

长江口及邻近海域枝角类和涟虫类生态学

陈佳杰^{①②} 徐兆礼^{①*} 陈雪忠^①

(① 中国水产科学研究院东海水产研究所 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室 上海 200090;

② 上海海洋大学海洋学院 上海 200090)

摘要: 根据 2002~2003 年长江口 29°00' ~ 32°00' N, 122°00' ~ 123°30' E 海域 4 个季节的海洋调查, 运用定量、定性方法, 探讨长江口邻近海域枝角类和涟虫类总丰度的季节变化特征, 以及丰度的季节差异与水团的关系, 分析了种类的数量变动, 并与东海外海的生态特征进行比较。结果表明, 长江口及邻近海域涟虫类丰度的季节变化主要受温度的影响, 而平面分布变化与盐度有关。平均丰度夏季最高(0.59 ind./m³), 春季最低(0.05 ind./m³)。本次调查共发现涟虫类 4 种, 分别为三叶针尾涟虫(*Diastylis tricincta*)、卵圆涟虫(*Bodotria ovalis*)、亚洲异针尾涟虫(*Dimorphostylis asiatica*)和细长涟虫(*Iphinoe tenera*)。其中, 三叶针尾涟虫四季均出现, 四季优势度分别为 0.04、0.03、0.04 和 0.06; 卵圆涟虫出现在夏、秋和冬季, 优势度分别为 0.11、0.00 和 0.07; 亚洲异针尾涟虫和细长涟虫仅秋季出现, 优势度分别为 0.17 和 0.002。仅在夏季发现两种枝角类, 分别为肥胖三角 (*Evadne tergestina*)和鸟喙尖头 (*Penilia avirostris*)。在长江口, 枝角类和涟虫类的分布特征与长江冲淡水都有一定的关系, 显示出这两大类浮游动物具有咸淡水分布的特征。

关键词: 浮游动物; 枝角类; 涟虫类; 生态特征; 长江口

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2008)05-01-06

Ecological Characteristics of Pelagic Cladocera and Cumacea in the Changjiang Estuary, China

CHEN Jia-Jie^{①②} XU Zhao-Li^{①*} CHEN Xue-Zhong^①

(① Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090;

② College of Marine Science and Fisheries, Shanghai Ocean University, Shanghai 200090, China)

Abstract: This paper discusses the distribution and abundance of the Cladocera and Cumacea collected in Changjiang Estuary and adjacent waters (29°00' - 32°00' N and 122°00' - 123°30' E) from May 2002 to March 2003. The abundance of Cumacea peaked in summer at 0.59 ind./m³ and the lowest abundance was in spring at 0.05 ind./m³. The seasonal abundance of Cumacea was influenced by sea surface temperature while the horizontal abundance was influenced by the surface salinity. Totally, four species, i. e., *Diastylis tricincta*, *Bodotria ovalis*, *Dimorphostylis asiatica*, *Iphinoe tenera* were recorded, among which *D. tricincta* was presented in the four seasons with the dominance 0.04, 0.03, 0.04 and 0.06, respectively; *B. ovalis* was observed in summer, autumn and winter with the dominance 0.11, 0.00 and 1.07, both *D. asiatica* and *I. tenera* were observed in autumn with the dominance 0.17 and 0.002

基金项目 上海市科委(No. 062358101), 上海市 908 专项(PJ1), 国家自然科学基金重大研究计划(No. 90511005) 和国家重点基础研究发展规划(No. 2001CB409707) 项目;

* 通讯作者, E-mail: xiaomin@public4.sta.net.cn;

第一作者介绍 陈佳杰, 男, 硕士研究生; 研究方向: 海洋生态学; E-mail: chen_jiajie37@yahoo.com.cn.

收稿日期: 2008-03-26, 修回日期: 2008-06-24

separately. Two Cladocera species, *Eradne tergestina* and *Penilia airosiris*, was only recorded in summer with abundance of 32.13 ind./m³ and 43.82 ind./m³. The species of pelagic Cladocera and Cumacea adapted to the brackish water environment so that their distribution was closely related to the Changjiang Dilute Waters.

