

# 芜湖市镜湖水体富营养化特征分析及生态修复探讨

王化可,陈发扬,时 伟

(安徽师范大学环境科学学院,安徽 芜湖 241000)

**摘 要:**通过实地监测,系统分析了清淤近 6 年后的镜湖水质状况。研究结果表明:水体溶解氧含量丰富,适合鱼类生长,但化学需氧量(COD)、总磷(TP)、总氮(TN)、叶绿素 a(Chla)等已超标。对单项污染指数((Ii)与卡尔森富营养化指标(TSI)的测算和评价都表明镜湖水体已成富营养化态势。在此基础上,提出了从污染源控制及生态修复等对镜湖富营养化控制。

**关键词:**镜湖;污染;富营养化;生态修复

**中图分类号:**X524

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2006)04-0271-03

## The Eutrophication Characteristic Analysis and the Control Countermeasure of Jinghu Lake in Wuhu

WANG Hua-ke, CHEN Fa-yang, SHI Wei

(College of Environmental Science, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000, China)

**Abstract:** By on-the-spot monitoring, the Jing Lake water quality conditions after 6 years silt settlement are analyzed systematically. The findings indicate: the rich DO content of the water body fits fish growth, but the chemical oxygen demand (COD), the total phosphorus (TP), the total nitrogen (TN), chlorophyll a (Chla) and so on exceed the allowed figure seriously. Single Item pollution index ((Ii) or Carlson's Trophic Status Index (TSI) surveys with the appraisal all indicates the Jing Lake water body is at eutrophication. On this basis, the control countermeasure is proposed.

**Key words:** Jinghu Lake; pollution; eutrophication; ecological recovery

镜湖地处芜湖市中心地带,属半封闭、浅水型内陆城市湖泊。但随着市区生活污水的排放,湖区环境水质日趋下降。1999~2000年度,芜湖市有关部门对镜湖进行了一次比较全面的清淤和截污治理工作。但经过近6年的时间后,镜湖的水质较刚治理后有所恶化。本文在对镜湖水体富营养化特征分析的基础上,提出相应的生态修复对策。为有关部门治理和管理镜湖提供有益的借鉴。

### 1 研究方法

#### 1.1 样点布设

通过对镜湖的地理特征和水体环境差异的初步考察,设置烟雨墩、书画院、湖心亭、步月桥左右两侧、市二院对面、迎宾阁等7个采样点(见图1)。

#### 1.2 样品采集

本次采样与富营养化分析在平水期(10、11月)和枯水期(12月)进行。采样在月中进行,所得数据为3个月的平均值。定性样品用25号浮游生物网采样,定量样品用有机玻璃采水器分层采取1000ml,现场加鲁哥氏液固定,实验室浓缩样品。采样同时现场测定透明度、温度、pH等理化指标。

#### 1.3 监测方法

- (1)叶绿素a(Chla):分光光度法<sup>[1]</sup>。
- (2)浮游植物(FP):显微镜计数法<sup>[1]</sup>。
- (3)溶解氧(DO):碘量法<sup>[2]</sup>。

(4)化学需氧量(COD<sub>Cr</sub>):重铬酸钾法<sup>[2]</sup>。

(5)生化需氧量(BOD<sub>5</sub>):稀释法<sup>[2]</sup>。

(6)总磷(TP):过硫酸钾氧化-钼蓝比色法<sup>[3]</sup>。

(7)总氮(TN):碱性过硫酸钾分解-紫外分光光度法<sup>[3]</sup>。

(8)透明度(SD):塞氏盘法<sup>[4]</sup>。

(9)pH:试纸法。

(10)重金属锌、铜、铅、镉等测定:直接吸入火焰原子吸收法<sup>[5]</sup>。

### 2 结果讨论

#### 2.1 水体现状

##### 2.1.1 物化特性

(1)透明度(SD):镜湖水较浅,波浪不太大,底泥的再悬浮作用不强。加之因前不久维修驳岸而降水、补水,透明度较好,各采样点透明度如表1所示。

(2)pH:根据实测(9:00~10:00)镜湖水各采样点的pH值(如表1所示)均在7~8之间,属中偏碱。

(3)水中偶尔可见打捞剩余的水草,但不存在分层现象。

##### 2.1.2 生物学指标

所有绿色植物都含有色素,以进行光合作用。各门藻类虽

\* 收稿日期:2005-09-01

基金项目:安徽省教育厅自然科学基金资助课题(2001kj104)

