

研究简报

DOI号: 10.3724/SP.J.0000.2009.61219

夏、秋季长江口及毗邻海域浮游动物的分布与变化

章飞燕¹ 唐静亮² 李道季¹ 方涛¹ 王彪¹

(1. 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062; 2. 舟山海洋生态环境监测站, 舟山 316000)

ZOOPLANKTON DISTRIBUTION AND VARIATION IN THE YANGTZE ESTUARY AND ITS ADJACENT WATERS IN SUMMER AND AUTUMN

ZHANG Fei-Yan¹, TANG Jing-Liang², LI Dao-Ji¹, FANG Tao¹ and WANG Biao¹

(1. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Zhoushan Marine Ecology and Environmental Monitoring Station, Zhoushan 316000, China)

关键词: 长江口; 浮游动物; 季节变化; 群落结构

Key words: The Yangtze estuary; Zooplankton; Seasonal variation; Community structure

中图分类号: Q178.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2009)06-1219-07

浮游动物在整个海洋生态系统中起着非常重要的调控作用,它通过摄食控制浮游植物的数量和分布,同时又是许多经济鱼类的主要饵料,因而其分布与变化可以直接影响渔业资源状况^[1,2]。长江口及邻近海域是许多重要经济鱼类的产卵场和育幼场^[3],受到长江冲淡水、沿岸流以及外海水等各类水团的影响,水文环境复杂,浮游动物的分布变化很大。现在有关浮游动物的研究已有很多,其中不乏有专门针对长江口浮游动物进行的研究^[2-6],也有对黄、东海海域的研究^[7-12],但对长江口及邻近海域大范围水域浮游动物分布的讨论还不多见。随着人类活动的影响,特别是三峡水库的建成及使用,造成水库蓄水前后浮游动物发生变化^[13,14],可能将会影响到长江口及其邻近海域的浮游生物群落组成。长江口、杭州湾以及舟山海域之间的水文联系复杂,而现有资料少有对此空间尺度的研究数据记录。为此,本文在前人原有基础上扩大了研究水域,包括杭州湾和舟山海域,研究了夏、秋季浮游动物分布特征,并参照浙江省舟山海洋生态环境监测站 1996—2005 年在该区域的日常监测数据,分析了近 10 年来的变化趋势,为加深对长江口生态系统演变的认识提供有价值的参考。

1 材料与方法

2005 年夏季(7 月 5—15 日)、秋季(10 月 27 日—11 月 10 日)对长江口及邻近海域进行了两个航次的综合调查,调

查海域范围为 32°00′—29°30′N, 123°E 以西海域,面积约 $(3.8 \times 10^9) \text{ m}^2$,共设 49 个站位(图 1)。根据海域的自然特征将所有站位划分为长江口(1—18 号和 44—48 号站位,“+”表示)、杭州湾(20、23、25、26、29、34 号站位,“△”表示)、舟山海区(其余站位,“⊕”表示)三个区域。

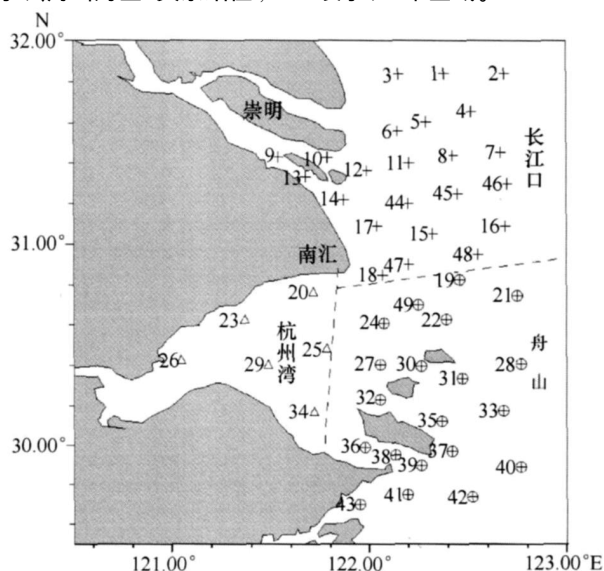


图 1 研究区域与采样点

Fig. 1 Study area and sampling locations

收稿日期: 2008-03-24; 修订日期: 2009-01-12

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2002CB412405); 国家自然科学基金委员会创新研究群体基金(No. 40721004)资助