Key words: Zooplankton; Cumacea; Cladocera; Ecological characteristics; Changjiang Estuary

海洋浮游枝角类和涟虫类主要分布于沿岸水域。全世界海洋浮游枝角类仅 11 种^[1], 种类虽少, 但数量较大, 有一定的饵料价值。有些海洋枝角类对高盐水敏感, 常作为沿岸水团的指示种。

早期对枝角类的研究着重于种类分布和季节更替的描述。如郑重等^[2]对中国沿海枝角类分布的研究。近年来, 徐兆礼等对东海枝角类^[3]和涟虫类^[4]的数量分布及种类季节变化进行了研究, 并用统计学方法划分了东海浮游枝角类和涟虫类的生态适应类型^[5]。依据上述研究, 发现浮游枝角类和涟虫类的分布可能与长江冲淡水有密切关系。但是, 徐兆礼的上述研究主要位于东海外海和东海近海^[3-5], 而长江口区的浮游枝角类和涟虫类的生态学研究还没有见到相关的报道。长江口是我国最大的河流入海口, 其大面积的冲淡水区、丰富的营养盐为水生生物的生长和繁殖提供了独特的咸淡水环境。本文讨论长江口及其邻近水域的海洋浮游枝角类和涟虫类的数量分布与季节变化, 作为对以往东海研究资料的补充。

1 材料与方法

1.1 调查时间、区域和方法 2002~2003 年, 利用“海监 47”调查船在长江口 29°00' ~ 32°00' N, 122°00' ~ 123°30' E 海域, 分别进行春(2002 年 5 月)、夏(2002 年 8 月)、秋(2002 年 11 月)和冬(2003 年 2~3 月) 4 个季节的调查。调查站位见图 1。

浮游动物样品采集和室内处理均按照《海洋调查规范》^[6]进行。温度、盐度采用 SBE-19 型 CTD 测定。用大型浮游生物网(口径 80 cm、网目孔径 0.505 mm)由底至表层垂直拖曳采集, 所获样品均经 5% 福尔马林固定后, 按个体计数法在体视显微镜下鉴定到种, 并对浮游动

物样品中的枝角类和涟虫类进行镜检与计数(ind./m³)。

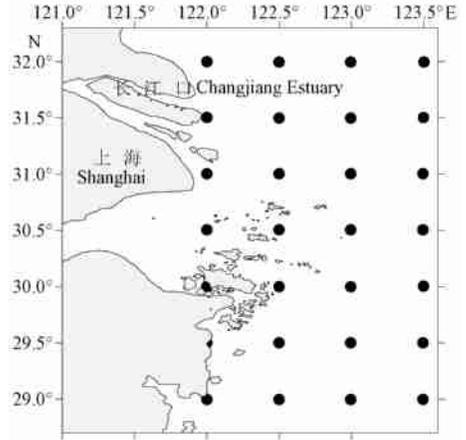


图 1 采样站位(●)

Fig. 1 Sampling location

1.2 数据处理 物种的平均丰度, 指该物种的总丰度与站位数的比值。种类丰度占种类总丰度的百分比(简称丰度百分比), 指该种个体数占该种总个体数的百分比。种类的出现率, 是指该种出现的站位数与总站位数的百分比。种类、种群聚集强度用自编程序采用如下公式^[7]计算:

$$\text{丛生指标(index of clumping, } I), I = \frac{S^2}{\bar{X}} - 1$$

式中, \bar{X} 为某优势种平均丰度(ind./m³), S 为方差。

以优势度(dominance, Y)表示种类的优势性, 优势度采用如下公式计算^[8]: $Y = \frac{n_i^2}{N} \cdot f_i$

式中, n_i 为 i 种类的丰度(ind./m³), f_i 是 i 种类出现频率(%), N 为物种的总丰度(ind./m³)。

2 结果与分析

2.1 种类的季节变化 本次调查仅发现枝角

类 2 种, 且均出现于夏季, 为肥胖三角 (*Evadne tergestina*) 和鸟喙尖头 (*Penilia avirostris*)。涟虫类 4 种, 其中三叶针尾涟虫 (*Diastylis tricantha*) 四季均有分布, 卵圆涟虫 (*Balotria ovalis*) 出现于夏、秋和冬季, 亚洲异针尾涟虫 (*Dimorphostylis asiatica*) 和细长涟虫 (*Iphinoe tenera*) 仅出现在秋季。

2.2 总丰度季节分布特征 涟虫类主要分布在长江口外的水域。由图 2 可见, 春季(图 2a) 涟虫类仅在长江口外南侧舟山群岛的一个站位出现三叶针尾涟虫, 丰度 1.28 ind./m³, 该区表层水温(简称“表温”)16~17℃, 表层盐度(简称

