

钦州湾潮间带生物群落对环境变化的响应分析*

Response Analysis of Intertidal Organism Communities to Environmental Change in Qinzhou Bay

庄军莲,许铭本,王一兵,姜发军,李谊纯,陈宪云,陈波**

ZHUANG Jun-lian, XU Ming-ben, WANG Yi-bing, JIANG Fa-jun, LI Yi-chun, CHEN Xian-yun, CHEN Bo

(广西科学院 广西近海海洋环境科学重点实验室,广西南宁 530007)

(Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

摘要:【目的】针对钦州湾海域金鼓江西岸 I、II、III 断面和大榄坪海域北端 IV、V 断面的潮间带生物进行了跨年份的调查,探讨潮间带生物群落变化与该海区近年环境扰动的关系。【方法】采用 ABC 曲线法、类比法对两次调查数据进行分析比较。【结果】各断面的潮间带总生物量第 2 次调查时数据都有较大的增加,增幅最小的为断面 IV,增加了 0.65 倍,增幅最大的是断面 II,增加了 37.19 倍;类比分析发现 5 个断面的生物量增加可能与采样季节存在着较大的关系,另外,金鼓江西岸 3 个断面生物量的增加还可能与环境变化有关。ABC 曲线显示各断面在两个调查时间段潮间带生物群落受扰动的情况,其中,断面 I、IV 表现受中等程度的干扰,断面 V 受干扰最为严重,断面 III 未体现出受干扰。【结论】不同断面潮间带生物群落随年代变化的差异与该海域近年所进行的围填海工程开发造成的环境变化有关,远离围填海工程区、水动力变弱的断面潮间带生物量会大幅增加,潮间带生物群落的优势种也会发生演替。

关键词:潮间带生物 群落变化 环境变化 钦州湾

中图分类号:Q178.531 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2014)04-0381-08

Abstract:【Objective】In order to study the relationship between the changes of the intertidal biological communities and environmental disturbance, surveys of the intertidal organism were carried out in 5 sections in Qinzhou Bay from 2009 to 2012. 【Methods】The methods of analogue and ABC curves were used to analyze and compare the investigation data. 【Results】The results showed that the biomass of the intertidal organism obtained in the second investigation was higher than that of the first one, and the least increment of biomass was 0.65 times in Transect IV while the biggest one is 37.19 times in Transect II. It was deduced that the rises of the 3 transects on the west side of Jingu River were not only due to the seasonal variation. The ABC curves showed that the biotic communities in Transect I, Transect IV subjected to medium strength interference from the surrounding disturbance, especially, Transect V subjected to the highest strength interference. In contrast, the biotic communities in transect III were not inter-

fered in both survey periods. 【Conclusion】The differences of the variation of biotic communities with years change in different transects were related to the environmental change derived from sea reclamation. The intertidal biomass in some transects that were far from the sea reclamation area or in weak hydrodynamic force area would obviously increase, and also dominant species succession in biotic communities would happen.

Key words: intertidal organism, community succession, environmental change, Qinzhou Bay

收稿日期:2014-04-12

修回日期:2014-06-10

作者简介:庄军莲(1972-),女,副研究员,主要从事海洋环境与生态研究。

* 广西自然科学基金北部湾重大专项(2011GXNSFE018002),广西科技攻关项目(桂科攻 1355007-13,1355007-12)资助。

** 通讯作者:陈波(1953-),男,研究员,主要从事海洋环境与动力学研究。

【研究意义】钦州湾位于广西沿海中段,南面与北部湾相通,是一个半封闭型天然海湾。其内湾 80% 为潮滩沉积,是广西沿岸淤泥质海岸发育较好的地区之一。由于属中强潮型海岸,具有潮流流速大的特点,湾口地区受波浪作用强烈,以致在湾口东西两侧形成浪成沙体^[1]。近年来,钦州城市及港口发展迅猛,钦州湾北端的金鼓江西侧规划为金鼓江作业区,东侧规划为大榄坪作业区,东南端为大环作业区。其中,钦州保税港区规划面积 10km²,大榄坪物流加工区规划总用地 18.8km²。这些功能区域的建设均需通过填海来完成,届时钦州湾内金鼓江至大榄坪一带的潮滩最终将全部填海建设成陆地。潮间带是陆地与海洋生态系统相互作用较强烈的地带,每日交替地暴露于空气和淹没于海水之中,物质交换也复杂多变,属于海洋中最敏感的生态系统之一,同时,又是人类活动和干扰最为严重的区域,潮间带生态学的研究一直备受关注^[2]。随着区域规划的实施,人类生产开发活动频繁,且海陆环境因子交替作用对该海区的生态压力逐步加大,尤其是潮间带生物生境正在发生着巨大的变化。**【前人研究进展】**长期以来对钦州湾海域潮间带生物调查研究的文献比较有限。广西海岸带和海涂资源综合调查领导小组在 1986 年报道了该海域在 1984 年 10 月(秋)及 1985 年 5 月(夏)的潮间带生物调查结果^[1,3],庄军莲等^[4]对 2007~2008 年钦州湾内湾茅尾海潮间带生物进行了生态特征调查,李永强等^[5]对钦州湾 2010 年 4~6 月以及 9~10 月潮间带大型底栖动物进行了调查研究,何斌源等^[6]在 2001 年 4 月(春季)和 8 月(夏季)对钦州港潮间带生物做了两次调查,并研究了环境扰动对潮间带大型底栖动物群落的影响,但当时钦州港口开发力度不大,工程建设对潮滩生态环境的影响还处于较小阶段。**【本研究切入点】**基于钦州湾近年处于快速开发建设期,对该海区潮间带生物调查研究跟踪报道较少,尤其是针对海域开发引起环境变化而造成潮间带生态群落改变的研究相对缺乏。**【拟解决的关键问题】**本研究针对近几年环境变化剧烈的钦州湾金鼓江至大榄坪海域,选取相同潮滩、不同时间段的潮间带生物群落进行研究,探讨潮间带生物群落与环境变化的关系,旨在为海岸带开发及生态环境保护提供历史资料和科学依据。