作者简介: 章飞燕(1985—),女,汉,安徽泾县人;硕士生;主要从事河口生态学研究, E-mail: zfy1985719@yahoo.com.cn

通讯作者: 李道季, E-mail: daojili@sklec.ecnu.edu.cn

浮游动物样品采集方法和室内处理等均按照“海洋调查规范”进行,用标准浮游动物大网(口径 80 cm、筛绢 GG36、孔径 0.5 mm)由底层至表层垂直拖曳采集。所获标本均经 5%福尔马林溶液固定后再进行分类、鉴定、计数和称重。其他各监测指标的样品采集、预处理、分析与鉴定均按《海洋监测规范》^[15](GB 17378.1~7-1998)和相关标准方法进行。

浮游动物多样性指数(H)^[16]、优势度(Y)^[17]计算式分别为:

$$H = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N} \right) \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right); Y = \frac{n_i}{N} f_i$$

其中, s 为样品中的种类总数; N 为种类总个体数; n_i 为样品中第 i 种的个体数; f_i 是第 i 种在各站位中出现的频率。

2 结果

2.1 浮游动物种类组成及优势种

调查海域浮游动物组成按其生态特征可分为三类:近岸低盐种,是主要优势类群,其对盐度变化适应范围为 10—28,代表种类有真刺唇角水蚤(*Labidocera eu-chæta*)、

太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*)、背针胸刺水蚤(*Centropages dorsispinatus*)、中华假磷虾(*Pseudeuphausia sinica*)等;半咸水河口种,主要出现在秋季,主要有火腿许水蚤(*Schnackeria poplesia*)、长额刺糠虾(*Acanthanysis longirostris*)等;暖水性外海种,适盐范围在 30 以上,夏季出现较多,主要种类有中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*)、肥胖箭虫(*Sagitta enflata*)等。

调查海域夏季共鉴定浮游动物 104 种,浮游幼体 19 类;秋季共鉴定 95 种,浮游幼体 16 类。桡足类、水母类、浮游幼体占优势地位,夏季出现物种较秋季多(表 1)。调查海域共有优势种 9 种(优势度 $Y \geq 0.02$)^[18],夏、秋季节都出现的优势种仅两种,为真刺唇角水蚤和长尾类幼体(Mecurran larva)。夏季优势种数较秋季多,多以近岸低盐种和暖水性外海种为主要生态类群,太平洋纺锤水蚤占据绝对优势($Y = 0.4$);秋季以真刺唇角水蚤($Y = 0.1$)和双生水母($Y = 0.06$)占优势(表 2),优势种季节变化明显。

表 1 夏、秋季节调查海域各海区浮游动物物种组成及所占百分比
Tab. 1 The species composition of zooplankton at the study area in summer and autumn

海区 Sea area	长江口 Yangtze Estuary				杭州湾 Hangzhou Bay				舟山海区 Zhoushan area				全海域 Whole area			
	夏季 Summer		秋季 Autumn		夏季 Summer		秋季 Autumn		夏季 Summer		秋季 Autumn		夏季 Summer		秋季 Autumn	
	种类数 Species number	%	种类数 Species number	%	种类数 Species number	%	种类数 Species number	%	种类数 Species number	%	种类数 Species number	%	种类数 Species number	%	种类数 Species number	%
桡足类 Copepoda	22	25.3	21	28.4	12	25	10	37	32	31.7	19	26.4	38	30.9	26	27
端足类 Amphipoda	5	5.7	3	4.1	2	4.2	0	0	5	5	1	1.4	5	4.1	3	3.2
糠虾类 Mysidacea	3	3.4	2	2.7	2	4.2	2	2.7	3	3	3	4.2	4	3.3	4	4.2
磷虾类 Euphausiacea	5	5.7	3	4.1	4	8.4	0	0	4	4	2	2.8	6	4.9	3	3.2
十足类 Decapoda	4	4.6	3	4.1	2	4.2	2	2.7	4	4	4	5.6	4	3.3	5	5.3
涟虫类 Cumacea	0	0	1	1.4	1	2.1	1	1.4	0	0	0	0	2	1.6	1	1.1
等足类 Isopoda	0	0	1	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.1
枝角类 Cladocera	2	2.3	1	1.4	0	0	0	0	2	2	0	0	3	2.4	1	1.1
介形类 Ostracda	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0.8	0	0
水母类 Jellyfish	17	19.5	14	18.9	11	22.9	6	22.2	13	12.9	15	20.8	22	17.9	19	20
软体类 Molluscs	5	5.7	3	4.1	2	4.2	0	0	6	5.9	3	4.2	6	4.9	4	4.2
多毛类 Polychaeta	2	2.3	4	5.4	1	2.1	0	0	5	5	3	4.2	5	4.1	4	4.2
毛颚类 Chaetognatha	4	4.6	4	5.4	2	4.2	2	2.7	4	4	4	5.6	4	3.3	4	4.2
被囊类 Tunicate	2	2.3	2	2.7	0	0	0	0	4	4	4	5.6	4	3.3	4	4.2
合计 Total	71		62		39		23		83		58		104		79	
浮游幼体 Planktonic larvae	16		12		9		4		18		14		19		16	

