

围垦对长江口横沙东滩大型底栖动物群落的影响^{*}

吕巍巍¹ 马长安¹ 余骥¹ 田伟¹ 袁晓² 赵云龙¹

(1. 华东师范大学生命科学学院 上海 200062; 2. 上海市野生动植物保护管理站 上海 200023)

提要 于 2011 年 4—12 月, 采用生态学的方法, 选择了长江口横沙东滩成陆区、促淤区和自然潮滩三种生境, 研究了围垦对其大型底栖动物的影响。结果显示, 在横沙东滩共发现大型底栖动物 28 种, 物种分布为自然潮滩(22 种)>促淤区(19 种)>成陆区(7 种), 优势种为自然潮滩(6 种)>促淤区(5 种)>成陆区(2 种)。大型底栖动物的年均丰度为促淤区(118.68 ind/m^2)>成陆区(100.67 ind/m^2)>自然潮滩(57.56 ind/m^2), 而年均生物量为促淤区(35.71 g/m^2)>自然潮滩(27.56 g/m^2)>成陆区(1.52 g/m^2), 三种生境大型底栖动物的丰度和生物量与其种类组成有关。大型底栖动物的多样性指数(H' 、 J 、 d)为自然潮滩>促淤区>成陆区。群落聚类和 MDS 分析显示横沙东滩三种生境的底栖动物群落之间存在较明显差异, 同时 ABC 曲线也证实了成陆区和促淤区的底栖动物群落有明显变化, 而自然潮滩的群落结构相对完整。以上结果表明, 围垦导致横沙东滩大型底栖动物群落结构发生了明显改变。

关键词 围垦, 大型底栖动物, 群落结构, 横沙东滩

中图分类号 Q958.1

大型底栖动物是海洋生态系统的重要组成部分, 它们生活在海洋环境的“底栖区”, 通过生物沉降和生物扰动很好地耦合了水层系统和底栖系统, 促进了生物地球化学循环(田胜艳等, 2009; 顾晓英等, 2010)。同时, 大型底栖动物又能积极地参与河口生态系统中的物质循环与能量流动, 其群落结构和多样性特征还可以对环境的变化起指示作用(赵永强等, 2009; 戴纪琴等, 2008)。围垦是一种有效解决土地资源紧张的途径, 能带来可观的经济效益, 但与此同时, 围垦对潮间带环境的破坏以及生态平衡被打破之后所引起的一系列湿地生态问题, 如气候变化、生物流失, 尤其是大型底栖动物群落的迁移等, 越来越引起国内外学者的关注(Daphne *et al.*, 2002; Shinichi *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2011)。

横沙岛位于长江口的最东端, 西邻长兴岛, 北邻崇明岛, 其面积约为 67 km^2 , 属于典型的北温带海洋性气候, 年均气温约 15.4°C , 年均降水量约 1140 mm 。横沙东滩是横沙岛的延伸部分, 具有广阔的滩涂湿

地资源, 与长兴岛和九段沙共同构成了长江口的三大浅滩, 是长江口有待开发的主要土地资源(陈吉余等, 1979)。近年来, 随着长江口深水航道工程和横沙东滩促淤圈围工程的先后开展, 横沙东滩人工改造后的湿地面积每年都在不断的增长(杜景龙等, 2007)。但围垦对于横沙东滩大型底栖动物群落结构和多样性的影响, 至今尚未见有详细的研究报道。作者于 2011 年 4—12 月间分四个季节对横沙东滩围垦区大型底栖动物的种类组成、丰度、生物量以及生物多样性等进行了研究, 以期横沙东滩围垦工程后续的湿地生态修复提供相关的基础资料和技术支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

横沙东滩圈围促淤围垦工程已进行了五期, 其中一期、二期、四期为促淤工程, 总促淤面积达到 0.82 万公顷。三期工程是在一期工程之内的成陆工程, 由北侧堤、南侧堤和东侧堤圈围而成。2009—2011 年 4

^{*} 国家科技支撑计划资助项目, 2010BAK69B14 号; 上海市科委重大项目, 09DZ120010A 号, 10DZ1200700 号。吕巍巍, E-mail: lvwei_wei@126.com

