

# 温州湾天河滩涂大型底栖动物群落分布与季节变化\*

鲍毅新\*\* 葛宝明 郑祥 程宏毅

浙江师范大学生态研究所, 金华 321004

**摘要** 2003年11月至2004年8月,在温州湾天河潮间带按季节取样对大型底栖动物群落进行了研究。共发现大型底栖动物38种,隶属7门8纲23科,主要为软体动物、节肢动物和环节动物多毛类。物种获得数季节间差异不显著( $F_{3,9}=1.76$ ,  $P>0.05$ ),但潮位间种类获得数差异极显著( $F_{3,9}=9.56$ ,  $P<0.01$ )。潮上带、高潮带、中潮带和低潮带的密度、生物量分别为:  $144.50 \pm 14.24$  ind./m<sup>2</sup>,  $58.56 \pm 13.23$  g/m<sup>2</sup>;  $171.00 \pm 16.52$  ind./m<sup>2</sup>,  $40.57 \pm 12.60$  g/m<sup>2</sup>;  $182.50 \pm 39.38$  ind./m<sup>2</sup>,  $50.26 \pm 10.57$  g/m<sup>2</sup>和  $94.00 \pm 28.88$  ind./m<sup>2</sup>,  $16.55 \pm 7.27$  g/m<sup>2</sup>。密度的季节间差异和潮位差异均不显著( $F_{3,9}=2.78$ 和  $F_{3,9}=2.14$ ,  $P>0.05$ ),而生物量在季节和潮位间差异极显著( $F_{3,9}=16.72$ 和  $F_{3,9}=22.24$ ,  $P<0.01$ )。Margalef物种丰富度指数和Shannon-Weiner多样性指数4季平均数表现为:中潮带>高潮带>低潮带>潮上带;Pielou均匀度指数平均数表现为:低潮带>中潮带>高潮带>潮上带;Simpson优势度指数平均数表现为:中潮带<高潮带<低潮带<潮上带。对4季4潮带16个群落进行聚类分析和排序分析可以看出,中高潮带界限不明显,低潮带和潮上带的界限明显。分析表明:生境条件的不同是大型底栖动物群落组成差异的主要原因,同一站位大型底栖动物群落物种构成数各季节之间差异不显著[动物学报52(1):45-52,2006]。

**关键词** 大型底栖动物 空间分布 季节变化 温州湾

## Spatial distribution and seasonal variation of the macrobenthic community on tidal flats of Tianhe, Wenzhou Bay\*

BAO Yi-Xin\*\*, GE Bao-Ming, ZHEN G Xiang, CHEN G Hong-Yi

Institute of Ecology, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004

**Abstract** From Nov. 2003 to Aug. 2004, the authors studied the macrobenthic community on the tidal flat of Tianhe, Wenzhou Bay. We found a total of 38 species, belonging to 23 families, 8 classes and 7 phyla, most of them were arthropods and mollusks. Species' numbers did not differ significantly among seasons ( $F_{3,9}=1.76$ ,  $P>0.05$ ) but were distinct among tidal flats was ( $F_{3,9}=9.56$ ,  $P<0.01$ ). The density and biomass of the upper, high, middle and low tidal flat were  $144.50 \pm 14.24$  ind./m<sup>2</sup>,  $58.56 \pm 13.23$  g/m<sup>2</sup>;  $171.00 \pm 16.52$  ind./m<sup>2</sup>,  $40.57 \pm 12.60$  g/m<sup>2</sup>;  $182.50 \pm 39.38$  ind./m<sup>2</sup>,  $50.26 \pm 10.57$  g/m<sup>2</sup> and  $94.00 \pm 28.88$  ind./m<sup>2</sup>,  $16.55 \pm 7.27$  g/m<sup>2</sup>. Densities were not significantly affected by seasons nor tidal flats ( $F_{3,9}=2.78$  and  $F_{3,9}=2.14$ ,  $P>0.05$ ) but biomass differences were marked among tidal flats ( $F_{3,9}=16.72$  and  $F_{3,9}=22.24$ ,  $P<0.01$ ). Margalef's species richness indices and Shannon-Weiner's indices were as follows: high > middle > low > upper, the Pielou's indices were: upper < high < middle < low, Simpson's indices were: upper < low < high < middle. Using the Hierarchical Cluster of between groups linkage method and the Non-metric Multi-dimensional Scaling method, the 16 macrobenthic communities of high and middle tidal flat had no distinct dividing line, the macrobenthic communities of upper and low tidal flat had a distinct dividing line. The paper indicated that habitat differences were most important reason for differences in the macrobenthic communities composition [Acta Zo-

2005-06-14 收稿, 2006-08-26 接受

\* 浙江省自然科学基金资助重大项目 (No. ZE0204) [This research was funded by the grant from the Natural Science Foundation of Zhejiang Province (No. ZE0204)]

\*\* 通讯作者 (Corresponding author) E-mail: sky90@zjnu.cn

© 2006 动物学报 Acta Zoologica Sinica

*ologica Sinica* 52 (1): 45 - 52, 2006].

