

抚仙湖富营养化初探*

李荫玺¹ 刘 红¹ 陆 娅¹ 王 林²

(1: 云南省玉溪市环境科学研究所, 玉溪 653100; 2: 云南省玉溪师范学院化学与环境科学系, 玉溪 653100)

提 要 近二十年的水质监测资料研究分析表明, 抚仙湖生态系统相当脆弱, 出现了加速富营养化趋势, 浮游藻类数量增加了 2.6 倍, Chl.a 含量增加了 3 倍, 透明度减小了将近一半, 综合营养状态指数呈急剧上升, 揭示了发生富营养化的危险性. 促进因素主要有外来污染增加, 氮、磷等营养盐在湖内迅速积累, 湖泊生态系统过于简单、脆弱等因素. 呼吁加大对抚仙湖污染防治的力度, 防患于未然.

关键词 抚仙湖 富营养化 探讨

分类号 P343.3

抚仙湖位于滇中地区, 面积 212km², 最大水深 155m, 水资源蕴藏量 184×10⁸m³, 属于典型的高原深水湖泊. 1980 年前后中国科学院南京地理研究所^[1]曾对抚仙湖进行了比较全面的调查研究, 当时水质为 I 类水, 平均透明度在 8m 左右, 最高透明度达到 12m. 此后云南省玉溪市环境监测站对抚仙湖水水质作了连续监测, 发现在近 10 年内湖水透明度明显降低, 藻类数量显著增高, 出现了富营养化加速发展趋势. 本文主要针对这一问题, 利用多年来的水质和藻类监测资料, 并参考有关污染源资料, 就抚仙湖富营养化问题及其成因进行初步分析, 为开展富营养化防治和进一步研究提供基础资料.

1 研究分析方法

1.1 资料收集

本文所采用的抚仙湖水水质资料主要来自云南省玉溪市环境监测站 1980-2000 年监测数据, 其中 Chl.a 指标自 1990 年开始监测. 共设 4 个监测点(图 1), 采样时间为每年 3 月、8 月、11 月, 采样深度为表层 0.5m、深层 30m, 均采用国家地表水标准分析方法进行分析. 抚仙湖年平均水质为 4 个样点 32 次监测资料的算术平均值.

出水河流海口河近三十年的水文资料由海口河水文站提供. 入湖污染负荷量资料采用《抚仙湖流域

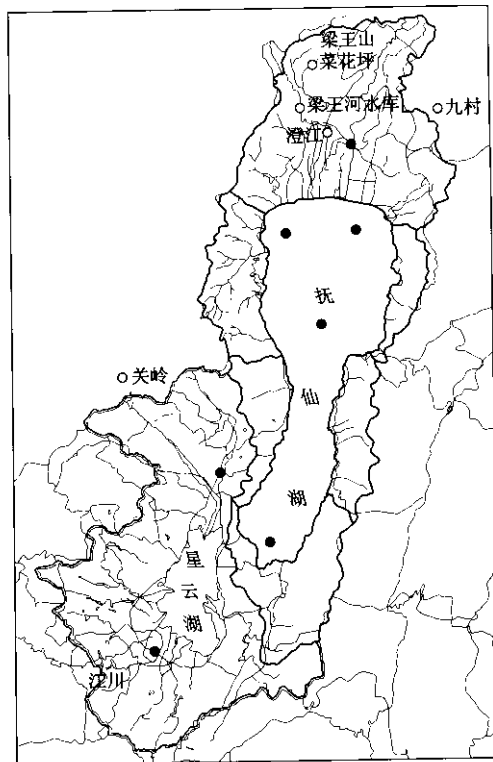


图 1 抚仙湖流域示意图及水质采样点

Fig.1 Sampling locations at Fuxian Lake

* 2003-01-06 收稿; 2003-04-28 收修改稿. 李荫玺, 女, 1956 年生, 高级工程师, email: lyj318@163.net

环境规划》调查资料。1980年浮游植物资料采用中科院南京地理与湖泊研究所调查资料^[1]。

1.2 富营养化评价方法

根据中国环境监测总站的要求,采用综合营养状态指数法对抚仙湖富营养化程度进行评价。

2 结果与讨论

2.1 水质演变趋势

依据抚仙湖历年水质监测资料分析评价结果,抚仙湖水质目前总体仍保持 I 类(GB3838-2002),但水质呈缓慢下降趋势,比较明显的是透明度(SD)的下降和浮游藻类数量、Chl.a 的增高,其次是有机污染指标 COD_{mn} 和 BOD₅ 的持续上升(表 1、表 2)。