“表盐”)25~30。夏季(图 2b) 丰度分布主要在长江口以北, 主要由卵圆涟虫和三叶针尾涟虫组成, 数量由南向北逐渐递增, 最高站位达 11.11 ind./m³, 该区表温 27~28℃, 表盐 18~20。秋季(图 2c) 在长江口九段沙外具有较高丰度的分布, 数量由内逐渐向外海递减, 最高达 2.91 ind./m³, 由亚洲异针尾涟虫和三叶针尾涟虫构成, 高丰度区表温 16~17℃, 表盐 8~12。北部外海出现少量卵圆涟虫, 南部舟山渔场以南出现少量亚洲异针尾涟虫。冬季(图 2d) 分布趋势与秋季相似, 由近海向外海逐渐递增, 但丰度较秋季低, 最高丰度 1.00 ind./m³, 由卵圆

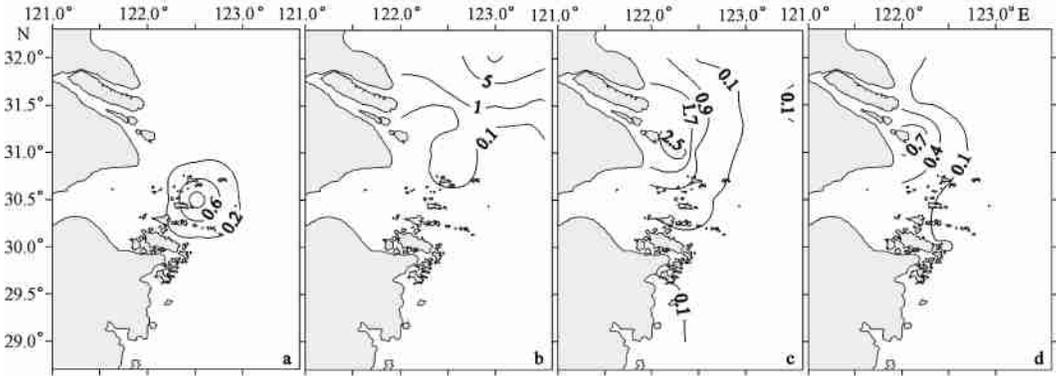


图 2 长江口及邻近海域涟虫类丰度平面分布

Fig. 2 Horizontal distribution of Cumacea abundance in the Changjiang Estuary and its adjacent waters

a. 春; b. 夏; c. 秋; d. 冬。a. Spring; b. Summer; c. Autumn; d. Winter.

——代表涟虫类丰度等值线。——Means the isoline of Cumacea abundance.

涟虫和三叶针尾涟虫构成, 高丰度区表温 8~9℃, 表盐 10~12。

与涟虫类相似, 夏季枝角类分布南北不均(图 3), 但丰度分布趋势相反, 呈南多北少。在舟山渔场及其邻近水域和长江口外 122.5°以西水域呈低丰度区, 向外逐渐递增, 南部最高丰度达 439.89 ind./m³。南部近海以肥胖三角为主, 南部外海以鸟喙尖头为主。该区表温 26~28℃, 表盐 17~20。

由图 4 可见, 东海近海涟虫类平均丰度在夏季达到最高值 (0.59 ind./m³), 秋季次之 (0.29 ind./m³), 春季最低 (0.05 ind./m³), 与温度季节变化规律相似, 而与盐度季节变化相反。

2.3 种类的生态特征的季节变化 在表 1 的涟虫类中, 三叶针尾涟虫、亚洲异针尾涟虫和卵

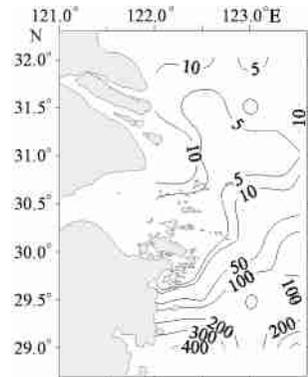


图 3 长江口及邻近海域夏季枝角类丰度平面分布

Fig. 3 Horizontal distribution of Cladocera abundance in the Changjiang Estuary and its adjacent waters in summer

——代表枝角类丰度等值线。

——Means the isoline of Cladocera abundance.