**Key words** Macrobenthic community, Spatial distribution, Seasonal variation, The Wenzhou Bay

潮间带是滩涂湿地生态系统的重要类型, 由于处于海陆过渡地带及海陆理化因子的交替作用, 物质交换过程复杂多变。研究者普遍认为, 底栖动物群落能很好地反映周围海域的环境质量变化情况, 且是滩涂湿地生态系统中重要的一环, 底栖动物取食浮游生物、底栖藻类和有机碎屑等, 本身又被其他鱼类和鸟类所取食, 直接影响其他物种的生存和繁殖 (龚志军等, 2001)。底栖动物通过对营养物质的吸收、转化、降解和排泄等参与滩涂湿地生态系统的物质循环, 并且在更大程度上影响全球碳、氮和硫等重要元素的循环 (Alongi, 1997; Giblin et al., 1995), 因此潮间带底栖动物生态学的研究一直倍受关注。国外的研究发现影响底栖动物的环境因子主要有底质、植被、温度和盐度等 (Armonies and Reise, 2003; Kaiser et al., 2001; Wu and Shin, 1997; Al Bakri et al., 1997a, b)。国内早期研究工作主要是大型底栖动物群落结构的定性研究, 上世纪 90 年代后主要的研究工作针对大型底栖动物群落的定量 (马藏允等, 1997; 袁兴中等, 2002; 刘录三、李新正, 2003; 葛宝明等, 2005) 及种群生态学研究 (叶属峰、陆健健, 2001), 尤其是有关红树林大型底栖动物的研究工作较为深入 (范航清等, 2000; 厉红梅等, 2001; 高阳等, 2004), 了解了群落组成的数量、分布、特征, 及其影响因素等。但有关滩涂大型底栖动物群落的空间分布和季节变化的研究相对较少 (厉红梅等, 2001; 厉红梅、孟海涛, 2004; 余日清等, 1997)。

温州湾滩涂是世界濒危物种黑嘴鸥 (*Larus saundersi*) 和黑脸琵鹭 (*Platalea minor*) 最重要的越冬地和迁徙停歇地, 是包括很多“中日”、“中澳”候鸟保护协定保护鸟类在内的大量湿地水鸟的重要栖息地。由于底栖动物在滩涂湿地生态系统中起着能量、物质流动中间环节的重要作用, 且目前该地区尚未进行过系统的底栖动物群落时空变化情况的研究。我们对温州湾天河滩涂大型底栖动物群落不同潮带的季节变化进行群落结构分析和统计分析, 以探讨季节变化以及潮位环境对大型底栖动物群落影响, 揭示大型底栖动物群落时空分布的特点以及其影响因素, 同时能为以后的科学研究提供本底资料。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究地点概况

温州湾天河潮间带位于温州湾南岸, 亚热带气候, 潮汐为非正规半日浅海潮, 平均盐度 10 - 30。潮间带滩涂为软相底质沉积物, 淤泥为主。潮间带地貌特征结合潮汐作用程度可以明显分为潮上带、高潮带、中潮带和低潮带, 整个潮间带宽度 1 200 - 1 600 m 左右, 其中, 潮上带大部已被围垦, 剩余部分较窄, 宽度约 100 - 200 m, 潮上带上植被为密集的互花米草 (*Spartin alterniflora*), 底质为较粗大的淤泥; 高潮带宽度约为 200 - 250 m, 长有较为茂密的互花米草, 底质淤泥细腻, 颗粒细小; 中潮带宽度 500 - 600 m 左右, 大部分无植被, 只在和高潮带交接的位置有稀疏的互花米草, 底质颗粒稍大; 低潮带宽度 300 - 450 m 左右, 无植被, 底质颗粒较粗, 泥沙为主。

### 1.2 取样

在选定的滩涂 (地理坐标为 27°50'19"N, 120°50'22"E), 设立 4 个样地 (也称取样站): 潮上带、高潮带、中潮带和低潮带, 在最低潮时, 用自制 33 cm × 30 cm × 20 cm 的 0.1 m<sup>2</sup> 采样器采集泥样, 采样深度为 20 cm。在样地的中间位置采集 5 个样方, 所采泥样用 1 mm 孔径的分样筛进行淘洗, 获取大型底栖动物标本。动物标本临时用 10% 福尔马林固定, 带回实验室后, 分类计数, 然后用吸水纸吸干表面固定液称重。除采集定量样品外, 调查期间还在高潮带、中潮带和低潮带采集定性样品。

