

# 长江口及邻近海域大型无脊椎动物数量分布 及其与环境因子的关系

吴 强 王 俊 袁 伟 金显仕\*

(农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 山东省渔业资源与生态环境重点实验室  
中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

**摘 要** 根据 2006 年 6、8、10 月长江口及邻近海域缺氧区底拖网定点捕捞调查资料, 分析了长江口及邻近海域大型无脊椎动物群落结构组成及数量分布。结果表明, 长江口大型无脊椎动物种类共 49 种, 隶属 2 纲 5 目 25 科 37 属; 生物量组成以蟹类为主, 占大型无脊椎动物总生物量的 58.20%; 个体数密度组成以虾类为主, 占大型无脊椎动物总密度的 92.41%; 不同航次大型无脊椎动物生物量分布变化较大, 个体数密度分布与水温、盐度、水深、pH 及溶解氧等单因子相关性均不显著, 但受水温及盐度影响相对较大。

**关键词** 长江口 大型无脊椎动物 数量分布 环境因子

**中图分类号** S932.8 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)05-0010-07

## Relationship between distribution of macroinvertebrate and environmental factors in the Changjiang River estuary and its adjacent waters

WU Qiang WANG Jun YUAN Wei JIN Xian-shi\*

(Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture,  
Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Ecological Environment,  
Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

**ABSTRACT** Based on the data from bottom trawl surveys in June, August, and October, 2006, the structure and distribution of macroinvertebrate resources in the Changjiang River estuary and its adjacent waters were analyzed. Totally 49 species of macroinvertebrate were caught, belonging to 2 classes, 5 orders, 25 families, and 37 genus. Crabs accounted for 58.20% in biomass, and shrimps accounted for 92.41% in individual number. Biomass distribution of macroinvertebrate differed by survey time. The relationship was not significant between the density distribution and single environmental factor, such as water temperature, salinity, water depth, pH, dissolved oxygen *etc.* Relatively, water temperature and salinity have more influence on the density distribution

973 项目(2011CB409805)、全球变化研究重大科学研究计划项目(2010CB951204)和山东省泰山学者工程专项共同资助

\* 通讯作者。E-mail: jin@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2010-12-30; 接受日期: 2011-03-31

作者简介: 吴 强(1980-), 男, 助理研究员, 主要从事渔业资源及生态研究。E-mail: wuqiang@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85836344

of macroinvertebrate than other environmental factors.

**KEY WORDS** Changjiang River estuary Macroinvertebrate Distribution  
Environmental factors

长江口及邻近水域因受长江径流的影响,具有典型的河口生态特征,是多种经济鱼虾类的产卵场和索饵场,也是重要的洄游通道(李建生等 2006)。自20世纪80年代发现长江口夏季存在低氧区以来,国内学者便开展了对此区域的渔业生物群落(李圣法等 2006;张衡等 2008)及环境(朱鑫华等 2002;纪焕红等 2006;张莹莹等 2007;刘录三等 2008)的研究。作为河口生态系统生物链的重要环节,大型无脊椎动物也是长江口生物群落的重要组成部分。国内学者曾对渤海(邓景耀等 1988;吴耀泉 1995)及黄海(程济生 2005)的无脊椎动物资源做了研究,针对长江口大型无脊椎动物的渔业研究相对较少。作者曾对长江口及邻近海域大型无脊椎动物群落及其生物多样性作了研究(吴强等 2009),在此基础上,本研究对该海域大型无脊椎动物的群落结构做了进一步分析,并探讨了大型无脊椎动物数量分布及其与环境因子的关系,以期加深对长江口大型无脊椎动物群落的认识,并为合理开发和保护渔业资源提供基础资料。

## 1 材料与方法

材料来自2006年在长江口及其邻近海域 $122^{\circ}\sim 125^{\circ}\text{E}$ 、 $27.5^{\circ}\sim 34^{\circ}\text{N}$ 范围内进行的3个航次的底拖网定点调查,预设站位总计34个(图1),6月航次调查有效站位共19个,8月调查有效站位共28个,10月调查有效站位共29个。本研究中,2006年6、8、10月3航次调查分别以200606、200608、200610表示。

