

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2015.140469

闽江口和椒江口浮游动物饵料特征和渔场属性的比较

陈剑^{1,2}, 徐兆礼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 水产与生命学院, 上海 201306

摘要: 根据2008年9月(夏季)闽江口和2010年8月(夏季)椒江口这两个渔场的生物资源调查资料, 研究了这两个河口渔场浮游动物的种类组成、平均生物量和平均丰度、优势种组成以及优势种对其总丰度的贡献率的差异, 探讨了造成这些差异的水团因素, 比较了两个河口渔场的饵料特征和渔场属性。结果表明, 椒江口渔场饵料的种类组成优于闽江口渔场, 这是因为椒江口渔场除了出现体型较大的桡足类(Copepoda)饵料生物, 还出现了闽江口渔场没有的糠虾类(Mysidacea)、翼足类(Pteropoda)、端足类(Amphipoda)等优质饵料类群; 椒江口渔场饵料浮游动物平均丰度达到 281.17 ind/m³, 远大于闽江口渔场的平均丰度, 这是因为夏季椒江口海域受到上升流和径流的作用, 其海域营养盐特别丰富; 而闽江口海域夏季受寡营养盐的台湾暖流的明显影响, 海域营养盐相对于椒江口较贫乏, 其饵料浮游动物平均丰度仅为 110.19 ind/m³。受上升流影响, 暖温种中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)成为椒江口绝对优势种, 平均丰度达到 121.19 ind/m³; 闽江口最大优势种为体型较小的肥胖三角溞(*Evadne gestina*), 丰度仅为 45.63 ind/m³。椒江口渔场无论是种类组成、饵料丰度还是优势种优劣性上都要好于闽江口。通过对两个河口渔场浮游动物饵料的数量特征的比较以及差异形成的水团因素探讨, 表明椒江口渔场饵料特性要优于闽江口渔场, 使得椒江口渔场洄游性经济鱼类远远多于闽江口渔场, 由此造成两个渔场属性的差异。

关键词: 闽江口渔场; 椒江口渔场; 浮游动物饵料; 优势种; 水团

中图分类号: S93

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2015)04-0770-10

闽江口渔场和椒江口渔场都是东海重要河口的渔场。闽江口渔场紧邻台湾海峡, 径流量丰富, 且位于闽东渔场和闽中渔场的交汇处, 是福建沿岸两个重要渔场的一部分, 主要渔业资源是凤鲚(*Coilia mystus*)、中国花鲈(*Lateolabrax maculatus*)、龙头鱼(*Bombay duck*)等^[1]。而椒江口位于浙江省中部沿岸, 是鱼山渔场的重要组成部分, 主要经济鱼类包括带鱼(*Coilla* spp.)、大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、鲳等^[2]。显然, 椒江口渔场鱼类品种的资源和经济属性要优于闽江口渔场。

浮游动物是经济渔业资源动物的饵料基础^[3],

特别是幼鱼和中上层鱼类的主要摄食对象^[4]。在河口水域, 由于径流量带来丰富的营养盐使得浮游动物的数量较多, 往往是邻近渔场主要的产卵和育幼水域^[5]。闽江口和椒江口渔场位于不同的纬度, 影响各自水域地形条件, 径流或水团条件也不尽相同, 造成这两个水域浮游动物的种类和数量的差异, 使得两个河口所处的渔场饵料特性有所不同, 导致渔场属性的差异^[6-7]。

近年来, 众多学者对河口浮游动物进行了研究^[8-10], 但多为对单个河口的浮游动物的研究。例如, 高倩等^[11]对长江口北港和北支浮游动物群落的比较, 方宏达等^[12]对珠江口浮游动物群落变

收稿日期: 2014-11-28; 修订日期: 2015-02-05.

基金项目: 国家自然科学基金项目(41176131); 海洋公益性行业科研专项经费项目(201305027-8).

作者简介: 陈剑(1988-), 男, 主修海洋科学专业. E-mail: jchen1129@163.com

通信作者: 徐兆礼, 研究员. E-mail: xiaomin@sh163.net

化的研究; 而关于椒江口或闽江口浮游动物的研究并不多见, 例如, 孙鲁峰等^[13]研究了椒江口海域浮游动物群落季节变化特征, 黄加祺等^[14]对闽江口水母类的分布进行了研究。此外, 关于两个河口或海湾的鱼类比较也有研究, 如徐兆礼^[1]对春夏季闽江口和兴化湾鱼类数量特征进行了研究。这些研究都为我国东海沿岸河口的海洋生态学提供了基础知识。在国际上, Isinibilir 等^[15]在地中海的 4 个水域研究了浮游动物群落的季节动态变化。但是, 在国内针对两个河口渔场的饵料浮游动物数量的比较研究报道, 通过饵料比较分析渔场属性差异的研究报道均未见到。

本研究以闽江口和椒江口为研究海域, 分析比较了两个水域渔场的饵料浮游动物的种类组成和数量的差异, 优势种饵料及其对各自河口的总丰度的贡献的差异, 也探讨了两个河口渔场饵料浮游动物的数量与水团的关系, 并比较了两个河口渔场饵料的特性, 旨在通过饵料特性的分析比较对研究河口渔场的形成机制提供依据。

1 材料与方法

1.1 采样区域与方法

调查数据来源于 2008 年 9 月对闽江口渔场进行的生物资源调查和 2010 年 8 月对椒江口渔场进行的生物资源调查。闽江口渔场海域的调查范围选取 119.72°E–119.78°E; 25.99°N–26.13°N, 在调查水域共设 8 个定点取样站, 站位分布见图 1。椒江口渔场海域的调查范围为 121.63°E–121.81°E; 28.35°N–28.59°N, 在调查水域共设 10 个定点取样站, 站位分布见图 2。

浮游动物样品采集和处理均按照《海洋调查规范》规定进行, 采用浅水 I 型浮游生物网, 自海底至海面垂直拖拽获得。所获浮游动物样品(不含浮游幼虫)均经 5%福尔马林溶液固定带回实验室进行称量、分类、鉴定和统计。(生物量为湿重, 单位为 mg/m³; 本文个体丰度单位为 ind/m³。)

