

崇明岛潮间带夏季大型底栖动物多样性

安传光, 赵云龙*, 林 凌, 李嘉尧, 崔丽丽, 马春艳

(华东师范大学生命科学学院, 上海 200062)

摘要:2006 年 6 月, 在上海市崇明岛潮间带设置 21 个断面, 进行了大型底栖动物定量定性采样调查。采集到大型底栖动物 63 种, 其中甲壳动物 29 种, 占总种数的 46.03%; 软体动物 20 种, 占 31.75%; 环节动物 10 种, 占 15.87%; 底栖鱼类 2 种; 其它 2 种。优势种为无齿相手蟹、天津厚蟹、谭氏泥蟹、中华拟蟹守螺、董拟沼螺、排拟沼螺、光滑狭口螺和丝异蚓虫。大型底栖动物总平均丰度为 138.28 ind/m^2 , 平均生物量为 79.11 g/m^2 。系统聚类分析和 MDS 分析结果基本吻合, 可以把 21 个断面分为 3 组, 崇明北部断面群、崇明东部断面群和崇明南部(含西部)断面群。Shannon-Weiner 指数 $H' = 1.85 \pm 0.528$ (范围 0.946 ~ 2.783), Pielou 均匀度指数 $J = 0.306 \pm 0.098$ (范围 0.142 ~ 0.489), Simpson 优势度指数 $D = 0.622 \pm 0.141$ (范围 0.303 ~ 0.797)。底栖动物的种类组成、丰度、生物量、多样性指数在各断面的差异主要与盐度分布、底质及人为干扰有关。与同期的历史资料相比, 底栖动物总物种数变化不大, 但种类组成有所变化; 优势种有所变化; 丰度和生物量均有所下降; 多样性指数近年来变化不大。围垦减缓使崇明潮间带底栖动物多样性有所恢复, 但在人为干扰和其他因素综合影响下, 原为优势种的河蚬、彩虹明樱蛤、鹿眼螺、小头虫和疣吻沙蚕等的密度下降, 已不再是优势种。

关键词:崇明岛; 大型底栖动物; 潮间带; 生物多样性

文章编号: 1000-0933(2008)02-0577-10 中图分类号: Q16, Q178 文献标识码: A

The biodiversity of macrobenthos of intertidal zone on Chongming Island in summer

AN Chuan-Guang, ZHAO Yun-Long*, LIN Ling, LI Jia-Yao, CUI Li-Li, MA Chun-Yan

School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(2): 0577 ~ 0586.

Abstract: Chongming Island ($31^{\circ}25'N - 31^{\circ}50'N$, $121^{\circ}10'E - 122^{\circ}00'E$) is the largest alluvion of China and situates in the Yangtze estuary. We investigated the Summer macrobenthos species diversity in the Chongming Island intertidal zone and the species distribution trend. Study materials were collected in June 2006 for qualitative and quantitative investigation from 21 sections in the Chongming Island intertidal zone. The Shannon-Wiener index, Pielou's evenness index, Simpson's diversity index, clustering analysis and MDS were applied to analyse the data of community structure, species assemblages, dominant species and macrobenthos abundance. In this investigation, 63 macrobenthos species were obtained, of which 29 species are crustacean (46.03%), 20 species are mollusca (31.75%), 10 species belong to annelida (15.87%), 2 species are dermesal fishes and 2 other species.

基金项目:上海市科学技术委员会重大资助项目(04DZ19031, 06DZ12302, 05DZ12005)

收稿日期:2006-12-01; **修订日期:**2007-07-03

作者简介:安传光(1971 ~), 男, 山东人, 博士生, 主要从事潮间带底栖动物生态学研究. E-mail: chuanguang-an@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ylzha@bio.ecnu.edu.cn

致谢:感谢赖伟教对本种类鉴定和本文写作的指导。

Foundation item: The project was financially supported by Science & Technology Department of Shanghai (Grant No. 04DZ19301, 06DZ12302, 05DZ12005)

Received date: 2006-12-01; **Accepted date:** 2007-07-03

Biography: AN Chuan-Guang, Ph. D. candidate, mainly engaged in macrobenthic ecology. E-mail: chuanguang-an@163.com

Among dominant species were: *Sesarma dehaani*, *Helice tientsinensis*, *Ilyoplax deschampsii*, *Cerithidea sinensis*, *Assiminea violacea*, *Assiminea latericea*, *Stenothya glabra*, *Heteromastus filiformis*. The average macrobenthos abundance was 138.28 ind/m^2 , and the biomass was 79.11 g/m^2 . According to the clustering analysis and MDS results, the sections were divided into limnetic groups, brackish groups and hyperhaline groups situated respectively at the south, north and east (including west) of Chongming Island. Shannon-Weiner index $H' = 1.85 \pm 0.528$ (range 0.946 – 2.783), Pielou index $J' = 0.306 \pm 0.098$ (0.142 – 0.489), Simpson diversity index $D = 0.622 \pm 0.141$ (0.303 – 0.797). The difference of species composition, biomass, abundance and diversity indexes between the sections are caused by salinity, substrate and artificial activities. Compared with the previous data, the total species and diversity index didn't change much during recent years, while species composition changed. The abundance and the biomass deceased. The slowing of diking wetland facilitates the biodiversity of macrobenthos to convalesce in the intertidal zone. Affected by artificial activities, the runoff of Yangtze River and other factors, the previously dominant species are no longer dominant, and their abundance and distribution area is decreasing. Affected species include *Corbicula fluminea*, *Moerella iridescens*, *Rissoina* sp., *Capitella capitata*, and *Tylorhynchus heterochaetus*.