作者简介:王化可(1981-),男,安徽蒙城人,硕士研究生,研究方向:环境生物与生态学;通讯作者:陈发扬,安徽师范大学环境科学院研究员。

组成色素不同,但都含有叶绿素 a,它是整个光合作用过程中的能量传递的中心<sup>[1]</sup>。因此,常用叶绿素 a 的值和浮游植物的数量作为水体富营养化的重要指标之一。近年来,由于水质的恶化使镜湖频遭水草之患<sup>[6]</sup>,夏季每天都有工作人员在打捞。

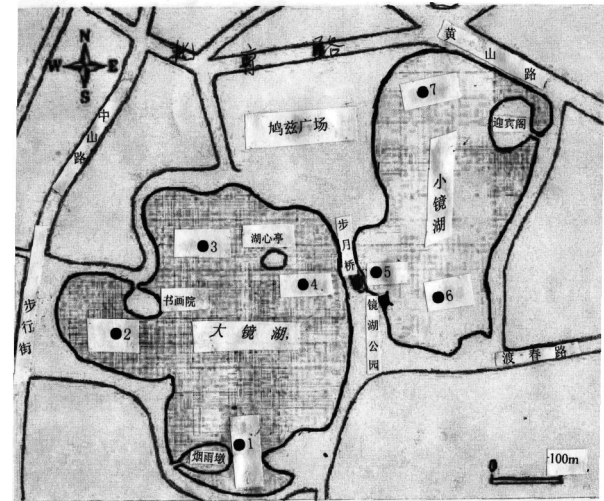


图 1 镜湖采样点示意图  
表 1 镜湖水体透明度、酸碱度及  
叶绿素 a、浮游植物(PL)含量

采样点	1	2	3	4	5	6	7	平均
透明度(SD)	0.41	0.43	0.45	0.40	0.37	0.47	0.46	0.43
pH	7.68	7.77	7.93	7.96	7.82	7.69	7.90	7.82
叶绿素 a/(mg·m <sup>-3</sup> )	11.15	11.95	12.36	11.57	11.57	9.38	9.16	11.02
浮游植物(106个)	1.2	1.125	1.45	1.65	0.95	0.85	0.8	1.15

2.1.3 理化指标

本实验所测数据,均是在 3 个平行组的基础上取的平均值,各指标实测结果如表 2 所示。

2.1.4 重金属

由于属半封闭、浅水型内陆城市湖泊,所以其污染源主要是生活污水,有机污染物、农药有毒类以及重金属的污染较少,在次仅选择砷、铜、铅、镉等 4 种重金属进行检测。含量如表 3 所示。

表 2 镜湖水体富营养化的理化指标								
采样点	1	2	3	4	5	6	7	平均
溶解氧(DO)	8.72	8.82	7.94	7.94	8.04	8.33	8.13	8.27
化学需氧量(COD <sub>Cr</sub> )	29.07	29.07	31.01	27.13	23.26	29.07	27.13	27.96
生化需氧量(BOD <sub>5</sub> )	2.57	3.49	2.38	3.89	4.05	3.40	5.43	3.60
总磷(TP)	0.41	0.37	0.47	0.53	0.34	0.44	0.42	0.43
总氮(TN)	8.95	8.25	15.67	16.12	7.21	11.51	10.62	11.10

