

福宁湾底栖生物群落生态研究

林建杰

(福州市海洋与渔业技术中心, 福建 福州 350026)

摘要: 2012 年对围海造地后的福宁湾特殊生境海区开展春季、夏季两季的生态调查, 研究底栖生物群落生态现状。两航次调查共鉴定底栖动物 57 种, 其中软体动物 24 种, 多毛类 19 种, 甲壳动物 9 种等。总栖息密度 407.5 个/m², 其中软体动物占有 65.6% 的明显优势; 总生物量为 338.44g/m², 其中软体动物占有 98% 的绝对优势。种类数、生物密度和生物量三项指标, 均为春季显著高于夏季, 堤内高于堤外; 聚类分析表明, 季节是影响群落时空变化的主要因子; 堤内外群落的差异主要与沉积物类型密切相关。

关键词: 底栖生物; 群落生态; 福宁湾

中图分类号: Q178.53 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2013)08-0089-07

福宁湾位于福建东北部霞浦县, 属亚热带气候区的近海内湾。未围海造地之前, 福宁湾总面积 18933 hm², 其中 10m 等深线浅海面积 13780 hm², 滩涂面积 5153 hm²。该湾生境状况良好, 海产资源丰富, 其中在潮间带滩涂有连片分布的经济海产贝类尖刀蛸。

20 世纪 80 年代互花米草大肆入侵, 滩涂严重淤积。2008 年因福宁湾开发区建设围海造地, 北至松山南至下岐尖鼻头拦腰造堤, 全长 5.46km, 形成由南北设置的两道闸口控制内外水系的有限交换。围海工程建成后失去天然滩涂面积 2273.33hm², 约占霞浦县滩涂面积 22703 hm² 的 10%, 约占福宁湾滩涂面积的 44%。堤内滩涂大大退缩, 水面缩小减半, 整体生境改变。关于福宁湾生物资源与生境方面的历史调查仅见于当地渔业等部门的零星资料^[1]。为了解围海造地后福宁湾生态环境的变化, 本单位与厦门大学于 2012 年 3 月和 5 月联合开展了两航次的生物地球化学及生物生态调查。本文研究底栖生物群落生态, 期望为福宁湾环境监测、评价及保护资源与生态环境提供科学资料。

1 材料与方法

1.1 布站、取样及样品处理

根据 GB 17378.7-2007《海洋监测规范 第七部分: 近海污染生态调查和生物监测》、GB/T 12763.9-2007《海洋调查规范 第 9 部分: 海洋生态调查指南》的规定和技术要求, 共布设 6 个站位(表 1、图 1), 于 2012 年 3 月和 8 月进行两航次外业调查取样和样品处理。

表 1 福宁湾海洋环境生态调查站位经纬度一览表

Tab. 1 The latitude and longitude of marine ecological survey station in Funing Bay

站号	经纬度	
1	120°02'33.77"E	26°51'14.58"N
2	120°03'04.83"E	26°51'53.01"N
3	120°03'31.64"E	26°49'34.93"N
4	120°04'07.93"E	26°51'54.55"N
5	120°04'38.80"E	26°49'44.86"N
6	120°05'12.43"E	26°50'54.35"N