调查船为“北斗”号海洋科学调查船,底拖网网口 $836\text{目}\times 20\text{cm}$ ,囊网网目 $24\text{mm}$ ,网口高度为 $6.1\sim 8.3\text{m}$ ,网口宽度为 $24.5\sim 25.9\text{m}$ ,拖速 $3.0\sim 3.2\text{n mile/h}$ ,每站拖网 $0.5\sim 1\text{h}$ ,将渔获物中的大型无脊椎动物鉴定种类,并记录各种类生物量及个体数密度,渔获率按每小时统计。采用Sea-Bird CTD仪器测定水温、盐度、水深及溶解氧等环境数据,由于大部分无脊椎动物栖息于水体底层,故本研究采用底层数据。

调查站位图及无脊椎动物生物量分布图利用Surfer 8.0软件绘制,累积优势度曲线图利用多元统计软件Primer 5.0绘制,无脊椎动物数量分布与环境因子的关系利用SPSS软件中的Spearman相关系数进行分析。

## 2 结果

### 2.1 种类组成

2006年3个航次捕获大型无脊椎动物种类共49种,隶属2纲5目25科37属(表1)。其中,虾类19种,占38.8%,蟹类18种,占36.7%,头足类11种,占22.4%,口足目仅口虾蛄1种,占2.0%。

### 2.2 群落结构特征

2006年3个航次累计采样站位74个,共捕获大型无脊椎动物 $2\,232.28\text{kg}$ 、 $1\,037\,641\text{ind}$ ,平均相对生物量为 $30.12\text{kg/h}$ ,平均相对个体数密度为 $14\,022\text{ind/h}$ ,平均个体重量为 $2.15\text{g/ind}$ 。不同月份长江口及邻近海

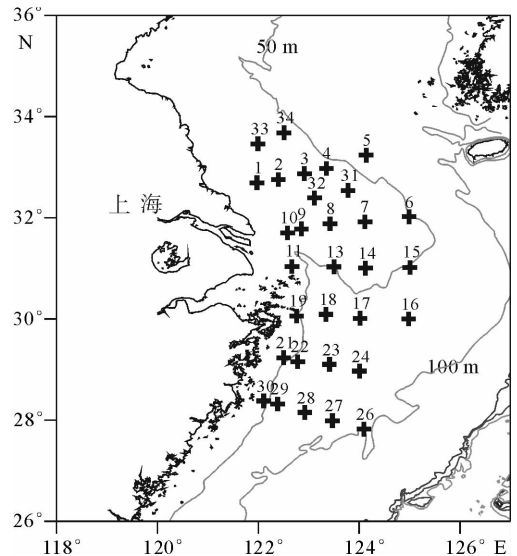


图1 长江口及邻近海域调查取样站位  
Fig.1 Sampling stations in the Changjiang River estuary and its adjacent waters

表1 长江口及邻近海域无脊椎动物种类组成

Table 1 Composition of macroinvertebrate species in the Changjiang River estuary and its adjacent waters

