

文章编号: 1674-5566(2010)04-0514-07

# 淀山湖养殖围网拆除后昆山水域 浮游生物生态现状初步研究

薛俊增<sup>1</sup>, 蔡 桢<sup>1</sup>, 方 伟<sup>1</sup>, 吴惠仙<sup>1</sup>, 陆建红<sup>2</sup>

(1 上海海洋大学省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306;

2 江苏省昆山市渔政监督管理站, 江苏 昆山 215300)

**摘 要:** 为了研究淀山湖昆山水域养殖围网拆除后的浮游生物生态现状, 于 2008 年春季围网全部拆除后在淀山湖昆山水域设置 5 个断面进行了相关研究。结果显示研究期间淀山湖昆山水域各样点温度分布基本一致, 水体呈弱碱性, pH 值在 8.39~8.85 之间, 电导值为 0.87~1.02  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , 水体溶解氧在 8.92~12.71  $\text{mg}/\text{L}$  之间, 透明度值较小, 多在 0.35~0.60 m 间, 总氮均值高于 3  $\text{mg}/\text{L}$  总磷在 0.11~0.57  $\text{mg}/\text{L}$  之间, 重金属浓度很低。调查期共采集到浮游植物 8 门 215 种, 平均密度 2.119  $\times 10^7$  ind/L 采集到轮虫 9 科 30 种, 优势种为针簇多肢轮虫 (*Polyarthra trigla*); 采集到枝角类 8 属 10 种, 优势种为筒弧象鼻溞 (*Bosmina coregoni*); 采集到桡足类 8 属 10 种, 优势种为广布中剑水蚤 (*Mesocyclops leuckarti*)。分析表明淀山湖昆山水域水质已呈富营养化状态, 拆围后应加强水质管理, 进行生态调控和治理已刻不容缓。

**关键词:** 淀山湖; 养殖围网; 浮游生物; 生态

**中图分类号:** Q 178.1; S 932.8 **文献标识码:** A

## Ecological status of plankton in Kunshan area of Dianshan Lake after aquaculture net dismantling

XUE Jun-zeng<sup>1</sup>, CAI Zhen<sup>1</sup>, FANG Wei<sup>1</sup>, WU Hui-xian<sup>1</sup>, LU Jian-hong<sup>2</sup>

(1 Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources Shanghai Ocean University  
Ministry of Education, Shanghai 201306, China;

2 Jiangsu Kunshan Fishery Monitoring Station, Kunshan 215300, China)

**Abstract:** Five sampling sections were set in the Kunshan area of Dianshan Lake to study the ecological status of plankton after the complete removal of aquaculture net in spring 2008. The results showed that the temperature at different sampling sites of Kunshan area of Dianshan Lake wasn't different. pH value was between 8.39 to 8.85. The conductivity value was 0.87-1.02  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . The dissolved oxygen was 8.92-12.71  $\text{mg}/\text{L}$ . The value of transparency was very low, at 0.35-0.60 m. TN was all higher than 3  $\text{mg}/\text{L}$ . TP was 0.11-0.57  $\text{mg}/\text{L}$ . The concentrations of heavy metals were very low. In the study, phytoplankton was found 8 phylum 215 species and the average density was 2.119  $\times 10^7$  ind/L. Rotifer was found 9 families 30 species, the dominant species for the rotifer was *Polyarthra trigla*. Cladoceran was identified 8 genus 10 species, dominant species was *Bosmina coregoni*. Copepod was identified 8 genus 10 species, dominant species was *Mesocyclops leuckarti*. The results showed that the Kunshan Dianshan Lake was already eutrophic in

收稿日期: 2009-10-14

基金项目: 上海市教委重点学科建设项目 (J50701); 苏州市渔政监督管理站科技合作项目 (D-8006-08-0060)

作者简介: 薛俊增 (1966-), 男, 博士, 教授, 主要从事流域与近海生态学方面的研究。E-mail: jzxue@shou.edu.cn

other words after dismantling the aquaculture net we must strengthen the water quality management and there is no time to lose in ecological control and governance

