

# 塔山水库春季水生生物特征调查

刘金吉,王波,徐鑫,钱入彬

(赣榆县环境监测站,江苏 连云港 222100)

**摘要:**对塔山水库春季湖水中浮游生物、底栖动物和入湖河道水生维管植物的生物学性质进行了调查。结果表明,塔山水库浮游植物共7门60属130种,主要优势种类为小环藻、尖针杆藻、冰岛直链藻等8种;共鉴定浮游动物5大类25种,主要优势种类为幼虫、独角聚花轮虫、浮游累枝虫、缩钟虫等;共鉴定底栖动物2大类,2种;浮游植物单位体积内 Chla 为  $6.06 \sim 15.33 \text{ mg/m}^3$ ,最高生产层日产量(以碳计)为  $0.26 \sim 0.65 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ,水柱日产量(以碳计)为  $0.78 \sim 1.06 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ;共记录水生维管植物9种,优势种为空心莲子草、浮萍、菹草和紫萍。塔山水库水质处于中度及以上富营养化水平。

**关键词:**塔山水库;浮游生物;底栖动物;水生维管植物;富营养化

中图分类号:X835

文献标识码:A

文章编号:1674-6732(2014)02-0045-04

## The Feature Investigation of the Aquatic Organisms in Tashan Reservoir in Spring

LIU Jin-ji, WANG Bo, XU Xin, QIAN Ru-bin

(1. Ganyu Environmental Monitoring Station, Lianyungang, Jiangsu 222100, China)

**Abstract:** To understand the ecosystem of the spring lake water in Tashan Reservoir, we conducted a research on the biological property of plankton and benthic fauna in the reservoir area and aquatic vascular plant in the inflowing river in this article. The result indicates that there are 7 phyla, 60 genera and 130 species of phytoplankton, with 8 advantageous species such as *Cyclotella*, *Synechococcus affinis* and *Melosira islandica*; there are 5 classes of zooplankton tested, with 25 advantageous species such as *larva*, *Conochilus unicornis*, *Wpistylis lacustris* and *Vorticella abbreviate*; there are 2 species of benthic fauna in 2 classes tested. Phytoplankton's chlorophyll content per unit volume ranges from  $6.06$  to  $15.33 \text{ mg/m}^3$ , the daily yield of the highest productive layer is between  $0.26$  and  $0.65 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ , and the daily yield of water column is from  $0.78$  to  $1.06 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ . There are 9 species of aquatic vascular plant recorded, and the advantageous species are *Alternanthera philoxeroides*, *Lemna minor*, *Potamogeton crispus* and *Spirodela polyrrhiza*. The indexes have shown that the water quality of Tashan Reservoir during the research period was moderate or above moderate level of eutrophication, and the main pollution came from the inflowing river.

**Key words:** Tashan Reservoir; Plankton; Benthic fauna; Aquatic vascular plant; Eutrophication

赣榆县塔山水库建成于1959年,集水面积  $386 \text{ km}^2$ ,库容  $2.82 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,为江苏省第二大人工水库<sup>[1-2]</sup>。2000年塔山水库被划定为省级饮用水源保护区,是赣榆县城区及沿途镇唯一的地表式集中饮用水源地。由于网箱养鱼等原因,塔山水库曾于1997年和1998年蓝藻暴发,后经采取库区禁养、生物防治等措施,使得蓝藻得到有效控制,但入库径流等因素给库区水体带来的污染和危害仍未完全排除,并对湖区水质产生潜在的影响<sup>[3-4]</sup>。

近年来,有关研究人员对塔山水库浮游动、植物的某些特性进行了研究,提出了有针对性的治理措施<sup>[2-5]</sup>,但大都限于蓝藻,而且定性分析较多。

现调查了塔山水库春季生态系统结构,分析了塔山水库水质富营养的状况,提出了改善库区生态系统的建议,以期为塔山水库的水质改善与监管提供参考。

### 1 调查方法

#### 1.1 采样站位

根据塔山水库的特点,2013年5月开展浮游

收稿日期:2013-08-09;修订日期:2014-02-20

基金项目:江苏省环保科研课题基金资助项目(2012073)。

作者简介:刘金吉(1972—),男,高级工程师,本科,从事生物监测工作。

植物和浮游动物的调查, 采样站位1~5号, 分别为坝前区、东坝入库口区、库中区、青口河入库口区、青口河入库口西区; 水生维管植物调查采样站位6~9号, 分别为: 青口河入库黑林桥下、汪子头河入库桥下、旦头河入库桥下、水库取水口, 见表1。