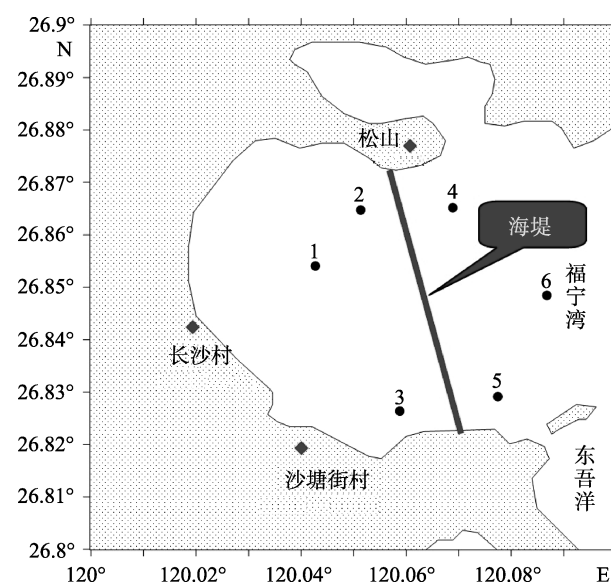


图 1 福宁湾海洋环境生态调查站位

Fig. 1 Marine environment ecological survey stations in Funing Bay

收稿日期: 2013-05-11; 修回日期: 2013-06-28

作者简介: 林建杰(1980-), 男, 福建漳平人, 工程师, 学士, 主要从事海洋环境监测与保护工作, 电话: 0591-88251386, E-mail: wllw221@sina.com

1.2 数理方法

1.2.1 Jacard 相似性系数^[2]

$$J = c / (a + b - c)$$

式中, a 与 b 分别为两站位样品的种类数, c 为共有种数。

1.2.2 综合优势度^[2]

$$V_1 = (D_F + M_F + f) / 3$$

上式 D_F 为相对密度, M_F 为相对生物量, f 为站位出现频率。

1.2.3 多样性特征指数^[3]

$$\text{多样性指数 } H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad (\text{shannon-Wiener, 1963})$$

$$\text{均匀性指数 } J = \frac{H'}{\log_2 S} \quad (\text{Pielou, 1966})$$

$$\text{丰富度指数 } D = \frac{S-1}{\log_2 N} \quad (\text{Margalef, 1958})$$

$$\text{单纯度指数 } C = \sum_{i=1}^S P_i^2 \quad (\text{Simpson, 1949})$$

式中, S 为样品中的种类数, N 为样品中的总个体数, P_i 为第 i 种的个体数与样品总个体数的比值。

1.2.4 聚类方法^[4-5]

计算 6 个站位春、夏两季共 12 个样品的 Jacard 系数, 建立 J 系数矩阵, 采用紧邻联结法作聚类谱系图, 进而聚类分析。

2 结果

2.1 种类组成与分布

两航次外业调查共鉴定 57 种, 隶属 6 个门类。其中软体动物 24 种, 占总种数 42.1%; 多毛类 19 种, 占总种数 33.3%; 甲壳动物 9 种, 占总种数 15.8%; 棘皮动物 3 种, 占总种数 5.2%, 其他类 2 种(见附录)。

2.1.1 春季(3月)与夏季(8月)

春季共鉴定底栖动物 45 种, 其中软体动物种数最多, 为 21 种, 占总种数 46.7%; 依次为多毛类 16 种, 占 35.6%; 甲壳类 6 种, 占 13.3%; 棘皮动物 1 种和其他类 1 种。站位平均为 12.3 种, 变幅 6~20 种(表 2)。3#站种数最多, 5 #站种数最少。根据生物数量和出现率, 优势种有泥蚶 *Tegillarca granosa* (IV=0.537)、光滑狭口螺 *Stenothyra glabra* (IV=0.258)、光滑河篮蛤 *Potamocorbula laevis* (IV=0.215) 和模糊新短眼蟹 *Neoxonophthalmus obscurus* (IV=0.176)。常见种还有中华内卷齿蚕 *Aglaophamus sinensis*、异足索沙蚕 *Lumbrineris heteropoda*、微黄镰玉螺 *Lunatia gilva* 和解氏囊螺 *Retusa cecillii* 等种类。

表 2 春季与夏季底栖动物种类数

Tab. 2 The benthic animal species in spring and summer

项目	站号					
	1	2	3	4	5	6
春季种类数(种)	14	16	20	8	6	10
夏季种类数(种)	7	5	8	8	7	12

夏季共鉴定底栖动物 27 种, 其中软体动物 9 种占 33.3%, 多毛类 8 种占 29.6%, 甲壳类 6 种占 22.2%, 棘皮动物 2 种和其他类 2 种。站位平均为 7.8 种, 变幅 5~12 种(表 2)。6#站种数最多, 2#站种数最少。根据生物数量和出现率, 优势种有奇异稚齿虫 *Paraprionospio pinnata* (IV=0.365)、泥蚶 (IV=0.296)、光滑河篮蛤 (IV=0.243) 和模糊新短眼蟹 (IV=0.179)。常见种还有不倒翁虫 *Sternaspis sculata*、小英蛭 *Siliqua minuma*、上野螺赢蜚 *Corophium uenoi* 和光亮倍棘蛇尾 *Amphioplus lucidus* 等种类。春季种类数明显多于夏季。