1.2 数据处理方法

优势种的确定采用以下公式: $Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$ 。式

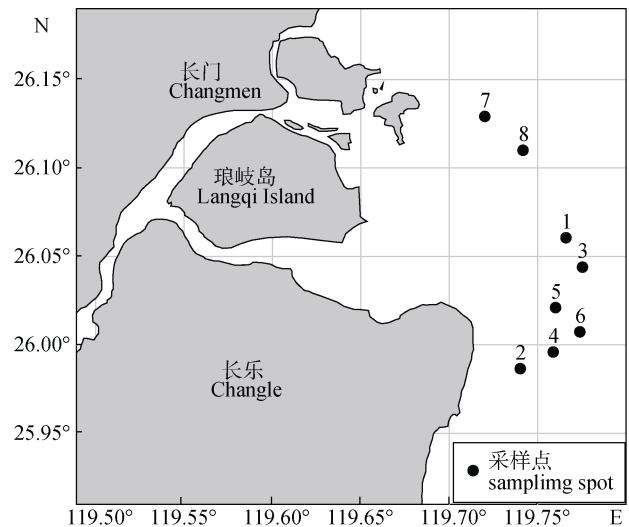


图 1 闽江口采样站位图

Fig. 1 Sampling stations in Minjiang estuary

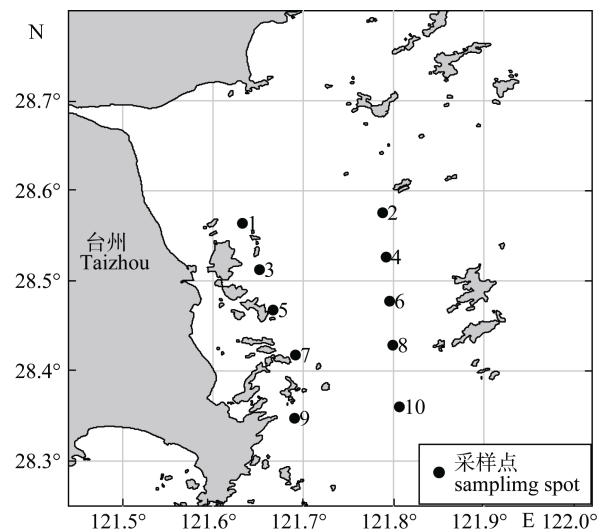


图 2 椒江口采样站位图

Fig. 2 Sampling stations in Jiaojiang estuary

中, n_i 为第 i 种的丰度; f_i 是第 i 种在各站位中出现的频率; N 为总丰度(ind/m³), 取浮游动物优势种 $Y \geq 0.02$ 的种为本文优势种^[6]。

2 结果与分析

2.1 闽江口和椒江口渔场浮游动物的种类组成和丰度

夏季, 在闽江口渔场海域共出现 37 种浮游动物[不含浮游幼体(虫)和仔鱼], 分属于 5 门 8 大类, 其中以桡足类占绝对优势, 占总种类数的 48.65%,

其次腔肠动物的数量也较多;就丰度来看,桡足类的丰度最大,占总丰度的 30.49%,其次是枝角类和腔肠动物(表 1)。

夏季,在椒江口渔场海域共出现浮游动物 43

种[不含浮游幼体(虫)和仔鱼],分属于 5 门 12 大类,以桡足类和腔肠动物占绝对优势,都占总种类数的 32.56%;从丰度来看,桡足类的丰度最大,占总丰度的 53.60%,其次是腔肠动物和毛颚类(表 1)。

表 1 夏季闽江口和椒江口渔场浮游动物的种类组成及平均丰度

Tab. 1 Composition and average abundance of species in Minjiang estuary and Jiaojiang estuary during summer

类群 group	种数		种数百分比/%		平均丰度/(ind·m ⁻³)		丰度百分比/%	
	species number	percentage of species number	percentage of species number	percentage of species number	average abundance	percentage of average abundance	percentage of average abundance	percentage of average abundance
	MJE	JJE	MJE	JJE	MJE	JJE	MJE	JJE
桡足类 Copepoda	18	14	48.65	32.56	27.09	214.01	30.49	53.60
腔肠动物 Coelenterata	10	14	27.03	32.56	13.66	122.14	23.72	37.49
毛颚类 Chaetognatha	2	3	5.41	6.98	30.56	42.21	16.84	5.61
枝角类 Cladocera	2	1	5.41	2.33	46.21	2.40	25.46	0.32
糠虾类 Mysidacea	0	3	0.00	6.98	0.00	11.99	0.00	1.59
十足类 Decapoda	1	1	2.70	2.33	2.04	3.71	1.13	0.49
被囊类 Chordata	2	1	5.41	2.33	3.35	0.05	1.85	0.01
翼足类 Pteropoda	0	1	0.00	2.33	0.00	0.67	0.00	0.09
磷虾类 Euphausiacea	1	2	2.70	4.65	0.42	4.98	0.23	0.66
端足类 Amphipoda	0	1	0.00	2.33	0.21	0.52	0.11	0.07
介形类 Ostracoda	1	2	2.70	4.65	0.31	0.56	0.17	0.07
合计 total	37	43			123.86	403.31		

注:“MJE”表示闽江口;“JJE”表示椒江口。

Note:“MJE” indicates the Minjiang estuary;“JJE” indicates the Jiaojiang estuary.