Key words: Dianshan Lake; aquaculture net; plankton; ecology

淀山湖位于江苏、浙江和上海交界处,是太湖流域的著名湖泊,面积 63.7 km<sup>2</sup>,主要接受太湖流域上游来水,沿湖进出河流 59 条,换水周期约 29 d,平均水深 2.1 m<sup>[1]</sup>。淀山湖昆山水域约 18 km<sup>2</sup>,2004 年开始进行渔业围网拆除工作,至 2008 年围网已全部拆除。淀山湖上海水域 2004 年完成围网拆除工作,2007 年湖区发现蓝藻,昆山水域大部分湖面没有上海水域开阔,水环境生态状况尤其需要备加关注。有关淀山湖水生生物的研究,在浮游植物<sup>[2-3]</sup>、微囊藻毒素<sup>[4]</sup>、水生维管束植物<sup>[5]</sup>、软体动物<sup>[6]</sup>、枝角类<sup>[7]</sup>、桡足类<sup>[8]</sup>和鱼类多样性<sup>[9]</sup>等方面曾有相关报道,但无法依此阐明 2008 年昆山水域养殖围网全拆除后湖区的水域生态状况,亟需开展相关研究工作,为淀山湖昆山水域的水环境管理和渔业资源的保护与利用提供依据。在围网拆除后的 2008 年春季及时开展的淀山湖昆山水域浮游生物生态研究,一方面可阐明围网拆除后淀山湖昆山水域生态现状,为今后的水环境生态的跟踪管理以及生态治理提供依据,另一方面也为渔业放流提供理论基础,具有重要的实践意义。

## 1 材料与方法

2008 年春季在淀山湖昆山水域设 5 个断面 (S1-S5),每个断面设左 (L)、中 (M)、右 (R) 3 个采样点 (图 1),采集浮游生物和分析水质。浮游生物标本的采集与处理根据文献<sup>[10-11]</sup>进行。水质分析方法根据《湖泊采样技术指导》(GB/T 14581-93)、《环境监测标准分析方法》进行。生物分类计数应用显微图像处理系统完成;数据资料应用计算机和相应软件完成运算处理。

## 2 结果

### 2.1 水质现状

春季调查期淀山湖昆山区水体温度均值为 18.59℃,各样点变化不大,最高点为 S3R,温度为 19.06℃;透明度总体不高,均值为 0.48 m,变化趋势基本一致,在 0.35~0.60 m 范围内波

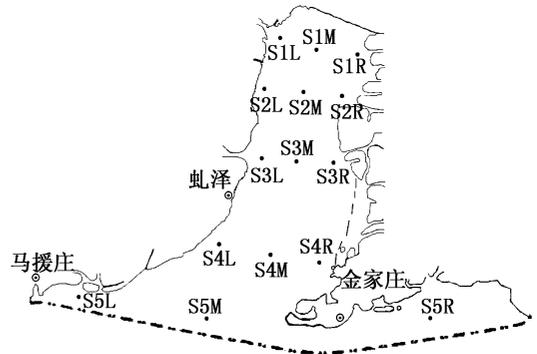


图 1 昆山淀山湖采样点示意图  
Fig 1 The sampling sites of Kunshan area in Dianshan Lake

动,透明度最大样点为 S2R; pH 值均值为 8.65,呈弱碱性,变化幅度为 8.39~8.89,各样点较平均,空间分布也基本一致;电导值的波动范围为 0.87~1.02 μs/cm 之间,湖区各点分布较一致;水体溶解氧较高,总体在 8.92~12.71 mg/L 之间变化,最低点为 S1L;昆山水域的浊度各样点之间变化较大,最高点 S4L 为 42.32 NTU,最低点 S2R 为 12.92 NTU,相差三倍多,主要受湖区近岸施工影响;围网拆除后淀山湖水体总氮浓度不同样点间的差别较大,且含量很高,除 S5L 和 S5R 两个样点外,其它各样点的总氮都在 5 mg/L 以上;总磷的变化趋势与总氮的变化基本一致,除了 S5L 和 S5R 两样点外,均在 0.2 mg/L 之上;锌、铜、铬和铅这几种重金属的浓度较低,大都低于渔业水质标准 (表 1)。

