

# 长江中下游地区若干湖泊水质的多元分析与比较

刘瑞秋 张水元

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

**摘要:** 1996年11月—1998年11月, 对鄱阳湖等长江中下游若干浅水湖泊进行了水化学分析, 并进行了主要水质指标(包括透明度、pH值、总氮、总磷、氨氮和硝酸盐等)的季节变动规律, 并对这些指标进行了方差分析。结果表明: 不同利用方式的水体间除硬度、碱度和T-N在几个湖区间的差异较小外, 其它各项指标的差异均较显著; 季节间除硬度、碱度、Ca、Mg和T-P外, 其余各项指标在季节间的差异均较显著, 说明其季节变动均不稳定。

**关键词:** 浅水湖泊; 长江中下游; 水质; 多元分析; 方差分析

**中图分类号:** X131.2    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3207(2000)05-0439-07

长江是我国第一大河流, 两岸沃野千里, 湖泊星罗棋布。长江中下游流域的浅水湖泊是我国特有的极其宝贵的淡水资源库, 由于这些湖泊位于亚热带北缘, 光、热、雨量充沛, 饵料生物丰富, 具有很高的水体生产力, 历来是我国重要的淡水渔业基地。本研究选择长江中下游渔业利用和旅游利用的代表湖泊, 阐明不同的利用方式湖泊水体的理化特征, 探讨其在生态系统中的作用, 为今后更好地研究长江中下游地区的浅水湖群提供科学依据。

## 1 湖泊的特点和采样点的选择

**1.1 鄱阳湖** 鄱阳湖位于 $115^{\circ}48' - 116^{\circ}45'E$ ,  $28^{\circ}23' - 29^{\circ}45'N$ , 在长江南岸, 庐山东麓, 江西省北部平原上。流域四面环山, 中间丘陵, 南高北低, 四周向湖倾斜。鄱阳湖水系完整, 纳江西省赣江、抚河、信河、饶河、修水来水, 调蓄后经湖口汇入长江, 是一个典型的通江湖泊。鄱阳湖是目前我国最大的淡水湖泊, 鄱阳湖地区素称“鱼米之乡”, 是我国的主要商品粮基地之一。鄱阳湖是一个吞吐型、季节性的浅水淡水湖, 有“高水是湖, 低水是河”, “洪水一片, 枯水一线”的自然地理景观。开发利用和综合治理鄱阳湖已引起各方面的重视<sup>[1]</sup>。根据鄱阳湖的特征在此间分不同的季节设置了14—19个采样点。

**1.2 牛山湖** 牛山湖地处武汉市郊30km处, 龙泉山南麓, 原为梁子湖水系较大的一个湖湾, 1979年筑堤与梁子湖分开(建有节制闸)养殖水面为 $4000\text{hm}^2$ 。湖底高程为13m, 水位比较稳定, 常年水深为2.5—3.5m。最高水位为20.3m(1983年), 最低水位为17.5m

收稿日期: 1999-11-26; 修订日期: 2000-03-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(39670150); 国家“九五”科技攻关专题(96-920-04-12); 中国科学院“九五”重大B课题

作者简介: 刘瑞秋(1963—), 女, 湖北省武汉市人, 主要从事水化学方面的研究。湖泊的形态学资料由中国科学院水生生物研究所吕子和同志提供, 特此感谢

(1985 年)<sup>[2]</sup>。湖中水草密布,透明度较高,是一个典型的草型湖泊。在此间设置了 7—10 个采样点。

**1.3 梁子湖** 梁子湖是距长江南岸不远的洼地湖,是湖北省境内的大型湖泊之一。它东抵磨刀矶(属鄂州市,位于  $114^{\circ}38'8''E$ ),西达肖梅嘴(武昌县,位于  $114^{\circ}26'30''E$ ),南到但家嘴(位于  $30^{\circ}3'54''N$ ),北至南塘口(属鄂州市,位于  $30^{\circ}20'11''N$ )<sup>[3]</sup>。在此湖泊的东西两大湖区中各设置 10 个采样点。

