

文章编号: 1674-5566(2010)01-0105-06

## 太湖水质现状与主要污染物分析

成芳<sup>1</sup>, 凌去非<sup>1</sup>, 徐海军<sup>1</sup>, 林建华<sup>2</sup>, 吴林坤<sup>2</sup>, 贾文方<sup>2</sup>

(1. 苏州大学生命科学学院, 江苏 苏州 215123;

2. 江苏省太湖渔业管理委员会, 江苏 苏州 215168)

**摘要:** 2007年11月至2008年8月,按季度对太湖进行水化学及水生生物学分析采样,并采用水质污染指数评价法和综合富营养化指数法对太湖水质现状和主要污染物进行评价与分析。水质污染评价指数法分析结果显示,太湖的主要污染物为氮(N)、磷(P)和有机耗氧量(COD<sub>Mn</sub>)。总磷(TP)所占的污染负荷指数最大(34.34%~54.34%),平均污染指数为48.36%。叶绿素a(Chl-a)与TN、TP和COD<sub>Mn</sub>之间呈显著正相关,Pearson相关系数分别为0.715(P<0.01)、0.666(P<0.01)和0.740(P<0.01)。采用综合营养状态指数法评价太湖的水质状态,发现太湖4个季节的综合营养状态指数TLI(Σ)值均在60~70之间,平均值为65.54。各季节的水质状态差异较小。太湖水质整体上已处于中度富营养状态,部分区域已呈严重富营养化。

**关键词:** 太湖; 富营养化; 水质污染评价指数法; 综合营养状态指数

**中图分类号:** S 912      **文献标识码:** A

## Assessment of water quality and the main pollutions of Taihu Lake

CHENG Fang<sup>1</sup>, LING Qu-fei<sup>1</sup>, XU Hai-jun<sup>1</sup>, LIN Jian-hua<sup>2</sup>, WU Lin-kun<sup>2</sup>, JIA Wen-fang<sup>2</sup>

(1. School of Life Sciences Soochow University, Suzhou 215123, China;

2. Taihu Lake Fisheries Administration Committee of Jiangsu Province, Suzhou 215168, China)

**Abstract:** The analysis samples of water chemistry and aquatic biology were collected quarterly in Taihu Lake from November 2007 to August 2008. We evaluate the actual condition of water quality and the main pollution sources of Taihu Lake by ways of water pollution index and comprehensive analysis of eutrophication. Evaluation of water pollution index analysis revealed that the main pollutants in Taihu Lake were nitrogen (N), phosphorus (P) and organic oxygen consumption (COD<sub>Mn</sub>). Total phosphorus (TP) shared the largest pollution load index (34.34%—54.34%), with the average pollution index of 48.36%. TN, TP and COD<sub>Mn</sub> had a significant positive correlations with Chlorophyll a (Chl-a), Pearson correlation coefficients were 0.715 (P<0.01), 0.666 (P<0.01) and 0.740 (P<0.01) respectively. According to comprehensive analysis of nutritional status indicators, it also showed that TLI(Σ) values of Taihu Lake were between 60 and 70 in four seasons with a mean value of 65.54. The seasonal changes of water quality were small. In a word, Taihu Lake was in a moderately eutrophication, and some of the region had shown a serious eutrophication.

**Key words:** Taihu Lake; eutrophication; evaluation index of water pollution; comprehensive pollution index

收稿日期: 2009-07-19

基金项目: 江苏省科技厅自然科学基金项目 (BK2007735)

作者简介: 成芳 (1983-), 女, 硕士研究生, 专业方向为水生生物学与水域修复生态学。E-mail: fangfang-5403@163.com

通讯作者: 凌去非, E-mail: Lingqf@suda.edu.cn

湖泊是地表生态系统中人类赖以生存的自然单元之一。作为一种独特的资源,湖泊在供水、防洪、养殖、旅游、航运、维持生态平衡 and 环境保护等方面发挥着巨大的社会经济作用。近年来,由于人口增加和工农业生产的发展,湖泊资源的过度开发与不合理的利用,已造成湖泊水资源短缺、水环境恶化和生态系统退化的严重局面,特别是富营养化问题,已严重威胁到社会经济的可持续发展和人类健康<sup>[1-3]</sup>。

