

长江口桡足类数量分布与变动

郭沛涌^{1,2}, 沈焕庭², 刘阿成³, 王金辉³, 杨元利³

(1. 华侨大学环境科学与工程系, 福建 泉州 362021; 2. 华东师范大学河口海岸国家重点实验室, 上海 200062;
3. 国家海洋局东海环境监测中心, 上海 200157)

摘要:于 1999 年枯水期(2~3 月份)、丰水期(8 月份)、2000 年枯水期(2~3 月份)对长江河口浮游动物桡足类采样调查,研究了长江河口桡足类的数量分布与变动。结果表明:1999 年枯水期,桡足类在整个长江河口区的平均数量相对不大,为 76 ind/m³,但却占同期浮游动物平均数量的 95.61%;1999 年丰水期桡足类平均数量为 254 ind/m³,占同期浮游动物平均数量的 84.29%;2000 年枯水期桡足类平均数量为 97 ind/m³,占同期浮游动物总数量的 84.46%。从优势度看,1999、2000 年枯水期主要优势种为华哲水蚤(*Sinocalanus sinensis*);1999 年丰水期主要优势种为火腿许水蚤(*Schmackeria poplesia*)。虫肢歪水蚤(*Tortanus vermiculus*)、真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*)则在枯、丰水期均为优势种。从种类数看,桡点类在 1999 年、2000 年枯水期均为 14 种,1999 年丰水期为枯水期的近 2 倍,达 25 种。对于长江河口主要桡足类而言,华哲水蚤的季节变化明显,适宜生活在盐度较低水域。虫肢歪水蚤数量年际变化较大,其适盐范围比华哲水蚤较宽、较高。真刺唇角水蚤的适盐范围与虫肢歪水蚤相似且更高一些,但该种在枯水期数量较少,丰水期数量较多,变化显著,更适宜在较高温时生长。火腿许水蚤适盐范围宽,能适应很大范围盐度变化,枯水期数量少,丰水期数量大,较高温度生长良好。

关键词:桡足类;数量分布;季节变动;长江口

文章编号:1000-0933(2008)09-4259-09 中图分类号:Q143, Q178.1 文献标识码:A

Quantitative analysis of copepods distribution and seasonal variations in the Yangtze River Estuary

GUO Pei-Yong^{1,2}, SHEN Huan-Ting², LIU A-Cheng³, WANG Jin-Hui³, YANG Yuan-Li³

1 Department of Environmental Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou, Fujian 362021, China

2 State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China

3 East China Sea Monitoring Center, SOA, Shanghai 200137, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(9): 4259 ~ 4267.

Abstract: We sampled the Yangtze River Estuary during the dry period (February-March, 1999 and February-March 2000, respectively) and the flood period (August, 1999) in order to investigate the quantitative distribution and seasonal variations of Copepods. In this study, we found that in the dry period of 1999 the average number of Copepods in the Yangtze River Estuary was 76 ind/m³. This species accounted for 95.61% of all plankton population at the time period; during the flood period of 1999, the average number was 254 ind/m³, accounting for 84.29% of all plankton population; during the dry period of 2000, the average number was 97 ind/m³ accounting for 84.46% of all plankton population in the

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(40231017);河口海岸国家重点实验室开放基金资助项目(200409);华侨大学高层次人才科研启动基金资助项目(04BS312)

收稿日期:2008-01-07; **修订日期:**2008-07-16

作者简介:郭沛涌(1969~),男,石家庄人,博士,副研究员,目前主要从事环境科学研究. E-mail: guopeiyong@sina.com

致谢:感谢美国 Montclair 大学 Feng Huan 教授对写作的帮助。

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 40231017); Opening Foundation of State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research (No. 200409) and High-level Talents Startup Foundation of Huaqiao University (No. 04BS312)

Received date: 2008-01-07; **Accepted date:** 2008-07-16

Biography: GUO Pei-Yong, Ph. D., mainly engaged in environmental science. E-mail: guopeiyong@sina.com.

Yangtze River Estuary. According to the index of dominance, the dominant species was *Sinocalanus sinensis* in the dry period of 1999 and 2000 and *Schmackeria poplesia* in the flood period of 1999; whereas *Tortanus vermiculus* and *Labidocera euchaeta* were the dominant species in both dry and flood periods. There were 14 Copepods species found in dry period of both 1999 and 2000, and as many as 25 Copepods species found in the flood period of 1999. As the main copepods species in the Yangtze River Estuary, *Sinocalanus sinensis* abundance varies remarkably with seasonal variation. This study shows that lower salinity suits *Sinocalanus sinensis* growth. *Tortanus vermiculus* has rather considerable annual variation in its abundance and can grow in a much wider salinity range than that for *Sinocalanus sinensis*. The suitable salinity range for *Labidocera euchaeta* growth is similar to or slightly wider than that for *Tortanus vermiculus*. *Labidocera euchaeta*'s productivity is low in the dry period, but it becomes much high in the flood period. Furthermore, it can grow well in relatively high temperature. *Schmackeria poplesia* has a wide salinity range suitable for growth and can adapt to significant salinity variation. Its population is low in the dry period, but the population becomes high in the flood period. It can also grow dramatically in relatively high temperature.