表 1 抚仙湖水质演变趋势

Tab.1 Water quality changes of Fuxian Lake

年份	COD _{mn} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	TN(mg/L)	TP(mg/L)	SD(m)	Chl.a(mg/m ³)	SS(mg/L)
1980	0.67	0.58	0.11	0.006	7.90	0.16	3.8
1990	0.81	0.65	0.15	0.010	7.10	0.18	4
1995	0.95	0.69	0.33	0.010	5.85	0.28	4
1996	1.10	0.65	0.40	0.010	6.11	0.31	4
1997	1.04	0.82	0.24	0.010	4.33	0.37	4
1998	1.02	0.69	0.18	0.020	5.44	0.66	4
1999	1.12	0.43	0.19	0.010	4.95	0.58	4
2000	1.05	0.86	0.18	0.010	4.96	0.85	4

表 2 抚仙湖浮游植物生物量统计

单位: 10⁴ 个/L

Tab.2 The statistic form of the quantity of photoplankton in Fuxian Lake

年 份	1980 ^[1]	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
蓝藻门	5.3	3.6	3.11	3.84	2.6	2.18	4.5	5.4
绿藻门	4.72	8.6	8.89	11.9	15.1	23.4	16.3	16.5
硅藻门	2.72	4.16	2.17	1.61	9.0	7.49	8.2	6.9
金藻门		1.44	2.29	4.27	0.7	1.65	0.5	0.8
甲藻门		0.13	0.98	1.54	0.85	0.94	1.0	2.1
裸藻门		0.07	0.30	0.68	0.2	0.23	0.5	0.8
隐藻门					0.2			
总数	12.77	17.8	17.7	23.8	28.6	35.9	31.0	33.0

1980年抚仙湖浮游生物主要种类有:水华束丝藻(*Aphanieomenon flos-aquac* War.Klehabnii)、丝藻(*Vlothrix* sp.)、角星鼓藻(*Staurastrum* sp.)、广绿小环藻(*Cylotella bodanica*)、飞角甲藻(*Ceratium hirundinella*)、纤维藻(*Ankistrodesmus*)和四足十字藻(*Crucigenia tetrapedia*)。生物量为(1.06-37.8)×10⁴个/L,全湖平均为12.78×10⁴个/L^[1]。至1990年,主要种类是小转板藻(*Maugeotia parvula* Hass)、小环藻(*Cylotella*)、水华束丝藻、分歧锥藻(*Dinobryon divergens*)和飞角甲藻(*Ceratium hirundinella*),生物量小幅上升,平均(12.8-39.4)×10⁴个/L,全湖平均17.8×10⁴个/L。2000年,主要种类为:栅藻(*Scenedesmus*)、小转板藻、小环藻、铜绿微藻藻(*Microcystis aeruginosa*)和水华束丝藻,生物量上升为(19.2-45.1)×10⁴个/L,全湖平均33.0×10⁴个/L。

在过去的20年里,水体中COD_{mn}、BOD₅、TN、TP分别增高了57%、48%、63%、66%;有机营养元素的增加为藻类的繁殖提供了物质基础,表层水体中浮游藻类数量增加了2.6倍,其中绿藻门数量增加了3.5倍,硅藻门数量增加了2.5倍;清水性种类金藻门数量减少了1.8倍;Chl.a的含量增加了4.3倍;湖

水透明度从 7.9m 降低到 4-5m, 平均每年下降 0.3m 左右. 由图 2 可以清楚地看出, 浮游藻类数量和 Chl.a 含量的增长伴随着湖水透明度的持续下降, 而另一个影响透明度的因子 SS, 20 年来变化不明显, 因此, 藻类是引起透明度下降的主要原因.