太湖是中国五大淡水湖之一,流域包括苏州、无锡、湖州等 38 个市县。相连通的河流计 220 余条。太湖面积为 2 428 km<sup>2</sup>,平均深度为 1.89 m,最大深度 2.6 m,湖泊总蓄水量为 4.43 × 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>,是典型的浅碟形湖泊<sup>[4]</sup>。近年来太湖污染严重,2003 年太湖梅梁湾蓝藻大规模爆发,影响了居民的正常生活。2007 年太湖蓝藻再次爆发,数百万居民饮用水出现危机<sup>[5-6]</sup>。为此,我们从 2007 年 11 月至 2008 年 8 月对太湖水体的水化学特征及水生生物群落结构进行周年调查,对太湖水质现状及主要污染物进行研究与分析,为太湖污染的进一步治理及管理提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样点的分布

2007 年 11 月至 2008 年 8 月共 4 次对太湖 14 个采样点采集水样和水生生物样(图 1,表 1)。太湖为典型的浅水湖泊,水体垂直循环较水平循环快,且不同湖区周围环境不同,受湖区周围人类活动影响不同,湖区水平差异较大,故在太湖不同湖区设立采样点。在水体表面下 0.5 m 处采集水样。

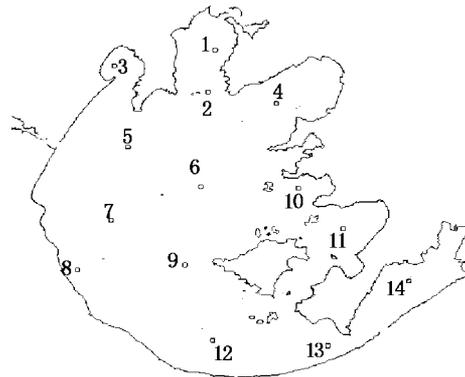


图 1 太湖水质与水生生物学样品采样点分布  
Fig 1 Water chemistry and aquatic biology sampling sites in Taihu Lake

表 1 太湖各采样点的分布区域及经纬度

Tab. 1 The distribution, latitude and longitude of sampling sites in Taihu Lake

	1	2	3	4	5	6	7
邻近区	梅梁湾	拖山	竺山湖	贡湖	焦山	湖心区	平台山
经度	120°11'39"	120°11'14"	120°1'41"	120°17'44"	120°3'22"	120°10'14"	120°15'11"
纬度	31°28'35"	31°24'40"	31°27'0"	31°23'11"	31°18'29"	31°14'53"	31°30'47"
	8	9	10	11	12	13	14
邻近区	大雷山	竹山岛	漫山岛	长沙岛	小雷山	泽山	东山东
经度	119°58'2"	120°8'38"	120°19'33"	120°24'21"	120°11'23"	120°22'45"	120°30'48"
纬度	31°6'28"	31°6'59"	31°14'41"	31°10'37"	31°59'28"	31°58'51"	31°5'22"

### 1.2 水质监测项目及分析方法

水质监测指标包括水温(WT)、水深、透明度(SD)、pH值、溶解氧(DO)、氨态氮(NH<sub>3</sub>-N)、硝态氮(NO<sub>3</sub>-N)、总氮(TN)、总磷(TP)、化学耗氧量(COD)、叶绿素 a(Chl-a)及重金属等,在水下 0.5 m 处采集水样测定各相关指标。相关化学指标的测定方法参照地面水分析国家标准<sup>[7]</sup>。具体分析方法是:水温采用温度计直接测定;透明度采用塞氏盘法;pH值采用 pH 计直接测定;溶解氧采用碘量法;氨态氮采用纳氏比色法;硝酸