2.2 浮游动物的生物量、丰度以及多样性指数的分布

调查海域夏季浮游动物生物量均值为 91.5 mg/m³ (表 3),高值区 (> 100mg/m³)出现在长江口与杭州湾交汇处(南汇嘴附近海域)、杭州湾中部以及舟山海区南部(图 2a)。秋季浮游动物生物量均值为 66.4 mg/m³ (表 3),高值区 (>100 mg/m³)出现在长江口东部以及东部偏北海域,而杭州湾和舟山海区高值区消失 (< 50 mg/m³)。调查海域夏季浮游动物高值区整体分布在沿岸一带,外海区大部分被 50 mg/m³等值线所包围,而秋季高值区大部分转移至东北部外海区,沿岸测值较低 (< 50 mg/m³)。

调查海域夏季浮游动物丰度均值为 255.9 ind/m³ (表 3),高值区 (>300 ind/m³)分布在长江口与杭州湾交汇处以及杭州湾中部(图 2b)。秋季浮游动物丰度均值为 55.2 ind/m³ (表 3),相对高值区 (>60 ind/m³)出现在长江口东部以及南汇嘴附近海域(图 2e)。秋季浮游动物丰度高值区与夏季相比明显向北部转移。

调查海域夏、秋季节浮游动物多样性指数变化不大,平均为 2.9(表 3),多样性指数高,种类分布均匀。多样性指数高值区 (>3)位于长江口北部、舟山海区南部以及舟山海区外侧等海域;低值区夏季位于长江口九段沙附近海域,秋季位于长兴横沙一带 (<1.5) (图 2c和 2f)。

表 2 调查海域优势种优势度 (Y)

	太平洋纺锤水蚤	短尾蚤状幼体	百陶箭虫	长尾类幼体	拿卡箭虫	中华哲水蚤	真刺唇角水蚤	精致真刺水蚤	双生水母
Dominant species	Acartia pacifica	Brachyura zoea	Sagitta bedoti	Macruran larvae	Sagitta nagai	Calanus sinicus	Labidocera euchaeta	Euchaeta concinna	Diphyes
夏季 Summer	0.4	0.03	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05		
秋季 Autumn				0.04			0.1	0.03	0.06