2.1.2 堤内与堤外

两航次调查, 堤内共获得 34 种, 其中软体动物类 17 种, 占有总种数 50.0% 的优势, 多毛类 16 种占 47.1%。优势种有泥蚶 (IV=0.563)、光滑河篮蛤 (IV=0.360) 和模糊新短眼蟹 (IV=0.174); 常见的种还有光滑狭口螺、解氏囊螺和中华内卷齿蚕等。

堤外共获得 29 种; 其中软体动物 11 种, 占总种数的 37.9%; 多毛类 8 种占 27.6%。甲壳类 6 种占 20.7%。优势种有奇异稚齿虫 (IV=0.344)、小英蛭 (IV=0.243) 和模糊新短眼蟹 (IV=0.197)。常见的还有不倒翁虫、上野螺赢蜚等。堤内与堤外种类分布的 J 系数为 0.286, 表明堤内外种类差异较大。

2.2 生物数量组成与分布

两次调查总生物栖息密度为 407.5 个/m²; 其中软体动物 267.5 个/m², 占有 65.5% 的显著优势; 多毛类 88.3 个/m² 占 21.7% 等。总生物量为 338.44g/m², 其中软体动物为 331.67 g/m², 占有 98% 的绝对优势。

2.2.1 春季(3月)与夏季(8月)

春季总生物栖息密度为 540 个/m² (站位变幅 110~2010 个/m²); 密度组成以软体动物占有 78.4% 的绝对优势, 依次为多毛类占 13.3%, 甲壳类占 7.4% 等(表 3); 2#站密度最大, 5#站密度最小, 4#站也较小。总生物量为 552.15g/m² (变幅 2.70~3203.10g/m²); 生物量组成以软体动物占有 99.0% 的

绝对优势(表 3), 这与泥蚶的生物量很大有关。2#站生物量最大, 5#站最小, 4#站也较小(图 2、图 3)。

夏季总生物栖息密度为 275 个/m² (站位变幅 200~360 个/m²); 密度组成以软体动物占 40.6%的优势, 依次为多毛类占 37.6%, 甲壳类占 17.5%等(表 3);

各站位密度差异不大, 1#站密度最大, 4#站最小。总生物量为 124.73g/m²(变幅 19.50~495.40g/m²); 生物量组成以软体动物占有 93.5%的绝对优势(表 3), 这与泥蚶生物量大有关; 2#站生物量最大, 5#站生物量最小(图 2、图 3)。

表 3 春季与夏季底栖动物生物量及密度组成

Tab. 3 Biomass and density of benthic animals in spring and summer

项目	类群					合计	
	多毛类	软体	甲壳	棘皮	其他		
春季	密度(个/m ²)	73.3	423.3	40	1.7	1.7	540
	生物量(g/m ²)	2.54	546.74	2.68	0.13	0.06	552.15
夏季	密度(个/m ²)	103.3	111.7	48.3	6.7	5	275
	生物量(g/m ²)	1.67	116.60	4.18	1.91	0.37	124.73