Key Words: copepod; quantitative distribution; seasonal dynamics; the Yangtze River Estuary

在河口浮游动物中桡足类是种类最多,数量最大,分布最广的优势类群,其种群数量动态变化对浮游动物群落结构特征变化起决定作用^[1~7]。桡足类不但摄食浮游植物,还是许多经济水生动物的优良饵料,是河口生态系统食物链的重要环节^[8~10]。随着对海洋生态系统的深入研究,人们逐渐意识到中小型浮游动物在海洋生态系统中的重要作用,小型桡足类对初级生产的利用甚至要大于大型桡足类^[11,12],因此,对桡足类特别是中小型桡足类的研究有重要理论与实际意义。在国内,我国学者分别对长江口、闽江口、九龙江口、珠江口等的桡足类进行了一些研究^[13~16]。但要阐明长江河口桡足类尤其是中小型桡足类生态学基本规律,较长时间资料积累和动态比较研究必不可少,特别是三峡工程竣工前的生态学研究尤为重要。对 1999~2000 年期间长江河口浮游动物种类组成、群落结构及多样性^[17];数量分布、变动及主要影响因素等^①已进行了论述,本文将对浮游动物的主要类群桡足类的数量分布与变动等进行探讨,以为有关研究提供重要科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域与采样时间

于 1999 年枯水期(2~3 月份)、1999 年丰水期(8 月份)、2000 年枯水期(2~3 月份),在长江河口区(31°00'~31°32'N, 121°21'25"~122°30'E)设 16 个站位(图 1),进行了生物、化学、水文等项目采样调查,其中, SX01~SX06 基本为连续站,其余为大面站。

1.2 研究方法

连续站进行大、小潮准同步观测,每潮次连续观测、采样 12h 以上,每小时正点观测流速、流向,6 层法采集悬浮物水样,转流和涨急、落急时加密到 0.5h 一次。在涨急、落急、涨憩、落憩时 3 层法采集水化学样品和叶绿素 a 样品,每潮次在涨憩和落憩时采集桡足类样品。大面站桡足类随到随采。采集桡足类时用浅水 II 型浮游生物网,自底层至表层垂直拖网,样品用 5% 甲醛溶液固定,实验室分析鉴定。全部桡足类采集、处理等均按《海洋调查规范——海洋生物调查》^[18]进行。将样品

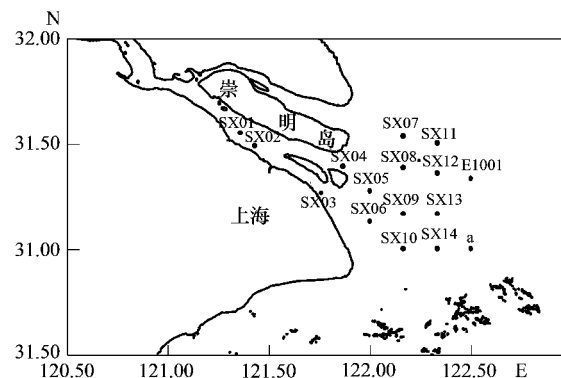


图 1 长江河口采样站位图

Fig. 1 Sampling stations in Yangtze River Estuary

① 郭沛涌,沈焕庭,刘阿成,等. 长江河口中小型浮游动物数量分布、变动及主要影响因素. 生态学报,待发表.

倒入浮游动物计数框中,于体视显微镜下鉴定、计数桡足类成体,换算桡足类个体数(ind/m³)。

1.2 结果与分析

1.2.1 环境因子概况

长江河口三级分汊,四口入海,江面宽阔。枯水期径流量小,冲淡水范围小;丰水期长江径流量大,冲淡水范围扩展。1999 年枯水期为特枯年,盐水倒灌,10 等盐度线深入口门内,2000 年枯水期 10 等盐度线沿河口向东推出。1999 年丰水期,在长江冲淡水影响下,整个调查区域表层盐度低于 15。从长江河口水温特点看,1999、2000 年枯水期水温分别为 9.1 ~ 11.4℃ 和 7.8 ~ 10.6℃,1999 年丰水期水温 27.0 ~ 30.0℃。枯水期水温分布为由河口近岸向近外海逐渐升高;丰水期表层水温为河口内最高,向口外海滨降低。长江河口溶解氧呈现枯水期较高,丰水期较低的特点。1999、2000 年枯水期溶解氧分别为 9.01 ~ 11.26mg/L 和 8.29 ~ 12.40mg/L,1999 年丰水期溶解氧为 3.41 ~ 8.18mg/L。长江河口枯、丰水期叶绿素浓度一般并不高,1999、2000 年枯水期叶绿素浓度分别为 0.110 ~ 1.225mg/m³ 和 0.089 ~ 1.990mg/m³,1999 年丰水期叶绿素浓度为 0.157 ~ 1.280mg/m³。

1.2.2 桡足类数量的分布

桡足类数量分布如图 2 ~ 图 4。

从图 2 可见,在 1999 年枯水期,桡足类在口门内和口外海滨形成两个高密度区,这两个高密度区与同期浮游动物的高密度区是一致的。可见,桡足类数量分布对浮游动物总数量分布起决定作用。此期桡足类在整个长江河口区的平均数量相对不大,为 76ind/m³,但却占同期浮游动物平均数量的 95.61%。从优势度看^[17],优势种类主要有河口半咸水种类华哲水蚤(*Sinocalanus sinensis*)、虫肢歪水蚤(*Tortanus vermiculus*)、火腿许水蚤(*Schmackeria poplesia*)和沿岸低盐种类真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*),其个体数量分别为 33、21、6、13ind/m³,分别占桡足类平均数量的 43.24%、27.74%、7.43%、16.85%,4 种优势种的平均数量占桡足类平均数量的 95.26%。

在 1999 年丰水期(图 3),桡足类在口门外形成一个高密度区,位置在东经 122°20' 以东,平均数量为 254ind/m³,占同期浮游动物平均数量的 84.29%。从优势度看^[17],优势种类主要有河口半咸水种类火腿许水蚤、虫肢歪水蚤,沿岸低盐种类真刺唇角水蚤,沿岸暖水种类太平洋纺锤蚤(*Acartia pacifica*)。其个体数量分别为 83、15、48、88 ind/m³,分别占桡足类平均数量的 32.85%、5.93%、18.99%、34.65%。4 种优势种平均数

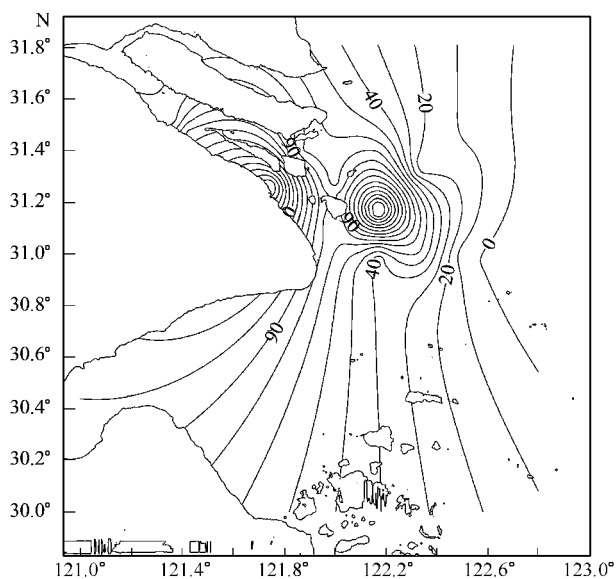


图 2 1999 年枯水期桡足类丰度(ind/m³)

