

# 红枫湖百花湖水质及浮游植物的变化

吴沿友<sup>1,2</sup>, 李萍萍<sup>1</sup>, 王宝利<sup>2</sup>, 刘丛强<sup>2</sup>,

何梅<sup>3</sup>, 陈橡<sup>4</sup>

(1. 江苏大学农业装备工程研究院, 江苏 镇江 212013; 2. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002; 3. 贵州科学院植物园, 贵州 贵阳 550001; 4. 贵州师范大学生物科学技术系, 贵州 贵阳 550001)

**摘要:**对红枫湖、百花湖进行综合治理前后的水环境质量进行了调查, 对水体的浮游植物的种类组成、季节变化、种群数量以及总氮、总磷、COD、硝态氮、亚硝态氮等指标的变化进行了考察和分析。结果表明, “两湖”治理后, 水体的 K、Na、Ca、Mg、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 等化学成分含量没有明显的质的变化, 总氮、总磷、COD、硝态氮等指标以及浮游植物的种类组成、季节变化、种群数量发生着较大的变化。治理后总氮、总磷、COD、硝态氮、亚硝态氮等含量显著减小, 浮游植物的种类增加较大, 红枫湖的种类数是治理前的 1.72 倍, 百花湖的种类数是治理前的 1.68 倍, 藻类密度也大幅度地减少。治理后未发现“黑湖”和“水华”现象, 说明通过对红枫湖和百花湖的综合治理, 改善了水质, 继续加大对湖泊的综合治理力度, 将有可能使湖泊水体远离富营养化。

**关键词:**红枫湖; 百花湖; 水环境质量; 富营养化

中图分类号: X524 文献标识码: A 文章编号: 1672-2043(2004)04-0745-03

## Changes of the Water Quality and Phytoplankton in Hongfeng and Baihua Lake

WU Yan-you<sup>1,2</sup>, LI Ping-ping<sup>1</sup>, WANG Bao-li<sup>2</sup>, LIU Cong-qiang<sup>2</sup>, HE Mei<sup>3</sup>, CHEN Chuan<sup>4</sup>

(1. The Research Institute of the Agricultural Equipment Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China; 2. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 3. Guizhou Botanical Garden, Guizhou Academy of Sciences, Guiyang 550001, China; 4. Department of Biological Science and Biotechnology, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

**Abstract:** The water quality and phytoplankton of Hongfeng and Baihua Lake were investigated before and after comprehensive treatment. Changes of water quality index such as phytoplankton species makes - up, seasonal variation, population quantity and total nitrogen, total phosphorus, COD, nitrate nitrogen, nitrite nitrogen were analyzed. After comprehensive treatment on Hongfeng and Baihua Lake, the contents of chemical composition, such as K, Na, Ca, Mg, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> in Hongfeng and Baihua Lake, had no obvious changes in water bodies, while the contents of total nitrogen, total phosphorus, COD, nitrate nitrogen and phytoplankton species makes - up, seasonal variation, population quantities largely changed. After treatment, the contents of total nitrogen, total phosphorus, COD and nitrate nitrogen reduced significantly, while phytoplankton species increased greatly, being 1.72 times and 1.68 times of those before treatment in Hongfeng Lake and Baihua Lake, respectively. Alga density also reduced largely. “Black lake” and “water bloom” phenomena were not observed after comprehensive treatment, which indicated that the water quality was improved through comprehensive treatment on Hongfeng and Baihua Lake and further comprehensive treatment might make lake water body far away from eutrophication.

**Keywords:** Hongfeng Lake; Baihua Lake; environmental quality of water; eutrophication

收稿日期: 2003-12-10

基金项目: 国家自然科学基金(40273038); 中国科学院知识创新项目(KZCX2-105)

作者简介: 吴沿友(1966—), 男, 博士, 教授, 主要从事生物环境、地球化学方面的教学与科研工作。E-mail: yanyouwu@uys.edu.cn

富营养化是水环境的最普遍性的问题。据1996年全国调查统计表明,调查的91个湖泊(水库)中至少有23个已处于中富营养化状态,其中20个已处于富营养化状态,其水量占湖泊(水库)总供水量的25.4%。对重点城市的39个水源地水质监测结果表明:1989—1996年间,饮用水源地的水质呈恶化趋势。以高锰酸盐指数为例,1989年仅1个水源地水环境质量指标达不到Ⅱ类标准,而1996年就上升到14个,其中6个水源地的水质已达不到Ⅲ类标准<sup>[1]</sup>,目前,这种趋势还在继续。

红枫湖、百花湖地处贵州中部乌江主要支流猫跳河的上游。红枫湖蓄水面积57.2 km<sup>2</sup>,库容6.01亿 m<sup>3</sup>,流域面积1551 km<sup>2</sup>,为目前贵州高原最大的喀斯特人工湖泊。百花湖蓄水面积14.5 km<sup>2</sup>,库容1.82亿 m<sup>3</sup>,为黔中地区仅次于红枫湖、乌江水库的第三大喀斯特人工水库。红枫湖、百花湖担负着饮用水、发电、农灌、养殖、防洪、调节气候、改善生态环境等多种功能,是贵阳市、清镇市和周边人民最重要的生活饮用水及工农业用水水源,这2个湖泊(以下简称“两湖”)已受到了严重的污染,严重影响了库区周边工农业生产和人民生活。