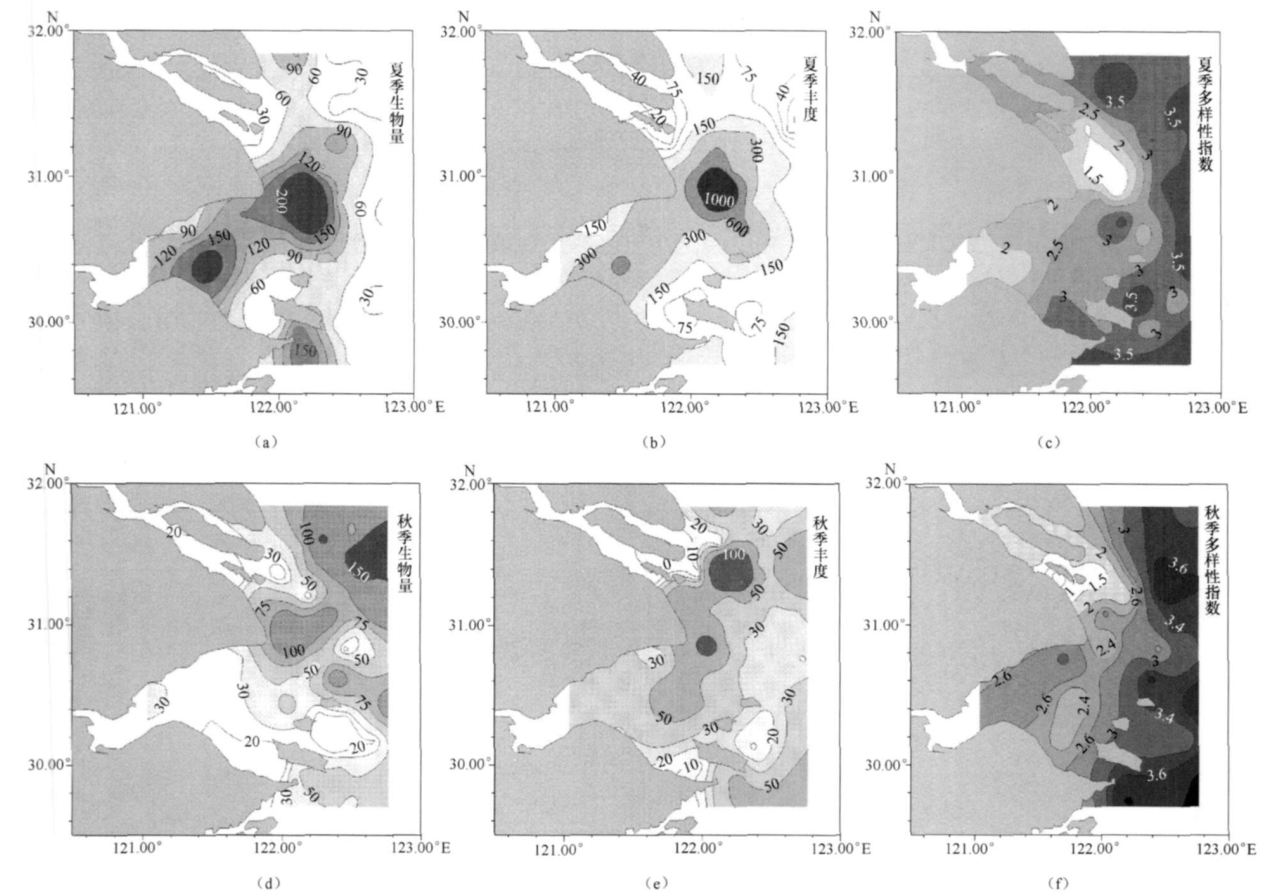


图 2 夏、秋季节浮游动物生物量 (mg/m³)、丰度 (ind/m³)以及多样性指数 (H)的分布
Fig.2 Distribution of biomass, density and diversity index (H) in summer and autumn

2.3 浮游动物季节变化特征

调查海域浮游动物生物量均值夏季 (91.5 mg/m³)较秋季 (66.4 g/m³)高,但相差不大,而丰度均值夏季 (255.9 ind/m³)远远大于秋季 (44.6 ind/m³),这可能是因为夏季最主要的优势种为太平洋纺锤水蚤,其个体小,而秋季出现的优势种个体较大,特别是双生水母等水母类数量增多。各海区中,长江口生物量均值夏季 (79.3 mg/m³)较秋季 (94.1 g/m³)小,而丰度均值 (296.1 ind/m³)远大于秋季 (55.2 ind/m³) (表 3),这可能是由于夏季长江口小型浮游动物数量增加导致的。杭州湾夏季生物量均值 (130.1 mg/m³)和丰度均值 (332.7 ind/m³)均远远大于秋季 (27.3 mg/m³、41.2 ind/m³),而多样性指数均值夏季 (2.2)较秋季 (2.6)小 (表 3),表明杭州湾夏季浮游动物数量虽多,但种类分布均匀度较秋季低,这可能是因为夏季杭州湾优势种的聚集导致多样性指数较低。舟山海区多样性指数在各海区中为最高 (3.3),其次为长江口 (2.7),杭州湾多样性指数均值 (2.4)最低,表明舟山海区浮游动物生存环境质量最好。

3 讨 论

3.1 水文环境对浮游动物分布的影响

调查海域水文环境复杂,受到长江径流、潮汐、地形以及

外海水等不同要素的影响。夏季高温高盐的台湾暖流表层水前缘可达 31°N (约长江口南岸处)^[19],与长江冲淡水交汇,再加上钱塘江水团的作用,在杭州湾中部到南汇嘴附近海域形成了一个多水团交汇的水域 (图 3a和 3b)。不同水团交汇使得生态环境复杂,能容纳较多类型的物种,在此水域出现的都是一些优势种,近岸低盐种类居多,尤以太平洋纺锤水蚤占优势,其丰度分布与浮游动物总分布趋势吻合 (图 4a)。夏季暖流势力强大,扩展了外海性种类的分布范围,暖水性外海种向近岸靠拢 (图 4b)。

秋季调查海域受外海水影响较小,水温分布呈现出由长江口向外递减的趋势 (图 3c),盐度等值线外移 (图 3d),表明调查海域主要受长江径流以及江浙沿岸流的影响。浮游动物多出现近岸低盐种以及半咸水河口种,其中真刺唇角水蚤和双生水母的丰度分布整合显示出秋季浮游动物总的分布趋势 (图 4c和 4d)。

