

## ◆ 研究类 ◆

海岸工程对北海铁山港红树林大型底栖动物群落的影响<sup>\*</sup>高霆炜, 杨明柳<sup>\*\*</sup>, 宋 超

(广西科学院广西红树林研究中心, 广西红树林保护与利用重点实验室, 广西北海 536000)

**摘要:**为探究海岸工程对北海铁山港榄根村红树林大型底栖动物群落的影响,本研究于2020年3月对红树林死亡区(D组)、红树林严重退化区(ED组)、活林区(AL组)、对照林区(CK组)等4个区域的大型底栖动物进行定量取样调查。结果显示,4个调查区域大型底栖动物共45种,平均栖息密度和生物量分别为102.4个/m<sup>2</sup>、147.55 g/m<sup>2</sup>;Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、Pielou均匀度指数( $J$ )和Margalef物种丰富度指数( $d$ )分别为2.050,0.735,1.329。单因素方差分析表明,不同区域之间的大型底栖动物栖息密度、生物量、 $H'$ 、 $J$ 和 $d$ 均无显著性差异。但红树林死亡区(D组)和红树林严重退化区(ED组)的大型底栖动物栖息密度、生物量、 $H'$ 均低于对照林区(CK组)和活林区(AL组),表明D组和ED组的大型底栖动物群落在海岸工程的影响下受到了更严重的干扰。聚类分析和多维尺度排序(MDS)分析表明,D组与ED组的大型底栖动物群落较为相似,而AL组的大型底栖动物群落则与CK组相似。以上结果表明,海岸工程导致北海铁山港榄根村红树林生态系统受损及其底质环境发生改变,并对该区红树林的大型底栖动物栖息密度、生物量、多样性指数、优势种和群落结构造成了一定负面影响。

**关键词:**大型底栖动物 群落结构 海岸工程 红树林 铁山港

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2021)03-0299-08

DOI:10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20210928.005

## 0 引言

大型底栖动物是红树林湿地生态系统中的重要类群,是系统中能量流动、物质循环的消费者和转移者,在红树林生态系统中发挥着重要作用<sup>[1]</sup>。由于大型底栖动物活动范围有限,对环境污染和生态破坏等

逆境的逃避能力较弱,导致其容易受环境的影响<sup>[2,3]</sup>。此外,大型底栖动物对红树林的生境变化具有潜在的生物、生态指示作用,其群落的动态变化有助于揭示海洋环境特征和评价环境污染状况。因此,国内外许多学者将大型底栖动物作为指示红树林生态系统健康及环境污染状况的重要指标<sup>[4-6]</sup>。

收稿日期:2021-06-06

\* 合浦县林业局项目(GXZC2020-J3-HXHP-001)资助。

## 【作者简介】

高霆炜(1988-),男,硕士,助理研究员,主要从事海洋生态研究。

## 【\*\*通信作者】

杨明柳(1988-),女,助理研究员,主要从事海洋生物研究,E-mail:yangmingliu2010@163.com。

## 【引用本文】

高霆炜,杨明柳,宋超.海岸工程对北海铁山港红树林大型底栖动物群落的影响[J].广西科学院学报,2021,37(3):299-306.

GAO T W, YANG M L, SONG C. Impact of Coastal Engineering on Macrobenthic Communities in the Mangrove of Tieshan Bay, Beihai [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2021, 37(3): 299-306.

海岸工程是人类利用和开发海洋的重要方式,能给人带来巨大的经济收益。但与此同时,海岸工程所引起的一系列生态问题,尤其是大型底栖动物的种类、密度、生物量、群落结构和生物多样性的改变引起诸多学者的关注<sup>[7-8]</sup>。不少研究发现,围填海工程引起大型底栖动物的密度、生物量和生物多样性指数下降,群落结构稳定性变差等负面影响<sup>[9-11]</sup>。