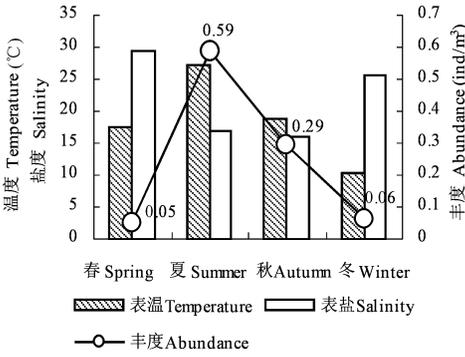


图4 长江口及邻近海域涟虫类丰度-温度-盐度季节变化关系

Fig. 4 Seasonal variation of Cumacea abundance related to temperature and salinity in Changjiang Estuary and its adjacent waters

圆涟虫(其秋季除外)在各季节中优势度均大于

0.02, 为主要种, 细长涟虫只有秋季出现, 且仅一个站位, 为次要种类。夏季卵圆涟虫的平均丰度(\bar{X})最高, 为 0.44 ind./m³, 秋季的亚洲异针尾涟虫次之, 冬季平均丰度最低, 皆为 0.03 ind./m³。就种类丰度占整个类群丰度的比例, 即丰度百分比而言, 由于春季涟虫仅一个站位出现, 为三叶针尾涟虫, 所以三叶针尾涟虫丰度百分比为 100.00%, 其次为夏季的卵圆涟虫, 为 75.66%, 夏季三叶针尾涟虫只有 24.34%。秋季亚洲异针尾涟虫出现率最高, 为 24.14%, 其次为同季节的三叶针尾涟虫 17.24%, 春季三叶针尾涟虫出现率最低, 为 3.70%, 其他各种在同季节中均小于 15%。夏季卵圆涟虫丛生指标值较高 ($I = 26.71$), 其他季节的丛生指标值均小于 5, 春、秋和冬 3 季三叶针尾涟虫的丛生指标值更是为负值。

表1 长江口涟虫类生态特征值 (ind./m³)

Table 1 Ecological characters of Cladocera species in the Changjiang Estuary

种名 Species	春 Spring					夏 Summer					秋 Autumn					冬 Winter				
	Y	\bar{X}	P	O	I	Y	\bar{X}	P	O	I	Y	\bar{X}	P	O	I	Y	\bar{X}	P	O	I
三叶针尾涟虫 <i>Diasylis tricina</i>	0.04	0.05	100	3.67	-1.00	0.03	0.14	24.34	11.11	2.10	0.04	0.07	24.57	17.24	-0.25	0.06	0.03	46.62	13.79	-0.78
卵圆涟虫 <i>Balotria ovalis</i>						0.11	0.44	75.66	14.81	26.71	0.00	0.01	2.69	6.90	-0.48	0.07	0.03	53.38	13.79	0.75
细长涟虫 <i>Iphinoe tenera</i>											0.00	0.00	0.71	3.45	-1.00					
亚洲异针尾涟虫 <i>Dimorphostylis asiatica</i>											0.17	0.21	72.02	24.14	1.67					

Y 表示优势度; P 表示丰度百分比(%); O 表示出现率(%). "Y" means dominant; "P" means percentage (%); "O" means occurrence (%).

在表 2 枝角类中, 鸟喙尖头的平均丰度、丰度百分比和出现率均大于肥胖三角, 但丛生指标值仅为肥胖三角的 66.29%。

2.4 主要种类的丰度与温、盐度关系分析 由图 5 可见, 涟虫类中, 三叶针尾涟虫在表温 7~28℃、表盐 7~28 范围内均有出现, 水温 28℃, 盐度 28 时数量较多(图 5a); 卵圆涟虫分布松散, 在表温 25~29℃、表盐 17~30 数量较多(图 5b); 亚洲异针尾涟虫分布较其他涟虫类集中, 在表温 15~20℃、表盐 10~20 有集中分布(图 5c)。枝角类中, 肥胖三角和鸟喙尖头分布

趋势相似, 在表温 26~29℃、表盐 11~24 有集中分布, 且数量较大(图 5d, e)。

表 2 长江口枝角类生态特征值 (ind./m³)

Table 2 Ecological characters of Cumacea species in the Changjiang Estuary

种名 Species	夏 Summer				
	Y	\bar{X}	P	O	I
肥胖三角 <i>Evadne tergestina</i>	0.31	32.13	42.33	74.07	287.94
鸟喙尖头 <i>Penilia avirostris</i>	0.45	43.82	57.67	77.78	190.88

Y, P(%), O(%) 同表 1。

Meaning of Y, P, and O as same as the note of table 1.

