

10-16

# 太湖梅梁湾冬末春初浮游动物

## 时空变化及其环境意义

Q179.1

Q178.513

陈伟民 秦伯强

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

**摘要** 根据1998年2-3月完成的太湖梅梁湾地区水环境综合调查,对有关浮游动物时空情况进行了分析。这次调查共设7个点(湾口5个,湾内2个),湾口上的J2、J4与湾内的J6、J7均是分5层采样,共分无风(2月26日)、小风(2月24日)和大风(3月11日)3次天气过程,每次过程采集2到3次样品与记录。结果显示,太湖梅梁湾地区浮游生物中枝角类和桡足类的生物量与水温变化关系密切,水温越高,生物量越高,温度相同时,其生物量与透明度呈正比。在空间上,浮游生物生物量在湾内(上风口)高于湾口(下风口),在垂直方向上,2月24日与26日二次风较小的情况多分布于二层、三层,但3月11日大风过程中其垂直分布较为均匀。

**关键词** 太湖, 天气过程, 浮游生物生物量, 水温, 透明度  
**分类号** Q179.1

浮游动物是大多数鱼类幼鱼的主要食物,也是一些鱼类成鱼的重要饵料。在湖泊的食物链中,它们起着重要作用。浮游动物的种类组成、数量多寡,可直接影响鱼产量的丰欠,也反映湖泊水质环境状况。浮游动物在水体内种类与数量季节变化<sup>[1]</sup>受湖泊的自然地理环境、水体类型以及人类活动的影响较大,对它的研究散见于湖泊调查、研究工作中,对太湖浮游动物的研究工作早期有白国栋对五里湖浮游动物的调查<sup>[2]</sup>,中国科学院南京地理研究所的太湖综合调查初步报告<sup>[3]</sup>,鲍建成对浮游动物的定量研究<sup>[4]</sup>,Chen和Nauwerck对太湖浮游动物种类组成和摄食的研究<sup>[5]</sup>。

有关浮游动物的数量变动与水环境关系的研究较少见,在国外Evans<sup>[6]</sup>的工作,国内王家楫<sup>[7]</sup>对东湖浮游动物数量和生物量的研究,陈伟民等<sup>[8]</sup>对澄湖浮游甲壳类的周年变化及其对理化因子相互关系的研究,对浮游动物的数量分布和垂直迁徙的研究更为少见。大部分研究集中于深水湖泊,陈受忠<sup>[9]</sup>阐述了东湖近邻剑水蚤 *Cyclops vicinus*、广布中剑水蚤 *Mesocyclops leuckarti*、汤匙华哲水蚤 *Sinocalanus dorrii* 和特异荡镖水蚤 *Neurodiaptomus incongreus* 等都有显著昼夜垂直移动。

本文配合水动力过程的研究,对浮游动物数量变化进行观察和叙述。浮游动物指原生动物、轮虫、枝角类和桡足类四大类。

### 1 工作方法

自1998年2月24日至3月11日,在太湖的梅梁湖区(面积约100 km<sup>2</sup>),设7点F1、J2、

• 中国科学院“九五”重大项目(KZ951-B1-205-02)资助。收稿日期:1998-08-15。陈伟民,男,1943年生,研究员。

F3、J4、F5、J6、J7(图 1)。

在 J2 和 J4 分别放置 2 台安德拉海流仪和一台 3D 超声波流速仪。测定太湖梅梁湖区西北、东北风天气过程的风生流的方向、速度。选择 2 月 26 日、2 月 24 日和 3 月 11 日作为“风平浪静”、“小风小浪”、“大风大浪”的典型日。用两条机船对上述 7 点作间隔 4h 的湖流流向、流速的巡测,同时对这 7 点的水深、透明度、水温进行测定,还同步采集了水化学、浮游植物、浮游动物的水样。