综上所述,夏、秋季节浮游动物的分布与水文环境有着密切的关系。水文环境的改变导致两季出现的优势种有着明显的不同 (表 2),而优势种的分布对浮游动物总的分布趋势有着很大的影响。

表 3 不同海域浮游动物监测结果

Tab. 3 Zooplankton monitoring data in different areas

季节 Season	指标 Index	全海域 Whole area		长江口 (均值)	杭州湾 (均值)	舟山海区 (均值)
		数值 (均值)	范围	Yangtze Estuary (mean)	Hangzhou Bay (mean)	Zhoushan area (mean)
		Value (mean)	Range	(mean)	(mean)	(mean)
夏季 Summer	生物量 Biomass (mg/m ³)	91.5	6.7—370	79.3	130.1	92.7
	丰度 Density (ind/m ³)	255.9	12.3—2550	296.1	332.7	186.7
	H	2.9	1—4.4	2.8	2.2	3.3
秋季 Autumn	生物量 Biomass (mg/m ³)	66.4	5—285	94.1	27.3	46.4
	丰度 Density (ind/m ³)	44.6	1.3—367	55.2	41.2	33.4
	H	2.9	0—4.1	2.7	2.6	3.3

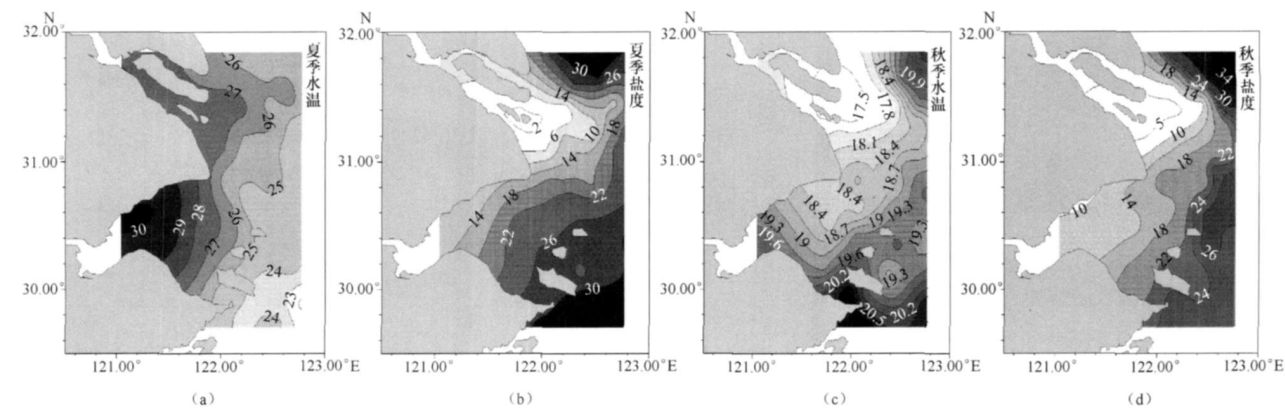


图 3 夏、秋季节表层水温 () 以及盐度的分布

Fig. 3 Distribution of temperature () and salinity at surface layer in summer and autumn

3.2 浮游动物群落结构变化分析

长期的历史监测数据表明,最近 10 年,长江口及毗邻海域浮游动物群落结构发生明显变化。浮游动物的水母类丰度比例从 2003 年开始逐渐上升(图 5a),从 3.5% 上升至本次调查的 7.1%;桡足类丰度比例呈现下降趋势(图 5b),从 74.1% 下降至本次调查的 55.9%,尤其是长江口水母类上升和桡足类下降趋势均很明显,水母类从 2003 年的 3.0% 上升至本次调查的 8.5%,而桡足类从 85.0% 下降至 48.5%。调查海域 1996 年以来浮游动物种类呈现上升趋势(图 5c),尤其是长江口及杭州湾,上升趋势更为明显,其主要原因可能

是因为中小型浮游动物种类及水母种类的大量出现。浮游动物由于桡足类尤其是原来的主要优势种 - 中华哲水蚤^[6]的数量下降,加上中小型桡足类以及水母的增加,相对的种类均匀程度提高,导致生物多样性呈上升趋势(图 5d)。调查海域浮游植物群落结构也发生了明显变化,甲藻种类组成比例和密度比例均呈现明显上升趋势,而硅藻密度正处于下降过程^[20]。浮游植物作为浮游动物的主要食物来源,其群落结构的变化可能影响了浮游动物的变化。总之,整个海域的饵料生物组成者桡足类的组成比例的下降,而非饵料生物水母比例的上升势必影响调查海域的渔业资源状况。

