

吉林省湖、库水质评估及其污染防治

王 俊 姜建祥 吕耀坤 王 宁

(东北师范大学环境科学系, 长春 130024)

摘要 湖、库富营养化是营养物质输入过程而引起的一种水效应。它不仅表现为水生植物和藻类的过度生长,同时还伴随着一系列的水质变化进而导致水质恶化,影响水体多种功能。本文以近年监测的主要湖、库的水质数据,采用主成分聚类分析和营养度评价方法对吉林省的主要湖、库的富营养化程度进行了分析与评价。这对区域水资源的合理开发利用,开展环境质量评价与预测,以及对制定湖、库富营养化防治对策具有重要意义。

关键词 主成分分析 聚类分析 营养度评价 湖、库 水质

近年来,由于经济建设的迅速发展,人口剧增以及工业污水排入,农作物大量施用化肥,造成湖、库水质急剧恶化,湖、库富营养化问题日趋严重。因此,湖、库水质的评估可为水资源的合理分配和利用,水污染防治以及加强湖、库管理提供科学的依据。

1 湖、库水文理化特性概述

吉林省位于 $121^{\circ}18' \sim 131^{\circ}18'E$, $40^{\circ}51' \sim 40^{\circ}18'N$ 之间,全省面积 118486km^2 。地势由东南向西北倾斜,可分东部长白山区,中部低山丘陵区与西部松辽平原区三部分。全省河长 30km 以上的河流有221条。大、中、小型湖、库1397座,总面积 $16.51 \times 10^4\text{hm}^2$ 。 667hm^2 以上的大型湖、库25座,占总湖、库面积的40.7%; $66.7 \sim 667\text{hm}^2$ 的中型湖、库344座,面积占37.7%; 66.7hm^2 以下的湖、库1028座,面积占15.6%。

湖、库多数分布在中东部低山丘陵区,为防洪、发电、灌溉、养殖、游览和饮用。我国著名的火山湖——长白山主峰上的白头山天池,湖面高程2194m,水深373m,是我国已知最深的湖泊。

湖、库水温的日变化,最高水温多出现在16:00~18:00,最低水温出现在6:00。湖、库水温的年变化与气温变化相适应,最高水温出现在7~8月,最低水温在1~2月。每年有6~7个月的冰期。

湖、库的矿化度很低。湖、库中阴离子以重碳酸根为主,阳离子以钙离子为主。pH值一般在6.6~8.1之间。大多数湖、库的状况较好,水体表面溶解氧丰富,实测平均值一般都大于 7mg/L ,氧化还原电位为正值,这些条件都有利于有机氮的硝化作用进行。

来稿日期:1993-11-15;接受日期:1995-04-02。

作者简介:王俊,男,副教授,1937年生,1961年东北师范大学地理系毕业。从事教学与科研工作,著有《化学污染物及其生态效应》等数本及发表论文若干篇。

2 湖、库水质分析

随着社会主义建设事业的发展,湖区人类活动的强化,污染湖、库环境的因素不断增多,对湖、库资源造成一定的危害。为了摸清湖、库水质状况,特选择有代表性的 16 个湖、库(表 1)近几年的水质监测综合信息进行主成分分析^[1],并选取主成分进行聚类分析和评价。

表 1 吉林省湖、库环境概况

Tab. 1 Environmental survey of lakes and reservoirs in Jilin Province

序号	湖库名称	所在河流	位 置	集水面积 (km ²)	湖、库面积 (km ²)	平均水深(m) (正常高估值)	库 容 (10 ⁴ m ³)
1	松花湖	第二松花江	吉林市郊区丰满	42500	942.30	6.88	1080000
2	石头口门水库	饮马河	九台市	4944	77.91	5.41	70200
3	新立城水库	饮马河支流伊通河	长春市郊区	1945	62.18	4.63	46000
4	太平池水库	饮马河支流翁克河	农安市	859	34.73	3.52	17520
5	南湖	封闭式人工湖	长春市内		9.00	2.85	
6	净月水库	伊通河支流无名河	长春市郊区	78			2770
7	沙河子水库	拉法河支流细鳞河	舒兰县	103			1200
8	亮甲山水库	拉法河支流卡伦河	舒兰县	618	20.74	4.05	12000
9	月亮泡	嫩 江	镇赉、大安	109	204.00		
10	二龙湖	东辽河	梨树县	3678	122.20	7.65	176200
11	亚东水库	图们江上游头道河	和龙县	304			4075
12	星星哨水库	饮马河上游岔路河	永吉县	845	12.77	7.14	15200
13	龙凤水库	拉法河	蛟河市				1380
14	大崧水库	东辽河的西渭津河	辽源市	54			1030
15	海龙水库	辉发河支流杨树河	梅河口市	547	17.50	4.36	23400
16	响水水库	卡伦河支流二道河	舒兰县	76			1324