水样编号按 J211I、J221I、J251I 方式确定。J2 为上述采样点号,之后的 1 或 2…5 为表层、水下第二层……第五层,再之后的 1、2、3 为采样日的采样序次, I、II、III 代表出湖采样的序次,分别代表 2 月 24 日、2 月 26 日和 3 月 11 日。2 月 24 日的 F1、F3、F5、J2、J4、J6 为日采三次水样点,其余均为二次采样点。而 F 开头的每次仅采一个样。

枝角类和桡足类水样,在 F1、F3、F5 三点用有机玻璃柱状采水器(体积为 2.5L)采水样 5 升用 25 号浮游生物网过滤、浓缩获取。用福尔马林固定保存。J2、J4、J6、J7 按水深的 0.1H、0.25H、0.5H、0.7H 和 0.9H (H 为水深)分五层用溶氧采集瓶采水样 5L,然后用 25 号浮游生物网过滤、浓缩,用福尔马林固定保存。

原生动物和轮虫水样在 F1、F3、F5 三点用有机玻璃采水器取 1 L 水样,加 14 mL 的鲁哥氏液固定,放入室内静置 24—48h,移去上层清液将水样浓缩到 30 mL,再加 1—2 滴福尔马林固定保存。

J2、J4、J6、J7 各点原生动物和轮虫水样,按上述方法分五层,各取 1L 水样,加 14 mL 鲁哥氏液固定,依 F1 方法浓缩到 30 mL,再加福尔马林固定保存。

枝角类和桡足类水样,用 Olympus 立体显微镜镜插全部计数,其数量用 ind./5L 表示。原生动物和轮虫水样充分摇匀汲取 0.1mL,用 0.1mL 计数框在生物显微镜下计数,每个水样重复三次,取其均数,然后转化为 ind./L 表示。

## 2 结果

### 2.1 浮游动物的种类

根据水样分析,共见到浮游动物 35 种。其中原生动物 13 种、轮虫 15 种、枝角类 3 种、桡足类除无节幼体和桡足幼体 4 种。原生动物由肉足类和纤毛类组成。纤毛类 10 种,占原生动物种类数的 77%。钟形虫 *Vorticella* sp. 是出现频次和数量最多的原生动物,其出现频次高达 88 次,总样品数 56%,是其他原生动物所不能比拟的。2 月 26 日 J7 点的第二层水样中,其数量高



图 1 太湖梅梁湾野外工作布点

Fig. 1 Location of sampling and observation sites in Meiliang Bay, Taihu Lake

达 13100 ind./L. 这也与其喜欢着生在有机碎屑、藻类群体上的生态学特性和梅梁湖区的水环境有机碎屑比较多相一致的. 此次采样有机质均质达 29.3%. 其他数量较多的原生动物是侠盗虫 *Strobilidium* sp.、累枝虫 *Epistylis* sp. 和急游虫 *Strombidium* sp.

轮虫中的优势种是螺形龟甲轮虫 *Keratella cochlearis*、矩形龟甲轮虫 *Keratella quadrata*、角突臂尾轮虫 *Brachionus angularis*、萼花臂尾轮虫 *Brachionus calyciflorus*、晶囊轮虫 *Asplancha* sp.、针簇多肢轮虫 *Polyathra trigla*、长三肢轮虫 (*Filinia major* 和独角聚花轮虫 *Conochilus unicornis*、曲腿轮虫 *Keratella valga* 数量也不少. 臂尾轮虫属 4 种占种数的 26%, 龟甲轮虫属的 3 种龟甲轮虫全部见到, 占种数 20%. 轮虫数量最多的是 J221 I, 达 1800 ind./L, 其次是 J211 I 为 1600 ind./L, 轮虫数量在 1000 ind./L 以上的还有 J711 I、J711 I、J412 I、J731 I、J741 I、J631 I. 据 Wetzell 论述<sup>[1]</sup>, 轮虫的密度一般是 200—300 ind./L, 偶然超过 1000 ind./L. 据本次采样分析轮虫的平均密度已达到 343.3 ind./L, 且有 8 个采样点超过 1000 ind./L, 说明梅梁湖区在早春季节轮虫是比较多的. 枝角类的优势种是长刺蚤 *D. longispina* 和象鼻蚤 *Bosmina*, 长刺蚤数量最多的是 J211 I, 达 14 ind./5L, 其次是 J421 I 的 9 ind./5L, 象鼻蚤数量最多的在 J711 I 为 5 ind./5L. 枝角类数量较多的采样点均出现在 3 月 11 日的采样点中, 这与水温相对比较高有关.