Fig. 2 The abundance of Copepod in dry period in 1999

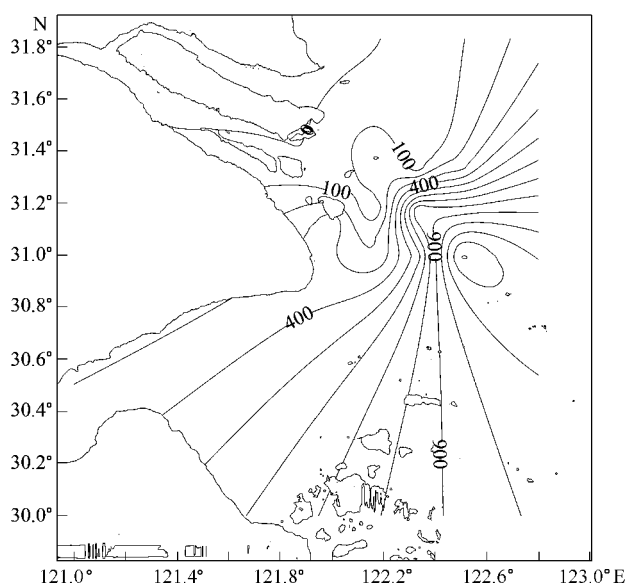


图 3 1999 年丰水期桡足类丰度(ind/m³)

Fig. 3 The abundance of Copepod in flood period in 1999

量占桡足类平均数量的 92.42%。从以上可见,在 1999 年丰水期桡足类数量占浮游动物总数量的比例比枯水期有所下降,但仍占绝对优势,这也反映了这一时期浮游动物种类多样性增加,其它浮游动物数量所占比例增加。浮游幼虫的数量也明显增加,占浮游动物总量的 3.28%。

2000 年枯水期(图 4),桡足类在口门内形成一个高密度区,在口门外没有高密度区形成。桡足类平均数量为 97 ind/m^3 ,占同期浮游动物总数量的 84.46%。从优势度看^[17],优势种除透明溞(*Daphnia hyalina*)外,均为桡足类,主要有淡水种类近邻剑水蚤(*Cyclops vicinus*)、英勇剑水蚤(*Cyclops strenuus*),河口半咸水种类华哲水蚤、虫肢歪水蚤,沿岸低盐种类真刺唇角水蚤,个体数量分别为 18、13、52、6、4 ind/m^3 ,分别占桡足类平均数量的 18.89%、13.41%、53.30%、5.94%、4.95%,5 种优势种数量占桡足类总数量的 96.08%。此外,这一时期的另一优势种枝角类透明溞平均数量达 14 ind/m^3 ,占浮游动物总数量的 11.91%。它们均分布于长江河口口门内水域。

从以上可见,桡足类优势种在枯、丰水期有所变化。从优势度看,1999、2000 年枯水期主要优势种为华哲水蚤;1999 年丰水期主要优势种为火腿许水蚤,华哲水蚤在这一时期不为优势种;虫肢歪水蚤、真刺唇角水蚤则在枯、丰水期均为优势种。与 1988 年研究结果相比^[19],其优势种桡足类中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、糠虾类长额刺糠虾(*Acanthomysis longirostris*)、端足类江湖独眼钩虾(*Monoculodes limnophilus*)、中华假磷虾(*Pseudeuphausia sinica*)、毛颚类海龙箭虫(*Sagitta nage*)、枝角类鸟喙尖头溞(*Penilia avirostris*)、肥胖三角溞(*Evadne tergestina*)等均已非优势种,从而指示长江河口区环境因子已发生很大变化。优势种趋于单一,一般皆为桡足类,且主要为广布种,这是值得注意的一个问题。

从种类数看,桡点类在 1999 年、2000 年枯水期均为 14 种,1999 年丰水期为枯水期的近 2 倍,达 25 种。1999、2000 年枯水期桡足类种类数从口门内向近外海逐渐增加,在口门的 SX06 样站均有较高值 6 种,随后种类数减少,在近外海的 E1001 样站种类数增加并分别达到 7、6 种。1999 年丰水期桡足类种类数从口门向近外海增加趋势明显,在 a 样站种类数最多为 13 种。从桡足类平均数量看,1999 年枯水期最少,为 76 ind/m^3 ,1999 年丰水期最多,为 254 ind/m^3 ,是枯水期的 3.5 倍。以上原因可能是丰水期温度等条件适宜,浮游植物大量繁殖,为浮游动物提供了充足的饵料,浮游动物种类数及数量增多。而枯水期温度较低,浮游植物减少,浮游动物生长条件不适,种类数及数量减少。也可能是由于浮游动物不同种类本身具有不同生态特点而出现不同的季节分布等原因造成。此外,径流量、盐度也是影响长江河口桡足类分布的重要因素。枯水期径流量小,冲淡水范围小。盐水入侵,盐度升高,营养盐较丰富,淡水与海水的充分混合使得环境相对较稳定,形成桡足类的高密度区。1999 年枯水期河口半咸水种华哲水蚤、虫肢歪水蚤分别在 SX03 和 SX09 达到最大值为 202 ind/m^3 和 156 ind/m^3 并形成两个高密度区。2000 年枯水期华哲水蚤在 SX03 样站达到最大值 333 ind/m^3 并形成以此为中心的桡足类高密度区。丰水期长江径流量大,冲淡水范围扩展,桡足类在河口内不形成高密度区,在口门外 a 样站表层盐度 15.85、底层盐度 27.75,桡足类最大值为 1325 ind/m^3 并形成高密度区。这可能是由于长江口冲淡水的影响,在长江冲淡水主轴方向 $122^\circ 30' \sim 123^\circ \text{E}$,上层的长江冲淡水向外扩散与由底层向河口入侵的外海盐水在此区域交汇形成羽状锋,垂向盐度分层现象明显,长江水带来的丰富营养盐在此聚集,形成桡足类的高密度区^[13,20]。