铁山港位于北部湾东北部、广西北海市合浦县。铁山港湾为半封闭性海湾,湾内红树林资源分布广阔。近年来,随着对铁山港经济开发区的建设,滩涂围垦面积增大、临港工业开发、废水排放、港口工程建设,使得铁山港湾的红树林生态系统面临巨大压力,并已呈现出逐渐脆弱的态势<sup>[12]</sup>。港口建设、围填海工程等海岸工程是造成大量滨海湿地丧失和红树林生态系统退化的重要因素。海岸工程改变水文动力,导致泥沙冲淤和纳潮量减少,水体自净能力降低,使得红树林生境发生变化,林内生物群落结构也随之改变;红树林生态系统退化,底栖生物多样性降低,动物群落结构改变<sup>[13-16]</sup>。受海岸工程的影响,北海铁山港东岸榄根村龙港新区的红树林于2017年开始出现受损死亡现象,随后红树林死亡面积逐年增大,其生态系统遭受明显破坏,该区域的大型底栖动物极有可能受到影响。

本研究拟对铁山港东岸榄根村龙港新区红树林大型底栖动物群落进行调查,探讨在海岸工程影响下,红树林湿地生态系统中大型底栖动物群落结构及其生物多样性现状,以期为深入研究海岸工程对红树林大型底栖动物群落的影响机制积累基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查区域概况

调查区域位于广西北海市合浦县白沙镇榄根村龙港新区北海铁山港东港产业园,经纬度为 $109^{\circ}35'54''-109^{\circ}36'56''\text{E}$ , $21^{\circ}35'37''-21^{\circ}36'31''\text{N}$ 。调查区域属亚热带季风型海洋性气候,海域潮汐为非正规全日潮;红树植物群落为白骨壤成熟林,群落平均覆盖度57%、平均密度55株/100 m<sup>2</sup>、平均高度2.08 m。自2017年龙港新区海岸工程施工以来,榄根村红树林开始受损,此后受损面积逐年扩大,甚至出现红树林大面积死亡现象,其生态系统已受到严重威胁。

### 1.2 采样方法及样品处理

2020年3月,本研究根据榄根村龙港新区受损红树林的分布特征及海岸工程可能影响的范围,设置如图1所示的采样站位,具体如下:在红树植物均已死亡的区域(红树林死亡区,D组)布设6个站位(D1、D2、D3、D4、D5、D6);在红树林死亡斑块边缘,部分红树植物已死亡,红树林退化严重区域(红树林严重退化区,ED组)布设6个站位(ED1、ED2、ED3、ED4、ED5、ED6);在无红树植物死亡区域(活林区,AL组)布设3个站位(AL1、AL2、AL3);在距离东港产业园海岸工程较远的地方,不受工程影响的红树林区布设3个站位(CK1、CK2、CK3)作为对照组(CK组)。大型底栖动物的调查采用25 cm×25 cm样方框,在样方框内取30 cm深的沉积物,用孔径0.5 mm的筛子过滤清洗,分选出动物样品,并使用75%酒精固定,随后在实验室内进行样品分析鉴定。每个站位先随机采集4个平行样,再将4个平行样合并,作为一个站位的数据。在每个站位布设一个10 m×10 m的样方,测定样方内红树植物的平均高度、覆盖度;采集表层沉积物,检测沉积物的pH值、有机碳、总氮、总磷,并使用激光粒度仪(Mastersizer2000,马尔文公司)进行沉积物粒径分析。样品的采集和处理方法按照《海洋调查规范(GB 12763.8-2007)》和《海洋监测规范(GB 17378.5-2007)》进行。

### 1.3 数据分析

统计大型底栖动物的物种数、栖息密度、生物量;运用Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、Pielou均匀度指数( $J$ )和Margalef物种丰富度指数( $d$ )对大型底栖动物群落多样性特征进行分析,并计算优势度指数( $Y$ ),以 $Y>0.02$ 的种类确定为该调查区域的优势种<sup>[10]</sup>。

采用SPSS 25.0软件中的单因素方差分析(One-way ANOVA),比较不同组别的大型底栖动物种物种数、栖息密度、生物量、多样性指数的差异性。用皮尔森相关系数( $\sigma$ )来分析群落参数与环境变量(红树植物盖度、中值粒径、pH值、有机碳、总氮、总磷)之间的相关性。同时,以各站位大型底栖动物的物种和栖息密度为矩阵,在PRIMER 6.0软件中进行平方根转化,计算Bray-Curtis相似性系数,再进行多维尺度排序(MDS),对大型底栖动物群落结构进行研究<sup>[17]</sup>。