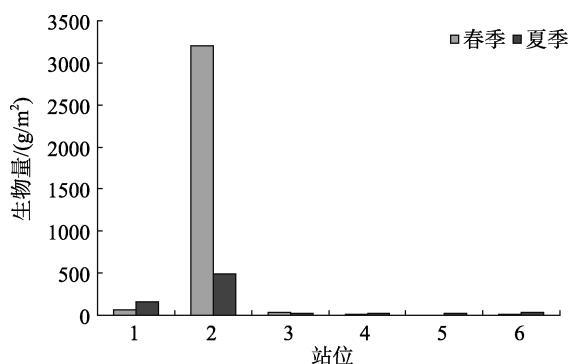


图 2 福宁湾底栖生物量分布

Fig. 2 Benthic biomass distribution in Funing Bay

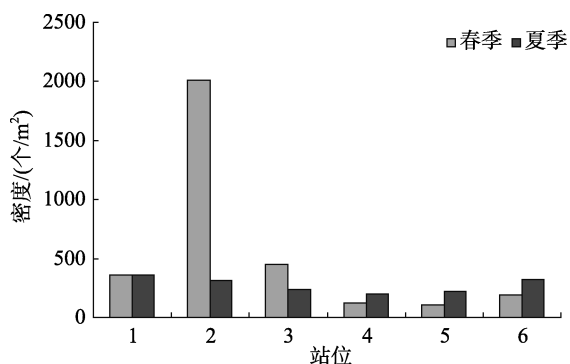


图 3 福宁湾底栖生物栖息密度分布

Fig. 3 Benthic habitat density distribution in Funing Bay

春季的生物总密度和生物量均明显大于夏季, 但类群组成均以软体动物占绝对优势或显著优势。

2.2.2 堤内与堤外

堤内总生物密度为 621.7 个/m², 其中软体动物 466.7 个/m², 占有 75.1%的绝对优势; 总生物量为 661.93 g/m², 其中软体动物 656.22 g/m², 占有 99.1%

的绝对优势。这与堤内出现大数量的泥蚶有关。

堤外总生物密度为 193.3 个/m², 其中软体动物占有 58.6%的显著优势, 其次为多毛类占 46.5%; 总生物量为 14.95 g/m², 其中软体动物 7.12 g/m², 占 47.6%的明显优势, 其次为甲壳动物占 31.6%。总生物密度和总生物量堤内均显著大于堤外, 表明堤内生境比堤外更适合底栖生物的繁殖与生长。

2.3 群落种类组成多样性特征

群落种类的多样性特征通常采用以站位为单元测定 H' 、 J 、 D 和 C 指数来综合分析^[3]。 H' 、 J 和 D 越大, 表明多样性越高, C 则反之。从表 4 可以看出, 春季各站位的 H' 、 J 、 D 和 C 平均值分别为 2.82、0.82、2.24 和 0.31, 而夏季则为 2.27、0.77、1.52 和 0.33, 表明春季生物群落的多样性总体上高于夏季。

综合 4 项特征指数分析表明, 春季 3#站种类组成多样性明显较高, 2#站多样性最低, 5#站也较低。

表 4 春季与夏季底栖动物的生态特征指数

Tab.4 Ecological characteristics of index of benthic animals in spring and summer

指数	站号						
	1	2	3	4	5	6	
春	H'	3.17	1.61	3.95	2.86	2.37	2.97
	J	0.83	0.40	0.91	0.95	0.92	0.89
	D	2.51	1.96	3.46	1.95	1.45	2.12
季	C	0.63	0.58	0.08	0.15	0.22	0.17
	H'	1.32	1.98	2.76	2.07	2.42	3.05
	J	0.47	0.85	0.92	0.69	0.86	0.85
夏	D	1.60	0.80	1.53	1.62	1.35	2.20
	C	0.61	0.31	0.16	0.49	0.24	0.17

夏季 6#和 3#站种类组成多样性明显较高, 1#和 2#站多样性明显较低。

从以站位为组合单元的种类多样性分布来看, 2次调查中, 6#站多样性均为最高, 2#站站均为最低。但夏季 1#站多样性明显低于春季, 该站处于湾顶, 可能受到扰动。

