• 研究报告 •

长江口邻近海域丰水季大型底栖动物群落特征

徐 勇^{1,2,3} 李新正^{1,3*} 王洪法^{1,3} 张宝琳^{1,3} 帅莲梅¹

1 (中国科学院海洋研究所, 山东青岛 266071)

2 (中国科学院大学, 北京 100049)

3 (青岛海洋科学与技术国家实验室海洋生物学与生物技术功能实验室, 山东青岛 266000)

摘要: 为了研究长江口丰水季邻近海域大型底栖动物群落特征, 我们根据2012年6、8和10月长江口邻近海域大型底栖动物的调查资料, 应用双因素方差分析(Two-Way ANOVA)、聚类分析(Cluster)、非参数多维标度排序(Non-metric Multidimensional Scaling, NMDS)以及丰度生物量比较曲线(Abundance-Biomass Comparison Curves, ABC Curves)对数据资料进行分析。本研究共记录大型底栖动物181种, 其中多毛类动物82种, 甲壳动物46种, 软体动物31种, 棘皮动物11种, 其他类群11种。大型底栖动物丰度、生物量、种类丰富度和多样性指数月份间差异和空间差异均不显著。均匀度指数月份间差异不显著, 而空间上远海显著高于近海。6、8和10月大型底栖动物在20%的相似性水平上划分为3–4个群聚, 不同站位相似性水平较低。ABC曲线表明远海大型底栖动物群落受扰动的程度小于近海。受人类活动的持续影响, 长江口邻近海域大型底栖动物种类变化剧烈, 空间分布不均匀。

关键词: 大型底栖生物; 多样性; 群聚结构; 优势种; 长江口

Characteristics of a macrozoobenthic community in the sea adjacent to the Yangtze River estuary during the wet season

Yong Xu^{1,2,3}, Xinzheng Li^{1,3*}, Hongfa Wang^{1,3}, Baolin Zhang^{1,3}, Lianmei Shuai¹

1 Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, Shandong 266071

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

3 Laboratory for Marine Biology and Biotechnology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao, Shandong 266000

Abstract: To explore the characteristics of a macrozoobenthic community in the sea adjacent to the Yangtze River estuary during the wet season, macrozoobenthic samples were collected during June, August, and October, 2012, and data were analyzed using statistical methods including Two-Way ANOVA, Cluster analysis, Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS), and Abundance-Biomass Comparison Curves (ABC Curves). A total of 181 macrozoobenthic species were recorded, with 82 species of Polychaeta, 46 Crustacea, 31 Mollusca, 11 Echinodermata and 11 species belonging to other groups. The abundance, biomass, Margalef's richness index (d), Shannon-Wiener index (H'), and Pielou index (J') did not show any significant temporal or spatial differences except that J' in the offshore area was significantly higher than that found in the inshore area. Three to four macrozoobenthic assemblages were identified using the 20% similarity level and a low similarity level among stations was also observed. ABC curves revealed that the macrozoobenthic community in the offshore area was less disturbed than that in the inshore area. As a result of the continuous impact of anthropogenic activities, the macrozoobenthic community was severely disturbed and unevenly distributed in the sea adjacent to the Yangtze River estuary.

Key words: macrobenthos; diversity; assemblage; dominant species; Yangtze River estuary

长江口是我国最大的河口, 位于黄海和东海交界处。受长江冲淡水、苏北沿岸流、台湾暖流等的

影响, 长江口邻近海域的生态环境复杂多变。长江口同时是许多生物的产卵场、育幼场以及索饵洄游

收稿日期: 2016-02-04; 接受日期: 2016-04-20

基金项目: 中科院先导科技专项(A)“黑潮及其变异对中国近海生态系统的影响”(XDA11020303)和海洋公益性行业科研专项(201505004-1)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: lixzh@qdio.ac.cn

场所,其营养盐含量高,水质肥沃,初级生产力高,饵料资源丰富,许多生物在此完成部分或者全部生活史(李建生等, 2004)。大型底栖生物是河口生态系统中的重要组成类群,由于其生命周期较长,容易受到环境影响,某些种类可作为环境污染的指示种(卢敬让等, 1990)。因此可以根据大型底栖生物的群落变化特征来判断其生存环境的动态变化(李宝泉等, 2007)。

本世纪以来长江口及其邻近海域大型底栖动物的群落动态已被多次报道(吴耀泉和李新正, 2003; 李宝泉等, 2007; 孙亚伟等, 2007; 吴耀泉, 2007; 刘录三等, 2008; Shou et al, 2013), 但2010年以后的调查资料却很少见。本文根据2012年6、8和10月长江口邻近海域大型底栖动物的调查资料,分析底栖动物群落的月份间和空间变化,并与历史资料进行对比,以为长江口生态环境保护提供资料积累。

1 材料与方法

1.1 调查方法

在长江口邻近海域122.37°–124.5° E、30°–32° N范围内共设置17个站位(图1), 于2012年6月(13个站位)、8月(12个站位)和10月(14个站位)进行大型底栖动物定点调查。每站使用0.1 m²的箱式采泥器成功取样2次,样品使用底层0.5 mm网目的套筛冲洗,75%酒精保存。在实验室中进行种类鉴定、计数和称重。

1.2 数据处理

大型底栖动物优势度 $Y = (n_i / N) \times f_i$, 式中, n_i 为第*i*种的个体数; N 为所有种类的总个体数; f_i 为第*i*种出现的站位数占总调查站位数的比率; Y 为大型底栖动物优势度,将 $Y > 0.02$ 的物种定为群落优势种(徐兆礼和陈亚瞿, 1989)。

使用Margalef种类丰富度指数(d)、Shannon-Wiener多样性指数(H')和Pielou均匀度指数(J')表征大型底栖动物群落多样性。采用PRIMER软件中的DIVERSE程序计算这3项指标,其中Shannon-Wiener多样性指数(H')选用log₂表示。

采用双因素方差分析(Two-Way ANOVA)来判断各生物指标的月份间差异(6、8和10月)和空间差异(123° E及以西为近海,以东为远海)的显著性。其中,生物量经过ln($X + 1$)转化,以满足正态性和方

图1 长江口邻近海域大型底栖动物采样站位

Fig. 1 Sampling sites of macrozoobenthos in the sea adjacent to the Yangtze River estuary

差齐性要求。应用皮尔森相关分析来研究丰度与生物量的关系。

群聚结构划分采用等级聚类分析(Cluster)和非参数多维标度排序(Non-metric Multidimensional Scaling, NMDS)实现(周红和张志南, 2003)。在分析之前去除只在一个站位出现的物种,以减少稀有种效应。使用丰度数据构建Bray-Curtis相似矩阵,数据经过二次方根转化。采用相似性百分比分析(SIMPER)计算同一群聚的平均相似性,并分析其主要贡献种(Labruno et al, 2007)。使用丰度生物量曲线(Abundance-Biomass Comparison Curves, ABC曲线)分析长江口邻近海域大型底栖动物群落受扰动情况(田胜艳等, 2006)。

