

惠州西湖生态恢复中营养盐和浮游生物监测

陈光荣¹, 刘 嫻², 雷泽湘³, 李传红⁴, 谭 镇⁴

(1. 广东建设职业技术学院机电工程系, 广东 广州 510450; 2. 广州南沙区环保局, 广东 广州 511457;
3. 仲恺农业工程学院环境科学与工程系, 广东 广州 510225; 4. 惠州环境科学研究所, 广东 惠州 516001)

摘要:惠州西湖是典型的热带浅水富营养化湖泊, 于2004年底建立示范区, 进行了鱼类调控和水生植被修复。2005年1~10月的调查结果表明: 示范区总磷、悬浮物、叶绿素a的含量分别比未修复的平湖低64.0%、80.0%、63.5%, 水体透明度提高了3倍以上; 示范区浮游植物优势种趋向贫-中营养种类, 以硅藻为主, 平均密度和生物量比未修复的平湖分别低98%和93%; 示范区浮游动物种类增加, 丰度显著减少, 优势种趋向清水态种类, 大型种类增多。说明生态修复改善富营养化水质取得了良好的效果。

关键词:富营养化; 生态恢复; 浮游生物; 惠州西湖

中图分类号:X832, X835 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2009)06-0030-06

富营养化湖泊生态恢复过程中常采取鱼类调控及水生植被修复措施(Hosper S H, 1990; Schriver P, 1995; Strand J A, 1999; Perrow M R, 1999), 试图将以藻类为优势的浊水态水体转变为以水生高等植物为优势的清水态水体, 随着生态系统的恢复, 包括浮游动物、鱼类、浮游植物及其他水生植物等在内的食物网结构也随之发生变化(Brooks J, 1965; Carpenter S R, 1985, 1988; Jeppesen E, 2000)。热带湖泊的理化条件及生态系统有其独特的特征(Crisman T L, 1990; Dumont H J, 1994; Fernando C H, 1994; Lewis W M Jr, 1987, 1996; Talling J F, 2001; Jeppesen E, 2006), 采取的生态恢复措施也有所不同(Starling F L R M, 1993; Lazzaro X, 1997; Saha S D, 1998; Bachmann R W, 2002), 热带湖泊的生态恢复中浮游生物的响应有待于进一步的研究。惠州西湖是典型的热带浅水城市湖泊(北纬23°15', 东经114°37'), 由南湖、丰湖、平湖、鳄湖和菱湖组成, 湖面面积1.48 km², 湖水平均深度1.6 m左右, 目前处于富营养化状态(陈光荣, 2007)。2004年底对处于平湖的示范区实施生物调控措施及进行水生态系统构建, 包括浮游生物食性鱼及底栖生物食性鱼的控制, 挺水植物、浮叶植物和沉水植物等水生植被共同构建与恢复(陈光荣, 2007)。本文主要对实行生态恢复措施后的示范区内的营养盐