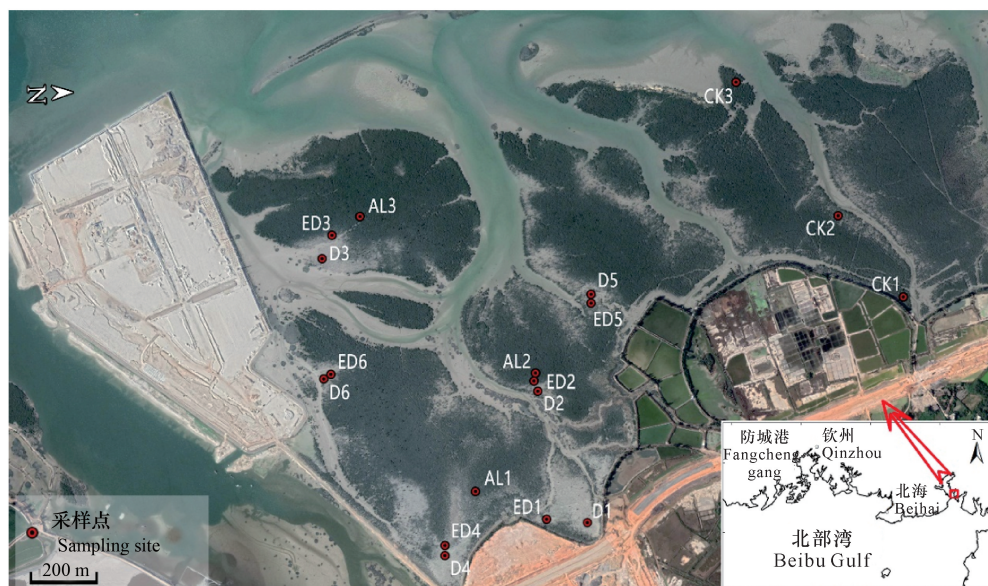


图1 榄根村红树林大型底栖动物采样站位

Fig. 1 Sampling stations for the survey of macrobenthos in the mangrove of Lan'gen Village

## 2 结果与分析

### 2.1 大型底栖动物种类概况

本研究在榄根村红树林调查区域共采集到大型底栖动物 45 种, 隶属于 5 门 7 纲 32 科, 其中软体动物门 22 种, 节肢动物门 10 种, 环节动物门 8 种, 脊索动物门 4 种, 星虫动物门 1 种。根据优势度计算结果, 榄根村红树林区域的大型底栖动物类群优势种如表 1 所示。其中, 疏纹满月蛤为 4 个组别的共同优势种, 珠带拟蟹守螺、明秀大眼蟹为 D 组、ED 组的共同优势种, 扁平拟闭口蟹、短拟沼螺、中阿曼吉虫为 AL 组和 CK 组的共同优势种。

表 1 榄根村红树林不同区域的大型底栖动物优势种及优势度指数

Table 1 Dominant species and dominance index of macrobenthos in different regions of the mangrove in Lan'gen Village

组别 Groups	优势种 Dominant species	优势度指数 Dominance index (Y)
D	珠带拟蟹守螺 <i>Cerithidea cingulata</i>	0.263
	疏纹满月蛤 <i>Lucina scarlatoii</i>	0.141
	明秀大眼蟹 <i>Macrophthalmus (Mareotis) definitus</i>	0.036
	背蚓虫 <i>Notomastus latericeus</i>	0.033
ED	珠带拟蟹守螺 <i>Cerithidea cingulata</i>	0.238
	疏纹满月蛤 <i>Lucina scarlatoii</i>	0.090
	扁平拟闭口蟹 <i>Paracleistostoma depressum</i>	0.048