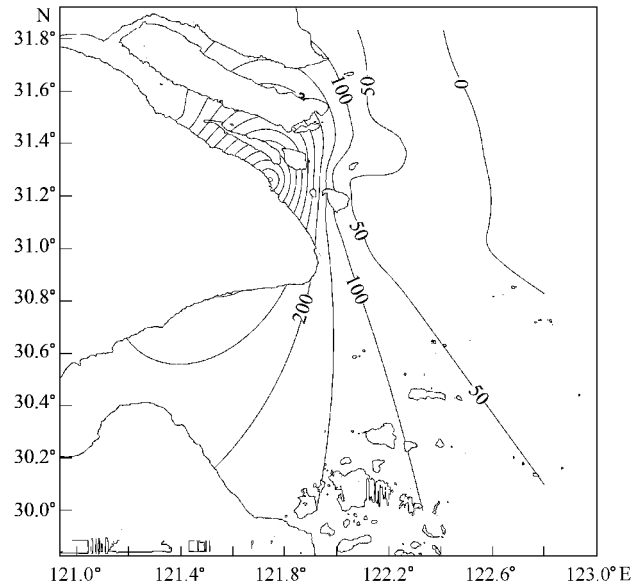


图 4 2000 年枯水期桡足类丰度 (ind/m^3)

Fig. 4 The abundance of Copepod in dry period in 2000

1.2.3 主要桡足类的数量分布

(1) 华哲水蚤 华哲水蚤是河口半咸水性种类,长江口、浙闽沿岸河口水域均有分布^[21],枯水期在长江口其数量占有绝对优势。1999 年枯水期在口门内形成高密度区(图 5~图 7),区域主要在盐度小于 4 的 SX01~SX05,在 SX06 以东分布很少,平均数量为 33 ind/m³,最大数量在 SX03 样站达 202 ind/m³。但在同年丰水期,数量明显下降,不形成高密度区,也不是该时期的优势种。这是由于这一时期,长江径流作用强,长江冲淡水扩展范围大,口门内及近岸水体盐度下降,华哲水蚤仅在 SX06 以东个别样站发现,最大值在 SX10 样站,数量为 6 ind/m³。2000 年枯水期,其分布特征与 1999 年枯水期相似,也在口门内水域形成高密度区,平均数量为 52 ind/m³,最大值也在 SX03 样站为 333 ind/m³。可见,华哲水蚤的季节变化明显,适宜生活在盐度较低水域。

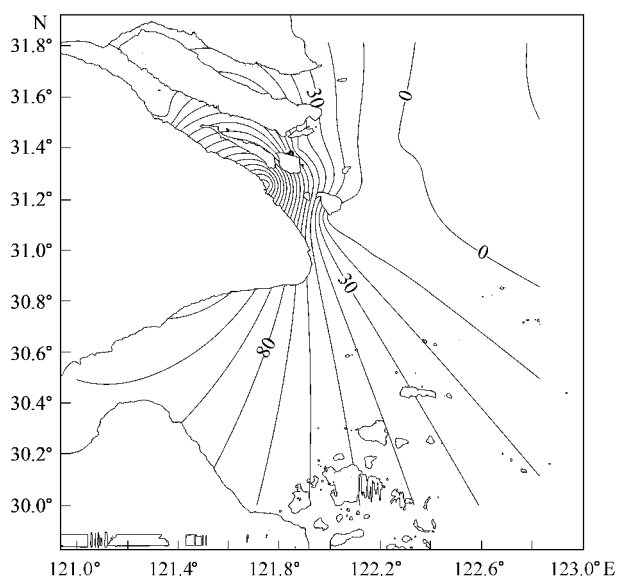


图 5 1999 年枯水期华哲水蚤丰度(ind/m³)

Fig. 5 The abundance of *Sinocalanus sinensis* in dry period in 1999

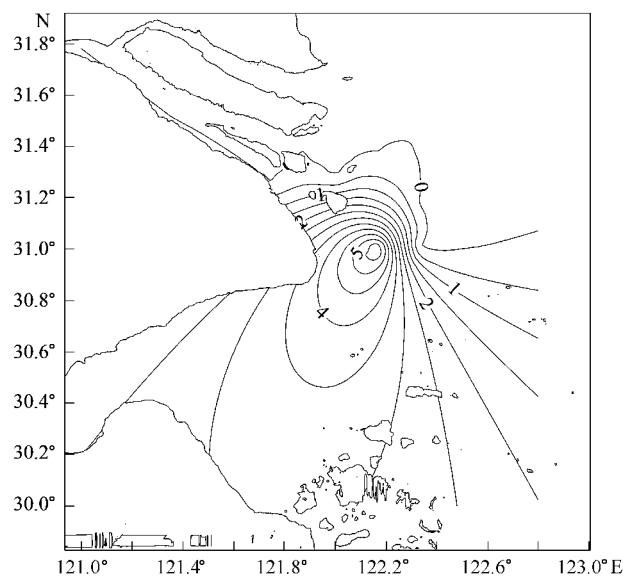


图 6 1999 年丰水期华哲水蚤丰度(ind/m³)

Fig. 6 The abundance of *Sinocalanus sinensis* in flood period in 1999

(2) 虫肢歪水蚤 为河口及近岸低盐种类,在枯、丰水期均为长江河口浮游动物优势种(图 8~图 10)。1999 年枯水期,在口门外近岸海域形成高密度区,其区域在 SX06 样站以东,平均数量为 21 ind/m³,最大值在 SX09 样站为 156 ind/m³,且其数量大潮一般大于小潮,涨憩一般大于落憩。1999 年丰水期,该种平均数量有所下降,平均为 15 ind/m³,其形成的高密度区向口门方向移动,最大值在 SX06 样站为 162 ind/m³。2000 年枯水期,虫肢歪水蚤平均数量较少,平均为 6 ind/m³,同样在口门外水域形成密集区,但最大数量明显下降,仅为 26 ind/m³,可见该种数量年际变化较大。其适盐范围比华哲水蚤较宽、较高。