表1 采样站位及有关物理性质

| 采样站位 | 方位                             | 水深/m | SD/cm |
|------|--------------------------------|------|-------|
| 1    | 34°56'37.07"N - 118°58'32.30"E | 6    | 150   |
| 2    | 34°56'46.38"N - 118°58'34.00"E | 5.8  | 150   |
| 3    | 34°56'55.06"N - 118°57'47.75"E | 13.6 | 165   |
| 4    | 34°57'55.69"N - 118°56'12.97"E | 3.5  | 120   |
| 5    | 34°57'22.15"N - 118°56'4.48"E  | 9.6  | 80    |
| 6    | 35°00'18.98"N - 118°53'10.90"E | 1.5  | 90    |
| 7    | 34°58'29.24"N - 118°52'16.79"E | 0.9  | 80    |
| 8    | 35°00'20.64"N - 118°54'20.92"E | 0.5  | 40    |
| 9    | 34°56'33.53"N - 118°59'37.13"E | 5    | 150   |

1.2 分析方法

浮游植物、浮游动物、水生维管植物的采集, 按照文献[6-7]; chl<sub>a</sub>测定及初级生产力分析参照文献[8-9]; 优势度(*Y*)、种类丰富度(*d*)、均匀度指数(*J'*)、多样性指数等的计算, 参照文献[10]。

2 结果分析

2.1 浮游植物

所有样点共鉴定出浮游植物7门60属130种<sup>[11-12]</sup>。其中, 绿藻门24属53种, 占40.77%; 硅藻门17属38种, 占29.23%; 蓝藻门11属24种, 占18.46%; 裸藻门2属6种, 占4.62%; 甲藻门4属5种, 占3.85%; 隐藻门1属2种, 占1.54%; 金藻门1属2种, 占1.54%。

水库5个点位浮游植物水样的密度和种类见表2, 浮游植物群落结构较合理, 结构基本稳定, 塔山水库总体处于轻度富营养化状态。均匀度指数、丰富度指数和多样性指数见表3, 整个调查水域优势种类(优势度  $Y \geq 0.02$ )共8种。主要优势种类为小环藻、尖针杆藻、冰岛直链藻、蓝纤维藻, 优势度分别达0.512, 0.290, 0.217, 0.129, 最大优势度为0.512, 优势度较高。

2.2 浮游动物

塔山水库共鉴定浮游动物5大类24种<sup>[13]</sup>。其中原生动物最多, 共有9种; 轮虫动物次之, 共有7种; 枝角类有3种, 幼体(虫)有4种; 桡足类只有1种。塔山水库春季浮游动物种类组成中原生动物

表2 塔山水库调查点位浮游植物密度及种类数

| 站位 | 细胞数/L <sup>-1</sup> | 种类数 <i>S</i> |
|----|---------------------|--------------|
| 1  | 3 324 240           | 68           |
| 2  | 291 780             | 79           |
| 3  | 3 704 360           | 67           |
| 4  | 3 567 850           | 88           |
| 5  | 3 565 880           | 77           |
| 平均 | 2 890 830           | 76           |

表3 塔山水库调查点位均匀度指数、丰富度指数和多样性指数

| 站位 | 均匀度指数( <i>J'</i> ) | 丰富度指数( <i>d</i> ) | 多样性指数( <i>H'</i> ) |
|----|--------------------|-------------------|--------------------|
| 1  | 0.550              | 1.708             | 2.884              |
| 2  | 0.575              | 1.652             | 2.849              |
| 3  | 0.567              | 1.421             | 2.833              |
| 4  | 0.458              | 2.021             | 2.513              |
| 5  | 0.549              | 1.976             | 2.996              |
| 平均 | 0.540              | 1.756             | 2.815              |