2.4 聚类分析

根据 Jacard 共有系数矩阵, 采用紧邻法作聚类谱系图(图 4)。

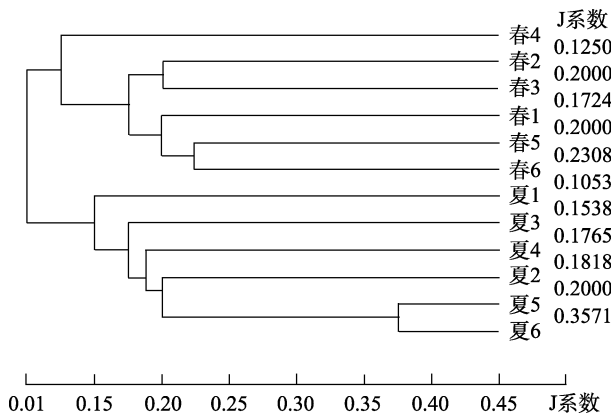


图 4 福宁湾底栖生物群落等级聚类谱系

Fig. 4 Dendrogram for hierarchical clustering of the 12 samples in Funing Bay

从聚类谱系图 4 可以看出, 12 个样品之间的 Jacard 系数均较低, 为 0.1053 ~ 0.3571, 表明各时空单元的生物群落种类组成有较大差异, 但夏 5 与夏 6 群落明显较相似; 聚类总体分为春、夏两大组群, 各样品以春、夏季节组合, 表明季节是影响群落种类组成的主要因子。

3 讨论

3.1 生物群落的季节变化

温度属性是生物种类重要的生物学属性, 它决定生物物种的地理学分布, 主导生物的繁殖周期, 繁殖季节即是生物种类内在温度属性的反映^[6]。亚热带近岸内湾海区多数底栖生物具有春秋两个周年繁殖期, 这一规律在已有的生态调查或个体生物学等有关研究文献中常有报道^[6-7]。福宁湾底栖生物春季种数、生物栖息密度和生物量 3 项指标均显著大于夏季(表 2、表 3), 体现了亚热带近海内湾多数底栖生物第一波春季繁殖期或繁殖盛期的普遍规律。聚类分析亦表明, 季节因子是影响福宁湾底栖生物群落时空分布的主要因子。

另一方面, 由于本地春季多雨, 围堤之后的福

宁湾因陆源水的汇入使盐度明显下降(堤内站位水质盐度: 19.4 ~ 22.3), 春季出现了许多典型的河口内湾半咸水或低盐性的种类, 如光滑狭口螺、缢拟沼螺 *Assiminea latericera*、耳口露齿螺 *Ringicula doliaris*、解氏囊螺、缢蛭 *Sinonovacula constricta* 和宁波泥蟹 *Ilyoplax ningpoensis* 等, 其中光滑狭口螺成为春季堤内个体数量优势种。堤内春季底栖生物群落呈现河内湾类型的群落组成特征。

3.2 堤内外底栖生物群落差异与生境的关系

软相底栖生物群落与底质理化生境因子密切相关。举凡底栖生物的栖息、摄食、繁殖等方式和习性与沉积物粒度组成、化学因子、水动力条件等的生态适应性以及群落生态成因的研究, 为自然生态学者等所关注^[7-9]。Sanders^[10]曾提出, 软相沉积物环境中, 底栖动物群落分布与沉积物粒度组成最为相关, 沉积物类型是底栖动物群落组成的主导因素。经造堤围海的福宁湾, 已形成堤内外生境显著差异的港湾。堤内水动力大大削弱, 形成细砂软泥沉积物形态, 有机质含量较大(堤内站位沉积物有机碳含量: 0.53% ~ 0.62%); 堤外水动力强, 主要是潮汐流及波浪, 大多为浮泥细砂底质, 稳定性较差, 有机质含量较低(堤外站位沉积物有机碳含量: 0.38% ~ 0.52%)。福宁湾堤内底栖生物种类数、生物密度和生物量 3 项指标均比堤外显著较高, 沉积物类型不同是堤内外生物群落基本特征差异的成因。Pearson 等^[11]指出, 多毛类机会种在沉积物环境有机质含量增加时, 迅速繁殖。福宁湾堤内多毛类 17 种, 远多于堤外 9 种, 这与沉积物不同有关。