对“两湖”的治理自1996年以来力度逐年加大,尤其是1999年实施了以削减氮、磷入湖排放量为目的的“两湖”综合治理一期工程后,“两湖”水环境质量有了质的变化。本文报道“两湖”综合治理一期工程对于水体的浮游植物的种类组成、季节变化、种群数量以

及总氮、总磷、COD、硝态氮、亚硝态氮等指标的影响。

## 1 “两湖”综合治理一期工程简介

综合治理前,“两湖”周围有贵州有机化工总厂、贵州化肥厂、清镇纺织厂和清镇生活污水等几大污染源<sup>[2]</sup>。贵州有机化工总厂污水量为10万 t·d<sup>-1</sup>,主要是有机污染物,COD为854 mg·L<sup>-1</sup>,污水直接排入到红枫湖和百花湖。贵州化肥厂污水排入红枫湖北湖,主要污染物为NH<sub>4</sub>-N,污水量为10万 t·d<sup>-1</sup>。1996年至1997年年排NH<sub>4</sub>-N约为1400 t。清镇纺织厂印染污水排入百花湖,主要污染物为总磷0.44 mg·L<sup>-1</sup>,COD为548 mg·L<sup>-1</sup>,总磷来自洗涤剂,污水量大约为5000 t·d<sup>-1</sup>。清镇市排污系统不健全,生活污水从四面八方流出,最后排入红枫湖和百花湖,污水中总磷为3.6 mg·L<sup>-1</sup>,总氮为26 mg·L<sup>-1</sup>,污水量约1万 t·d<sup>-1</sup>。

1997年,贵州省政府和贵阳市政府决定对“两湖”进行综合治理,关、停、并、转、改、治相结合,使贵州有机化工总厂、贵州化肥厂、清镇纺织厂等都实行达标排放,消减总磷46.35~67.5 t·a<sup>-1</sup>,总氮90 t·a<sup>-1</sup>,从而使“两湖”水质明显改善。

## 2 “两湖”综合治理一期工程的效果

### 2.1 水化学成分的变化

收集和测定了治理前后的水化学成分数据(各个数值为平均值  $n > 10$ ),进行统计分析,结果见表1。

表1 “两湖”治理前后的水化学成分浓度变化(mg·L<sup>-1</sup>)

Table 1 Changes of chemical composition concentrations of Water in Hongfeng and Baihua Lake before and after treatment(mg·L<sup>-1</sup>)

湖泊	年份	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca	Mg	K	Na
红枫湖	1996年前	143.70 ± 74.38	46.10 ± 34.48	55.60 ± 38.34	8.16 ± 2.12	1.66 ± 0.02	1.73 ± 0.02
	2001—2002	140.30 ± 87.65	65.43 ± 38.52	57.24 ± 44.02	11.12 ± 2.43	2.90 ± 0.03	1.86 ± 0.02
百花湖	1996年前	139.30 ± 78.56	97.30 ± 16.37	48.24 ± 27.56	12.79 ± 0.87	0.64 ± 0.04	4.42 ± 0.06
	2001—2002	73.69 ± 65.43	73.72 ± 12.37	60.51 ± 32.46	10.18 ± 0.84	2.78 ± 0.04	2.55 ± 0.05

从表1中可以看出,虽然K浓度变化较大,但都不会使水质发生质的变化(地表水环境质量标准GHZB1-1999)。

### 2.2 水体污染物浓度变化

收集和测定了治理前后的水体几种污染物浓度数据(各个数值为平均值  $n > 10$ ),进行统计分析,结果见表2。

“两湖”治理前后,污染物浓度都有不同程度的降低,降低的幅度由大至小为COD<sub>Mn</sub> > F > TN > NO<sub>3</sub>-N > TP, COD<sub>Mn</sub>由水质V类值达到Ⅱ类值, TN降低幅

度较大,但其值仍落在重富营养化的范围内<sup>[3]</sup>, TP在富营养化的临界水平。

### 2.3 水体浮游植物的变化

“两湖”治理前后,浮游植物发生2个方面的变化。一是个体密度大幅度下降,治理后红枫湖的细胞密度在春夏秋冬四季分别为治理前的1.91%、0.59%、1.03%和0.84%;百花湖的细胞密度在春夏秋冬四季分别为治理前的1.28%、2.63%、1.84%和2.65%。百花湖的细胞密度已基本上在富营养水平以下( $< 1.0 \times 10^6$ ),见表3。二是浮游植物的组成结构发

生变化。实施“两湖”治理后,红枫湖的种类数是治理前 1.72 倍(平均),百花湖的种类数是治理前 1.68 倍(平均),见表 4。

### 3 结论的评价与对策

“两湖”综合治理后未发现“黑湖”和“水华”现象,

表 2 “两湖”治理前后的水体几种污染物浓度变化( $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )

Table 2 Changes of concentrations of several kinds of pollutants in water body before and after fathering on Hongfeng and Baihua Lake ( $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )

湖泊	年份	TP	TN	$\text{NO}_3 - \text{N}$	F	$\text{COD}_{\text{Mn}}$	DO
红枫湖	1996 年前	$0.031 \pm 0.021$	$4.70 \pm 0.94$	$1.72 \pm 1.32$	$0.76 \pm 0.32$	$24.00 \pm 15.37$	$4.6 \pm 3.00$
	2001—2002	$0.022 \pm 0.014$	$2.79 \pm 0.67$	$1.01 \pm 1.43$	$0.29 \pm 0.14$	$3.49 \pm 1.47$	$6.9 \pm 5.12$
百花湖	1996 年前	$0.028 \pm 0.013$	$4.20 \pm 0.98$	$2.20 \pm 2.42$	$0.76 \pm 0.41$	$23.00 \pm 13.32$	$5.7 \pm 3.15$
	2001—2002	$0.024 \pm 0.012$	$2.87 \pm 0.82$	$1.23 \pm 1.32$	$0.14 \pm 0.08$	$2.49 \pm 1.33$	$6.3 \pm 4.02$
富营养型水质标准		<0.02	<1.20			<8	>4

表 3 “两湖”治理前后浮游植物密度的季节变化

Table 3 Density variation of the phytoplankton before and after fathering on Hongfeng and Baihua Lake

湖泊	年份	春		夏		秋		冬	
		密度/cells · L <sup>-1</sup>	百分比/%						
红枫湖	1995—1996 <sup>[4]</sup>	$8.1 \times 10^7$	100	$21.8 \times 10^7$	100	$15.8 \times 10^7$	100	$4.9 \times 10^7$	100
	2001—2002	$15.5 \times 10^5$	1.91	$12.8 \times 10^5$	0.59	$16.3 \times 10^5$	1.03	$4.1 \times 10^5$	0.84
百花湖	1996—1997 <sup>[5]</sup>	$4.7 \times 10^7$	100	$3.2 \times 10^7$	100	$6.3 \times 10^7$	100	$1.7 \times 10^7$	100
	2001—2002	$6.0 \times 10^5$	1.28	$8.4 \times 10^5$	2.63	$11.6 \times 10^5$	1.84	$4.5 \times 10^5$	2.65

表 4 “两湖”治理前后浮游植物组成的季节变化

Table 4 Seasonal variation of the phytoplankton makes - up before and after fathering on Hongfeng and Baihua Lake

湖泊	年份	春		夏		秋		冬	
		种类	百分比/%	种类	百分比/%	种类	百分比/%	种类	百分比/%
红枫湖	1995—1996 <sup>[4]</sup>	20	100	24	100	37	100	23	100
	2001—2002	41	205	45	188	44	119	41	178
百花湖	1996—1997 <sup>[5]</sup>	19	100	30	100	22	100	20	100
	2001—2002	22	116	40	133	46	210	41	205

常规水质化学成分没有质的变化,一些污染物浓度下降达到 I 至 II 类水质标准,藻的种类有较大的增加,藻类密度下降到中营养水平,TN 也有大幅度的降低,说明一期工程效果极为显著。但是 TN、TP 仍然处于富营养化水平,这与大量的化肥、农药以及生活污水等面源污染有关。为此,要进一步加大治理力度,做好以下工作。建立和完善湖泊水环境保护管理体系,建立和完善区域性水环境保护法规;开展宣传,提高公众对湖泊资源环境价值的认识;削减内外污染源,推行科学施肥及合理灌溉技术;制定有关洗涤剂限磷、禁磷的法规,推广使用无磷或低磷洗衣粉,制定行之有效的限磷、禁磷措施,减少总磷负荷,防止水质的反弹;采用生态工程,增大水体自净能力,美化水体景观,在入湖口或排污口以及湖泊岸边附近水域建设人工湿地,种植高等水生植物,如芦苇、香蒲、芦竹、马蹄莲、野芋、莲、菱角、睡莲、金鱼藻、眼子菜、菹草等(为

防止外来物种入侵,禁用空心莲子草、互花米草、凤眼莲等),或养殖其他水生生物以吸收水体中的 N、P,使两湖真正成为名副其实的高原明珠。

#### 参考文献:

- [1] 韩梅,郑丙辉,李子成. 主要城市饮用水水源地水质状况评价与对策建议[J]. 环境科学研究,2000,(5): 31-34.
- [2] 梁小洁,张明时,王爱民,等. 红枫湖、百花湖水源、污染源主要营养元素及污染物调查[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),1999,(2): 37-39,17.
- [3] 胡玲珍,陈振楼,刘杰. 长江三角洲湖泊富营养化演变趋势及其调控对策[J]. 重庆环境科学,2003,(3): 6-10,25.
- [4] 陈椽,胡晓红,刘美珊,等. 红枫湖浮游植物分布(1995—1996)与水质污染评价初步研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),1998,(2): 5-10,16.
- [5] 胡晓红,陈椽,李银燕,等. 以浮游植物评价百花湖水质污染及富营养化[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),1999,(4): 1-7,17.