### 续表 1

Continued table 1

组别 Groups	优势种 Dominant species	优势度指数 Dominance index (Y)
AL	明秀大眼蟹 <i>Macrophthalmus (Mareotis) definitus</i>	0.024
	扁平拟闭口蟹 <i>Paracleistostoma depressum</i>	0.200
	疏纹满月蛤 <i>Lucina scarlatoii</i>	0.175
	短拟沼螺 <i>Assiminea brevicula</i>	0.108
	中阿曼吉虫 <i>Armandia intermedia</i>	0.042
	优美鼓虾 <i>Alpheus euprosyne</i>	0.033
	红树蚬 <i>Gelonia coaxans</i>	0.033
CK	扁平拟闭口蟹 <i>Paracleistostoma depressum</i>	0.466
	疏纹满月蛤 <i>Lucina scarlatoii</i>	0.085
	团聚牡蛎 <i>Saccostrea glomerata</i>	0.034
	短拟沼螺 <i>Assiminea brevicula</i>	0.028
	中阿曼吉虫 <i>Armandia intermedia</i>	0.023

### 2.2 大型底栖动物栖息密度、生物量与多样性指数

如表 2 所示, 调查区域的大型底栖动物总体平均栖息密度为 102.4 个/m<sup>2</sup>, 其中 CK 组的大型底栖动物平均栖息密度最高 (157.3 个/m<sup>2</sup>), 其次为 AL 组 (106.7 个/m<sup>2</sup>), 最低的为 ED 组 (84.0 个/m<sup>2</sup>)。One-way ANOVA 分析表明, 4 个调查区域大型底栖动物的栖息密度差异不显著 ( $F = 1.941, P > 0.05$ )。调查区域的大型底栖动物总体平均生物量为 147.55



$\text{g}/\text{m}^2$ , 其中 AL 组的平均生物量最高 ( $365.95 \text{ g}/\text{m}^2$ ), 其次为 CK 组 ( $117.37 \text{ g}/\text{m}^2$ ), D 组的生物量最低 ( $90.79 \text{ g}/\text{m}^2$ )。One-way ANOVA 分析表明, 4 个调查区域大型底栖动物的生物量无显著性差异 ( $F = 1.695, P > 0.05$ )。

榄根村红树林调查区域大型底栖动物的平均 Shannon-Wiener 多样性指数 ( $H'$ )、Pielou 均匀度指数 ( $J$ )、Margalef 丰富度指数 ( $d$ ) 分别为 2.050, 0.735, 1.329 (表 2)。其中,  $H'$  最高的为 CK 组

表 2 榄根村红树林大型底栖动物的栖息密度、生物量及多样性指数(平均值  $\pm$  标准差)

Table 2 Habitat density, biomass and diversity index of macrobenthos in the mangrove of Lan'gen Village (mean  $\pm$  standard deviation)

组别 Groups	栖息密度 Habitat density (ind./ $\text{m}^2$ )	生物量 Biomass ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ )	Pielou 均匀 度指数 Pielou evenness index ( $J$ )	Margalef 物种 丰富度指数 Margalef species richness index ( $d$ )
D	91.3 $\pm$ 23.9	90.79 $\pm$ 63.91	1.774 $\pm$ 1.002	0.685 $\pm$ 0.242	1.109 $\pm$ 0.768
ED	84.0 $\pm$ 51.4	110.19 $\pm$ 58.68	2.016 $\pm$ 0.923	0.749 $\pm$ 0.256	1.356 $\pm$ 0.681
AL	106.7 $\pm$ 31.1	365.95 $\pm$ 458.83	2.293 $\pm$ 0.135	0.798 $\pm$ 0.038	1.356 $\pm$ 0.145
CK	157.3 $\pm$ 72.7	117.37 $\pm$ 97.51	2.428 $\pm$ 1.091	0.745 $\pm$ 0.238	1.689 $\pm$ 0.841
平均 Average	102.4 $\pm$ 48.8	147.55 $\pm$ 195.73	2.050 $\pm$ 0.867	0.735 $\pm$ 0.212	1.329 $\pm$ 0.660

### 2.3 大型底栖动物群落结构

聚类分析结果显示(图 2), D 组、ED 组、AL 组及 CK 组的大型底栖动物群落并没有按 4 个组别分别聚类。MDS 分析表明(图 3), 在相似度为 30% 时, 大型底栖动物群落分成了 3 个组群(排除特殊站位影响)。组 I: D1、D3、D4、ED1、ED4 为一组群, 组内平均相似性为 53.01%, 以珠带拟蟹守螺(83.36%)为主要贡献物种。组 II: D2、D5、D6、ED2、ED3、ED5、ED6、CK2 为一组, 组内平均相似性为 38.05%, 以疏纹满月蛤(37.34%)、明秀大眼蟹(17.50%)、扁平拟闭口蟹(11.56%)为主要贡献物种。组 III: AL2、