2.1 水质主成分分析

将湖、库水质的原始数据输入计算机,按主成分分析的计算程序进行计算^[2]。在计算结果中采用特征值所占累积百分率大于 85% 的准则,共选取 6 个主成分。

对第 1 主成分作用最大的是亚硝酸盐氮和非离子氨,其相关系数分别为 0.8944 和 0.8777,其次六价铬、铅也有明显反映。第 2 主成分反映了 COD_{Mn} 和 BOD₅,其相关系数分别为 0.8445 和 0.8024,其次有总硬度和 pH。第 3 主成分反映了汞。第 4 主成分反映了溶解氧和挥发酚,其次是悬浮物。第 5 和第 6 主成分对各因子也均有反映。采用 6 个主成分来描述原样本集,可反映样本总信息的 88.95%。

2.2 聚类分析

在主成分分析的基础上,采用最长距离法进行聚类^[3]。若采用 $\lambda=3$ 水平截集,可将 16 个样本分成 6 类,分类结果绘于图 1。第 I 类型共有 7 个样本,分布在吉林省中部低山丘陵区,多位于第二松花江支流上,为外流型湖、库,主要污染物有 COD_{Mn},但均符合 III 类水标

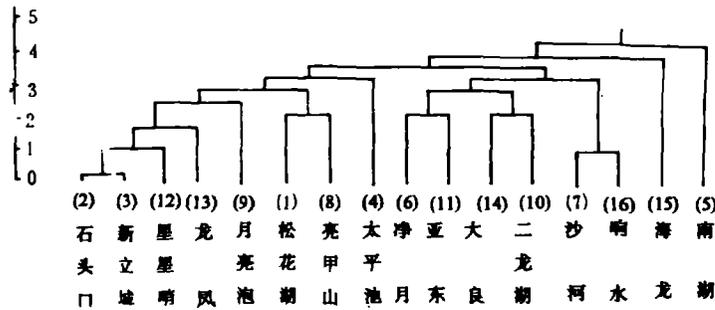


图 1 湖、库水质聚类谱系图

Fig. 1 Clustering map of the water quality in lakes and reservoirs

准^[4],其他污染指标均符合 I 类水标准,水质相对较好,适于饮用。第 I 类型为太平池水库,主要污染物为 COD_{Mn} ,大于 V 类水标准,其他污染指标均较低,水质尚好,经过处理降低 COD_{Mn} 可以饮用。第 III 类型中分为两个亚类型,III₁ 型有两个样本,水质很好,各项指标均较好,为 I 类水,适于饮用;III₂ 型也有两个样本,主要污染物为 COD_{Mn} ,均超过 V 类标准,其他污染指标在 III 类水标准以下,不适合饮用或经过适当处理后方可饮用。第 IV 类型有两个样本,均位于拉法河支流上游,主要污染物为亚硝酸盐氮和非离子氧和离子氨,此类水不适于饮用。第 V 类型位于辉发河支流杨树河上游的溇龙水库,主要污染物为悬浮物,年均值 258mg/L , COD_{Mn} 大于 V 类水标准,不能饮用。第 VI 类型是南湖,污染十分严重, COD_{Mn} 测值全年 100% 超标,平均浓度达 22.39mg/L ,并且富营养化十分严重,不能饮用。

3 富营养化程度评价

湖、库水质的单项指数评价具有指标简单、反应灵敏、明确等特点,但湖、库营养状态是一个受多参数控制的复杂状态,各参数之间互相联系、互相影响、互相制约,因此用多参数的综合评价是必要的。下面采用的营养度评价方法,对吉林省湖、库的富营养化程度进行评价。

3.1 评价模式

营养度评价是以修正的卡森指数法(TSI)为基础的^[5]。以湖、库中 Chl a 与 TP、COD、TOC 等水质指标间的相关关系为依据,确定的一组组的 TSI 分极指标。因此,它可综合各参数的 TSI 指数的评价结果来判断湖、库的营养状态,这不仅避免了单一指标的片面性,又可对湖、库水质参数的监测做检验。