### 2.2 浮游植物

#### 2.2.1 种类组成

淀山湖养殖围网拆除后昆山水域 15 个样点共采集到浮游植物 8 门 215 种,其中蓝藻门 (Cyanophyta) 31 种、隐藻门 (Cryptophyta) 3 种、甲藻门 (Pyrrophyta) 5 种、金藻门 (Chrysophyta) 3 种、黄藻门 (Xanthophyta) 9 种、硅藻门 (Bacillariophyta) 53 种、裸藻门 (Euglenophyta) 18 种和绿藻门 (Chlorophyta) 93 种。优势种为卵形隐藻 (Cryptomonas ovata)、尖尾蓝隐藻 (Chroococcus acuta)、串珠丝藻 (Ulothrix moniliformis) 和极小拟小椿藻 (Chraciopsis minima) 等。

表 1 淀山湖昆山水域各样点水体理化因子  
Tab. 1 Ecological factors of Kunshan area in Dianshan Lake

Table with 16 columns (Project, S1, S1L, S1M, S1R, S2, S2L, S2M, S2R, S3, S3L, S3M, S3R, S4, S4L, S4M, S4R, S5, S5L, S5M, S5R) and 16 rows of data including Temperature, pH, Conductivity, Dissolved Oxygen, Turbidity, Transparency, Total Phosphorus, Total Nitrogen, Zinc, Copper, Chromium, and Lead.

2.2.2 密度

春季各样点浮游植物密度都高于 10^7 ind/L (图 2)。S1断面平均密度较高,最高点 S1R藻类

密度达到 2.93 × 10^7 ind/L,比最低点 S4R高出 2 倍多。S2断面的 3个样点则差异微小,其余各断面藻类密度都在 10^7 ind/L之内波动。

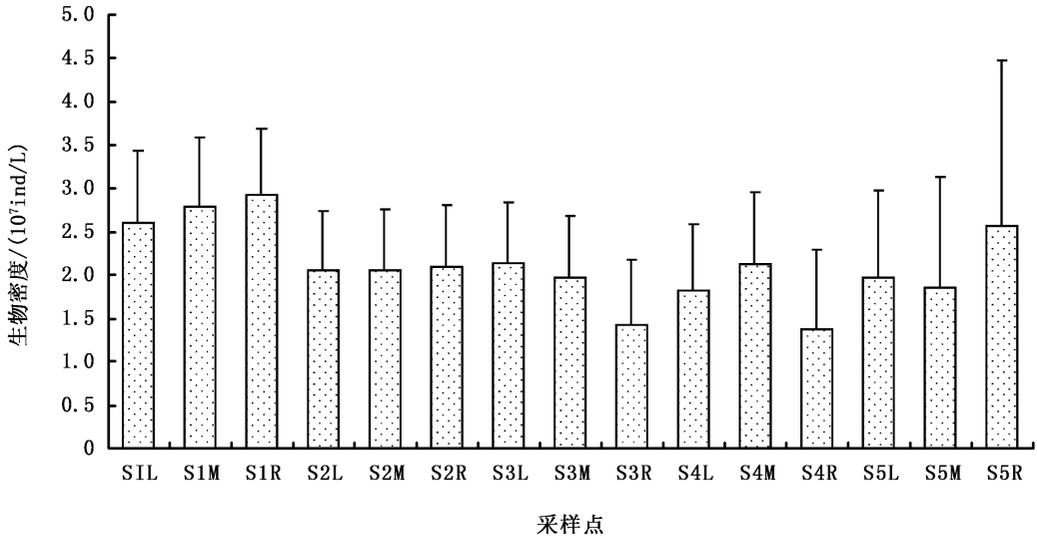


图 2 淀山湖昆山水域浮游植物密度的水平分布

Fig 2 The horizontal distribution of phytoplankton density of Kunshan area in Dianshan Lake