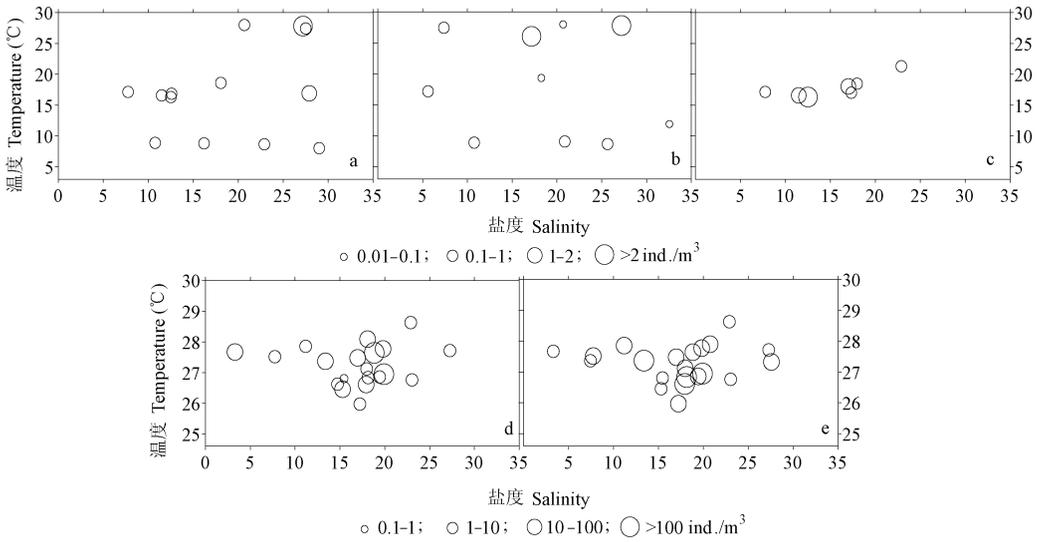


图5 涟虫类、枝角类丰度与表层温度(°C)和盐度的关系

Fig. 5 Relationship of Cladocera and Cumacea species abundance with surface salinity and surface temperature (°C)

a. 三叶针尾涟虫; b. 卵圆涟虫; c. 亚洲异针尾涟虫; d. 肥胖三角; e. 鸟喙尖头。

a. *Diastylis triacincta*; b. *Bodotria ovalis*; c. *Dimorphostylis asiatica*; d. *Euvadne tergestina*; e. *Penilia airoides*

3 讨论

3.1 总丰度平面分布及季节变化特征 长江口近海涟虫类丰度季节变化与表层温度变化相关,由图4可见,冬季平均表温低(10.36°C),平均丰度低(0.06 ind./m³),夏季平均表温高(27.26°C),平均丰度也高(0.59 ind./m³),春季表温(17.53°C)虽然略低于秋季(18.84°C),但平均丰度仅为秋季的17.24%,明显低于秋季。由此推论,温度变化对总丰度的季节变化有明显的影响,高温区往往伴随着高丰度区的出现,反之亦然。

涟虫类总丰度的平面分布受盐度水平分布影响明显,由图2结果,秋冬季的高丰度区位置相近,位于长江口近口门区域,表盐相差不大,均在表盐8~12范围,外侧高盐区涟虫类数量很少。夏季高丰度区表盐18~20,外侧高盐区数量较少。因此推论,涟虫类在长江口海域趋向于分布在较低盐度水域,受高盐水影响的区域内数量较少。

本次调查仅在夏季发现枝角类,说明长江

口的枝角类主要生活在夏季,具有暖水性。根据图3,南部高丰度区(大于100 ind./m³)的平均表温27.15°C,平均表盐17.52,在舟山渔场及其邻近水域和长江口外122.5°以西水域呈低丰度区(小于5 ind./m³),平均表温27.32°C,平均表盐18.47,其他丰度区(10~50 ind./m³)平均表温27.32°C,平均表盐16.21。可见,只要是咸淡水,浮游枝角类数量的变化和分布可能与表盐范围较小的波动没有明显的关联。

3.2 涟虫类和枝角类的数量变化与水团的关系 涟虫类大多适应沿岸水域。从图2可见,夏季长江径流势力增强,形成的冲淡水水团北面与苏北沿岸流交汇,长江口北部涟虫类高丰度区与咸淡水团交汇水域有密切的联系(图2b)。秋季长江径流势力减弱,与苏北沿岸流交汇于近长江河口水域,在此形成较高的丰度区(图2c)。冬季与秋季类似,但长江径流势力进一步减弱,与秋季相比,高丰度区继续西移(图2d),数量进一步减少,只有秋季的28%。长江冲淡水势力强弱对长江口涟虫类数量时空分布有重要影响,这与涟虫类对沿岸水域环境适应