(3) 真刺唇角水蚤 沿岸低盐种类,在枯、丰水期均为长江河口浮游动物优势种(图 11~图 13)。1999 年枯水期,在口门外海域形成 3 个高密度区,但各密集

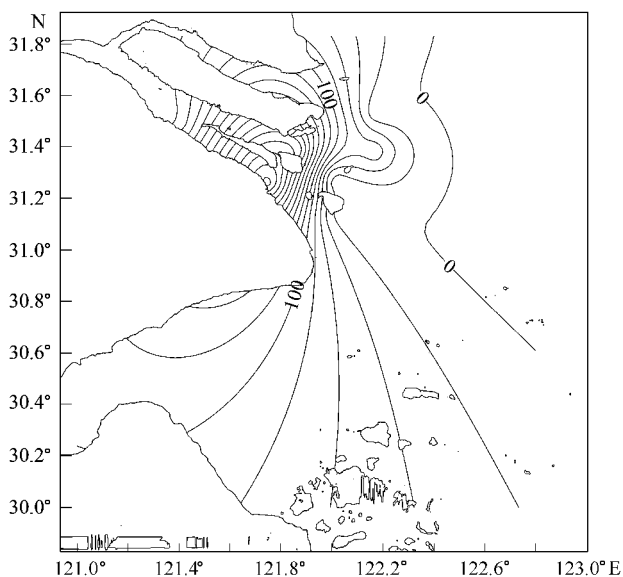


图 7 2000 年枯水期华哲水蚤丰度(ind/m³)

Fig. 7 The abundance of *Sinocalanus sinensis* in dry period in 2000

区数量并不很高,调查水域平均数量为 13 ind/m^3 , 最大值在 SX08 样站为 37 ind/m^3 。同年丰水期,真刺唇角水蚤在口门外海域形成一个高密集区,位置在 SX07 样站,即 $122^\circ 10'$ 以东水域,平均数量明显上升,为 48 ind/m^3 , 最大值在 SX14 样站,高达 412 ind/m^3 。2000 年枯水期,在口门外海域形成两个密度不大的聚集区,其数量明显下降,平均为 4 ind/m^3 , 最高值在 SX13 样站为 19 ind/m^3 。可见,真刺唇角水蚤的适盐范围与虫肢歪水蚤相似且更高一些,与华哲水蚤、虫肢歪水蚤不同的是该种在枯水期数量较少,丰水期数量较多,变化显著,更适宜在较高温时生长。

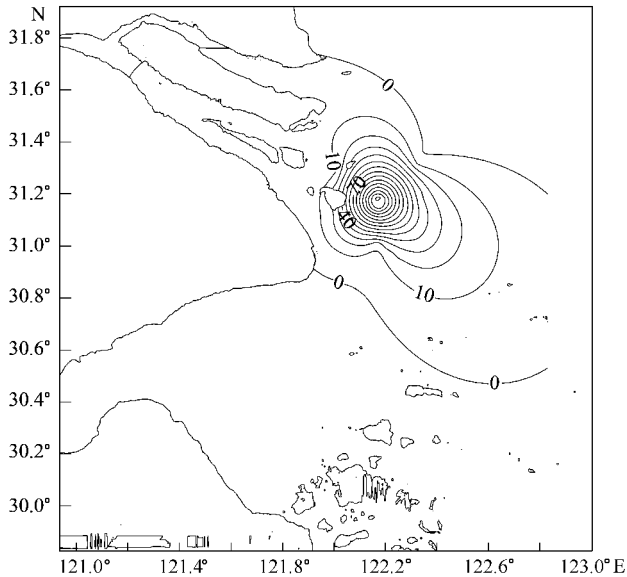


图 8 1999 年枯水期虫肢歪水蚤丰度 (ind/m^3)

Fig. 8 The abundance of *Tortanus vermiculus* in dry period in 1999

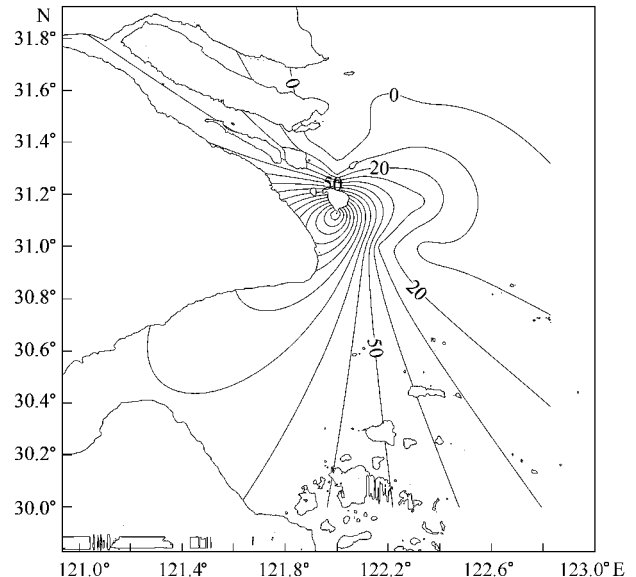


图 9 1999 年丰水期虫肢歪水蚤丰度 (ind/m^3)