物和轮虫动物占较大优势, 浮游动物群落结构已趋不合理, 种类结构已趋不稳定, 水库环境已趋不适宜浮游动物生长繁殖。浮游动物密度与种类数见表4, 多样性分析结果统计表5。

表4 塔山水库调查点位浮游动物密度与种类数

| 站位 | 个体数/L <sup>-1</sup> | 种类数 <i>S</i> |
|----|---------------------|--------------|
| 1  | 131.6               | 20           |
| 2  | 126.0               | 17           |
| 3  | 985.5               | 19           |
| 4  | 393.2               | 23           |
| 5  | 445.0               | 22           |
| 平均 | 416                 | 20           |

表5 塔山水库调查点位浮游动物多样性分析结果统计

| 站位 | 均匀度指数( <i>J'</i> ) | 丰富度指数( <i>d</i> ) | 多样性指数( <i>H'</i> ) |
|----|--------------------|-------------------|--------------------|
| 1  | 0.654              | 1.989             | 2.557              |
| 2  | 0.641              | 1.863             | 2.440              |
| 3  | 0.302              | 1.508             | 1.206              |
| 4  | 0.701              | 2.204             | 3.031              |
| 5  | 0.405              | 2.160             | 1.750              |
| 平均 | 0.541              | 1.945             | 2.197              |

塔山水库春季浮游动物优势种类(优势度  $Y \geq 0.02$ )共13种, 主要由小型浮游动物, 如原生动物和轮虫动物组成, 桡足类等大型种类很少, 浮游动物种类不够丰富。优势种类为幼虫、独角聚花轮虫、浮游累枝虫、缩钟虫、桡足类无节幼体、桡足类桡足幼体、刺簇多肢轮虫, 优势度分别达0.824, 0.261, 0.112, 0.075, 0.064, 0.053, 0.041, 最大优

势度为0.824, 优势度非常高。

### 2.3 浮游植物 chla 和初级生产力分析

#### 2.3.1 chla 质量浓度及营养类型分析

用各站点取样的平均值, 计算 chla 质量浓度, 并参照国际经济合作与开发组织 (OECD)、Wetzel (1975) 和 Винберг (1960) 提出的指标, 推算营养类型见表 7<sup>[14]</sup>。

表 6 chla 质量浓度及营养类型分析

| 站点 | $\rho$ (chla)/(mg · m <sup>-3</sup> ) | OECD | Wetzel | Винберг |
|----|---------------------------------------|------|--------|---------|
| 1  | 7.95                                  | 中营养型 | 中营养型   | 中营养型    |
| 2  | 6.06                                  | 中营养型 | 中营养型   | 中营养型    |
| 3  | 7.59                                  | 中营养型 | 中营养型   | 中营养型    |
| 4  | 10.37                                 | 富营养型 | 中营养型   | 富营养型    |
| 5  | 15.33                                 | 富营养型 | 富营养型   | 富营养型    |

#### 2.3.2 生产量分析

各样点的最高生产层日产量(以碳计) $P_{\max}$ 、水

柱日产量(以碳计) $P_{\text{Ga}}$ <sup>[9]</sup>见表 7。

表 7 各点位最高生产层日产量、水柱日产量<sup>①</sup>

| 站点 | $\rho$ (chla)/(mg · m <sup>-3</sup> ) | $P_{\max}$ /[g · (m <sup>3</sup> · d) <sup>-1</sup> ] | SD/m | $P_{\text{Ga}}$ /[g · (m <sup>2</sup> · d) <sup>-1</sup> ] |
|----|---------------------------------------|---|------|--|
| 1  | 7.95                                  | 0.34  | 1.5  | 1.02   |
| 2  | 6.06                                  | 0.26  | 1.5  | 0.78   |
| 3  | 7.59                                  | 0.32  | 1.65 | 1.06   |
| 4  | 10.37                                 | 0.44  | 1.2  | 1.06   |
| 5  | 15.33                                 | 0.65  | 0.8  | 1.04   |