卵形隐藻在整个调查期间占优势地位,各样点均值为 2.12 × 10^6 ind/L,其次为尖尾蓝隐藻,表明隐藻门种类在春季占密度的优势地位。另外,绿藻门的串珠丝藻、黄藻门的极小拟小椿藻

和蓝藻门的小席藻 (Phormidium tenus)等也具有一定的优势,密度分别为 1.07 × 10^6 ind/L, 9.15 × 10^5 ind/L和 8.97 × 10^5 ind/L。

## 2.3 浮游动物

### 2.3.1 轮虫

春季淀山湖养殖围网拆除后昆山水域调查中共采集到轮虫 9 科 30 种,角突臂尾轮虫 (*Brachionus angularis*)、萼花臂尾轮虫 (*B. calyciflorus*)、螺形龟甲轮虫 (*Keratella cochlearis*)、针簇多肢轮虫 (*Polyarthra trigla*)和长三肢轮虫

(*Filinia longiseta*)出现频率较高。除了 S3 断面角突臂尾轮虫的密度最高,其余各断面的优势种均为针簇多肢轮虫。轮虫的密度在春季变化较剧烈,各样点分布不均匀,最高点出现在 S5R,生物密度为  $1.44 \times 10^4$  ind/L 其他各样点均在  $10^4$  ind/L 以下波动。

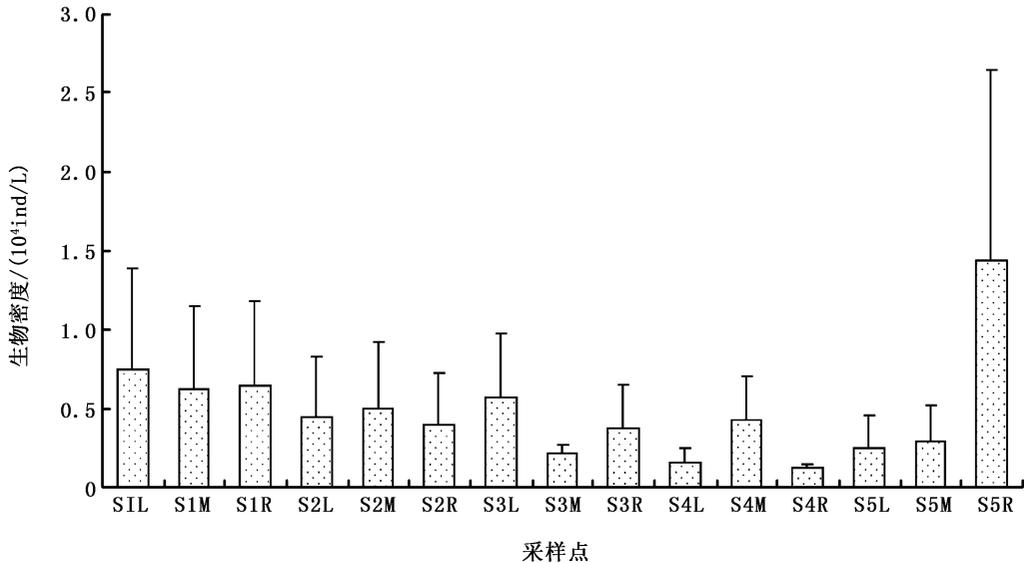


图 3 淀山湖昆山水域轮虫密度的水平分布

Fig 3 The horizontal distribution of Rotifer density of Kunshan area in Dianshan Lake

### 2.3.2 枝角类

淀山湖养殖围网拆除后昆山水域调查期共鉴定的浮游枝角类 10 种,平均密度为 624.56 ind/L, S5M 样点密度最大,其值为 1476.6 ind/L;生物量均值为 4.69 g/L, S4L 样点生物量最高,其值为 10.77 g/L。该时期枝角类最大密度和最高生物量的种类一致,为简弧象鼻溞 (*Bosmina coregoni*)和远东裸腹溞 (*Moina weismanni*),其密度分别为  $1.85 \times 10^4$  ind/L 和 165.1 ind/L,生物量分别为 135.2 g/L 和 4.324 g/L。