Key Words: Chongming Island; macrobenthos; intertidal zone; biodiversity

大型底栖动物是河口生态系统的重要组成部分,具有重要功能^[1,2]。对环境变化敏感而脆弱,种类组成和数量的变动能灵敏地反映环境变迁^[3~6]。崇明岛位于西太平洋沿岸中国海岸线的中点地区,地处中国最大河流长江入海口,是全世界最大的河口冲积岛,是仅次于中国台湾岛、海南岛的第三大岛屿。全岛面积 1225 km^2 ,东西长 80 km ,南北宽 $13 \sim 18 \text{ km}$ 。历史资料表明崇明岛潮间带生态环境优越,拥有丰富的生物资源,底栖动物种类繁多,尤其是作为鸟类迁徙路线上重要中转站的崇明东滩,是鸟类栖息地、繁殖地和越冬地,现已成为国家鸟类自然保护区。由于崇明岛独特的地理位置以及学术研究上的重要价值,吸引了国内外许多学者的兴趣。袁兴中等^[7]研究了高程、植被等对底栖动物的影响;徐宏发等^[2]对崇明东滩底栖动物资源的现状进行了调查。但对崇明岛整个岛屿的潮间带底栖动物多样性的研究,则尚未见有相关报道。近年来,随着三峡大坝的建成,使长江口的水温、盐度、泥沙沉积速率、悬浮颗粒含量、水质及透明度等这些底栖动物赖以栖息的环境因子发生变化,进而影响其生存,致使其群落多样性的消长变动^[8,9],长江口底栖动物群落变动的状况如何亟需对其进行全面调查。因此作者于 2006 年 6 月在崇明岛潮间带对大型底栖动物作了比较全面的定性、定量调查,企望了解崇明岛潮间带大型底栖动物生物多样性现状以及发展趋势,分析崇明潮间带生态系统物种多样性和目前存在的问题,为物种多样性保护与对策提供必要的参数。

1 研究方法

调查区域覆盖整个崇明岛潮间带,东经 $121^\circ 10'$ 至 $122^\circ 00'$,北纬 $31^\circ 25'$ 至 $31^\circ 50'$ 之间。根据 2005 年的《海岛调查技术规程》^[10],结合崇明岛潮间带的环境现状,为使研究结果较为完整且具有代表性,设置了 21 个潮间带垂直取样断面(图 1),其中断面 S14 ~ S21 位于崇明东滩鸟类自然保护区(以下简称“崇明东滩”),断面走向与等深线垂直,各断面在高、中、低潮带各设一个取样站。采样时用 GPS 定位,每个取样站分别进行定量、定性采集,并随时记录采样区的盐度、PH 等环境因子。定量采集用取样面积为 0.0625 m^2 的取样框取样 8 次(总计 0.5 m^2)。取样方法为先拣取框内表面的大型底栖动物,然后再挖取框内底泥至 30 cm 深,同时根据穴居动物的特点,适当加大采样深度,用孔径 1.0 mm 的筛网冲洗去泥。所获样品用 4% 的福尔马林固定后带回实验室,进行种类鉴定、个体计数、称重、生物量计算,并对所获数据进行统计分析。生物多样性指数分析,采用以下计算公式^[2,7]:

Shannon-Wiener 指数

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i$$

Pielou 种类均匀度指数

$$J = (- \sum P_i \log_2 P_i) / \log_2 S$$

Simpson 指数

$$D = 1 - \sum [ni(ni - 1) / N(N - 1)]$$

优势度

$$Y = (ni / N)fi$$

式中, S 为总种数; P_i 为种 i 的个体数占总个体数的比例; n_i 为 i 种的个体数; N 为所有种的个体总数;出现率 f_i 是该种出现的站位数与总站位数之比的百分数;群落欧氏距离本文采用原始数据四次方根转换, X_{ij} 是第 i 个物种在第 j 个样方中的丰度经变化后的数值, Y_{ik} 是第 i 个物种在第 k 个样方中的丰度经变化后的数值。在相似性指数的基础上,进行群落结构多位序分析(Multidimensional Scale MDS)。为了减少机会种的影响,在聚类分析时,删除占总个体数 1% 以下的物种,但保留在任意断面大于该断面总个体数 3% 的物种。

