讨用综合生物指数法评价水质。

1 方法步骤

1.1 单项评价

根据生物指数计算结果, 对照相应的水质评判标准^[1~5], 对水质进行单项评价。几种常用的生物指数水质评判标准见表 1。

1.2 计算生物污染分指数

由于生物监测数据处理的指数计算方法很不统一, 且各种生物指数的量纲不一致, 很难对各种生物指数进行互相比较和综合评价, 因此, 必须对生物指数进行标准化处理。可采用模糊集合标准

表 1 几种常用的生物指数水质评判标准

生物指数	污 染 程 度				
	清 洁	轻 污 染	β -中 污 染	α -中 污 染	重 污 染
Trent 指数	> 9	7	5	3	1
Chandler 记分制	> 800	700	500	300	50
Goodnight- Whitley 指数	< 20	40	60	80	90
Shannon- Wiener 指数	> 3.5	2.5	1.5	1	0
Beck 指数	> 10	6	3	1	0
Simpson 指数	> 6	3	2	1	0

化处理方法^[6]。标准化处理所得的模糊隶属函数值 $\mu(x)$ 即为生物污染分指数 P_i 。

指数的数值 (x) 与污染程度变化的关系可归纳为 3 类, 即正向关系、逆向关系和波动关系。设

收稿日期: 2000- 06- 01; 修订日期: 2000- 06- 26

作者简介: 张光贵(1964-), 男, 湖南南县人, 工程师, 大学, 主要从事水环境监测与综合分析研究。

α, β 分别表示隶属函数的最大值与最小值在 x 变化区间所对应的下确界和上确界, 则模糊集合标准化处理公式如下:

对于正向关系, 即生物指数增大, $\mu(x)$ 的值变大, 此时 $\alpha < \beta$,

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq \alpha \\ 1 - (\beta - x) / (\beta - \alpha), & \alpha < x < \beta \\ 1, & \beta \leq x \end{cases} \quad (1)$$

对于逆向关系, 即生物指数增大, $\mu(x)$ 的值变小, 此时 $\alpha > \beta$,

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \leq \beta \\ (\alpha - x) / (\alpha - \beta), & \beta < x < \alpha \\ 0, & x \geq \alpha \end{cases} \quad (2)$$

对于波动关系, 即生物指数 x 增大, $\mu(x)$ 变化为波动的, 这里有两种情况: 一种波动出现波谷, 另一种出现波峰。出现波谷时, $\beta_1 < \alpha < \beta_2$,

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \leq \beta_1 \text{ 或 } x \geq \beta_2 \\ (\alpha - x) / (\alpha - \beta_1), & \beta_1 < x < \alpha \\ 1 - (\beta_2 - x) / (\beta_2 - \alpha), & \alpha \leq x < \beta_2 \end{cases} \quad (3)$$

出现波峰时, $\alpha_1 < \beta < \alpha_2$,

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq \alpha_1 \text{ 或 } x \geq \alpha_2 \\ 1 - (\beta - x) / (\beta - \alpha_1), & \alpha_1 < x < \beta \\ (\alpha_2 - x) / (\alpha_2 - \beta), & \beta \leq x < \alpha_2 \end{cases} \quad (4)$$

在以上 3 种关系中, 生物指数 x 取值在上、下

确界之间时, $\mu(x)$ 的数值总在 0~1 之间变化。 $\mu(x)$ 的数值越大, 污染程度也越大, 即 $\mu(x)$ 与污染程度的变化趋势相一致。

1.3 综合评价

计算环境质量综合指数的方法很多, 如分指数加权均值法、内梅罗指数法、分指数平方和方根法等, 然而它们都存在一个共同的缺陷, 即某种污染物的浓度很高, 远超过标准, 其他污染物浓度较低, 算出的综合指数不高; 所有污染物浓度均较高, 但未超过容许浓度, 而综合指数值反而较高。为了克服上述缺陷, 运用环境质量混合加权模式^[7], 计算综合生物指数 BI 。

$$BI = \frac{\sum P_i^2}{\sum P_i} \quad (5)$$

根据 BI 值的大小确定水质污染程度, 评判标准见表 2。

表 2 综合生物指数水质评判标准

BI 值 \leq	0.2	0.4	0.6	0.8	1
污染程度	清洁	轻污染	β -中污染	α -中污染	重污染

2 计算实例

为了评价洞庭湖水质状况, 在常规水质监测的基础上, 于 1995 年对洞庭湖底栖动物进行了监测, 并运用上述几种常用的生物指数进行了水质单项评价, 其结果见表 3。