### 2.3.3 桡足类

淀山湖养殖围网拆除后昆山水域调查期共鉴定的桡足类 10 种,密度最高值为 S4L 样点,值为 136.6 ind/L,密度超过 100 ind/L 的样点依次

还有 S5M、S2M、S1R、S2L 和 S1L。桡足类生物量的变化趋势与枝角类基本一致,春季调查期桡足类生物量的变化范围为 0.04 ~ 0.965 g/L,最高值在 S3R 样点。S1M、S1R 以及 S4L 与 S5M 样点的桡足类密度具优势地位,但这些样点的生物量的优势度却不高,这主要是因为无节幼体 (*Nauplii*)和桡足幼体 (*Copepodite*)在这些样点的数量较多,而其个体较小,总体表现为样点总均生物量在各样点中处于较低水平。

绿色近剑水蚤 (*Tropocyclops prasi*)和汤匙华哲水蚤 (*Sinocalanus dorrii*)在各样点总生物量值分别为 3.85 g/L 和 2.53 g/L,成为春季淀山湖养殖围网拆除后昆山水域桡足类的优势种。

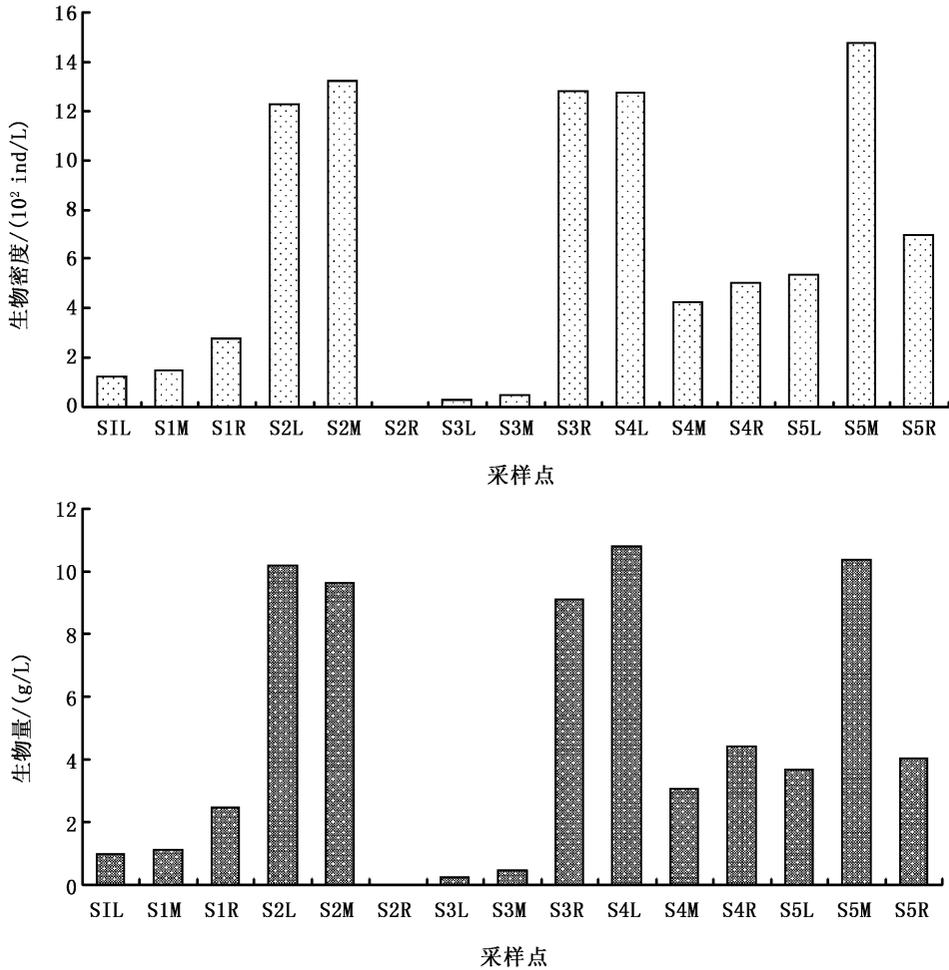


图 4 淀山湖昆山水域枝角类的生物密度和生物量的分布  
 Fig 4 The horizontal distribution of Ctenophore density and biomass of Kunshan area in Dianshan Lake

