

长江口不同水域浮游动物数量特征比较

徐 韧, 李亿红, 李志恩, 王金辉

(国家海洋局东海环境监测中心, 上海 200137)

摘要: 为了分析长江口浮游动物与环境的关系, 从 2004 年到 2006 年分别于 5 月份 (平水期) 和 8 月份 (枯水期) 在长江口水域共设 22 个观测站进行 6 次海洋调查。结果显示: 长江口浮游动物丰度 8 月份高于 5 月份, 北支略大于南支, 长江口口外大于口内。在大多数情况下, 5 月份丰度近海略大于咸淡水交错水域, 8 月份相反。长江口浮游动物丰度和分布具有不确定性, 水团的季节变化, 外海水和冲淡水交汇的位置是影响长江口浮游动物分布特征的重要因素。对长江口南支水域而言, 5 月份中华哲水蚤 (*Sinocalanus sinensis*), 8 月份火腿许水蚤 (*Schmackeria poplesia*) 是最主要的优势种; 咸淡水交错水域和北支优势种种类较多, 真刺唇角水蚤 (*Labidocera euchaeta*) 在 5 月份和 8 月份都是主要优势种, 其次是小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*)。针刺拟哲水蚤 (*Paracalanus aculeatus*), 背针胸刺水蚤 (*Centropages dorsispinatus*), 太平洋纺锤水蚤 (*Acartia pacifica*) 和火腿许水蚤仅为 8 月份的主要优势种。对近海而言, 中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*) 是主要的优势种, 其次是五角水母 (*Muggiaea atlantica*) 和肥胖箭虫 (*Sagitta enflata*)。

关键词: 长江口; 浮游动物; 丰度; 优势种

文章编号: 1000-0933 (2009) 04-1688-09 中图分类号: Q145 文献标识码: A

Quantitative comparison of zooplankton in different habitats of the Changjiang Estuary

XU Reng, LI Yi-Hong, LI Zhi-En, WANG Jin-Hui

East China Sea Environmental Monitoring Center; SOA; Shanghai 200137, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(4): 1688 ~ 1696.

Abstract: Six field surveys were conducted in the Changjiang Estuary for studying the relationship between the zooplankton abundance and its environment in May and August from 2004 to 2006. It was evidenced that the abundance was higher in August, in the North Branch and in the brackish waters, respectively compared with the situation in May, in the South Branch and in the Estuary. In general, the offshore abundance was higher than littoral's in May, but it was completely opposite in August. The number of zooplankton species in the Changjiang Estuary and their distributions are complicated. It is due to the fluctuation in the quantity of runoff, especially Changjiang Dilute Waters (CDW). And also, the variation in salinity has had a great influence on the zooplankton species composition. In the South Branch, *Sinocalanus sinensis* and *Schmackeria poplesia* are main dominant species in May and August, respectively. There are many dominant species both in the North Branch and in the littoral, such as *Labidocera euchaeta*, as well as *Paracalanus parvus*; *Paracalanus aculeatus*, *Centropages dorsispinatus* and *Acartia pacifica*. While offshore, *Calanus sinicus* is main dominant species, and then *Muggiaea atlantica* and *Sagitta enflata*.

Key Words: zooplankton; abundance; dominant species, Changjiang Estuary

长江河口是典型的陆海水流相互作用水域, 这种相互作用的格局反映在河口盐度和其他水文环境因子的

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划资助项目 (90511005)

收稿日期: 2007-12-12; 修订日期: 2008-06-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xrhyp@163.com

时空分布上。在长江口内,径流量大,显示出淡水特征。在海域近口内一侧,由于受潮汐的环境影响,显示出咸淡水的特征。口门外近外海一侧,显示出更多的海水特征^[1]。在长江口,不同季节,其盐度的分布特征各不相同。已知浮游动物具有随波逐流特性,随着潮流和盐水向口内入侵,浮游动物在长江口的空间格局也显示出一定的变化。即便都是口内水域,由于长江河口南支和北支接纳的径流量不同,也显示出不同的特征。

基于长江口生态系统的复杂性和多样性,长江口浮游动物自然生态学研究一直是河口生物科学研究的热点。早期朱启琴^[2]对长江口浮游动物有过较为全面的分析。但所用的是 80 年代海岸带调查资料,因而缺乏对口内水域浮游动物的研究。进入 20 世纪 90 年代,有不少浮游动物研究论文冠以“长江口”一词^[3~8],然而由于缺乏全河口和口外海域完整的调查,对长江口浮游动物的研究,从地理上讲都是不够完整的。就其范围来说只是河口一个局部水域^[3~8]。此外,由于长江口水文环境的复杂性,依据单个年份资料所得结果有一定偶然性,还需要依据对多年资料进行研究。本文利用 2004~2006 年分别在 5 月和 8 月进行的整个长江口水域的调查资料,比较长江口不同水域浮游动物数量特征差异,以期对长江口浮游动物数量空间变化有一个较为完整的了解。