2.2 闽江口和椒江口渔场的浮游动物数量的比较

在夏季,闽江口 8 个站位浮游动物的平均生物量是 114.06 mg/m³,平均丰度为 123.86 ind/m³,饵料浮游动物的平均丰度是 110.19 ind/m³;椒江口 10 个站位浮游动物的平均生物量是 1 464.25 mg/m³,平均丰度为 403.31 ind/m³(图 3),饵料浮游动物的平均丰度是 281.17 ind/m³。对两个河口渔场的各个站位的平均生物量进行方差分析后,表明闽江口渔场和椒江口渔场浮游动物的生物量具有显著差异($F=6.362, P<0.05$)。

2.3 闽江口渔场和椒江口渔场的优势种及丰度百分比

夏季闽江口渔场水域出现 6 个优势种,饵料浮游动物优势种包括肥胖三角溞(*Evadnebergestina*)、肥胖箭虫(*Sagitta enflata*)、刺尾纺锤水蚤(*Acartias pinicauda*)、百陶箭虫(*Sagitta bedoti*)、亚强次真哲水蚤(*Sudeucalanus subcrassus*)。球型侧腕水母(*Pleurobrachia globosa*)虽然为优势种,

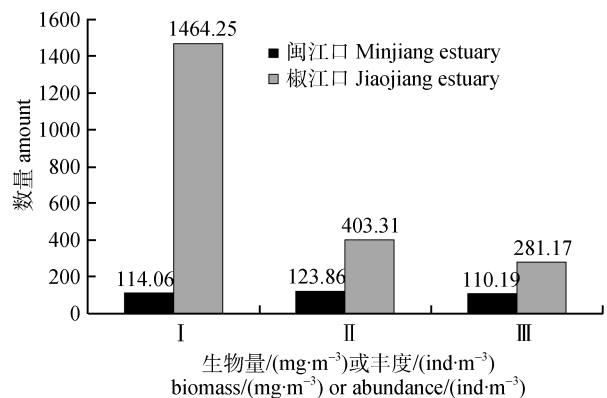


图 3 夏季闽江口和椒江口渔场浮游动物的平均生物量、平均丰度和饵料平均丰度比较

I: 平均生物量; II: 平均丰度; III: 饵料平均丰度。

Fig. 3 The comparison of the average biomass, average abundance, and bait abundance of zooplankton in Minjiang estuary and Jiaojiang estuary during summer

I: the average biomass; II: the average abundance of the bait.

但是对渔场的饵料没有贡献。饵料优势种中,肥胖三角溞、肥胖箭虫、刺尾纺锤水蚤的丰度较大,

丰度百分比达到 65.13%(表 2)。

夏季椒江口渔场水域出现 7 个优势种, 饵料浮游动物优势种包括中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*)、海龙箭虫(*Sagitta nage*)、百陶箭虫、精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*)。而拟细浅室水母(*Lensia subtiloides*)、

五角水母(*Muggiaea atlantica*)不是饵料浮游动物。饵料优势种中, 中华哲水蚤、太平洋纺锤水蚤的丰度较大, 丰度百分比达到 43.09%(表 2)。

2.4 闽江口和椒江口渔场浮游动物的优势种对其总丰度的贡献

如表 3 所示, 对优势种进行多元一次逐步回

表 2 夏季闽江口渔场和椒江口渔场浮游动物的优势种的优势度(Y)、平均丰度(\bar{x})及丰度百分比(A)

Tab. 2 Dominance (Y), abundance (\bar{x}) and proportion (A) of dominant species in total abundance in Minjiang estuary and Jiaojiang estuary during summer

优势种 dominant species	闽江口 Minjiang estuary			椒江口 Jiaojiang estuary		
	优势度 Y	平均丰度 \bar{x}	丰度百分比/% A	优势度 Y	平均丰度 \bar{x}	丰度百分比/% A
肥胖三角溞 <i>Evadne tergestina</i>	0.37	45.63	36.84	-	-	-
肥胖箭虫 <i>Sagitta enflata</i>	0.18	22.90	18.49	-	-	-
刺尾纺锤水蚤 <i>Acartia spinicauda</i>	0.10	12.14	9.80	-	-	-
球型侧腕水母 <i>Pleurobrachia globosa</i>	0.07	8.09	6.53	-	-	-
百陶箭虫 <i>Sagitta bedoti</i>	0.06	7.66	6.18	0.03	17.24	4.27
亚强次真哲水蚤 <i>Subeucalanus subcrassus</i>	0.03	3.58	2.89	-	-	-
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	-	-	-	0.30	121.19	30.05
拟细浅室水母 <i>Lensia subtiloides</i>	-	-	-	0.21	91.87	22.78
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	-	-	-	0.12	52.61	13.04
海龙箭虫 <i>Sagitta nage</i>	-	-	-	0.05	19.34	4.80
五角水母 <i>Muggiaea atlantica</i>	-	-	-	0.03	14.82	3.67
精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i>	-	-	-	0.02	24.97	6.19

注: “-”表示未出现或者不是某一季节的优势种。

Note: “-” indicates the species was not presented, or not the dominant species.

表 3 闽江口渔场和椒江口渔场浮游动物的优势种丰度对总丰度(N)的逐步回归分析

Tab. 3 Stepwise regression between the abundance of dominant species and total abundance (N) in Minjiang estuary and Jiaojiang estuary

优势种 dominant species	闽江口 Minjiang estuary			椒江口 Jiaojiang estuary		
	β	t	P	β	t	P
肥胖三角溞 <i>Evadne tergestina</i>	0.90	18.41	8.7×10^{-6}	-	-	-
肥胖箭虫 <i>Sagitta enflata</i>	0.13	2.68	4.4×10^{-2}	-	-	-
刺尾纺锤水蚤 <i>Acartia spinicauda</i>	-	-	-	-	-	-
球型侧腕水母 <i>Pleurobrachia globosa</i>	-	-	-	-	-	-
百陶箭虫 <i>Sagitta bedoti</i>	-	-	-	-	-	-
亚强次真哲水蚤 <i>Subeucalanus subcrassus</i>	-	-	-	-	-	-
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	-	-	-	1.00	7.83	2.3×10^{-4}
拟细浅室水母 <i>Lensia subtiloides</i>	-	-	-	-	-	-
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	-	-	-	0.56	4.56	3.8×10^{-3}
海龙箭虫 <i>Sagitta nage</i>	-	-	-	-	-	-
五角水母 <i>Muggiaea atlantica</i>	-	-	-	0.27	2.47	4.9×10^{-2}
精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i>	-	-	-	-	-	-

注: “-”表示未进入方程。

Note: “-” indicates the species did not enter the equation.