头足纲 Cephalopoda		
枪形目 Enoploteuthidae		
武装乌贼科 Enoploteuthidae		
	钩腕乌贼属 <i>Abralia</i>	多钩钩腕乌贼 <i>Abralia multihamata</i>
柔鱼科 Ommastrephidae		
	褶柔鱼属 <i>Todarodes</i>	太平洋褶柔鱼 <i>Todarodes pacificus</i>
枪乌贼科 Loliginidae		
	枪乌贼属 <i>Loligo</i>	剑尖枪乌贼 <i>Loligo edulis</i> 日本枪乌贼 <i>Loligo japonica</i> 火枪乌贼 <i>Loligo beka</i>
乌贼目 Sepioidea		
耳乌贼科 Sepiolidae		
	耳乌贼属 <i>Sepiola</i>	双喙耳乌贼 <i>Sepiola birostrat</i>
	四盘耳乌贼属 <i>Euprymna</i>	毛氏四盘耳乌贼 <i>Euprymna morsei</i>
乌贼科 Sepiidae		
	无针乌贼属 <i>Sepiella</i>	曼氏无针乌贼 <i>Sepiella maindroni</i>
	乌贼属 <i>Sepia</i>	罗氏乌贼 <i>Sepia robsoni</i>
八腕目 Octopoda		
章鱼科 Octopodidae		
	蛸属 <i>Octopus</i>	长蛸 <i>Octopus variabilis</i> 短蛸 <i>Octopus ocellatus</i>
甲壳纲 Crustacean		
十足目 Decapoda		
对虾科 Penaeidae		
	囊对虾属 <i>Marsupenaeus</i>	日本囊对虾 <i>Marsupenaeus japonicus</i>
	对虾属 <i>Penaeus</i>	斑节对虾 <i>Penaeus monodon</i>
	新对虾属 <i>Metapenaeus</i>	周氏新对虾 <i>Metapenaeus joyneri</i>
	糙对虾属 <i>Trachypenaeus</i>	鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>
	仿对虾属 <i>Parapenaeopsis</i>	哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i> 细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i> 刀额仿对虾 <i>Parapenaeopsis cultrirostris</i>
	赤虾属 <i>Metapenaeopsis</i>	戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dalei</i>
	管鞭虾属 <i>Solenocera</i>	中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>
樱虾科 Sergestidae		
	毛虾属 <i>Acetes</i>	中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>
玻璃虾科 Pasiphaeidae		
	细螯虾属 <i>Leptochela</i>	细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>
海螯虾科 Nephropsidae		
	海螯虾属 <i>Nephrops</i>	红斑海螯虾 <i>Nephrops thompsoni</i>
鼓虾科 Alpheidae		
	鼓虾属 <i>Alpheus</i>	鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i> 日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>
藻虾科 Hippolytidae		
	宽额虾属 <i>Latreutes</i>	海蜇虾 <i>Latreutes anoplonyx</i>
	安乐虾属 <i>Eualus</i>	中华安乐虾 <i>Eualus sinensis</i>
长臂虾科 Palaemonidae		
	长臂虾属 <i>Palaemon</i>	葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>
长额虾科 Pandalidae		
	红虾属 <i>Plesionika</i>	东海红虾 <i>Plesionika izumiae</i>
褐虾科 Crangonidae		
	褐虾属 <i>Crangon</i>	脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>
寄居蟹科 Paguridae		
	寄居蟹属 <i>Brachyura</i>	寄居蟹* <i>Paguridae</i> spp.

续表 1

关公蟹科 Dorippidae		
关公蟹属 <i>Dorippe</i>		日本关公蟹 <i>Dorippe japonica</i>
馒头蟹科 Calappidae		
黎明蟹属 <i>Matuta</i>		红线黎明蟹 <i>Matuta lunaris</i>
梭子蟹科 Portunidae		
圆趾蟹属 <i>Ovalipes</i>		细点圆趾蟹 <i>Ovalipes punctatus</i>
梭子蟹属 <i>Portunus</i>		三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>
		红星梭子蟹 <i>Portunus sanguinolentus</i>
蜉属 <i>Charybdis</i>		日本蜉 <i>Charybdis japonica</i>
		斑纹蜉 <i>Charybdis feriata</i>
		武士蜉 <i>Charybdis miles</i>
双斑蜉 <i>Charybdis bimaculata</i>		
黄道蟹科 Cancridae		
黄道蟹属 <i>Cancer</i>		矮小黄道蟹 <i>Cancer pygmaeus</i>
假面蟹科 Crystidae		
琼娜蟹属 <i>Jonas</i>		显著琼娜蟹 <i>Jonas distincta</i>
栗壳蟹属 <i>Arcania</i>		十一刺栗壳蟹 <i>Arcania undecimspinosa</i>
蜘蛛蟹科 Majidae		
突眼蟹属 <i>Oregonia</i>		枯瘦突眼蟹 <i>Oregonia gracilis</i>
互敬蟹属 <i>Hyastenus</i>		慈母互敬蟹 <i>Hyastenus pleione</i>
长脚蟹科 Goneplacidae		
隆背蟹属 <i>Carcinoplax</i>		泥脚隆背蟹 <i>Carcinoplax vestita</i>
		长手隆背蟹 <i>Carcinoplax longimana</i>
豆蟹科 Pinnotheridae		
豆蟹属 <i>Pinnotheres</i>		豆蟹* <i>Pinnotheres</i> sp.
口足目 Stomatopoda		
虾蛄科 Squillidae		
口虾蛄属 <i>Oratosquilla</i>		口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>

注: \* . 未鉴定到种

Note: \* . Not classified to species

域大型无脊椎动物群落结构变化明显。捕获种类数以 10 月最高,为 39 种,8 月最低,为 35 种;平均相对生物量以 8 月最高,为 36.61 kg/h,6 月最低,为 18.91 kg/h;平均相对个体数密度以 6 月最高,为 28 967 ind/h,10 月最低,为 6 848 ind/h;平均个体生物量以 10 月最高,为 4.59 g/ind,6 月最低,为 0.65 g/ind。