1 材料与方法

1.1 样品采集和站位布设

2004 年到 2006 年分别于 5 月(平水期)和 8 月(丰水期)在长江口水域共设 22 个定点测站(图 1)。其中北支的 2 号站位仅仅在 2004 年进行了调查。启东外海的 7 号站位在 2005 年和 2006 年进行调查。12 号站位 2004 年没有调查。为了详细分析浮游动物与环境的关系,依据地理位置和盐度^[1]将调查区分成 4 个海区,即:南支、北支、咸淡交错水域和长江口外近海水域。其中 1、3、4 和 5 号站位属于南支水域,南支水域盐度一般小于 5;2 号站位属于北支;6~11 号站位属于咸淡交错水域,其盐度一般小于 20;12~22 号站位属于长江口外近海,主要位于 122°30'E 以东,盐度大于 20(图 1,表 1)。浮游动物样品采集采用浅水 I 型网(口径 50 cm、孔径

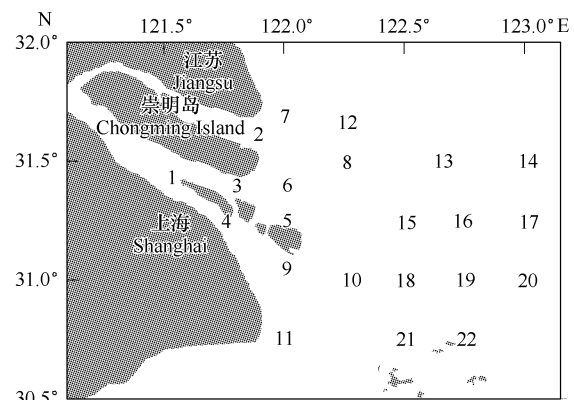


图 1 采样站位

Fig. 1 Sampling station

0.505 mm),自海底至海面垂直拖曳获得。样品采集方法及标本处理等均按《海洋调查规范》^[9]进行。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,计数结果以丰度(ind./m³)表示。浮游植物样品在预定站位和水层采集。取 0.51 水样,加入 3~4ml 饱和碘液固定,然后镜检,分类、鉴定、计数。计数结果以丰度(ind./m³)表示。叶绿素 a 测定采水样 100ml,加入 1~2ml 碳酸镁溶液,在负压小于 50kPa 抽真空条件下过滤,将载有浮游植物的滤膜放入装有 10ml 丙酮(90%)的提取瓶内,盖紧,摇荡,存放于低于零度的冰箱内,提取 12~24h,然后按照《海洋调查规范》^[9]进行荧光测定(mg/m³)。

1.2 数据处理

分析浮游动物丰度的构成,需要对优势种进行分析。本文优势种的优势度(Y)采用如下公式计算:

$$Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$$

式中, n_i 为第 i 种的丰度, f_i 是该种在各站位中出现率, N 为总丰度。取优势度 $Y \geq 0.02$ ^[10] 的种类为优势种。

分析环境因子变化与总丰度变化之间的相关性,以总丰度为因变量,用同步观测到的浮游动物环境资料指标作自变量,采用逐步回归分析方法计算浮游动物丰度和环境因子间的相关性。在本文中,列入计算的自变量分别是表、底层的温度(℃)和盐度,浮游植物的细胞数(ind./m³),叶绿素 a 浓度(mg/m³)。具体计算方

法参见参考文献^[11]。

2 结果

2.1 长江口不同调查站位盐度的分布

从表 1 可见,口内水域中,无论是表层还是底层盐度,北支水域明显高于南支水域,与咸淡交错水域性质类似。在咸淡交错水域中,8 号站位在 5 月份盐度很低,几乎与淡水水团相同。在 8 月份呈明显的咸淡交错水域性质。而位于崇明东滩 6 号站位的盐度具有明显的交错海域特征。在个别航次中盐度甚至在 20 以上,呈现出近海的盐度特征。2006 年 8 月咸淡交错水域及其邻近的 5 号站位的盐度较其他年份偏高。这一年正是长江三峡大坝蓄水时期。同期的盐度分布格局受到影响。

表 1 不同水域盐度分布
Table 1 Horizontal distribution of salinity

区域 Region	站位 Station	5 月 May			8 月 Aug.		
		2004	2005	2006	2004	2005	2006
北支 North branch	2	14.91	—	—	17.74	—	—
南支 South branch	1	0.13	0.14	0.16	0.12	0.20	0.18
	3	0.15	1.63	0.11	0.16	0.17	1.33
	4	0.12	0.35	6.36	0.14	0.18	0.51
	5	3.89	3.54	0.11	4.63	0.45	3.15
交错区 Littoral region	6	24.50	14.22	15.85	18.84	19.23	27.48
	7	—	18.72	17.85	—	15.66	28.59
	8	2.09	4.17	1.53	19.69	13.20	15.83
	9	8.13	16.09 *	7.88 *	6.76	0.11 *	15.58 *
近海 Nearshore	10	12.07	18.54	15.27	19.36	10.32	16.25
	11	21.04	16.87	15.74	18.95	21.96	19.08
	12	28.78 *	26.94 *	30.10	31.43	27.38	29.36
	13	29.93	21.50	26.75	33.06	25.53	23.01
	14	30.56	28.04	30.04	33.10	26.29	32.31
	15	20.98	22.95	18.37	10.28	23.49	12.86
	16	29.67	28.83	30.50	32.57	27.05	28.38
	17	34.48	30.84	30.24	32.26	28.27	31.54
	18	27.69	23.52	20.94	17.17	20.41	21.00
	19	30.51	28.38	28.61	27.19	22.55	22.67
	20	30.49	30.39	30.51	32.82	30.09	27.38
	21	16.81	28.91	27.58	28.84	21.87	26.86
	22	31.13	31.45	29.23	27.52	26.11	30.17