表 3 镜湖水体重金属含量								
采样点	1	2	3	4	5	6	7	平均
Zn	0.0034	0.0494	0.0048	0.0160	0.0148	0.0176	0.0167	0.0175
Cu	-	-	-	-	0.0060	-	0.0005	0.0009
Pb	0.0700	-	-	0.0084	-	0.0040	0.0194	0.0012
Cd	-	0.0003	0.0033	0.0038	0.0003	0.0002	0.0005	0.0012

其中:-表示未检出。

2.2 水质分析

2.2.1 单因素分析

(1)由表 2 可以看到,水体溶解氧含量较高,适宜水生动物,尤其是鱼类的生存。水体受到污染但水草生长比较旺盛,水体溶解氧均高于鱼类的生存值(DO>5 mg/L)。

(2)镜湖水体的 COD<sub>Cr</sub> 超出我国规定的地面水五级标准<sup>[7]</sup>(COD<sub>Cr</sub>=25),污染比较严重。

(3)镜湖水体的 TP、TN 远远超过湖泊的富营养化标准(磷 0.02 mg/L,氮 0.2 mg/L),水中浮游植物含量较为丰富,达到 1.15×10<sup>6</sup> 个。通常规定:当 N/P<17 时,氮是可能的限制性营养元素,当 N/P>17 时,磷是可能的限制性营养元素<sup>[8]</sup>。而镜湖 7 个采样点的氮/磷较大,平均达到 25.81。可见,磷是镜湖水体的限制性营养元素。

表 4 镜湖水体的氮/磷值

采样点	1	2	3	4	5	6	7	平均
N/P值	21.71	22.31	33.31	30.51	30.01	21.21	25.31	25.81

(4)由表 3 可见,镜湖水体重金属含量较少,这可能是因是排入水主要以生活污水为主,Zn、Cu 基本达到地面一类水质(总锌 0.05 mg/L,总铜 0.01 mg/L<sup>[7]</sup>)要求,没有工业废水,因此在以后的监测中重金属可以忽略。

2.2.2 综合评价

由以上指标可以看到,镜湖水体可能呈现富营养化状态,在此通过单项污染指数和卡尔森富营养化指标等加以分析。

(1)单项污染指数(I<sub>i</sub>)。当水质指标值增大污染危害随之变大,计算公式:

$$I_i = C_i / L_i$$

式中:C<sub>i</sub>——参数代表性实测值;L<sub>i</sub>——参数水质标准,

可以计算各参数单项污染指数(表 5)。

表 5 镜湖水体主要水质指标的单项污染指数

	水质指标	水质标准	最大值	最小值	平均
I溶解氧(DO)	6	8.82	7.94	8.27	1.38
化学需氧量(COD <sub>Cr</sub> )	15	31.01	23.26	27.96	1.86
生化需氧量(BOD <sub>5</sub> )	3	5.43	2.38	3.60	1.20
总磷(TP)	0.02	0.53	0.34	0.43	21.5
总氮(TN)	0.5	16.12	7.21	11.10	22.2

可见,镜湖水体单项污染指数依次为总氮(22.2)>总磷(21.5)>化学需氧量(1.86)>溶解氧(1.38)>生化需氧量(1.20)。造成富营养化的主要污染源为总氮、总磷,这两个指标的超标,使镜湖水体呈现富营养化态势。

(2)卡尔森富营养化指标(TSI)。卡尔森富营养化指标<sup>[9]</sup>。

评价标准:TSI<37:贫营养化;TSI38~53:中营养化;TSI>54:富营养化。

评价公式:TSI(TP)=10×{6-[ln(48/TP)]/ln2}

TSI(COD)=10×{6-(1.21-0.76lnCOD)/ln2}

TSI(SD)=10×{6-(LnSD)/ln2}

TSI(CHLa)=10×{6-(2.04-0.86lnCHLa)/ln2}

从而得镜湖水体卡尔森富营养化指标,TSI(TP)为 88.25;TSI(COD)为 77.05;TSI(SD)为 74.34;TSI(CHLa)为 58.05。可见,镜湖水质已处于富营养化状态。