通讯作者: 赵云龙, 教授, E-mail: ylzhaol@bio.ecnu.edu.cn

收稿日期: 2011-12-09, 收修改稿日期: 2012-02-27

月实施五期工程,在三期工程外将北导堤由+2—+4m 加高到+8.4m,建成 19.2km 的南大堤。

本研究在围垦区内选择了成陆区、促淤区和自然潮滩三种不同生境进行调查。成陆区位于三期工程内,已不受潮汐动力的影响,内有少量芦苇和其它高等陆生植物,形成了植被带、积水低洼地和无植被光滩相间分布的地貌,底质以硬泥和腐泥为主。促淤区和自然潮滩分别处于南大堤的北侧和南侧。促淤区因不同板块促淤时间不同,植被状况有所差异,但由于受潮水的影响,植被覆盖和底质情况仍然可以呈现典型的潮间带特征,其内部盐沼植物丰度较高。促淤区的四期工程板块有稀疏的海三棱藨草分布,一期、二期工程板块促淤时间较长,高程差异已没有自然潮滩那么明显,其内有芦苇、海三棱藨草和互花米草交错分布,且范围很广。自然潮滩是横沙促淤圈围工程保留的自然潮滩,受不规则半日潮的影响,植被以海三棱藨草为主,兼有少量的芦苇分布,但因促淤圈围工程其高程较低,滩面较短,平均潮差约为 2.59m。

1.2 采样时间与研究方法

于 2011 年 4 月(春季)、7 月(夏季)、10 月(秋季)和 12 月(冬季)对横沙东滩三种生境大型底栖动物进行定量定性研究。依据《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中潮间带生物调查方法(全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程编写组,1986),结合横沙东滩围垦区的生境特点,设置 7 个采样断面(T、S1、S2、S3、N1、N2、N3)。断面 T 位于成陆区,由于该区域不受潮水的影响,已无高程的差异,因此选择了有植被、无植被光滩和积水洼地的三个具有代表性的采样站点;促淤区按照促淤时间的不同,在一期、二期以及四期工程区分别随机选取一条垂直的样带, S1、S2 和 S3;与此相对应的南大堤南侧的自然潮滩分别设置三条样带 N1、N2 和 N3。根据促淤区和自然潮滩的高程及其植被覆盖状况分别设置高、中、低潮带三个采样站点。

以上每个采样站点均重复样方 4—5 个。定量样方取样时用 25cm×25cm×30cm 的定量框准确量取泥样,再用 40 目筛网筛洗泥样中的底栖动物,同时在该站点周围尽可能多获取定性样本。所有大型底栖动物标本用 75% 的酒精固定后带回实验室,进行分离和鉴定,鉴定时尽量鉴定到种,再进行计数和称重。采样点设置情况见图 1。

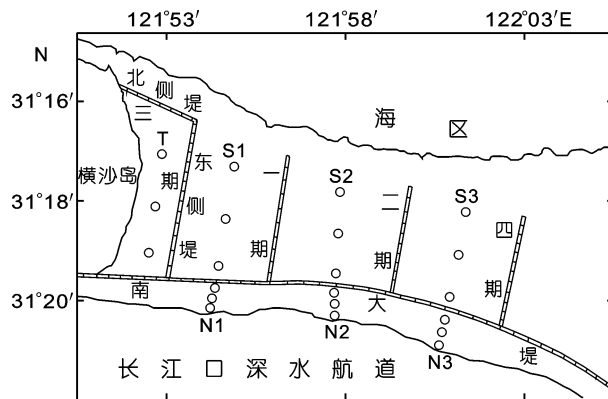


图 1 横沙东滩大型底栖动物采样断面

Fig.1 Sampling sections of macrobenthos in the Hengsha East Shoal

1.3 数据处理与分析

采用以下公式计算大型底栖动物的多样性指数和优势度:

Shannon-Wiener 物种多样性指数(H'): $H' = -\sum (n_i/N) \log_2(n_i/N)$

Margalef 物种丰富度指数(d): $d = (S-1)/\log_2 N$

Pielou 均匀度指数(J): $J = H'/\log_2 S$

优势度(Y): $Y = (n_i/N) f_i$

其中, n_i 为样品中第 i 种的个体数; N 为该水域所有个体总数之和; S 为所采样品中的种类总数; Y 表示优势度指数; 出现率 f_i 是该种出现的站位数与总站数之比的百分数。

使用 SPSS16.0 统计分析软件对数据进行聚类分析(Cluster analysis)和非度量多维尺度(MDS)分析,同时采用 PRIMER5.0 对不同群落进行 ABC 曲线分析(Warwick, 1986)。

2 结果

2.1 种类组成和优势种

在横沙东滩调查区域内共发现底栖动物 28 种,隶属于 5 门 7 纲 18 科。其中节肢动物 13 种,软体动物 8 种,环节动物 5 种,纽形动物和脊椎动物各 1 种。根据围垦的不同区域,底栖动物种类分布呈现出自然潮滩(22 种)>促淤区(19 种)>成陆区(7 种)。按季节变化来看,成陆区为夏季(6 种)>秋季(5 种)>春季(4 种)>冬季(3 种);促淤区为秋季(16 种)>夏季(15 种)>春季(13 种)>冬季(11 种);而自然潮滩则为秋季(20 种)>夏季(17 种)>春季(14 种)>冬季(13 种)。具体结果见表 1。