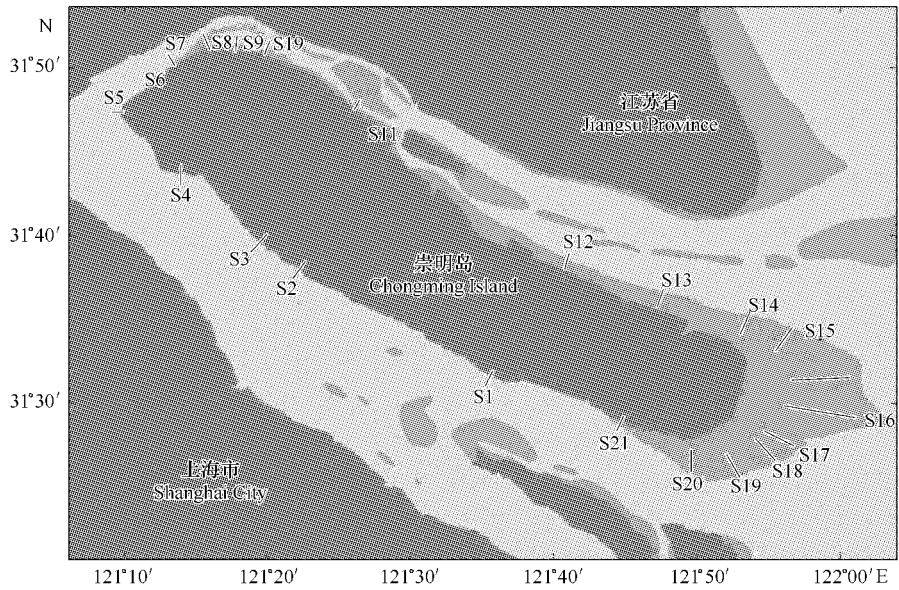


图 1 崇明岛潮间带底栖动物调查断面分布

Fig. 1 Geographical location of marobenthos sampling sections in Chongming Island

2 结果

2.1 主要环境因子

崇明潮间带底质 pH 值为 6.64 ~ 8.42, 近中性;盐度呈北高南低、东高西低的特点,幅度在 0.92 ~ 10.76 之间;沉积物为黏土质粉沙和粉沙质黏土为主,崇明北部的颗粒较细、东南部的较粗(表 1)。

表 1 各断面主要环境因子

Table 1 The main surroundings factors in every sampling section

断面 Section	中值粒径 Φ	酸碱度 pH	盐度 Salt	断面 Section	中值粒径 Φ	酸碱度 pH	盐度 Salt
S1	4.89 ± 0.51	7.46 ± 0.65	3.23	S12	6.55 ± 0.88	6.82 ± 0.02	10.76
S2	4.83 ± 1.05	7.90 ± 0.07	4.14	S13	6.38 ± 1.50	7.86 ± 0.57	9.18
S3	4.88 ± 0.95	6.98 ± 0.19	3.57	S14	6.20 ± 0.85	7.24 ± 0.70	8.05
S4	4.25 ± 0.28	7.42 ± 0.02	2.05	S15	5.97 ± 1.45	7.38 ± 0.30	8.45
S5	5.18 ± 0.22	7.38 ± 0.17	1.44	S16	5.71 ± 1.44	7.29 ± 0.27	9.71
S6	5.44 ± 1.47	7.60 ± 0.10	0.92	S17	4.99 ± 1.07	7.38 ± 0.26	3.83
S7	5.18 ± 0.65	7.25 ± 0.09	1.03	S18	4.78 ± 1.32	7.79 ± 0.51	4.74
S8	5.08 ± 0.55	8.31 ± 0.02	3.22	S19	5.24 ± 1.92	8.01 ± 0.54	2.25
S9	4.90 ± 1.00	7.68 ± 0.07	2.51	S20	4.99 ± 0.75	7.73 ± 0.41	2.94
S10	4.97 ± 0.66	7.30 ± 0.02	3.04	S21	4.42 ± 1.06	7.70 ± 0.62	1.67
S11	5.80 ± 0.01	8.07 ± 0.15	7.11				

2.2 种类组成及分布

本次调查中共采集到大型底栖动物 63 种(表 2),隶属于 5 门、34 科、48 属,其中甲壳动物最多,有 29 种,占总种数的 46.03%;软体动物 20 种,占 31.75%;环节动物 10 种,占 15.87%;底栖鱼类和其它动物各 2 种,分别占 3.17%。将 63 种底栖动物分为近海广盐种和低盐淡水种两种盐度适应生态型^[2]。崇明岛潮间带底栖动物以近海广盐种类为主,有 47 种,占 74.6%;低盐淡水种类有 16 种,占 25.4%。广盐种类是河口潮间带和近海共有种及来自海洋的入侵种,有多毛类中的背蚓虫、小头虫,端足类中的钩虾等;已经适应低盐条件的淡水种类,有无齿相手蟹、河蚬、光滑狭口螺等,还包括一些陆生无脊椎动物的幼虫。占采集到的底栖动物总样本数 10% 以上的种类有谭氏泥蟹、董拟沼螺、丝异蚓虫;占 1% ~ 10% 的种类有无齿相手蟹、天津厚蟹、河蚬、排拟沼螺、光滑狭口螺。

