

## 三湖连江水库水化学特征

张水元 刘瑞秋

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

**摘要:** 总结了1987年4月至1989年10月三湖连江水库水化学特征, 季节变化及其年际变动, 结果表明: 该水库水质清澈, 透明度平均为313cm, pH值平均为7.8, 水呈中性, 溶解氧丰富平均为8.81mg/L; 矿化度平均为121.82mg/L, 水型属重碳酸盐类, 钙组Ⅱ型水( $C_{II}^{Ca}$ ); 水中主要营养元素氮含量高, 总氮平均为1.38mg/L, 磷含量低, 总磷平均为0.022mg/L, 氮和磷比为62.7:1, 表明磷是水体生物生产力的主要限制性营养元素。多数理化组分周年中出现明显的季节变化, 和在平面分布上差异显著, 多数理化组分年际变化不明显。

**关键词:** 三湖连江水库; 水化学; 理化特征; 变化

**中图分类号:** S912    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3207(2000)05-0521-09

三湖连江水库位于江汉平原长江中游南岸湖北省嘉鱼县境内(东经 $115^{\circ}54'$ , 北纬 $29^{\circ}57'$ )。全湖由北门湖、迷野湖和白湖三个库区连成。在北门湖设置通江闸门, 以调节水位, 形成一座典型的湖泊型水库。水库流域面积 $30.64\text{ km}^2$ , 现有库区养殖水面为 $1000\text{ hm}^2$ , 其中北门湖为 $133.3\text{ hm}^2$ , 迷野湖为 $200\text{ hm}^2$ , 白湖为 $666.7\text{ hm}^2$ 。库水的补给主要靠汛期从长江灌入, 其次是流域内地表径流, 并有少量城镇生活污水和工业废水流入。

三湖连江水库库区属亚热带湿润季风气候, 雨量充沛, 气候温和。四周大部分为山丘和农田。该库主要以农业灌溉为主, 其次是水上交通, 养鱼及供应城镇工业用水和生活用水等多功能水库。对三湖连江水库水质的理化特征的研究, 为三湖连江水库养殖高产技术和渔业开发利用提供了重要的科学依据和基础资料。

### 1 研究方法

三湖连江水库是由三个库区连成的一个通江湖泊型水库。根据水库的形态学特性, 在每个库区中心设一个采样站, 即白湖库区为Ⅰ站, 迷野湖库区为Ⅱ站, 北门湖库区为Ⅲ站(图1)。从1987年4月至1989年10月按季度(春、夏、秋、冬即4、7、10、1月)对各站进行季度采样测定分析。水样的采集以表层(水面下0.5m)和底层(离底0.5m)混合样。分析测定水质的主要理化特性, 水中主要离子和主要生物营养元素含量。水质的某些理化性状如水温、透明度和pH值均现场测定。溶解氧固定后带回实验室分析。各项目水质分析方法均按标准分析法<sup>[1,4]</sup>。比色仪器采用国产721分光光度计。

收稿日期: 1999-08-02; 修订日期: 2000-03-14

作者简介: 张水元(1939—), 男, 福建泉州人, 高级工程师, 主要从事淡水生态、渔业生态和淡水养殖水化学研究工作

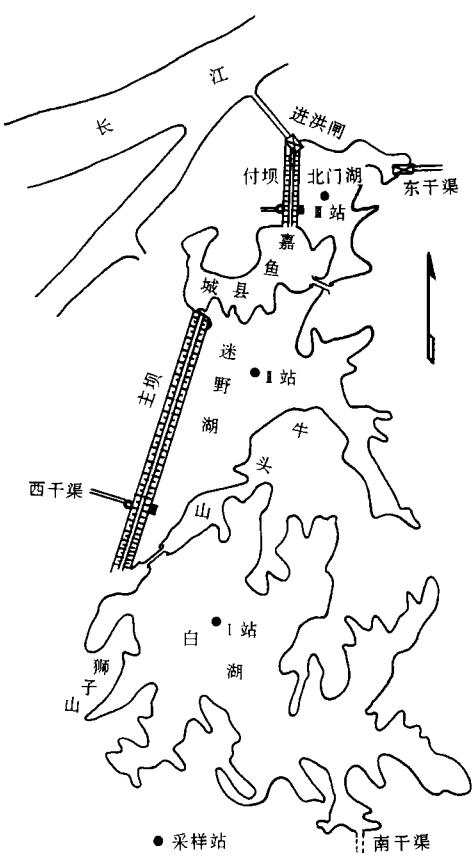


图 1 三湖连江水库采样站分布图

Fig. 1 Distribution of sampling stations  
in Sanhulanjiang Reservoir

动中,冬季透明度最高,全库区平均401cm,秋季较低平均为260cm,相差141cm(表1—2)。透明度有较明显的年际变动(表3),1988年透明度较高为346cm,1987年全库区透明度平均为290cm。

**2.3 pH** 调查期间,全库区pH值变动在7.4—8.4之间,平均为7.8。各库区pH值差异不大(表1)。周年季节变化夏季略高于其他季节,平均为8.1(表2)。pH值年际变动略有下降,1987年全库区平均8.0,1988年平均为7.7(表3)。三湖连江水库水域呈中性,具有较大的缓冲能力,适宜于鱼类和水生生物的生长发育。

**2.4 电导率** 水质的电导率全库区变动在 $100-240\mu\text{s}/\text{cm}$ ,平均为 $129\mu\text{s}/\text{cm}$ 。平面分布差异明显,其顺序为北门湖>迷野湖>白湖,电导率平均分别为 $164\mu\text{s}/\text{cm}$ 、 $148\mu\text{s}/\text{cm}$ 和 $117\mu\text{s}/\text{cm}$ (表1)。周年季节变化夏季略高于其他季节(表2)。年际变动不明显,略有下降趋势(表3)。

**2.5 碱度** (以 $\text{CaCO}_3$ 计)水域的碱度全库区变动在 $38.54-99.10\text{mg/L}$ ,平均为 $62.56\text{mg/L}$ 。平面分布上有差异,迷野湖区最高平均为 $73.07\text{mg/L}$ ,白湖区最低平均为 $57.56\text{mg/L}$ (表1)。碱度周年季节变化差异不明显(表2),但年际变动略有下降,1987年

文中各组分全库区平均值均按面积加权法计算(1987—1989年平均值)。各库区权重分配为白湖区0.67,迷野湖区0.20,北门湖区0.13。文中溶解氧的含量为表层和底层的平均值。

## 2 结果

**2.1 水温** 水的温度受太阳辐射和库区形态学等因素的影响。三湖连江水库地处亚热带,气候温和,日照时间长,全年无霜期达269d。水库全年最低水温在1月份,实测最低值为7℃,7月份水温最高,达33.8℃。各库区水温略有差异,但差异小(表1—2)。水温的垂直分布略有差异,但没有明显分层现象,表层和底层的温差一般在0.2—0.5℃,最大也不超过1.0℃。周年中水温在20℃以上的季节约有6个月为鱼类和水生生物良好的生长季节。

**2.2 透明度** 透明度大是三湖连江水库的重要特征之一。全库区透明度变动在60—520cm,平均313cm。平面分布上各库区透明度差异大,I站白湖区是三湖连江主体库区透明度最高,平均为363cm,III站北门湖区透明度较低,平均为212cm。周年季节变

平均为 71.07mg/L, 1988 年平均为 57.56mg/L(表 3)。三湖连江水库平均碱度在 50.05mg/L 以上, 处于渔业水体适宜的碱度范围。

**2.6 硬度** 水质的硬度全库区变动在 2.69—5.61 德国度, 平均为 3.79 德国度。平面分布有差异, 其顺序为北门湖 > 迷野湖 > 白湖, 分别为 4.70 德国度、4.25 德国度和 3.47 德国度(表 1)。硬度的周年季节变化和年际变动差异不明显(表 2—3)。按水质硬度分类法<sup>[3]</sup>, 三湖连江水库水质属于很软水。

**2.7 溶解氧** 全库区水中溶氧量变动在 7.26—12.08mg/L, 平均为 8.81mg/L, 饱和率变动在 60.9—128.1%, 平均为 93.2%。溶氧量平面分布上各库区差异不明显(表 1)。周年季节变化中春季高于冬季, 春季平均为 10.34mg/L, 而冬季平均为 7.35mg/L, 这可能与水生高等植物光合作用强度季节性差异密切相关, 水中溶氧量的年际变动也与此差异密切相关。水中溶氧量的年际变动也差异不明显(表 2—3)。三湖连江水库水域中溶氧量丰富, 常处于饱和和过饱和状态, 处于良好的氧化环境, 有利于有机物质的分解、转化和营养盐类的再生。