桡足类的优势种除无节幼体与桡足幼体外, 为汤匙华哲水蚤 *Sinocalanus dorii* Brehm、中华腹剑水蚤 *Mesocyclops* sp.、广布中剑水蚤 *Mesocyclops leuckarti*、指状许水蚤 *Schmackeria inopinus* 的数量较少. 无节幼体 *Nauplius* 数量超过 100 ind./5L 均出现在 3 月 11 日. 最多的是 J741 I 采样点达 184 ind./5L. 桡足幼体数量最多的是 F11 I 的 201 ind./5L, 有相当部分的采样点, 其数量超过 50 ind./5L. 镖水蚤数量最多的是 F52 I, 为 63 ind./5L. 中华窄腹剑水蚤数量最多的是 J641 I 达 53 ind./5L. 剑水蚤的数量相对少一些, 数量最多的是 J222 I 为 29 ind./5L.

从每个采样点出现的种类数看, 在 2 月 24 日、26 日及 3 月 11 日浮游动物的平均种类数为 9.7 种、9.5 种和 8.5 种. 前二天出现的种类数比较接近, 后一天出现的种类数少. 从分层采样情况看, 2 月 24 日、26 日有 62.5% 的采样点其第 2 层、第 3 层和第 4 层出现的种类数较表层和底层的种类数多. 而 3 月 11 日各采样点表层与第 2 层出现的种类数均较其他各层多. 种类数最多的是 J6 采样点的第 2 层达 14 种, 为本次采样中种类数量最多的一个采样点.

## 2.2 浮游动物的数量及其分布

从各采样点浮游动物的数量(分层采样点取其均数)来看, 浮游动物数量最多的是 3 月 11 日的 J7 点达 2274.9 ind./L, 其次是 3 月 11 日的 J6 点达 1562.3 ind./L. 在绝大多数采样点原生动物和轮虫的数量占到浮游动物总数的 90% 以上, 仅 2 个采样点不到 90%. 由于原生动物、轮虫生活周期短, 其数量变动快, 加之野外对轮虫与自然环境关系研究罕少. 故在浮游动物数量进行分析时, 侧重于对其枝角类和桡足类的数量进行分析. 为了排除枝角类和桡足类自身垂直迁徙生物节律的影响, 故用各采样点各层的数量的均数.

从图 2 可以看出枝角类和桡足类的数量, 随采样日期的递变, 而呈逐渐上升的趋势.

表 1 可以看出随着水温升高而枝角类和桡足类的数量增加. 太湖的枝角类周年变化中, 有一次高峰, 绝大多数出现在春季<sup>[6]</sup>. 图 2 温度与浮游动物各大类的关系图, 在这个阶段, 枝角类因其生活周年较桡足类简单, 其一年内的世代数也多, 故其增长速率大于桡足类.

表 1 各采样点枝角类、桡足类的均数及其变化率

Tab. 1 The average number of *Cladocera* and *Copepoda* and the changes in percent

采样日期	平均水温	枝角类		桡足类	
		各采样点均数	变化百分比	各采样点均数	变化百分比
2月24日	7.4℃	0.7 ind./5L		62.9 ind./5L	
2月26日	8.6℃	1.1 ind./5L	57.10%	73.7 ind./5L	17.10%
3月11日	9.4℃	3.1 ind./5L	180%	149.5 ind./5L	16.80%