表 2 崇明岛底栖动物名录及分布

Table 2 The constitute and distribution of marobenthos in Chongming Island

类群及物种 Groups and species	数量级 Abundance	高潮带 Hingh tideland	中潮带 Middle tideland	低潮带 Lower tideland	广盐 Euryhaline	淡水 Limnetic
寡毛纲 Oligochaeta						
霍甫水丝蚓 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	+		✓	✓		✓
沙蚕科 Nereididae						
日本刺沙蚕 <i>Neanthes japonica</i>	+		✓	✓	✓	
疣吻沙蚕 <i>Tylorrhynchus heterochaetus</i>	+		✓			✓
齿吻沙蚕科 Nephtyidae						
多鳃齿吻沙蚕 <i>Nephtys polybranchi</i>	+	✓	✓	✓	✓	
寡鳃齿吻沙蚕 <i>N. oligobranchia</i>	+			✓	✓	
小头虫科 Capitellidae						
小头虫 <i>Capitella capitata</i>	+	✓	✓	✓	✓	
丝异蚓虫 <i>Heteromastus filiformis</i>	+++	✓	✓	✓	✓	
背蚓虫 <i>Notomastus latericeus</i>	+			✓	✓	
异蚓虫 <i>Capitellethus dispar</i>	+			✓	✓	
中蚓虫 <i>Mediomastus californiensis</i>	+		✓	✓	✓	
腹足纲 Gastropoda						
田螺科 Viviparidae						
梨形环棱螺 <i>Bellamya purificata</i>	+		✓	✓		✓
中华圆田螺 <i>Cipangopaludina cathayensis</i>	+		✓	✓		✓
拟沼螺科 Assimineidae						
董拟沼螺 <i>Assiminea violacea</i>	+++	✓	✓			✓
排拟沼螺 <i>A. latericea</i>	++	✓	✓			✓
琵琶拟沼螺 <i>A. lutea</i>	+	✓	✓			✓
紧缢小田螺 <i>Paludinella striata</i>	+		✓			✓
狭口螺科 Stenothyidae						
光滑狭口螺 <i>Stenothyi aglabra</i>	++			✓		✓
汇螺科 Potamididae						
中华拟蟹守螺 <i>Cerithidea sinensis</i>	++	✓	✓		✓	
玉螺科 Naticidae						
灰黄镰玉螺 <i>Lunatia gilva</i>	+		✓	✓	✓	
鹿眼螺科 Rissoidae						
鹿眼螺 <i>Rissoina</i> sp.	+	✓	✓	✓	✓	
耳螺科 Ellobiidae						
中国耳螺 <i>Ellobium chinensis</i>	+	✓			✓	

续表

类群及物种 Groups and species	数量级 Abundance	高潮带 Hingh tideland	中潮带 Middle tideland	低潮带 Lower tideland	广盐 Euryhaline	淡水 Limnetic
阿地螺科 Atyidae						
泥螺 <i>Bullacta exarata</i>	+			✓	✓	
石磺科 Onchidiidae						
瘤背石磺 <i>Onchidium struma</i>	+	✓			✓	
双壳纲 Bivalvia						
贻贝科 Mytilidae						
沼蛤 <i>Limnoperna fortunei</i>	+			✓		✓
蜆科 Corbiculidae						
河蜆 <i>Corbicula fluminea</i>	++		✓	✓		✓
蛤蜊科 Mactridae						
四角蛤蜊 <i>Mactra veneyformis</i>	+		✓	✓	✓	
樱蛤科 Tellinidae						
彩虹明樱蛤 <i>Moerella iridescens</i>	+		✓	✓	✓	
绿螂科 Glauconomidae						
中国绿螂 <i>Glauconome chinensis</i>	+		✓	✓	✓	
竹蛏科 Solenidae						
缢蛏 <i>Sinonovacula constricta</i>	+	✓	✓	✓	✓	
篮蛤科 Corbulidae						
焦河篮蛤 <i>Potamocorbula ustulata</i>	+		✓	✓	✓	
甲壳纲 Crustacea						
藤壶科 Balanidae						
泥藤壶 <i>Balanus uliginosus</i>	+	✓	✓	✓	✓	
盖鳃水虱科 Idotheidae						
光背节鞭水虱 <i>Synidotea laevidorsalis</i>	+		✓	✓	✓	
螺赢蜚科 Corophiidae						
中华螺赢蜚 <i>Corophium sinens</i>	+	✓	✓	✓	✓	
河螺赢蜚 <i>C. acherusicum</i>	+	✓	✓	✓	✓	
钩虾科 Gammaridae						
钩虾 <i>Gammarus</i> sp.	+			✓	✓	
长臂虾科 Palaemonidae						
日本沼虾 <i>Macrobrachium nipponensis</i>	+			✓		✓
秀丽白虾 <i>Exopalaemon modestus</i>	+			✓		✓
玉蟹科 Leucosiidae						
豆形拳蟹 <i>Philyra pisum</i>	+			✓	✓	
隆线拳蟹 <i>P. carinata</i>	+			✓	✓	
馒头蟹科 Calappidae						
中华虎头蟹 <i>Orithya sinica</i>	+			✓	✓	
沙蟹科 Ocypodidae						
弧边招潮 <i>Uca arcuata</i>	+	✓	✓		✓	
屠氏招潮 <i>U. dussumieri</i>	+	✓	✓		✓	
谭氏泥蟹 <i>Ilyoplax deschampsii</i>	+++	✓	✓	✓	✓	
锯脚泥蟹 <i>I. dentimera</i>	+			✓	✓	
日本大眼蟹 <i>Macrophthalmus japonicus</i>	+		✓		✓	
宽身大眼蟹 <i>M. dilatatum</i>	+		✓	✓	✓	
隆线拟闭口蟹 <i>Paracleistos tomacristatum</i>	+	✓	✓	✓	✓	

续表

类群及物种 Groups and species	数量级 Abundance	高潮带 Hingh tideland	中潮带 Middle tideland	低潮带 Lower tideland	广盐 Euryhaline	淡水 Limnetic
梭子蟹科 Portunidae						
拟穴青蟹 <i>Scylla paramamosain</i>	+		✓		✓	
方蟹科 Grapsidae						
中华绒螯蟹 <i>Eriocheir sinensis</i>	+		✓	✓		✓
狭额绒螯蟹 <i>E. leptognathus</i>	+		✓	✓	✓	
天津厚蟹 <i>Helice tientsinensis</i>	++	✓	✓		✓	
伍氏仿厚蟹 <i>H. wuana</i>	+	✓	✓		✓	
沈氏厚蟹 <i>H. tridense sheni</i>	+		✓		✓	
长足方蟹 <i>Metaplax longipes</i>	+		✓	✓	✓	
无齿相手蟹 <i>Sesarma dehaani</i>	++	✓	✓			✓
褶痕相手蟹 <i>S. plicata</i>	+	✓	✓		✓	
斑点相手蟹 <i>S. pictum</i>	+	✓	✓		✓	
红螯相手蟹 <i>S. haematocheir</i>	+	✓	✓		✓	
中型仿相手蟹 <i>S. intermedium</i>	+	✓	✓		✓	
昆虫纲 Insecta						
昆虫幼虫 <i>Insect larve</i>	+	✓	✓			✓
线虫动物门 Nematoda						
线虫 <i>ellworm</i>	+		✓		✓	
鱼纲 Osteichthyes						
弹涂鱼 <i>Periopalmus cantonensis</i>	+		✓		✓	
斑尾鲈虎鱼 <i>Synechogobius ommaturus</i>	+		✓		✓	