站位图和丰度、生物量空间分布图的绘制使用Surfer 12.0软件进行,统计分析使用SPSS 16.0软件,群聚结构分析使用PRIMER 6.0软件实现。

2 结果

2.1 种类组成和优势种

2012年6–10月3个航次共捕获大型底栖动物181种(附录1),其中多毛类动物最多,有82种,占总物种数的45.3%;甲壳动物次之,有46种,占25.4%;软体动物31种,占17.1%;棘皮动物11种;占6.1%;其他类群(星虫、纽虫、鱼类等)11种,占6.1%。

3个航次捕获的大型底栖动物种类数逐渐增加:6月(83种) < 8月(96种) < 10月(110种)。各航次捕获不同类群的种类数见图2。从图中可以看出,不同月

图2 长江口邻近海域2012年6–10月大型底栖动物种类组成
Fig. 2 Composition of macrozoobenthos in the sea adjacent to the Yangtze River estuary between June and October, 2012

份捕获的多毛类动物和软体动物种类数较为稳定, 而甲壳动物和棘皮动物种类数呈增加趋势。

表1显示了6–10月3个航次优势度(Y)前10位的物种组成, 其中6月的优势种包括寡鳃齿吻沙蚕(*Nephtys oligobranchia*)、奇异稚齿虫(*Paraprionospio pinnata*)和四齿欧努菲虫(*Onuphis tetradentata*) 3种, 8月份优势种仅四齿欧努菲虫1种, 而10月份一种梨体星虫(*Apionsoma* sp.)、奇异稚齿虫、长叶索沙蚕(*Lumbrineris longifolia*)、背蚓虫(*Notomastus latericeus*)和四齿欧努菲虫成为优势种。3个航次优势度(Y)前10位的物种均包括寡鳃齿吻沙蚕、奇异稚齿虫、四齿欧努菲虫和背蚓虫。

2.2 丰度和生物量

皮尔森相关分析发现丰度和生物量的空间分布表现出较强的一致性($\sigma = 0.522$, $P = 0.001$, $n = 39$), 丰度高的站位生物量也较高(图3)。

2.2.1 丰度

不同月份大型底栖动物的丰度见表2。由表2可知, 调查海域大型底栖动物的平均丰度为159.2 ind./m², 月份平均值10月> 6月> 8月。双因素方差分析表明丰度的月份间差异和空间差异均不显著($F_{2, 33} = 1.615$, $P = 0.214$; $F_{1, 33} = 1.082$, $P = 0.306$)。

6月各类群平均丰度由高到低依次为多毛类动物(占总丰度的比例为71.3%)、软体动物(12.9%)、甲壳动物(9.8%)、其他类群(3.3%)和棘皮动物(2.7%)。丰度较高的站位集中在调查海域西侧123°

表1 长江口邻近海域2012年6–10月大型底栖动物优势度(Y)
Table 1 Dominance (Y) of macrozoobenthos in the sea adjacent to the Yangtze River estuary between June and October, 2012

物种 Species	6月 June	8月 August	10月 October
寡鳃齿吻沙蚕 <i>Nephtys oligobranchia</i>	0.067	0.009	0.007
奇异稚齿虫 <i>Paraprionospio pinnata</i>	0.042	0.019	0.056
四齿欧努菲虫 <i>Onuphis tetradentata</i>	0.035	0.030	0.022
索沙蚕一种 <i>Lumbrineris</i> sp.	0.017	–	–
拟节虫一种 <i>Praxillella</i> sp.	0.013	–	0.007
多丝独毛虫 <i>Tharyx multifilis</i>	0.011	–	0.007
背蚓虫 <i>Notomastus latericeus</i>	0.009	0.012	0.022
锥唇吻沙蚕 <i>Glycera onomichiensis</i>	0.008	0.010	–
独指虫一种 <i>Aricidea</i> sp.	0.007	–	–
稚齿虫 <i>Prionospio pygmaeus</i>	0.007	–	–
日本倍棘蛇尾 <i>Amphioplus japonicus</i>	–	0.011	–
厚蠕虫 <i>Dasybranchus caducus</i>	–	0.010	–
豆形短眼蟹 <i>Xenophthalmus pinnotheroides</i>	–	0.009	–
长叶索沙蚕 <i>Lumbrineris longifolia</i>	–	0.008	0.036
拟特须虫 <i>Paralacydonia paradoxa</i>	–	0.007	–
梨体星虫一种 <i>Apionsoma</i> sp.	–	–	0.114
长吻沙蚕 <i>Glycera chirori</i>	–	–	0.015
岩虫 <i>Marphysa sanguinea</i>	–	–	0.007

粗体表示优势种。
The bold indicates the dominant species.

E附近和东侧的124.5° E (图3a)。丰度最高的站位为K1 (295 ind./m²)。8月平均丰度由高到低依次为多毛类动物(占总丰度的比例为68.1%)、甲壳动物(17.3%)、软体动物(6.1%)、棘皮动物(4.4%)和其他类群(4.1%)。丰度的空间分布与6月类似, 其中最高的站点为M4 (325 ind./m²), 该站捕获较多的是四齿欧努菲虫(135 ind./m²)。10月平均丰度由高到低依次为多毛类动物(占总丰度的比例为56.1%)、其他类群(22.1%)、甲壳动物(11.9%)、软体动物(5.4%)和棘皮动物(4.5%)。丰度分布与6、8月相似, 在调查海域123° E和124.5° E存在高值区。丰度最高的站位为PN2 (550 ind./m²), 该站发现大量的某种梨体星虫和奇异稚齿虫, 其丰度分别为165 ind./m²和75 ind./m²。

2.2.2 生物量

调查海域各航次大型底栖动物的平均生物量为8.6 g/m² (表2)。双因素方差分析表明生物量月份间差异和空间差异均不显著($F_{2, 33} = 0.347$, $P = 0.710$; $F_{1, 33} = 1.200$, $P = 0.281$)。

6月大型底栖动物的平均生物量最低, 为6.6 g/m²。

图3 长江口邻近海域2012年6–10月大型底栖动物的丰度(a)和生物量(b)。●表示6月, ⊕表示8月, ○表示10月。
Fig. 3 The abundance (a) and biomass (b) of macrozoobenthos in the sea adjacent to the Yangtze River estuary between June and October, 2012. ● June; ⊕ August; ○ October.