* : 没有浮游动物的数据 no zooplankton data ; — : 没有盐度数据 no salinity data

2.2 不同水域优势种

一般地讲,浮游动物数量,主要与优势种足量变化有密切的关系。依据本文优势种的优势度计算和 $Y \geq 0.02$ 的判定标准,不同季节不同水域浮游动物优势种变化(表 2)。

5 月份,长江口北支的主要优势种是真刺唇角水蚤 (*Labidocera euchaeta*) 和火腿许水蚤 (*Schmackeria poplesia*),南支主要是中华华哲水蚤 (*Sinocalanus sinensis*) 和虫肢歪水蚤 (*Tortanus vermiculus*),咸淡交错水域主要是真刺唇角水蚤和小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*),近海主要是中华哲水蚤。

8 月份优势种呈多样化格局,北支主要是针刺拟哲水蚤 (*Paracalanus aculeatus*)、真刺唇角水蚤和太平洋纺缍水蚤 (*Acartia pacifica*)。咸淡交错水域主要是背针胸刺水蚤、五角水母 (*Muggiaea atlantica*)、针刺拟哲水蚤、太平洋纺缍水蚤、火腿许水蚤和真刺唇角水蚤,近海是真刺唇角水蚤、小拟哲水蚤和中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*)。

受不同时期不同潮流影响,南支情况相对较为复杂。南支西侧,很少受咸水的影响,显示出优势种不明显,火腿许水蚤和中华华哲水蚤稍多。由于长江口北槽水域与口外海域接近,该水域优势种的数量明显多于南支其他水域,南支优势种主要是真刺唇角水蚤和火腿许水蚤等(表2)。

表2 不同年份、季节优势种平均丰度

Table 2 Seasonal and regional mean abundance of dominant species from May, 04 to Aug, 06

优势种 Dominant species	2004-05							
	北支		南支		交错区		近海	
	North branch		South branch		Littoral region		Nearshore	
	$\bar{X}^*$	Y	$\bar{X}$	Y	$\bar{X}$	Y	$\bar{X}$	Y
百陶箭虫 <i>Sagitta bedoti</i>							20.67	0.10
虫肢歪水蚤 <i>Tortanus vermiculus</i>	12.50	0.08	52.50	0.08	6.55	0.06		
海龙箭虫 <i>Sagitta nagae</i>							10.74	0.05
中华哲水蚤 <i>Sinocalanus sinensis</i>	7.50	0.05	40.97	0.26				
火腿许水蚤 <i>Schmackeria poplesia</i>	75.00	0.51			8.04	0.03		
拟哲水蚤 sp. <i>Paracalanus</i> sp.					8.04	0.02		
漂浮囊糠虾 <i>Gastrosaccus pelagicus</i>					7.20	0.06		
软拟海樽 <i>Dolioletta gegenbauri</i>							14.57	0.02
五角水母 <i>Muggiaea atlantica</i>							32.81	0.14
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	32.50	0.22			49.39	0.43		
指状许水蚤 <i>Schmackeria inopinus</i>			4.72	0.03				
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>							52.41	0.25

优势种 Dominant species	2004-08							
	北支		南支		交错区		近海	
	North branch		South branch		Littoral region		Nearshore	
	$\bar{X}$	Y	$\bar{X}$	Y	$\bar{X}$	Y	$\bar{X}$	Y
背针胸刺水蚤 <i>Centropages dorsispinatus</i>					49.86	0.05	15.72	0.02
肥胖箭虫 <i>Sagitta enflata</i>							9.15	0.02
海龙箭虫 <i>Sagitta nagae</i>	5.00	0.03						
火腿许水蚤 <i>Schmackeria poplesia</i>	11.67	0.06	5.76	0.05	67.04	0.09		
精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i>							12.82	0.03
平滑真刺水蚤 <i>Euchaeta plana</i>							13.79	0.03
软拟海樽 <i>Dolioletta gegenbauri</i>							25.58	0.02
双生水母 <i>Diphyes chamissonis</i>							23.58	0.07
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	93.33	0.47			59.47	0.08		
五角水母 <i>Muggiaea atlantica</i>					62.22	0.03	43.27	0.11
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>					30.47	0.04		
亚强真哲水蚤 <i>Eucalanus subcrassus</i>							16.59	0.03
针刺拟哲水蚤 <i>Paracalanus aculeatus</i>	20.00	0.10			62.22	0.03	45.22	0.09
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	16.67	0.08	38.16	0.32	65.64	0.09		