+ 表示该物种占所采集到总物种个体数的 1% 以下; ++ 表示该物种占所采集到总物种个体数的 1% ~ 10%; +++ 表示该物种占所采集到总物种个体数的 10% 以上; “✓” 表示有分布

+, ++, +++ the number of the species below 1 %, between 1%—10 % and above 10 % of the total number of all species, respectively; “✓” the species appeared in the area

崇明岛潮间带底栖动物的垂直分布上,高潮带的底栖动物以适应干旱能力较强的半陆生种类为主,共有 27 种,常见种为无齿相手蟹、天津厚蟹、排拟沼螺和董拟沼螺;中潮带有底栖动物 48 种,以软体动物为主,常见种为天津厚蟹、谭氏泥蟹、排拟沼螺、光滑狭口螺、丝异蚓虫;低潮带的底栖动物密度较低、分布极不均匀,共有 38 种,优势度较高的有光滑狭口螺、泥螺、河蚬等。在水平分布上,S1 ~ S11 仅出现 10 种底栖动物,常见种为无齿相手蟹、谭氏泥蟹、董拟沼螺、河蚬等淡水种类;S12 ~ S16 出现底栖动物 55 种,弧边招潮、日本大眼蟹、泥螺、彩虹明樱蛤等广盐海水种为常见种;S17 ~ S21 出现底栖动物 23 种,呈现出过渡带的特征,既有天津厚蟹和中华拟蟹守螺等广盐种类,也有中华绒螯蟹和河蚬等淡水种类。

2.3 优势种

崇明潮间带大型底栖动物的优势种 ($Y \geq 0.02$) 有 8 种,分别为无齿相手蟹、天津厚蟹、谭氏泥蟹、中华拟蟹守螺、董拟沼螺、排拟沼螺、光滑狭口螺、丝异蚓虫。前 3 种分别为大、中、小型蟹类;四种软体动物分别为大、中、小型螺类;多毛纲的优势种仅有属于小型沙蚕的丝异蚓虫。与同期历史资料比对,原优势种的麂眼螺、河蚬、彩虹明樱蛤和疣吻沙蚕等,已不再成为优势种^[4,12,13]。

2.4 丰度和生物量

各断面节肢动物、软体动物、环节动物三大类底栖动物的丰度和生物量见表 2(其他底栖动物的丰度和生物量较低,所占比例均小于总数的 1%,故未列出)。

丰度大于 100ind/m² 的断面有 10 个,除 S6 位于崇明西滩外,其余断面均分布在崇明东滩自然保护区内及其附近。其中 S17 最高,达 509.67ind/m²。丰度小于 100ind/m² 的断面有 11 个,最低的为 S10、S11,丰度只有 12 ind/m² 和 17.33ind/m²,分布在崇明岛北侧靠近北支中部。

生物量在 $100\text{g}/\text{m}^2$ 以上的断面有 8 个,全部位于崇明东滩保护区内及其附近;S16 生物量最高,有 $210.59\text{g}/\text{m}^2$ 。此外,崇明西滩的 S6、S7 的生物量也较高,分别有 $92.17\text{g}/\text{m}^2$, $81.39\text{g}/\text{m}^2$;S10 的生物量最低,仅为 $23.3\text{g}/\text{m}^2$ 。

表 3 各断面三大类底栖动物的丰度(ind/m^2)和生物量(g/m^2)

Table 3 The abundance(ind/m^2) and biomass(g/m^2) of macrobenthos in every sampling section

断面 Section	甲壳动物 Crustacean		软体动物 Mollusca		环节动物 Annelida		总计 Total	
	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
S1	49.00	100.14	20.67	8.27	0.33	0.04	70.00	108.45
S2	29.00	69.33	0.33	1.04	—	—	29.33	70.37
S3	61.67	59.33	0.33	0.62	—	—	62.00	59.95
S4	29.00	31.4	1.67	1.13	—	—	30.67	32.53
S5	44.00	47.46	6.00	4.00	—	—	50.00	51.46
S6	88.33	84.9	18.67	7.27	—	—	107.00	92.17
S7	37.33	81.39	—	—	—	—	37.33	81.39
S8	22.00	35.13	—	—	—	—	22.00	35.13
S9	32.66	33.24	7.33	0.62	—	—	40.00	33.86
S10	4.00	15.3	8.00	8.00	—	—	12.00	23.29
S11	10.00	38.03	7.33	0.57	—	—	17.33	38.60
S12	6.00	16.13	82.00	45.84	13.33	0.93	101.33	62.90
S13	60.00	88.34	68.67	24.98	—	—	128.67	113.32
S14	32.00	45.92	341.00	63.03	23.67	0.71	396.67	109.66
S15	21.33	54.32	108.33	53.42	87.33	2.89	217.00	110.63
S16	108.67	171.81	60.67	31.52	199.33	7.26	368.67	210.59
S17	71.67	92.55	433.67	55.56	4.33	0.95	509.67	149.06
S18	52.67	47.43	38.33	7.73	20.00	0.72	111.00	55.88
S19	20.00	61.67	47.33	38.34	7.67	0.97	75.00	110.97
S20	261.33	119.05	4.00	1.59	—	—	265.33	120.64
S21	61.33	34.71	81.33	6.59	138.00	4.68	280.67	46.98