抚仙湖水质演变趋势是: 水体中有机营养元素逐年积累增多; 浮游植物生物量及 Chl.a 在过速增加; 透明度快速下降; 一些清水性种类如黄丝藻 (Heterotrichales)、金藻 (Dinobryon) 在渐渐消失; 一些喜营养型种类如转板藻 (Maugeotia)、栅藻 (Seenedesmus)、小环藻 (Cylotella)、角甲藻 (Ceratium) 数量在上升; 在湖北岸和南岸的浅水区域水华束丝藻、铜绿微藻藻 8-11 月份生物量高达 $(12.6-21.1) \times 10^4$ 个 / L; 这对抚仙湖是一个潜在的威胁.

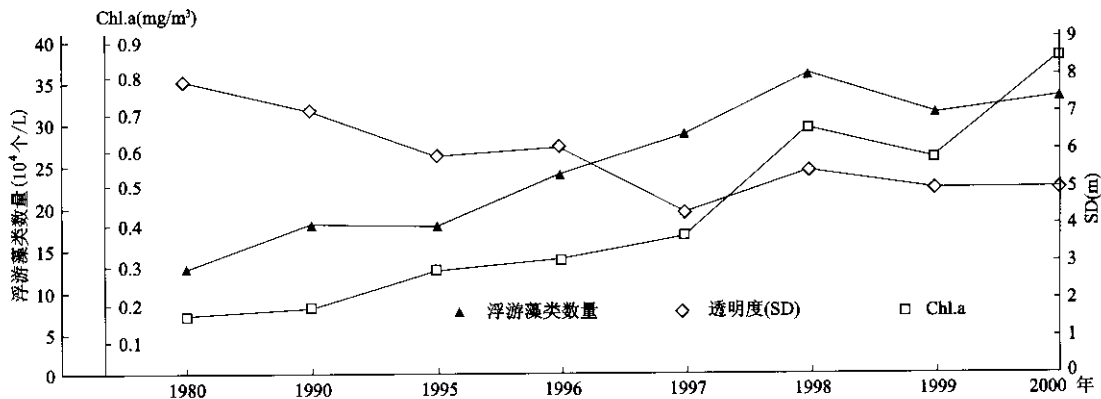


图 2 抚仙湖表层湖水透明度 (SD)、浮游藻类数量和 Chl.a 含量变化 (1980-2000 年)

Fig.2 Water transparency(SD) , phytoplankton density and Chl.a concentrations in Fuxian Lake,1980-2000

2.2 富营养化评价

采用综合营养状态指数法, 对抚仙湖 1980、1990、2000 三年的水质富营养化状态进行评价 (表 3). 评价结果表明, 抚仙湖目前尚处于贫营养状态, 但综合营养状态指数 (TLI) 呈加速上升态势, 在过去 20 年中升高了 1.72 倍, 揭示了抚仙湖富营养化加速发展趋势.

2.3 富营养化成因分析

自 1980 年以来的抚仙湖水质监测数据显示, 湖水中有有机营养元素含量逐年积累增加, 特别是藻类数量、Chl.a 的持续上升揭示了强烈的富营养化趋势, 这说明深水湖泊抚仙湖对污染同样是十分敏感的, 促成富营养化加速发展的主要原因可以归纳为以下几个方面.

(1) 外源污染加剧. 抚仙湖径流区内集中了澄江县、江川县大部分人口和企业, 农业和磷化工业比较发达. 山地开垦和磷矿开采引起森林植被的严重破坏和大量水土流失, 径流区内林地覆盖率仅为 27.1%, 荒山、荒地和坡耕地面积占 55%, 水土流失中度侵蚀面积达 64.9km², 每年流

失入湖的泥沙约 346000t. 加上滨湖平坝区高强度的农作和大量使用化肥农药, 以及居民生活污水和垃圾污染, 径流区每年输入抚仙湖的氮、

表 3 抚仙湖富营养化综合评价

Tab.3 Comprehensive assessment of eutrophic level in Fuxian Lake

指标	Wj	1980 年		1990 年		2000 年	
		测值	TLI	测值	TLI	测值	TLI
SD(m)	0.1834	7.9	11.08	7.1	13.15	4.96	20.11
TN(mg/L)	0.179	0.11	17.14	0.15	22.39	0.18	25.48
TP(mg/L)	0.1879	0.006	11.28	0.0098	19.24	0.010	19.57
COD _{mn} (mg/L)	0.1834	0.67	-9.57	0.81	-4.52	1.05	2.39
Chl.a(mg/m ³)	0.2662	0.16	5.10	0.18	6.38	0.85	23.24
TLI(Σ)		6.82		10.91		18.55	