表 1 底栖动物物种组成
Tab.1 Species composition of macrobenthos

物种	成陆区				促淤区				自然潮滩			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
纽形动物门 Nemertea												
纽虫 <i>Cerebratulina</i> sp.					+				+	+	+	
环节动物门 Annelida												
多毛纲 Polychaeta												
疣吻沙蚕 <i>Tylorrhynchus heterochaetus</i>					+	+	+	+	+	+	+	+
圆锯齿吻沙蚕 <i>Detinephrys galbra</i>						+	+		+	+		
小头虫 <i>Capitella capitata</i>							+	+	+	+	+	+
丝异蚓虫 <i>Heteromastus filiformis</i>					+	+			+	+	+	+
背蚓虫 <i>Notomastus latericeus</i>					+	+						
软体动物门 Mollusca												
腹足纲 Gastropod												
拟沼螺 <i>Assiminea</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	
绯拟沼螺 <i>Assiminea latericea</i>					+	+	+	+			+	
光滑狭口螺 <i>Stenothyra glabra</i>					+	+	+			+	+	
泥螺 <i>Bullacta exarata</i>									+	+	+	+
双壳纲 Bivalvia												
矮拟帽贝 <i>Patelloida pygmaea</i>											+	
河蚬 <i>Corbicula fluminea</i>					+	+	+	+	+	+	+	+
缢蛏 <i>Sinonovacula constricta</i>						+	+	+	+	+	+	+
焦河篮蛤 <i>Potamocor bulaustulata</i>									+	+	+	+
节肢动物门 Arthropoda												
甲壳纲 Crustacea												
中华螺赢蜚 <i>Corophium sinensis</i>		+										
日本旋卷螺赢蜚 <i>Corophium volutator</i>	+	+	+	+	+		+	+	+	+		+
日本沼虾 <i>Macrobrachium nipponense</i>										+	+	+
秀丽白虾 <i>Exopalaemon modestus</i>		+				+	+		+	+	+	+
脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>						+	+				+	
豆形拳蟹 <i>Philyra pisum</i>									+	+	+	
谭氏泥蟹 <i>Ilyoplax deschampsii</i>					+	+	+	+			+	+
中华绒螯蟹 <i>Eriocheir sinensis</i>		+	+				+				+	
狭额绒螯蟹 <i>Eriocheir leptognathus</i>									+	+	+	+
天津厚蟹 <i>Helice wuana</i>					+	+	+	+				
无齿相手蟹 <i>Sesarma dehaani</i>					+	+	+	+				
昆虫纲 Insecta												
摇蚊幼虫 Chironomid larvae	+	+	+	+								
双翅目幼虫 Diptera larvae	+		+									
脊索动物门 Chordata												
鱼纲 Pisces												
弹涂鱼 <i>Periphalms cantonensis</i>					+	+	+	+	+	+	+	+
总计	4	6	5	3	13	15	16	11	14	17	20	13

注：“+”表示该物种有分布

成陆区内物种数较少，优势种单一，摇蚊幼虫是 4 个季节的共有优势种，而日本旋卷螺赢蜚是春季和

秋季的优势种。促淤区的优势种为绯拟沼螺、拟沼螺、缢蛏、谭氏泥蟹和无齿相手蟹。其中谭氏泥蟹作为典

型的潮间带底栖动物，是 4 个季节的共有优势种；拟沼螺是夏季和秋季的优势种；缢蛏是春季和夏季的优势种；无齿相手蟹则是春季和冬季的优势种；而小型腹足类的绯拟沼螺仅在夏季优势度较高。自然潮滩优势种较成陆区和促淤区更为丰富，软体动物的河

蚬作为淡水种类，可以在淡水和咸淡水中生存，是四个季节的共有优势种；泥螺和缢蛏在春季和夏季的优势度较高；而焦河篮蛤则是夏秋两个季节的优势种；环节动物丝异蚓虫和甲壳动物中华绒螯蟹是春季和秋季的优势种。具体结果见表 2。

表 2 大型底栖动物的优势种及优势度(Y)
Tab.2 Dominant species and dominance (Y) of macrobenthos

优势种	成陆区				促淤区				自然潮滩			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
摇蚊幼虫	0.76	0.84	0.83	0.64								
日本旋卷螺赢蛭	0.12		0.03									
谭氏泥蟹					0.13	0.11	0.04	0.32				
无齿相手蟹					0.03			0.04				
缢蛏					0.07	0.05			0.12	0.05		
拟沼螺						0.17	0.32					
绯拟沼螺						0.04						
河蚬									0.13	0.13	0.09	0.21
泥螺									0.06	0.07		
丝异蚓虫									0.04			
焦河篮蛤										0.03	0.04	
中华绒螯蟹											0.04	