优势种 Dominant species	2005-05					
	南支		交错区		近海	
	South branch		Littoral region		Nearshore	
	$\bar{X}$	Y	$\bar{X}$	Y	$\bar{X}$	Y
虫肢歪水蚤 <i>Tortanus vermiculus</i>	12.40	0.08	9.09	0.04		
海龙箭虫 <i>Sagitta nagae</i>					11.02	0.05
中华华哲水蚤 <i>Sinocalanus sinensis</i>	40.77	0.51	15.88	0.05		
火腿许水蚤 <i>Schmackeria poplesia</i>			5.98	0.03		
双生水母 <i>Diphyes chamissonis</i>					11.35	0.03
微驼隆哲水蚤 <i>Acrocalanus gracilis</i>					22.25	0.05
五角水母 <i>Muggiaea atlantica</i>					8.04	0.03
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>			47.34	0.30		
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>			7.57	0.04	126.24	0.52

续表

优势种 Dominant species	2005-08					
	南支 South branch		交错区 Littoral region		近海 Nearshore	
	$\bar{X}$	Y	$\bar{X}$	Y	$\bar{X}$	Y
背针胸刺水蚤 <i>Centropages dorsispinatus</i>	2.93	0.07	554.60	0.36	49.18	0.03
儿岛囊糠虾 <i>Gastrosaccus kojimaensis</i>	2.68	0.02				
肥胖箭虫 <i>Sagitta enflata</i>					40.21	0.04
火腿许水蚤 <i>Schmackeria poplesia</i>	7.44	0.13				
克氏纺锤水蚤 <i>Acartia clausi</i>	1.90	0.03	32.69	0.03		
享生莹虾 <i>Lucifer hansenii</i>					30.20	0.02
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>	2.57	0.04	48.57	0.05	40.94	0.04
针刺拟哲水蚤 <i>Paracalanus aculeatus</i>			36.14	0.04	34.52	0.04
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>			120.64	0.13	56.56	0.05
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	1.14	0.02			90.37	0.06
中型莹虾 <i>Lucifer intermedius</i>					33.21	0.03
优势种 Dominant species	2006-05					
	南支 South branch		交错区 Littoral region		近海 Nearshore	
	$\bar{X}$	Y	$\bar{X}$	Y	$\bar{X}$	Y
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>	10.63	0.06	47.26	0.20	15.70	0.04
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>			33.86	0.11		
强额拟哲水蚤 <i>Paracalanus crassirostris</i>	5.00	0.03	17.14	0.03		
百陶箭虫 <i>Sagitta bedoti</i>						
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>			20.20	0.05	93.99	0.46
海龙箭虫 <i>Sagitta nagae</i>					6.08	0.03
漂浮囊糠虾 <i>Gastrosaccus pelagicus</i>			5.87	0.02		
火腿许水蚤 <i>Schmackeria poplesia</i>	12.19	0.11	13.02	0.04		
中华华哲水蚤 <i>Sinocalanus sinensis</i>	35.00	0.31				
虫肢歪水蚤 <i>Tortanus vermiculus</i>	7.19	0.04	15.29	0.04		
针刺拟哲水蚤 <i>Paracalanus aculeatus</i>					28.53	0.12
微驼隆哲水蚤 <i>Acrocalanus gracilis</i>					6.26	0.02
优势种 Dominant species	2006-08					
	南支 South branch		交错区 Littoral region		近海 Nearshore	
	$\bar{X}$	Y	$\bar{X}$	Y	$\bar{X}$	Y
百陶箭虫 <i>Sagitta bedoti</i>			14.92	0.08	10.54	0.04
背针胸刺水蚤 <i>Centropages dorsispinatus</i>			11.50	0.04	23.05	0.04
虫肢歪水蚤 <i>Tortanus vermiculus</i>	4.11	0.02				
肥胖箭虫 <i>Sagitta enflata</i>					28.80	0.08
海龙箭虫 <i>Sagitta nagae</i>			6.14	0.03	10.08	0.04
火腿许水蚤 <i>Schmackeria poplesia</i>	53.82	0.42	6.04	0.03		
精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i>					9.54	0.03
克氏纺锤水蚤 <i>Acartia clausi</i>	4.82	0.03	15.17	0.05		
漂浮囊糠虾 <i>Gastrosaccus pelagicus</i>	3.07	0.02	7.36	0.03		
平滑真刺水蚤 <i>Euchaeta plana</i>					9.71	0.03
五角水母 <i>Muggiaea atlantica</i>					9.44	0.04
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>	4.82	0.03	29.47	0.12		
针刺拟哲水蚤 <i>Paracalanus aculeatus</i>			21.56	0.11		
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>			39.97	0.16		
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>					20.02	0.05