湖、库富营养化综合评价首先要从众多的因子中选出与营养状态关系最密切的因子。最能表征湖、库营养程度的因子是 Chl a,它是首先必须选入的;其次,TP 因子对湖、库营养化发展进程具有显著性,这类因子可优先考虑;此外,从剩下的因子中,用主成分分析法选择出评价的“因子”。据此,营养度评价指标确定为 Chl a、TP、TN、 COD_{Mn} 、 BOD_5 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 等 6 项指标。

湖、库的营养状态的综合营养度(TLI)按下式计算:

$$\text{TLI} = \frac{1}{n} \sum \text{TLI}(j)$$

式中, TLI_c 为湖、库营养状态的综合营养度; TLI_j 为第 j 个因子的分营养度。各分营养度评价指数计算公式如下:

$$TLI(Chl.a) = 10(2.5 + 1.086 \ln Chl.a)$$

$$TLI(TP) = 10(9.436 + 1.62 \ln TP)$$

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

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

$$TLI(BOD_5) = 10(2.118 + 2.579 \ln BOD_5)$$

$$TLI(NO_2^- - N) = 10(7.77 + 1.1649 \ln NO_2^- - N)$$

而 $Chl.a$ 和 TP 又有如下关系:

$$\ln(Chl.a) = 1.32 \ln(TP) - 3.28$$

3.2 计算结果

将各湖、库的水质参数数据分别代入分营养度评价指数计算公式, 经计算得表 2。

表 2 各湖、库各因子营养度(TLI)指数
Tab. 2 Nourishing degree index(TLI) of the factor in the lakes

湖、库	Chl.a	TP	TN	COD _{Mn}	BOD ₅	NO ₂ ⁻ -N	TLI _c
1				47.26	23.37	18.73	29.96
2	42.26	42.09	35.75	49.03	31.98	0	40.22
3	42.26	42.09	80.09	45.97	34.10	0	38.54
4	38.13	37.41	52.17	75.13	28.92	9.51	40.21
5	64.59	67.39	80.42	83.81	73.18	36.05	67.57
6	35.13	37.41	22.39	37.44	44.81	0	34.04
7	66.70	69.77		40.64	52.67	53.68	58.89
8	58.13	59.93		34.50	45.02	36.05	46.70
9	58.01	59.93		45.87	44.29	0.02	51.93
10	58.01	19.57	51.58	60.29	43.43	10.51	34.64
11				40.23	44.91	0	42.62
12				46.18	40.80	0	43.48
13	50.28	51.17		29.88	20.39	0	37.93
14	63.00	65.53	78.14	60.23	52.28	0	83.85
15	64.59	67.39	41.10	76.53	54.85	0	61.09
16	59.15	61.23		53.21	58.01	50.91	56.50

3.3 营养化分析

根据湖、库各因子营养度指数(TLI), 可将湖、库分为“贫”(≤30%)、“中”(30%~50%)和“富”(≥50%)三个营养类别。

经判别可知, 吉林省主要湖、库已完全富营养化的占评价湖、库的 37.5%, 接近富营养化的湖、库占 31.25%, 其余均为中营养湖、库。可见湖、库的富营养化程度是较严重的。为适应经济形势的发展和人类生活的需求, 对湖、库的防治应给予关注。

4 湖、库污染防治

湖、库污染防治应根据各地的具体情况,对湖、库水质污染的诸要素进行全面的综合分析,选择多种相互配合的综合防治方法和途径^[6],才能收到较好的防治效果。下面仅就富营养化较重的湖、库治理提出建议。

4.1 城市封闭型湖泊——南湖的治理

南湖位于长春市南部,是在3条明渠汇合处取土筑坝蓄水建成的封闭式的、以游览为主要功能的人工湖。南湖富营养化现象的发生是多源注入、长期累积、水循环微弱,失于有效管理,营养物质负荷过高、超过湖水的吸收转化能力等综合效应的产物。欲使其达到有效控制与获得应有改善,应控制点源、面源等外污染源的输入;通过化学治理途径惰化水体中的磷、氮;封闭底质,阻止湖底沉积物向上覆水释磷;利用生物转化机制减少湖泊水体中的磷、氮,并使之逐渐恢复南湖水域生态功能。采用工程、化学治理和生物净化系统相配合的综合整治措施是南湖得以复苏的可行途径。

几年来,我所对南湖的治理做了大量的研究工作,实践证明生物学净化系统是廉价易行的能使湖泊逐渐复苏的新兴技术,生物对营养物的去除作用比物理和化学过程更重要。在水体中放养草食鱼类、河蚌和种植生长速度快的高等水生植物是抑制藻类数量的疯长,去除水体中磷、氮的有效生物工程。而化学药物投放只是起到局部控制的应急措施。