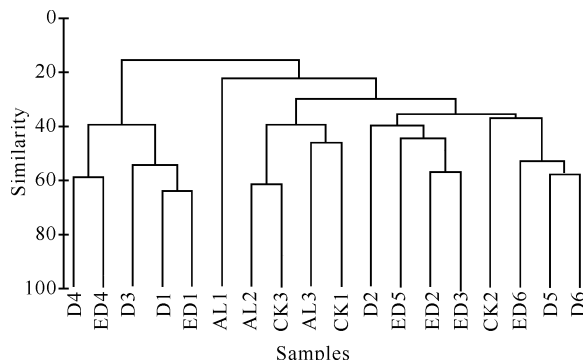


图 2 各个站位大型底栖动物群落系统聚类图

Fig. 2 Hierarchical cluster dendrogram of macrobenthic communities at each station

(2.428), 其次为 AL 组 (2.293), D 组最低 (1.774)。J 最高的为 AL 组 (0.798), 其次为 ED 组 (0.749), 最低的为 D 组 (0.685)。d 最高的为 CK 组 (1.689), 其次为 AL 组和 ED 组, 其平均丰富度指数 ( $d$ ) 均为 1.356, D 组的最低 (1.109)。One-way ANOVA 分析表明, 各组别之间的 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Margalef 丰富度指数差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。

AL3、CK1、CK3 为一组, 组内平均相似性为 42.71%, 以扁平拟闭口蟹 (46.88%)、疏纹满月蛤 (23.04%)、优美鼓虾 (10.38%) 为主要贡献物种。AL1 站位与其他 3 组群落结构差异较大。

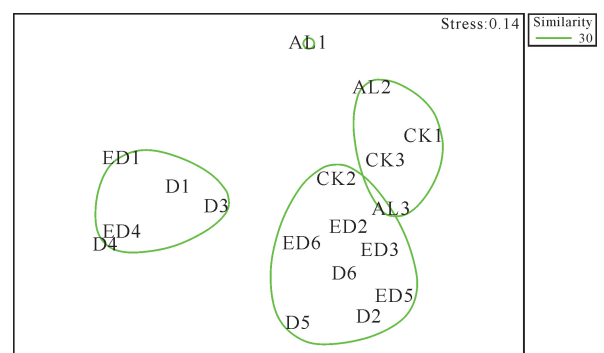


图 3 各站位大型底栖动物群落的多维尺度排序(MDS)

Fig. 3 Multidimensional scaling (MDS) diagram of macrobenthic communities at each station

### 2.4 群落结构与环境因子的关系

如表 3 所示, 调查区域红树林植物群落的平均盖度为 0% - 74%, 表层沉积物中值粒径  $\Phi$  为 3.94 - 5.78 (以粉砂含量为主), pH 值为 6.37 - 6.64, 有机碳 1.63% - 2.95%, 总氮 1.01 - 1.89 mg/g, 总磷 0.19 - 0.32 mg/g。

表3 各区域环境因子水平(平均值±标准差)

Table 3 Levels of environmental factors in each region (mean ± standard deviation)

组别 Group	盖度 Coverage (%)	中值粒径 Md (Φ)	pH 值 pH value	有机碳 TOC (%)	总氮 TN (mg/g)	总磷 TP (mg/g)
D	0	5.78 ± 0.57	6.59 ± 0.33	1.63 ± 0.14	1.01 ± 0.13	0.19 ± 0.05
ED	15 ± 6	4.75 ± 1.40	6.64 ± 0.13	1.77 ± 0.23	1.21 ± 0.29	0.27 ± 0.04
AL	74 ± 6	3.94 ± 0.41	6.37 ± 0.01	2.95 ± 0.78	1.89 ± 0.36	0.32 ± 0.03
CK	38 ± 8	4.67 ± 1.06	6.59 ± 0.09	1.81 ± 0.64	1.06 ± 0.53	0.26 ± 0.06