①最高生产层日产量计算时  $R=3.98, DH=10.7$ 。

### 2.4 维管植物的种群生态学分析

#### 2.4.1 生物多样性统计

对 4 个站点的水生维管植物进行观察, 多样性记录见表 8。

#### 2.4.2 生物量计算

各站点水生维管植物的生物量计算见表 9。

表 8 各站点水生维管植物的多样性

| 站点 | 植物  | 科名   | 挺水植物 | 浮叶植物 | 漂浮植物 | 沉水植物 |
|----|---|------|------|------|------|------|
| 6  | 菹草 <i>Potamogeton crispus</i> L.                        | 眼子菜科 |      |      |      | +++  |
| 6  | 菱 <i>Trapa japonica</i> Fler.                           | 菱科   |      | ++   |      |      |
| 6  | 紫萍 <i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleid.             | 浮萍科  |      |      | +++  |      |
| 6  | 空心莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb | 苋科   | ++   |      |      |      |
| 6  | 荇菜 <i>Nymphoides peltatum</i> (Gmel.) O. Kuntze         | 龙胆科  |      |      | +    |      |
| 7  | 空心莲子草   | 苋科   | +++  |      |      |      |
| 7  | 浮萍 <i>Lemna minor</i> L.                                | 浮萍科  |      |      | +++  |      |
| 7  | 紫萍  | 浮萍科  |      |      | +    |      |
| 7  | 石龙芮 <i>Ranunculus sceleratus</i> L.                     | 毛茛科  | +    |      |      |      |
| 8  | 荇菜  | 龙胆科  |      |      | +    |      |
| 8  | 菹草  | 眼子菜科 |      |      |      | +++  |
| 8  | 紫萍  | 浮萍科  |      |      | +++  |      |
| 8  | 浮萍  | 浮萍科  |      |      | +    |      |
| 8  | 双穗雀稗 <i>Paspalum distichum</i> L.                       | 禾本科  | ++   |      |      |      |
| 9  | 菖蒲 <i>Acorus calamus</i> L.                             | 天南星科 | +++  |      |      |      |

表 9 各站点水生维管植物的生物量

| 站点 | 植物    | $Q_{\text{鲜}}/(g \cdot m^{-2})$ | $Q_{\text{干}}/(g \cdot m^{-2})$ | 占站点生物量总干质量的百分比/% |
|----|-------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|
| 6  | 菹草    | 570                             | 52.5                            | 18               |
| 6  | 菱     | 46                              | 5.2                             | 2                |
| 6  | 紫萍    | 106                             | 15.1                            | 5                |
| 6  | 空心莲子草 | 2 423                           | 211.9                           | 74               |
| 6  | 荇菜    | 35                              | 3.1                             | 1                |
| 7  | 空心莲子草 | 4 461                           | 392                             | 94               |
| 7  | 浮萍    | 276                             | 12.4                            | 3                |
| 7  | 石龙芮   | 102                             | 11.7                            | 3                |
| 8  | 荇菜    | 20                              | 2                               | 2                |
| 8  | 菹草    | 868                             | 98.9                            | 87               |
| 8  | 紫萍    | 97                              | 13.4                            | 11               |
| 9  | 菖蒲    | 256                             | 115.6                           | 100              |

## 2.5 讨论

共鉴定浮游植物 130 种,丰富度均值 1.756,平均密度为  $2.981 \times 10^6 \text{ L}^{-1}$ ,多样性指数均值为 2.815,均匀度均值为 0.540;单位体积内 chl<sub>a</sub> 为 6.06 ~ 15.33 mg/m<sup>3</sup>,最高生产层日产量(以碳计)为 0.26 ~ 0.65 g/(m<sup>3</sup>·d),水柱日产量(以碳计)为 0.78 ~ 1.06 g/(m<sup>2</sup>·d),水体总体处于中度及以上富营养化水平。