1 材料与方法

1.1 取样站位与调查方法

在金鼓江至大榄坪的钦州湾海域共设置 5 个断

面进行潮间带生物调查。其中,断面 I、II、III 布设于金鼓江西岸,调查时间分别为 2009 年 2 月(春)及 2012 年 9 月(秋),断面 IV、V 布设于大榄坪海域北端,调查时间分别为 2009 年 8 月(秋)及 2011 年 5 月(夏)。每个调查断面按高、中、低 3 个潮区设立取样站,每站取样 3~4 次,调查站位见图 1。

调查方法按海洋调查规范(GB12763-2007)^[7]进行,每 1 站位采集定量、定性标本。采样海域滩涂以粉砂淤泥质滩涂为主,软相断面定量采样用 25cm×25cm 的正方形取样框随机抛投取样,先拾取框面上的生物,再挖取泥沙至 30cm 深处,用孔径 1mm 的筛子筛洗,分离出其中的全部埋栖生物。定性采集方法是充分收集每断面各潮区周围的全类栖息生物。样品用 5% 的中性甲醛溶液固定后带回实验室,3d 后称重并进行鉴定分析。

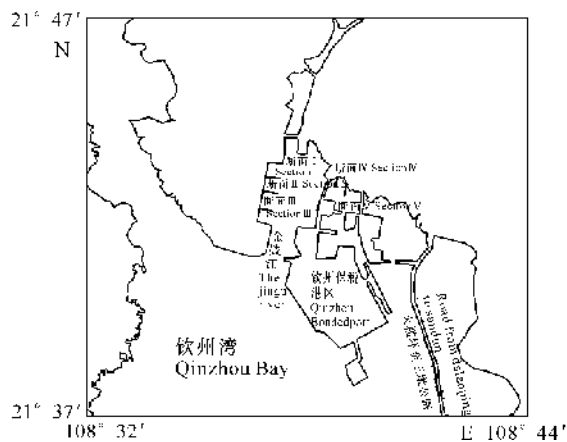


图 1 调查站位

Fig. 1 Location of survey stations

1.2 数据处理及生物评价方法

采用丰度/生物量比较曲线(ABC 曲线)分析潮间带底栖生物群落受污染或其他因素扰动的状况。丰度生物量比较法(ABC)由英国人 Warwick 提出^[8-10],因其能反映污染物的实际效应和环境各种污染物协同与拮抗作用对生物的综合影响,特别是能准确反映轻度污染的长期效应,被认为是评价、监测海洋污染的行之有效的方^[11-13]。

生物评价采用的优势度(D)按下式计算:

$$D = P_i \times f_i$$

式中 P_i 为第 i 种的个体数(n_i)与总个体数(N)的比值(n_i/N 或 w_i/W)。 f_i 为该种在各站位出现的频率,当某一物种 $D \geq 0.02$ 时,可视为优势种类。

表 1 潮间带生物各类群物种数及优势种

Table 1 The number and dominant species of different transects of the intertidal organisms

断面 Transect	年份及季节 Year and Season	物种数(个) Number of species	优势种(前三种) The dominant species (the first three)
I	2009(春 Spring)	30	珠带拟蟹守螺, 圆球股窗蟹 (<i>Scopimera globosa</i>), 谭氏泥蟹 (<i>Ilyoplax deschampsii</i>)
	2012(秋 Autumn)	26	珠带拟蟹守螺, 江户明樱蛤 (<i>Moerella jedoensis</i>), 铲形海豆芽 (<i>Lingula unguis</i>)
II	2009(春 Spring)	34	珠带拟蟹守螺, 卷日本阿地螺 (<i>Nipponatys volvulinus</i>), 八角角贝 (<i>Dentatium octangulatum</i>)
	2012(秋 Autumn)	21	渤海鸭嘴蛤 (<i>Laternula marilina</i>), 珠带拟蟹守螺, 铲形海豆芽
III	2009(春 Spring)	21	八角角贝 (<i>Dentatium octangulatum</i>), 珠带拟蟹守螺, 彩虹明樱蛤 (<i>Moerella iridescens</i>)
	2012(秋 Autumn)	31	渤海鸭嘴蛤, 珠带拟蟹守螺, 江户明樱蛤
IV	2009(秋 Autumn)	20	彩虹明樱蛤 (<i>Tellina diaphana</i>), 珠带拟蟹守螺, 长腕和尚蟹 (<i>Mictyris longicarp</i>)
	2011(夏 Summer)	16	铲形海豆芽, 珠带拟蟹守螺, 彩虹明樱蛤
V	2009(秋 Autumn)	32	彩虹明樱蛤, 长腕和尚蟹, 青蛤 (<i>Cyclina sinensis</i>)
	2011(夏 Summer)	37	彩虹明樱蛤, 铲形海豆芽, 珠带拟蟹守螺