表 2 列出了 3 个航次大型无脊椎动物生物量及个体数密度组成。综合 3 次调查,相对生物量组成以蟹类居主导地位,占大型无脊椎动物总生物量的 58.2%,虾类和头足类分别占 24.6%、6.3%,口虾蛄占 10.9%;相对个体数密度组成以虾类居主导地位,占大型无脊椎动物总密度的 90.1%,蟹类和头足类分别占 6.4%和 1.2%,口虾蛄占 2.3%。从不同月份看,6 月,蟹类在生物量组成中比例最高,占总生物量的 77.3%,虾类在个体数密度组成中占绝对优势,占总密度的 98.3%;8 月,蟹类在生物量组成中比例最高,为 44.4%,其次为虾

表 2 长江口及邻近海域大型无脊椎动物生物量与个体数密度组成

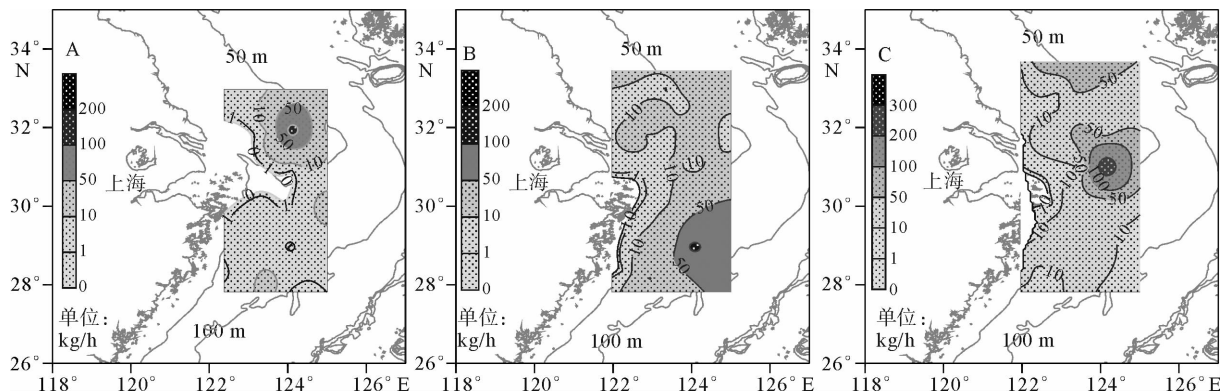
Table 2 Composition of biomass percentage and density percentage of macroinvertebrate in the Changjiang River estuary and its adjacent waters

时间(年-月) Year-Month	虾类 Shrimps		蟹类 Crabs		头足类 Squids		口虾蛄 Squillas	
	生物量百分比 Biomass Percentage	密度百分比 Density Percentage	生物量百分比 Biomass Percentage	密度百分比 Density Percentage	生物量百分比 Biomass Percentage	密度百分比 Density Percentage	生物量百分比 Biomass Percentage	密度百分比 Density Percentage
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
2006-06	15.7	98.3	77.3	1.3	4.2	0.2	2.8	0.2
2006-08	37.9	87.8	44.4	9.3	10.6	2.0	7.0	0.1
2006-10	18.4	66.4	62.1	18.6	4.1	3.2	15.3	11.8
平均 Average	24.6	90.1	58.2	6.4	6.3	1.2	10.9	2.3

类,占37.9%;密度组成中仍以虾类居主导地位,占总密度的87.8%;10月,蟹类在生物量组成中比例最高,为62.1%,密度组成中则仍以虾类最高,为总密度的66.4%。

### 2.3 数量分布的变化

作者曾利用每小时捕获个体数分析了长江口及邻近海域大型无脊椎动物的密度分布(吴强等 2009),但个体数无法反映出不同大小个体对整个群落贡献的差异,因此本研究根据拖网每小时捕获的生物量,分析了3个航次调查中大型无脊椎动物群落的空间分布,结果见图2。6月,长江口大型无脊椎动物平均生物量较低,调查区域的东北部生物量最高,东南部生物量最低;8月,长江口大型无脊椎动物平均生物量相对较高,以调查区域东南部生物量最高,西部生物量最低;10月,长江口大型无脊椎动物平均生物量较高,调查区域的中东部及北部平均生物量最高,东南部生物量较低。