**1.4 东汤孙湖** 东汤孙湖位于长江中游南岸,湖北省武昌县北约 5km 处,距武汉市只有 29km 左右。地理坐标  $114^{\circ}18'-25'E$ ,  $30^{\circ}22'-27'N$ 。汤孙湖由于人为筑堤,现分为东汤孙湖和西汤孙湖两部分,中间有桥涵相通。主要研究东汤孙湖。东汤孙湖的湖水来源于湖区周围的地表径流,出水自西汤孙湖经武太闸注入长江。东汤孙湖属于武汉东湖新技术开发区庙山小区,而庙山小区又作为武汉市新崛起的旅游区和高新技术产业基地。故汤孙湖现为开发利用湖泊及养殖湖泊。在此设 5 个采样点。

**1.5 龙感湖及黄湖** 龙感湖和黄湖均位于长江下游北岸,与南岸的鄱阳湖隔江相望。龙感湖为湖北省和安徽省的界湖,黄湖位于龙感湖之东,中隔大官湖,均有湖水相通。龙感湖的地理坐标为  $115^{\circ}59'-116^{\circ}18'E$ ,  $29^{\circ}51'-30^{\circ}05'N$ , 黄湖位于  $115^{\circ}23'-116^{\circ}32'E$ ,  $29^{\circ}56'-30^{\circ}05'N$ , 两个湖泊的北部为山地丘陵,南部为冲积平原。龙感湖的来水主要有黄梅县的古角河、垅坪河、小溪河,三河在黄梅镇南合流后注入龙感湖,出水经大官湖、黄泊湖注入长江。黄湖的来水主要来自龙感湖、大官湖及湖区的地表径流,出水一是经杨林闸入长江,二是经刘家新沟、泊湖、华阳河闸入长江,三是经泊湖、杨湾闸入长江。二湖水浅底平,淤泥深厚,水生植物繁茂,适宜天然捕捞及人工养殖湖泊。黄湖为人工养殖湖泊,设置了 5 个采样点;龙感湖为天然捕捞湖泊,设置了 6 个采样点。

## 2 结果与讨论

### 2.1 主要理化特性

1) 水深 这几个湖泊均属于浅水湖泊,除梁子湖水深在采集时处于特殊大水时期,未采用外,其余几个湖区的平均值均在 6m 以下。

2) 透明度 有较大的差别,其中透明度最高的为牛山湖,其变动范围在 140—360cm 之间。以上几个水体由于水生植物茂密,水草生长良好,故透明度较高,梁子湖的透明度受季节影响较大,在夏季湖面大部分水域清澈见底,而在冬春季透明度很低,只有 50cm 左右,故梁子湖的透明度除受风浪作用使湖水混浊外,还受水草生长的影响。汤孙湖是一个还在开发的集旅游与养殖为一体的湖泊,受四周的环境污染较小,故透明度也较高。透明度最低的为黄湖,平均值为 37.7cm,其次为鄱阳湖和龙感湖,平均透明度分别为 60.10 和 89.23cm,其中黄湖为人工养殖湖泊,由于湖区面积较小,水体中水生植被较少,加之人工投喂,致使水体的透明度较低,龙感湖透明度季节变化较大,春季透明度较高,秋季透明度较低,鄱阳湖由于湖面积较大,湖水透明度主要受悬移质含沙量的控制,而受浮游生物的影响不大<sup>[4]</sup>,鄱阳湖的透明度受季节影响较大,即春季普遍高于秋季。从以上可以看出,透明度在平面分布上的差异,可以是水生生物的生命运动及气象和渔业开发利用除对湖区干扰影响等因素<sup>[5]</sup>。

表1 长江中下游地区若干水体理化因子的基本统计值

Tab. 1 Variation of physico-chemical factors of shallow lakes in middle and lower reaches of Changjiang River