3 控制对策

平水期的镜湖水质已呈富营养化状态,因此控制或降低富营养化程度,显得尤为重要。究其治理途径可以从以下几个方面予以考虑。

3.1 控制污染源

(1)外源性污染源控制。镜湖的水质变化主要是由于排入湖中的生活污水中富含的氮、磷等营养物质引起藻类水生生物的迅速繁殖,生物死后,其残体经分解,营养元素释放入湖中,再次被生物利用,加之生活污水的不断排入,形成富集和富营养化的循环往复,富营养化将日益严重<sup>[10]</sup>。所以应先治理入湖污水,设置截污管道,对污水进行集中初级处理。

(2)内源性污染源控制。输入到水体中的营养性物质在时间及空间上的分布非常复杂。氮、磷元素在水体中可能被水生生物吸收利用,或者溶解于水中,或者经过复杂的物理、

化学反应及生物作用沉降,并在底泥中不断的累积,在一定的条件下再从底泥中释放到水体。减少内源性营养物质,主要应防止营养盐类的回复,可以通过人工曝气、疏浚底泥(镜湖已于1999~2000年进行过大的清淤)、引水换水等来完成。

### 3.2 生态修复

镜湖属浅水型城市内陆湖泊,水体中的水生植被不仅是初级生产力的主要组成部分,而且在美化水体景观、净化水质、保持营养平衡和生态平衡方面具有显著的功效。生态修复一般可以通过建立生态净化系统,利用水生生物吸收利用氮、磷元素等营养物质并进行代谢活动达到去除氮、磷元素等营养物质,有利于建立合理的水生生态循环。目前一般是通过莲藕、凤眼莲、香根草等水生植物来吸收水中的营养物

### 参考文献:

- [1] 章宗涉,黄祥飞.淡水浮游生物研究方法[M].北京:科学出版社,1983.345-347.
- [2] 孙成.环境监测实验[M].北京:科学出版社,2003.14-24.
- [3] 艾有年,阎立荣.环境监测新方法[M].北京:中国环境科学出版社,1992.172-184.
- [4] [日]合田健.水环境指标[M].北京:中国环境科学出版社,1989.147-148.
- [5] 水和废水监测分析方法(第四版)[M].北京:中国环境科学出版社,2002.323-326.
- [6] 姚梨.芜湖镜湖遭水草之患[N].合肥晚报,2005-05-10.
- [7] 陈晓宏,等.水环境评价与规划[M].广州:中山大学出版社,2001.220-226.
- [8] 水和废水监测分析方法指南(上册)[M].北京:中国环境科学出版社,1990.
- [9] 津田松苗.污水生物学[M].日本:北隆馆,1964.
- [10] 郑曦,刘登义.镜湖富营养化污染及其治理的初步研究 II-镜湖水体污染现状评述[J].安徽师范大学学报(自然科学版),2000,23(3):167-272.
- [11] 司友斌,包军杰,曹德菊,等.香根草对富营养化水体净化效果研究[J].应用生态学报,2003,14(2):277-279.

### (上接第92页)

水远小于1954年,在入海水道和分淮入沂都提前使用,入海水道33天分泄淮河洪水44亿 $m^3$ ,基本达到计算的1954年洪水泄洪量的情况下,洪泽湖蒋坝水位却已达14.37m,也从总体上表明下游排洪通道达不到设计排洪能力的薄弱性特点<sup>[13]</sup>。在中低洪水位时,洪泽湖的下泄能力也明显偏小,只有前期水位逼高后,才能发挥下游河道的设计行洪能力的这种矛盾,既加大了下游防洪压力,又加重了对周边和上游地区排水的影响。如果上游来水加快、峰量加大,这一问题则更突出。

## 4 结论

由上述分析可以看出,在全球变暖,洪涝灾害加剧的总体背景下,洪泽湖洪涝灾害的成灾因子较多,成灾机理体系复杂。以自然因素为主的成灾因子叠加了人类不合理活动的影响,共同导致了洪泽湖洪涝灾害的发生。

