

我国主要湖泊富营养化程度的评价*

舒金 华

(中国科学院南京地理与湖泊研究所 210008)

提要 根据我国24个有代表性湖泊的1987—1988年调查资料,选择 Chl_a , TN, TP, COD_{Mn} , SD 作为评价参数,采用综合评分指数法,对湖泊富营养化程度进行了初步评价。结果表明,所调查的24个湖泊中,富营养湖泊16个,占调查总数的66.6%;中富营养湖泊4个,占16.7%;中营养湖泊4个,占16.7%;贫营养湖泊为零。与国外湖泊相比较,主要评价参数 Chl_a , TN, TP 的数值普遍较高,富营养湖泊的比例较大,富营养化所带来的危害亦十分严重。特别是作为饮用水源湖泊的富营养化问题,已引起人们的极大关注,急待采取有效的控制对策。

关键词 湖泊 富营养化 评价参数 评价标准 评价模式

我国是一个多湖泊的国家(王洪道等,1989),据统计,面积在 1km^2 以上的湖泊有2300多个。总面积达 $70\,988\text{km}^2$,约占全国总面积的0.8%。我国的湖泊,大都具有饮用、灌溉、养殖、航运、游览等多种使用功能,在国民经济中占有十分重要的地位。但是近年来,随着湖区工农业生产的迅速发展,排入湖泊水域的氮、磷等营养物质的数量不断增加,湖泊的富营养化问题日益突出,严重地影响了湖区人民生活 and 工农业生产的发展。为此,本文根据国家近期湖泊调查资料分析,对我国主要湖泊的富营养化程度作出初步评价,以期为国家有关部门的科学决策提供依据。

1 评价资料的来源

在70年代后期,我国开始了湖泊富营养化方面的调查研究工作,但至80年代中期以前,上述方面的工作还只局限于少数湖泊的一般调查的水平上,存在着测定项目不全,资料数据的时间系列较短,分析方法不完全一致等不足之处,所取得的资料数据还难以对我国湖泊富营养化的状况作出全面正确的评价。为此,于1986年底,根据国家环境保护局的统一部署,由中国环境科学研究院、中国科学院南京地理与湖泊研究所等20多个单位,共同组成了“全国湖泊水库富营养化调查研究课题组”,制定了统一的调查程序、调查内容、调查方法和分析方法,开展了全国主要湖泊富营养化的调查研究工作,从而获得近30个湖泊1987—1988年度的污染源、水质、生物、底质等方面较为完整的资料。作者分别选择了我国五大淡水湖之一的安徽巢湖;著名的城市风景湖泊杭州西湖,南京玄武湖;云贵高原

* 国家科委攻关项目,75-60-02-01-7号。

收稿日期:1992年5月16日,接受日期:1993年3月5日。

的昆明滇池、大理洱海以及内陆地区的新疆博斯腾湖、内蒙达赉湖等作为评价对象,因而,无论从湖泊的类型上,还是在湖泊的地理分布上,均具有一定的代表性。

2 评价方法

2.1 评价参数 湖泊富营养化的评价,一般以反映湖水中藻类数量多寡的综合指标——叶绿素 a 作为占主导地位的评价指标。因湖泊富营养化的演变过程十分复杂,故影响湖泊富营养化程度变化的因素甚多。为了使评价结果能更好地接近我国湖泊的实际情况,通过我国 24 个代表性湖泊水质生物调查资料的统计分析,选择与叶绿素 a 关系最为密切的总氮 (TN)、总磷 (TP)、高锰酸盐指数 (COD_{Mn})、透明度 (SD) 等指标,作为我国湖泊富营养化程度评价的基本参数。

2.2 评价标准 目前,在我国政府部门所颁布的各类水质标准中,除了《地面水环境质量标准》(GB3 838-88) 中对磷作了具体要求而外,其它均未提及水域富营养化的有关标准。我们根据国外湖泊富营养化评价标准的文献报道(全国湖泊富营养化调查组,1987),我国湖泊富营养化引起用水障碍情况的分析,以及便于环境管理的原则,(顾丁锡等,1988),对前述诸项评价参数提出了表 1 所示的评价标准。

在诸项指标的评价标准中 $Chla$, SD, COD 3 项的数值与日本、美国、OECD (经济合作与发展组织)等国家和组织所选用的标准值基本相一致,只是 TN, TP 的数值较国外的标准偏高。这主要是因为我国湖泊所承受的 TN, TP 的负荷普遍较大,与国外同类湖泊相比较,湖水中 TN, TP 浓度明显偏高。因而,特将 TN, TP 评价标准作适当调整,以使评价结果更好地反映出我国湖泊的实际情况。