项 目 Item	鄱阳湖 Poyanghu Lake				牛山湖 Niushanhu Lake				汤孙湖 Tangsunhu Lake			
	平均值 Mean	标准误 SE	极差 Range	变异系数 C. V	平均值 Mean	标准误 SE	极差 Range	变异系数 C. V	平均值 Mean	标准误 SE	极差 Range	变异系数 C. V
水深(m)	5.20	0.49	20	0.676	3.6	0.23	2.6	0.234	2.62	0.11	1.2	0.632
水温(℃)	20.3	0.44	8.5	0.096	6.9	0.94	11	0.272	20.7	0.22	2	0.038
透明度(cm)	60.1	6.97	287	0.778	286.04	12.03	220	0.206	107.50	7.00	90	226
pH	7.35	0.17	1.81	0.063	8.11	0.03	0.78	0.019	7.97	0.02	0.21	0.009
电导率(μS/cm)	140.37	6.79	252	0.530	117.70	1.50	28	0.062	162.58	7.31	66	0.156
总硬度(度)	4.0533	1.3907	7.43	0.529	4.5891	0.1167	1.96	0.124	4.6533	0.1705	1.68	0.127
碱度(以CaCO <sub>3</sub> 计, mg/L)	46.763	4.2904	87.09	0.519	51.073	0.6569	14.04	0.063	52.6758	0.5912	8.01	0.039
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	20.758	2.6283	34.07	0.439	22.185	0.6642	12.82	0.147	21.7108	0.9813	10.02	0.157
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	5.280	2.4596	19.45	0.812	5.4271	0.2456	4.86	0.222	6.9917	0.2176	2.43	0.108
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - - N	0.0340	0.1003	0.1217	1.000	0.0048	0.0012	0.015	1.200	0.0017	0.0004	0.0045	0.500
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - - N	0.4138	0.3983	0.647	0.326	0.0812	0.0058	0.093	0.346	0.2617	0.4711	0.404	0.622
NO <sub>4</sub> <sup>+</sup> - - N	0.3668	0.2372	0.926	0.652	0.1051	0.0088	0.213	0.410	0.2402	0.0322	0.345	0.463
T - - N	0.9841	0.2515	1.192	0.300	0.7982	0.0521	0.969	0.320	0.9344	0.1236	1.055	0.458
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - - P	0.0287	0.0937	0.095	0.724	0.0064	0.0008	0.018	0.667	0.0237	0.0029	0.03	0.417
T - - P	0.1061	0.2918	0.399	0.736	0.0339	0.0040	0.08	0.588	0.0683	0.0084	0.094	0.426
SiO <sub>2</sub>	5.3617	0.3183	4.225	0.135	0.8365	0.0694	1.001	0.166	1.085	0.929	0.929	0.242

续表

项 目 Item	梁子湖 Liangzhu Lake				黄湖 Huanghu Lake				龙感湖 Longganhу Lake			
	平均值 Mean	标准误 SE	极差 Range	变异系数 C. V	平均值 Mean	标准误 SE	极差 Range	变异系数 C. V	平均值 Mean	标准误 SE	极差 Range	变异系数 C. V
水深(m)					2.52	0.27	2	0.335	2.56	0.19	2	0.271
水温(℃)	15.74	0.09	1.2	0.025	23.13	1.44	10	0.196	23.8	1.15	8.8	0.174
透明度(cm)	111.84	9.18	135	0.367	37.7	3.63	25	0.304	89.23	12.03	125	0.486
pH	8.24	0.02	0.25	0.009	8.24	0.05	0.34	0.017	8.09	0.03	0.34	0.012
电导率(μS/cm)	114.3	4.40	50	0.172	224.6	17.32	127	0.244	152.69	6.33	90	0.150
总硬度(毫克度)	4.679	0.2080	2.35	0.199	6.394	0.4160	3.36	0.206	4.3815	0.2667	2.95	0.219
碱度(以 $\text{CaCO}_3$ 计, mg/L)	48.55	2.2414	25.03	0.206	72.724	2.1178	21.03	0.092	51.3608	3.3628	39.55	0.236
$\text{Ca}^{2+}$ (mg/L)	27.975	1.6826	23.04	0.269	32.668	2.1755	16.03	0.211	21.8308	1.4422	19.04	0.238
$\text{Mg}^{2+}$ (mg/L)	4.5965	0.2778	5.63	0.270	7.903	0.7139	7.3	0.286	5.7492	0.3993	4.26	0.250
$\text{NO}_2^-$ -- N	0.0036	0.0003	0.005	0.250	0.021	0.0026	0.022	0.381	0.0235	0.0065	0.0864	1.00
$\text{NO}_3^-$ -- N	0.1007	0.0044	0.088	0.197	0.3673	0.0579	0.487	0.499	0.28	0.0278	0.345	0.357
$\text{NH}_4^+$ -- N	0.0442	0.0039	0.062	0.386	0.3427	0.0347	0.344	0.321	0.2438	0.0337	0.4	0.496
T--N	1.003	0.0125	0.22	0.056	1.1416	0.0790	0.874	0.219	1.1183	0.0624	0.74	0.201
$\text{PO}_4^{3-}$ -- P	0.0017	0.0006	0.008	1.00	0.0243	0.0036	0.035	0.458	0.0135	0.0025	0.026	0.692
T--P	0.0393	0.0012	0.019	0.128	0.0602	0.0155	0.151	0.817	0.0769	0.0085	0.095	0.403
$\text{SiO}_2$	1.4595	0.2557	3.13	0.784	3.2711	0.1801	2.105	0.174	2.9519	0.500	3.028	0.305

3) 水温 这些湖均属于亚热带温暖湿润气候。湖区气候温暖,降水较多,光照充足,无霜期长。据1996—1998年几次调查的实测数据来看,鄱阳湖春季水温普遍高于20℃,而秋季水温在19—20.1℃之间。而牛山湖和汤孙湖除冬季外,水温均高于20℃,黄湖与龙感湖水温春秋季均在20℃左右。

4) pH值 几个湖区的pH值没有较大的差别,除鄱阳湖1997年秋季pH值较低,在6.44—7.06范围,其它几个湖区春秋季的pH值均在7.50—8.50之间,属中性水。平面分布和季节分布上均没有明显的差异。

5) 电导率 黄湖的电导率普遍高于其它几个湖泊,为224.6 $\mu$ S/cm,其它湖泊电导率的平均值均小于200 $\mu$ S/cm。平面分布上除鄱阳湖的差别较明显外,其余几个湖泊的平面分布均较小。季节间有较大的差别,其原因主要与个湖区年降水量分布不均有较密切的关系。

6) 总碱度 各湖区总碱度(以CaCO<sub>3</sub>计)的变动有较大的差别,鄱阳湖平面之间的差别较明显,其变幅为20.02—107.11mg/L。而其它湖区平面分布上差异不明显,如牛山湖在45.04—60.06mg/L之间,汤孙湖在48.05—56.06mg/L之间,黄湖和龙感湖分别在64.06—85.09mg/L和30.03—69.58mg/L之间变动,而梁子湖在40.04—60.07mg/L,在季节分布上几个湖区内均没有较明显的差别。

7) 硬度 黄湖硬度含量最高,平均值为6.39德国度,其变动范围在4.77—8.13德国度。几个湖区的水质均属软水,且平面分布上除鄱阳湖有较大的差别外,余者均无明显的差异。

8) 主要生物营养元素的含量 氮化合物:除亚硝酸盐含量较低外,其它氮化合物的含量均较高。由于几个湖区的湖泊类型不同,故在平面分布上有较大的差别。磷化合物:水体中磷元素的含量鄱阳湖为最高,总磷的变幅为0.029—0.424,平均值为0.106mg/L,而最低的为牛山在0.02—0.065mg/L之间变动。整个调查水体磷含量均不高。SiO<sub>2</sub>:几个水体SiO<sub>2</sub>的含量有较大的差别,其中鄱阳湖含量最高平均值为5.362mg/L,其次为黄湖和龙感湖平均值为3.271mg/L和2.952mg/L,最低的为牛山湖,平均值为0.837mg/L,其次为汤孙湖和梁子湖,平均值为1.085mg/L和1.460mg/L。