2.2 丰度和生物量

横沙东滩大型底栖动物年均丰度以促淤区(118.68ind/m²)>成陆区(100.67ind/m²)>自然潮滩(57.56ind/m²) (图 2)。其中成陆区以夏季的丰度最高(125.67ind/m²),冬季最低(72.33ind/m²),摇蚊幼虫在丰度上占绝对优势,年均丰度可达 81.5ind/m²。促淤区以秋季丰度最高(218.78 ind/m²),冬季最低(39.67ind/m²),高丰度的谭氏泥蟹是促淤区内的主导物种,年平均丰度可以达到 45.25ind/m²,拟沼螺在夏季和秋季的丰度也较高,分别可达 72.89ind/m²和 170.11ind/m²。自然潮滩以春季丰度最高(84.56ind/m²),其次为夏季(74.23ind/m²),秋季最低(33.79ind/m²)。主导物种为经济价值较高的软体动物泥螺、缢蛏和河蚬等,丰度为 39.86ind/m²左右,占自然潮滩全年的 63.39%。

年均生物量同样以促淤区最高(35.71g/m²),其次是自然潮滩(27.56g/m²),成陆区生物量最低(1.52 g/m²)。成陆区生物量最大出现在夏季(2.29g/m²),冬季最小(1.02g/m²),因该区域分布的都是小个体底栖动物,因此生物量不大。促淤区生物量最大为夏季(41.05g/m²),最小为冬季(29.35g/m²)。夏季的生物量以软体动物为主,其生物量之和约占夏季促淤区的

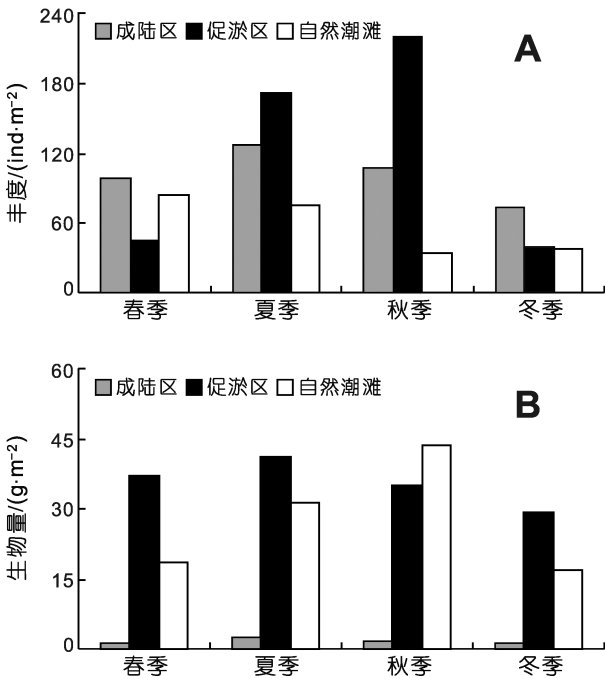


图 2 大型底栖动物的丰度(A)和生物量(B)

Fig.2 Density (A) and biomass (B) of macrobenthos

80.91%, 其余三个季节则以甲壳动物为主。自然潮滩生物量最大为秋季(43.55g/m²),最小为冬季(16.86g/m²)。秋季生物量主要受甲壳动物的影响,其生物量占秋

季总生物量的 71.19%，春季、夏季和冬季则主要受软体动物的影响。

根据丰度和生物量的调查数据，进行方差分析，结果显示：成陆区、促淤区和自然潮滩之间的丰度和生物量都具有极显著性差异($P<0.01$)。成陆区的丰度和生物量在四个季节存在极显著性差异($P<0.01$)；促淤区的丰度在四个季节存在显著性差异($P<0.05$)，生物量存在极显著性差异($P<0.01$)；自然潮滩的丰度在四个季节存在显著性差异($P<0.05$)，生物量存在极显著性差异($P<0.01$)。

2.3 生物多样性

横沙东滩大型底栖动物的 Shannon-Wiener 多样

性指数(H')、Pielou 均匀度指数(J)及 Margalef 丰富度指数(d)大致呈现自然潮滩>促淤区>成陆区，其中成陆区的三种指数年平均值分别为 0.957、0.462 和 0.523；促淤区为 2.193、0.739 和 1.001；而自然潮滩则为 2.625、0.852 和 1.299。见表 3。

2.4 群落聚类和 MDS 分析

为了解围垦对大型底栖动物群落结构的影响，采用 SPSS16.0 进行群落聚类和 MDS 分析。图 3 显示，7 个采样断面的底栖动物群落被分成三组， 组只有断面 T， 组包括 N1、N2 和 N3， 组包括 S1、S2 和 S3，与 MDS 分析结果基本一致，Stress 值为 0.09221，说明吻合度较好。

表 3 大型底栖动物的多样性指数
Tab.3 Diversity indices of macrobenthos

指数	成陆区				促淤区				自然潮滩			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
H'	1.087	0.921	0.999	0.821	2.726	2.205	1.594	2.247	2.512	2.799	2.782	2.404
J	0.543	0.397	0.386	0.518	0.901	0.748	0.564	0.741	0.794	0.888	0.879	0.849
d	0.454	0.742	0.574	0.323	1.119	0.89	0.915	1.081	1.235	1.287	1.506	1.167

2.5 ABC 优势度曲线分析

Abundance-Biomass Curves (ABC)曲线作为一种评价河口湿地和海洋底栖生态系统受扰动程度的有效方法，已被国内外很多学者引用(王备新等, 2004; 廖一波等, 2007; Tito *et al*, 2011)。其原理是当群落未受扰动时，其生物量曲线始终位于丰度曲线上方，当群落受到中度或重度干扰的时候，丰度曲线与生物量曲线相交或完全位于生物量曲线之上。

图 4 所示为成陆区、促淤区和自然潮滩的 ABC 优势度曲线。成陆区的丰度累积曲线完全处于生物量曲线的上方，说明成陆区的底栖动物受到了重度干

扰。促淤区的丰度曲线与生物量曲线出现相交的情况，说明促淤区内底栖动物受到了中度干扰。自然潮滩生物量曲线完全处于丰度曲线的上方，但优势度不是很明显，说明自然潮滩受到轻度的扰动。

3 讨论

3.1 围垦对大型底栖动物群落组成的影响

围垦滩涂由于其生境的改变，群落的物种和优势种组成也会发生相应的变化，从而导致横沙东滩原有的潮间带底栖动物群落结构发生改变。本次对横沙东滩四个季节调查共发现大型底栖动物 28 种，明

显高于袁兴中等(2001)报道的 19 种和陶世如等(2009)报道的 13 种，但通过聚类和 MDS 分析可以看出横沙东滩围垦区内的成陆区、促淤区和自然潮滩三个区域的物种组成存在一定差距。在成陆区采集到摇蚊幼虫、日本旋卷螺赢蛭、中华绒螯蟹和拟沼螺等 7 种底栖动物。与成陆区相比，促淤区和自然潮滩的物种数相对较高，分别为 19 种和 22 种。

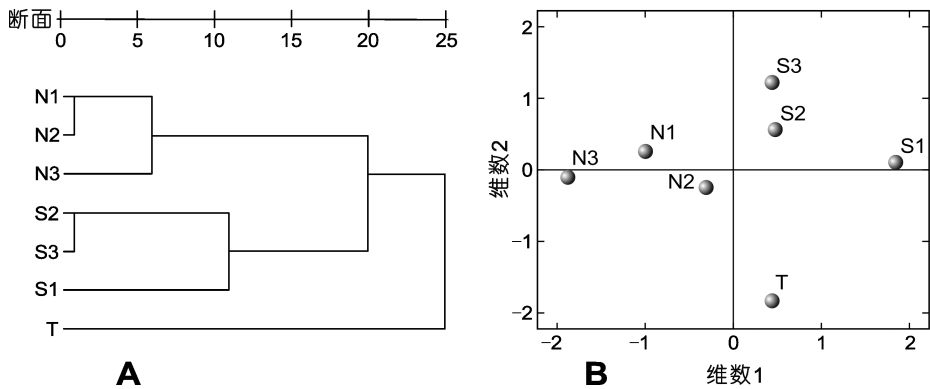


图 3 大型底栖动物群落的聚类(A)和 MDS 分析(B)
Fig.3 Cluster analysis (A) and non-metric multidimensional scaling (B) of macrobenthic communities