### 参考文献:

- [1] 刘春山,叶洪桂.2003年洪泽湖洪水特点[J].中国水利,2004,(4):13.
- [2] 毕宝贵,矫梅燕,廖要明,等.2003年淮河流域大洪水的雨情/水情特征分析[J].应用气象学报,2004,15(6):681-686.
- [3] 朱松泉,龚鸿身,等.洪泽湖[M].合肥:中国科学技术大学出版社,1993.71-93.
- [4] 楚思国.洪泽湖水文特性初探[J].水文,2001,21(5):56-59.
- [5] 姜加虎,袁静秀,黄群.洪泽湖历史洪水分析(1736-1992年)[J].湖泊科学,1997,9(3):231-236.
- [6] 姜加虎,袁静秀.洪泽湖水情特征[J].海洋湖沼通报,1999,(2):17-22.
- [7] 杨士键.洪泽湖湿地资源保护与可持续利用研究[J].重庆环境科学,2003,25(2):15-18.
- [8] 叶正伟,朱国传,江波.过去100年来洪泽湖洪涝灾害特性分析[J].水利水电技术,2005,36(3):62-65.
- [9] 陈远生,何希吾,赵承普,等.淮河流域洪涝灾害与对策[M].北京:科学技术出版社,1995.
- [10] 毛世民,金正越.淮河干流入湖河口段的河水水面比降[J].安徽水利科技,1999,(4):7-9.
- [11] 唐荣桂,薛松,智日进.从降水量观测成果浅析厄尔尼诺现象下的洪泽湖水文特征[J].江苏水利,2003,(7):27-29.
- [12] 张运林,罗激葱.江苏省近47年来的梅雨特征及灾害影响[J].灾害学,2003,16(2):58-61.
- [13] 陈茂满.洪泽湖蓄泄关系与淮河中下游防洪[J].水利规划与设计,2004,(2):27-31.
- [14] 叶正伟,朱国传,张云.洪泽湖湿地多样性特征分析[J].淮阴师范学院学报(自然科学版),2004,3(4):334-339.

质,通过它们的迅速生长,大量消耗水中的营养物质,降低水中的营养水平<sup>[11]</sup>。如果定期从湖中打捞这些植物,就可以从水中除去相当数量的氮和磷,达到治理水体富营养化的目的。将生物性措施与外部控制相结合是治理、调节和抑制水体富营养化的一条重要途径。

同时,水环境的管理与治理是一项系统工程,是建立在包括法律、政府、财政、技术等各方面组成的社会范围之内的,技术是基础,经济是支撑,而法律是实现水环境保护的根本保障。因此,要实现水环境质量的改善,必须加强法制建设,完善对镜湖水体保护的政策法规,加强镜湖管理处的管理职能,对镜湖水资源利用和保护中有关的技术、规划、法律问题等进行统一的领导和管理。

其一,洪泽湖过渡带的地理位置使其成为典型的洪涝成灾区,季风、梅雨、入境台风雨降水高度集中于水系复杂的洪泽湖流域是导致洪涝发生的根本原因;再者,黄河夺淮侵淮期间以及上游水土流造成河床大量泥沙淤积,逐渐淤高,河床剖面比降变小甚至在浮山形成“倒比降”,这种脆弱性的特殊地形导致洪涝对洪泽湖形成长期的高压态势,也是洪泽湖流域降水稍增就极易产生洪涝灾害的历史原因;此外,下游排洪通道标准低,行洪能力不足以及人类过度围垦造成库容和湖面减小的影响都加重了洪涝灾害的程度。这些成灾因子一起构成了洪涝灾害的复杂成灾机理,由此可见,洪泽湖流域洪涝灾害的致灾因子、成灾环境和成灾机理具有过渡性、脆弱性、薄弱性和历史性的特征。了解洪涝成灾机理的这些特性,对洪泽湖流域制定相应的洪涝防灾减灾对策有着重要的科学意义。