**2.8 耗氧量** 该水库水质的有机物耗氧量较低, 调查期间全库区有机物耗氧量变动在 1.48—3.50mg/L, 平均为 2.43mg/L。有机物耗氧量平均分布略有差异, 其顺序为北门湖 > 迷野湖 > 白湖(表 1)。周年季节变化夏季较高平均为 2.77mg/L, 冬季较低平均为 1.89mg/L。有机物耗氧量年际变动不明显(表 2—3)。

表 1 三湖连江水库各库区理化特性比较(括号内为平均值)

Tab. 1 Comparison of water physicochemical characteristics in different regions of

Sanhulianjiang Reservoir (mean in bracket)

库区 Regions	水温 Water temp. (℃)	透明度 Tran. (cm)	pH Valeu	电导率 Cond. (μS/cm)	硬度 Hard. (Germany)	碱度 Alka. CaCO <sub>3</sub> (mg/L)	耗氧量 COD (mg/L)	溶解氧 DO (mg/L)
白湖 Baihu Lake	7.5—33.5 (18.5)	250—520 (363)	7.4—8.4 (7.8)	99—139 (117)	2.80—3.59 (3.47)	38.54—77.08 (57.56)	1.76—2.87 (2.30)	7.35—10.62 (8.72)
迷野湖 Miyeahu Lake	7.1—33.8 (18.4)	90—370 (217)	7.4—8.4 (7.9)	120—195 (148)	3.14—5.16 (4.25)	55.06—99.10 (73.07)	1.48—3.27 (2.59)	7.41—10.96 (8.97)
北门湖 Beimenu Lake	7.0—33.0 (18.5)	60—330 (212)	7.4—8.3 (7.8)	138—240 (164)	3.25—5.61 (4.70)	56.56—97.10 (71.07)	2.00—3.50 (2.77)	7.26—12.08 (9.04)

表 2 三湖连江水库不同库区水质量化性状的季节变化

Tab. 2 Seasonal changes of water physicochemical parameters in different regions of Sanhulianjiang Reservoir

库区 Regions	季节 Seasons	水温 Water Temp. (℃)	透明度 Tran. (cm)	pH value	电导率 Cond. (μS/cm)	硬度(德 国度) Hard. (Germany)	碱度 Alka. CaCO <sub>3</sub> (mg/L)	耗氧 量 COD (mg/L)	溶解 氧 DO (mg/L)
白湖 Baihu Lake	春(Spring)	14.9	320	7.6	108	3.52	61.56	2.39	10.22
	夏(Summer)	31.3	353	8.1	132	2.88	51.05	2.54	8.66
	秋(Autumn)	20.2	332	7.6	111	3.87	54.05	2.39	8.64
	冬(Winter)	7.7	445	7.8	115	3.59	63.56	1.89	7.35
迷野湖 Miyeahu Lake	春(Spring)	14.6	222	7.8	139	4.60	72.57	2.66	10.13
	夏(Summer)	31.4	190	8.2	161	3.85	74.07	3.12	8.86
	秋(Autumn)	20.3	134	7.8	149	4.23	57.58	2.77	9.48
	冬(Winter)	7.2	320	7.7	141	4.32	70.07	1.80	7.41

续表

库区 Regions	季节 Seasons	水温 Water Temp. (℃)	透明度 Tran. (cm)	pH Value	电导率 Cond. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	硬度(德 国度) Hard. (Germany)	碱度 Alka. $\text{CaCO}_3$ (mg/L)	耗氧 量 COD (mg/L)	溶解 氧 DO (mg/L)
北门湖 Beimenhu Lake	春(Spring)	14.4	275	7.7	142	4.43	79.08	2.93	11.27
	夏(Summer)	32.3	185	8.1	190	4.36	79.08	3.36	8.41
	秋(Autumn)	20.2	86	8.0	160	4.38	69.57	2.80	9.20
	冬(Winter)	7.0	300	7.4	162	5.61	56.56	2.00	7.66
平均 Average	春(Spring)	14.8	294	7.6	119	3.86	66.07	2.52	10.34
	夏(Summer)	31.5	298	8.1	146	3.27	59.56	2.77	8.67
	秋(Autumn)	20.2	260	7.7	125	4.01	60.56	2.52	8.88
	冬(Winter)	7.5	401	7.7	127	4.01	64.06	1.89	7.35

表 3 三湖连江水库不同年份水质理化特性的比较

Tab. 3 Comparison of water physicochemical feature of Sanhulanjiang Reservoir in different years

年份 Years	透明度 Tran. (cm)	pH value	电导率 Cond. ( $\text{S}/\text{cm}$ )	硬度 (德国度) Hard. (Germany)	碱度 Alka. $\text{CaCO}_3$ (mg/L)	溶解氧 DO (mg/L)	耗氧量 COD (mg/L)
1987	290	8.0	138.2	3.72	71.07	9.27	2.44
1988	346	7.7	120.8	3.43	57.56	9.10	2.52

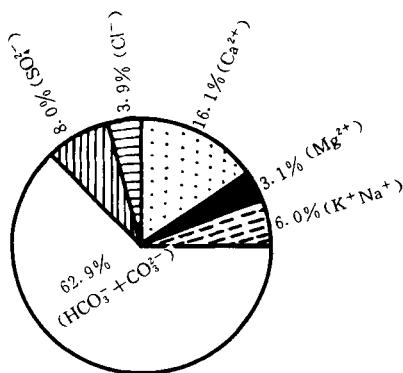


图 2 三湖连江水库主要离子重量百分组成

Fig. 2 Weight composition of main ions in the water of Sanhulanjiang Reservoir

**2.9 主要离子和水型** 从图 2 和表 4-6 可以看出, 三湖连江水库水中阴离子以  $\text{HCO}_3^- (\text{CO}_3^{2-})$  为主, 平均含量 76.55mg/L, 占离子总量的 62.9%; 阳离子以  $\text{Ca}^{2+}$  为主, 全库平均含量为 19.60mg/L, 占离子总量的 16.1%。 $\text{Mg}^{2+}$  含量最低, 平均为 3.73mg/L, 仅占总离子量的 3.1% (图 2)。水中离子序列(按 mg/L)为  $\text{HCO}_3^- (\text{CO}_3^{2-}) > \text{Ca}^{2+} > \text{SO}_4^{2-} > \text{K}^+ + \text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+}$ 。

水中离子总量全库区变动在 77.78 - 187.20mg/L, 平均为 121.82mg/L。离子含量平均分布以北门湖库区最高, 平均为 145.17mg/L, 白湖库区较低为 111.93mg/L。周年季节变化差异小, 年际变动略有下降趋势(表 4-6)。根据阴离子和阳离子的含量, 三湖连江水库的水化学类型(按 O、A、阿列金分类法)为重碳酸盐类钙组 II 型水( $\text{C}_{\text{II}}^{\text{Ca}}$ )。

**2.10 总氮** 水中氮素化合物含量较高, 调查期间全库区总氮含量变动在 0.57 - 2.65mg/L, 平均为 1.38mg/L。各库区总氮含量比较, 北门湖区(Ⅲ站)和迷野湖区(Ⅱ站)显著高于由湖区(I站)(图 3), 总氮的平均含量分别为 1.82mg/L、1.62mg/L 和 1.12mg/L。周年季节变化不明显。总氮含量年际变动有提高趋势, 1987 年平均含量为 1.12mg/L, 而 1988 年含量为 1.46mg/L(表 7-9)。

表4 三湖连江水库各库区水中主要离子平均含量比较(mg/L)mmol%

Tab.4 Comparison of main ionic content among different regions of Sanhulanjiang Reservoir

库区 Regions	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$ ( $\text{CO}_3^{2-}$ )	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	离子总量 TIA	水型 Water types
白湖 Baihu Lake	4.34	9.36	69.53	17.64	3.39	7.67	111.93	$\text{Ca}^{2+}$
	4.3	6.9	38.8	30.4	9.5	10.1		
迷野湖 Miyehu Lake	5.66	10.87	88.26	23.35	4.22	8.33	140.69	$\text{Cl}^-$
	4.4	6.2	39.4	31.8	9.3	8.9		
北门湖 Beimenhu Lake	5.58	10.82	94.05	23.80	4.70	6.22	145.17	$\text{Cl}^-$
	4.2	6.0	39.8	30.2	11.9	7.9		

表5 三湖连江水库各库区主要离子含量的季节变化(mg/L)

Tab.5 Seasonal changes of main ionic content in different regions of Sanhulanjiang Reservoir

库区 Regions	季节 Seasons	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$ ( $\text{CO}_3^{2-}$ )	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	离子总量 TAI
白湖 Baihu Lake	春 Spring	4.42	8.62	74.75	20.84	2.68	6.75	118.05
	夏 Summer	3.93	9.04	60.17	15.90	2.84	7.33	96.94
	秋 Autumn	4.84	11.40	65.70	16.17	3.16	9.58	110.88
	冬 Winter	4.17	8.39	77.50	17.64	4.86	7.00	119.55
迷野湖 Miyehu Lake	春 Spring	6.04	10.28	88.68	23.91	5.27	5.25	139.44
	夏 Summer	5.08	11.21	86.90	21.64	3.57	12.00	140.40
	秋 Autumn	6.27	10.62	92.34	23.78	3.89	10.08	146.98
	冬 Winter	5.24	11.37	85.13	24.05	4.14	6.00	135.92
北门湖 Beimenhu Lake	春 Spring	7.77	10.50	96.41	19.84	7.17	10.88	152.56
	夏 Summer	4.81	11.34	96.11	23.65	4.56	9.75	150.20
	秋 Autumn	4.72	9.08	94.82	24.45	4.14	3.75	130.95
	冬 Winter	5.02	12.37	98.85	27.25	2.92	0.50	151.77
平均 Average	春 Spring	5.19	9.20	80.42	21.32	3.80	5.80	126.81
	夏 Summer	4.28	9.17	70.31	18.08	3.22	8.59	112.56
	秋 Autumn	5.11	10.94	73.58	18.80	3.44	8.90	120.78
	冬 Winter	4.50	9.522	81.87	20.20	4.46	5.94	127.12

表6 三湖连江水库不同年份主要离子含量的比较(mg/L)

Tab.6 Comparisons of main ionic content of Sanhulanjiang Reservoir in different years

年份 Years	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$ ( $\text{CO}_3^{2-}$ )	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	离子总量 TIA	水型 Water types
1987	4.42	9.90	85.13	19.26	4.46	10.42	133.59	$\text{Cl}^-$
1988	4.65	10.18	68.77	20.71	3.44	6.82	114.57	$\text{Cl}^-$

**2.11 氨氮** 水中氨氮的含量全库区变动在 $0.105 - 1.057\text{mg/L}$ , 平均为 $0.379\text{mg/L}$ 。无机氮中主要以氨氮的形态存在, 平均占总无机氮的73.3%。氨氮含量平均分布以北门湖区(Ⅲ站)最高平均为 $0.580\text{mg/L}$ , 白湖区(I站)最低平均为 $0.335\text{mg/L}$ (图3)。氨氮季节平均含量以冬季较高平均为 $0.429\text{mg/L}$ , 春季较低平均为 $0.282\text{mg/L}$ (表7-8)。年际变动有明显下降趋势, 1987年氨氮平均含量为 $0.527\text{mg/L}$ , 而1988年为 $0.338\text{mg/L}$ , 含量下降 $0.189\text{mg/L}$ (表9)。

**2.12 硝酸盐氮** 水中硝酸盐氮含量全库区变动在 $0.047 - 0.488\text{mg/L}$ , 平均为 $0.131\text{mg/L}$ 。硝酸盐氮含量平面分布差异大, 以北门湖区(Ⅲ站)含量最高平均为 $0.254\text{mg/L}$ , 白湖区(I站)

含量最低平均为 $0.081\text{mg/L}$ ,北门湖区硝酸盐氮含量为白湖区的3.1倍(图3、表7)。周年季节变化中平均以冬季含量较高为 $0.153\text{mg/L}$ ,秋季较低为 $0.099\text{mg/L}$ (表8)。年际变动差异不明显(表9)。

**2.13 亚硝酸盐氮** 水域中亚硝酸盐氮含量较低,全库区变动在 $0.00-0.027\text{mg/L}$ ,平均为 $0.007\text{mg/L}$ 。平均分布各库区含量差异明显,北门湖区和迷野湖区亚硝酸盐氮含量显著高于白湖区。全库区周年季节平均含量以春、夏季较高,秋、冬季较低,年际变动不明显(表7-9)。

**2.14 总磷** 水域中磷素化合物的含量较低,全库区总磷含量变动在 $0.008-0.037\text{mg/L}$ ,平均为 $0.022\text{mg/L}$ 。平均分布以北门湖区(Ⅲ站)含量较高平均为 $0.030\text{mg/L}$ ,白湖区(I站)含量较低平均为 $0.019\text{mg/L}$ (图4、表7)。周年季节变化全库区平均含量以冬季较高,春、夏、秋、冬平均含量分别为 $0.015\text{mg/L}$ 、 $0.022\text{mg/L}$ 、 $0.021\text{mg/L}$ 和 $0.030\text{mg/L}$ (表8),各年的季节变化有差异。总磷含量的年际变动不明显(表9)。