以上工作每个季度进行一次, 取样时间分别为: 2003 年 11 月 (秋季), 2004 年 2 月 (冬季)、5 月 (春季)、8 月 (夏季)。

### 1.3 数据处理

根据滩涂大型底栖动物群落的特点及取样数据, 选择以下计算公式 (马克平、刘玉明, 1994; 马克平, 1994; Pielou, 1975), 进行数据及结果的分析:

$$\text{Margalef 种类丰度 } S = (S - 1) / \ln N$$

$$\text{Shannon-Wiener 指数 } H = - \sum P_i \ln P_i$$

$$\text{Pielou 的均匀度指数 } J = \left( \frac{1}{\ln S} \sum P_i \ln P_i \right) / \ln S$$

$$\text{Simpson 优势度指数 } C = \frac{1}{\sum P_i^2}$$

群落欧氏距离 (Euclidean distance)  $ED =$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^S (X_{ij} - X_{ik})^2}$$

式中,  $S$  为总种数;  $P_i$  为种  $i$  的个体数占总个体数的比例, 用小数表示;  $n_i$  为  $i$  种的个体数;  $N$  为所有种的个体总数;  $X_{ij}$  为  $i$  物种在  $j$  样方中的密度的 4 次方根; 利用 Microsoft Excel 对群落的数据分别按季节和按潮位进行物种数、生物量和密度的无重复双因素方差 (ANOVA) 分析; 利用 Spss10.0 软件分别进行以群落欧氏距离为基础的组间平均聚类法的系统聚类 (Hierarchical cluster) 及

非度量多维标度排序 (Non-metric multidimensional scaling, MDS) 的二维分析。

## 2 结果

### 2.1 种类组成

调查共发现大型底栖动物 38 种, 隶属 7 门 8 纲 23 科 (表 1), 以软体动物、节肢动物和环节动物为主, 分别为 11, 15, 6 种, 合计达 32 种, 占总数的 84.21%。在不同季节的定量取样过程中, 发现种类数有所不同 (图 1)。

表 1 调查获得的大型底栖动物

Table 1 Macro-benthos found in the investigation

门 Phyla	纲 Class	科 Family	种 Specie
软体动物门 Mollusca	腹足纲 Gastropoda	拟沼螺科 Assmineidae	短拟沼螺 <i>Assiminea brevicula</i>
		汇螺科 Potamidiidae	珠带拟蟹守螺 <i>Cerithidea cingulata</i>
			尖锥拟蟹守螺 <i>C. largillierti</i>
		滨螺科 Littorinidae	粗糙滨螺 <i>Littorina scabra</i>
			短滨螺 <i>L. brevicula</i>
		狭口螺科 Stenothyridae	光滑狭口螺 <i>Stenothyra glabra</i>
		阿地螺科 Atyidae	泥螺 <i>Bullacta exarata</i>
	瓣鳃纲 Lamellibranchia	织纹螺科 Nassidae	织纹螺 <i>Nassarius</i> sp.
		竹蛭科 Solenidae	缢蛭 <i>Sinonovacula constricta</i>
		蓝蛤科 Corbulidae	焦河蓝蛤 <i>Potamocorbula ustulata</i>
		樱蛤科 Tellinidae	彩虹明樱蛤 <i>Moerella iridescens</i>
节肢动物门 Arthropoda	甲壳纲 Crustacea	方蟹科 Grapsidae	沈氏厚蟹 <i>Helice sheni</i>
			伍氏厚蟹 <i>H. wuana</i>
			红螯相手蟹 <i>Sesarma haematocheir</i>
			中华绒螯蟹 <i>Eriocheir sinensis</i>
			沈氏长方蟹 <i>Metaplax sheni</i>
			长足长方蟹 <i>M. longipes</i>
			日本大眼蟹 <i>Macrophthalmus japonicus</i>
		沙蟹科 Ocypodidae	弧边招潮 <i>Uca arcuata</i>
			清白招潮 <i>U. lacteal lactea</i>
			泥蟹 <i>Ilyoplax</i> sp.
玉蟹科 Leucosiidae	豆形拳蟹 <i>Philyra pisum</i>		
	橄榄拳蟹 <i>P. olivacea</i>		
	隆线拳蟹 <i>P. carinata</i>		
鼓虾科 Alpheidae	日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>		

续表 (Continued)