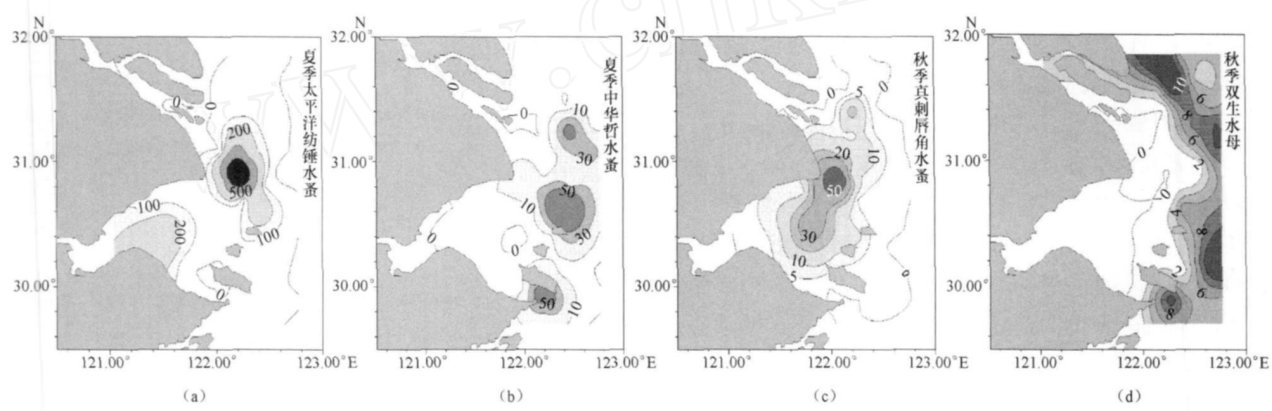


图 4 夏、秋季节各优势种的丰度分布
Fig. 4 Distribution of dominant species density in summer and autumn

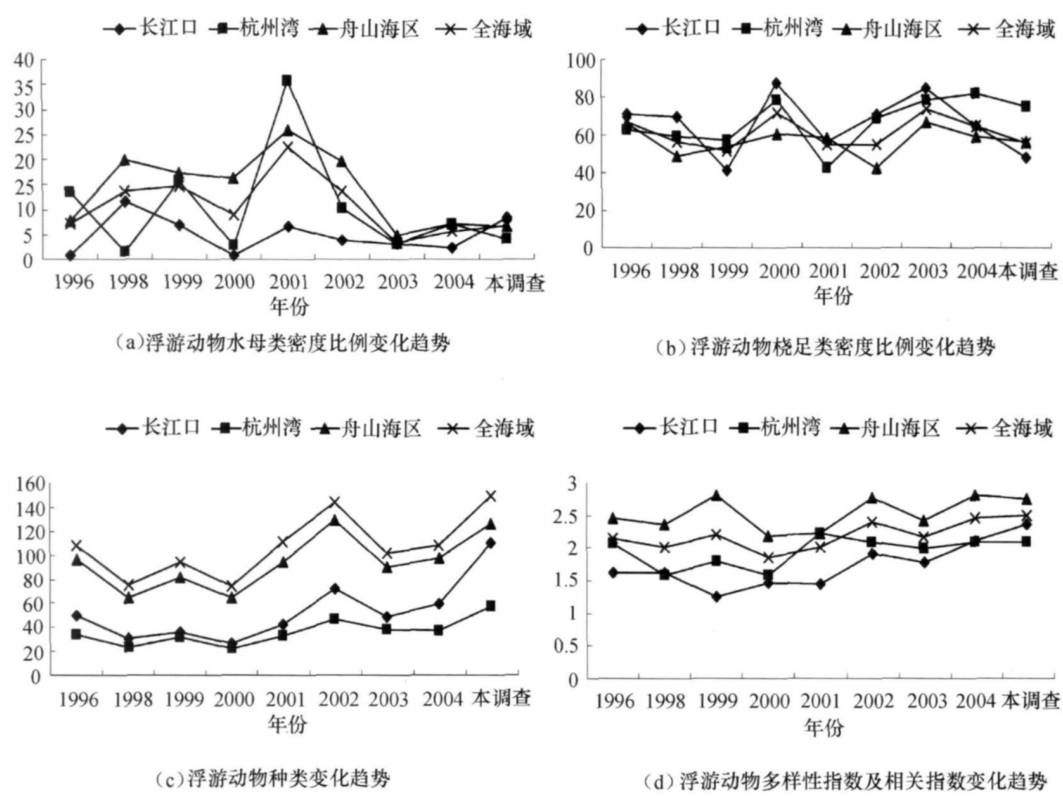


图 5 调查海域 1996—2005 年监测数据的变化
Fig. 5 Variation of monitoring data from 1996 to 2005 in investigated areas