表2 长江口邻近海域2012年6–10月大型底栖动物主要类群的丰度(ind./m²)和生物量(g/m²)
Table 2 The abundance (ind./m²) and biomass (g/m²) of main macrozoobenthos groups in the sea adjacent to the Yangtze River estuary between June and October, 2012

类群 Group	6月 June		8月 August		10月 October		平均 Average	
	丰度 Abundance	生物量 Biomass	丰度 Abundance	生物量 Biomass	丰度 Abundance	生物量 Biomass	丰度 Abundance	生物量 Biomass
多毛类动物 Polychaeta	100.0	3.9	88.8	4.7	115.7	2.8	101.6	3.8
甲壳动物 Crustacea	13.8	0.9	22.5	5.6	24.6	0.9	20.3	2.5
软体动物 Mollusca	18.1	0.5	7.9	1.1	11.1	0.3	12.4	0.6
棘皮动物 Echinodermata	3.8	0.2	5.8	0.4	9.3	1.6	6.3	0.7
其他类群 Others	4.6	1.1	5.4	0.5	45.7	1.3	18.6	1.0
总计 Total	140.3	6.6	130.4	12.3	206.4	6.9	159.2	8.6

各类群的平均生物量多毛类动物(其占总生物量的比例为59.1%) > 其他类群(16.7%) > 甲壳动物(13.6%) > 软体动物(7.6%) > 棘皮动物(3.0%) (表2)。生物量的空间分布见图3b, 在调查海域西侧和东侧生物量较高。生物量最高的站点为PN2 (29.2 g/m²), 其中岩虫(*Marphysa sanguinea*)的生物量达24.3 g/m²。8月平均生物量最高, 为12.3 g/m², 甲壳动物平均生物量(其占总生物量的比例为45.5%) > 多毛类动物(38.2%) > 软体动物(8.9%) > 其他类群(4.1%) > 棘皮动物(3.3%)。生物量最高的站点仍为PN2 (45.6 g/m²), 该站发现大量毛掌活额寄居蟹(*Diogenes penicillatus*) (24.5 g/m²)。10月平均生物量较低, 为6.9 g/m²。多毛类动物的平均生物量(其占总生物量

的比例为40.6%) > 棘皮动物(23.2%) > 其他类群(18.8%) > 甲壳动物(13.0%) > 软体动物(4.4%)。生物量最高的站位为N3 (23.7 g/m²), 其中一种赛瓜参(*Thyone* sp.)的生物量高达21.1 g/m²。

2.3 多样性

长江口邻近海域大型底栖动物的多样性见表3和表4。从时间上看, 大型底栖动物种类丰富度指数(*d*)和多样性指数(*H'*)从6月到10月均呈增加的趋势(表3), *d*和*H'*最大值均出现在6月的R1站, 分别为6.57和4.33。从空间上看, 远海大型底栖动物的*d*和*H'*均高于近海(表4)。双因素方差分析表明*d*和*H'*的月份间差异和空间差异均不显著(*d*: $F_{2,33} = 0.934$, $P = 0.403$; $F_{1,33} = 0.616$, $P = 0.438$; *H'*: $F_{2,33} = 0.508$, P

表3 长江口邻近海域2012年6–10月大型底栖动物多样性
Table 3 Diversity of macrozoobenthos in the sea adjacent to the Yangtze River estuary between June and October, 2012

		最大值 Max.	最小值 Min.	平均值±标准误 Mean ± SE
<i>d</i>	6月 June	6.57	1.67	3.44 ± 0.42
	8月 August	5.52	1.24	3.60 ± 0.37
	10月 October	5.63	1.82	4.16 ± 0.31
<i>H'</i>	6月 June	4.33	1.79	2.94 ± 0.23
	8月 August	4.01	1.37	3.03 ± 0.22
	10月 October	4.15	1.59	3.29 ± 0.21
<i>J'</i>	6月 June	0.98	0.55	0.86 ± 0.03
	8月 August	1.00	0.72	0.90 ± 0.02
	10月 October	1.00	0.51	0.86 ± 0.03

表4 长江口不同海域大型底栖动物多样性
Table 4 Diversity of macrozoobenthos in the inshore and offshore area off the Yangtze River estuary

		最大值 Max.	最小值 Min.	平均值±标准误 Mean ± SE
<i>d</i>	近海 Inshore	5.71	1.24	3.52 ± 0.36
	远海 Offshore	6.57	1.67	3.89 ± 0.26
<i>H'</i>	近海 Inshore	4.15	1.37	2.91 ± 0.22
	远海 Offshore	4.33	1.59	3.21 ± 0.15
<i>J'</i>	近海 Inshore	1.00	0.51	0.83 ± 0.03
	远海 Offshore	1.00	0.69	0.90 ± 0.02

= 0.607; $F_{1,33} = 1.197$, $P = 0.282$)。从时间上看, 8月大型底栖动物均匀度(J')最高(表3), 但不同月份之间差异不显著($F_{2,33} = 0.862$, $P = 0.432$)。而从空间上看, 远海大型底栖动物均匀度显著高于近海($F_{1,33} = 4.504$, $P = 0.041$)。

2.4 群聚结构分析

对6、8和10月3个月份的大型底栖动物丰度分别进行聚类分析和非参数多维标度排序, 发现在20%的Bray-Curtis相似性水平上, 长江口邻近海域大型底栖动物可以划分为3–4个群聚(图4)。同一群聚内部站位间的相似性水平较低, 均未超过60%。

6月可划分为3个群聚。群聚1包括大部分调查站位(K3、K4、R1、M1、M2、M3、PN3和PN4站), 平均相似性23.9%, 主要贡献种为寡鳃齿吻沙蚕(贡献率50.6%, 下同)。群聚2包括调查海域两端的K1、K5、PN1和M4站, 平均相似性32.0%, 贡献种有寡

鳃齿吻沙蚕(21.1%)、一种拟节虫(*Praxillella* sp.) (21.1%)和一种索沙蚕(*Lumbrineris* sp.) (13.7%)。群聚3仅PN2站。

8月可划分为4个群聚。群聚1由调查海域北部的K1和K4站组成, 平均相似性28.0%, 贡献种为阳遂足科的一种蛇尾(100%)。群聚2包括大部分调查站位(K3、K5、M1、M4、PN2和PN4站), 平均相似性26.7%, 主要贡献种包括日本倍棘蛇尾(*Amphioplus japonicus*) (17.8%)、奇异稚齿虫(16.0%)、锥唇吻沙蚕(*Glycera onomichiensis*) (11.6%)和寡鳃齿吻沙蚕(11.3%)。群聚3包括调查海域中部的M2、M3和PN3站, 平均相似性为28.9%, 贡献种包括羊印度锥头钩虾(*Indischnopus capensis*) (52.2%)和长叶索沙蚕(47.8%)。群聚4仅调查海域西侧的PN1站。

10月也划分为3个群聚。群聚1包括调查海域北部的K3、K4和西侧的PN1站, 平均相似性为27.6%, 贡献种包括寡鳃齿吻沙蚕(38.3%)、长叶索沙蚕(10.4%)、背蚓虫(10.4%)、奇异稚齿虫(10.3%)。群聚2由大部分调查站位(K5、M4、N1、N2、N3、N4、PN2、PN3和PN4)组成, 平均相似性为30.2%, 主要贡献种为一种梨体星虫(20.0%)、奇异稚齿虫(16.4%)和长叶索沙蚕(12.8%)。群聚3包括调查海域中部M2和M3站, 平均相似性为31.2%, 贡献种为中华内卷齿蚕(*Aglaophamus sinensis*) (100%)。