归分析。结果表明,夏季闽江口渔场所有的优势种中,肥胖三角溞的相关性极显著($P<0.01$),对饵料浮游动物总丰度的贡献最大($\beta=0.90$),也是闽江口绝对的优势种;肥胖箭虫的相关性显著($P<0.05$),贡献率达到 0.13。

夏季,对椒江口渔场的浮游动物总丰度有贡献的优势种包括 3 种,分别是:中华哲水蚤、拟细浅室水母和太平洋纺锤水蚤。其中中华哲水蚤($\beta=1.00$; $P<0.01$)和太平洋纺锤水蚤($\beta=0.56$; $P<0.01$)的贡献率最大,多元一次逐步回归相关性极显著($P<0.01$)。虽然五角水母呈显著相关性($\beta=0.27$; $P<0.05$),但是由于其不是鱼类饵料,对饵料浮游动物的贡献可不计。

3 讨论

3.1 闽江口和椒江口渔场的饵料浮游动物种类组成的比较

从饵料种类组成来看,椒江口渔场的饵料种类组成要优于闽江口渔场。两个河口都以桡足类为主,虽然闽江口的桡足类有 18 种,要大于椒江口的桡足类种类数(14 种),但是从优势种上看(表 2),椒江口海域优势度较大的饵料优势种浮游动物包括中华哲水蚤、海龙箭虫等,相对于闽江口海域最大的优势种肥胖三角溞而言,是体型较大的桡足类;而肥胖三角溞个体较小^[4],对渔场来说,椒江口海域的主要种类中华哲水蚤、海龙箭虫等是生物量更大和更加优质的饵料浮游生物。此外,椒江口海域除了出现优质饵料桡足类之外,还出现糠虾类(3 种)、翼足类(1 种)和端足类(1 种),这三大类都是个体较大的浮游动物,而闽江口海域没有出现这三大类。根据文献[4]和[16],在各种主要饵料类群中,磷虾类和桡足类是中上层鱼类的主要摄食对象,其中磷虾类被摄食的生物量最高,可占总摄食量的 48.1%,其次是桡足类(20.3%),端足类、毛颚类和枝角类也占到一定的比例的摄食量,但是鱼类对腔肠动物的摄食很少。

由此可见,椒江口渔场除了出现体型较大的桡足类饵料生物,还出现了闽江口渔场没有的糠

虾类、翼足类和端足类,使得椒江口渔场的饵料生物更加丰富和多样。因此,总体而言,椒江口渔场饵料的种类组成要优于闽江口渔场。

3.2 闽江口和椒江口渔场的饵料浮游动物丰度组成的比较

从饵料丰度来讲,椒江口渔场的饵料丰度要大于闽江口渔场。从图 3 可以看出,椒江口海域的饵料浮游动物的平均丰度是 281.17 ind/m^3 ,要远大于闽江口海域的饵料浮游动物的平均丰度(110.19 ind/m^3)。表 1 显示,从鱼类主要摄食对象来讲^[4,16],椒江口海域的桡足类、毛颚类、磷虾类、糠虾类等大类的丰度都要大于闽江口海域的饵料丰度。其中,虽然椒江口海域的桡足类种类数(14 种)少于闽江口海域(18 种)(表 1),但是椒江口海域桡足类的平均丰度达到了 214.01 ind/m^3 ,而闽江口海域桡足类丰度只有 27.09 ind/m^3 ,椒江口海域要远大于闽江口的;而椒江口海域大型浮游动物毛颚类的丰度,也大于闽江口海域。虽然闽江口海域的枝角类平均丰度高达 46.21 ind/m^3 ,而椒江口的枝角类丰度很小,仅有 2.40 ind/m^3 ,但是枝角类浮游动物体型偏小,并且众多学者的研究发现^[17-19],枝角类由于体形较小,并不是鱼类的优先摄食对象;而磷虾类、糠虾类作为鱼类的优先摄食对象,是一种优质饵料,但在闽江口海域没有出现。

综上所述,从饵料丰度来看,椒江口渔场的饵料丰度要大于闽江口渔场,能够为当地产卵场幼鱼提供更为丰富的饵料。

3.3 闽江口和椒江口渔场的饵料浮游动物优势种组成的比较

从饵料优势种上看,椒江口海域无论是饵料优势种丰度还是饵料优劣性上都要好于闽江口海域。表 2 显示,椒江口海域大多数优势种的丰度都要大于闽江口海域;从表 3 可知,对闽江口海域浮游动物总丰度贡献最大的优势种是肥胖三角溞和肥胖箭虫,贡献率达到了 0.90 和 0.13;而对椒江口海域浮游动物丰度贡献最大的优势种包括中华哲水蚤(1.00)、太平洋纺锤水蚤(0.56)和五角水母(0.27),五角水母不属于饵料生物,故不讨

论。中华哲水蚤是东黄海最主要的优势种^[4], 而且体型较大, 根据文献[20–22], 它是东黄海经济鱼类的主要摄食对象, 作为椒江口海域的绝对优势种, 优势度高达 0.30, 且丰度达到了 121.19 ind/m^3 , 能够为椒江口渔场提供充足的饵料; 闽江口海域的最大优势种肥胖三角溞, 丰度是 45.63 ind/m^3 。根据文献[20–22], 枝角类并不是海洋鱼类的主要饵料, 主要是因为个体小, 生物量低, 占鱼类食物的百分比很小, 其饵料价值明显低于椒江口海域的中华哲水蚤; 而闽江口海域优势种肥胖箭虫丰度(22.90 ind/m^3)和椒江口海域优势种海龙箭虫丰度(19.34 ind/m^3)相当, 百陶箭虫是闽江口海域和椒江口海域的共同优势种, 但是椒江口海域的丰度(17.24 ind/m^3)要大于闽江口海域(7.66 ind/m^3), 它们都是比较重要的饵料浮游生物。

因此, 从总体上看, 椒江口海域的浮游动物饵料优势种无论从丰度上来说, 还是饵料的特性上讲, 都要优于闽江口海域。

3.4 椒江口和闽江口渔场饵料特征与水团的关系

对闽江口和椒江口渔场浮游动物的种类组成、丰度和优势种的分析 and 比较可知, 两个河口的饵料浮游动物数量差异较明显, 而水环境的差异, 是造成两个河口饵料浮游动物数量差异的重要原因。