和浮游生物进行研究, 评价生态恢复的效果, 同时揭示湖泊生态恢复的机理。

1 材料与方法

1.1 采样点设置

2005年1~10月每月采1次样, 在惠州西湖示范区和对照平湖(图1)各设3个采样点, 按示范区和对照区分别计算3个采样点的各项指标均值。

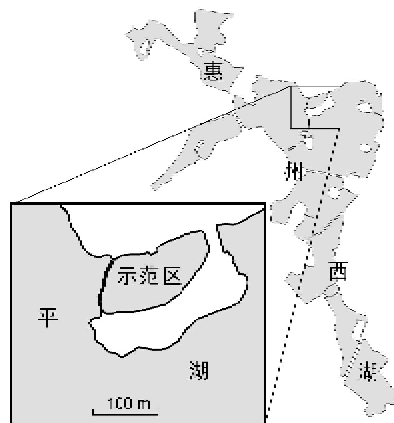


图1 惠州西湖研究区示意

Fig. 1 Sketch map of study area in Huizhou West Lake

1.2 样品采集和分析

样品分析包括水质指标分析、浮游生物分析等(金相灿, 1990)。

水质指标主要包括总磷、透明度、悬浮物、叶绿素a等。

浮游植物定性样品的采集是用20 μm的筛绢网进行垂直拖网, 加甲醛固定。浮游植物定量样品用采水器采集表层水1 L, 现场用鲁哥氏液固定, 实

收稿日期: 2009-05-03

基金项目: 广东省科技计划项目(2006B36703003), 广东建设职业技术学院项目(08-2-21)。

作者简介: 陈光荣, 1978年生, 男, 博士, 讲师, 主要从事水生态环境保护研究。E-mail: gzcgr@yahoo.com.cn

实验室在 10×40 倍显微镜下进行浮游植物种类鉴定和计数(胡鸿钧, 1979)。优势种测量其几何大小计算出该种的生物量,非优势种参照现成资料查得相应的物种体积计算生物量。

浮游动物中轮虫定性样品用 25 号浮游生物网($64 \mu\text{m}$)拖取,定量样品采水 1 L,现场加入 5% 福尔马林固定,带回实验室静置沉淀,浓缩至 20 mL 计数。大型浮游动物定性样品用 13 号浮游生物网($113 \mu\text{m}$)拖取,定量样品用 5 L 采水器采表层水 25

~50 L,用 25 号网过滤浓缩,现场加入 5% 福尔马林固定,在实验室用解剖镜进行种类鉴定及计数(王家楫, 1961; 蒋燮治, 1979; 中科院动物所甲壳动物研究组, 1979)。

2 结果与分析

2.1 水质指标

水质指标监测结果见图 2,图示数据为示范区和平湖各自 3 个采样点的平均值。

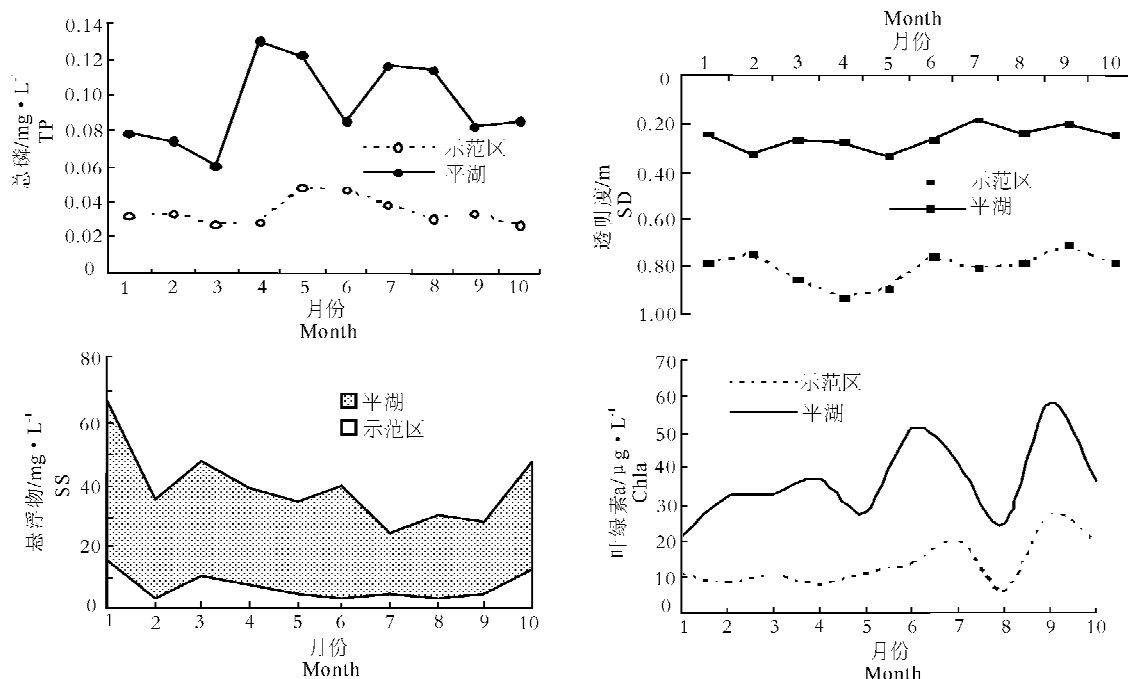


图 2 示范区与平湖的营养状况

Fig. 2 Nutrient characteristics in demonstration area and Pinghu lake

示范区的实测总磷 $0.018 \sim 0.062 \text{ mg/L}$, 平均值(0.035 ± 0.011) mg/L ,而未修复的平湖的总磷 $0.051 \sim 0.205 \text{ mg/L}$, 平均值(0.098 ± 0.040) mg/L ,示范区总磷平均值比其低 64.0% ($P < 0.01$),且平湖的总磷都维持在 0.05 mg/L 以上,达不到景观娱乐用水标准 C 类。高质量浓度的总磷直接促进浮游植物的生长,损害水体功能,影响美观。