门 Phyla	纲 Class	科 Family	种 Specie
环节动物门 Annelida	多毛纲 Polychaeta	长臂虾科 Palaemonidae	秀丽白虾 <i>Exopalaemon modestus</i>
		齿吻沙蚕科 Nephtyidae	齿吻沙蚕 <i>Nephtys caeac</i>
		吻沙蚕科 Glyceridae	长吻沙蚕 <i>Glycera chirori</i>
		沙蚕科 Nereidae	日本刺沙蚕 <i>Neanthes japonica</i>
			日本沙蚕 <i>Nereis japonica</i>
		疣吻沙蚕 <i>Tylorrhynchus heterochaeta</i>	
		矾沙蚕科 Eunicea	巢沙蚕 <i>Diopatra</i> sp.
纽虫动物门 Nemertina			纽虫 Nemertean
线形动物门 Nematelminthes			线虫 Eelworm
脊索动物门 Chordata	硬骨鱼纲 Osteichthyes	弹涂鱼科 Periphtalmidae	青弹涂鱼 <i>Scartelaos virids</i>
			大弹涂鱼 <i>Boleophthalmus pectinirostris</i>
		鰕虎鱼科 Gobiidae	鰕虎鱼 <i>Rhinogobius</i> sp.
			可口革囊星虫
星虫动物门 Sipuncula	革囊星虫纲 Phascolosomata	革囊星虫科 Phascolosomatidae	<i>Phascolosoma esculenda</i>

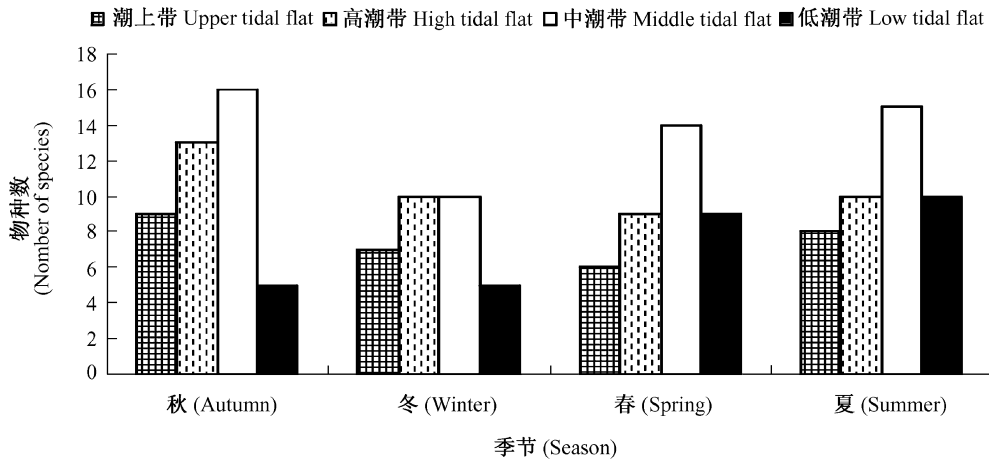


图 1 不同潮位不同季节定量取样获得的大型底栖动物种类数

Fig. 1 The number of species at different sites of different seasons in the quantitative investigation

以季节和潮位为因素的取样获得物种数进行无重复双因素方差分析显示：种类获得数季节间无显著差异 ( $F_{3,9} = 1.76, P > 0.05$ )，但潮位间种类获得数有极显著差异 ( $F_{3,9} = 9.56, P < 0.01$ )，推断动物群落物种组成的主要影响因素是潮位。

### 2.2 密度生物量

不同季节不同潮位取样站大型底栖动物的密度和生物量见表 2，四季平均后的大型底栖动物密度

大小为：中潮带 > 高潮带 > 潮上带 > 低潮带；生物量则为：潮上带 > 中潮带 > 高潮带 > 低潮带。以季节和潮位为因素的密度和生物量无重复双因素方差分析显示：密度的季节间差异和潮位差异均不显著 ( $F_{3,9} = 2.78$  和  $F_{3,9} = 2.14, P > 0.05$ )，而生物量在季节、潮位两个因素间的差异均为极显著 ( $F_{3,9} = 16.72$  和  $F_{3,9} = 22.24, P < 0.01$ )。

表 2 各站位大型底栖动物密度和生物量

Table 2 The density and biomass of macrobenthos at different sites of different seasons

