

湖泊富营养化评价方法及分级标准

王明翠¹, 刘雪芹², 张建辉¹

(1. 中国环境监测总站, 北京 100029; 2. 北京科技大学, 北京 100083)

摘要: 由于人类活动的影响, 湖泊富营养化引起的环境问题日益突出。而目前现有的富营养化评价方法和分级标准混乱, 因此有必要统一评价方法和分级标准, 以便加强对湖泊的管理, 保护湖泊生态环境。

关键词: 湖泊富营养化; 评价方法; 分级标准

中图分类号: X824 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-6002(2002)05-0047-03

Evaluate method and classification standard on lake eutrophication

WANG Ming-cui, et al (China Environmental Monitoring Centre, Beijing 100029, China)

Abstract: Human activities are responsible for lake eutrophication. At present, there are some different ways to evaluate and classify the lake eutrophication. It's necessary to build a uniform method in order to manage the lakes and protect the environment.

Key words: lake eutrophication; evaluate method; classification standard

湖泊富营养化是指湖泊水体在自然因素和(或)人类活动的影响下, 大量营养盐输入湖泊水体, 使湖泊逐步由生产力水平较低的贫营养状态向生产力水平较高的富营养状态变化的一种现象。

自然界的湖泊随着自然环境条件的变迁, 有其自身发生、发展、衰老和消亡的必然过程, 由湖泊形成初始阶段的贫营养逐渐向富营养过渡, 直

至最后消亡。在自然状态下, 湖泊的这种演变过程是极为缓慢的, 往往需要几千年, 甚至更长的时间才能完成。但在人类活动的影响下, 这种演化过程大大加快, 富营养化引起的环境问题日益严重。因此有必要建立一种科学、统一的评价方法, 以便加强对湖泊的管理, 保护湖泊生态环境。

湖泊富营养化评价, 就是通过与湖泊营养状态有关的一系列指标及指标间的相互关系, 对湖

3 结语

投影寻踪聚类方法用于影响环境质量的因子识别是成功的, 方法操作简单, 易于计算机编程实现。该方法依据数据自身特性进行分析, 避免了权重经验或人为确定的任意性, 评价结果能客观反映样本的真实特性。同时, 该方法还能给出指标相对权重及其重要性排序, 并通过逐次筛选实现关键因子的识别, 可指导环境质量的监测和治理, 避免盲目性。该方法可推广应用于其它类似的综合评价问题的分析研究。

参考文献:

[1] 李长孙. 区域水资源水质综合评价方法[J]. 中国环境科学, 1993, 13(1): 63-67.

[2] 王国利, 陈守煜, 李成林. 模糊模式识别在碧流河水库评价中的应用[J]. 大连理工大学学报, 1997, 37(6): 699-703.

[3] 李祚冰. 城市综合环境质量的物元分析评价[J]. 环境科学, 1996, 16(5): 76-78.

[4] 李魏, 杨志峰, 张远. ISO14000 标准中重大环境因素的判别方法[J]. 中国环境科学, 1999, 19(4): 333-337.

[5] 张燕, 张洪, 窦贻俭等. 影响环境质量的因子的识别方法[J]. 长江流域资源与环境, 2001, 10(5): 465-471.

[6] Friedman J H, Tukey J W. A projection pursuit algorithm for exploratory data analysis [J]. IEEE Trans on computer, 1974, 23(9): 881-890.

[7] 张欣莉. 投影寻踪及其在水文水资源中的应用[D]. 成都: 四川大学, 2000.

收稿日期: 2001-12-23; 修订日期: 2002-08-20

作者简介: 王明翠(1965-), 女, 湖北荆州人, 高级工程师.