水体透明度是水体富营养化指数评价中的一个非常重要的参考因子,水体的透明度受浮游植物丰度、水色、光、水中溶解物及其它悬浮物的影响。示范区的湖水基本清澈见底,实测透明度 $0.71 \sim 1.01 \text{ m}$,主要受水位变动的影响,其平均值为(0.82 ± 0.09) m ,而对应平湖的透明度非常低,仅 $0.18 \sim 0.35 \text{ m}$,变化不大,平均值为(0.27 ± 0.05) m ,示范区的透明度平均是其 3 倍($P < 0.01$)。

悬浮物是影响透明度的主要因素之一,悬浮物

主要包括水体中悬浮的泥沙及浮游动植物等,示范区经过基质改造、底栖生物食性鱼类去除及水生植物的合理栽种,水体水质明显改善,除去由于城市雨水冲刷带来的废弃物及附近寺庙的灰尘带来的一些波动,悬浮物含量逐渐降低,实测值 $3.00 \sim 17.33 \text{ mg/L}$,平均值为(6.56 ± 4.18) mg/L 。而未修复平湖湖水浑浊泛黄,底泥易受扰动向水体释放颗粒物质和营养成分,使藻类大量生长,悬浮物实测含量 $17.00 \sim 56.67 \text{ mg/L}$,平均值为(32.68 ± 10.63) mg/L ,示范区比其低 80.0% ($P < 0.01$)。

叶绿素 a 是组成悬浮物的重要成分,在 1 月份示范区生态系统构建开始时,示范区与相邻平湖的叶绿素质量浓度差别小,示范区叶绿素质量浓度在 $10 \mu\text{g/L}$ 左右,在 3 月底示范区的水生植物开始大量生长并占据优势后,叶绿素质量浓度降到 $5.51 \mu\text{g/L}$ 的最低值,而相对照的平湖在此时正是藻类大

量生长的时候,叶绿素质量浓度高达 $43.10 \mu\text{g/L}$, 随着气温的逐步升高,在6月份达到了 $51.51 \mu\text{g/L}$ 。随后,2者在8月份的时候均发生一次下降的波动,可能是藻类生长高峰期后一个相应短暂的回落。而温带湖泊终年变化幅度比较平稳,藻类暴发频率较高,高峰期并不特别明显。示范区的实测叶绿素 a $5.51 \sim 27.08 \mu\text{g/L}$, 平均值 $(12.77 \pm 6.68) \mu\text{g/L}$, 平湖 $18.02 \sim 58.24 \mu\text{g/L}$, 平均值 $(34.98 \pm 10.86) \mu\text{g/L}$, 示范区比平湖低了 63.5% ($P < 0.01$)。

2.2 浮游生物

实测平湖浮游植物密度 $22.35 \times 10^6 \sim 46.57 \times 10^6$ 个/L, 平均为 $(32.67 \pm 8.39) \times 10^6$ 个/L, 示范区则显著低于平湖, 密度 $0.21 \times 10^6 \sim 2.01 \times 10^6$ 个/L, 平均为 $(0.71 \pm 0.62) \times 10^6$ 个/L, 比未修复平湖低了 98% ($P < 0.01$)。在浮游植物密度组成比例上, 平湖的蓝藻门、绿藻门、硅藻门及其它门的平均百分比为 $(80.75 \pm 5.22)\%$ 、 $(16.01 \pm 4.63)\%$ 、 $(1.97 \pm 0.73)\%$ 、 $(1.25 \pm 1.00)\%$, 示范区则分别为 $(53.77 \pm 30.41)\%$ 、 $(33.78 \pm 25.90)\%$ 、 $(9.94 \pm 5.60)\%$ 、 $(2.51 \pm 1.80)\%$ 。