在夏季, 影响椒江口海域的主要水团是东海底层水在陆架边缘涌升、从而形成的上升流, 许建平^[23]、胡敦欣^[24]都对浙江近海的上升流进行过系统的研究, 证明椒江口沿海存在明显的上升流。此外, 夏季椒江口径流量增大, 使得椒江径流也成为影响椒江口海域重要的水团因素。一般而言, 上升流是输送营养盐至海域近表层的重要渠道^[25–27], 而河口径流在营养盐从陆地到海洋的输送过程中也发挥了作用^[28–30]。在夏季, 影响闽江口海域的主要因素是增强的台湾暖流和闽江径流, 且并未有报道显示闽江口海域有明显上升流的现象。根据文献[31], 台湾暖流作为黑潮的分支, 其水体本身营养盐浓度很低, 由此导致其对流经海域的营养盐浓度的影响很大, 而闽江口渔场在夏季受到台湾暖流逐渐增强的影响, 虽然径流在

一定程度上对闽江口海域营养盐浓度有一定的补充作用^[32], 但是受到的台湾暖流的势力影响更大, 导致闽江口渔场的营养盐浓度偏低。因此, 由于受到水团的影响不同, 导致椒江口渔场的营养盐比闽江口渔场要丰富。

其次, 在椒江口海域, 由于上升流具有低温的性质, 故带来大量的暖温种, 相关文献显示, 就单一种群而言, 暖温种的数量往往大于暖水种。世界上丰度最大的浮游动物优势种往往是由暖温种构成的。例如, 西北太平洋浮游动物最大优势种中华哲水蚤^[33], 北大西洋飞马哲水蚤也是典型的暖温种, 在北大西洋生物量和丰度都占到绝对的主导地位, 是北大西洋最大的优势种^[34–35]。而闽江口夏季受台湾高温暖水流的影响, 主要以暖水种为主, 如本研究中闽江口的优势种肥胖三角溞、刺尾纺锤水蚤等都是暖水种, 李少菁^[36]和郑重^[37]在研究中发现, 个体大小与温度密切相关。因此, 在不超过温度范围内, 温度越高, 个体越小。因此, 椒江口海域的上升流能够带来丰度更高的中华哲水蚤等暖温种, 相对而言, 闽江口渔场单一优势种数量较低。

在海洋生态系统中, 浮游生物的数量分布和群落结构受到栖息环境的制约, 而海水营养盐是其数量变动的重要物质基础^[38–41]。何德华^[42]在对浙江沿岸上升流浮游动物生态研究中发现, 浮游动物的生物量在上升流的高峰期(8月)比10月份要大很多, Blackburn^[43]对非洲西北部的上升流海岸浮游动物的研究表明, 浮游动物的生物量有显著的增加, 但是同时期的邻近海域没有这样的变化。以上研究都是由于上升流带来的高营养盐造成浮游动物数量较多的例证, 这也是椒江口海域浮游动物数量较多的一个重要原因, 而闽江口由于营养盐较低, 导致其相对椒江口海域而言饵料浮游动物的数量较少。

综上所述, 在夏季, 椒江口渔场受到上升流和径流的影响, 营养盐特别丰富, 且出现生物量很大的暖温种; 而闽江口渔场受台湾高温寡营养盐的影响, 未受到明显上升流的影响, 不仅导致浮游动物的数量较少, 并且其个体也偏小。

3.5 闽江口和椒江口渔场饵料特性和渔场属性的比较

从种类组成上看,椒江口渔场除了出现体型较大的桡足类饵料生物,还出现了闽江口海域没有的糠虾类、翼足类、端足类,使得椒江口渔场的饵料生物更加丰富和多样;在饵料丰度方面,椒江口渔场的饵料浮游动物的平均丰度是 281.17 ind/m^3 (图 3),要远大于闽江口海域的饵料浮游动物的平均丰度(110.19 ind/m^3 ,图 3);此外,就饵料优势种而言,中华哲水蚤是椒江口渔场的绝对优势种,也是鱼类最主要的摄食对象之一,其丰度达到了 121.19 ind/m^3 (表 2),相对于闽江口渔场最大的饵料优势种肥胖三角溞(45.63 ind/m^3 ,表 2)来说,不仅丰度更大,饵料也更优质。综上所述,造成以上结果的重要因素就是由于两个河口所受到水团的影响不同而引起的营养盐差异,导致椒江口渔场的饵料比闽江口渔场要更加丰富和多样。

饵料浮游动物对于渔场的形成具有重要的意义,在世界范围内,有上升流的海域,往往会形成比较大的渔场。例如,著名的秘鲁渔场的面积虽然占海洋总面积的比例小于 0.1%,但捕鱼量却占了世界海洋捕鱼总量的 10%,仅鳀的年产量就达到千万 t 以上^[44],主要原因就是秘鲁渔场海域拥有丰富的饵料浮游动物。可见上升流对椒江口渔场的饵料浮游动物的数量有显著的影响,这也是椒江口渔场的饵料特别丰富和优质的重要原因。因此,从渔场饵料特性的比较来看,椒江口渔场要优于闽江口渔场。

渔场饵料特性的不同,也造成了渔场属性的不同。根据以往的研究^[1, 40],闽江口渔场的主要渔业资源优势种是凤鲚、龙头鱼、带鱼等,而夏季椒江口渔场所在的渔山渔场,主要经济种类包括带鱼、大黄鱼、小黄鱼等^[45-48]。很显然,椒江口渔场的鱼类经济价值要高于闽江口海域。此外,鱼山渔场也是小黄鱼产卵季节最早集中的水域^[49],根据文献^[50],浙江中部的鱼山渔场附近也是带鱼的主要索饵区之一,进入冬汛期间,鱼山渔场仍然是带鱼主要的越冬场和产卵场,还是小黄鱼和带鱼重要的索饵场。在夏季,正是由于椒江口

渔场海域的上升流,不仅为小黄鱼和带鱼提供丰富的饵料,也为其提供产卵的最佳水环境,这是闽江口渔场所不具备的环境条件。所以,从渔场属性来看,夏季椒江口渔场要优于闽江口渔场。

致谢:田丰歌、陈佳杰、周进、孙鲁峰等课题组成员帮助样品采集和鉴定,沈晓明老师在论文构思和写作中给予很大帮助,特此致谢!