**2.15 磷酸盐** 水中磷酸盐含量低,全库区磷酸盐含量变动在 $0.00-0.018\text{mg/L}$ ,平均为 $0.006\text{mg/L}$ 。平面分布上迷野湖和北门湖区磷酸盐的含量明显高于白湖区(图4、表7)。磷酸盐含量周年季节变化差异小(表8)。年际变动也不明显(表9)。

**2.16 二氧化硅** 硅酸盐含量全库区变动在 $1.00-6.33\text{mg/L}$ ,平均为 $2.12\text{mg/L}$ 。平面分布差异显著北门湖区含量较高为 $3.36\text{mg/L}$ ,白湖区含量较低为 $1.70\text{mg/L}$ ,相差约1倍。周年季节变化秋季较高平均为 $2.66\text{mg/L}$ ,春季含量较低平均为 $1.57\text{mg/L}$ 。二氧化硅含量年际变化略有差异(表7-9)。

表7 三湖连江水库不同库区主要营养元素含量的比较(括号内为平均值, $\text{mg/L}$ )

Tab. 7 Comparisons of content of main nutrient elements in different regions of Sanhulanjiang Reservoir(mean in bracket,  $\text{mg/L}$ )

库区	$\text{NO}_2-\text{N}$	$\text{NO}_3-\text{N}$	$\text{NH}_4-\text{N}$	TN	$\text{PO}_4-\text{P}$	TP	$\text{SiO}_2$
白湖 Baihu Lake	$0.00-0.008$ (0.004)	$0.047-0.136$ (0.081)	$0.105-0.576$ (0.335)	$0.57-1.57$ (1.12)	$0.00-0.009$ (0.004)	$0.008-0.035$ (0.019)	$1.22-2.94$ (1.70)
迷野湖 Miyehu Lake	$0.002-0.024$ (0.012)	$0.095-0.488$ (0.217)	$0.380-1.057$ (0.479)	$1.00-2.37$ (1.62)	$0.003-0.013$ (0.009)	$0.015-0.034$ (0.026)	$1.00-5.06$ (2.69)
北门湖 Beimenhu Lake	$0.007-0.027$ (0.014)	$0.123-0.480$ (0.254)	$0.336-0.969$ (0.580)	$1.31-2.65$ (1.82)	$0.003-0.018$ (0.009)	$0.020-0.037$ (0.009)	$1.62-6.33$ (3.36)

表8 三湖连江水库不同库区主要营养元素含量的季节变化( $\text{mg/L}$ )

Tab. 8 Seasonal changes of main nutrient element in different regions of Sanhulanjiang Reservoir( $\text{mg/L}$ )

库区 Regions	季节 Seasons	$\text{NO}_2-\text{N}$	$\text{NO}_3-\text{N}$	$\text{NH}_4-\text{N}$	TN	$\text{PO}_4-\text{P}$	TP	$\text{SiO}_2$
白湖 Baihu Lake	春 Spring	0.006	0.097	0.339	1.11	0.006	0.013	1.42
	夏 Summer	0.005	0.082	0.317	1.29	0.005	0.018	1.71
	秋 Autumn	0.003	0.065	0.317	0.92	0.002	0.016	1.93
	冬 Winter	0.003	0.078	0.370	1.16	0.004	0.029	1.73
迷野湖 Miyehu Lake	春 Spring	0.013	0.174	0.286	1.69	0.009	0.019	1.89
	夏 Summer	0.018	0.233	0.497	1.66	0.010	0.028	3.12
	秋 Autumn	0.012	0.159	0.613	1.49	0.008	0.028	3.60
	冬 Winter	0.004	0.302	0.520	1.64	0.007	0.029	2.16