* $\bar{X}$: 平均丰度 Abundance, Y : 优势度 Dominance

2.3 浮游动物丰度的平面分布

2004 年 5 月大于 250 ind./m³ 的较高丰度区位于咸淡交错水域近南支河口的部分水域,即 122°00′~122°15′E 之间。2005 年高丰度区位置向外海移动,位于东经 122°15′~122°30′E 附近,范围缩小,丰度较低。而调查区域东南和东北部也有较高的丰度。与 2004 和 2005 年相比,2006 年 5 月高丰度区位置更加偏外,偏北,丰度小则小于前两年。其中 7 号站位出现了大量的小拟哲水蚤,8 号站位小拟哲水蚤外还出现了大量的中华哲水蚤。此外在南支的近上海市水域,有一个浮游动物丰度的低值区。

8 月浮游动物空间格局与 5 月不同,8 月在长江口东南水域浮游动物丰度显著高于东北部的水域。2004 年 8 月,在调查海域中部高丰度区,即 8,10 和 15 号站位出现了大量的五角水母,针刺拟哲水蚤,太平洋纺锤水蚤和火腿许水蚤。2005 年 8 月,在北部的启东外海,有一个浮游动物丰度大于 750 ind/m³ 高峰区域,主要由背针胸刺水蚤(*Centropages dorsispinatus*),小拟哲水蚤和真刺唇角水蚤构成。2005 年 8 月,浮游动物分布较为均匀,优势种的优势都不很明显。东南不的高丰度区,浮游动物优势种主要由中华哲水蚤和肥胖箭虫(*Sagitta enflata*)组成。

2.4 不同水域丰度的比较

由图 3 可见,5 月份长江口南支丰度最低,其次是北支。8 月份交错区丰度大多数站位明显高于近海水域,5 月份相反,近海丰度大多数略高于交错海域。总得说来,口内水域的北支和南支明显低于口外水域。

2.5 浮游动物丰度与环境的关系

采用逐步回归分析浮游动物丰度与水温、盐度、叶绿素 a 和浮游植物间的线性关系。结果显示,丰度与这些环境因子线性相关关系均不显著,显示出影响浮游动物丰度的环境因素非常复杂。这一点,与东海浮游动物数量变化和环境因子间的因果关系有明显的不同^[12]。

3 讨论

3.1 长江口水域浮游动物丰度分布特征

长江口浮游动物丰度的分布呈多样化格局(图 2),除了不同季节之间有明显的差异外,即便是同一个季节,不同的年份之间也有不同。因此对长江口海域需要借助多年调查资料。本文依据 2004 年到 2006 年连续 3a 的调查资料,初步得出长江口海域浮游动物丰度具有以下分布特征:

5 月份浮游动物丰度分布特征总体上为北支略大于南支,口外大于口内,近海略大于交错水域(图 2)。但也有不确定性,如,2006 年 5 月交错水域略高于近海(图 2)。究其原因,2006 年 5 月份交错水域的 7 号站位出现了大量的小拟哲水蚤,8 号站位除了小拟哲水蚤外还出现了大量的中华哲水蚤,同时邻近的 12 号站位(近海海域北部)盐度也明显偏高(表 1)。由此推测,当年 5 月份高盐水团经 12 号站位所在的水域入侵交错水域,导致盐度格局发生变化,也导致交错水域的浮游动物丰度上升。水团变化对浮游动物分布格局有较大的影响。

8 月份调查海区浮游动物丰度高于 5 月份,差距十分明显(图 3)。这与 8 月份水温较高,藻类丰富,浮游动物饵料充分有一定的关系。就平面分布而言,口内和口外水域的差距更加明显。由于调查中长江口口内的站位大都位于近口门位置,有些位于栏门沙位置,这些水域悬沙浓度较高^[13],高浓度悬沙对浮游植物和浮游动物有一定的影响^[14]。同步调查资料显示,在南支的崇明和长兴岛以南有一个浮游植物数量较低的水域^[15],与此对应,有一个浮游动物丰度的低值区(图 1),这是南支水域浮游动物丰度较低,崇明和长兴岛以南浮游动物丰度极低的原因所在。长江口外海域,悬沙较少,浮游植物数量迅速上升,这是口外水域浮游动物丰度远远大于口内水域的原因之一。

从季节变化上讲,8 月份浮游动物丰度高于 5 月份。但从平面分布上看,长江口水域浮游动物丰度分布特征具有较大的不确定性(图 2)。如,交错区 250~500 ind./m³ 在近河口和外海之间、南侧和北侧之间变化,丰度在不同年间也有较大的起伏。相对而言,5 月份的丰度起伏远远小于 8 月份。但是不同季节丰度分布各有其特征。