项目 Case	潮间带 Tidal flat		潮上带 Upper tidal flat		高潮带 High tidal flat		中潮带 Middle tidal flat		低潮带 Low tidal flat	
	密度 Density (ind./m <sup>2</sup> )	生物量 Biomass (g/m <sup>2</sup> )	密度 Density (ind./m <sup>2</sup> )	生物量 Biomass (g/m <sup>2</sup> )	密度 Density (ind./m <sup>2</sup> )	生物量 Biomass (g/m <sup>2</sup> )	密度 Density (ind./m <sup>2</sup> )	生物量 Biomass (g/m <sup>2</sup> )	密度 Density (ind./m <sup>2</sup> )	生物量 Biomass (g/m <sup>2</sup> )
秋 Autumn	186.00	36.00	212.00	32.08	122.00	35.25	44.00	5.31		
冬 Winter	124.00	50.19	132.00	20.58	108.00	31.04	44.00	4.07		
春 Spring	128.00	51.16	164.00	32.13	262.00	58.44	146.00	22.41		
夏 Summer	140.00	96.88	176.00	77.48	238.00	76.32	142.00	34.40		
平均 Mean ±SE	144.50 ±	58.56 ±	171.00 ±	40.57 ±	182.50 ±	50.26 ±	94.00 ±	16.55 ±		
	14.24	13.23	16.52	12.60	39.38	10.57	28.88	7.27		

### 2.3 多样性

不同季节不同潮带取样站大型底栖动物群落的多样性指数见表 3。

不考虑季节变动因素, Margalef 物种丰富度指数和 Shannon-Wiener 多样性指数均表现为: 中潮带 > 高潮带 > 低潮带 > 潮上带; Pielou 均匀度指数为: 低潮带 > 中潮带 > 高潮带 > 潮上带; Simpson 优势度指数表现为: 中潮带 < 高潮带 < 低潮带 < 潮上带。

### 2.4 群落聚类和排序

密度数据经 4 次开方后的结果, 对 4 个潮位 4 个季节共 16 个站位的大型底栖动物群落进行组间平均聚类法的系统聚类分析、群落的非量度多维标

度排序的 2 维分析, 得到系统聚类树枝图 (图 2) 和 2 维非量度多位标度图 (图 3, 其 Stress 值为 0.06777,  $S < 0.1$  说明图形吻合很好)。

从图 2、3 可以发现, 潮上带的 4 个站位群落距离很小; 低潮带的站位群落距离也相当接近; 高潮带聚类时可以看出春夏站位群落靠近潮上带组, 而秋冬季站位群落靠近中潮带春夏站位群落, 中潮带的秋冬季站位群落靠近低潮带组。

## 3 讨论

群落结构从中高潮带的比较复杂到潮上带、低潮带的简单, 这与生境条件有很大的关系。低潮带由于受到潮汐水流冲击的干扰很大, 底质颗粒粗

表 3 各站位大型底栖动物群落多样性指数

Table 3 The diversity indexes of macrobenthic communities at different sites of different seasons

指数 Index	Margalef S				Shannon-Wiener H				Pielou J				Simpson C			
	U	H	M	L	U	H	M	L	U	H	M	L	U	H	M	L
潮间带 Tidal flat																
秋 A	1.34	2.05	3.12	1.06	1.51	2.17	2.37	1.40	0.71	0.85	0.85	0.87	0.30	0.15	0.14	0.28
冬 W	1.24	1.84	1.92	1.06	1.41	1.90	2.00	1.53	0.72	0.82	0.87	0.95	0.35	0.20	0.17	0.24
春 SP	1.03	1.57	2.33	1.61	1.23	1.85	2.33	1.96	0.69	0.84	0.88	0.89	0.32	0.21	0.12	0.16
夏 SU	1.42	1.74	2.38	1.82	1.66	2.03	2.52	2.18	0.80	0.88	0.93	0.95	0.27	0.17	0.09	0.12
平均 Average	1.26 ±	1.80 ±	2.44 ±	1.39 ±	1.45 ±	1.99 ±	2.31 ±	1.77 ±	0.73 ±	0.85 ±	0.88 ±	0.92 ±	0.31 ±	0.18 ±	0.13 ±	0.20 ±
	0.08	0.10	0.25	0.19	0.09	0.07	0.11	0.18	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04

A: 秋季; W: 冬季; SP: 春季; SU: 夏季; U: 潮上带; H: 高潮带; M: 中潮带; L: 低潮带。

A: Autumn; W: Winter; SP: Spring; SU: Summer; U: Upper tidal flat; H: High tidal flat; M: Middle tidal flat; L: Low tidal flat.

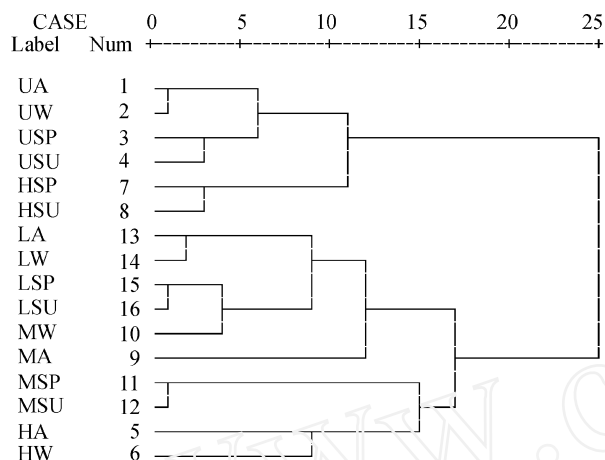


图2 各站点大型底栖动物聚类图

第一个字母代表潮位,后面部分代表季节。

A: 秋季; W: 冬季; SP: 春季; SU: 夏季; U: 潮上带; H: 高潮带; M: 中潮带; L: 低潮带。

Fig. 2 The hierarchical cluster dendrogram of macrobenthic communities

The first letter of the community labels indicates tide flat, and the other letters indicate seasons.