—:该断面没有采集到样本 There was not specimen at the section

2.5 群落结构

用 SPSS13.0 软件包对 21 个断面处理过的数据进行系统聚类和群落的非度量多维标度的二维分析。聚类分析和 MDS 在群落生态研究中常用,以评价群落结构^[4,5,7]。

通过以不同断面底栖动物物种丰度 4 次方根数据为基础的系统聚类将 21 个断面分成 3 组(图 2 A),构成组 1 的断面最多,包括 S1 ~ S11 以及 S19、S20,这些断面位于崇明的南部和西部;组 2 包括盐度较高的 S12 ~ S14,位于崇明北部;组 3 包括 S15 ~ S18 和 S21,位于崇明东滩。

通过以不同断面底栖动物物种丰度 4 次方根数据为基础的非度量多维标度的二维分析(MDS)绘制出各断面群落结构相似性 MDS 图(图 2 B)。该图形分析的 stress 值(协强系数)为 0.215, $\text{Stress} > 0.2$, MDS 图解释断面的相似性关系的可信度较差。这反映出崇明岛潮间带的底栖动物群落结构复杂性,但图 3 仍可把 21 个断面大致分成 3 组:组 1 包括 S1 ~ S11 以及 S19、S20,组 2 包括 S12 ~ S16,组 3 包括 S17、S18,以及 S21。

2.6 多样性指数

Shannon-Weiner 指数(H')、Pielou 均匀度指数(J)和 Simpson 指数(D)的平均值分别为 1.851 ± 0.528 、 0.306 ± 0.098 和 0.622 ± 0.141 。从表 4 可知,Shannon-Weiner 指数大于 2 的断面有 10 个,7 个位于崇明东滩,2 个毗邻崇明东滩;崇明东滩大型底栖动物的 Pielou 指数相对较小,主要是 S17、S20 和 S21 的指数值明显偏低。Simpson 指数的指数值较高的断面集中在崇明东滩(平均值为 0.646 ± 0.147),但 S17 的指数值较低,只有 0.388。

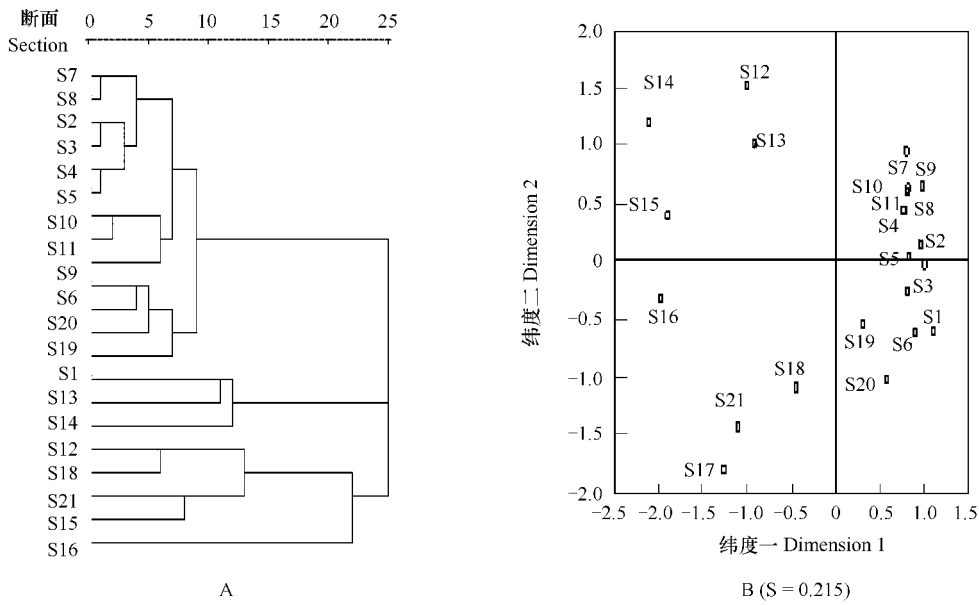


图2 大型底栖动物群落系统聚类及二维非度量标度排序图

Fig.2 The hierarchical cluster dendrogram & the 2-dimensional MDS ordinal configuration the marobenthic communities at 21 sections

表4 大型底栖动物群落多样性指数

Table 4 The index analyse of D , J , H' on marobenthic communities in every section

断面 Section	H'	J	D	断面 Section	H'	J	D
S1	2.238	0.365	0.759	S12	2.326	0.349	0.743
S2	1.813	0.372	0.638	S13	2.055	0.293	0.685
S3	0.946	0.159	0.303	S14	2.235	0.259	0.685
S4	1.540	0.312	0.493	S15	2.783	0.359	0.765
S5	1.578	0.280	0.496	S16	2.189	0.257	0.661
S6	1.792	0.266	0.658	S17	1.373	0.153	0.388
S7	1.567	0.300	0.630	S18	2.406	0.354	0.754
S8	1.334	0.300	0.510	S19	2.606	0.467	0.793
S9	2.418	0.454	0.797	S20	1.147	0.142	0.458
S10	1.136	0.317	0.475	S21	1.387	0.171	0.660
S11	2.012	0.489	0.700				