A. 6月;B. 8月;C. 10月

A. June; B. August; C. October

图2 长江口及邻近海域大型无脊椎动物生物量分布

Fig. 2 Biomass distribution of macroinvertebrate in the Changjiang River estuary and its adjacent waters

### 2.4 累积优势度

累积优势度曲线可以显示出优势种对整个群落的贡献(Clarke *et al.* 2001)。图3为200606、200608、200610 3个航次大型无脊椎动物生物量累积优势度曲线。6月,细点圆趾蟹在生物量组成中占主导地位,单种生物量占总生物量的64.42%,其次为双斑蜆,占总生物量的7.67%,中华安乐虾排第3位,占5.62%,前10个种类生物量之和占总生物量的93.87%;8月,未发现绝对优势种类,双斑蜆生物量最高,占总生物量的21.54%,其次是鹰爪虾,占总生物量的14.30%,中华管鞭虾排第3位,占总生物量的10.34%,前10个种类生物量之和占总生物量的90.64%;10月,三疣梭子蟹在生物量组成中占主导地位,单种生物量占总生物量的51.99%,其次是口虾蛄,占总生物量的15.28%,中华管鞭虾排第3位,占总生物量的5.64%,前10个种类生物量之和占总生物量的91.74%。

图4为200606、200608、200610 3个航次大型无脊椎动物个体数密度累积优势度曲线。6月,双斑蜆在密度组成中占主导地位,单种密度占大型无脊椎动物总密度的62.77%,其次是中华管鞭虾,占总密度的16.59%,哈氏仿对虾排第3位,占总密度的8.35%,前10个种类密度之和占总密度的99.18%;8月,中国毛虾在密度组成中占主导地位,单种密度占总密度的59.22%,其次是脊腹褐虾,占总密度的8.32%,双斑蜆排第3位,占总密度的7.89%,前10个种类密度之和占总密度的97.34%;10月,未发现绝对优势种,中国毛虾数量最多,占总密度的29.05%,其次双斑蜆占12.65%,口虾蛄占11.77%,前10个种类密度之和占总密度的86.78%。

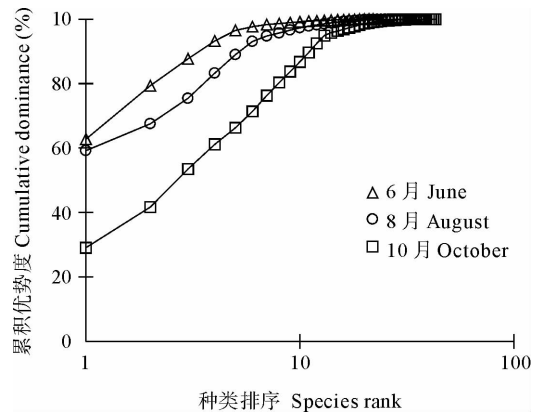
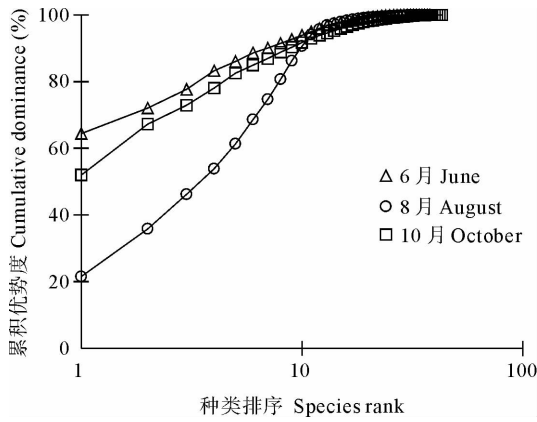


图 3 长江口及邻近海域大型无脊椎动物生物量累积优势度  
Fig. 3 Biomass cumulative dominance of macroinvertebrate in the Changjiang River estuary and its adjacent waters

图 4 长江口及邻近海域大型无脊椎动物个体数密度累积优势度  
Fig. 4 Density cumulative dominance of macroinvertebrate in the Changjiang River estuary and its adjacent waters