磷污染负荷分别达到 338.3t 和 43.7t, 这是引起抚仙湖富营养化加速发展的根本原因。

(2) 湖泊区域旅游资源的开发缺乏合理的规划, 沿湖建筑的 87 家宾馆度假村破坏了湖滨生态系统, 加剧了沿岸水质污染, 旅游景点 300m 水域内的 TP 达 0.042-0.088mg/L, TN 达 0.63-1.50mg/L, 是湖心的 4-8 倍, 表明旅游活动对沿岸水质造成一定的影响。

(3) 纳污吐清营养收支严重失衡。抚仙湖容量大, 换水周期长达 167 年^[1], 入湖河流水质均为 IV-V 类, 出湖河流却是 I 类水质, 污染物滞留率特别高。平均每年从径流区入湖的氮、磷负荷量分别为 338.3t 和 43.7t, 随水流和水产品输出的氮、磷量仅有 27.84t/a, TP1.16t/a, 入湖氮、磷的滞留率高达 91.8% 和 97.4%。大量的营养元素逐年积累在湖中, 导致湖泊营养收支严重失衡, 加速了抚仙湖水体富营养化进程。

(4) 生态系统简单、脆弱。抚仙湖是在岩石峡谷中发育而成的断陷湖泊, 90%以上的湖岸为岩石, 十分陡峭, 缺少岸带浅滩, 很少有适合大型水生植物和底栖动物生长的环境条件。据调查^[1], 1980 年抚仙湖大型水生植物分布面积只有 20hm² 左右, 还不到湖面的 0.1%, 并且品种单一, 主要分布在避风的河口冲积扇水域, 分布深度不超过 5m。2000 年 4 月调查发现, 抚仙湖水生植物的分布面积和群落密度不仅没有明显的发展, 而且水生植物表面普遍生长了附着藻类, 生长受到很大的影响, 呈衰退趋势。抚仙湖 90%以上的湖面水深在 10m 以上, 湖底没有光照, 缺乏氧气, 很少有大型生物能够生存。因此, 抚仙湖生态系统结构比较简单, 主要由浮游生物和以浮游生物为食的小型鱼、虾类组成。氮、磷的大量输入为浮游藻类提供了营养, 引起藻类大量增殖; 人工引入的银鱼形成了优势种群, 将浮游动物数量控制在很低水平上, 后者对藻类的捕食控制能力大大降低, 导致藻类数量迅速增长。

3 结论与建议

抚仙湖生态系统结构简单, 相当脆弱, 营养盐容易在湖内积累, 并引起富有藻类的大量增殖和湖水透明度的下降。近 20 年来, 上层水体中有机营养物质含量逐年升高, 浮游藻类数量增加了 2.6 倍, Chl.a 含量增加了 3 倍, 透明减小了将近一半, 综合营养状态指数呈急剧上升态势, 面临着富营养化加速发展的威胁。抚仙湖一旦发生富营养化, 就人类目前的技术水平根本无法治理。因此, 必须加大保护治理抚仙湖的力度, 防患于未然。

参 考 文 献

- 1 中国科学院南京地理与湖泊研究所. 抚仙湖. 北京: 海洋出版社, 1990

Preliminary Studies on Eutrophication in Fuxian Lake

LI Yinxi¹, LIU Hong¹, LU Ya¹ & WANG Ling²

(1: Yuxi Institute of Environmental Science Research; Yuxi 653100, P.R. China;

2: Chemistry and Environmental Science Department of Yuxi Normal College, Yuxi 653100, P.R. China)

Abstract

Fuxian Lake is a deep lake with a capacity of $184 \times 10^8 \text{ m}^3$. Based on the incessant monitoring statistics during 1980-2000, the water quality as well as the eutrophication status was revealed in Fuxian Lake, i.e. the phytoplankton density increased 2.6 times, Chl.a 3 times while SD decreased ~50%. Comprehensive assessment of nutrient status and evolution during the past 20 years indicated that a sharp growth of TSI would bring out a potential possibility and danger of eutrophication which has compelled us to take some efficient, effective measures to protect the lake from further deterioration or invaluable lose both economically and ecologically in the future would be seen.

Keywords: Fuxian Lake, eutrophication