### 3 讨论

#### 3.1 淀山湖富营养化状况分析

多数学者认为在众多反映水体富营养化状态的参数中, TN、TP、透明度和 DO 是最能体现湖泊水体营养水平的指示参数, 并且具有早期预警作用<sup>[12-13]</sup>。根据联合国经济合作和开发组织 (OECD, Organization for Economic Cooperation and Development) 的营养状态分类<sup>[14-15]</sup>, 当  $TN \geq 2.7 \text{ mg/L}$   $TP \geq 0.1 \text{ mg/L}$  时为重富营养, 则围网拆除后春季昆山水域 TN 值和 TP 值已超出重富营养化的标准, 水体呈现严重的富营养化态势。

淀山湖 1985 年第一次水华爆发以来, 水质总

体呈恶化趋势, 从上海市环境监测中心以及上海市环境保护局 1986~1999 年对湖区历年的检测数据 (表 2) 分析, 1998 年蓝藻水华爆发后营养盐富集更加迅速, 总体表现为 TN 增加。养殖围网拆除后淀山湖昆山水域 TN、TP 的浓度增加, 透明度下降, 溶解氧也有一定升高。据报道氮为  $3.6 \text{ mg/L}$ 、磷为  $0.8 \text{ mg/L}$ 、水温为  $29 \sim 30^\circ\text{C}$  时水华爆发强烈<sup>[16]</sup>。春季淀山湖昆山水域调查中, 氮的浓度已完全超出水华爆发的氮临界值, 磷虽处富营养化状态, 但在水华大爆发所需的浓度以下, 因而磷为淀山湖昆山水域水华爆发的限制性因子, 所以在养殖围网拆除后, 淀山湖昆山水域在水环境管理方面应加强对磷的监控。