用(1)式和(2)式对表 3 所列生物指数值进行标准化处理, 求得各断面生物污染分指数, 然后用(5)式求得各断面综合生物指数, 其结果见表 4。

表 3 1995 年洞庭湖各断面生物指数单项评价

序号	生物指数	南 嘴	茅草街	万子湖	虞公庙	鹿 角	东洞庭湖
1	Trent 指数	$\frac{7}{\beta}$ -中污染	$\frac{5}{\alpha}$ -中污染	$\frac{8}{}$ 轻污染	$\frac{7}{\beta}$ -中污染	$\frac{6}{\beta}$ -中污染	$\frac{8}{}$ 轻污染
2	Chandler 记分制	$\frac{341}{\alpha}$ -中污染	$\frac{260}{}$ 重污染	$\frac{496}{\alpha}$ -中污染	$\frac{358}{\alpha}$ -中污染	$\frac{332}{\alpha}$ -中污染	$\frac{482}{\alpha}$ -中污染
3	Goodnight - Whitley 指数	$\frac{32}{}$ 轻污染	$\frac{48}{\beta}$ -中污染	$\frac{16}{}$ 清洁	$\frac{27}{}$ 轻污染	$\frac{44}{\beta}$ -中污染	$\frac{14}{}$ 清洁
4	Shannon - Wiener 指数	$\frac{3.25}{}$ 轻污染	$\frac{3.22}{}$ 轻污染	$\frac{4.54}{}$ 清洁	$\frac{2.80}{}$ 轻污染	$\frac{2.65}{}$ 轻污染	$\frac{2.42}{\beta}$ -中污染
5	Beck 指数	$\frac{18}{}$ 清洁	$\frac{24}{}$ 清洁	$\frac{47}{}$ 清洁	$\frac{21}{}$ 清洁	$\frac{13}{}$ 清洁	$\frac{16}{}$ 清洁
6	Simpson 指数	$\frac{6.73}{}$ 清洁	$\frac{5.97}{}$ 轻污染	$\frac{16.99}{}$ 清洁	$\frac{3.98}{}$ 轻污染	$\frac{5.15}{}$ 轻污染	$\frac{3.60}{}$ 轻污染

表 4 1995 年洞庭湖各断面生物污染分指数与综合评价

断面	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	BI	水质污染程度	污染程度排序
南 嘴	0.25	0.61	0.17	0.07	0	0.00	0.43	β - 中污染	5
茅草街	0.50	0.72	0.40	0.08	0	0.01	0.55	β - 中污染	6
万子湖	0.12	0.41	0.00	0.00	0	0.00	0.34	轻污染	1
虞公庙	0.25	0.59	0.10	0.20	0	0.34	0.39	轻污染	3
鹿 角	0.38	0.62	0.34	0.24	0	0.14	0.42	β - 中污染	4
东洞庭湖	0.12	0.42	0.00	0.31	0	0.40	0.36	轻污染	2

对照表 2 所列水质评判标准, 可以看出, 1995 年洞庭湖水质在轻污染~ β - 中污染之间, 各断面污染程度由弱到强的排序是: 万子湖< 东洞庭湖< 虞公庙< 鹿角< 南嘴< 茅草街。

3 结论

综合生物指数法克服了单项生物指数评价水质的片面性与不确定性, 在综合各种生物指数评价结果的基础上, 能对某一水体水质作出明确的评价结论。例如洞庭湖南嘴断面, 就单项生物指数评价而言, 除重污染外, 各种等次都有, 究竟污染程度如何? 很难准确判定。而用综合生物指数法计算的 BI 为 0.43, 据此判定其水质属 β - 中污染。

给出了用模糊集合隶属函数对生物指数进行标准化处理的计算公式, 把各种生物指数归化为 0 ~ 1 之间的生物污染分指数, 并且按 BI 值的大小将水质污染程度定量划分为 5 级, 直观、明了, 便于比较。

用综合生物指数法评价水质的结论与用理化监测结果评价水质的结论吻合较好。为了证实采用综合生物指数法评价水质的可靠性, 根据 1995 年洞庭湖水质监测结果, 选择溶解氧、高锰酸盐指数、五日生化需氧量、氨氮、硝酸盐(以 N 计)、亚硝酸盐(以 N 计)、总氮、总磷(以 P 计)、总铜、总铅、总锌和总砷 12 项指标, 运用均值型综合污染指数法, 对洞庭湖各断面水质进行评价, 其结果见表 5。比较表 4 与表 5, 可以看出, BI 与 P_j 的排序相

同, 表明用综合生物指数法对水质的评价结果与理化监测指标评价的结果一致。

表 5 1995 年洞庭湖各断面水质评价结果

断面	南嘴	茅草街	万子湖	虞公庙	鹿角	东洞庭湖
P_j	0.57	0.78	0.40	0.42	0.46	0.41
污染程度排序	5	6	1	3	4	2

从表 3 可以看出, 用 Chandler 记分制评价, 洞庭湖各断面水质在 α - 中污染以上, 茅草街断面甚至达到重污染, 显然与洞庭湖水质实际状况不相符。因此, 运用综合生物指数法评价水质时, 单项生物指数的选择也十分重要。

[参考文献]

- [1] 邵国生. 底栖动物在南洞庭湖岸边污染带水质评价中的应用[J]. 环境科学, 1989, 10(1): 77~ 82.
- [2] 刘保元. 利用底栖动物评价图们江污染的研究[J]. 环境科学学报, 1981, 1(4): 337~ 348.
- [3] 任淑智. 京津及邻近地区底栖动物群落特征及水质等级[J]. 生态学报, 1991, 11(3): 262~ 268.
- [4] 陆强国. 利用底栖动物的群落结构进行洞庭湖水质的生物学评价[J]. 环境科学, 1985, 6(2): 59~ 63.
- [5] 国家环保局《水生生物监测手册》编委会. 水生生物监测手册[M]. 南京: 东南大学出版社, 1993. 161~ 173.
- [6] 佟世明, 于连深, 董德明. 生物指数标准化处理方法研究[J]. 中国环境科学, 1988, 8(2): 72~ 75.
- [7] 林宗振. 计算环境质量综合指数的混合加权模式[J]. 环境科学, 1985, 6(2): 67~ 69.

本栏目责任编辑 张腾江 李文峻

• 动态 •

PCB 的简易分析法

日本荏原制作所开发成功高精度、半小时测定废油中 PCB 的方法。过去分析 1 个样品需 1 个月要花费 30 万~ 35 万日元。新方法前处理工序大大缩短。由于使用 GC/MS, 分析时间只要 20 min~ 40 min, 分析成本也只有过去的 1/10。

洪 蔚编译自《环境 & 测定技术》1999, Vol 26 No 12