泊的营养状态作出准确的判断。目前我国湖泊富营养化评价的基本方法主要有营养状态指数法(卡尔森营养状态指数(TSI)、修正的营养状态指数、综合营养状态指数(TLI)、营养度指数法和评分法。

1 各种评价湖泊富营养化方法介绍

1.1 营养状态指数法

1.1.1 卡尔森营养状态指数(TSI)

卡尔森指数是美国科学家卡尔森在1977年提出来的,这一评价方法克服了单一因子评价富营养化的片面性,而是综合各项参数,力图将单变量的简易与多变量综合判断的准确性相结合。

卡尔森指数是以湖水透明度(SD)为基准的营养状态评价指数。其表达式为:

$$TSI(SD) = 10 \left(6 - \frac{\ln SD}{\ln 2} \right)$$

$$TSI(chl) = 10 \left(6 - \frac{2.04 - 0.68 \ln chl}{\ln 2} \right)$$

$$TSI(TP) = 10 \left(6 - \frac{\ln 48/TP}{\ln 2} \right)$$

式中:TSI为卡尔森营养状态指数;SD为湖水透明度值(m);chl为湖水中叶绿素a含量(mg/m³);TP为湖水中总磷浓度(mg/m³)。

1.1.2 修正的营养状态指数

为了弥补卡尔森营养状态指数的不足,日本的相崎守弘等人提出了修正的营养状态指数(TSIM),即以叶绿素a浓度为基准的营养状态指数。基本公式如下:

$$TSIM(chl) = 10 \left(2.46 + \frac{\ln chl}{\ln 2.5} \right)$$

$$TSIM(SD) = 10 \left(2.46 + \frac{3.69 - 1.53 \ln SD}{\ln 2.5} \right)$$

$$TSIM(TP) = 10 \left(2.46 + \frac{6.71 + 1.15 \ln TP}{\ln 2.5} \right)$$

1.1.3 综合营养状态指数公式为:

$$TLI(\sum) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot TLI(j)$$

式中,TLI(∑)表示综合营养状态指数;TLI(j)代表第j种参数的营养状态指数;W_j为第j种参数的营养状态指数的相关权重。

以chl_a作为基准参数,则第j种参数的归一化的相关权重计算公式为:

$$W_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2}$$

r_{ij}为第j种参数与基准参数chl_a的相关系数;m为评价参数的个数。

中国湖泊的chl_a与其它参数之间的相关关系r_{ij}及r_{ij}²见表1。

表1 中国湖泊部分参数与chl_a的相关关系r_{ij}及r_{ij}²值*

参数	chl _a	TP	TN	SD	COD _{Mn}
r _{ij}	1	0.84	0.82	-0.83	0.83
r _{ij} ²	1	0.7056	0.6724	0.6889	0.6889

*引自金相灿等著《中国湖泊环境》,表中r_{ij}来源于中国26个主要湖泊调查数据的计算结果。

营养状态指数计算式:

$$(1) TLI(chl) = 10(2.5 + 1.086 \ln chl)$$

$$(2) TLI(TP) = 10(9.436 + 1.624 \ln TP)$$

$$(3) TLI(TN) = 10(5.453 + 1.694 \ln TN)$$

$$(4) TLI(SD) = 10(5.118 - 1.94 \ln SD)$$

$$(5) TLI(COD) = 10(0.109 + 2.661 \ln COD)$$

1.2 营养度指数法(AHP-PCA法)

通过分析国内外现有湖泊营养化评价模式,进行了反复的理论探索和实践验证,将层次分析法(AHP)和主成分分析法(PCA)相结合,提出湖泊富营养化状态综合评价方法,即层次分析—主成分分析营养度指数法。

综合营养度的计算公式为:

$$TLI_c = \sum_{j=1}^m W_j \cdot TLI_j = \sum_{j=1}^m W_j (a_j + b_j \ln C_{jx})$$

$$a_j = \frac{\ln C_{jmn}}{\ln C_{jmax} - \ln C_{jmin}} \times 100$$

$$b_j = \frac{1}{\ln C_{jmax} - \ln C_{jmin}} \times 100$$

式中,TLI_c为湖泊营养状态的综合营养度;TLI_j为第j个因子的分营养度;W_j为第j个因子的“综合权”。C_{jx}为第j个因子的监测值(平均值、丰季均值或最大值);C_{jmn}和C_{jmax}分别是第j个因子相应于营养度为0和100时的浓度值。

1.3 评分法

利用湖泊藻类生长旺季的叶绿素a(湖水中藻类生长高峰期前后三个月的平均值)与相应期间TP、TN、COD_{Mn}、SD的相关关系,确定评分值,从而判断湖泊营养程度。

$$\text{评分模式: } M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m M_i$$

式中,M为湖泊营养状态评分指数值;M_i为i个评价参数的评分值;n为评价参数的个数。

2 湖泊富营养化评价指标及其选取原则

在实际工作中,以上几种方法都被采用,因而在我国湖泊富营养化评价过程中存在以下问题:

- (1) 对湖泊营养状态的划分比较混乱,描述方法不一;
- (2) 湖泊富营养化评价方法及指标各不相同;
- (3) 分级评价标准差别很大。

这些问题导致同一湖泊富营养化的评价结果差别很大,不同湖泊之间的评价结果缺乏可比性。因此,统一湖泊富营养化评价指标、方法和分级标准是十分必要的。

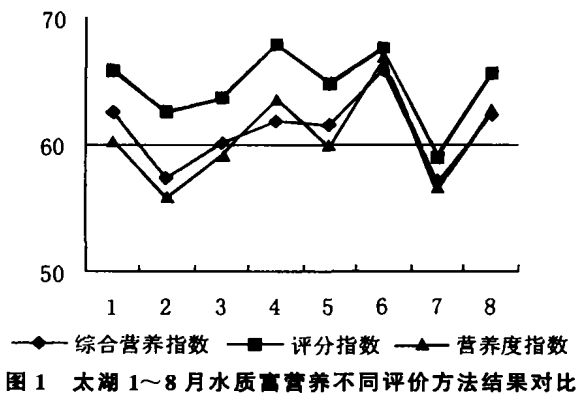
按照相关性、可操作性、简洁性和科学性相结合的原则,从影响湖泊富营养化的众多因子中选取叶绿素 a(chla)、总磷(TP)、总氮(TN)、透明度(SD)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})等五项指标作为湖泊富营养化评价的统一指标。

3 统一湖泊富营养化评价方法

我们应用综合营养指数(TLI)、评分指数(M)和主成分分析营养度法(AHP-PCA)对太湖2001年1月~8月湖泊富营养化状况进行了评价分析。最终选取综合营养指数(TLI)作为湖泊富营养化评价方法,计算结果见表2及图1。

表2 2001年1月~8月太湖水质情况统计表

月份	水域	高锰酸盐指数(mg/L)	TP(mg/L)	TN(mg/L)	chla(mg/m ³)	透明度(m)	综合营养指数 TLI	评分指数 值 M	营养度指数 法 TLI _c
1	全太湖平均	6.7	0.126	2.29	20.0	0.26	62.66	65.92	60.44
2	全太湖平均	4.7	0.085	2.32	15.0	0.40	57.41	62.54	55.77
3	全太湖平均	5.1	0.086	2.44	25.0	0.32	60.12	63.68	59.21
4	全太湖平均	6.1	0.156	3.11	29.0	0.25	61.86	67.88	63.75
5	全太湖平均	5.1	0.090	3.18	26.0	0.30	61.55	64.74	60.07
6	全太湖平均	6.5	0.119	2.67	69.0	0.30	65.88	67.57	66.97
7	全太湖平均	4.5	0.079	2.42	20.0	0.50	57.14	58.87	56.68
8	全太湖平均	5.9	0.110	1.68	39.0	0.28	62.36	65.59	62.78



从表中数据和图形可看出,不同方法的评价结果有所差别,但相关性较好。在验算中发现营养度指数法计算步骤繁琐、耗时长,不如综合营养指数法简便易行;而评分法在实际应用过程中,如果某一参数的评分值明显低于(或高于)其他参数的评分值,表明该参数的变化除了受富营养化的影响外,其他因子对该参数的影响亦较大,故该参数应删除,往往删除的参数受人为因素的干扰较多,影响结果的准确性。因此,选取综合营养指数法做

为评价湖泊富营养化的统一方法是可行的。

4 湖泊营养状态分级

为了说明湖泊富营养状态情况,采用0~100的一系列连续数字对湖泊营养状态进行分级:

$$TLI(\sum) < 30$$

贫营养(Oligotropher)

$$30 \leq TLI(\sum) \leq 50$$

中营养(Mesotropher)

$$TLI(\sum) > 50$$

富营养(Eutropher)

$$50 < TLI(\sum) \leq 60$$

轻度富营养(light eutropher)

$$60 < TLI(\sum) \leq 70$$

中度富营养(Middle eutropher)

$$TLI(\sum) > 70$$

重度富营养(Hyper eutropher)

在同一营养状态下,指数值越高,其营养程度越重。