Fig. 9 The abundance of *Tortanus vermiculus* in flood period in 1999

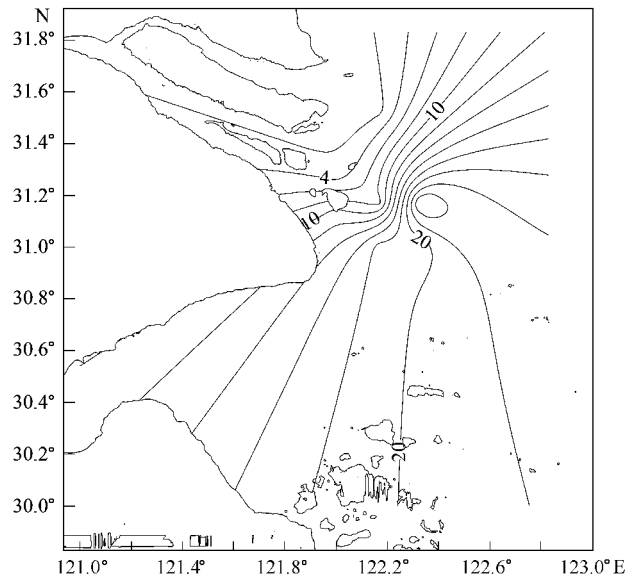


图 10 2000 年枯水期虫肢歪水蚤丰度 (ind/m^3)

Fig. 10 The abundance of *Tortanus vermiculus* in dry period in 2000

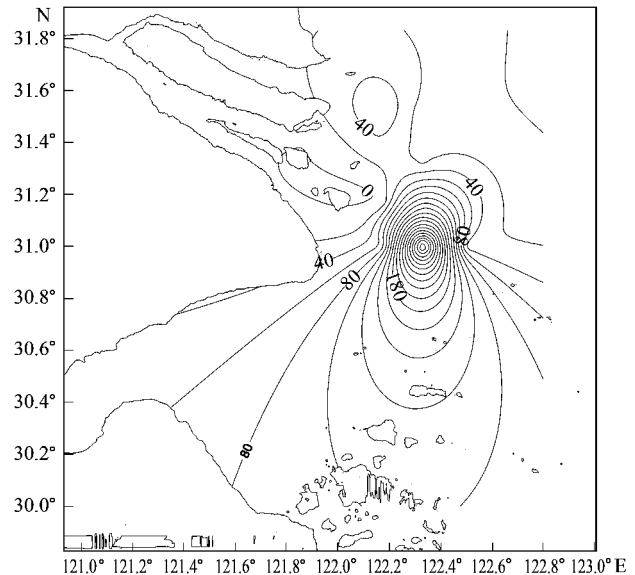


图 11 1999 年枯水期真刺唇角水蚤丰度 (ind/m^3)

Fig. 11 The abundance of *Labidocera euchaeta* in dry period in 1999

(4) 火腿许水蚤 为河口半咸水种类,1999 年枯水期在长江口口门内和口门外形成两个数量不高的聚集区(图 14),但一般在 SX09 样站即东经 $122^\circ 10'$ 以西分布,在东经 $122^\circ 10'$ 以东少有分布。平均数量为 6 ind/

m^3 ,最高值在 SX02 样站为 $19 \text{ ind}/\text{m}^3$,一般大潮时涨憩数量小于落憩数量。1999 年丰水期,火腿许水蚤在口门外形成一个高密度区(图 15),位置在 SX05 以东,即东经 122° 以东,数量明显增加平均为 $83 \text{ ind}/\text{m}^3$,最高值在 SX13 样站,高达 $709 \text{ ind}/\text{m}^3$ 。2000 年枯水期,火腿许水蚤数量稀少,仅个别样站分布,不为浮游动物优势种(图 16)。可见,火腿许水蚤适盐范围宽,能适应很大范围盐度变化,且与真刺唇角水蚤相似,枯水期数量少,丰水期数量大,较高温度生长良好。

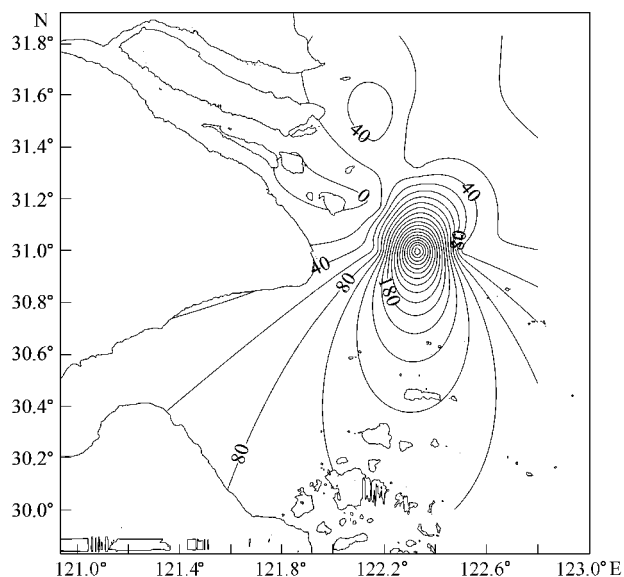


图 12 1999 年丰水期真刺唇角水蚤丰度(ind/m^3)

Fig. 12 The abundance of *Labidocera euchaeta* in dry period in 1999

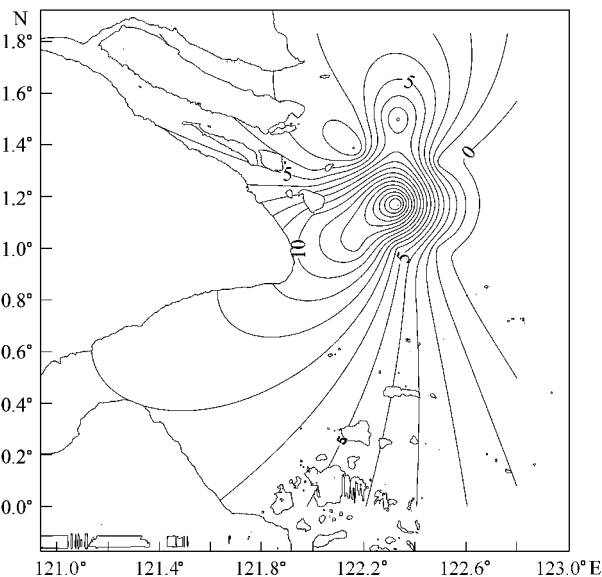


图 13 2000 年枯水期真刺唇角水蚤丰度(ind/m^3)