### 2.5 数量分布与环境因子的关系

根据 3 个航次各站位大型无脊椎动物个体数密度与环境因子数据,利用 SPSS 软件中的 Correlate 程序分析了大型无脊椎动物个体数密度与水温 T、盐度 Sal、水深 Dep、pH、溶解氧 DO、溶解碳 DOC、锶 Si、氨 NH<sub>3</sub>、亚硝酸盐 NO<sub>2</sub>、硝酸盐 NO<sub>3</sub>及有机磷 P 11 种环境单因子的相关性,并采用双尾检测法检测其显著性。结果显示,200606 航次大型无脊椎动物的个体数密度与各环境因子的相关性均不显著( $P>0.05$ );200608 航次大型无脊椎动物个体数密度与有机磷 P 相关性极显著( $P<0.01$ ),与其他环境因子的相关性均不显著( $P>0.05$ );200610 航次大型无脊椎动物个体数密度与各环境因子的相关性均不显著( $P>0.05$ )。表 3 列出了与大型无脊椎动物密度相关性较大(前 5 位)环境因子的 Spearman 相关系数  $r$  值及显著性参数  $P$  值。由表 3 可以看出,温度 T 及盐度 Sal 对 3 个航次中大型无脊椎动物的密度分布影响相对较大且较稳定。

表 3 长江口及邻近海域大型无脊椎动物个体数密度与环境因子的相关性(Spearman 相关)

Table 3 Correlation between density of macroinvertebrate and environmental factors in the Yangtze River estuary and its adjacent waters

时间(年-月)(Year-Month) 2006-06		时间(年-月)(Year-Month) 2006-08		时间(年-月)(Year-Month) 2006-10	
环境因子 Environmental factors	相关性 Correlation coefficient	环境因子 Environmental factors	相关性 Correlation coefficient	环境因子 Environmental factors	相关性 Correlation coefficient
盐度 Salinity	$r = -0.343, P = 0.252$	有机磷 P	$r = 0.548^{**}, P = 0.003$	水温 T	$r = 0.344, P = 0.079$
水深 Depth	$r = -0.302, P = 0.317$	锶 Si	$r = 0.423, P = 0.025$	水深 Depth	$r = -0.250, P = 0.208$
氨 NH <sub>3</sub>	$r = 0.298, P = 0.322$	水温 T	$r = -0.371, P = 0.052$	pH	$r = 0.250, P = 0.208$
溶解氧 DO	$r = 0.276, P = 0.361$	盐度 Salinity	$r = 0.338, P = 0.079$	盐度 Salinity	$r = -0.145, P = 0.471$
水温 T	$r = -0.199, P = 0.515$	硝酸盐 NO <sub>3</sub>	$r = 0.280, P = 0.149$	硝酸盐 NO <sub>3</sub>	$r = -0.145, P = 0.471$

\*\* : 显著相关      \*\* : Statistically significant correlation

利用 Primer 软件中的 Relate 程序分析了 3 个航次大型无脊椎动物个体数密度与 11 种环境因子组合的相关性,结果见表 4。200606 航次大型无脊椎动物个体数密度与环境因子组合的相关性极显著( $P<0.01$ ),200608 及 200610 航次大型无脊椎动物个体数密度与环境因子组合的相关性均不显著( $P>0.05$ )。

表 4 长江口及邻近海域大型无脊椎动物个体数密度与环境因子组合的相关性

Table 4 Relationship between density of macroinvertebrate and environmental factors in the Changjiang River estuary and its adjacent waters

200606	200608	200610
11 种环境因子 All environmental factors	11 种环境因子 All environmental factors	11 种环境因子 All environmental factors
$\rho = 0.761, P = 0.001^{**}$	$\rho = 0.118, P = 0.053$	$\rho = 0.074, P = 0.132$

\*\* : 显著相关      \*\* : Statistically significant correlation

### 3 讨论

#### 3.1 关于累积优势度

根据3个航次生物量累积优势度曲线可知,6、10月都存在生物量绝对优势种类,即6月细点圆趾蟹和10月三疣梭子蟹的单种生物量比例都超过50%,导致累积优势度曲线上升较慢,另一方面也反映出其余种类生物量相对较低,对整个群落的贡献较小;8月未出现生物量绝对优势种,单种生物量最大贡献值为双斑蛭(21.54%),其次是鹰爪虾(14.30%),相对6、10月,8月生物量前10位种类所占比例相对接近,即8月长江口大型无脊椎动物种类间生物量分布相对均衡。