2 结果与分析

2.1 潮间带生物群落跨年度比较

2.1.1 物种数及优势种

由表 1 可见,除断面 III 和断面 V 外,其余断面第 2 次调查时潮间带生物物种数都较第 1 次调查时有所减少,各断面的优势种多为软件动物贝类,其中珠带拟蟹守螺 (*Cerithidea cingulata*) 除 2009 年(秋)断面 V 外,在其余各次调查中均为优势种。

2.1.2 生物丰度的比较

由表 2 可见,各断面潮间带生物丰度第 2 次调查都较第 1 次调查时有所增加,金鼓江海域 3 个断面潮间带生物丰度的增加主要来自软体动物的贡献,而大榄坪海域 2 个断面中生物丰度的增加除来自软体动物外,还有其他类群的贡献,如腕足类的铲形海豆芽和棘皮类的棘刺锚参 (*Protankyra bidentata*) 等。

表 2 潮间带生物各类群丰度

Table 2 Abundance of intertidal organisms in different transects

断面 Transect	年份及季节 Year and season	软体动物 Molluscs (个/m ²)	甲壳类 Crustaceans (个/m ²)	多毛类 Polychaete (个/m ²)	其他 Other (个/m ²)	合计 Total (个/m ²)
I	2009(春 Spring)	23	40	19	4	86
	2012(秋 Autumn)	110	123	39	44	316
II	2009(春 Spring)	96	8	21	8	133
	2012(秋 Autumn)	360	11	75	108	554
III	2009(春 Spring)	43	16	30	0	89
	2012(秋 Autumn)	309	34	53	39	436
IV	2009(秋 Autumn)	103	22	33	3	161
	2011(夏 Summer)	80	2	20	186	288
V	2009(秋 Autumn)	125	52	8	9	194
	2011(夏 Summer)	501	30	18	135	685

由图 2 可见,增幅最大的是断面 III,从 2009 年的

89 个/m²增加至 2012 年的 436 个/m²,3 年间增加了 3.90 倍;增幅最小的为断面 IV,从 2009 年的 161 个/m²增加到 2011 年的 288 个/m²,增加了 0.78 倍。比较可知,位于金鼓江西岸的 3 个断面的生物丰度比大榄坪海域的 2 个断面增幅要高。

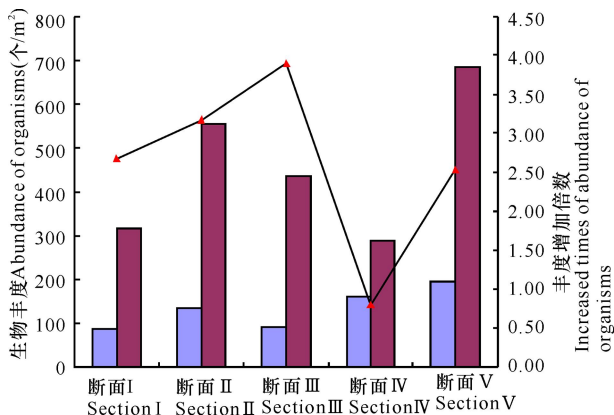


图 2 各断面不同时间生物丰度比较

Fig. 2 Comparison of the abundance of organisms of each transect at different times

前:后;▲:丰度增加的倍数。
Front:Behind;▲:Increased times of abundance of organisms.

2.1.3 生物量的比较

由表 3 可知,除断面 II、VI、V 的多毛类和断面 VI 的甲壳类生物量在第 2 次调查时有所减少外,其他各断面、各类群都有增加,且以软体动物的增加为最多;各断面潮间带总生物量都有较大增加。

由图 3 可见,生物量增幅最大的是断面 II,从 2009 年的 35.65g/m²增加至 2012 年的 1361.58g/m²,增加了 37.19 倍;增幅最小的为断面 IV,增加了 0.65 倍。