参考文献:

- [1] Xu Z L. Comparison of fish density between the Minjiang Estuary and Xinghua Bay during spring and summer[J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(9): 1395-1403.[徐兆礼. 春夏季闽江口和兴化湾鱼类数量特征的研究[J]. 水产学报, 2010, 34(9): 1395-1403.]
- [2] Zhou Y D, Jin H W, Jiang R J, et al. The category composition and abundance distributions of ichthyoplankton along the north-central coast of Zhejiang Province in spring and summer[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(6): 880-888.[周永东, 金海卫, 蒋日进, 等. 浙江中北部沿岸春、夏季鱼卵和仔稚鱼种类组成与数量分布[J]. 水产学报, 2011, 35(6): 880-888.]
- [3] Xu Z L, Chao M, Chen Y Q. Distribution characteristics of zooplankton biomass in the East China Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica. 2004, 26(3): 93-101.[徐兆礼, 晁敏, 陈亚瞿. 东海浮游动物生物量分布特征[J]. 海洋学报, 2004, 26(3): 93-101.]
- [4] Zheng Z. Marine plankton ecology[M]. Xiamen: Xiamen University Press. 1986: 68-494.[郑重. 海洋浮游生物生态学文集[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1986: 68-494.]
- [5] Yan W J. Summary of human activities on global nutrient export from watersheds to estuaries and coastal water: biogeochemical cycles and modeling[J]. Geographical Research. 2006, 25(5): 825-835.[晏维金. 人类活动影响下营养盐向河口/近海的输出和模型研究[J]. 地理研究, 2006, 25(5): 825-835.]
- [6] Xu Z L, Chen Y Q. Aggregated intensity of dominant species of zooplankton in autumn in the East China Sea and Yellow Sea[J]. Chinese Journal of Ecology, 1989, 8(4): 13-15.[徐兆礼, 陈亚瞿. 东海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲈鱼渔场的关系[J]. 生态学杂志, 1989, 8(4): 13-15.]
- [7] Xu Z L, Cui X S, Huang H L. Distribution of zooplankton in Ommastrephes batrami fishing ground of the North Pacific Ocean and its relationship with the fishing ground[J]. Journal of Fisheries of China. 2004, 28(5): 515-521.[徐兆礼, 崔雪森, 黄洪亮. 北太平洋柔鱼渔场浮游动物数量分布及与渔场的关系[J]. 水产学报, 2004, 28(5): 515-521.]

- [8] Gao Q, Xu Z L. Distribution pattern of zooplankton in the Oujiang Estuary during summer and autumn[J]. Journal of Fishery Sciences of China. 2009, 16(3): 372-380.[高倩, 徐兆礼. 瓯江口水域夏、秋季浮游动物数量时空分布特征[J]. 中国水产科学, 2009, 16(3): 372-380.]
- [9] Du P, Xu X Q, Liu J J, et al. Distribution of Zooplankton in the Jiaojiang Estuary and Its Response to Environment Factors in Spring and Autumn[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2011, 17(4): 486-494.[杜萍, 徐晓群, 刘晶晶, 等. 椒江口春、秋季浮游动物分布特征及与主要环境因子的关系[J]. 应用与环境生物学报, 2011, 17(4): 486-494.]
- [10] Li K Z, Yin J Q, Huang L M, et al. Dynamic variations of community structure and quantity of zooplankton in Zhujiang river estuary[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2005, 24(5): 60-68.[李开枝, 尹健强, 黄良民, 等. 珠江口浮游动物的群落动态及数量变化[J]. 热带海洋学报, 2005, 24(5): 60-68.]
- [11] Gao Q, Xu Z L, Zhuang P. Comparison of mesozooplankton communities in North Channel and North Branch of Yangtze River Estuary[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(9): 2049-2055.[高倩, 徐兆礼, 庄平. 长江口北港和北支浮游动物群落比较[J]. 应用生态学报, 2008, 19(9): 2049-2055.]
- [12] Fang H D, Zhu A J, Dong Y H, et al. Study on the variation of zooplankton community in the Pearl River Estuary in 2005-2006[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2009, 28(1): 29-37.[方宏达, 朱艾嘉, 董燕红, 等. 2005-2006年珠江口浮游动物群落变化研究[J]. 台湾海峡, 2009, 28(1): 29-37.]
- [13] Sun L F, Sun Y, Xu Z L. The study on the seasonal variations of zooplankton community in Jiaojiang coastal waters[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(1): 131-138.[孙鲁峰, 孙岳, 徐兆礼. 椒江口海域浮游动物群落季节变化特征[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(1): 131-138.]
- [14] Huang J Q, Xu Z Z. Distribution of Medusae in Minjiang River Estary, Fujian[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 1994, 33(Supplement): 160-164.[黄加棋, 许振祖. 闽江口水母类的分布[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 1994, 33(增刊): 160-164.]
- [15] Isinibilir M, Svetlichny L, Hubareve E, et al. Adaptability and vulnerability of zooplankton species in the adjacent regions of the Black and Marmara Seas[J]. J Mar Sys, 2011, 84(1-2): 18-27.
- [16] Xue Y, Jin X S, Zhao X Y, et al. Food Consumption by the Fish Community in the Central and Southern Yellow Sea in Autumn[J]. Periodical of Ocean University of China, 2007, 37(1): 75-82.[薛莹, 金显仕, 赵宪勇, 等. 秋季黄海中南南部鱼类群落对饵料生物的摄食量[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2007, 37(1): 75-82.]
- [17] Deng J Y, Meng T X, Ren S M. Food web of fishes in Bohai Sea[J]. Acta Ecologica Sinica, 1986, 6(4): 356-364.[邓景耀, 孟田湘, 任胜民. 渤海鱼类食物关系的初步研究[J]. 生态学报, 1986, 6(4): 356-364.]
- [18] Deng J Y, Jiang W M, Yang J M, et al. Species interaction and food web of major predatory species in the Bohai Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1997, 4(4): 1-7.[邓景耀, 姜卫民, 杨纪明, 等. 渤海主要生物种间关系及食物网的研究[J]. 中国水产科学, 1997, 4(4): 1-7.]
- [19] Dou S Z, Yang J M, Chen D G. Food habits of stone flounder, spotted flounder, high-eyed flounder and red tongue sole in the Bohai Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 1992, 16(3): 162-166.[窦硕增, 杨纪明, 陈大刚. 渤海石鲈、星鲈、高眼鲈及焦氏舌鲷的食性[J]. 水产学报, 1992, 16(3): 162-166.]
- [20] Zhang Q Y, Lin Q M, Lin Y T, et al. Food web of fishes in Minnan-Taiwan chientan Fishing ground[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1981, 3(2): 275-290.[张其永, 林秋眠, 林尤通, 等. 闽南-台湾浅滩渔场鱼类食物网的研究[J]. 海洋学报, 1981, 3(2): 275-290.]
- [21] Meng T X. The dietary overlap coefficient and food resources of enhancement species among demersal fishes in Bohai Sea[J]. Marine Fisheries Research, 1989(10): 1-8.[孟田湘. 渤海重要底层鱼类食物重叠系数与鱼类增殖[J]. 海洋水产研究, 1989(10): 1-8.]
- [22] Wei S, Jiang W M. Study on food web of fishes in the Yellow Sea[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica. 1992, 23(2): 182-192.[韦晟, 姜卫民. 黄海鱼类食物网的研究[J]. 海洋与湖沼, 1992, 23(2): 182-192.]
- [23] Xu J P, Cao X Z, Pan Y Q. Evidence for the coastal upwelling off Zhejiang[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1983(4): 17-25.[许建平, 曹欣中, 潘玉球. 浙江近海存在沿岸上升流的证据[J]. 海洋湖沼通报, 1983(4): 17-25.]
- [24] Hu D X, Lyu L H, Xiong Q C. The research of coastal upwelling off Zhejiang[J]. Chinese Science Bulletin, 1980(3): 131-133.[胡敦欣, 吕良洪, 熊庆成. 关于浙江沿岸上升流的研究[J]. 科学通报, 1980(3): 131-133.]
- [25] Uye S. Why does *Calanus sinicus* prosper in the shelf ecosystem of the Northwest Pacific Ocean?[J]. J Mar Sci, 2000, 57(6): 1850-1855
- [26] Pan Y Q, Cao X Z, Xu J P. A preliminary investigation of the cause and characteristics of the upwelling front zone off