A: Autumn; W: Winter; SP: Spring; SU: Summer; U: Upper tidal flat; H: High tidal flat; M: Middle tidal flat; L: Low tidal flat.

大,而且露出水面的时间有限,大型底栖动物群落结构简单;中高潮带的底质颗粒细小,受到潮汐冲刷的干扰相对较小,条件比较稳定,所以群落结构也相对比较复杂(Heck and Westone, 1977; 袁兴中、陆健健, 2001a);潮上带由于受潮水影响很小,互花米草生长良好,但是底质较硬,已经不适合一些瓣鳃类以及多毛类生存,但是甲壳纲的蟹类却能很好地适应潮上带的生境条件,如潮上带发现瓣鳃类1种,而甲壳纲的蟹类达8种。

在本研究中,季节和潮位对密度均无显著影响,而在生物量方面,季节和潮位对其均有显著影响。产生以上结果的原因与各季节不同潮位中的物种密度、物种单个个体生物量的差异有关,如:秋季潮上带的短拟沼螺密度高达  $90 \text{ ind. / m}^2$ ,而个体重量很小,只有  $0.05 \text{ g}$  左右,在潮上带、高潮带的弧边招潮和伍氏厚蟹的密度虽小只有  $4 \text{ ind. / m}^2$ ,但是个体重量可达到  $3 - 6 \text{ g}$ 。

据报道长江口滩涂潮间带大型底栖动物的多样性程度有如下规律:中潮带 > 高潮带 > 低潮带 > 潮上带(袁兴中等, 2002; 袁兴中、陆健健, 2001a, b),本研究也证实了这一点(表3),且 Magalef 物

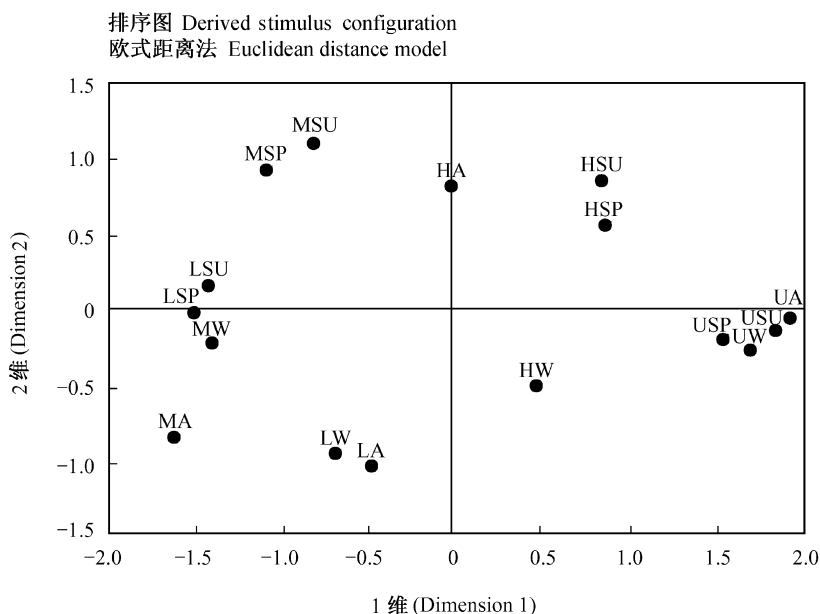


图3 各站点大型底栖动物群落2维非度量多维标度排序图 (Stress = 0.06777)

第一个字母代表潮位,后面部分代表季节。

A: 秋季; W: 冬季; SP: 春季; SU: 夏季; U: 潮上带; H: 高潮带; M: 中潮带; L: 低潮带。

Fig. 3 The 2-dimensional MDS ordinal configuration of the macrobenthic communities (Stress = 0.06777)

The first letter of the community labels indicates tide flat, and the other letters indicate seasons.

A: Autumn; W: Winter; SP: Spring; SU: Summer; U: Upper tidal flat; H: High tidal flat; M: Middle tidal flat; L: Low tidal flat.