表 3 潮间带生物各类群生物量

Table 3 Biomass of various groups of the intertidal organisms

断面 Transect	年份及季节 Year and season	软体动物 Molluscs(g/m ²)	甲壳类 Crustaceans(g/m ²)	多毛类 Polychaete(g/m ²)	其他 Other(g/m ²)	合计 Total(g/m ²)
I	2009(春 Spring)	4.96	3.95	0.65	3.97	13.53
	2012(秋 Autumn)	103.22	53.64	1.53	11.89	170.28
II	2009(春 Spring)	28.37	4.12	1.68	1.48	35.65
	2012(秋 Autumn)	1310.21	7.09	1.62	42.66	1361.58
III	2009(春 Spring)	17.26	1.76	1.47	0	20.49
	2012(秋 Autumn)	569.58	3.79	4.27	6.2	583.84
IV	2009(秋 Autumn)	26.20	7.37	3.61	0.35	37.53
	2011(夏 Summer)	57.32	0.04	1.31	3.20	61.87
V	2009(秋 Autumn)	103.08	23.1	0.75	0.64	127.56
	2011(夏 Summer)	270.12	59.41	0.34	25.07	354.94

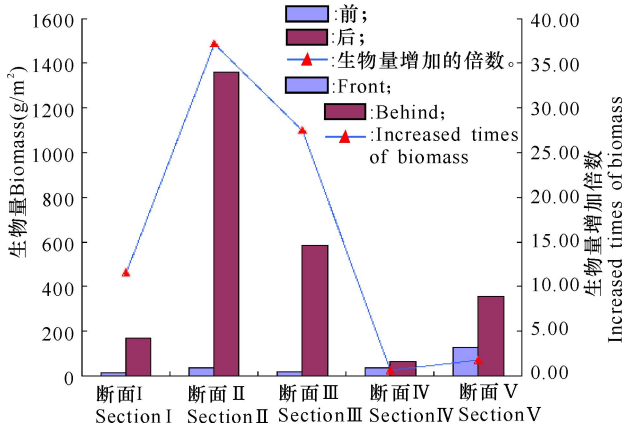


图 3 各断面不同时间生物量比较

Fig. 3 Comparison of the biomass of organisms in each transect at different times

2.1.4 ABC 曲线的比较

从图 4 的 ABC 曲线来看,断面 I、断面 IV、断面 V 潮间带生物群落呈现出已受干扰的趋势。其中,2009 年时断面 I 及断面 IV 潮间带生物量曲线虽然一直在丰度曲线上方,但生物量曲线起点与丰度曲线相距较近,显示出受到中等程度干扰的趋势。断面 V 在两个调查时间段内潮间带生物群落丰度曲线及生物量曲线均出现交叉状况,表明其受到的干扰更为严重。断面 II 潮间带生物群落在 2009 年春季时表现为受到中等干扰状态,但在 2012 年秋季时潮间带生物则处于较少干扰、群落较为稳定的状态,断面 III 在两个时间段均未体现出受到干扰。

2.2 潮间带生物群落发生变化的影响因素

2.2.1 季节变化

相关调查研究指出,潮间带生物丰度和生物量都会随着季节的变化而变化^[14]。由于本研究对同一断面的两次调查发生在不同年度中的不同季节,缺少同一年度内不同季节的调查数据,因而采用类比法分析生物丰度/生物量的变化与季节的关系,为了减少因

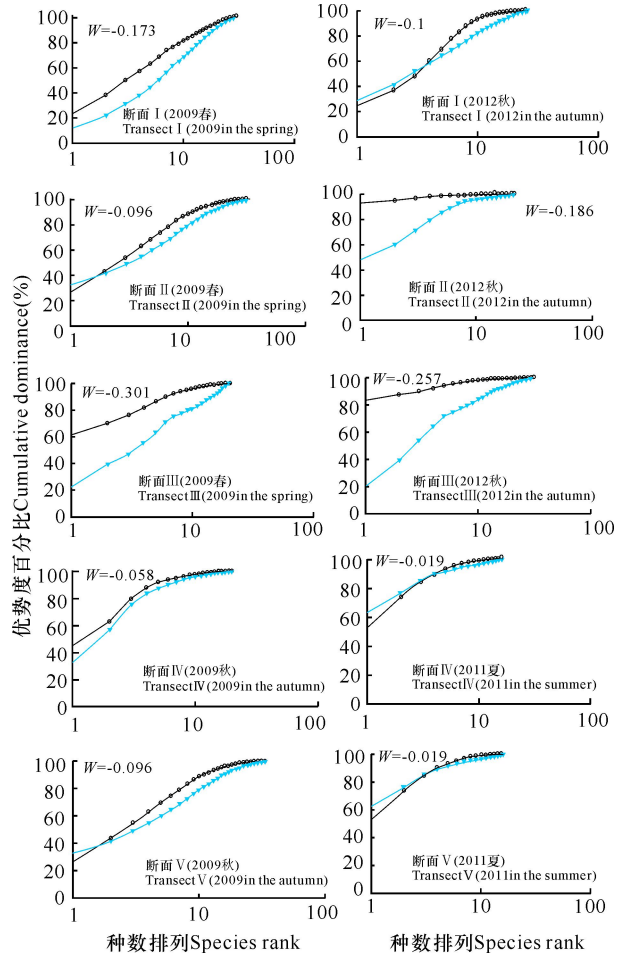


图 4 各断面不同时间 ABC 曲线

Fig. 4 ABC curves of each transect at different times
○:生物量; ▼:丰度。○: Biomass; ▼: Organisms.