有研究表明,硅藻水华是湖泊被污染的信号,小环藻则是硅藻水华的主要成员<sup>[15]</sup>。塔山水库春季浮游藻类中硅藻的种、属均仅次于绿藻,占第2位;且8个优势种中处于前3位的都是硅藻,包括了污染水体的主角——小环藻。塔山水库浮游动物种类组成中的原生动物和轮虫动物占较大优势,而群落结构已趋不合理,种类结构趋于不稳定,底栖动物种类少,并观察到一些中度污染的指示浮游动物如独角聚花轮虫等成为优势种,显示出水体受到一定程度的污染影响。

各河道水生维管植物种类少,生物多样性低,优势种以空心莲子草、浮萍、菹草和紫萍为主,特别是空心莲子草在两个点位的生物量占样点总干质量的74%和94%。由于湖区已经采取了停止网箱养鱼等措施,可排除区内人为污染因素,浮游植物死亡是提高水体营养化程度的一个原因,入库河水是污染的主要来源。

## 3 建议

入库污水主要来源河道两侧农村居民生活污水和农田排水,前者除有害寄生虫的危害外,有机物含量也很高,是河水营养成分的重要来源;后者主要含有除草剂和化肥等成分。除草剂流入湖泊水库,即使其浓度经过相当大的稀释,也会杀死很多的沉水植物。而化肥污染则增加水体氮、磷含量,造成水体的富营养化,使藻类等过量生长。因此要制定河道两侧农村居民生活污水的处理规划,设置管网、集中处理、达标排放;更新农作物管理理念,倡导使用农家肥、生物肥料和实施生物防治,尽量减少化肥流失,减少除草剂、农药的使用。

在库区、入库河口种植芦苇、菖蒲、香蒲等挺水

植物,莲、菱等浮叶植物,苦草、眼子菜等沉水植物,构成立体水生维管植物系统,以便机械阻挡大型垃圾入库、吸收水体有害物质,通过植物化感作用抑制某些有害藻类的大量繁殖,防止水华发生,转化底泥有机物质、改善水体氧环境。适度放养鱼类如白鲢等,通过鱼类的取食来减少浮游植物。

从长远考虑,可在水库周围几公里的范围内建立生态湿地,让各种污水中的养分通过湿地里的植物吸收,形成库区外源污染的外围防控屏障。

### [参考文献]

- [1] 梁作光, 欧丽, 胡建伟, 等. 塔山水库富营养化的成因与控制[J]. 污染防治技术, 2005, 18(5): 40-41.
- [2] 王景明. 地裂缝及其灾害的理论及应用[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2000: 471.
- [3] 董淑阁. 塔山水库蓝藻污染危害及防治对策的探讨[C]. 2012 中国环境科学学会学术年会论文集(第二卷). 北京: 中国农业大学出版社, 2012: 1492-1494.
- [4] 梁作光, 欧丽, 胡建伟, 等. 小塔山水库富营养化污染与控制[J]. 江苏环境科技, 2005(3): 21-22.
- [5] 陈迪军, 阎修花, 李春光, 等. 塔山水库蓝藻爆发的成因及控制[J]. 环境监测管理与技术, 2001, 13(1): 27-28.
- [6] 章宗涉, 黄祥飞. 淡水浮游生物研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [7] 《全国主要湖泊、水库富营养化调查研究》课题组. 湖泊富营养化调查规范[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1987.
- [8] 孙成渤. 水生生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 367-369.
- [9] 王骥, 王健. 浮游植物的叶绿素含量、生物量、生产量相互换算中的若干问题[J]. 武汉植物研究, 1984, 2(2): 149-258.
- [10] 吴建新, 阎斌伦, 冯志华, 等. 田湾核电站海域浮游动物生态特征[J]. 生态学报, 2011(22): 6902-6911.
- [11] 胡鸿钧, 李尧英, 魏印心, 等. 中国淡水藻类[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1980.
- [12] 胡鸿钧, 魏印心. 中国淡水藻类——系统、分类及生态[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [13] 周凤霞, 陈剑虹. 淡水微型生物与底栖动物图谱[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2013.
- [14] 张党民, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册[M]. 北京: 农业出版社, 1991: 60.
- [15] 杨强, 谢平, 徐军. 河流型硅藻水华研究进展[J]. 长江流域资源与环境, 2011(S1): 159-165.

(栏目编辑 李文峻)