种丰富度指数、Shannon-Wiener 指数和 Simpson 优势度指数的表现相互吻合，这也反映了环境条件对多样性的影响。但 Pielou 的均匀度指数表现与其他指数不同，低潮带 > 中潮带 > 高潮带 > 潮上带，其原因是在低潮带定量取样各物种的密度比较接近，均匀度高。本研究中大型底栖动物群落的多样性指数随季节有一定程度的波动，但是波动的幅度较小。物种多样性程度特别是 Shannon-Wiener 指数可以反映生境多样性的水平，就本研究来说，高潮带和中潮带的生境分化程度比较高，不仅植被情况为镶嵌状分布，且底质情况也适合多种物种的生存。同时，高潮带和中潮带处于潮上带和低潮带的过渡区域，一些物种可以通过此区域向潮上带和低潮带扩散。此外通过对多样性指数的变化情况的研究，可以发现不同的指数在同一个生物群落，其表现是有所差异的，这与多样性指数所代表的含义不同有密切的关系。

许多研究者认为，单单依靠多样性指数来评价群落结构的相似性（差异性）是不可靠的，应该用多元分析的手段或者采用聚类分析的方法（马藏允等，1997）。本研究将密度原始数据 4 次开方，减少其中个别优势物种对整个群落影响的权重，然后利用欧氏距离来进行组间平均聚类，这样的方法很适合利用软件分析，也符合统计运算的一般要求，对于差异较大的样本群尤其适宜。MDS 也被认为是最好的排序技术之一，它用于分析不同样方群落结构的距离关系（即相似性）十分适宜，直观地将群落标于多维坐标中，特别适合连续梯度变化的群落关系分析（厉红梅等，2001）。本研究中，聚类的结果揭示了潮间带生境有明显的分化，特别是潮上带和低潮带，但中潮带和高潮带的分化程度不是很高，这个结果可能与季节变化有关。

**致 谢** 温州大学（筹）生命科学学院张永普副教授在大型底栖动物分类学方面给予我们很大的支持和帮助，谨表谢意。

## 参考文献 (References)

- Al Bakri D, Behbehani M, Khuraibet A, 1997a. Quantitative assessment of the intertidal environment of Kuwait : Integrated environment classification. *Journal of Environmental Management* 51: 321 - 332.
- Al Bakri D, Behbehani M, Khuraibet A, 1997b. Quantitative assessment of the intertidal environment of Kuwait : Controlling factors. *Journal of Environmental Management* 51: 333 - 341.
- Alongi DM, 1997. *Coastal Ecosystem Processes*. Boca Raton: CRC Press, 419.
- Armonies W, Reise K, 2003. Empty habitat in coastal sediments for populations of macrozoobenthos. *Helgol. Mar. Res.* 56: 279 - 287.
- Fan HQ, He BY, Wei SQ, 2000. Influences of sand dune movement within the coastal mangrove stands on the macrobenthos *in situ*. *Acta Ecologica Sinica* 20 (5): 722 - 727 (In Chinese).
- Gao Y, Cai LZ, Ma L, Xu HL, Wang YJ, Zhan QJ, 2004. Vertical distribution of macrobenthos of Futian Mangrove mudflat in Shenzhen Bay. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* 23 (1): 76 - 81 (In Chinese).
- Ge BM, Bao YX, Zheng X, 2005. Macrobenthic community ecology of a tidal flat in different habitats and creeks dyked in different years at Lingkun Island. *Acta Ecologica Sinica* 25 (3): 446 - 453 (In Chinese).
- Giblin AE, Foreman KH, Banta GT, 1995. Biogeochemical processes and marine benthic community structure : which follows which ? In: Jons CG, Lawton JH ed. *Linking Species and Ecosystem*. New York: Chapman and Hall, 29 - 36.
- Gong ZJ, Xie P, Yan YJ, 2001. Theories and methods of studies on the secondary production of zoobenthos. *Journal of Lake Sciences* 13 (1): 79 - 88 (In Chinese).
- Heck KL Jr, Wetstone GS, 1977. Habitat complexity and invertebrate species richness and abundance in tropical seagrass meadows. *Journal of Biogeography* 4: 135 - 142.
- Kaiser MJ, Broad G, Hall SJ, 2001. Disturbance of intertidal soft-sediment benthic communities by cockle hand raking. *Journal of Sea Research* 45: 119 - 130.
- Li HM, Cai LZ, Lin LZ, Yao JB, 2001. Using hierarchical clustering and non-metric MDS to explore spatio-temporal variation of benthic community at intertidal in Shenzhen Bay. *Journal of Xiamen University (Natural Science)* 40 (3): 735 - 740 (In Chinese).
- Liu LS, Li XZ, 2003. Distribution of macrobenthos in spring and autumn in the southern Yellow Sea. *Oceanologia Etlimnologia Sinica* 34 (1): 26 - 32 (In Chinese).
- Ma KP, 1994. Measurement of biodiversity. In: Qian YQ, Ma KQ eds. *Principle and Methods of Biodiversity Studies*. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 141 - 165 (In Chinese).
- Ma KP, Liu YM, 1994. Methods of measure the bio-communities biodiversity . diversity ( ). *Chinese Biodiversity* 2 (4): 231 - 239 (In Chinese).
- Ma ZY, Liu H, Wang HQ, Wang SQ, 1997. Multivariate analysis of community structure on macrobenthos. *China Environmental Science* 17 (4): 297 - 300 (In Chinese).
- Pielou EC, 1975. *Ecological Diversity*. New York: John Wiley, 16 - 51.
- Wu RSS, Shin PKS, 1997. Sediment characteristics and colonization of soft-bottom benthos: a field manipulation experiment. *Marine Biology* 128: 475 - 487.
- Ye SF, Lu JJ, 2001. Analysis on the spatial distribution of *Bullacta exarata* (Mollusca: Gastropoda: Atyidae) population in Yangtze River Estuary, China. *Zoological Research* 22 (2): 131 - 136 (In Chinese).
- Yu RQ, Chen GZ, Zhang JH, Wong YS, 1997. Effects of discharging water on seasonal fluctuation of benthic macrofauna in mangrove swamp. *China Environmental Science* 17 (6): 497 - 500 (In Chinese).
- Yuan XZ, Liu H, Lu JJ, 2002. Community structure and biodiversity characteristics of macrobenthos in the new shoal of the Changjiang Estuary. *Acta Oceanologica Sinica* 24 (2): 133 - 139 (In Chinese).
- Yuan XZ, Lu JJ, 2001a. Studies on zoobenthos resources in the islands of the Changjiang Estuary. *Journal of Natural Resources* 16 (1): 37 - 41 (In Chinese).
- Yuan XZ, Lu JJ, 2001b. Influence of diking on the benthic macro-invertebrate community structure and diversity in the south bank of the Changjiang Estuary. *Acta Ecologica Sinica* 21 (10): 1642 - 1647 (In Chinese).
- 范航清, 何斌源, 韦受庆, 2000. 海岸红树林地沙丘移动对林内大型底栖动物的影响. *生态学报* 20 (5): 722 - 727.