断面底质不同带来的误差,选取与研究海域相邻、滩涂类型相似的断面进行类比。李永强^[5]于 2010 年 4 月 18 日~6 月 8 日和 9 月 2 日~10 月 15 日对北部湾(广西段)潮间带生物资源状况进行了春、秋季调查,春、秋季调查中相同且底质与本研究相似的断面共有 5 条,各断面秋季较春季栖息丰度增加的倍数为 -0.42~23.06 倍,秋季较春季生物量增加的倍数为

-0.16~2.58 倍。国家海洋局南海海洋工程勘察与环境研究院完成的《防城港钢铁项目海洋工程环境影响报告书》中的潮间带生物调查结果显示:2006 年 2、3 月(春)及 2006 年 8 月(秋)进行了两次调查,其中位于金沙半岛西南岸有两条断面底质与金鼓江断面相似,两条断面秋季较春季生物丰度增加倍数分别为 0.06 及 8.89,生物量的增加值分别为 0.12 及 3.61。类比以上两次调查结果可知,金鼓江断面 I~III 的 2012 年秋季的生物丰度较 2009 年春季增加的倍数分别为 2.67、3.17、3.90,可见金鼓江断面生物丰度第 2 次调查较第 1 次调查大的原因,很可能只与采样季节有关;但 2012 年秋季的生物量较 2009 年春季增加的倍数分别为 11.59、37.19、27.49,季节变化不足以解释不同时间段该断面潮间带生物量的异常增长,鉴于该断面两次潮间带生物调查的区别主要是采样季节不同,以及潮滩环境随时间推移主要发生了巨大变化,由此可以推断环境变化是造成 2012 年秋季的生物量较 2009 年春季大很多的重要原因。

参考文献[2~3]的数据,类比分析大榄坪海域的 2 个断面可知,在 2011 年夏季生物丰度较 2009 年秋季分别增加了 0.79 倍和 2.53 倍,生物量分别增加了 1.77 及 1.78 倍,其生物丰度的变化较平均丰度变化有增加的趋势,而其生物量的变化幅度均在历史调查的变化幅度范围内。钦州湾潮间带生物量及丰度的平均值季节变化不很明显,但不同断面生物量的季节变化差异是存在的。因此,大榄坪海域的潮间带生物丰度/生物量的增加可能仅与采样季节存在较大的关系。

综上分析,各断面潮间带生物群落的生物丰度/生物量的变化除与季节变化有关外,环境变化对断面 I~III 也产生了重要影响。

2.2.2 围填海工程建设的扰动

潮间带生物功能群结构是对潮间带生境及环境因子变化的综合反映^[15~17]。本文的研究海域在调查时间段内,围填海工程建设是造成潮间带生境改变的主要因素。目前,针对围填海工程建设对底栖生物群落的影响开展了较多的研究工作^[18~22],主要体现为海洋取土、吹填、掩埋等造成海域生物的生存条件发生剧变等。

本文中,金鼓江西岸的 3 个调查断面的滩涂长约 3km,滩涂与金鼓江对面已填海建设的大榄坪二号路间的金鼓江面宽约 800m,其周围的钦州临港大道、金鼓江作业区港口码头、钦州燃煤电厂、金鼓江东岸的二号路等建设项目的大部分填海工程已于 2007~2011 年间完成,在建项目的工程量都较小。因此,广西科学 2014 年 8 月 第 21 卷第 4 期

金鼓江断面受围填海工程影响主要发生在 2011 年前,其中 2009 年调查时海域滩涂处于受围填海扰动较大的时期,而 2012 年调查时随着周边围填活动的平息,也就是说在两次调查时金鼓江海域受到扰动的变化趋势是由受到极大围填海活动扰动到周边工程活动渐渐平息阶段,其潮间带生物调查结果也正反应了其对环境扰动的响应,2012 年比 2009 年潮间带生物的生物量有大幅增加,其优势种由原来的珠带拟蟹守螺为主,更替为以渤海鸭嘴蛤(在 2009 年调查中未发现)为主。本研究断面优势种的更替与葛宝明等^[23]的研究结果相似,围填海会造成海区大型底栖动物群落优势种发生演替。

与金鼓江断面不同的是,大榄坪调查海域近几年虽一直处于集中持续建设时期。其南面有规划面积 10 km² 的钦州保税港区项目、大榄坪综合物流加工区(调查断面 IV、V 所在海域)、四号路及大榄坪铁路等项目都于 2009 年开始进行填海建设,但建设区距离两个调查断面均比较远,即调查断面邻近的围填海工程尚未启动,所在滩涂仍处于相对稳定状态。因此,两个调查时间段的潮间带生物群落中软体动物体现出了相似性和持续性,2011 年 5 月断面 IV 的优势种为铲形海豆芽、珠带拟蟹守螺、彩虹明樱蛤,断面 V 的优势种为彩虹明樱蛤、铲形海豆芽、珠带拟蟹守螺,这些优势种均在 2009 年的调查中相同的断面出现,甚至部分仍为优势种。但值得注意的是,断面 IV 在 2009 年 8 月调查中,其优势种甲壳类的长腕和尚蟹在 2011 年调查中未见出现。这从另一角度说明 2011 年调查时大榄坪断面的某些物种已感受到扰动,比如活动能力强的蟹类已经出现迁移,而软体动物相比之下活动能力较弱,且所在滩涂底质改变不大,所以原有软体动物的生存仍体现出了持续性。