表 1 中国湖泊富营养化的评价标准

Tab. 1 The criteria for assessment of lake eutrophication in China

营 养 程 度	评 价 参 数				
	$Chla$ (mg/m^3)	TP (mg/m^3)	TN (mg/m^3)	COD (mg/L)	SD (m)
贫营养	≤ 1.0	< 2.5	≤ 30	≤ 0.3	≥ 10.0
贫中营养	≤ 2.0	≤ 5.0	≤ 50	≤ 0.4	≥ 5.0
中营养	≤ 4.0	≤ 25.0	≤ 300	≤ 2.0	≥ 1.5
中富营养	≤ 10.0	≤ 50.0	≤ 500	≤ 4.0	≥ 1.0
富营养	≤ 64.0	≤ 200.0	≤ 2000	≤ 10.0	≥ 0.4
重富营养	> 64.0	> 200.0	> 2000	> 10.0	< 0.4

2.3 评价模式 国外的湖泊富营养化评价中,大多采用营养状态指数模式(合田健,1979),其缺点是,在同一湖泊中选用的评价参数不同,其评价结果不完全一致。因此本文的评价中,拟选用评分模式作为基本的计算公式,其表达式为:

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i \quad (1)$$

式中, M 为湖泊富营养化程度的评分值; M_i 为评价参数的评分值; n 为评分参数的个数。

评价参数的评分值是根据表 1 所示的评价标准,在 0—100 分的范围内,分别赋予各

评分参数相应的评分值。评分值越高,表明湖泊富营养化程度越重。各参数的评分值和相应的分级指标如表 2 所示。

表 2 湖泊富营养化评分和分级标准

Tab. 2 The criteria for indexing and grading lake eutrophication

营养程度	评分值	Chla (mg/m ³)	TP (mg/m ³)	TN (mg/m ³)	COD (mg/L)	SD (m)
贫营养	10	0.5	1.0	20	0.15	10.0
贫中营养	20	1.0	4.0	50	0.4	5.0
中营养	30	2.0	10	100	1.0	3.0
	40	4.0	25	300	2.0	1.5
中富营养	50	10.0	50	500	4.0	1.0
富营养	60	26.0	100	1 000	8.0	0.50
	70	64.0	200	2 000	10.0	0.40
	70	64.0	200	2 000	10.0	0.40
重富营养	80	160.0	600	6 000	25.0	0.30
	90	400.0	900	9 000	40.0	0.20
	100	1 000.0	1 300	16 000	60.0	0.12

本文的评分指数模式,除了能克服国外营养状态指数模式中因评价参数不同而得出的评价结果会产生差异的缺点而外,与国内所介绍的营养度指数模式相比,还具有计算公式的物理意义明确,计算方法简便的优点。笔者曾用营养度指数模式对本次调查的 24 个湖泊富营养化程度进行评价,其结果与评分指数模式计算的结论完全一致,但计算的工作量却远远大于评分指数模式。正因如此,在近期再版的我国“湖泊富营养化调查规范”中,已将本文中的评分指数模式作为正式推荐的 3 种评价方法之一。

3 评价步骤

根据 24 个有代表性湖泊的 1987—1988 年度调查资料分析,统计出各湖泊藻类生长高峰期的诸评价参数的数值(表 3),再按(1)式的模式计算,分别求得各湖泊的评分指数值,对照表 2 的分级标准,求得我国 24 个代表性湖泊的富营养化程度,见表 3。

4 评价结果分析

评价结果表明,本次调查的 24 个湖泊中,中富营养以上的湖泊为 20 个,占调查湖泊总数的 83.3%;中营养湖泊 4 个,占调查湖泊数的 16.7%;贫营养湖泊为零。与 OECD 在北美和西欧所作的调查资料相比较(表 4),我国富营养湖泊所占的比例,明显大于国外湖泊,中营养和贫营养湖泊比例则小于或远小于国外湖泊。从湖泊富营养化的主要表征指标——Chla, TN, TP 的数量上来看,我国湖泊的数值亦高于国外的湖泊(表 5),其中 Chla 高出北美和西欧湖泊的 1.15 倍, TN 高出 1.24 倍, TP 高出 3.16 倍。

上述比较的结果可以看出,目前我国湖泊富营养化的程度十分严重,尤其是饮用水源地富营养化的危害,已引起人们的普遍关注。例如:1987 年夏季,安徽巢湖藻类的大量繁殖,造成合肥市巢湖水厂供给的自来水发臭。1990 年夏天,江苏太湖富营养化程度加剧,大量藻类堵塞了无锡市自来水管的过滤池,引经该市供水告急,造成居民生活用水困难和工业生产的严重损失。为此,建议有关部门,在制定我国湖泊富营养化的防治对策

表 3 我国主要湖泊调查资料及富营养化程度评价

Tab.3 The statistics on the data from investigation and assessment result on eutrophic level of main lakes in China