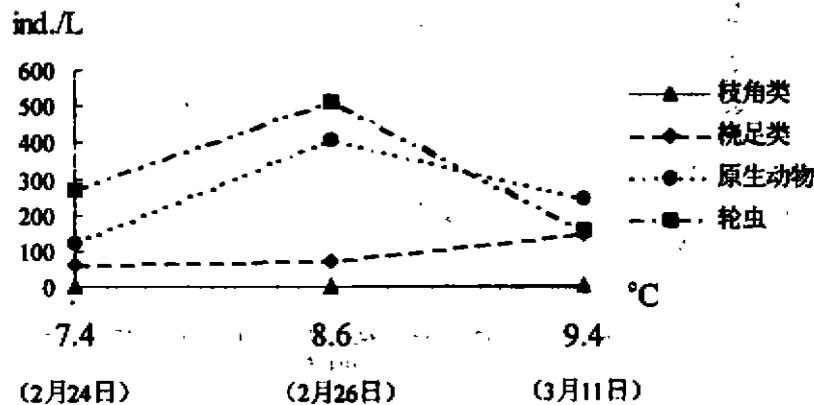


图 2 1998年2月24日、26日和3月11日梅梁湾浮游动物数量变化

Fig. 2 Changes in the number of zooplankton in Meiliang Bay during 24, 26 Feb. and 11 Mar., 1998

把各采样点的枝角类和桡足类数量之和(即浮游甲壳类的数量)与各采样点的透明度进行回归分析。3月11日浮游甲壳类的平均数量与透明度呈  $y=71.42x+231.7$  关系,其中  $y$  为浮游甲壳类的数量(ind./5L);  $x$  为透明度(m),其中  $r^2=0.709$ 。但2月24日和26日的分析结果不如3月11日的结果显著。

图3是浮游甲壳类数量和透明度的关系图。从2月24日、26日和3月11日浮游甲壳类和透明度对应点相应地分布在三个明显分离的地方,这是水温引起其数量的差异。图上有三个曲线,其斜率各不相同,说明透明度对浮游甲壳类的数量有关系,但不如与水温的关系密切。由于2月26日、2月24日及3月11日分别对应于无风、小风、大风,但从图3中却没有反映这种天气过程变化的规律性。

其他观察到的现象如下:(1)浮游动物数量与其采样点所处的上风口与下风口有关系。把2月24日、26日和3月11日,各采样点的浮游动物数量(分层采样点取均数)进行比较。2月24日处于上风口的J6、J7的浮游动物数量均处于最多的前三位,而2月26日,因为梅梁湖区比较风平浪静,J7的浮游动物数量最多排第一位,J6其数量最少,排在最后一位。3月11日是北风最大的一天,处于上风口的J7、J6的浮游动物数量均排在最多的前二位。(2)分析J2、J4、J6、J7的分层水样,在不同采样时间,浮游动物数量垂直分布的高峰,随情况而异。2月24日、26日,其垂直数量分布的高峰,有的在表层,有的在第二层、第三层或第四层,但没有底层。多