在调查期间,金鼓江海域断面随着其所在及邻近海域围填海活动逐渐平息,断面潮间带生物群落变化较大,优势种更替明显且优势种生物量出现大幅增长的情况。而大榄坪断面的潮间带生物群落虽因持续受围填海活动的影响,但该海域围填海活动区距离调查断面较远,加上潮间带生物本身是对恶劣环境有很强适应性的种类^[24],因此其潮间带生物群落在两次调查中未体现太大的变化。不过,这种相对稳定的状态也只是暂时的,随着区域建设的进一步推进,整个金鼓江至大榄坪一带将会全部进行回填建设,现有滩涂上所有的潮间带生物将失去生存的基础。

2.2.3 水动力条件改变

潮间带生物的功能群分布主要取决于自然生境的性质,如环境污染^[25]、水动力条件^[26]等。因金鼓

江及大榄坪海域绝大多数项目目前尚在建设,尚未开始运营,因此,与2009年相比,金鼓江及大榄坪海域滩涂生境中,改变最大的主要为海域水动力条件的改变。

自2009年调查后,金鼓江海域的水动力条件由于其东南面保税港区的填海发生了很大的改变。金鼓江口东南面的钦州保税港区2009年底完成一期封关运作,一期工程填海2.6km²,二、三期工程还在持续地填海建设中。由于保税港区的填海,造成金鼓江口门变小,河口的潮通量变小,金鼓江口内水动力条件变弱,而调查断面处,由于局部断面的变宽水动力条件则更弱,也就是说,与2009年相比,2012年调查时,金鼓江断面的水动力条件变弱较多,加之断面所处位置远离潮流主流路,这种情形会导致物质在此断面滩涂的聚集,这应该也是金鼓江断面优势种生物量较2009年的调查中增加很大的主要原因之一。

而大榄坪海域的水动力条件也随着区域建设在发生变化,由于区域建设涉及的海域面积较大,这种水动力条件的变化在调查断面处体现较弱,对调查断面生物量、丰度等虽未显示出明显影响,但在ABC曲线上却有明显反应,此研究结果也表明,ABC曲线法对于自然环境扰动响应较为敏感。大榄坪海域的断面Ⅳ虽然其2009年时潮间带生物量曲线一直在丰度曲线上方,但生物量曲线起点不高,与丰度曲线相距较近,显示有受干扰的趋势,其2011年(夏)的ABC曲线则为交叉,体现受到干扰,而断面Ⅴ潮间带生物群落在两个时间段内丰度曲线及生物量曲线均出现交叉状况,体现受到干扰较为严重。主要原因是大榄坪的2个断面自2008年起,一直处于持续地填海建设中,虽然在2011年调查时断面周边临近工程尚未开始围填海,但其东西两面均在调查时间前进行了工程填海,工程建设改变了潮水的进入方向,且其南端围填海建设中的保税港区项目、污水处理厂及大榄坪第八大街已基本完成填海,仅给北面滩涂留了约30m的一段潮流通带,使得进入北面潮滩的潮水减少,改变了调查断面所在滩涂的淹没时间以及潮水在海域的交换时间,因此大榄坪海域的2个断面都体现出受到扰动。

2.2.4 项目建设运营

项目运营对潮间带生物群落的影响主要表现为项目污染排放、项目噪声等的影响。调查断面的ABC曲线结果表明,断面Ⅰ在2012年(秋)的ABC出现交叉,这可能是受其北侧龙泰通码头建设的扰动造成的,断面Ⅱ在2009年(春)的ABC曲线出现交叉,这有可能是受断面西侧一号路(临港大道)建设的

影响,断面Ⅲ在两个时间段均未体现出受到干扰,表明虽然断面Ⅲ距离钦州燃煤电厂较近,但在调查的时段内电厂对其扰动影响较小,但其为何未体现受西侧一号路(临港大道)建设的影响尚需深入研究。

3 结论

分析表明,调查海域潮间带生态环境的变化主要是由周边围填海工程建设引起。由于围填海建设不仅会改变原有的滩涂形态和面积、填埋滩涂上的全部潮间带生物,还会引起水动力条件的改变、海洋生境破坏,以及环境退化等问题^[27],使海区生物多样性降低、重要渔业资源、湿地、海岸等生态系统功能退化、渔业获量、海水养殖产量减少,导致滩涂生态服务价值的巨大损失^[28]。而且,随着滩涂围填消失以及区域工业和城市建设的进一步推进^[29~31],排放至海域的污染物会持续增加,将可能导致近海海域内硫酸还原菌等细菌大量滋生,不但生物不能生存,还会大量地出现赤潮^[32]。可见,围填海对海域生态系统的破坏具有长期性、持久性,其造成的损失难以估量,且不可逆转。鉴于此,建议在进行围填海工程规划和批准时,须慎重决策。

参考文献:

- [1] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志第十二分册(广西海湾)[M]. 北京:海洋出版社:1993:171-173.
Editorial Committee of China Bay Records. China Bay Records:Part 12(Guangxi Bay)[M]. Beijing:China Ocean Press,1993(in Chinese):171-173.
- [2] 庄树宏,陈礼学,孙力. 南长山岛岩岸潮间带底栖藻类群落结构的季节变化格局[J]. 海洋科学进展,2003,21(2):194-202.
Zhuang S H, Chen L X, Sun L. Seasonal variation pattern of benthic algal community structure in rocky intertidal zone of the Nanchangshan Island[J]. Advances in Marine Science,2003,21(2):194-202.
- [3] 广西壮族自治区海岸带和海涂资源综合调查领导小组. 广西壮族自治区海岸带和海涂资源综合调查报告第四卷(海洋生物)[R]. 广西:广西壮族自治区海岸带和海涂资源综合调查领导小组,1986.
Leader Group of the Multipurpose Investigation of the Coastal Zone and Tidal Wetland Resources in Guangxi. Investigation report of the coastal zone and tidal wetland resources in Guangxi, the forth volume (Marine organisms)[R]. Guangxi: Leader Group of the Multipurpose Investigation of the Coastal Zone and Tidal Wetland Resources in Guangxi,1986.
- [4] 庄军莲,何碧娟,许铭本. 广西钦州茅尾海潮间带生物生

- 态特征[J]. 广西科学, 2009, 16(1): 96-100.
- Zhuang J L, He B J, Xu M B. Ecological features of the intertidal benthos in Qinzhou Maowei Gulf of Guangxi [J]. Guangxi Sciences, 2009, 16(1): 96-100.
- [5] 李永强. 北部湾(广西段)潮间带大型底栖动物的调查研究[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2011.
- Li Y Q. The Macrozoobenthos of intertidal zone in Beibu Gulf (Guangxi)[D]. Qingdao: Qingdao Technological University, 2011.
- [6] 何斌源, 邓朝亮, 罗砚. 环境扰动对钦州港潮间带大型底栖动物群落的影响 [J]. 广西科学, 2004, 11(2): 143-147.
- He B Y, Deng C L, Luo Y. Effect of environmental fluctuation on macrobenthos community in the intertidal flats of Qinzhou Harbor[J]. Guangxi Sciences, 2004, 11(2): 143-147.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 12763-2007 海洋调查规范[S]. 北京, 2008.
- Chinese National Standardization Committee of Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB 12763-2007 Specifications for Oceanographic Survey[S]. Beijing, 2008.
- [8] Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities[J]. Mar Biol, 1986, 92: 557-562.
- [9] Warwick R M, Pearson T H, Roswamyumi. Detection of pollution effects on marine macrobenthos further evaluation of the species abundance biomass method[J]. Marine Biology, 1987, 95: 193-200.
- [10] Warwick R M, Clarke K R. Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance biomass relationship in disturbed benthic communities [J]. Marine Biology, 1994, 118: 737-744.
- [11] 蔡立哲, 谭凤仪, 黄玉山. 香港东部红树林区大型底栖动物种类组成与数量分布特点[J]. 厦门大学学报, 1998, 37(1): 115-121.
- Cai L Z, Tan F Y, Huang Y S. Characteristics of quantitative distribution and species composition of macrozoobenthos in mangrove stands in eastern Hong Kong [J]. Journal of Xiamen University, 1998, 37(1): 115-121.
- [12] 王永泓, 黄立强, 王慧珍, 等. K-优势曲线分析污染对潮间带大型底栖生物群落影响的初步尝试[J]. 海洋环境科学, 1992, 11(1): 91-94.
- Wang Y H, Huang L Q, Wang H Z, et al. The initial attempt to analyze the impact of pollution on the intertidal macro benthic fauna community by K-advantage curve [J]. Marine Environmental Science, 1992, 11(1): 91-94.
- [13] 贾树林. 利用底栖动物监测污染的生态学方法 I: 种类中个体作图法[J]. 海洋环境科学, 1991, 10(1): 68-72.
- Jia S L. The ecology method of monitoring the contamination using the benthic fauna I: individual mapping method in species[J]. Marine Environmental Science, 1991, 10(1): 68-72.
- [14] 楼丹, 施慧雄, 焦海峰, 等. 象山港潮间带生物种类组成及数量分布[J]. 宁波大学学报: 理工版, 2010(4): 1-5.
- Lou D, Shi H X, Jiao H F, et al. Study on species composition, quantity distribution of intertidal benthos in Xiangshan Bay [J]. Journal of Ningbo University: NSEE, 2010(4): 1-5.
- [15] Engle V D, Summers J K. Latitudinal gradients in benthic community composition in western Atlantic estuaries[J]. Journal of Biogeography, 1999(26): 1007-1023.
- [16] 宋宪国. 用底栖动物评价水环境[J]. 山西水利科技, 1997, 116(2): 88-89.
- Song X G. Assessment water quality by zoobenthos [J]. Shanxi Hydrotechnics, 1997, 116(2): 88-89.
- [17] 丛建国. 烟台潮间带底栖无脊椎动物群落和多样性研究[J]. 生态学报, 1998, 18(1): 56-62.
- Cong J G. The common invertebrate community and its diversity in the beach of intertidal zone Yantai[J]. Acta Ecologica Sinica, 1998, 18(1): 56-62.
- [18] Sato S, Azuma M. Ecological and paleoecological implications of the rapid increase and decrease of an introduced bivalve *Potamocorbula* sp. after the construction of a reclamation dike in Isahaya Bay, western Kyushu, Japan[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2002, 185: 369-378.
- [19] Wu J H, Fu C Z, Fan L, et al. Changes in free-living nematode community structure in relation to progressive landreclamation at an intertidal marsh[J]. Applied Soil Ecology, 2005, 29(1): 47-58.
- [20] 陈才俊. 围垦对滩涂动物资源环境的影响[J]. 海洋科学, 1990, 14(6): 48-50.
- Chen C J. The influence of reclamation on the resources and the environment of tidal flat animal [J]. Marine Science, 1990, 14(6): 48-50.
- [21] 李加林, 杨晓平, 童亿勤. 滩涂围垦对海岸环境的影响研究进展[J]. 地理科学进展, 2007, 26(2): 43-51.
- Li J L, Yang X P, Tong Y Q. Progress on environmental effects of tidal flat reclamation[J]. Progress in Geography, 2007, 26(2): 43-51.
- [22] 张明慧, 陈昌平, 索安宁, 等. 围填海的海洋环境影响国内外研究进展[J]. 生态环境学报, 2012, 21(8): 1509-1513.
- Zhang M H, Chen C P, Suo A N, et al. International ad-