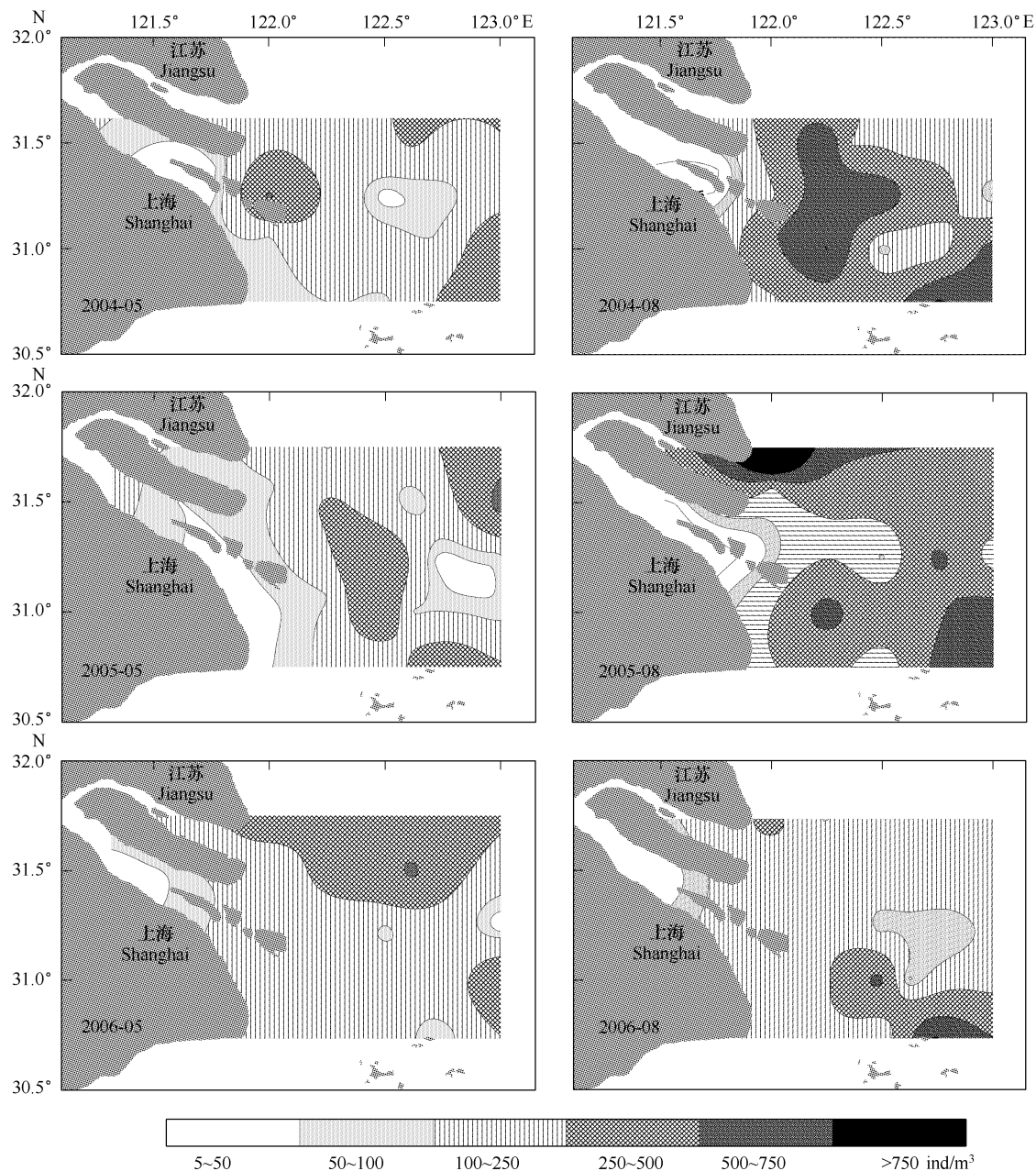


图2 浮游动物总丰度平面分布

Fig. 2 Horizontal distribution of zooplankton abundance from 2004, May to 2006, Aug

3.2 长江口水域水团变动对浮游动物的影响

水团的季节变化,外海水和冲淡水交汇的位置是影响长江口水域浮游动物分布特征的重要因素。长江口海域受长江冲淡水,苏北沿岸水和东海外海水团影响。该水域浮游动物丰度和优势种的特征主要受长江冲淡水在不同季节强度和走向的影响,也与苏北沿岸水入侵,东海外海水团在不同季节特性和变化有密切关系。

5月份属于平水期,该季节长江径流量较低,长江冲淡水出口门以后,在东南风的顶托下就近转向东北流向外海。这从表1中连续3年8号站位的盐度都较低可见。受此影响,口外水域浮游动物分布形成一个共同特征:在近海,东北部和东南部总有浮游动物丰度较高的水域,而近海中部,即 $31^{\circ}15'N$ 附近水域浮游动物丰度相对较低。 $31^{\circ}15'N$ 左右是5月份冲淡水流向外海的路径,在其两侧,冲淡水与外海水形成锋面,这就是调查水域东北和东南浮游动物高丰度区域形成的原因。依据不同的年份结果,2004年和2006年5月8号站位