湖泊名称	Chl _a (mg/m ³)	TP (mg/m ³)	TN (mg/m ³)	COD (mg/L)	SD (m)	评分指数	营养程度
洱海(云南)	1.86	22	246	3.09	2.77	36.0	中营养
高州水库(广东)	1.49	46	358	1.47	1.72	37.2	中营养
博斯腾湖(新疆)	3.52	23	932	5.96	1.46	38.0	中营养
淀山湖(上海)	3.00	29	1 086	2.87	0.67	40.6	中富营养
于桥水库(天津)	10.79	25	1 220	4.11	1.42	45.0	中富营养
固城湖(江苏)	4.99	52	2 374	2.75	0.28	48.0	中富营养
南四湖(山东)	3.77	194	3 201	6.96	0.44	48.5	中富营养
磁湖(湖北)	14.47	77	1 000	3.74	0.36	57.6	富营养
达赉湖(内蒙古)	7.24	153	1 671	16.25	0.48	59.7	富营养
巢湖(安徽)	11.80	115	1 786	4.01	0.28	57.5	富营养
滇池(外海)(云南)	44.43	108	1 309	7.11	0.49	62.4	富营养
滇池(草海)(云南)	298.86	931	15 273	16.58	0.23	85.2	重富营养
西湖(浙江)	58.95	161	2 478	6.94	0.43	65.2	富营养
甘棠湖(江西)	75.69	141	1 417	7.23	0.38	66.2	富营养
苾菇湖(新疆)	54.77	287	2 206	10.38	0.53	67.8	富营养
麓湖(广东)	119.51	372	3 038	9.92	0.34	73.8	重富营养
东山湖(广东)	149.45	428	5 350	13.40	0.22	78.6	重富营养
墨水湖(湖北)	153.59	232	15 692	13.51	0.22	81.4	重富营养
荔湾湖(广东)	162.92	743	7 337	14.46	0.31	79.6	重富营养
流花湖(广东)	323.51	643	6 777	25.26	0.15	86.6	重富营养
玄武湖(江苏)	168.14	663	4 073	10.08	0.22	80.2	重富营养
镜泊湖(吉林)	4.96	316	1 270	5.96	0.73	57.4	富营养
南湖(吉林)	120.6	228	2 630	8.22	0.22	74.0	重富营养
邛海(四川)	0.88	130	410	1.43	2.98	39.6	中营养

表 4 我国湖泊富营养化程度与国外湖泊的比较

Tab.4 The eutrophic level of main lakes in China and Its comparison with other countries

地点	调查湖泊数 (个)	富营养湖泊		中营养湖泊		贫营养湖泊	
		(个数)	(%)	(个数)	(%)	(个数)	(%)
北美、西欧	115	72	62.6	22	19.1	21	18.3
中国	24	20	83.3	4	16.7	0	0

中,首先将饮用水源地水域的富营养化控制,作为当前急待解决的重要课题。针对不同湖泊的特点,抓住主要影响因子,采用以湖泊外环境控制为主、内环境治理为辅的综合防治的方法,集中人力、物力、力争在短期内取得成效,以缓解饮用水源地的富营养化对人民生活 and 工业生产所带来的危害。然后,视各地湖泊富营养化的严重程度、发展趋势和当地的经济技术条件,统筹兼顾,合理安排,制定出切实可行的防治规划,使我国湖泊富营养化问题逐步得到有效控制,并随着国民经济的发展而得到圆满的解决。

表 5 我国湖泊 Chl_a, TN, TP 浓度与国外湖泊的比较Tab. 5 The concentration of Chl_a, TN and TP of main lakes in China and its comparison with other countries

地 点	Chl _a (mg/m ³) ¹		TN (mg/L)		TP(mg/L)	
	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
北美、西欧	4.2—270	34.7	0.37—8.91	1.48	0.004—0.42	0.06
中 国	0.88—323.5	74.9	0.24—15.69	3.46	0.02—0.93	0.25

参 考 文 献

- 王洪道等,1989,中国湖泊资源,科学出版社(北京),1—7。
 全国湖泊富营养化调查组,1987,湖泊富营养化规范,环境科学出版社(北京),271—289。
 顾丁锡,舒金华,1988,湖泊污染预测与防治规划方法,环境科学出版社(北京),32—37。
 合田健,1979,水环境指标,思考社,276—278。

ASSESSMENT OF EUTROPHICATION IN MAIN LAKES OF CHINA

Shu Jinhua

(Nanjing Institute of Geography and Limnology, Academia Sinica 210008)

ABSTRACT

On the basis of analysis data about twenty-four representative lakes in China which were investigated in 1987—1988, this paper selects Chl_a, TP, TN, COD and SD as assessment indexes, and uses comprehensively trophic level index method to assess trophic level of main lakes in China. Results show that among these twenty-four lakes, sixteen lakes (66.6%) are eutrophic, four lakes (16.7%) are mesotrophic-eutrophic, four lakes (16.7%) are mesotrophic and none of oligotrophication. Comparing with foreign lakes, values of main assessment indexes—Chl_a, TP, TN are commonly high, percentage of eutrophic lakes among total investigated lakes is great and the harm caused by eutrophication is serious. Especially, the problem in eutrophic lakes which are used as drinking water source is now worrying people universally. In view of this situation of serious eutrophication of lakes in China, measures of prevention and improvement should be performed immediately.

Key words Lake Eutrophication Assessment indexes Assessment standard Assessment model