实测平湖浮游植物生物量 $2.65 \sim 8.76 \text{ mg/L}$, 平均为 $(5.91 \pm 2.26) \text{ mg/L}$, 示范区 $0.13 \sim 0.88 \text{ mg/L}$, 平均为 $(0.42 \pm 0.31) \text{ mg/L}$, 比未修复平湖少 93% ($P < 0.01$)。在生物量的组成比例上, 平湖的蓝藻门、绿藻门、硅藻门及其它门的平均百分比为 $(21.57 \pm 6.33)\%$ 、 $(32.86 \pm 10.78)\%$ 、 $(35.87 \pm 9.74)\%$ 、 $(9.70 \pm 10.44)\%$, 示范区的分别为 $(8.66 \pm 11.08)\%$ 、 $(37.54 \pm 17.97)\%$ 、 $(49.54 \pm 20.27)\%$ 、 $(4.26 \pm 5.75)\%$, 以硅藻门所占比例最高, 蓝藻门比例较低。

示范区和平湖的浮游植物丰度和生物量平均值动态见图3。

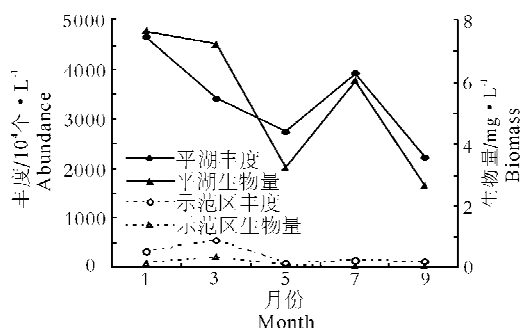


图3 浮游植物丰度及生物量变化

Fig. 3 The abundance and biomass change of phytoplankton

在浮游植物优势种上,示范区中为硅藻门的舟

形藻 (*Navicula* sp.)、羽纹藻 (*Pinnularia* sp.)、颗粒直链藻 (*Melosira granulata*)、针杆藻 (*Synedra*)、小环藻 (*Cycotella*)、绿藻门的小球藻 (*Chlorella* sp.)、甲藻门的裸甲藻 (*Gymnodinium aeruginosum*)等。在平湖中蓝藻门占据优势,为银灰平裂藻 (*Merismopedia elegans*)、铜绿微囊藻 (*Microcystis aeruginosa*)、蓝纤维藻 (*Dactylococcopsis acicularis* Lemn)、隐球藻 (*Aphanococcus*)、鱼腥藻 (*Anabaena*)等。示范区的优势种一般为适应寡污或者 β -中污的种类,而平湖的优势种一般为适应 α -中污或 β -中污的种类。

示范区浮游动物平均丰度 (94.36 ± 10.21) 个/L, 和未修复平湖相比,示范区大型浮游动物枝角类丰度显著增加 ($P < 0.01$), 桡足类丰度也大幅增长, 轮虫丰度则显著低于平湖 ($P < 0.05$)。在优势种 (表1) 方面,示范区的优势种为广生多肢轮虫 (*Polyarthra* sp.)、角突臂尾轮虫 (*Brachionus angularis*)、凶猛甲镖水蚤 (*Argyro diaptomus ferus*) 和无节幼体; 未修复平湖优势种为裂足臂尾轮虫 (*Brachionus diversicornis*)、长三肢轮虫 (*Filinia longiseta*)、剪形臂尾轮虫 (*Brachionus forficula*)、萼花臂尾轮虫 (*Brachionus calyciflorus*)、卜氏晶囊轮虫 (*Asplanchna brightwelli*)、裂痕龟纹轮虫 (*Anuraeopsis fissa*)、广生多肢轮虫 (*Polyarthra* sp.)、温中剑水蚤 (*Mesocyclops thermocyclopoides*) 和无节幼体。示范区有检出而在未修复平湖未检到的种类包括郝氏皱甲轮虫 (*Ploesoma hudsoni*)、晶体皱甲轮虫 (*Ploesoma lenticulare*)、颈沟基合蚤 (*Bosminopsis deitersi*)、晶莹仙达蚤 (*Sida crystalline*)、透明薄皮蚤 (*Leptodora kindtii*)、凶猛甲镖水蚤 (*Argyrodiaptomus ferus*) 等喜寡营养性水体的种类, 其中晶莹仙达蚤、颈沟基合蚤等是喜欢生活在水草丛生水体的大型种类, 凶猛甲镖水蚤、透明薄皮蚤是喜欢干净清澈水体的大型种类。此外,在示范区异尾轮属 (8种) 和腔轮属 (3种) 中寡污性的种类也有增加, 示范区中以寡污性和寡污性- β -中污性种类为主, 未修复的平湖则 β -中污性种类较多。在种类分布上, 臂尾轮属 (*Brachionus*) 和异尾轮属 (*Trichocerca*) 种类集中分布于热带和亚热带地区 (Fernando C H, 1980)。一般认为臂尾轮虫、异尾轮虫和裸腹蚤等是富营养水体的优势种 (Stemberger R S, 1994)。