## 2.2 方差分析

为了进一步分析和比较6个水体的水质因子动态,对其主要理化因子进行两个因素方差分析,结果见表2。

**水体间:**除硬度、碱度和T—N在几个湖区的差异较小外,其它各项指标的差异都很显著。主要原因是这些湖泊所被利用的方式不同而造成的。如透明度,是因为牛山湖为草型湖泊,长年水草茂盛,龙感湖和梁子湖虽有水草,但不够茂密,黄湖和汤孙湖水草濒于绝迹,鄱阳湖为河道型湖泊,泥砂含量高,水体浑浊,因此透明度的变化趋势是草型湖泊较高,而草型向藻型过渡的水体较低,河道型湖泊最低。造成方差分析上的显著差别。同样,其它各项在不同湖泊的差异,是由于不同湖泊水生高等植物的不同,和初级生产力的差异,加之各湖泊的鱼类放养和鱼产量的不同,而引起个湖泊水质的差异。但T—N差异不大,原因可能是几个湖泊的氮化合物的变动趋势较为一致。

**季节间:**除硬度、碱度、Ca、Mg、T—P、水深外,其余各项的指标在季节间的差异均较

显著,说明它们季节变动均不稳定。鄱阳湖各样点水质指标的方差分析见表 3。

表 2 长江中下游地区若干湖泊的方差分析

Tab. 2 Analysis of variance for physicochemical indices of Shallow Lakes  
in middle and lower reaches of Changjiang River

方差来源		F 值	显著水平	方差来源		F 值	显著水平
Source of variance				Source	F 值	显著水平	Significant level
水深	水体	6.664	0.0001	Ca	水体	4.600	0.0000
Depth	季节	1.781	0.1757		季节	0.049	0.9525
水温	水体	21.820	0.0000	Mg	水体	2.367	0.0454
WT	季节	68.072	0.0000		季节	0.604	0.5489
透明度	水体	97.733	0.0000	PO <sub>4</sub> - P	水体	14.102	0.0000
SD	季节	6.652	0.0019		季节	8.751	0.0003
PH	水体	44.478	0.0000	T - P	水体	10.266	0.0000
	季节	43.901	0.0000		季节	1.099	0.3369
电导率	水体	9.166	0.0000	NO <sub>2</sub> - N	水体	10.385	0.0000
Cond.	季节	3.317	0.0401		季节	20.381	0.0000
硬度	水体	1.915	0.0980	NO <sub>3</sub> - N	水体	50.084	0.0000
HD	季节	0.407	0.6666		季节	6.166	0.0029
碱度	水体	2.965	0.0153	NH <sub>4</sub> - N	水体	21.283	0.0000
Alk.	季节	0.821	0.4427		季节	20.703	0.0000
SiO <sub>2</sub>	水体	123.617	0.0000	T - N	水体	4.419	0.0011
	季节	3.018	0.0532		季节	35.758	0.0000

表 3 鄱阳湖主要水质指标的方差分析

Tab. 3 Variance analysis of main physico-chemical indices of water of Poyang Lake

方差来源		F 值	显著水平	方差来源		F 值	显著水平
Source				Source	F 值	显著水平	Significant level
水深	样点	1.929	0.0576	Ca	样点	42.973	0.0000
Depth	季节	3.236	0.0544		季节	14.689	0.0000
水温	样点	0.132	1.0000	Mg	样点	8.578	0.0000
WT	季节	19.314	0.0000		季节	0.943	0.4008
透明度	样点	2.507	0.0126	PO <sub>4</sub> - P	样点	0.485	0.9450
SD	季节	33.194	0.0000		季节	13.895	0.0001
PH	样点	2.082	0.0367	T - P	样点	1.217	0.3089
	季节	23.0404	0.0000		季节	3.056	0.0620
电导率	样点	27.002	0.0000	NO <sub>2</sub> - N	样点	1.175	0.3385
Cond.	季节	16.807	0.0000		季节	19.485	0.0000
硬度	样点	10.581	0.0000	NO <sub>3</sub> - N	样点	8.611	0.0000
HD	季节	1.870	0.1716		季节	9.178	0.0008
碱度	样点	34.301	0.0000	NH <sub>4</sub> - N	样点	1.386	0.2089
Alk.	季节	3.579	0.0408		季节	28.906	0.0000
SiO <sub>2</sub>	样点	1.766	0.0819	T - N	样点	3.196	0.0024
	季节	13.824	0.0001		季节	26.191	0.0000