3.3 泥蚶野生资源

调查发现福宁湾有泥蚶、褐蚶 *Didimacar tenebrica*、缢蛭、小英蛭、光滑河篮蛤、截形白樱蛤 *Macoma praerupta* 等多种经济贝类。其中我国四大传统贝类养殖之一的泥蚶数量大, 是福宁湾底栖生物的优势种, 其综合显著度 IV 达 0.417。泥蚶主要出现于 2# 站位, 春季个体丰度高达 1520 个/m², 生物量 3182.10 g/m², 平均个体质量 2.09g; 夏季丰度达 100 个/m², 生物量 494.20 g/m², 平均个体质量 4.94g。据查证至少近 6 年来调查海区无泥蚶人工养殖, 可见目前福宁湾栖息着宝贵的泥蚶自然种群。当前我国经济海产动物养殖产业普遍面临种质资源退化的现象, 为此, 今后进一步开展福宁湾泥蚶野生种群的生物生态调查, 建立泥蚶自然原种保护区, 科学利用和保护泥蚶野生资源值得重视。

附录 福宁湾底栖生物种类名录

		春季堤内	春季堤外	夏季堤内	夏季堤外
纽形动物	NEMERTINA				
纵沟纽虫	<i>Lineus</i> sp.	+		+	+
多毛类	POLYCHAETA				
锥唇吻沙蚕	<i>Glycera.onomichiensis</i>	+			
吻沙蚕	<i>Glycera</i> sp.	+			
中华内卷齿蚕	<i>Aglaophamus sinensis</i>	+	+		+
刺沙蚕	<i>Neanthes</i> sp.		+		
巴氏钩毛虫	<i>Sigambra bassi</i>			+	
智利巢沙蚕	<i>Diopata chiliensis</i>				+
不倒翁虫	<i>Sternaspis sculata</i>				+
双小健足虫	<i>Micropodarke dubia</i>	+			
背鳞虫	<i>Lepidonotus</i> sp.	+			
异足索沙蚕	<i>Lumbrineris heteropoda</i>	+	+	+	+
索沙蚕	<i>Lumbrineris</i> sp.	+	+	+	+
滑指矾沙蚕	<i>Eunice indica</i>	+			
奇异稚齿虫	<i>Paraprionospio pinnata</i>		+	+	+
后指虫	<i>Laonice cirrata</i>	+			
蛇杂毛虫	<i>Poecilochaetus serpens</i>	+			
扇栉虫	<i>Amphicteis gunneri</i>	+			
竹节虫	<i>Maldanidae</i> und.	+			
缨鳃虫	<i>Sabella penicillus</i>	+			
背蚓虫	<i>Notomastus</i> sp.	+	+	+	+
软体动物	MOLLUSCA				
中国小铃螺	<i>Minolia chinensis</i>	+			+
马氏光螺	<i>Eulima maritini</i>	+			
绯拟沼螺	<i>Assiminea latericera</i>	+			
微黄镰玉螺	<i>Lunatia gilva</i>	+		+	
纵肋织纹螺	<i>Nassarius variciferus</i>	+			
织纹螺	<i>Nassarius</i> sp.		+		
光滑狭口螺	<i>Stenothyra glabra</i>	+	+		
耳口露齿螺	<i>Ringicula doliaris</i>	+	+		
解氏囊螺	<i>Retusa cecillii</i>	+	+		
园筒原盒螺	<i>Eocylichna braunsi</i>				+
豆形胡桃蛤	<i>Nucula faba</i>		+	+	
佐渡吻状蛤	<i>Nuculana sadoensis</i>		+		
杓形小囊蛤	<i>Saccella cuspidata</i>		+		
褐蚶	<i>Didimacar tenebrica</i>	+			
泥蚶	<i>Tegillarca granosa</i>	+		+	
小肌蚶	<i>Musculus nanus</i>	+			
云石肌蛤	<i>M. cupreus</i>	+			
鳞片帝汶蛤	<i>Timoclea imbricata</i>	+			
截形白樱蛤	<i>Macoma praerupta</i>			+	+
白樱蛤	<i>Macoma</i> sp.	+			
理蛤	<i>Theora lata</i>		+		+
缢蛏	<i>Sinonovacula constricta</i>	+			