盐氮测定采用酚二磺酸分光光度法;总氮采用过硫酸钾法;总磷采用钼酸铵分光光度法测定;COD 采用高锰酸钾法;叶绿素 a 测定参照乙醇萃取法<sup>[8-9]</sup>;重金属元素采用原子吸收分光光度法。

### 1.3 营养状态评价方法

#### 1.3.1 污染指数评价法

水质评价指数法的出发点是根据水质组分浓度相对于其环境质量的标准的大小来判断水的质量状况。水质的污染指数 P 的计算公式为<sup>[10]</sup>

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \quad i=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

式中: P为水质污染指数; P<sub>i</sub>为污染物 i的污染指数; C<sub>i</sub>为污染物 i的实测浓度(mg/L); S<sub>i</sub>为污染物 i的评价标准; n为参加评价的污染个数。

污染负荷分担率 K<sub>i</sub>的计算公式<sup>[11]</sup>为

$$K_i = \left[ P_i - \sum_{i=1}^n P \right] \times 100\% \quad (3)$$

式中: P与 P<sub>i</sub>同前式。

指数评价法依据国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的Ⅲ类水质标准来确定(表2)。

表2 地表水质量分级标准

Tab. 2 Classification of surface water quality standards

P值	<0.2	0.2~0.4	0.4~0.7	0.7~1.0	1.0~2.0	>2.0
级别	清洁	尚清洁	轻污染	中污染	重污染	严重污染

### 1.3.2 综合营养状态指数法

根据中华人民共和国环境保护部, 2004年的湖泊(水库)富营养化评价方法及分级技术规定的湖泊(水库)富营养化状况评价方法:综合营养状态指数法进行评价。

综合营养状态指数采用修正的卡尔森指数方法<sup>[2]</sup>, 计算公式如下:

$$TLI(\sum) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot TLI(j) \quad (4)$$

式中: TLI(∑)为综合营养状态指数; W<sub>j</sub>为第 j种参数的营养状态指数的相关权重; TLI(j)代表第 j种参数的营养状态指数, 以 Chl-a作为基准参数, 则第 j种参数的归一化的 W<sub>j</sub>计算式为

$$W_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2} \quad (5)$$

式中: r<sub>ij</sub>为第 j种参数与基准参数 Chl-a的相关系数; m为评价参数的个数。

营养状态指数计算公式为

$$TLI(Chl-a) = 10(2.5 + 1.086 \ln Chl-a) \quad (6)$$

$$TLI(TP) = 10(9.436 + 1.624 \ln TP) \quad (7)$$

$$TLI(TN) = 10(5.453 + 1.694 \ln TN) \quad (8)$$

$$TLI(SD) = 10(5.118 - 1.94 \ln SD) \quad (9)$$

$$TLI(COD_{Mn}) = 10(0.109 + 2.661 \ln COD_{Mn}) \quad (10)$$

式中: Chl-a为叶绿素 a(mg/m<sup>3</sup>); SD为透明度

(m); 其它指标单位均为 mg/L。

采用 0~100的一系列连续数字对湖泊(水库)营养状态进行分级, 包括: 贫营养、中营养、富营养、轻度富营养、中度富营养和重度富营养(表3)。

表3 水质类别与评分值对应表

Tab. 3 The score values corresponding to water quality category

营养状态分级	评分值 TLI(∑)	定性评价
贫营养	0 < TLI(∑) ≤ 30	优
中营养	30 < TLI(∑) ≤ 50	良好
轻度富营养	50 < TLI(∑) ≤ 60	轻度污染
中度富营养	60 < TLI(∑) ≤ 70	Ⅱ Ⅲ
Ⅰ Ⅱ Ⅲ	70 < (∑) ≤ 100	Ⅳ Ⅴ

2. 1

2. 1. 1 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿