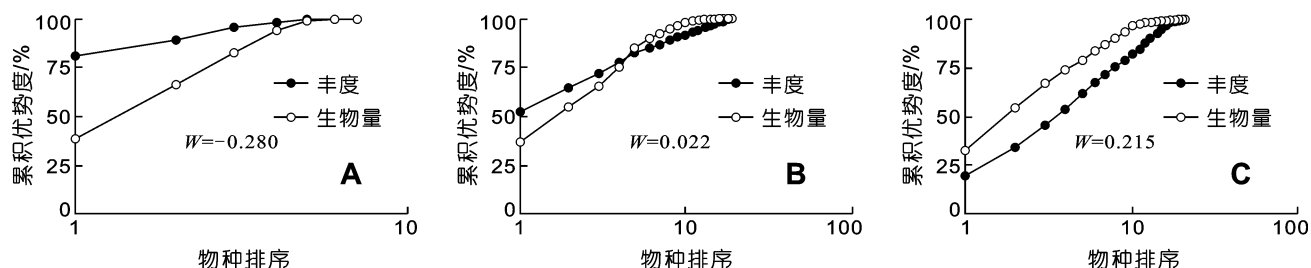


图4 大型底栖动物的 ABC 曲线图

Fig.4 ABC plots of macrobenthos

注: A. 成陆区; B. 促淤区; C. 自然潮滩

但促淤区物种组成以拟沼螺、拟沼螺、无齿相手蟹和天津厚蟹为主, 而自然潮滩以泥螺、焦河篮蛤、日本沼虾、豆形拳蟹和狭颚绒螯蟹等长江口常见种为主, 且这些物种在促淤区和成陆区未见分布。三个区域底栖动物种类组成上的差异与其生存环境的盐度、沉积物类型、盐沼植被等因子有关, 其中盐度和潮汐动力的影响作用最大。具体原因为成陆区大堤已合围 7 年, 与东侧和南侧两大堤外的自然水系不通, 造成成陆区内原有海水逐渐自然淡化, 盐沼植物逐渐向陆生高等植物演化, 原潮间带底栖动物逐渐消失。而促淤区由于泥沙的堆积, 使沉积物类型逐渐趋同, 潮汐动力减弱, 有利于海三棱藨草和互花米草等盐沼植物由高、中潮带向低潮带光滩扩张, 影响原低潮带物种的分布。自然潮滩与成陆区和促淤区相比, 物种相对丰富, 但由于受到人类修筑南大堤的影响, 保留滩面变窄, 底栖动物的物种数明显低于邻近崇明东滩的 63 种(安传光等, 2008)。此次调查结果表明围垦筑堤工程对横沙岛不同区域的湿地底栖动物产生了不同程度的影响。

物种分布因生境的改变而改变, 同样也导致了优势种的差异。成陆区只有摇蚊幼虫和日本旋卷螺赢蜚两个优势种。主要原因是围垦成陆后水系不通, 区内植物死亡分解等, 使得积水低洼地有机质含量持续升高, 为摇蚊幼虫和日本旋卷螺赢蜚种群的发展提供了适宜的条件(黄少锋等, 2011)。相对而言, 促淤区优势种拟沼螺、拟沼螺、缢蛏、谭氏泥蟹和无齿相手蟹是长江口潮间带典型的底栖动物, 由于促淤区堤坝没有合拢, 尚存在潮汐动力作用, 因此保留了这些优势物种, 但主要分布于低潮带的焦河篮蛤、泥螺等自然潮滩优势种在促淤区不再为优势种或无分布, 原因主要与上述的促淤区稳定的同底质环境, 潮汐动力作用减小, 使促淤区原低潮带的光滩被大量的植被所覆盖, 焦河篮蛤、泥螺等分布于低潮带的物

种因不适宜于生境的改变而消失有关。因此优势度也可以反映生物群落的健康状况, 成陆区摇蚊幼虫优势度过高, 说明群落内部各物种生态地位已出现不平衡, 群落稳定性较差, 健康状况比较脆弱。自然潮滩优势种数量多, 没有优势地位很明显的物种, 说明自然潮滩群落相对稳定。促淤区与自然潮滩相比, 优势种发生了很大的改变, 说明该区域的围垦对其生态系统产生了很大的影响。

3.2 围垦对大型底栖动物生物量和丰度的影响

横沙东滩底栖动物的丰度和生物量与物种组成密切相关, 而物种组成受生境的直接影响。年均丰度以促淤区最高, 成陆区次之, 自然潮滩最低; 年均生物量也是以促淤区最高, 其次是自然潮滩, 成陆区生物量则最低。成陆区的年平均丰度相对较高, 而年平均生物量却最低, 这与成陆区围垦时间久, 陆生化较严重, 原有物种如缢蛏、泥螺、河蚬和无齿相手蟹等个体较大的物种由于不适应围垦后恶劣的生存环境而死亡, 同时由于大坝的阻隔, 外来物种也无法迁入成陆区, 但耐污种摇蚊幼虫和日本旋卷螺赢蜚却因适应这种有机质污染严重的环境而大量繁殖, 造成该区域底栖动物的年平均丰度高达 100.67 ind/m^2 , 但由于摇蚊幼虫、螺赢蜚等个体生物量小, 所以会出现高丰度和低生物量的这种现象。

促淤区底栖动物的年平均丰度和年平均生物量均高于横沙东滩的成陆区和自然潮滩。促淤区相对稳定的底质环境和大量繁殖的盐沼植被等是促进其丰度增高的关键, 南大堤建成为芦苇和海三棱藨草等迅速扩张提供了条件, 同时芦苇等植被又加速了促淤区的泥沙沉积, 使底质较南侧的自然潮滩更为稳定, 一些植食性的底栖动物, 如拟沼螺和谭氏泥蟹因有丰富的食物来源和稳定的生存空间而大量繁殖, 但与此同时高中潮带的下迁使得原本丰度较低的低潮带光滩开始有植被的覆盖和大量植食性小个体底