3 讨论

随着示范区内水生植物修复和鱼类调控生态恢

表 1 示范区和平湖的浮游动物优势种

Tab. 1 The dominant species of zooplankton in demonstration area and Pinghu lake

种类 Species	平湖 Pinghu lake					示范区 Demonstration area				
	1 月	3 月	5 月	7 月	9 月	1 月	3 月	5 月	7 月	9 月
广生多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>	+	+	+			+	+	+		+
长三肢轮虫 <i>Filinia longiseta</i>		+		+	+					
角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>						+	+			
裂足臂尾轮虫 <i>B. diversicornis</i>		+		+						
剪形臂尾轮虫 <i>B. forficula</i>				+	+					
萼花臂尾轮虫 <i>B. calyciflorus</i>	+			+						
裂痕龟纹轮虫 <i>Anuraeopsis fissa</i>				+						
暗小异尾轮虫 <i>Trichocerca pusilla</i>	+									
卜氏晶囊轮虫 <i>Asplanchna brightwelli</i>		+		+						
前节晶囊轮虫 <i>A. priodonata</i>				+						
台湾温剑水蚤 <i>Thermocyclops taihokuensis</i>			+						+	
温中剑水蚤 <i>Mesocyclops thermocyclopoides</i>					+					
凶猛甲镖水蚤 <i>Argyrodiaptomus ferus</i>								+		
无节幼体			+		+	+	+	+	+	+

注: + 表示为优势种。

Notes: + Expressed as a dominant species.

复措施的实施,浮游生物发生了显著的变化。示范区水生植被恢复后,示范区总磷、悬浮物、叶绿素 a 的浓度分别比平湖降低 64.0%、80.0%、63.5%,水体透明度提高了 3 倍以上,水生高等植物能够快速吸收水体和沉积物中的营养盐(Carignan R, 1980; Gumbricht T, 1993),分泌产生化感物质抑制浮游植物生长,亦能为浮游动物提供庇护场所(Timms R M, 1984; Lauridsen T L, 1996),影响到鱼类的摄食及大小(Person L, 1995),因而对湖泊生态系统的物理、化学及生物学特性都有重要影响(Carpenter S R, 1986; Meerhoff M, 2003)。随着示范区内营养盐浓度的降低及水生植被的恢复,浮游植物的密度显著降低,平均密度和生物量分别降低了 98% 和 93%,优势种也趋向贫-中营养种类,以硅藻为主。浮游动物个体中多数种类为藻食性种类,随着浮游植物的减少,示范区浮游动物丰度显著减少,具竞争优势的大型种类增多,优势种趋向清水态种类。同时,水生植被的恢复为浮游动物提供了栖息和庇护场所,也有利于浮游动物生存。而大型浮游动物的增加,有利于对水体浮游植物的牧食和控制,对提高水体透明度和促进水生植被的恢复又有促进作用。

示范区通过清除以浮游生物和底栖生物为食的鱼类来促进大型浮游动物和底栖无脊椎动物(可摄食底栖、附生和浮游藻类)的发展,提高了水体透明度。浮游生物食性鱼类的减少,有利于大型浮游动物数量的增加,降低叶绿素的含量及初级生产力,底栖生物食性鱼的清除有利于底栖生物的发展而改善水质。水生植被在为浮游动物提供庇护的同时,也