续表

		春季堤内	春季堤外	夏季堤内	夏季堤外
小荚蛭	<i>Siliqua minuma</i>				+
光滑河篮蛤	<i>Potamocorbula laevis</i>	+		+	
甲壳动物	GRASTACEA				
细长涟虫	<i>Iphinoe tenera</i>	+			
上野螺赢蜚	<i>Corophium uenoi</i>	+		+	+
日本大螯蜚	<i>Gradidierella japonica</i>			+	+
拟钩虾	<i>Gammaropsis</i> sp.				+
口虾蛄	<i>Oratosquilla oratoria</i>				+
模糊新短眼蟹	<i>Neoxonophthalmus obscurus</i>	+	+		+
颗粒六足蟹	<i>Hexapus granuliferus</i>	+	+		+
宁波泥蟹	<i>Ilyoplax ningpoensis</i>	+			
绒毛细足蟹	<i>Raphidopus ciliatus</i>		+		
棘皮动物	ECHINODERMATA				
光亮倍棘蛇尾	<i>Amphioplus lucidus</i>				+
小双鳞蛇尾	<i>Amphioplus squamata</i>			+	
阳遂足	<i>Amphiura</i> sp.		+		
脊索动物	CHORDATA				
狼鰕虎鱼	<i>Odontamblyopus rubicundus</i>				+

参考文献:

- [1] 福建省海岸带和海涂资源综合调查领导小组办公室. 福建省海岸带和海涂资源综合调查报告[M]. 北京: 海洋出版社, 1990: 575.
- [2] 林鹏. 植物群落学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1984.
- [3] E.C.皮洛. 数学生态学[M](第二版). 科学出版社, 1988: 406.
- [4] E.C.皮洛. 石绍业、陈华豪等译. 生态学数据的解释[M]. 沈阳: 东北林业大学出版社, 1986: 208.
- [5] 赵大鹏. 定量地学方法及应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 464.
- [6] 黄宗国、蔡如星. 海洋污损生物及其防除[M](上册). 北京: 海洋出版社, 1984: 352.
- [7] Morton B, Morton J. The sea shores Ecology of Hong Kong[M]. Hong Kong: Hong Kong University Press. 1983: 342.
- [8] J.S.格雷. 阎铁、杨德渐、李世珍等译. 海洋沉积物生态学——底栖生物群落结构与功能导论[M]. 海洋出版社, 1987: 231.
- [9] Zhou Shiqiang. Studies on island intertidal benthic ecology in Fujian[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2001, 20(3): 417-425.
- [10] Sanders H L. Benthic studies in Buzzards Bay I. Animal-sediment relationship[J]. Limnology Oceanography, 1958, 3: 245-258.
- [11] Pearson T H, Rosenberg R. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment [J]. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 1978, 16: 229-231.

Studies on ecology of benthic community in Funing Bay

LIN Jian-jie

(Fuzhou Ocean and Fishery Technology Center, Fuzhou 350026, China)

Received: May,11,2013

Key words: benthic organisms; community ecology; Funing Bay

Abstract: Six stations were established to investigate the benthos in funing bay Land reclamation in spring and summer of 2012. 57 species of benthos are indentified in the two cruises, among which there were 24 species of Mollusca, 19 species of Polychaeta, 9 species of Crustacea. The total benthic density is 407.5 ind/m² and most of them are the Mollusca (65.6%). The total benthic biomass is 338.44 g/m² and most of them are the Mollusca (98%). Species number, biomass and density in spring were significantly higher than in summer, and increased from the open sea to inside estuary. Results of Cluster indicate that seasonal succession answer for the fluctuation in the communities of benthos, while the types of sediment answer for the differences between the open sea and inside estuary.

(本文编辑: 梁德海)