4 结 论

调查海域夏季共鉴定浮游动物 104 种, 秋季共鉴定 79 种, 其中桡足类、水母类、浮游幼体占优势地位, 夏季出现物种及优势种数皆较秋季多, 且优势种季节变化明显。按种类组成特点可分成三类: 近岸低盐种、暖水性外海种和半咸水河口种。

浮游动物生物量均值夏季 (91.5 mg/m^3) 较秋季 (66.4 mg/m^3) 高, 但相差不大, 而丰度均值夏季 (255.9 ind/m^3) 远远大于秋季 (44.6 ind/m^3)。浮游动物多样性指数均值夏、秋季节变化不大 (2.9), 多样性指数高, 种类分布均匀。舟山海区多样性指数在各海区中为最高 (3.3), 表明舟山海区浮游动物生存环境质量最好。

调查海域受到长江径流、江浙沿岸流以及外海水的影响, 浮游动物的空间分布具有明显的季节变化。夏季生物量 ($>100 \text{ mg/m}^3$) 以及丰度高值区 ($>300 \text{ ind/m}^3$) 集中到长江口与杭州湾交汇处以及杭州湾中部; 而秋季生物量高值区 ($>100 \text{ mg/m}^3$) 集中到长江口东部和东部以北海域, 丰度高值区 ($>60 \text{ ind/m}^3$) 出现在长江口中部海域。优势种的分布对浮游动物的总分布趋势有很大影响, 太平洋纺锤水蚤的分布与夏季浮游动物分布趋势吻合, 而真刺唇角水蚤以及双生水母的分布显示出秋季浮游动物总的分布趋势。

与历年资料比较结果, 近 10 年来长江口及毗邻海域浮游动物群落结构也发生了明显变化。水母类物种丰度比例增加, 而桡足类丰度比例下降。能够引起海洋灾害^[10]的水母类的增加, 使得调查海域渔业资源状况受到影响, 是否能够考虑提前预防水母类的暴发以免对渔业造成损失。

致谢:

浙江省舟山海洋生态环境监测站所属的“浙海环监”号专业海洋生态环境调查船长及所有船员, 参与室内实验的技术人员。

参考文献:

- [1] Lu J J. Estuarine ecology [M]. Beijing: Ocean Press, 2003, 63—69 [陆建建. 河口生态学. 北京: 海洋出版社, 2003, 63—69]
- [2] Ji H H, Ye S F. Ecological distribution characteristics of zooplankton and its relationship with environmental factors in the Changjiang River estuary [J]. *Marine Sciences*, 2006, **30** (6): 23—30 [纪焕红, 叶属峰. 长江口浮游动物生态分布特征及其与环境的关系. 海洋科学, 2006, **30** (6): 23—30]
- [3] Wang K, Wang R, Zuo T, et al. Analysis of zooplankton biomass in Changjiang River estuary and adjacent waters [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2004, **35** (6): 568—576 [王克, 王荣, 左涛, 等. 长江口及邻近海区浮游动物总生物量分析. 海洋与湖沼, 2004, **35** (6): 568—576]
- [4] Xu Z L. Character of zooplankton community and its variation in the water near the Yangtze River estuary [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, **24** (7): 780—784 [徐兆礼. 长江口邻近水域

浮游动物群落特征及变动趋势. 生态学杂志, 2005, **24** (7): 780—784]