- vance of sea areas reclamation impact on marine environment [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2012, 21(8): 1509-1513.
- [23] 葛宝明, 鲍毅新, 郑祥. 灵昆岛围垦滩涂潮沟大型动物群落生态学研究[J]. *生态学报*, 2005, 25(3): 446-453.
Ge B M, Bao Y X, Zheng X. Macro-benthic community ecology of a tidal flat in different habitats and creeks dyked indifferent year [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(3): 446-453.
- [24] 周时强, 郭丰, 吴荔生, 等. 福建海岛潮间带底栖生物群落生态的研究[J]. *海洋学报*, 2001, 23(5): 104-109.
Zhou S Q, Guo F, Wu L S, et al. The study on the ecology of the benthic community in intertidal zone, Fujian islands [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2001, 23(5): 104-109.
- [25] 安鑫龙, 李豫红, 闫莹. 中国潮间带生物研究新进展 [J]. *河北渔业*, 2004(6): 17-18.
An X L, Li Y H, Yan Y. New research advances on intertidal organism in China [J]. *Hebei Fisheries*, 2004 (6): 17-18.
- [26] Valiela I, Bowen J L, York J K. Mangrove forest: one of the world's threatened major tropical environments [J]. *Bio Science*, 2001, 51: 807-815.
- [27] 于格, 张军岩, 鲁春霞, 等. 围海造地的生态环境影响分析[J]. *资源科学*, 2009, 31(2): 265-270.
Yu G, Zhang J Y, Lu C X, et al. Study on the impact of marine reclamation on eco-environment [J]. *Resource Science*, 2009, 31(2): 265-270.
- [28] 赵迎东, 马康, 宋新. 围填海对海岸带生境的综合生态影响[J]. *齐鲁渔业*, 2010, 27(8): 57-58.
Zhang Y D, Ma K, Song X. The ecological impacts of marine reclamation on biotope in coastal zone [J]. *Shandong Fisheries*, 2010, 27(8): 57-58.
- [29] 雷富, 陈宪云, 陈默, 等. 广西茅尾海夏季海水和表层沉积物中重金属污染现状及评价[J]. *广西科学*, 2013, 20(3): 205-209.
Lei F, Chen X Y, Chen M, et al. Pollution evaluation of heavy metals in the sea water and surface sediments of Maowei Sea in summer [J]. *Guangxi Sciences*, 2013, 20(3): 205-209.
- [30] 庄军莲, 姜发军, 许铭本, 等. 钦州湾茅尾海周年环境因子及浮游植物群落特征 [J]. *广西科学*, 2012, 19(3): 263-267.
Zhuang J L, Jiang F J, Xu M B, et al. Annual change of environmental factors and phytoplankton community characteristics in Maowei Sea of Qinzhou Bay [J]. *Guangxi Sciences*, 2012, 19(3): 263-267.
- [31] 雷富, 陈宪云, 张荣灿, 等. 北部湾近岸海域夏季海洋环境质量评价[J]. *广西科学*, 2014, 21(1): 84-88.
Lei F, Chen X Y, Zhang R C, et al. Application of the nemerow index to comprehensive assessment of sea area environmental quality of Beibu Gulf Coast in summer [J]. *Guangxi Sciences*, 2014, 21(1): 84-88.
- [32] 尹鸿伟. 日本填海的历史教训[J]. *南风窗*, 2006, 16: 44-45.
Yin H W. Historical lessons of sea reclamation in Japan [J]. *South Reviews*, 2006, 16: 44-45.

(责任编辑: 竺利波)