- Zhejiang[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1982(3): 1-7.[潘玉球, 曹欣中, 许建平. 浙江沿岸上升流锋区特征及其成因的初步探讨[J]. 海洋湖沼通报, 1982(3): 1-7.]
- [27] Bogu R, Tomczak M. Upwelling Ecosystems[M]. Beijing: China Ocean Press, 1981.[Bogu R, Tomczak M. 上升流生态系统[M]. 北京: 海洋出版社, 1981.]
- [28] Liu Y L, Liu J S, Yu Z M, et al. Influence of riverine nutrients on HAB[J]. Marine Science, 2006, 30(6): 66-72.[刘亚林, 刘洁生, 俞志明, 等. 陆源输入营养盐对赤潮形成的影响[J]. 海洋科学, 2006, 30(6): 66-72.]
- [29] Shen Z L. Nitrogen transport fluxes in the Yangtze River[J]. Advances in Water Science, 2004, 15(6): 752-759.[沈志良. 长江氮的输送通量[J]. 水科学进展, 2004, 15(6): 752-759.]
- [30] Howarth R W, Sharpley A, Walker D. Sources of nutrient pollution to coastal waters in the United States: Implications for nutrient over-enrichment of coastal waters[J]. Estuaries, 2002, 25(4): 656-676.
- [31] Wang F, Kang J C, Zhou S Z, et al. Nitrate and phosphate conditions and fishery resources in the offshore area of the East China Sea[J]. Resource Science, 2008, 30(10): 1592-1599.[王芳, 康建成, 周尚哲, 等. 东海外海海域营养盐的时空分布特征[J]. 资源科学, 2008, 30(10): 1592-1599.]
- [32] Ye X, Chen J, Ji W D, et al. Research the Biogeochemical Processes of Nutrients in Minjiang Estuary[J]. Environmental Science, 2011, 32(2): 375-383.[叶翔, 陈坚, 暨卫东, 等. 闽江口营养盐生物地球化学过程研究[J]. 环境科学, 2011, 32(2): 375-383.]
- [33] Cao W Q, Lin Y S, Yang Q, et al. Advanced in Biology of *Calanus sinicus* in China[J]. China Journal of Xiamen University: Natural Science, 2006, 45(Sup 2): 54-61.[曹文清, 林元烧, 杨青, 等. 我国中华哲水蚤生物学研究进展[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2006, 45(增刊 2): 54-61.]
- [34] Webjørn M, Jeffrey R, Erica H. The North Atlantic Ocean as habitat for *Calanus finmarchicus*: Environmental factors and life history traits[M]. Norway: Progress in Oceanography, 2014.
- [35] Reid P C, Colebrook J M, Matthews J B L, et al. The Continuous Plankton Recorder: concepts and history, from Plankton Indicator to undulating recorders[J]. Prog Oceanogr, 2003, 58(2-4): 117-173.
- [36] Li S J. Studies on comparative Morphology of *Calanus pacificus* off Fukien coast[J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 1963, 11(3): 57-80.[李少菁. 福建沿海太平洋哲水蚤的比较形态研究[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 1963, 11(3): 57-80.]
- [37] Zheng Z, Li S, Li S J. The composition and geographical distribution of *copepods* in China Sea[J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 1978(2): 51-63.[郑重, 李松, 李少菁. 我国海洋浮游桡足类的种类组成和地理分布[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 1978(2): 51-63.]
- [38] Chapman B R, Ferry B W, Ford T W. Phytoplankton communities in water bodies at Dungeness, U.K.: analysis of seasonal changes in response to environmental factors[J]. Hydrobiologia, 1997, 362(1-3): 161-170.
- [39] Cui Y, Chen B J, Ma S S. Correlation of phytoplankton and its environmental factors in Rushan Bay[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(6): 935-938.[崔毅, 陈碧鹃, 马绍赛. 乳山湾浮游植物与环境因子的相关关系研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(6): 935-938.]
- [40] Chen S, Zhu M Y, Ma Y, et al. Study of the effects of eutrophication on marine ecosystem by mesocosm experiments[J]. Advance in Earth Sciences, 1999, 14(6): 571-576.[陈尚, 朱明远, 马艳, 等. 富营养化对长江口海洋浮游生态系统影响及其围隔实验研究[J]. 地球科学进展, 1999, 14(6): 571-576.]
- [41] Wang J H, Wang W F, Wu Z N, et al. Studies on the relationship between phytoplankton distribution and environmental factors of Tokai[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2000, 22(Supplement): 286-292.[王金辉, 王伟斐, 吴振南, 等. 东海特定海区浮游植物的分布与环境因子的关系[J]. 海洋学报, 2000, 22(增刊): 286-292.]
- [42] He D H, Yang G M, Fang S J, et al. Ecological studies on the zooplankton of upwelling area off Zhejiang coastal waters[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1987, 9(1): 79-92.[何德华, 杨关铭, 方绍锦, 等. 浙江沿岸上升流区浮游动物生态研究[J]. 海洋学报, 1987, 9(1): 79-92.]
- [43] Blackburn M. Zooplankton in an upwelling area off northwest Africa: composition, distribution and ecology[J]. Deep Sea Res Part A. Oceanogr Res Pap, 1979, 26(1): 41-56.
- [44] Chavez F P, Bertrand A, Guevara-Carrasco R, et al. The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future[J]. Prog Oceanogr, 2008, 79(2-4): 95-105.
- [45] Lu Z B. The production of different ecological groups of fish resources in Minzhong fishing ground[J]. Jiangxi Fishery Sciences and Technology, 2007(1): 18-27.[卢振彬. 闽中渔场不同生态类群的鱼类资源生产量[J]. 江西水产科技, 2007(1): 18-27.]
- [46] Xu Z X, Gong J K, Ding Y Z. Distribution of several economic fish eggs and larvae in Minzhong fishing ground[J]. Journal of Fujian Fisheries, 1986(4): 9-15.[许仲夏, 龚金科, 丁永哲. 闽中渔场几种经济鱼类浮性卵和仔稚鱼的分布