- [5] Xu Z L, Shen X Q. Zooplankton biomass and its variation in water near Changjiang estuary [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2005, **14** (3): 282—286 [徐兆礼, 沈新强. 长江口水域浮游动物生物量及其年间变化. 长江流域资源与环境, 2005, **14** (3): 282—286]
- [6] Xu Z L, Shen X Q, Ma S W. Ecological characters of zooplankton dominant species in the waters near the Changjiang estuary in spring and summer [J]. *Marine Sciences*, 2005, **29** (12): 13—19 [徐兆礼, 沈新强, 马胜伟. 春、夏季长江口邻近水域浮游动物优势种的生态特征. 海洋科学, 2005, **29** (12): 13—19]
- [7] Sun J, Liu D Y, Wang Z L, et al. Microzooplankton herbivory during red tide-frequent occurrence period in Spring in the East China Sea [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, **14** (7): 1073—1080 [孙军, 刘东艳, 王宗灵, 等. 春季赤潮频发期东海微型浮游动物摄食研究. 应用生态学报, 2003, **14** (7): 1073—1080]
- [8] Sun J, Wang X D, Song S Q. Selective feeding of *Calanus sinicus* on harmful algal blooms species in East China Sea in Spring [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, **18** (1): 151—157 [孙军, 王小冬, 宋书群. 春季东海中华哲水蚤对有害藻华物种的选择性摄食. 应用生态学报, 2007, **18** (1): 151—157]
- [9] Xu Z L, Jiang M, Chen Y Q, et al. Study on relationship between pelagic copepods and environmental factors at frequent HAB areas in the East China Sea in spring [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, **27** (Suppl.): 49—54 [徐兆礼, 蒋玫, 陈亚瞿, 等. 东海赤潮高发区春季浮游桡足类与环境关系的研究. 水产学报, 2003, **27** (Suppl.): 49—54]
- [10] Xu Z L, Lin M. Causal analysis on diversity of medusa in the East China Sea [J]. *Biodiversity Science*, 2006, **14** (6): 508—516 [徐兆礼, 林茂. 东海水母类多样性分布特征. 生物多样性, 2006, **14** (6): 508—516]
- [11] Wang R, Chen Y Q, Zuo T, et al. Quantitative distribution of euphausiids in the Yellow Sea and the East China Sea in spring and autumn in relation to the hydrographic conditions [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, **27** (Suppl.): 31—38 [王荣, 陈亚瞿, 左涛, 等. 黄、东海春季磷虾的数量分布及其与水文环境的关系. 水产学报, 2003, **27** (Suppl.): 31—38]
- [12] Xu Z L. Distribution patterns of pelagic euphausiids in the East China Sea [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, **27** (9): 3678—3686
- [13] Xue J Z, Ye L, Cai Q H, et al. Variation of cladocetans from maoping to Guangzhou in the three gorges reservoir before and after impoundment [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2006, **30** (1): 58—63 [薛俊增, 叶麟, 蔡庆华, 等. 三峡水库坝前蓄水前后枝角类的周年变化. 水生生物学报, 2006, **30** (1): 58—63]
- [14] Xue J Z, Ye L, Cai Q H. Variation of copepod from maoping to Guangzhou in the three gorges reservoir before and after impound-

- ment [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2006, **30** (1): 58—63 [薛俊增, 叶麟, 蔡庆华, 等. 三峡水库坝前段蓄水前后桡足类组成的变化. 水生生物学报, 2006, **30** (1): 58—63]
- [15] The Specification for Oceanographic Survey (the fifth fascicule) [M]. Beijing: State Oceanic Administration People's Republic of China. 1975 [国家海洋局. 海洋调查规范 (第五分册). 北京: 国家海洋局. 1975]
- [16] Shannon C E, Wiener W. The Mathematical Theory of Communication [M]. Urbana: University of Illinois Press. 1949, 125
- [17] Yang GM, He D H, Wang C S. Ecology characteristics in the island waters off Zhejiang [J]. *Marine Environmental Science*, 1998, **17** (4): 48—53 [杨关铭, 何德华, 王春生. 浙江省海岛海域环境生态特征——浮游动物种类优势度与水体生态性质. 海洋环境科学, 1998, **17** (4): 48—53]
- [18] Zhu Q Q. An investigation on the ecology of zooplankton in Changjiang estuary and Hangzhou Bay [J]. *J Fish China*, 1988, **12** (2): 110—123 [朱启琴. 长江口、杭州湾浮游动物生态调查报告. 水产学报, 1988, **12** (2): 110—123]
- [19] Sha W Y, Zhu S X, Zhu J R. Some focus hydrology problems in the east of China Sea [J]. *Marine Forecasts*, 1998, **15** (2): 24—27 [沙文钰, 朱首贤, 朱建荣. 东中国海水文研究中的几个热点问题. 海洋预报, 1998, **15** (2): 24—27]
- [20] Li Y, Li D J, Tang J L, *et al.* Phytoplankton distribution and variation in the Yangtze River estuary and its adjacent sea [J]. *Environmental Science*, 2007, **28** (4): 719—729 [李云, 李道季, 唐静亮, 等. 长江口及毗邻海域浮游植物的分布与变化. 环境科学, 2007, **28** (4): 719—729]