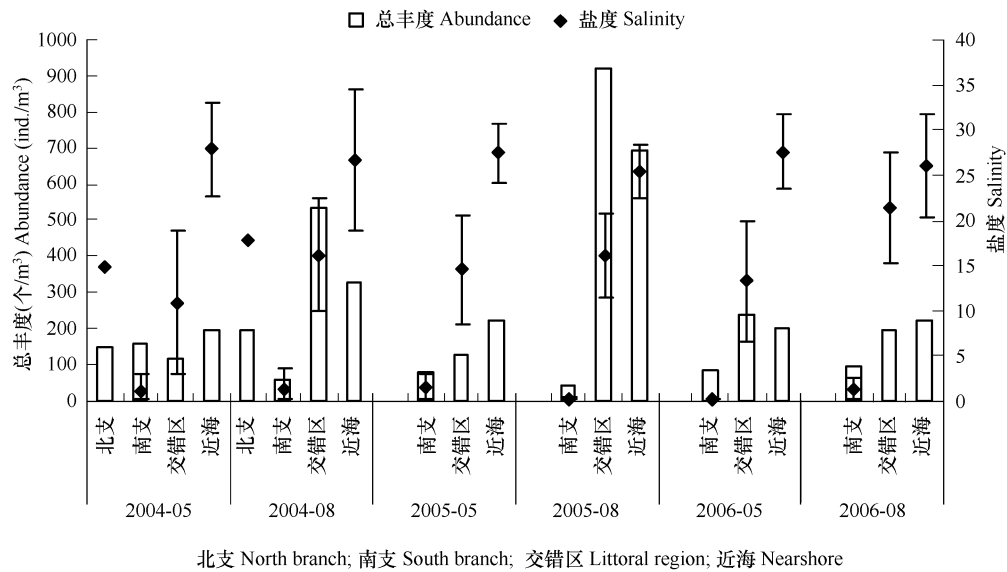


图3 不同水域浮游动物丰度和盐度的季节和年际变化

Fig. 3 Seasonal and regional distribution of salinity and abundance from May, 04 to Aug, 06

盐度较低(表1),冲淡水向外海移动路径偏北(图2),但2005年盐度较高,冲淡水势力较弱,其向外海移动路径偏南,冲淡水和外海水在 $122^{\circ}00' \sim 122^{\circ}30'E$ 之间也有交汇,并形成交错区中部的浮游动物高丰度区。除了当2006年苏北沿岸流势力较强,并且伸入长江口区,在其和长江冲淡水锋面北侧也形成浮游动物高丰度区。

8月份属于丰水期,长江径流量较大,因此长江冲淡水冲出长江口后在惯性作用下远行至18号站位,才转向东北,从18号站位的盐度较低可见。8月份,台湾暖流势力较强,东海混合水团显示出较为明显的暖水特征,长江冲淡水与东海外海暖水在调查区的东南部相遇形成锋面。因此,在调查水域东南部,总有浮游动物高丰度区存在,主要由外海种或暖水种构成,例如,2006年8月这一水域出现了一定数量的肥胖箭虫。显示出这一水域环境受到暖流的影响。在调查水域的北部,苏北沿岸流依然是长江口盐水入侵的重要原因,2005年和2006年8月,由于苏北沿岸水的入侵,形成北部浮游动物的高丰度区(图2)。

3.3 优势种分布影响浮游动物丰度变动的原因

与其他海域比较,长江口水域优势种丰富多样,不同水域优势种不同。一方面显示出长江口生态环境的多样性和复杂性。另一方面,优势种的丰度对浮游动物总丰度变动有重要的影响。以2004年和2005年8月为例,交错水域浮游动物丰度大大超过近海,主要是这一水域出现了大量的真刺唇角水蚤、背针胸刺水蚤和针刺拟哲水蚤所致。2006年8月相反,近海水域浮游动物丰度超过交错水域,主要是调查东南部受到暖流的影响,出现了一定数量的中华哲水蚤和肥胖箭虫。

依据表2可以认为,对长江口南支水域而言,5月份中华哲水蚤是最主要的优势种,其次是虫肢歪水蚤。8月份火腿许水蚤是最主要的优势种,真刺唇角水蚤则在近口门水域。当盐水入侵时有较多的物种出现,交错水域和北支优势种种数较多,其中真刺唇角水蚤在5月份和8月份都是主要优势种,其次是小拟哲水蚤,但该种主要是8月份的优势种。针刺拟哲水蚤、背针胸刺水蚤仅仅是8月份优势种,但丰度大大地高于小拟哲水蚤。太平洋纺锤水蚤和火腿许水蚤也是8月份的主要优势种,但重要性不如前述的几个优势种。对近海而言,中华哲水蚤是主要的优势种,其次是五角水母和肥胖箭虫。而上述交错水域的优势种在近海也都是有一定影响的种类。

3.4 不同优势种对河口不同环境的适应

从优势种分布的区域可以推断,真刺唇角水蚤是长江口水域最重要的优势种,该种对河口不同的盐度,不

同的温度,不同的水团具有广泛的适应能力。火腿许水蚤广泛分布在盐度低于 20 的水域,对交错水域和淡水水团有广泛的适应。针刺拟哲水蚤、背针胸刺水蚤和小拟哲水蚤较多的出现在盐度高于 10 的交错水域和近海水域。中华哲水蚤只有在淡水水团才有较多的数量,因而仅对低盐环境有很好的适应。中华哲水蚤和肥胖箭虫在外海高盐水团有较多的数量,其中前者是 5 月份的主要优势种,后者主要在 8 月份有较大的丰度。他们都适应较高的盐度。中华哲水蚤适应 5 月份相对较低的温度,而肥胖箭虫适应 8 月份相对较高的温度。