目前,仍要坚持治理和管理并重,力争做到治理污染与拓建景点结合,科技治湖与群众护湖结合,调动各方面的积极性,进行分期治理,做到逐步达标,恢复湖泊生态系统平衡,把南湖整建成为清洁、优美、幽静的水上乐园。

4.2 富营养化较重的外流型湖、库的防治

富营养化严重,TLI指数大于50的湖、库有海龙、大良、沙河子和响水水库。这些湖、库为饮用水源地,近年来的人们游览地,由于水域的人为干扰活动多,富营养化发展程度快,表现为 COD_{Mn} 、 BOD_5 、SS严重超标。另外,如沙河子和响水水库由于水土流失、农田化肥的输入,造成三氮指标较高。根据这些湖、库的特点,应采用因地制宜地截污分流,控制营养物入湖总量;大力提倡生物净化系统,引进数种优良的大型水生植物吸收水中大量的营养物,完善食物链,达到去除水中营养物而又利于恢复生态平衡;对湖、库坡地要退耕还林植树种草,以防止农田化肥的输入而造成水体的污染;切实增强人们的环境意识,使观光旅游者自觉地做到文明观赏,努力维护与提高游览湖、库的观赏价值。

4.3 中营养化湖、库的防治

吉林省多数是有防洪、灌溉、养殖、游览、调蓄等多种功能的中营养化湖、库。近年来,迫于人口压力的速增,大量营养元素磷、氮及有机物排入湖、库中,致使藻类等水生生物过量繁殖,溶解氧减少,透明度下降,湖、库水质开始恶化。对这类湖、库应以防为主。首先,控制营养物入湖总量,如二龙山水库接纳辽源市城市污水,松花湖其上游有多个污染源。所以,应采取分散治理和集中处理相结合的办法,借以控制入湖的水质,以减轻对湖、库水质的污染。另外,对多数湖、库应抓紧制定湖、库水质管理条例,做到防治、管理、保护有法可依,有章可循,确保湖、库的多种使用功能。

参 考 文 献

- 1 吉林省环境监测中心站. 吉林省环境监测年鉴(第4卷). 长春:吉林科学技术出版社,1990
- 2 杨秉庚,王 俊. 吉林省河流主成分分析. 地理科学,1986,6(3):261~268
- 3 王 俊等. 吉林省河流水质分析与评价. 地理科学,1994,14(2):165~171
- 4 地面水环境质量标准. 中华人民共和国国家标准(GB3838-38). 北京:中国标准出版社,1990
- 5 金相灿,屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范. 北京:中国环境科学出版社,1990. 295~299
- 6 顾丁锡,舒金华. 湖泊水污染预测及其防治规划方法. 北京:中国环境科学出版社,1988. 147~161

EVALUATION AND PREVENTION OF LAKES AND RESERVOIRS NOURISHMENT IN JILIN PROVINCE, CHINA

Wang Jun Jiang Jianxiang Lu Yuekan Wang Ning

(Department of Environmental Science, Northeast Normal University, Changchun 130024)

Abstract

Eutrophication of lakes and reservoirs is the result of nourishing materials imported, which has an effect on water quality. It makes water plant and seaweed overgrowing, and is followed by a series of changing of water quality, deteriorating of water quality, and changing of many water functions. The factors of polluting lakes and reservoirs are increased continuously as the development of social economic construction grows fast and human activities becomes great in numbers in the regions of lake and reservoirs, which may make the eutrophication of lakes and reservoirs very heavy. It is important to reinforce administration of lakes and reservoirs and to treat pollution in the way of comprehensive system. According to the data of water qualities for some main lakes and reservoirs that have been monitored in recent years, we used Principal Component Analysis and Cluster Analysis to classify the lakes and reservoirs into six types, and also study water quality features and application functions for each type of lakes and reservoirs. The assessment method of eutrophication degree was used to assess the degree of eutrophication of some main lakes and reservoirs in Jilin Province, based on six factors of Chl.a, TP, TN, COD_{Mn}, BOD₅ and NO₂-N. We also suggested the practical program of lake and reservoir protection for all of six types of lakes and reservoirs. It is very important for the development of regional resources of water, for assessment and prediction of environment quality and for the plans of controlling eutrophication of lakes and reservoirs.

Key Words Principal Component Analysis, Cluster Analysis, nourishing assessment, lakes and reservoirs, water quality