Fig. 13 The abundance of *Labidocera euchaeta* in dry period in 1999

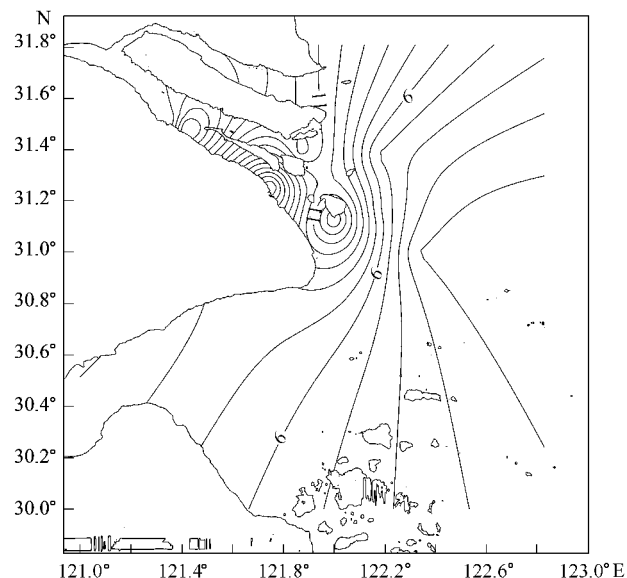


图 14 1999 年枯水期火腿许水蚤丰度(ind/m^3)

Fig. 14 The abundance of *Schmackeria poplesia* in dry period in 1999

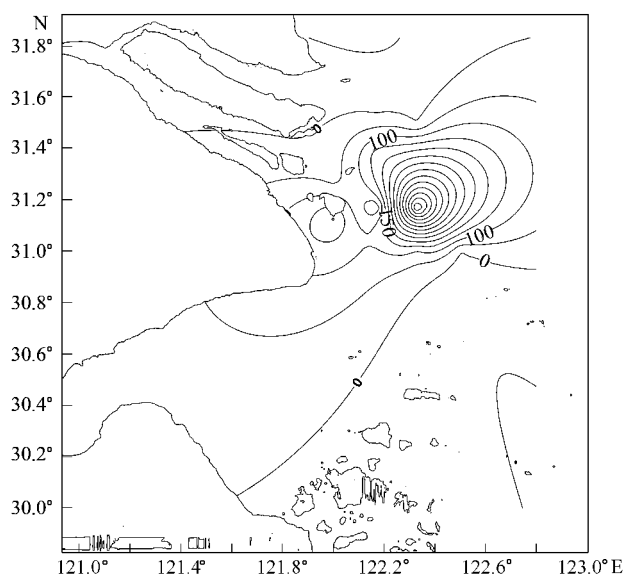


图 15 1999 年丰水期火腿许水蚤丰度(ind/m^3)

Fig. 15 The abundance of *Schmackeria poplesia* in flood period in 1999

1.3 结论

1.3.1 1999 年枯水期,桡足类在口门内和口外海滨形成两个高密度区,这两个高密度区与同期浮游动物的高密度区是一致的。桡足类在整个长江河口区的平均数量相对不大,为 $76 \text{ ind}/\text{m}^3$,但却占同期浮游动物平均

数量的 95.61%。从种类数看,桡点类在 1999 年枯水期为 14 种。其中,优势种类主要有河口半咸水种类华哲水蚤、虫肢歪水蚤、火腿许水蚤和沿岸低盐种类真刺唇角水蚤,4 种优势种的平均数量占桡足类平均数量的 95.26%。

1.3.2 1999 年丰水期,桡足类在口门外形成一个高密度区,平均数量为 $254 \text{ ind}/\text{m}^3$,占同期浮游动物平均数量的 84.29%。从种类数看,桡点类在 1999 年丰水期为 25 种,优势种类主要有河口半咸水种类火腿许水蚤、虫肢歪水蚤,沿岸低盐种类真刺唇角水蚤,沿岸暖水种类太平洋纺锤蚤。4 种优势种平均数量占桡足类平均数量的 92.42%。

1.3.3 2000 年枯水期,桡足类在口门内形成一个高密度区,在口门外没有高密度区形成。桡足类平均数量为 $97 \text{ ind}/\text{m}^3$,占同期浮游动物总数的 84.46%。从种类数看,桡点类在 2000 年枯水期为 14 种,其中优势种主要有淡水种类近邻剑水蚤、英勇剑水蚤,河口半咸水种类华哲水蚤、虫肢歪水蚤,沿岸低盐种类真刺唇角水蚤,5 种优势种数量占桡足类总数的 96.08%。

1.3.4 对于长江河口主要桡足类而言,华哲水蚤的季节变化明显,适宜生活在盐度较低水域。虫肢歪水蚤数量年际变化较大,其适盐范围比华哲水蚤较宽、较高。真刺唇角水蚤的适盐范围与虫肢歪水蚤相似且更高一些,但该种在枯水期数量较少,丰水期数量较多,变化显著,更适宜在较高温时生长。火腿许水蚤适盐范围宽,能适应很大范围盐度变化,枯水期数量少,丰水期数量大,较高温度生长良好。

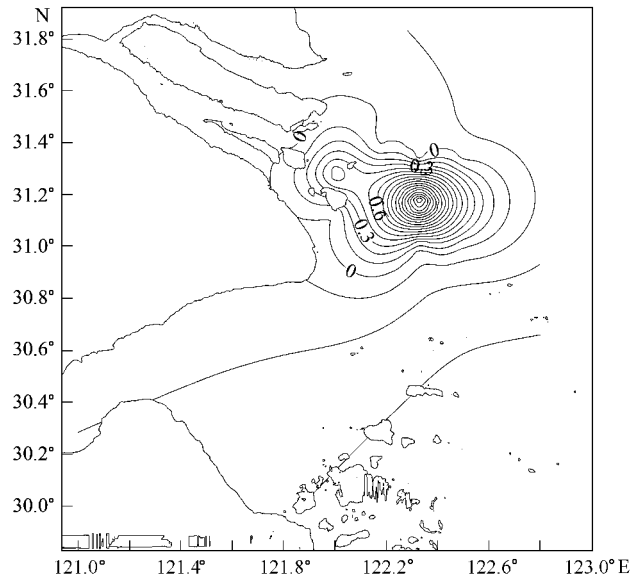


图 16 2000 年枯水期火腿许水蚤丰度 (ind/m^3)