2.5 ABC曲线分析

图5显示了不同月份大型底栖动物的丰度生物量比较曲线(ABC曲线)。由图可知, 6月和8月生物量曲线位于丰度曲线之上, W 值较高, 分别为0.249和0.308, 但生物量曲线起始较低, 优势不明显。这说明大型底栖动物群落受到一定程度的扰动。10月生物量曲线起始位置与丰度曲线几乎相同, W 值较小, 为0.162, 这表明10月长江口邻近海域大型底栖动物群落受到的扰动较6月和8月剧烈。

不同海域大型底栖动物的ABC曲线见图6。可以看出, 近海海域的ABC曲线起始时丰度曲线与生物量曲线距离较近, W 值较小, 为0.177, 表明近海大型底栖动物群落受到的扰动较为剧烈。远海海域的ABC曲线中生物量曲线位于丰度曲线之上, W 值略高, 为0.214, 这表明远海大型底栖动物群落受扰动的程度小于近海。

图4 长江口邻近海域大型底栖动物的等级聚类(a, c, e)和非参数多维标度排序(b, d, f)
Fig. 4 Clustering (a, c, e) and Non-metric Multidimensional Scaling (b, d, f) of macrozoobenthic community in the sea adjacent to the Yangtze River estuary

3 讨论

3.1 种类组成和优势种变化

本研究中3个航次共捕获大型底栖动物181种,其中多毛类动物种类数最多,且不同月份种类数变化较小(图2)。多毛类动物种类数占优势是长江口及其邻近海域大型底栖动物分布的重要特点。吴耀泉和李新正(2003) (1999年5月、2000年11月和2001年5月共3个航次)、李宝泉等(2007) (2002年9月航次)、吴耀泉(2007) (2004年2月、5月、8月和11月)、Shou

等(2013) (2006年7–8月、2006年12月至2007年1月、2007年8月和10–11月共4个航次)和Chao等(2012) (2010年5月、8月、11月和2011年2月共4个航次)等对长江口大型底栖动物的研究都发现多毛类动物种类数最多。

本次调查发现长江口丰水季邻近海域大型底栖动物优势种除了10月份出现的一种梨体星虫外,其余均为多毛类动物(表1),而李宝泉等(2007)、吴耀泉(2007)、Shou等(2013)和Chao等(2012)等均发现

图5 长江口邻近海域2012年6–10月大型底栖动物丰度生物量比较曲线

Fig. 5 Abundance-Biomass Comparison Curves of macrozoobenthos between June and October in the sea adjacent to the Yangtze River estuary between June and October, 2012

图6 长江口不同海域大型底栖动物丰度生物量比较曲线

Fig. 6 Abundance-Biomass Comparison Curves of macrozoobenthos in the inshore and offshore area off Yangtze River estuary

除了多毛类动物, 丰水季大型底栖动物优势种还包括甲壳动物(如豆形短眼蟹(*Xenophthalmus pinnotheroides*))和棘皮动物(如日本倍棘蛇尾)。本研究中多毛类动物成为单一优势种(6月和8月), 可能是由于长江口邻近海域受人类活动干扰加剧, 导致个体较大、生命周期较长的甲壳动物和棘皮动物数量减少, 而个体小、生命周期短的多毛类大量繁殖。

3.2 丰度和生物量

本研究发现长江口邻近海域大型底栖动物丰度和生物量的月份间(6、8和10月)和空间(近海和远海)差异均不显著, 与Shou等(2013)对于丰度和生物量在季节之间以及近海和远海之间(近海122°–123° E, 远海123°–124° E, 与本次调查区域的范围基本一致)差异显著性的统计分析结果一致。

各月份大型底栖动物丰度平均值均明显低于1999–2001年(1999年5月333.24 ind./m², 2000年11月213.08 ind./m², 2001年5月411.91 ind./m²) (吴耀泉和李新正, 2003)、2002年(9月231.5 ind./m²) (李宝泉等, 2007)以及2004年(5、8、11月分别为623.0、309.5、781.7 ind./m²) (吴耀泉, 2007)的调查结果, 表明1999–2012年长江口邻近海域大型底栖动物的平均丰度呈下降的趋势。

各月份大型底栖动物生物量平均值均低于1999–2001年(1999年5月14.04 g/m², 2000年11月25.65 g/m², 2001年5月28.14 g/m²) (吴耀泉和李新正, 2003)、2002年(9月27.66 g/m²) (李宝泉等, 2007)以及2004年(5、8、11月分别为23.4、12.7、19.6 g/m²) (吴耀泉, 2007)的调查结果, 表明长江口邻近海域

大型底栖动物的平均生物量自1999年以来呈下降趋势。

丰度和生物量在空间分布上表现出较强的一致性($P = 0.001$), 且呈现不均匀的特点, 在调查海域东部和西部较高, 而在中部特别是 123.5° – 124° E 范围较低(图3)。李宝泉等(2007)也发现长江口 122° E 以东海域大型底栖动物丰度和生物量的空间分布呈不连续的镶嵌状或斑块状。这种丰度和生物量的不均匀分布可能是不同泥沙沉积底质(细砂、砂–粉砂–粘土、粘土质粉砂、粉砂质粘土)的不均匀分布引起的(杨光复和吴景阳, 1994; 李宝泉等, 2007)。例如, Musale和Desai (2010)在研究印度海岸的多毛类动物分布格局时发现, 多毛类动物的丰度在砂和砂–粉砂底质中较高, 而在粉砂质粘土中较低。Giménez等(2014)也发现沉积物类型是影响乌拉圭河口和滨海潟湖中大型底栖生物丰度变化的主要因素。

3.3 多样性

本次调查的多样性指标 d 和 H' 的月份间和空间差异均不显著, 但从6月到10月以及从近海到远海, d 和 H' 均呈增加的趋势(表3、4)。其中 d 值在不同月份和不同海区的平均值均高于吴耀泉和李新正(2003)、李宝泉等(2007)的调查结果。蔡立哲等(2002)使用以2为底的对数 H' 值来进行环境污染评价, 其中 $H' > 3$ 时表示环境清洁, $2 < H' < 3$ 时表示轻度污染。本研究中6月以及近海的 H' 值分别大于2且小于3, 说明6月和近海环境受到轻度污染, 而8、10月和远海的 H' 值均大于3, 表明环境清洁, 未受到污染。均匀度指数 J' 的月份间差异也不显著, 但是空间上远海显著高于近海($P < 0.05$), 这与李宝泉等(2007)发现 J' 在长江口 123° E 以东海域形成高值分布区的研究结果一致。近海相对于远海更容易受到人为活动的影响, 尤其是河口海岸工程建设以及河口污染物的排放。Shou等(2013)通过研究发现, 人为活动对长江口近海区的影响要大于远海区, 且近海区大型底栖动物逐渐被能够适应环境剧烈变化的物种所取代。人为活动的影响可能是造成本研究中大型底栖动物多样性空间分布差异的重要原因。

3.4 群聚结构和ABC曲线

Cluster分析和NMDS排序表明3个航次中各调查站位之间相似性水平较低(低于60%)。在20%的Bray-Curtis相似性水平上, 长江口邻近海域大型底

栖动物可被划分为3–4个群聚(图4)。各群聚的主要贡献种不同, 但均以多毛类动物居多, 其中6月份主要贡献种全部为多毛类动物, 8月份除了羊印度锥头钩虾、日本倍棘蛇尾和阳遂足科的一种蛇尾, 10月份除了一种梨体星虫, 其余主要贡献种也都是多毛类动物。群聚结构以及各群聚主要贡献种的差异反映了长江口邻近海域底栖环境的复杂多变。多毛类动物机会种能够适应这种复杂多变的环境, 因此成为各群聚的主要贡献种。

ABC曲线由Warwick于1986年首次提出(Warwick, 1986), 是通过比较丰度优势度曲线和生物量优势度曲线来监测干扰对底栖生物群落的影响。底栖生物群落中物种丰度和生物量的相对比例变化造成了ABC曲线的不同特征(Warwick & Clarke, 1994)。目前ABC曲线已被广泛应用于底栖生物群落研究以及渔业资源研究。李宝泉等(2007)和Shou等(2013)分别对2002年和2006–2007年长江口邻近海域大型底栖动物群落进行ABC曲线分析, 均发现距离河口较近的站位(近海区)受到较强的扰动, 而距离较远的站位(远海区)受到的扰动较小, 与本研究结果一致。长江口邻近海域底栖环境复杂多变, 大型底栖动物种类变化较为剧烈。要进一步分析大型底栖动物的变化及其对底栖环境变化的响应, 需要加强调查观测, 同时需要结合温度、盐度、底质类型、溶解氧、叶绿素、重金属含量等物理和化学参数, 将长江口大型底栖动物群落变化与环境变化耦合起来。

参考文献

- Cai LZ, Ma L, Gao Y, Zheng TL, Lin P (2002) Analysis on assessing criterion for polluted situation using species diversity index of marine macrofauna. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 41, 641–646. (in Chinese with English abstract) [蔡立哲, 马丽, 高阳, 郑天凌, 林鹏 (2002) 海洋底栖动物多样性指数污染程度评价标准的分析. *厦门大学学报(自然科学版)*, 41, 641–646.]
- Chao M, Shi YR, Quan WM, Shen XQ, An CG, Yuan Q, Huang HJ (2012) Distribution of benthic macroinvertebrates in relation to environmental variables across the Yangtze River estuary, China. *Journal of Coastal Research*, 28, 1008–1019.
- Giménez L, Venturini N, Kandratavicius N, Hutton M, Lanfranconi A, Rodríguez M, Brugnoli E, Muniz P (2014) Macrofaunal patterns and animal–sediment relationships in Uruguayan, estuaries and coastal lagoons (Atlantic coast of South America). *Journal of Sea Research*, 87, 46–55.

- Labrun C, Grémare A, Amouroux JM, Sardá R, Gil J, Taboada S (2007) Assessment of soft-bottom polychaete assemblages in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on a mesoscale survey. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71, 133–147.
- Li BQ, Li XZ, Wang HF, Wang YQ, Wang JB, Zhang BL (2007) Characters of a macrobenthic community off the Changjiang River estuary. *Acta Zoologica Sinica*, 53, 76–82. (in Chinese with English abstract) [李宝泉, 李新正, 王洪法, 王永强, 王金宝, 张宝琳 (2007) 长江口邻近海域大型底栖动物群落特征. *动物学报*, 53, 76–82.]
- Li JS, Li SF, Ren YP, Cheng JH (2004) Seasonal variety of fishery biology community structure in fishing ground of the Yangtze estuary. *Journal of Fishery Sciences of China*, 11, 432–439. (in Chinese with English abstract) [李建生, 李圣法, 任一平, 程家骅 (2004) 长江口渔场渔业生物群落结构的季节变化. *中国水产科学*, 11, 432–439.]
- Liu LS, Meng W, Tian ZQ, Cai YL (2008) Distribution and variation of macrobenthos from the Changjiang estuary and its adjacent waters. *Acta Ecologica Sinica*, 28, 3027–3034. (in Chinese with English abstract) [刘录三, 孟伟, 田自强, 蔡玉林 (2008) 长江口及毗邻海域大型底栖动物的空间分布与历史演变. *生态学报*, 28, 3027–3034.]
- Lu JR, Lai W, Du NS (1990) Studies on monitoring pollution in the south coast of the Yangtze River estuary by using zoobenthos. *Journal of Ocean University of Qingdao (Natural Science)*, 20(2), 32–44. (in Chinese with English abstract) [卢敬让, 赖伟, 堵南山 (1990) 应用底栖动物监测长江口南岸污染的研究. *青岛海洋大学学报(自然科学版)*, 20(2), 32–44.]
- Musale AS, Desai DV (2011) Distribution and abundance of macrobenthic polychaetes along the South Indian coast. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178, 423–436.
- Shou L, Zeng JN, Liao YB, Xu T, Gao AG, Chen ZQ, Chen QZ, Yang JX (2013) Temporal and spatial variability of benthic macrofauna communities in the Yangtze River estuary and adjacent area. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 16, 31–39.
- Sun YW, Cao L, Qin YT, Wang JH, Cheng XS (2007) Analysis of macrobenthos community structure in the adjacent sea area of Changjiang River estuary. *Marine Science Bulletin*, 26(2), 66–70. (in Chinese with English abstract) [孙亚伟, 曹恋, 秦玉涛, 王金辉, 程祥圣 (2007) 长江口邻近海域大型底栖生物群落结构分析. *海洋通报*, 26(2), 66–70.]
- Tian SY, Yu ZS, Liu XS, Zhang ZN, Lin KX, Liu TZ (2006) Abundance/biomass curves for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Science Bulletin*, 25(1), 92–96. (in Chinese with English abstract) [田胜艳, 于子山, 刘晓收, 张志南, 林岍璇, 刘廷志 (2006) 丰度/生物量比较曲线法监测大型底栖生物群落受污染扰动的研究. *海洋通报*, 25(1), 92–96.]
- Warwick RM (1986) A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*, 92, 557–562.
- Warwick RM, Clarke KR (1994) Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities. *Marine Biology*, 118, 739–744.
- Wu YQ (2007) Fluctuation in abundance of benthic organisms in the Changjiang Mouth during the reservoir time of the Three-Gorges Reservoir. *Marine Environmental Science*, 26(2), 138–141. (in Chinese with English abstract) [吴耀泉 (2007) 三峡库区蓄水期长江口底栖生物数量动态分析. *海洋环境科学*, 26(2), 138–141.]
- Wu YQ, Li XZ (2003) Characteristics of benthonic community in Changjiang River estuary. In: *Transaction of the Chinese Crustacean Society*, No. 4 (ed. Chinese Crustacean Society). Science Press, Beijing. (in Chinese) [吴耀泉, 李新正 (2003) 长江口区底栖生物群落多样性特征. 见: 甲壳动物学论文集第4辑(中国甲壳动物学会编著). 科学出版社, 北京.]
- Xu ZL, Chen YQ (1989) Intensity of dominant species of zooplankton in autumn in the East China Sea and Yellow Sea. *Journal of Ecology*, 8(4), 13–15. (in Chinese with English abstract) [徐兆礼, 陈亚瞿 (1989) 黄东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*, 8(4), 13–15.]
- Yang GF, Wu JY (1994) Sedimentation and geochemistry. In: *The Three Gorges Project and Estuarine Ecology and Environment* (eds Luo BZ, Shen HT). Science Press, Beijing. (in Chinese) [杨光复, 吴景阳 (1994) 沉积与地球化学. 见: 三峡工程与河口生态环境(罗秉征, 沈焕庭编著). 科学出版社, 北京.]
- Zhou H, Zhang ZN (2003) Rationale of the multivariate statistical software PRIMER and its application in benthic community ecology. *Journal of Ocean University of Qingdao (Natural Science)*, 33(1), 58–64. (in Chinese with English abstract) [周红, 张志南 (2003) 大型多元统计软件PRIMER的方法原理及其在底栖群落生态学中的应用. *青岛海洋大学学报(自然科学版)*, 33(1), 58–64.]

(责任编辑: 徐奎栋 责任编辑: 黄祥忠)

附录 Supplementary Material

附录1 长江口邻近海域2012年大型底栖动物物种名录

Appendix 1 Species list of macrozoobenthos in the sea adjacent to the Yangtze River estuary in 2012

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016039-1.pdf>

附录 1 2012 年长江口邻近海域大型底栖动物的物种名录

Appendix 1 Species list of macrozoobenthos in the sea adjacent to the Yangtze River estuary in 2012

科 Family	物种 Species
腔肠动物门 Coelenterata	
沙簪海蛰科 Virgulariidae	沙簪一种 <i>Virgularia</i> sp.
纽形动物门 Nemertinea	
卷曲科 Emplectonematidae	卷曲科一种 Emplectonematidae
环节动物门 Annelida	
缨鳃虫科 Sabellidae	缨鳃虫一种 <i>Sabella</i> sp.
扇毛虫科 Flabelligeridae	肾扇虫一种 <i>Brada</i> sp.
扇毛虫科 Flabelligeridae	孟加拉海扇虫 <i>Pherusa bengalensis</i>
丝鳃虫科 Cirratulidae	刚鳃虫 <i>Chaetozone sefosa</i>
丝鳃虫科 Cirratulidae	多丝独毛虫 <i>Tharyx multifilis</i>
双栉虫科 Ampharetidae	双栉虫 <i>Ampharete acutifrons</i>
双栉虫科 Ampharetidae	沟栉虫 <i>Anobothrus gracilis</i>
双栉虫科 Ampharetidae	纳氏沟栉虫 <i>Anobothrus paleatus</i>
双栉虫科 Ampharetidae	羽栉虫一种 <i>Lysippe</i> sp.
双栉虫科 Ampharetidae	树栉虫 <i>Samytha sexirrata</i>
笔帽虫科 Pectinariidae	壳砂笔帽虫 <i>Pectinaria conchilega</i>
蛭龙介科 Terebellidae	西方似蛭虫 <i>Amaeana occidentalis</i>
蛭龙介科 Terebellidae	吻蛭虫 <i>Artacama proboscidea</i>
蛭龙介科 Terebellidae	树蛭虫 <i>Pista cristata</i>
蛭龙介科 Terebellidae	太平洋树蛭虫 <i>Pista pacifica</i>
毛鳃虫科 Trichobranchidae	梳鳃虫 <i>Terebellides stroemii</i>
海稚虫科 Spionidae	后稚虫 <i>Laonice cirrata</i>
海稚虫科 Spionidae	奇异稚齿虫 <i>Paraprionospio pinnata</i>
海稚虫科 Spionidae	难定才女虫 <i>Polydora pilikia</i>
海稚虫科 Spionidae	才女虫一种 <i>Polydora</i> sp.
海稚虫科 Spionidae	稚齿虫 <i>Prionospio pygmaeus</i>
海稚虫科 Spionidae	马丁海稚虫 <i>Spio martinensis</i>
海稚虫科 Spionidae	海稚虫科一种 Spionidae
长手沙蚕科 Magelonidae	尖叶长手沙蚕 <i>Magelona cincta</i>
长手沙蚕科 Magelonidae	日本长手沙蚕 <i>Magelona japonica</i>
杂毛虫科 Poecilochaetidae	蛇杂毛虫 <i>Poecilochaetus serpens</i>
吻沙蚕科 Glyceridae	长吻沙蚕 <i>Glycera chirori</i>
吻沙蚕科 Glyceridae	锥唇吻沙蚕 <i>Glycera onomichiensis</i>
吻沙蚕科 Glyceridae	吻沙蚕一种 <i>Glycera</i> sp.
角吻沙蚕科 Goniadidae	寡节甘吻沙蚕 <i>Glycinde gurjanovae</i>
角吻沙蚕科 Goniadidae	日本角吻沙蚕 <i>Goniada japonica</i>
多鳞虫科 Polynoidae	覆瓦哈鳞虫 <i>Harmothoe imbricata</i>
多鳞虫科 Polynoidae	哈鳞虫一种 <i>Harmothoe</i> sp.
锡鳞虫科 Sigalionidae	黄海刺梳鳞虫 <i>Ehlersileanira incisa hwanghaiensis</i>
锡鳞虫科 Sigalionidae	三鳞虫一种 <i>Euthalenessa</i> sp.

科 Family	物种 Species
特须虫科 Lacydonidae	拟特须虫 <i>Paralacydonia paradoxa</i>
叶须虫科 Phyllodocidae	中华半突虫 <i>Phyllodocechinensis</i>
叶须虫科 Phyllodocidae	乳突半突虫 <i>Phyllodocepapillosa</i>
齿吻沙蚕科 Nephtyidae	中华内卷齿蚕 <i>Aglaophamus sinensis</i>
齿吻沙蚕科 Nephtyidae	寡鳃齿吻沙蚕 <i>Nephtys oligobranchia</i>
沙蚕科 Nereididae	日本刺沙蚕 <i>Neanthes japonica</i>
沙蚕科 Nereididae	长须沙蚕 <i>Nereis longior</i>
沙蚕科 Nereididae	沙蚕一种 <i>Nereis</i> sp.
沙蚕科 Nereididae	背褶沙蚕 <i>Tambalagamia fauveli</i>
海女虫科 Hesionidae	海女虫科一种 Hesionidae
海女虫科 Hesionidae	双小健足虫 <i>Micropodarke dubia</i>
海女虫科 Hesionidae	狭细蛇潜虫 <i>Ophiodromus angutifrons</i>
白毛虫科 Pilargidae	巴氏钩毛虫 <i>Sigambra bassi</i>
仙虫科 Amphinomidae	秀丽美仙虫 <i>Amphinome pulchra</i>
仙虫科 Amphinomidae	仙虫科一种 Amphinomidae
花索沙蚕科 Arabellidae	丝线沙蚕 <i>Drilonereis filum</i>
索沙蚕科 Lumbrineridae	双唇索沙蚕 <i>Lumbrineris cruzensis</i>
索沙蚕科 Lumbrineridae	异足索沙蚕 <i>Lumbrineris heteropoda</i>
索沙蚕科 Lumbrineridae	圆头索沙蚕 <i>Lumbrineris inflata</i>
索沙蚕科 Lumbrineridae	长叶索沙蚕 <i>Lumbrineris longifolia</i>
索沙蚕科 Lumbrineridae	索沙蚕一种 <i>Lumbrineris</i> sp.
索沙蚕科 Lumbrineridae	掌鳃索沙蚕 <i>Ninoe palmata</i>
矾沙蚕科 Eunicidae	非洲矾沙蚕 <i>Eunice afra</i>
矾沙蚕科 Eunicidae	科地矾沙蚕 <i>Eunice kobeensis</i>
矾沙蚕科 Eunicidae	矾沙蚕一种 <i>Eunice</i> sp.
矾沙蚕科 Eunicidae	扁平岩虫 <i>Marphysa depressa</i>
矾沙蚕科 Eunicidae	岩虫 <i>Marphysa sanguinea</i>
矾沙蚕科 Eunicidae	岩虫一种 <i>Marphysa</i> sp.
矾沙蚕科 Eunicidae	毡毛岩虫 <i>Marphysa stragulum</i>
欧努菲虫科 Onuphidae	四齿欧努菲虫 <i>Onuphis tetradentata</i>
竹节虫科 Maldanidae	五岛短脊虫 <i>Metasychis gotoi</i>
竹节虫科 Maldanidae	太平洋拟节虫 <i>Praxillella pacifica</i>
竹节虫科 Maldanidae	拟节虫一种 <i>Praxillella</i> sp.
小头虫科 Capitellidae	小头虫 <i>Capitella capitata</i>
小头虫科 Capitellidae	厚鳃蚕 <i>Dasybranchus caducus</i>
小头虫科 Capitellidae	丝异须虫 <i>Heteromastus filiformis</i>
小头虫科 Capitellidae	背蚓虫 <i>Notomastus latericeus</i>
海蛹科 Opheliidae	角海蛹 <i>Ophelina acuminata</i>
海蛹科 Opheliidae	紫色臭海蛹 <i>Travisia pupa</i>
锥头虫科 Orbiniidae	膜囊尖锥虫 <i>Scoloplos marsupialis</i>
锥头虫科 Orbiniidae	红刺尖锥虫 <i>Scoloplos rubra</i>
异毛虫科 Paraonidae	独指虫 <i>Aricidea fragilis</i>
异毛虫科 Paraonidae	独指虫一种 <i>Aricidea</i> sp.

科 Family	物种 Species
异毛虫科 Paraonidae	中华异稚虫 <i>Heterospio sinica</i>
异毛虫科 Paraonidae	日本赖氏异毛虫 <i>Levinsenia gracilis japonica</i>
单指虫科 Cossuridae	拟单指虫 <i>Cossurella dimorpha</i>
不倒翁虫科 Sternaspidae	不倒翁虫 <i>Sternaspis scutata</i>
星虫动物门 Sipuncula	
革囊星虫科 Phascolosomatidae	梨体星虫一种 <i>Apionsoma</i> sp.
革囊星虫科 Phascolosomatidae	毛头梨体星虫 <i>Apionsoma trichocephala</i>
戈芬星虫科 Golfingiidae	黑色纓心星虫 <i>Thysanocardia nigra</i>
管体星虫科 Sipunculidae	裸体方格星虫 <i>Sipunculus nudus</i>
管体星虫科 Sipunculidae	管体星虫科一种 Sipunculidae
软体动物门 Mollusca	
顶管角贝科 Episiphonidae	胶州湾顶管角贝 <i>Episiphon kaochowwanense</i>
帆螺科 Calyptraeidae	扁平管帽螺 <i>Siphopatella walshi</i>
光螺科 Eulimidae	双带瓷光螺 <i>Eulima bifascialis</i>
光螺科 Eulimidae	马丽亚瓷光螺 <i>Eulima maria</i>
织纹螺科 Nassariidae	西格织纹螺 <i>Nassarius siquijorensis</i>
织纹螺科 Nassariidae	织纹螺一种 <i>Nassarius</i> sp.
塔螺科 Turridae	假主棒螺 <i>Crassispira pseudoprincipilis</i>
笋螺科 Terebridae	白带双层螺 <i>Duplicaria dussumierii</i>
笋螺科 Terebridae	笋螺一种(幼体) <i>Terebra</i> sp. (juvenile)
三叉螺科 Cylichnidae	圆筒原盒螺 <i>Cylichna biplicata</i>
壳蛞蝓科 Philinidae	壳蛞蝓一种 <i>Philine</i> sp.
胡桃蛤科 Nuculidae	豆形胡桃蛤 <i>Nucula faba</i>
胡桃蛤科 Nuculidae	胡桃蛤一种(幼体) <i>Nucula</i> sp. (juvenile)
吻状蛤科 Nuculanidae	薄云母蛤 <i>Yoldia similis</i>
蚶科 Arcidae	内褶拟蚶 <i>Arcopsis interplicata</i>
蹄蛤科 Ungulinidae	津知圆蛤 <i>Cycladicama tsuchi</i>
蛤蜊科 Mactridae	秀丽波纹蛤 <i>Raetellops pulchella</i>
樱蛤科 Tellinidae	河口楔樱蛤 <i>Cadella delta</i>
樱蛤科 Tellinidae	江户明樱蛤 <i>Moerella jedomensis</i>
樱蛤科 Tellinidae	西村明樱蛤 <i>Moerella nishimurai</i>
樱蛤科 Tellinidae	虹光亮樱蛤 <i>Nitidotellina iridella</i>
樱蛤科 Tellinidae	亮樱蛤一种 <i>Nitidotellina</i> sp.
樱蛤科 Tellinidae	胖樱蛤一种 <i>Pinguitellina</i> sp.
双带蛤科 Semelidae	阿布蛤一种 <i>Abrina</i> sp.
刀蛳科 Cultellidae	小刀蛳 <i>Cultellus attenuatus</i>
帘蛤科 Veneridae	三角凸卵蛤 <i>Pelecypora trigona</i>
篮蛤科 Corbulidae	厚异篮蛤 <i>Anisocorbula crassa</i>
篮蛤科 Corbulidae	异篮蛤一种 <i>Anisocorbula</i> sp.
色雷西蛤科 Thracidae	金星蝶铰蛤 <i>Trigonothracia jinxingae</i>
双壳纲 Bivalvia	双壳纲一种(幼体) Bivalvia (juvenile)
章鱼科 Octopidae	长蛸 <i>Octopus variabilis</i>
节肢动物门 Arthropoda	

科 Family	物种 Species
虾蛄科 Squillidae	口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>
虾蛄科 Squillidae	虾蛄科一种(幼体) Squillidae (juvenile)
长尾虫科 Apseudidae	长尾虫一种 <i>Apseudes</i> sp.
针尾涟虫科 Diastylidae	三叶针尾涟虫 <i>Diastylis tricineta</i>
双眼钩虾科 Ampeliscidae	博氏双眼钩虾 <i>Ampelisca bocki</i>
双眼钩虾科 Ampeliscidae	三崎双眼钩虾 <i>Ampelisca misakiensis</i>
双眼钩虾科 Ampeliscidae	双眼钩虾一种 <i>Ampelisca</i> sp.
螺赢蜚科 Corophiidae	日本大螯蜚 <i>Grandierella japonica</i>
螺赢蜚科 Corophiidae	寒亮钩虾 <i>Photis renihardi</i>
螺赢蜚科 Corophiidae	中国亮钩虾 <i>Photis sinensis</i>
螺赢蜚科 Corophiidae	中华螺赢蜚 <i>Sinocorophium sinence</i>
螺赢蜚科 Corophiidae	华螺赢蜚一种 <i>Sinocorophium</i> sp.
利尔钩虾科 Lijeborgiidae	弯指铲钩虾 <i>Listriella curvidactyla</i>
马尔他钩虾科 Melitidae	缺刻毛钩虾 <i>Eriopisa incisa</i>
马尔他钩虾科 Melitidae	毛钩虾一种 <i>Eriopisa</i> sp.
马尔他钩虾科 Melitidae	塞切尔泥钩虾 <i>Eriopisella sechellensis</i>
尖头钩虾科 Phoxocephalidae	沟额湿尖头钩虾 <i>Mandibulophoxus uncistrostratus</i>
尖头钩虾科 Phoxocephalidae	滩拟猛钩虾 <i>Harpiniopsis vadiculus</i>
锥头钩虾科 Platyschnopidae	羊印度锥头钩虾 <i>Indischnopus capensis</i>
尾钩虾科 Urothoidae	尾钩虾科一种 Urothoidae
拟背水虱科 Paranthuridae	日本拟背水虱 <i>Paranthura japonica</i>
浪漂水虱科 Cirolanidae	日本游泳水虱 <i>Natatolana japonensis</i>
对虾科 Penaeidae	对虾科一种(幼体) Penaeidae (juvenile)
鼓虾科 Alpheidae	鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>
鼓虾科 Alpheidae	日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>
长臂虾科 Palaemonidae	葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>
长臂虾科 Palaemonidae	锯齿长臂虾 <i>Palaemon serrifer</i>
长眼虾科 Ogyrididae	东方长眼虾 <i>Ogyrides orientalis</i>
玻璃虾科 Pasiphaeidae	尖尾细螯虾 <i>Leptochela aculeocaudata</i>
玻璃虾科 Pasiphaeidae	细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>
玻璃虾科 Pasiphaeidae	海南细螯虾 <i>Leptochela sydniensis</i>
玻璃虾科 Pasiphaeidae	细螯虾一种 <i>Leptochela</i> sp.
美人虾科 Callinassidae	美人虾一种 <i>Callianassa</i> sp.1
美人虾科 Callinassidae	美人虾一种 <i>Callianassa</i> sp.2
管须蟹科 Albuneidae	东方管须蟹 <i>Albunea symnista</i>
瓷蟹科 Porcellanidae	瓷蟹科一种(幼体) Porcellanidae (juvenile)
活额寄居蟹科 Diogenidae	艾氏活额寄居蟹 <i>Diogenes edwardsii</i>
活额寄居蟹科 Diogenidae	毛掌活额寄居蟹 <i>Diogenes penicillatus</i>
活额寄居蟹科 Diogenidae	活额寄居蟹一种 <i>Diogenes</i> sp.
掘沙蟹科 Scalopidiidae	掘沙蟹一种 <i>Scalopidia</i> sp.
掘沙蟹科 Scalopidiidae	刺足掘沙蟹 <i>Scalopidia spinosipes</i>
六足蟹科 Hexapodidae	颗粒仿六足蟹 <i>Hexapinus granuliferus</i>
毛刺蟹科 Pilmunidae	穆氏仿短眼蟹 <i>Xenophthalmodes morsei</i>

科 Family	物种 Species
梭子蟹科 Portonidae	双斑蟳 <i>Charybdis bimaculata</i>
梭子蟹科 Portonidae	梭子蟹一种(幼体) <i>Portunus</i> sp.(juvenile)
豆蟹科 Pinnotheridae	豆形短眼蟹 <i>Xenophthalmus pinnotheroides</i>
棘皮动物门 Echinodermata	
阳遂足科 Amphiuridae	三齿蛇尾一种 <i>Amphiodia</i> sp.
阳遂足科 Amphiuridae	日本倍棘蛇尾 <i>Amphioplus japonicus</i>
阳遂足科 Amphiuridae	光亮倍棘蛇尾 <i>Amphioplus lucidus</i>
阳遂足科 Amphiuridae	中华倍棘蛇尾 <i>Amphioplus sinicus</i>
阳遂足科 Amphiuridae	倍棘蛇尾一种 <i>Amphioplus</i> sp.
阳遂足科 Amphiuridae	小指阳遂足 <i>Amphiura digitula</i>
阳遂足科 Amphiuridae	滩栖阳遂足 <i>Amphiura vadicola</i>
阳遂足科 Amphiuridae	阳遂足科一种(幼体) Amphiuridae (juvenile)
真蛇尾科 Ophiuridae	真蛇尾科一种(幼体) Ophiuridae (juvenile)
饼干海胆科 Laganidae	饼干海胆一种 <i>Laganum</i> sp.
沙鸡子科 Phylloporidae	赛瓜参一种 <i>Thyone</i> sp.
脊椎动物门 Vertebrata	
蛇鳎科 Ophichthyidae	尖吻蛇鳎 <i>Ophichthus apicalis</i>
虾虎鱼科 Gobiidae	虾虎鱼科一种(幼体) Gobiidae (juvenile)
虾虎鱼科 Gobiidae	六丝矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>
虾虎鱼科 Gobiidae	红狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>