3.5 水环境与浮游动物丰度变动相关性分析

从图 2 还可见,长江口浮游动物呈斑块状分布。逐步回归分析表明,浮游动物丰度与盐度、温度、叶绿素 a 和浮游植物细胞数都不呈线性相关。这些现象从另一个角度说明,长江径流,季风气候,盐水入侵和潮汐影响下的河口水团具有非常复杂的变化。使得长江口浮游动物丰度具有不确定的时空变化。但总的趋势是,口内水域浮游动物丰度较小,这可能与口内高浓度悬沙和较低丰度的浮游植物数量有密切的联系。

References:

- [1] Shen H T, Pan D A. Turbidity Maximun in the Changjiang Estuary. Beijing: China Ocean Press, 2001. 39—56.
- [2] Zhu Q Q. An investigation on the Ecology of zooplankton in Changjiang Estuary and Hangzhou Bay. J Fish Sci China, 1988, 12(2): 111—123.
- [3] Xu Z L, Wang Y L, Bai X M, *et al.* An ecological study on zooplankton in the Changjiang estuary. J Fish China, 1999, 6(5): 51—55.
- [4] Guo P Y, Shen H T, Liu A C, *et al.* The species composition, community structure and diversity of zooplankton in Changjiang estuary. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(5): 892—900.
- [5] Ji H H, Ye S F. Ecological distribution characteristics of zooplankton and its relationship with environmental factors in the Changjiang River estuary. Mar Sci, 2006, 30(6): 23—30.
- [6] Xu Z L. Study on zooplankton distribution at the north branch waters of the Changjiang Estuary. Chin J Appl Ecol, 2005, 16(7): 1341—1345.
- [7] Xu Z L, Wang Y L, Chen Y Q, *et al.* An ecological study on zooplankton in maximum turbid zone of estuarine area of Changjiang (Yangtze) River. J Fish China, 1995, 2(1): 39—48.
- [8] Wang J H, Huang X Q, Liu A C, *et al.* Tendency of the biodiversity variation nearby Changjiang Estuary. Marine Science Bulletin, 2004, 23(1): 32—39.
- [9] State Bureau of Technical Supervise. The specification for oceanographic survey marine biological survey (GB 12763. 6-91). Beijing: China Standard Press, 1991.
- [10] Xu Z L, Chen Y Q. Aggregated intensity of dominant species of zooplankton in autumn in the East China Sea and Yellow Sea. Journal of Ecology, 1989, 8(4), 13—15.
- [11] Guo Z G. Social statistical analysis methods-Manual of SPSS software. Beijing: Renmin University of China Publishing House, 1999. 18—83.
- [12] Xu Z L, Chao M, Chen Y Q. Distribution of zooplankton Biomass in the East China Sea. Acta Oceanologica Sinica, 2004, 23(2): 337—346.
- [13] Shen H T, *et al.* Material Flux of the Changjiang Estuary. Beijing: China Ocean Press, 2001.
- [14] Xu Z L, Xu J W, Yuan Q, *et al.* The Impact Of Suspension From Changjiang Dipping Out And Suspended Mud Liquid On Hydrobios. J Fish China, 1999, 6(5): 29—32.
- [15] Xu Z L, Bai X M, Yuan, *et al.* An ecological study on zooplankton in the Changjiang estuary. J Fish China, 1999, 6(5): 52—54.

参考文献:

- [1] 沈焕庭,潘定安.长江河口最大浑浊带.北京:海洋出版社,2001.
- [2] 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):111~123.
- [3] 徐兆礼,王云龙,白雪梅,等.长江口浮游动物生态学研究.中国水产科学,1999,6(5)增刊:55~58.
- [4] 郭沛勇,沈焕庭,刘阿成,等.长江口浮游动物的种类组成、群落结构及多样性.生态学报,2003,23(5):892~900.
- [5] 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.
- [6] 徐兆礼.长江口北支水域浮游动物的研究.应用生态学报,2005,16(7):1341~1345.
- [7] 徐兆礼,王云龙,陈亚瞿等.长江口最大浑浊带浮游动物的生态研究.中国水产科学,1995,2(1):39~48.
- [8] 王金辉,黄秀清,刘阿成,等.长江口及邻近水域的生物多样性变化趋势分析.海洋通报,2004,23(1):32~39.
- [9] 国家技术监督局.海洋调查规范——海洋生物调查(GB 12763.6~91).北京:中国标准出版社,1991.
- [10] 徐兆礼,陈亚瞿.东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲈鲶渔场的关系.生态学杂志,1989,8(4):13~15.
- [11] 郭志刚.社会统计分析方法——SPSS 软件应用.北京:中国人民大学出版社,1999.18~83.
- [13] 沈焕庭,等.长江河口物质通量.北京:海洋出版社,2001.
- [14] 徐兆礼,许加武,袁骥,等.长江口疏浚泥浸出液、悬浮液对浮游生物的影响.中国水产科学,1999,6(5):29~32.
- [15] 徐兆礼,白雪梅,袁骥.长江口浮游植物生态研究.中国水产科学,1999,6(5):52~54.