**样点间:**各样点间水深、水温、透明度、pH、SiO<sub>2</sub>、PO<sub>4</sub> - P、NO<sub>2</sub> - N、NH<sub>4</sub> - N 的方差分析不显著,主要原因可能是水体内氮的内负荷较大,即使经生物大量利用仍可保持其相对

稳定性<sup>[6]</sup>。其它各项差异较为显著,说明鄱阳湖由于是河道型湖泊,水体的流速大,交换率高,因此湖泊中各样点间的水质状态差异较大。

**季节间:**鄱阳湖各样点间在季节间的差异除水深、硬度、Mg、T-P 较为稳定外,其余各项水质因子均有较大的差别。这与长江中下游湖泊保安湖的所得结果相同<sup>[5]</sup>,表明长江中下游湖泊中各样点间的理化因子受季节影响较大。

综上所述,各湖泊的利用方式不同,以及湖泊的类型不同,造成了长江中下游湖泊之间的差异。如安徽的黄湖由于过度养殖,已引起水生态系统发生较大变化,导致湖泊透明度低,水体呈富营养化趋势。如何控制好不同利用方式对水体产生的影响,做到既很好地利用水体资源,又不破坏水生态系统,有待于进一步探讨。

#### 参考文献:

- [1] 尹宗贤,张俊才.鄱阳湖水文特征[J].海洋与湖沼,1987,18(1):23—27
- [2] 刘文郁,刘伙泉,等.武汉市牛山湖水生植物的分布及生物量合理利用的初步研究[A].长江流域资源,生态,环境与经济开发研究论文集[C].北京:科学出版社,1991
- [3] 王祖熊.梁子湖湖沼水资料[J].水生生物学集刊,1959,(3):352—368
- [4] 金相灿等.中国湖泊环境(第二册)[M].北京:海洋出版社,1995,29—72
- [5] 刘瑞秋.不同水体开发程度的若干水体的水化学特征[J].水生生物学报,1996,20(增刊):114—119
- [6] 黎道丰等.黄淮海平原封丘试验区水体理化性状的多元分析[J].水生生物学报,1992,16(3):251—259

## MULTIVARIABLE ANALYZING AND COMPARING OF WATER QUALITY OF SHALLOW LAKES IN MIDDLE AND LOWER REACHES OF CHANGJIANG RIVER

LIU Rui-qiu and ZHANG Shui-yuan

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

**Abstract:** Aquatic – chemistry of the lakes including Poyang Lake, Niushanhu Lake, Liangzihu Lake, East Tangsunhu Lake, Longganhu Lake and Huanghu Lake were analyzed from Nov. , 1996 to Nov. , 1998. On the bases of water quality monitoring, the seasonal dynamics of main water quality indices (such as transparency, pH, total – nitrogen, total – phosphorus, ammonia nitrogen and nitrate – nitrogen, etc. ) and variance analysis of those indices were determined out. The results showed that the difference of the some indices among several lakes with different exploitation models was quite significant except hardness, alkalinity and T – P. The differences of some indices among seasons were also quite significant except hardness, alkalinity, Ca, Mg and T – P. It is implied that the seasonal dynamics at these lakes were quite unstable.

**Key words:** Shallow lake; Middle and lower reaches of the Changjiang River; Water quality; Multivariate analysis; Variance analysis