3 讨论

3.1 种类组成及分布格局

崇明潮间带大型底栖动物主要有甲壳动物、软体动物和环节动物组成。其中甲壳动物种类数最多,这与活动能力较强、对盐度变化适应能力较强的蟹类和端足类种数及数量较多有关;软体动物和环节动物受河口泥沙含量高和盐度变化剧烈的影响,种类相对较少。崇明岛潮间带周期性遭受高盐海水入侵,底栖动物以近海广盐种类为主,淡水种类相对较少^[2]。

底栖动物的种类组成与滩面长短、盐度和沉积物颗粒密切相关^[2,9]。滩面长、盐度高、沉积物细的断面的底栖动物种类多,反之则少。根据底栖动物种类组成和群落结构分析结果,把21个断面大致可分成三大区域:S1~S11、S12~S16和S17~S21。

S1~S11为“江岸型”岸段,滩面短^[11],可供底栖动物栖息的面积有限,同时盐度较低、沉积物较粗等使底栖动物种类贫乏(占总种数的15.87%)、丰度和生物量不高(平均43.21 ind/m²、57.02 g/m²)、多样性指数值低(H' 、 J 、 D 的平均值分别为1.670、0.329、0.587)。其中S7~S11岸段被潮水侵蚀严重,形成陡坎,陡坎以下

的底质坚硬,几乎无底栖动物分布,种类数少,丰度和生物量极低,平均为 25.73 ind/m²和 42.45 g/m²。

S12 ~ S21 属于淤涨型或稳定性岸断,滩涂长,可供底栖动物栖息的面积大,底栖动物种类繁多(占总种数的 96.83%)、数量多(平均为 245.39 ind/m²、109.06 g/m²)、多样性指数值高(H' 、 J 、 D 的平均值分别为 2.051、0.280、0.659)。其中 S12 ~ S16 的盐度较高、沉积物颗粒细,比较适合广盐性的底栖动物生存,种类多、数量和多样性指数均高;S17 ~ S21 盐度稍低于 S12 ~ S16、沉积物也略粗于 S12 ~ S16,底栖动物种类数减少、数量和多样性指数值开始下降,分布类型也以适应河口生活的低盐海水和淡水种类为主。

3.2 环境变迁和人为干扰的影响

与历史资料比对,底栖动物的总物种数并没有显著的减少,但种类组成有所变化:曾报道过的明秀大眼蟹 *Macrophthalmus definitus*、薄荚蛭 *Siliqua pulchella*、鲍枝螭 *Bougainvillia* sp. 等此次调查尚未采集到标本,而出现了锯脚泥蟹、河螺赢蜚、中国耳螺等物种。导致结果差异的原因,可能与采样季节及采样强度有关。中国耳螺在长江口潮间带尚未见相关报道,其属中型螺类,体重约 2g 左右,为典型的河口半咸水暖水种类,生活在有淡水流入的高潮线附近,国内分布在长江以南。在崇明堡镇及附近发现有较大生物群落,最大丰度达到 80 ind/m²,生物量超过 160 g/m²。崇明岛滩涂长期被大规模围垦,使垦区高潮带和中潮带的湿地功能丧失,湿地内的中国耳螺和瘤背石磺等底栖动物的栖息丰度明显下降,极难发现其个体。但近年来崇明围垦速度减缓,泥沙淤积形成新的潮间带,使底栖动物有所修复。许多仅限于分布潮间带上部的许多种类又生活于围垦区外的一些断面(S12 ~ S15),如红螯相手蟹、中型拟相手蟹和瘤背石磺等。

曾经报道过的优势种麋眼螺、彩虹明樱蛤、河蚬和疣吻沙蚕以及小头虫等不再为优势种。麋眼螺和疣吻沙蚕主要生活在潮间带中上部的海三棱藨草带,生境破坏是它们不再是优势种的主要原因^[2,7]。彩虹明樱蛤、河蚬是经济价值较高的资源底栖动物,过渡捕捞导致其资源衰退。仍为优势种的无齿相手蟹、天津厚蟹,在整个崇明岛具有极大的资源量,作为经济种类而被无序采捕,丰度和生物量已经有下降趋向。但本次调查的优势种依然涵盖了潮间带主要类群即甲壳纲动物、腹足纲动物和多毛纲动物,甲壳动物和腹足纲动物的优势种分别隶属于大型底栖动物的大、中、小型种类,由占据不同生态位的种类组成,多毛纲有小型种类丝异蚓虫,具有很好的稳定生态系统的作用。但多毛纲大型种类数量的减少,又对生态系统的稳定性造成了一些负面影响。

崇明潮间带底栖动物的多样性指数总体上以东滩(S14 ~ S21)的较高,该区域滩面稳定、盐度相对较高,底栖硅藻繁盛,适宜底栖动物生长,如泥螺、彩虹明樱蛤、灰黄镰玉螺等主要分布在本区域。但目前受到人类干扰、滩涂放牧^[2]和其他因素造成的负面影响,使 S17、S20、S21 的多样性指数偏低的缘故。