栖动物的出现,而原本低潮带群落中数量较少但相对稳定的泥螺和焦河篮蛤等物种消失,这种物种之间的取代是导致促淤之后丰度升高的关键。促淤区全年的生物量主要受无齿相手蟹等甲壳动物的影响,而无齿相手蟹的耐温范围较广,四个季节的物种丰度变化幅度较小,个体生物量相对稳定,所以促淤区冬季生物量仍高达 $29.35\text{g}/\text{m}^2$,明显高于冬季成陆区的 $1.02\text{g}/\text{m}^2$ 和自然潮滩的 $16.86\text{g}/\text{m}^2$ 。

自然潮滩底栖动物的年平均丰度最低,主要原因是南大堤修筑的影响,以及保留的自然潮滩滩面狭窄,受长江口潮汐动力作用明显,底质环境稳定性较差,又由于自然潮滩植被覆盖率较促淤区低,且高程低,受潮水浸泡时间相对较长,不适合缢蛏等软体动物和无齿相手蟹等甲壳动物的大量繁衍,但自然潮滩的复杂生境为底栖动物提供了多种可供选择的生态位,故自然潮滩物种数最多,有 22 种。这些物种个体大小不一,因此自然潮滩底栖动物的总生物量保持在相对较高的水平。

3.3 围垦对大型底栖动物多样性的影响以及干扰程度的评价

底栖动物多样性与群落结构密切相关,而群落之间的差异主要受物种数量以及丰度的影响。从聚类和 MDS 分析的结果来看,横沙东滩三种生境的底栖动物群落之间存在较明显差异,而四个季度的多样性指数(H')、均匀度指数(J)和丰富度指数(d)也基本呈现出自然潮滩>促淤区>成陆区。成陆区群落结构最为简单,多样性指数相对最低,原因是成陆区全年仅采到 7 种底栖动物,其群落内耐污种摇蚊幼虫的丰度占到整个成陆区的 81%,这就导致成陆区物种的生态地位极不平衡,均匀度较差,而物种数少也直接导致成陆区丰富度较差。促淤区群落结构较为复杂,多样性指数波动幅度较宽,但促淤区同样面临着围垦的影响,生境的改变和潮间带的迁移使个别物种的生存空间扩张,与成陆区不同的是,促淤区受植被影响较甚,这就使丰度在各物种之间分布的均匀性具有了季节性的差异,其中,春季分布最为均匀,其多样性指数和均匀度指数均超过了自然潮滩,但促淤区物种数在各季节都少于自然潮滩,这也导致其丰富度低于自然潮滩。自然潮滩群落结构最为复杂,多样性指数相对最高,尽管也受到围垦大坝建设的影响,但其物种分布最为均匀,多样性和丰富度均较高,基本上具有长江口潮间带底栖动物群落的特征(徐宏发等, 2005; 刘录三等, 2008)。

多样性指数(H')和 ABC 曲线可以很好地反映出由于环境因素或人为因素而使潮滩湿地受到干扰的程度(Craeymeersch, 1991; 李新正等, 2010)。成陆区多样性指数(H')全年仅有春季大于 1,其群落内部丰度分布极为不均,累积优势度已经超过了生物量的累积百分比,显示为重度干扰。促淤区多样性指数(H')全年在 1.5—2.7 波动,但丰度累积曲线与生物量曲线相交,证明其受到中度干扰。自然潮滩多样性指数(H')全年最低也有 2.404,生物量的累积优势度始终比丰度要高,虽然自然潮滩在一定程度上也受到围垦干扰的影响,导致其生物量曲线的优势度不明显,但仍可认为保留的自然潮滩的群落结构相对完整。因此,综上所述,湿地围垦对底栖动物群落结构的影响十分明显,保持围垦湿地与自然水系的流通、降低促淤高程的幅度和保留部分潮间带可能是原湿地内底栖动物群落不会剧烈变动的有效方法,但针对底栖动物而言,相关的围垦技术和修复措施尚需进行深入研究。