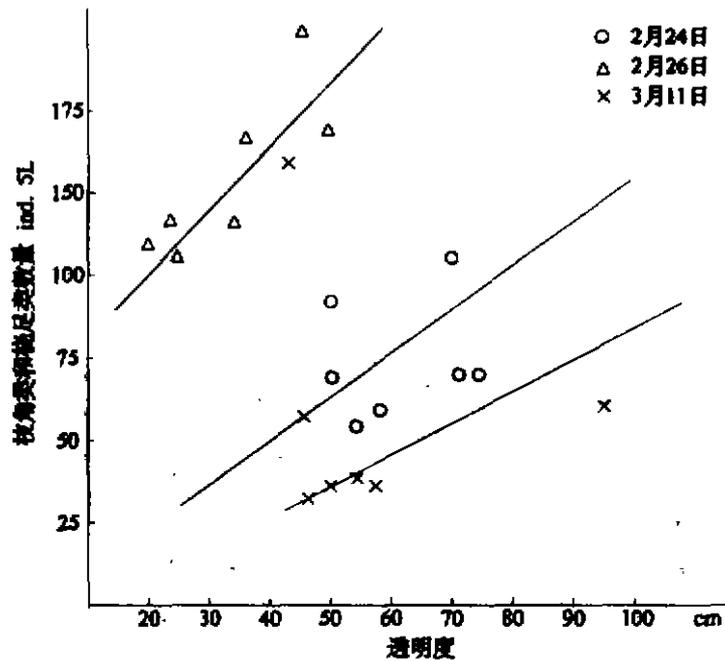


图3 枝角类和桡足类数量与透明度的关系

Fig. 3 The relationship between the number of *Cladocera* plus *Copepoda* and transparency of water

数在第二层、第三层,而大风大浪的3月11日的情况,则上下比较一致。

### 3 讨论

(1) 浮游动物由四大类组成:原生动物、轮虫、枝角类和桡足类。目前对原生动物的种群动力学和生产力了解甚少,对原生动物的种间竞争还没有依据可循。加之其生活周期短、种群变化快等特点,对致对轮虫的迁徙知识甚少。但他们占浮游动物数量比较大,因此在探讨浮游动物种群变化、分布时受到一定的制约,从每个采样点出现种类看与湖泊水体的透明度等还是有关系的。在2月24日、26日浮游动物出现的平均种类数是比较接近的,因为这两天的水动力状况比较接近。但3月11日出现种类数就较前二天的少,这与那天的风浪大,浊度大有关。再从采样点分层采样分析中也能看到3月11日表层与第二层出现的种类数较其他各层多,这可能因为与风浪大,水体表层的光照比较大有关,浮游动物有趋光性。而其他二天,各层出现的种类数有差异,大多数是中间几层。

(2) 浮游动物的数量分布,受多种因素影响,主要有食物及其浓度、浮游动物本身的密度、摄食浮游动物的鱼类,以及水温等环境因子。据多年观察,大量的降水、大幅度的温度变化、风与潮流状况的变化,浮游动物的数量也必然随之而变。

(3) 枝角类和桡足类均属节肢动物门、甲壳亚纲,故常将这两类生物合在一起称谓浮游甲壳类。浮游甲壳类由于其个体较大、生活周期相对较长,有日夜节律,但他们的数量变动、分布也受到水温、水下照度等以及其本身的状况影响,水温是主要影响因子。2月24日、26日及3

月 11 日的三次过程相应的水温分别为 7.3—7.6℃, 8.1—9.2℃ 和 9.4—10.4℃, 所采水样分析中, 观察到其浮游甲壳类的数量增加明显. 这一段时间也正处在枝角类数量增长时期, 其世代增加很快. 太湖枝角类的高峰一般发生在初夏, 故其增长较快. 3 月 11 日平均数量较 2 月 26 日的平均数量增加 180%. 桡足类因为受其生活周期长的限制, 其世代增加不快, 但由于其成熟时期不均匀, 有些种类在各个季节均能观察到带卵的成熟个体, 虽然有无节幼体和桡足幼体期, 其数量还是增加比较快的. 3 月 11 日桡足类平均数量较 2 月 26 日平均数量增加了 103%. 3 月 11 日平均水温达 9.4℃, 这是浮游甲壳类一些种类出现和开始数量增加的温度<sup>[10]</sup>.

(4) 枝角类和桡足类的垂直迁徙是显著的. 除本身的生物节律外, 水下光照是其垂直迁徙的主要动力. 透明度是水下光照强度为表层光照强度 1% 的深度, 常用塞氏盘来测定. 为了排除这些生物自身节律的影响, 故取分层采样点的平均数量, 以探索这些平均数量与透明度的相关关系. 特别是 3 月 11 日的结果, 表现出很好的相关性, 相关系数达 0.709. 据对 J2、J4、J6、J7 的分层水样结果分析, 不同采样时间, 其垂直数量分布的高峰在 2 月 24 日、26 日浮游甲壳类的垂直数量分布差异明显. 数量高峰的层次因点而异, 但绝大部分出现在第二、三层. 在大风大浪的 3 月 11 日浮游甲壳类数量上下比较一致, 加之浮游动物种类数在表层和第二层较之其他各层多. 从这些现象反映浮游动物在水体各层的出现和数量的变化与湖体风浪大小有关, 还须进一步地进行观测分析.