密切相关。对浮游枝角类而言,这类浮游动物在长江冲淡水影响的水域都可以很好地生存,形成较高的丰度。例如,本研究中,夏季浮游枝角类高丰度区位于长江冲淡水和外海水交汇的区域。综上所述,无论是浮游涟虫类还是枝角类,它们在长江口分布特征与长江冲淡水都有一定的关系,显示出这两大类浮游动物都具有咸淡水分布的特征,且涟虫类更加明显。

3.3 主要种的环境适应 由表 1 可见,涟虫类中,春季仅出现三叶针尾涟虫,其他季节各有不同的主要种类。

卵圆涟虫是夏季和冬季的主要种。夏季卵圆涟虫的优势度是三叶针尾涟虫的 4 倍,出现率比三叶针尾涟虫高出 3 倍多,且聚集强度 I 达 26.71,与其他种类相比在同季节中是最高的。冬季卵圆涟虫的出现率略高于三叶针尾涟虫,但平均丰度比夏季低 14.67 倍,与其他几个种相比,平均丰度也是最低的。由图 5b 结果,该种在表温 25~30℃、表盐 17~30 大量出现,适应环境与以往报道^[5]相符,为亚热带近海种。

亚洲异针尾涟虫是秋季主要种,平均丰度和出现率都为三叶针尾涟虫的 3 倍(表 1),由图 5b 结果,三叶针尾涟虫在表温 7~28℃、表盐 7~28 范围内均有出现,且都有一定的数量(表 1),所以在四季都有一定的贡献,是一种能适应广温广盐的种类。

枝角类仅两种且出现在夏季,其中鸟喙尖头的平均丰度、出现率和丰度百分比都略高于肥胖三角,但聚集强度不如肥胖三角(表 2),二者经常同时出现,数量较多^[5]。也是亚热带近海种。

3.4 长江口及邻近水域与东海区涟虫类、枝角类生态特征的比较 长江口及邻近水域与东海区涟虫类的种类稍有不同。根据以往文献^[4,5],东海区发现萨氏异涟虫(*Heterocuma sarsi*) (亚热带外海种^[5])和无尾涟虫(*Leucon* sp.)。本次调查出现的三叶针尾涟虫和亚洲异针尾涟虫很少

在外海被报道。卵圆涟虫是东海近海外海和长江口及邻近水域共有的种类,且适应的环境类型相似。

长江口及邻近水域与东海区枝角类的种类相近。根据以往文献^[3,5],东海区还出现诺氏三角(*Evadne nordmanni*),但出现的数量及出现率均少,鸟喙尖头和肥胖三角也是东海区常见的种类。由图 5d、e 和表 2 的结果,鸟喙尖头和肥胖三角适应的温盐环境相似,且都有明显集群性,虽然在长江口及邻近水域只有夏季出现,但地理分布和适应环境与东海区的相关报道^[3,5]相似。在东海区,从数量和分布广度讲,肥胖三角是东海枝角类最主要的种,鸟喙尖头数量在东海的重要性仅次于肥胖三角。从表 1 和表 2 的情况看来,在长江口区这一情况恰好相反。

致谢 浮游动物样品由马名玄先生帮助采集,本文撰写过程得到沈晓民先生的大力指导和帮助,谨致谢忱。

参 考 文 献

- [1] 王真良,徐汉光. 大连湾的枝角类. 海洋科学, 1991, 12(5): 65~67.
- [2] 郑重,曹文清. 中国海洋枝角类的初步研究 II. 分布. 海洋学报, 1982, 4(6): 731~742.
- [3] 徐兆礼,王云龙,袁琪. 东海浮游枝角类生态学研究. 生态学杂志, 2006, 25(6): 635~639.
- [4] 徐兆礼,王云龙. 东海浮游等足类和涟虫类的调查. 动物学杂志, 2006, 41(2): 1~8.
- [5] 徐兆礼,高倩等. 东海浮游枝角类和涟虫类生态适应性. 生态学杂志, 2007, 26(11): 1782~1787.
- [6] 国家质量技术监督局. 海洋监测规范 第 6 部分: 海洋生物调查 (GB/T 12763-1991). 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [7] 赵志模,周新远. 生态学引论. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1984, 108~119.
- [8] 徐兆礼,陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲶渔场的关系. 生态学杂志, 1989, 8(4): 13~15.