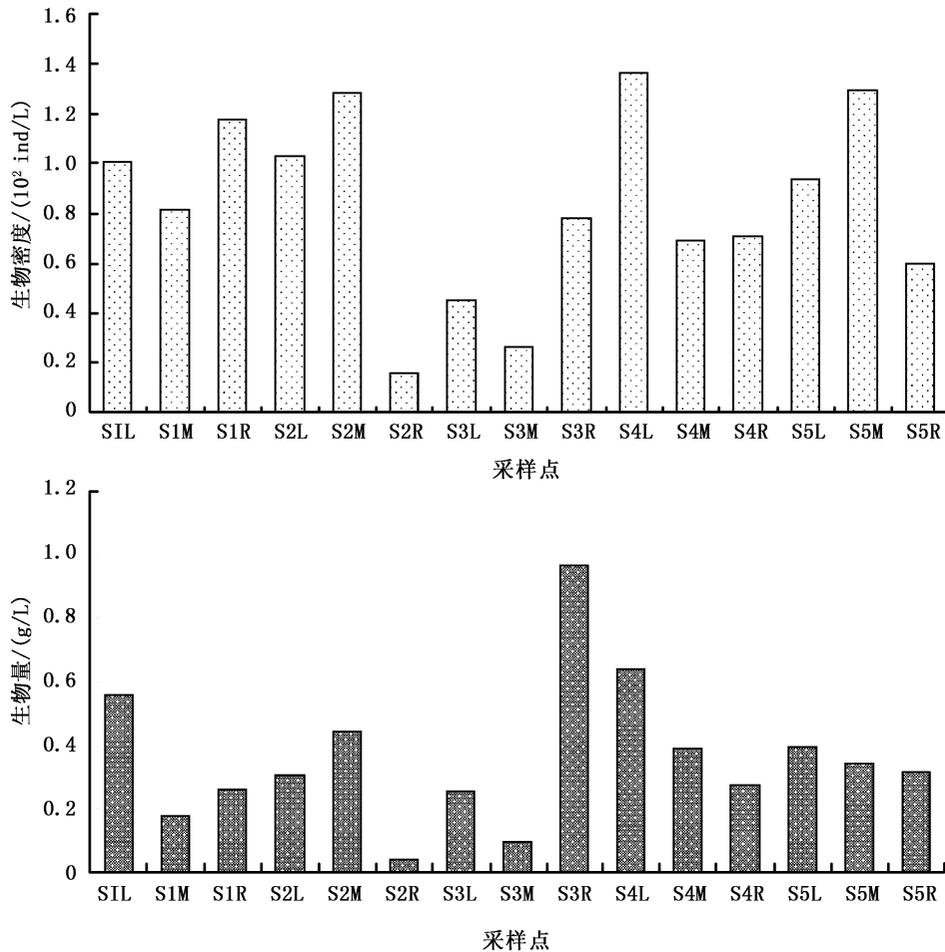


图 5 淀山湖昆山水域桡足类的密度和生物量的分布

Fig 5 The horizontal distribution of Copepods density and biomass of Kunshan area in Dianshan Lake

表 2 不同阶段淀山湖富营养化水质特征

Tab. 2 The characters of ecological factors of Kunshan area in Dianshan Lake in different stages

年份	项目			
	TN(mg/L)	TP(mg/L)	SD (cm)	DO(mg/L)
1986—1999 <sup>[12]</sup>	2.47	0.13	0.52	8.59
1999—2004 <sup>[12]</sup>	4.29	0.20	0.54	7.97
2008	6.90	0.36	0.48	10.67

注: 1991—1999年, 1999—2004年分析数据为年均值。

### 3.2 浮游生物生态状况

浮游生物作为重要的水生生物类群,也是水体质量的重要指标之一。特别是藻类由于是最基本的初级生产者,个体小、生活周期短、繁殖速度快,易受环境中各种因素的影响而在较短周期内发生改变,其现存量、种类组成和多样性能更好地指示出水体的营养水平<sup>[17]</sup>。淀山湖上海水

域的调查中显示,1991年至1992年共有浮游植物8门63属98种<sup>[2]</sup>,年均藻类生物密度仅为 $10^4$  ind/L,优势种为隐藻,为中营养型指示藻类。至2003年至2004年藻类有8门68属160种<sup>[3]</sup>,优势种为颗粒直链藻最窄变种(*Melosira granulata* var. *angus*),为富营养型指示藻类。从1991年至今,淀山湖上海水域藻类种类增加,数量升高,总体有从中营养型向富营养型水体转变的趋势。淀山湖富营养化趋势的日益严重,多数学者将此归因于湖区内网箱养殖所引入的高密度营养氮和营养磷,致使浮游藻类密集生长。养殖围网拆除后两年,水质稍有改善,蓝藻未大面积滋生,但至2007年8月又出现3次大规模蓝藻水华<sup>[16]</sup>,水质状况堪忧。本次养殖围网拆除后淀山湖昆山水域的调查藻类鉴定到8门215种,藻类生物密度高达到 $10^7$  ind/L,优势种为卵形隐藻

(*Cryptomonas ovata*), 为中营养型指示种, 其它优势种类呈现隐藻—蓝藻型趋势。由于此次调查季节为春初, 温度和光照强度还未到达藻类大量生长繁殖的最优条件, 可以推断, 当进入夏季, 温度升高至 29~30℃, 仍有水华大量爆发的隐患。各项分析都表明养殖围网拆除后, 淀山湖昆山水域的水质并未有根本性转变, 富营养化仍相当明显, 应对拆围后的水质状况给予充分重视。