为杂食性鱼类繁育提供了场所,从而间接增加了对浮游动物的捕食压力,示范区浮游动物仍然以小个体为主,浮游动物对浮游植物的捕食控制能力有限。

总体来说,浮游生物的响应结果表明,水生植被恢复结合鱼类调控是热带浅水富营养化湖泊治理的有效措施,生态恢复过程中营养盐、浮游动物、鱼类、浮游植物及其他水生植物之间的食物网结构和营养级关系有待于进一步的研究。

参考文献:

- 陈光荣,雷泽湘,李传红,等. 2007. 惠州西湖富营养化现状调查[J]. 长江大学学报, (4): 91-94.
- 陈光荣,刘正文,钟萍,等. 2007. 热带城市湖泊生态恢复中水生植被、浮游动物和鱼类的关系研究[J]. 生态环境, 16(1):1-7.
- 胡鸿钧,李尧英,魏印心,等. 1979. 中国淡水藻类[M]. 上海:科学技术出版社.
- 蒋燮治,堵南山. 1979. 中国动物志:淡水枝角类[M]. 北京:科学出版社.
- 金相灿,屠清瑛. 1990. 湖泊富营养化调查规范[M]. 北京:中国环境科学出版社.
- 王家楫. 1961. 中国淡水轮虫志[M]. 北京:科学出版社.
- 中科院动物所甲壳动物研究组. 1979. 中国动物志:淡水桡足类[M]. 北京:科学出版社.
- Bachmann R W, Horsburgh C A, Hoyer M V, et al. 2002. Relations between trophic state indicators and plant biomass in Florida lakes[J]. Hydrobiologia, 470: 219-234.
- Brooks J, Dodson S. 1965. Predation, body size and composition of plankton[J]. Science, 150: 28-35.
- Carpenter S R, Kitchell J F, Hodgson J R. 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity[J]. Bioscience,