与生物量累积优势度曲线相比,6月个体数密度累积优势度曲线上升趋势变化不大,表明大型无脊椎动物各种类生物量及密度比例趋势一致,生物量比例同时反映出密度比例;与生物量累积优势度曲线相比,8月个体数密度累积优势度曲线变化较大,出现明显密度绝对优势种,即中国毛虾的密度占总密度的59.22%,中国毛虾密度高但生物量相对较低的特点是8月生物量曲线与密度曲线差别较大的主要原因。中国毛虾在10月的密度同样较高,与相对较低的生物量比例(0.66%)相比,其密度比例(29.05%)明显增高,同时生物量组成中占主导地位(51.99%)的三疣梭子蟹,其密度比例仅为(11.67%),中国毛虾及三疣梭子蟹生物量比例与密度比例的巨大反差是10月密度累积优势度曲线与生物量累积优势度曲线相差较大的主要原因。

#### 3.2 大型无脊椎动物密度与环境因子的关系

国内学者王延明等(2008)曾对长江口鱼类浮游生物群落与非生物环境因素的相关关系作了研究,发现长江口季节性低氧区的存在并不会完全破坏低氧区底栖生态系统,与此结果一致,本次调查除200608航次大型无脊椎动物个体数密度与有机磷P的相关性极显著外,长江口大型无脊椎动物个体数密度与其他非生物环境因子的相关性均不显著。综合3次调查,由表3中各航次大型无脊椎动物个体数密度与环境因子的相关性数值可知,水温及盐度为影响大型无脊椎动物密度最明显且稳定的环境因子,这与此前对长江口鱼类(张衡等2008)及头足类(李圣法等2006)与环境因子相关性研究的结果一致。200608航次出现的大型无脊椎动物密度与有机磷P的相关性极显著,以前未有报道,有待进一步研究。

长江口季节性低氧区很早就被国内学者发现(顾宏堪1980; Limeburner *et al.* 1983),2006年8月,长江口低氧区集中在长江口北部(张莹莹等2007),本次调查发现2006年8月大型无脊椎动物密度适中,说明低氧环境未对大型无脊椎动物的分布造成较大影响。这与王延明等(2008)对大型底栖动物与低氧环境关系的研究结果一致。

### 参 考 文 献

- 王延明,李道季,方涛,刘志刚,何松琴. 2008. 长江口及邻近海域底栖生物分布与低氧区的关系研究. 海洋环境科学, 27(2): 139~143, 164
- 邓景耀,朱金生,程济生,花都. 1988. 渤海主要无脊椎动物及其渔业生物学. 海洋水产研究, 9: 91~120
- 李圣法,严利平,李惠玉,李建生,程家骅. 2006. 东海头足类群聚空间分布特征的初步研究. 中国水产科学, 13(6): 936~944
- 李建生,李圣法,程家骅. 2006. 长江口渔场鱼类组成和多样性. 海洋渔业, 28(1): 37~41
- 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(7): 3027~3034
- 纪焕红,叶属峰. 2006. 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, 30(6): 23~30
- 朱鑫华,刘栋,沙学绅. 2002. 长江口春季鱼类浮游生物群落结构与环境因子的关系. 海洋科学集刊, 44: 169~179
- 张莹莹,张经,吴莹,朱卓毅. 2007. 长江口溶解氧的分布特征及影响因素研究. 环境科学, 28(8): 1649~1654
- 张衡,何文珊,童春富,陆健健. 2008. 长江口低盐淡水区潮间带鱼类群落结构季节及半月相变化. 应用生态学报, 19(5): 1110~1116
- 吴强,李显森,王俊,朱建成,金显仕. 2009. 长江口及邻近海域无脊椎动物群落结构及其生物多样性. 水生生态学杂志, 2(2): 73~79
- 吴耀泉. 1995. 莱州湾主要无脊椎动物资源及其群聚多样性特征. 海洋与湖沼, 26(6): 606~609
- 顾宏堪. 1980. 黄海溶解氧垂直分布中的最大值. 海洋学报, 2(2): 70~79
- 程济生. 2005. 黄海无脊椎动物资源结构及多样性. 中国水产科学, 12(1): 68~75
- Clarke, K. R., and Warwick, R. M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd ed. PRIMER-E: Plymouth
- Limeburner, R., Beardsley, R. C., and Zhao, J. 1983. Water masses and circulation in the East China Sea. In: Proceedings of International symposium on sedimentation on the continental shelf, with special reference to the East China Sea. Beijing: China Ocean Press, 285~294