### 3.3 有关淀山湖生态治理的建议

从水域生态系统生态学的角度出发, 正常水域生态系统物质循环和能量流动处于生态平衡状态, 可维持水域生态系统的健康发展。目前湖泊水域受损生态系统的生物修复主要在两个方面进行, 一方面是恢复水体植被, 种植大型藻类, 通过人工的方式将藻型湖泊改造为草型湖泊, 降低水体的氮磷含量, 抑制水华的暴发; 另一方面是通过放养滤食性鱼类等动物, 控制水华藻类的密度, 从而抑制水华藻类的暴发。根据淀山湖目前的实际情况, 短期内通过种植水草, 恢复水体植被, 降低氮磷含量, 有较大的难度; 放养滤食性鱼类, 控制藻类的密度, 目前倒是可以操作的。在调查期间, 淀山湖昆山水域的水环境条件基本一致, 重金属含量低, 浮游植物种类丰富, 虽然春初浮游动物种类组成和密度都较低, 但春末浮游动物尤其是轮虫的种类和密度有了较大的提高, 根据其他相关研究的规律显示, 随着温度的上升, 其后浮游植物和浮游动物的密度和生物量将进一步的增加, 为滤食性鱼类奠定了饵料基础, 因而适合适当的放养滤食性鱼类。

陈文银教授对本项目的进行给予了指导性建议, 唐庆蝉、何玮、谭一粒、刘艳、闫爱菊、孙薇、边佳胤等协助部分野外和实验室工作, 特此致谢!

### 参考文献:

- [1] 由文辉, 宋永昌. 淀山湖 3 种沉水植物的种子萌发生态 [J]. 应用生态学报, 1995, 6(2): 196—200.
- [2] 由文辉. 淀山湖的浮游植物及其能量生产 [J]. 海洋湖沼通报, 1995, 1(1): 47—53.
- [3] 赵爱萍, 刘福影, 吴波, 等. 上海淀山湖的浮游植物 [J]. 上海师范大学学报: 自然科学版, 2005, 34(4): 70—76.
- [4] 连民, 陈传炜, 俞顺章. 淀山湖夏季微囊藻毒素分布状况及其影响因素 [J]. 中国环境科学, 2000, 20(4): 323—327.
- [5] 由文辉. 淀山湖水生维管束植物群落研究 [J]. 湖泊科学, 1994, 6(4): 317—324.
- [6] 由文辉, 尤力群. 淀山湖软体动物群落的研究 [J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 1998, (1): 103—109.
- [7] 赖伟, 林汉刚, 堵南山. 淀山湖三种枝角类种群动态初步研究 [J]. 海洋与湖沼, 1988, 19(2): 101—108.
- [8] 赖伟, 李逸平, 堵南山. 上海淀山湖浮游桡足类群落组成与季节变动研究 [J]. 水生生物学报, 1987, 11(2): 173—183.
- [9] 孙菁煜, 戴小杰, 朱江峰, 等. 淀山湖鱼类多样性分析 [J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(5): 454—459.
- [10] 章宗涉, 黄祥飞. 淡水浮游动物研究方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [11] 孙鸿烈, 刘光崧主, 黄祥飞, 等. 中国生态系统研究网络观测与分析标准方法—湖泊生态调查观测与分析 [M]. 北京: 中国标准出版社, 1990.
- [12] 程曦, 李小平. 淀山湖氮磷营养物 20 年变化及其藻类增长响应 [J]. 湖泊科学, 2008, 20(4): 409—419.
- [13] USEPA. Nutrient Criteria technical guidance manual lakes and reservoirs [M]. Washington: USEPA—822—B00—001, 2000.
- [14] 张锡辉. 水环境修复工程学原理与应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [15] 王志红, 崔福义, 安全. 水温与营养值对水库藻华态势的影响 [J]. 生态环境, 2005, 14(1): 10—15.
- [16] 黄钰铃, 陈明曦, 刘德富. 不同氮磷营养及光温条件对蓝藻水华生消的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2008, 36(9): 93—100.
- [17] 刘宇, 沈建忠. 藻类生物学评价在水质检测中的应用 [J]. 水利渔业, 2008, 28(4): 5—7.