- 35: 634 – 639.
- Carpenter S R, Lodge D M. 1986. Effects of submerged macrophytes on ecosystem processes[J]. *Aquat Bot*, 26: 341 – 370.
- Carpenter S R, Kitchell J F. 1988. Consumer control of lake productivity[J]. *Bioscience*, (38): 764 – 769.
- Carignan R, Kalff J. 1980. Phosphorus sources for aquatic weeds: water or sediments? [J]. *Science*, 207: 987 – 988.
- Crisman T L, Beaver I R. 1990. Applicability of planktonic biomanipulation for managing eutrophication in the subtropics [J]. *Hydrobiologia*, 200/201: 177 – 185.
- Dumont H J. 1994. On the diversity of the Cladocera in the tropics[J]. *Hydrobiologia*, 272: 27 – 38.
- Fernando C H. 1980. The freshwater zooplankton of Srilanka with a discussion of tropical freshwater zooplankton composition[J]. *Int. Revueges. Hydrobiol*, 65: 85 – 125.
- Fernando C H. 1994. Zooplankton, fish and fisheries in tropical freshwaters[J]. *Hydrobiologia*, 272: 17 – 38.
- Gumbrecht T. 1993. Nutrient removal processes in freshwater submersed macrophyte systems[J]. *Ecological Engineering*, 2: 1 – 30.
- Hosper S H, Jagtman E. 1990. Biomanipulation additional to nutrient control for restoration of shallow lakes in the Netherlands[J]. *Hydrobiologia*, 200/201: 523 – 524.
- Jeppesen E, Jensen J P, Søndergaard M, et al. 2000. Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient[J]. *Freshwat Biol*, 45: 201 – 213.
- Jeppesen E, Søndergaard M, Mazzeo N, et al. 2006. Lake restoration and biomanipulation in temperate lakes: relevance for subtropical and tropical lakes[C] // REDDY V. *Tropical Eutrophic Lakes: Their Restoration and Management*.
- Lauridsen T L, Lodge D M. 1996. Avoidance by *Daphnia magna* of fish and macrophytes: chemical cues and predator – mediated use of macrophyte habitat[J]. *Limnol Oceanogr*, 41: 794 – 798.
- Lazzaro X. 1997. Do the trophic cascade hypothesis and classical biomanipulation approaches apply to tropical lakes and reservoirs? [J]. *Verh Int Ver Limnol*, 26: 719 – 730.
- Lewis W M Jr. 1987. Tropical limnology[J]. *Ann Rev Ecol Syst*, 18: 159 – 84.
- Lewis W M Jr. 1996. Tropical lakes: how latitude makes a difference[M] // F Schiemer, K T Boland. *Perspectives in tropical limnology*. Amsterdam, The Netherlands: SPB Academic Publishing bv: 43 – 64.
- Meerhoff M, Mazzeo N, Moss B, et al. 2003. The structuring role of free-floating versus submerged plants in a subtropical shallow lake[J]. *Aquatic Ecology*, 37: 377 – 391.
- Perrow M R, Jowitt A J D, Stansfield J H, et al. 1999. The practical importance of the interactions between fish, zooplankton and macrophytes in shallow lake restoration[J]. *Hydrobiologia*, 395/396: 199 – 210.
- Person L, Eklöv P. 1995. Prey refuges affecting interactions between piscivorous perch and juvenile perch and roach[J]. *Ecology*, 76: 70 – 81.
- Saha S D, Jana B B. 1998. Control of bloom in a tropical lake: grazing efficiency of some herbivorous fish[J]. *J Fish Biol*, 53: 12 – 34.
- Schröder P, Bogestrand J, Jeppesen E, et al. 1995. Impact of submerged macrophytes on fish-zooplankton-Phytoplankton interactions: large-scale enclosure experiments in a shallow eutrophic lake[J]. *Freshwater Biol*, 33: 255 – 270.
- Starling F L R M. 1993. Control of eutrophication by silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) in the tropical paranáo reservoir (Brasília, Brazil): a mesocosm experiment[J]. *Hydrobiologia*, 257: 143 – 152.
- Stemberger R S, Lazorchak J M. 1994. Zooplankton assemblage responses to disturbance gradients [J]. *Can J Fish Aquat Sci*, 51: 2 435 – 3 447.
- Strand J A. 1999. The development of submerged macrophytes in Lake Ringsjön after biomanipulation[J]. *Hydrobiologia*, 404: 13 – 121.
- Talling J F. 2001. Environmental controls on the functioning of shallow tropical lakes [J]. *Hydrobiologia*, 458: 1 – 8.
- Timms R M, Moss B. 1984. Prevention of growth of potentially dense phytoplankton populations by zooplankton grazing, in the presence of zooplanktivorous fish, in a shallow wetland ecosystem[J]. *Limnol Oceanogr*, 29: 472 – 486.

(责任编辑 杨春艳)

The response of Nutrient Salt and Plankton to Ecological Restoration in Huizhou West Lake

CNEN Guang-rong¹, LIU Xian², LEI Ze-xiang³, LI Chuan-hong⁴, TAN Zhen⁴

(1. Department of Engineering, Guangdong Construction Vocational
Technology Institute, Guangzhou 510450, China;

2. Environmental Protection Agency of Nansha District, Guangzhou 511457, China;

3. Department of Environmental Science and Engineering, Zhongkai University of
Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China;

4. Institute of Huizhou Environmental Science, Huizhou 516001, China)

Abstract: Huizhou West Lake is a eutrophic shallow urban lake. An ecological restoration project was carried out including planktivorous and benthivorous fish removal and macrophyte restoration in December, 2004. We investigated the situation of demonstration area and unrestored Pinghu from January to October, 2005. The result showed that the concentration of TP, SS and Chl a in demonstration area respectively decreased 64.0%, 80.0% and 63.5% compared with the Pinghu lake, the water transparency increased three times. In demonstration area the dominant species of phytoplankton tended to meso-oligosaprobic algae and changed from blue-green-algae in Pinghu lake to diatom, at the same time the abundance and biomass of phytoplankton respectively decreased 98% and 93% compared with the Pinghu lake. The number of zooplankton species increased and the abundance of large-sized species included cladocerans and copepods increased, but the abundance of rotifers decreased significantly, at the same time the preponderant species in demonstration area tended to change to clear water species. The water quality in demonstration area improved greatly through ecological restoration.

Key words: Eutrophication; Ecological restoration; Plankton; Huizhou West Lake