参 考 文 献

- 王备新, 杨莲芳, 2004. 我国东部底栖无脊椎动物主要分类单元耐污值. 生态学报, 24(12): 2768—2775
- 田胜艳, 张文亮, 张 锐, 2009. 大型底栖动物在海洋生态系统中的作用. 盐业与化工, 38(2): 50—54
- 全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程编写组, 1986. 全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程. 北京: 海洋出版社, 40—49
- 刘录三, 孟 伟, 田自强等, 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
- 安传光, 赵云龙, 林 凌等, 2008. 崇明岛潮间带夏季大型底栖动物多样性. 生态学报, 28(2): 577—586
- 杜景龙, 姜俐平, 杨世伦, 2007. 长江口横沙东滩近 30 年来自然演变及工程影响的 GIS 分析. 海洋通报, 26(5): 43—48
- 李新正, 刘录三, 李宝泉等, 2010. 中国海洋大型底栖动物——研究与实践. 北京: 海洋出版社, 77—128
- 陈吉余, 恽才兴, 徐海根等, 1979. 两千年来长江河口发育的模式. 海洋学报, 1(1): 103—111
- 赵永强, 曾江宁, 高爱根等, 2009. 椒江口滩涂大型底栖动物群落格局与多样性. 生物多样性, 17(3): 303—309
- 袁兴中, 陆健健, 2001. 长江口岛屿湿地的底栖动物资源研究. 自然资源学报, 16(1): 37—41
- 顾晓英, 陶 磊, 尤仲杰等, 2010. 象山港大型底栖动物群落特征. 海洋与湖沼, 41(2): 208—213
- 徐宏发, 赵云龙, 2005. 上海市崇明东滩鸟类自然保护区科学考察集. 北京: 林业出版社, 75—115
- 陶世如, 姜丽芬, 吴纪华等, 2009. 长江口横沙岛、长兴岛潮间

- 带大型底栖动物群落特征及其季节变化. 生物学杂志, 28(7): 1345—1350
- 黄少锋, 刘 玉, 李 策等, 2011. 珠江口滩涂围垦对大型底栖动物群落的影响. 应用与环境生物学报, 17(4): 499—503
- 廖一波, 曾江宁, 陈全震等, 2007. 嵊泗海岛不同底质潮间带春秋季大型底栖动物的群落格局. 动物学报, 53(6): 1000—1010
- 戴纪翠, 倪晋仁, 2008. 底栖动物在水生生态系统健康评价中的作用分析. 生态环境, 17(6): 2107—2111
- Craeymeersch J A, 1991. Applicability of the abundance/biomass comparison method to detect pollution effects on intertidal macrobenthic communities. Hydrobiological Bulletin, 24: 133—140
- Daphne V D W, Kenneth P, Adrian N, 2002. Long-term morphological change in the Ribble Estuary, northwest England. Marine Geology, 189: 249—266
- Shinichi S, Hiroyoshi Y, Kyungwon K *et al*, 2007. Human impacts on Coastal Communities: A case study of benthic faunal changes after Dike Construction in Saemangeum, South Korea. The Quaternary Research, 46: 265—274
- Tito C M D A, Jorge M V, 2011. Macrobenthic associations in a South Atlantic Brazilian enclosed bay: The historical influence of shrimp trawling. Marine Pollution Bulletin, 62: 2190—2198
- Warwick R M, 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthos communities. Marine Biology, 92: 557—562
- Yang H Y, Chen B, Mark B *et al*, 2011. Impacts of tidal land reclamation in Bohai Bay, China: ongoing losses of critical Yellow Sea waterbird staging and wintering sites. Bird Conservation International, 21: 241—259

INFLUENCE OF RECLAMATION ON MACROBENTHIC COMMUNITY IN THE HENGSHA EAST SHOAL OF YANGTZE RIVER ESTUARY

LÜ Wei-Wei¹, MA Chang-An¹, YU Ji¹, TIAN Wei¹, YUAN Xiao², ZHAO Yun-Long¹

(1. School of Life Science, East China Normal University, Shanghai, 200062;

2. Shanghai Wildlife Conservation Management Station, Shanghai, 200023)

Abstract Using ecological methods, we investigated the influence of reclamation on macrobenthic community in the terrestrial zone, the siltation zone and the nature tidal flat of the Hengsha East Shoal from April to December in 2011. The investigation showed that a total of 28 species were found. The rank of the number of macrobenthos species were the nature tidal flat (22 species) > the siltation zone (19 species) > the terrestrial zone (7 species). The rank of the dominant species were the nature tidal flat (6 species) > the siltation zone (5 species) > the terrestrial zone (2 species). The rank of the average abundance of macrobenthos were the siltation zone (118.68ind/m²) > the terrestrial zone (100.67ind/m²) > the nature tidal flat (57.67ind/m²). The rank of the average biomass were the siltation zone (35.71g/m²) > the nature tidal flat (27.56g/m²) > the terrestrial zone (1.52g/m²). The rank of the diversity indices (H' , J , d) of macrobenthos were the nature tidal flat > the siltation zone > the terrestrial zone. The results of CLUSTER and MDS showed that there were significant differences among the three different habitats. The ABC curves also indicated that the macrobenthic community of the siltation zone and the terrestrial zone had been changed while the nature tidal flat were relatively undisturbed. In conclusion, reclamation has significantly changed the composition of macrobenthos.

Key words Reclamation, Macrobenthos, Community structure, Hengsha East Shoal