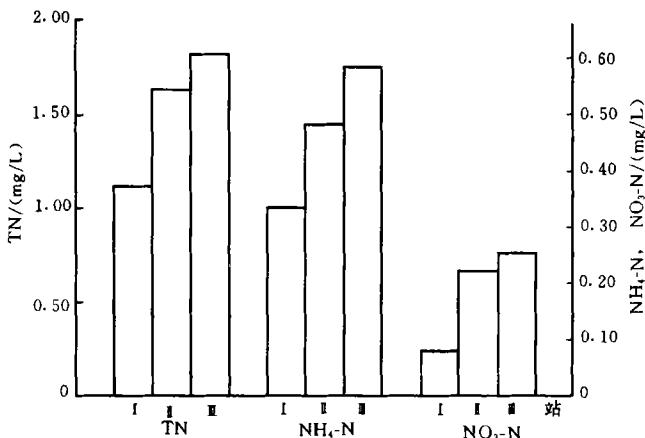
续表

库区 Regions	季节 Seasons	$\text{NO}_2 - \text{N}$	$\text{NO}_3 - \text{N}$	$\text{NH}_4 - \text{N}$	TN	$\text{PO}_4 - \text{P}$	TP	$\text{SiO}_2$
北门湖 Beimenhu Lake	春 Spring	0.015	0.190	0.548	2.25	0.009	0.021	1.83
	夏 Summer	0.016	0.341	0.533	1.81	0.016	0.032	3.08
	秋 Autumn	0.018	0.182	0.653	1.36	0.005	0.029	4.91
	冬 Winter	0.007	0.301	0.585	1.85	0.007	0.037	3.60
平均 Average	春 Spring	0.009	0.125	0.282	1.38	0.007	0.015	1.57
	夏 Summer	0.009	0.147	0.382	1.43	0.007	0.022	2.18
	秋 Autumn	0.007	0.099	0.421	1.34	0.004	0.021	2.66
	冬 Winter	0.004	0.153	0.429	1.35	0.005	0.030	2.07

表 9 三湖连江水库不同年份主要营养元素含量的比较(mg/L)

Tab. 9 Comparisons of main nutrient element of Sanhulanjiang Reservoir in different years

年份 Years	$\text{NO}_2 - \text{N}$	$\text{NO}_3 - \text{N}$	$\text{NH}_4 - \text{N}$	TN	$\text{PO}_4 - \text{P}$	TP	$\text{SiO}_2$
1987	0.008	0.118	0.527	1.12	0.006	0.023	2.57
1988	0.006	0.135	0.338	1.46	0.005	0.020	1.63

图 3 三湖连江水库各库区 TN、 $\text{NH}_4 - \text{N}$  和  $\text{NO}_3 - \text{N}$  含量的比较Fig. 3 Comparison of the average contents of TN,  $\text{NH}_4 - \text{N}$  and  $\text{NO}_3 - \text{N}$  in different regions of Sanhulanjiang Reservoir

### 3 讨论

**3.1** 三湖连江水库水质的理化特性良好,水质的透明度高,平均为313cm,水质清澈;水质的pH值变动在7.4~8.4之间,平均为7.8,属中性水,具有较大的缓冲能力;水中的溶解氧丰富,溶氧量平均为8.81mg/L,饱和率平均为93.2%,整个水体处于良好的氧化环境;水中的有机物耗氧量平均为2.43mg/L,表明水域未受到明显的有机污染。水质的理化特性表明,各理化性状均处于鱼类和水生生物生长和发育的适宜范围,属良好的渔业水体。该水库水质的硬度变动在2.69~5.61德国度,平均为3.79德国度,按硬度分类属很软水。水质的碱度变动在38.54~99.10mg/L,平均为62.56mg/L( $\text{CaCO}_3$ )。水质碱度的大小常是衡量水体生物生产力的一个重要标志,有的学者建议确定渔业水体碱度的适宜范围为50.05~

150.15mg/L。在适宜范围内,水体生物生产力随碱度的增加而提高<sup>[3]</sup>。三湖连江水库水质属于适宜碱度范围。

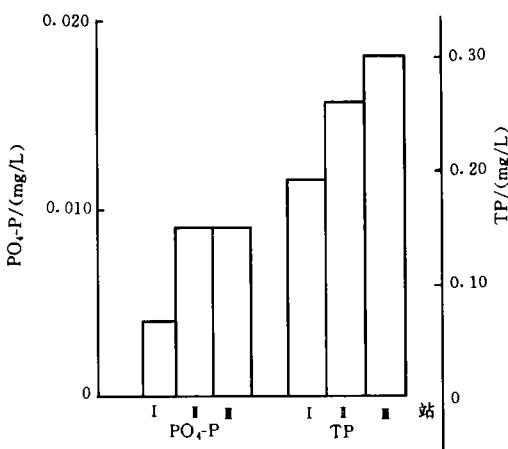


图4 三湖连江水库各库区  $\text{PO}_4-\text{P}$  和 TP 含量的比较

Fig. 4 Comparison of the contents of  $\text{PO}_4-\text{P}$  and TP  
in different regions of Sanhulanjiang Reservoir