- 高 阳, 蔡立哲, 马 丽, 徐华林, 王勇军, 咎启杰, 2004. 深圳湾福田红树林潮滩大型底栖动物的垂直分布. 台湾海峡 23 (1): 76 - 81.
- 葛宝明, 鲍毅新, 郑 祥, 2005. 灵昆岛围垦滩涂潮沟大型底栖动物群落生态学研究. 生态学报 25 (3): 446 - 453.
- 龚志军, 谢 平, 阎云君, 2001. 底栖动物次级生产力研究的理论与方法. 湖泊科学 13 (1): 79 - 88.
- 厉红梅, 蔡立哲, 林丽珠, 姚建彬, 2001. 深圳湾潮间带底栖动物群落结构的等级聚类与非度量多维标度排序. 厦门大学学报 40 (3): 735 - 740.
- 厉红梅, 孟海涛, 2004. 深圳湾底栖动物群落结构时空变化环境影响因素分析. 海洋环境科学 23 (1): 37 - 40.
- 刘录三, 李新正, 2003. 南黄海春秋季节大型底栖动物分布现状. 海洋与湖沼 34 (1): 26 - 32.
- 马藏允, 刘 海, 王惠卿, 王世权, 1997. 底栖生物群落结构变化多元变量统计分析. 中国环境科学 17 (4): 297 - 300.
- 马克平, 1994. 生物多样性的测度方法. 钱迎倩, 马克平主编. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 141 - 165.
- 马克平, 刘玉明, 1994. 生物群落多样性的测度方法 . 多样性的测度方法 (下). 生物多样性 2 (4): 231 - 239.
- 叶属峰, 陆健健, 2001. 长江口泥螺种群夏季的空间格局分析. 动物学研究 22 (2): 131 - 136.
- 余日清, 陈桂珠, 章金鸿, 黄玉山, 1997. 排放生活污水对红树林底栖动物群落季节变化的影响. 中国环境科学 17 (6): 497 - 500.
- 袁兴中, 刘 红, 陆健健, 2002. 长江口新生沙洲底栖动物群落组成及多样性特征. 海洋学报 24 (2): 133 - 139.
- 袁兴中, 陆健健, 2001a. 长江口岛屿湿地的底栖动物资源研究. 自然资源学 16 (1): 37 - 41.
- 袁兴中, 陆健健, 2001b. 围垦对长江口南岸底栖动物群落结构及多样性的影响. 生态学报 21 (10): 1 642 - 1 647.