(5) 由于梅梁湖区是太湖的一个湖湾, 形如一个大口袋. 受盛行风向和风力大小的影响, 梅梁湖区的悬浮质的分布表现出很强的不均匀性. 致使上风口的地方浮游动物的数量较下风口的地方多. 这可能是食物和湖泊水环境共同作用的结果, 但其内部因果关系如何, 仍需深入研究.

致谢 在进行本项野外工作中得到姜加虎、张琛、胡维平、李江、范成新、刘元波、陈宇炜、周子元等同志的大力帮助, 在此表示衷心的感谢.

### 参 考 文 献

- 1 Robert G Wetzel. *Limnology*. Saunders College Publishing, 1983. 408—468
- 2 白国栋. 五里湖 1951 年湖泊学调查——4. 浮游动物. *水生生物学集刊*, 1962, 2(1): 93—100
- 3 中国科学院南京地理研究所. 太湖综合调查初步报告. 北京: 科学出版社, 1965. 48—50
- 4 鲍建成. 太湖的浮游生物. *淡水渔业*, 1983, 6: 33—38
- 5 Chen Weimin, Arnold Nauwerck. A note on composition and feeding of the Crustacean zooplankton of Lake Taihu, Jiangsu Province, China. *Limnologica*, 1996, 26(3): 275—279
- 6 Evans M S. Lake Huron Crustacean and Rotifer zooplankton, factors affecting community structure with an evaluation of water quality status. *Great Lake Research Division Special Publ*, No 98, 1988
- 7 王家骥, 伍卓田, 戈敏生. 武昌东湖轮虫种类与数量季节变动的初步观察. *水生生物学集刊*, 1965, 5(2): 183—201
- 8 Chen Weimin, Guo Xiaoming. Annual Changes in zooplanktonic crustacea and their relationship with physico-chemical Factors in Chenghu Lake. *Int J Geol Environ Sci*, 1987, B: 95—103
- 9 陈受忠. 武昌东湖桡足类数量的周年资料. *水生生物学集刊*, 1965, 5(2): 202—219
- 10 孙顺才, 黄清平. 太湖. 北京: 海洋出版社, 1993. 162—167

## The Zooplankton Distribution During Winter and Early Spring and Its Environmental Effects in Meiliang Bay, Taihu Lake

Chen Weimin    Qin Boqiang

*(Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)*

### Abstract

From February to March in 1998, 7 sampling stations were fixed in Meiling Bay, Taihu Lake for the aquatic environmental investigation. Five of them (F1, J2, F3, J4, F5) were located on the mouth of the bay, the other two inside of the bay. The zooplankton samples were collected twice to three times on February 24, a gentle breeze day, on February 26, a calm day and on March 11, a strong windy day. There were 5 sampling layers in J2, J4, J6 and J7. The dominant direction of wind was north during the sampling days. Based on the samples analyses, it shows that the zooplankton abundance of cladocera and copepoda in the bay has close relationship with the water temperature. The higher water temperature, the higher abundance and there exists linear correlation between the abundance and the secchi-disc transparency at the same water temperature. For the horizontal distribution of zooplankton, the zooplankton abundance inside the bay is higher than it on the mouth. For the vertical zooplankton distribution, the majority is at the 2nd and 3rd layers under the condition of February 24 and 26 but the uniform distribution under strong wind condition of March 11.

**Key words** Taihu Lake, zooplankton abundance, water temperature, secchi-disc transparency