**3.2** 该水库离子总量平均为 121.82mg/L, 离子含量(mg/L)序例为  $\text{HCO}_3^- (\text{CO}_3^{2-}) > \text{Ca}^{2+} > \text{SO}_4^{2-} > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+}$ , 水型属重碳酸盐类钙组Ⅱ型水( $\text{C}_{\text{II}}^{\text{Ca}}$ )。

**3.3** 三湖连江水库的营养水平:该水库水中主要生物营养元素氮化合物含量高,总氮含量平均为 1.38mg/L,已达富营养水平。无机态氮以氨氮为主,平均为 0.379mg/L,占总无机氮的 73.3%。水中磷化合物含量低,总磷含量平均为 0.022mg/L,磷酸盐含量仅为 0.006mg/L。从营养水平看,三湖连江水库处于中营养向富营养过渡,属中营养型<sup>[2]</sup>。关于天然水体的养分问题,许多学者进行过大量的研究,多数学者认为氮或磷是水中藻类种群和数量密度的限制性养分,而磷限制的情况最普遍<sup>[5-6]</sup>。该水库总氮和总磷比为 62.7:1,水中缺磷的情况较明显,表明磷是三湖连江水库藻类种群和数量密度的限制性养分。

**3.4** 三湖连江水库水中某些理化组分周年中出现明显的季节变化,但有些理化组分在不同年份季节变化规律有差异。多数理化组分年际变化不明显。平面分布上多数理化组分差异显著,其顺序为北门湖(Ⅲ站) > 迷野湖(Ⅱ站) > 白湖(Ⅰ站)。这主要是因为各湖区受人类生活生产活动影响强度的差异有关,北门湖区受人类活动影响强度最大。因此对三湖连江水库各库区的水生生物资源开发利用应用不同湖区而异。

#### 参考文献:

- [1] 中国医学科学院卫生研究所. 水质分析法[M]. 北京:人民卫生出版社。1974. 112—251
- [2] 何志辉. 中国湖泊和水库营养分类[J]. 大连水产学院学报, 1987(1): 1—10
- [3] 吴新儒, 雷衍之, 许昌兴. 淡水产殖水化学[M]. 北京:农业出版社. 1980. 4—76
- [4] 美国公共卫生协会, 美国自来水协会, 水污染控制联合会(宋仁元等译). 水和废水标准检验法[M](第 15 版). 北京:中国建筑工业出版社. 1985. 125—428
- [5] Allen HE, Kramer JR. Nutrients in natural waters . London:John Wileyand Sons. 1972. 1—100
- [6] Barica J, Mur L R. Hypertrophic Ecosystems. London:The Hague-Boston-London. 1980. 13—22

## HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SANHULIANJIANG RESERVOIR

ZHANG Shui-yuan and LIU Rui-qiu

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

**Abstract:** This paper presents physicochemical properties of water and their seasonal changes during April, 1987-October, 1989, in Sanhulianjiang Reservoir. The result are summarized as follows (data as means):

1. The normal conditions of water quality were: Water temperature-18.5, Secchi transparency(cm)-313, pH value-7.80, conductivity(  $\mu\text{s}/\text{cm}$  )-129, dissolved oxygen(  $\text{mg}/\text{L}$  )-8.81, chemical oxygen demand(  $\text{mg}/\text{L}$  )-2.43, hardness(Germany degree)-3.79, alkalinity(as  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{mg}/\text{L}$  )-62.56.
2. Main ionic contents(  $\text{mg}/\text{L}$  ) were: calcium-1960, magnesium-3.73, bicarbonate(carbonate)-76.55, sulphate-9.71, chloride-4.77, total ionic amounts-121.82, the water type belongs to  $\text{C}_{\text{II}}^{\text{a}}$ .
3. The contents of main nutrient elements(  $\text{mg}/\text{L}$  ) were: nitritenitrogen-0.007, nitrate nitrogen-0.131, ammonia nitrogen-0.379, total nitrogen-1.38, phosphate-0.006, total phosphorus-0.022, silica-2.12.
4. There were marked seasonal changes in most physicochemical components in the water. Also, there were conspicuous differences in horizontal distribution of most physicochemical components. The differences of most physicochemical components were inconspicuous in different years.
5. Sanhulianjiang Reservoir has good water quality and high potential for fish development. However, the N/P ratio was 62.7:1, which means that phosphorus was the major nutrient limiting biological productivity.

**Key words:** Sanhulianjiang Reservoir; Hydrochemistry; Physicochemical characteristics; Change