Fig. 16 The abundance of *Schmacheria poplesia* in dry period in 2000

References:

- [1] Marques S C, Pardal M A, Pereira M J, et al. Zooplankton distribution and dynamics in a temperate shallow estuary. *Hydrobiologia*, 2007, 587: 213–223.
- [2] Uriarte I, Villate F. Spatial variations in size, weight and condition factor of the females of *Acartia clausi* (Copepoda: Calanoida) along a salinity gradient in two contrasting estuaries of the Basque coast (Bay of Biscay). *Hydrobiologia*, 2006, 571: 329–339.
- [3] Uriarte I, Villate F. Differences in the abundance and distribution of copepods in two estuaries of the Basque coast (Bay of Biscay) in relation to pollution. *Journal of Plankton Research*, 2005, 27 (9): 863–874.
- [4] Tackx M, Azemar F, Bouletreau S, et al. Zooplankton in the Schelde estuary, Belgium and the Netherlands: long-term trends in spring populations. *Hydrobiologia*, 2005, 540: 275–278.
- [5] Santos P J P, Souza-Santos L P, Castel J. Population dynamics of *Nannopus palustris* (Copepoda, Harpacticoida) in the oligo-mesohaline area of the Gironde estuary (France). *Cahiers De Biologie Marine*, 2003, 44 (4): 329–338.
- [6] Vieira L, Morgado F, Re P, et al. Population dynamics of *Acartia clausi* from a temperate estuary (Mondego Estuary, Western Portugal). *Invertebrate Reproduction & Development*, 2003, 44 (1): 9–15.
- [7] Vinas M D, Negri R M, Ramirez F C, et al. Zooplankton assemblages and hydrography in the spawning area of anchovy (*Engraulis anchoita*) off Rio de la Plata estuary (Argentina-Uruguay). *Marine and Freshwater Research*, 2002, 53 (6): 1031–1043.
- [8] Cordell J R, Rasmussen M, Bollens S M. Biology of the introduced copepod *Pseudodiaptomus inopinus* in a northeast Pacific estuary. *Marine Ecology-Progress Series*, 2007, 333: 213–227.
- [9] Shoji J, North E W, Houde E D. The feeding ecology of *Morone americana* larvae in the Chesapeake Bay estuarine turbidity maximum: the influence of physical conditions and prey concentrations. *Journal of Fish Biology*, 2005, 66 (5): 1328–1341.
- [10] Tackx M L M, Herman P J M, Gasparini S, et al. Selective feeding of *Eurytemora affinis* (Copepoda, Calanoida) in temperate estuaries: model and field observations. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 2003, 56 (2): 305–311.

- [11] Morales C E, Bedo H A, Tranter P R G. Grazing of copepod assemblages in the north-east Atlantic: the importance of the small size fraction. *J Plankton Res*, 1991, 13(2): 455—472.
- [12] Wang R, Zhang H Y, Wang K, *et al.* Function performed by small copepods in marine ecosystem. *Oceanol et Limnol Sin*, 2002, 33(5): 453—460.
- [13] Xu Z L, Wang Y L, Yuan Q, *et al.* The study on assemblage density of copepods dominants in plume front zone of the Changjiang estuary. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1999, 6(5): 15—19.
- [14] Zhu C S. Ecological study on planktonic copepoda in Minjiang Estuary. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 1997, 15(1): 75—79.
- [15] Shang X, Wang G Z, Li S J, *et al.* Preliminary Study on the Species Minimum of Copepods in the Low Salinity Zone of Jiulongjiang Estuary. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2005, 44(5): 706—709.
- [16] Li K Z, Yin J Q, Huang L M, *et al.* Study on planktonic copepods ecology in the Pearl River estuary. *Ecologic Science*, 2007, 6(2): 97—102.
- [17] 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.
- [18] State Bureau of Technical Supervise. The specification for oceanographic survey marine biological survey (GB 12763. 6—91). Beijing: China Standard Press. 1991.
- [19] Chen Y Q, Xu Z L, Wang Y L, *et al.* An ecological study on zooplankton in plume front zone of Changjiang (Yangtze) River estuarine area I: biomass and distribution of dominant species. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1995, 2(1): 49—58.
- [20] Hu H, Hu F X. Water types and frontal surface in the Changjiang Estuary. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1995, 2(1): 81—90.
- [21] Su Y F, Hang M S. Atlas of marine plankton in China. Beijing: Ocean Press, 1993.

参考文献:

- [12] 王荣, 张鸿雁, 王克, 等. 小型桡足类在海洋生态系统中的功能作用. *海洋与湖沼*, 2002, 33(5): 453 ~ 460.
- [13] 徐兆礼, 云龙, 袁骥, 等. 长江河口锋区桡足类优势种聚集特征的研究. *中国水产科学*, 1999, 6(5): 15 ~ 19.
- [14] 朱长寿. 闽江口浮游桡足类生态研究. *台湾海峡*, 1997, 15(1): 75 ~ 79.
- [15] 商 栩, 王桂忠, 李少菁, 等. 九龙江口低盐区桡足类种类多样性最小现象的初步研究. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2005, 44(5): 706 ~ 709.
- [16] 李开枝, 尹健强, 黄良民, 等. 珠江口浮游桡足类的生态研究. *生态科学*, 2007, 6(2): 97 ~ 102.
- [17] 郭沛涌, 沈焕庭, 刘阿成, 等. 长江河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.
- [18] 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.
- [19] 陈亚瞿, 徐兆礼, 王云龙等. 长江口河口锋区浮游动物生态研究 I 生物量及优势种的平面分布. *中国水产科学*, 1995, 2(1): 49 ~ 58.
- [20] 胡辉, 胡方西. 长江口的水系和锋面. *中国水产科学*, 1995, 2(1): 81 ~ 90.
- [21] 束蕴芳, 韩茂森. 中国海洋浮游生物图谱. 北京: 海洋出版社, 1993.