- [J]. 福建水产, 1986(4): 9–15.]
- [47] Song H T. The discussion on conditions for the formation of Mackerel, Scad fishing ground in Yushan and Dacheng sea[J]. Donghai Marine Science, 1983, 1(3): 40–44.[宋海棠. 鱼山–大陈海区鲐、鲭鱼中心渔场形成条件的探讨[J]. 东海海洋, 1983, 1(3): 40–44.]
- [48] Li X J. A comprehensive description on the marine fisheries resources and their fauna composition in China seas[J]. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 1984, 3(1): 55–62.[李星颢. 我国海洋渔业资源的区系[J]. 浙江水产学院学报, 1984, 3(1): 55–62.]
- [49] Zhou Y D, Jin H W, Jiang R J, et al. The category composition and abundance distributions of ichthyoplankton along the north-central coast of Zhejiang Province in spring and summer[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(6): 880–889.[周永东, 金海卫, 蒋日进, 等. 浙江中北部沿岸春、夏季鱼卵和仔稚鱼种类组成与数量分布[J]. 水产学报, 2011, 35(6): 880–889.]
- [50] Wu C W. Distribution of young hairtails in Zhejiang coastal waters[J]. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 1991, 10(1): 21–29.[吴常文. 浙江近海幼带鱼分布的研究[J]. 浙江水产学院学报, 1991, 10(1): 21–29.]

Comparison between the zooplankton assemblage and fishing ground quality of the Minjiang River and Jiaojiang River estuaries

CHEN Jian^{1,2}, XU Zhaoli¹

1. Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture; East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;
2. College of Fisheries & Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: Zooplankton species composition, dominant species, and average biomass and abundance were compared between samples taken in the Minjiang River and Jiaojiang River estuaries in September 2008 and August 2010, respectively. The contribution of the dominant species to the total abundance was also determined. Differences in the zooplankton of the two estuaries were evaluated with respect to each estuary's water mass properties, and the bait characteristics and value of the fishery of the two areas were also compared. The results indicated that the zooplankton species composition of the Jiaojiang estuary fishing grounds was of higher quality than that of the Minjiang estuary. The Jiaojiang estuary had larger Copepoda and also contained the genera Mysidacea, Pteropoda, and Amphipoda, which the Minjiang estuary lacked. Strong summertime upwelling and run-off created nutrient-rich conditions in the Jiaojiang estuary that supported large zooplankton communities with an average abundance of 281.17 ind/m³. The warm temperate species *Calanus sinicus* was most dominant, averaging 121.19 ind/m³. The waters of the Minjiang estuary were lower in nutrients because the estuary was influenced by the nutrient-poor Taiwan Warm Current in summer. Average zooplankton abundance in the Minjiang estuary was 110.19 ind/m³, with *Evadne gestina*, the most dominant species, averaging 45.63 ind/m³. The Jiaojiang estuary surpassed the Minjiang estuary in species composition, zooplankton abundance, and overall quality of its fishing grounds. Comparison between the quantitative characteristics of the zooplankton and water masses of the Minjiang and Jiaojiang estuaries indicated general differences between the fishing grounds and larger migrant fish populations in the Jiaojiang estuary.

Key words: Minjiang River estuary; Jiaojiang River estuary; fishing ground; zooplankton bait; dominant species; water mass

Corresponding author: XU Zhaoli. E-mail: xiaomin@sh163.net