3.3 底栖动物的现状及保护建议

当前底栖动物受到过渡捕捞和生境破坏双重威胁。21 个断面中仅有 2 个断面(S5 和 S7)未见有人对底栖动物进行采捕的痕迹,主要是这两个断面的底栖动物种类极其贫乏。无度滥捕使许多经济物种数量骤减,如中华绒螯蟹和白虾等长江口代表性资源底栖动物^[1,2]。经济价值较高、资源量有限的底栖动物彩虹明樱蛤、泥螺等集中分布在崇明岛东滩鸟类自然保护区内,已受到一定的保护,但尚未能对资源底栖动物的采捕进行有效监控;经济价值相对较低、资源量较大的种类,有无齿相手蟹、红螯相手蟹、天津厚蟹等甲壳动物及河蚬、缢蛭、中华拟蟹守螺等软体动物,仍然受到无序的乱采滥捕,其资源量下降是必然的^[2]。虽然这些底栖动物暂时还不至于从崇明潮间带消失,但其种质资源已经受到很大影响。生境破坏(主要是互花米草的蔓延等)也是许多底栖动物分布区域减小,数量和生物量减少的原因之一。

尽管近年来在长江口通过放流和保护的双重作用下,中华绒螯蟹等物种的资源量有所回升,但具体生态效果还需要进一步进行科学研究。因此建议进一步健全有关滩涂管理的法律、法规,严格有序地控制围垦,必须围垦时应当保留高潮带部分植物区域带,给潮间带上部生活的底栖动物留一些生存空间,维持潮间带底栖动物群落完整性。对崇明潮间带滩涂应实施更加严格的保护,限量资源底栖动物的采捕、控制互花米草的蔓延,以维持底栖动物的数量和物种多样性。这不仅有利于维持作为鸟类越冬停歇地的生态功能,还有利于维

持整个崇明潮间带乃至长江河口水生生态系统的稳定。

References:

- [1] Chen J Y. The summary report of sea coast and tidal flats on Shanghai. Shanghai: Shanghai Science & Technology Press, 1988. 144 — 146.
- [2] Xu H F, Zhao Y L. Scientific Survey on Chongming Dongtan Migratory Birds Nature Reserve of Shanghai. Beijing: China Forestry Press, 2005. 75 — 115.
- [3] Dittmann S. Zonation of benthic communities in a tropical tidal flat of north-east Australia. Journal of Sea Research, 2000, 43: 33 — 51.
- [4] Weis J S, Weis P. Is the invasion of the common reed, *Phragmites australis*, into tidal marshes of the eastern US an ecological disaster. Marine Pollution Bulletin, 2003, 46: 816 — 820.
- [5] Thorin S, Radureau A, Feunteun E, *et al.* Preliminary results on a high east-west gradient in the macrozoobenthic community structure of the macrotidal Mont Saint-Michel bay. Continental Shelf Research, 2001, 21: 2167 — 2183.
- [6] Ysebaert T, Herman P M J, Meire P, *et al.* Estuarine, Large-scale spatial patterns in estuaries: estuarine macrobenthic communities in the Schelde estuary, NW Europe. Coastal and Shelf Science, 57: 335 — 355.
- [7] Yuan X Z, Lu J J, Liu H. Influence of characteristics of *Scirpus mariqueter* community on benthic macro-invertebrate in salt marsh of the Changjiang estuary. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(3): 326 — 333.
- [8] Li M, Yang S L, Li P, *et al.* Drastic decrease in sediment supply from Yangtze River and coastal crisis. Acta Geographica Sinica, 2006, 61(3): 282 — 288.
- [9] Węśławski J M, Szymelfenig M, Zajączkowski M, *et al.* Influence of salinity and suspended matter on benthos of an Arctic tidal flat. ICES Journal of Marine Science, 1999, 56: 194 — 202.
- [10] State Oceanic Administration People's Republic of China, Technical regulation of oceanographic surveying. Beijing: Ocean Press, 2005. 11 — 13.
- [11] Yang S L, Yao Y M, He S L. Coastal profile shape and erosion-accretion changes of the Sediment Islands in the Changjiang River Estuary. Oceanologica et Limnologia Sinica, 1999, 30(6): 764 — 769.
- [12] Li H P, Zhang Q L, Wang D H. Distribution of an Exotic Plant *Spartina alterniflora* in Shanghai. Biodiversity Science, 2006, 14(2): 114 — 120.

参考文献:

- [1] 陈吉余主编. 上海市海岸带和滩涂资源综合调查报告. 上海: 上海科学技术出版社, 1988. 144 ~ 146.
- [2] 徐宏发, 赵云龙. 崇明东滩自然保护区科考集. 北京: 中国林业出版社, 2005. 75 ~ 115.
- [7] 袁兴中, 陆健健, 刘红. 河口盐沼植物对大型底栖动物群落的影响. 生态学报, 2002, 22(3): 326 ~ 333.
- [8] 李明, 杨世伦, 李鹏, 等. 长江来沙锐减与海岸滩涂资源的危机. 地理学报, 2006, 61(3): 282 ~ 288.
- [10] 国家海洋局 908 专项办公室, 海岛调查技术规程. 北京: 海洋出版社, 2005. 11 ~ 13.
- [11] 杨世伦, 姚炎明, 贺松林. 长江口冲积岛岸滩剖面形态和冲淤规律. 海洋与湖沼, 1999, 30(6): 764 ~ 769.
- [12] 李贺鹏, 张利权, 王东辉, 等. 上海地区外来种互花米草的分布现状. 生物多样性, 2006, 14(2): 114 ~ 120.