对各站位的大型底栖动物群落参数与环境因子的相关分析发现(表4), 栖息密度、Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、Margalef丰富度指数( $d$ )与红树植物盖度、表层沉积物中值粒径、pH值、有机碳、总氮、总磷等几种环境因子相关性不显著( $P > 0.05$ ), 而生物量与红树林盖度呈显著正相关关系( $\sigma = 0.525, P = 0.025$ ), Pielou均匀度指数( $J$ )与中值粒径呈显著负相关关系( $\sigma = -0.475, P = 0.047$ )。

表4 大型底栖动物群落参数与环境变量之间的相关性分析

Table 4 Correlation analysis between macrobenthic communities' parameters and environmental variables

项目 Items	盖度 Coverage	中值 粒径 Md	pH 值 pH value	有机碳 TOC	总氮 TN	总磷 TP
种类数 Species	0.180	-0.116	-0.004	0.078	-0.005	-0.015
栖息密度 Habitat density	0.234	0.287	-0.008	0.189	-0.047	-0.070
生物量 Biomass	0.525*	-0.013	-0.135	0.199	0.221	0.272
Shannon- Wiener 多样性指数 Shannon- Wiener diversity index ( $H'$ )	0.176	-0.380	0.014	0.099	0.148	0.102
Pielou 均 匀度指数 Pielou evenness index ( $J$ )	0.113	-0.475*	0.011	0.105	0.206	0.117
Margalef 丰 富度指数 Margalef species richness index ( $d$ )	0.107	-0.296	0.034	0.023	0.068	0.074

注: \* 表示显著差异性( $P < 0.05$ )

Note: \* indicates a significant difference ( $P < 0.05$ )

### 3 讨论

#### 3.1 海岸工程区榄根村红树林大型底栖动物群落特征

海岸工程能使海岸带生态环境发生巨大变化, 其施工所涉及的疏浚、吹填、掩埋等作业会造成海湾潮

水动力、水体和底质的理化性质改变, 从而引起附近海域生物多样性普遍降低, 优势种和群落结构改变<sup>[9,10,18]</sup>。崔磊等<sup>[9]</sup>发现围填海工程造成广东淇澳岛附近水域的生物多样性和群落结构稳定性呈现不同程度的下降。本研究中(表2), 红树林死亡区(D组)和红树林严重退化区(ED组)的大型底栖动物栖息密度和生物量均比红树林活林区(AL组)和对照林区(CK组)的低, 但4个调查区域的大型底栖动物平均栖息密度和生物量的差异均未达到显著性水平, 这很可能是因为调查区域红树植物均为白骨壤群落, 各组别的站位临近, 且临近站位的底质理化性质无显著差异。在群落结构上(表1), 虽然D组和ED组的红树植物受损严重, 但它们均呈现出软体动物所占比例较大, 节肢动物、多毛类等所占比例较小的现象; 而在AL组和CK组中以软体动物和节肢动物为主要类群, 并且节肢动物所占比例较大。由此可推断, 海岸工程对该区域的大型底栖动物群落造成了一定影响, 即减少了甲壳动物所占的比例, 并以软体动物占绝对优势, 如D组和ED组主要以底表动物珠带拟蟹守螺和底内动物疏纹满月蛤为主要优势类群, AL组和CK组则以掘穴动物扁平拟闭口蟹和底内动物疏纹满月蛤为主要优势类群。由此推断, 在海岸工程的影响下, 调查区域大型底栖动物群落随着环境质量的改变出现了一定的群落演替, 原喜好生活于林内的蟹类因红树植物的死亡, 而被底表动物珠带拟蟹守螺等喜光滩物种替代。

对调查区域大型底栖动物群落结构的聚类分析发现(图2), 调查的18个站位没有按布设站位对应的4个组别(D、ED、AL和CK组)进行聚类, 可能是由于D组、ED组的站位距离较近, 其底质环境相近, 并且活林区和对照林区的植物群落相同所引起。但MDS分析表明(图3), 在受围填海工程影响的D组与ED组形成两个较近的组群(组I、组II), 而AL组与CK组形成一个组群(组III), 并且组I与组III在主要贡献动物类群上有较大差异。由此可见, 在海岸

工程影响下,红树林区域大型底栖动物群落结构发生了较大变化。

Shannon-Wiener 多样性指数 ( $H'$ ) 是评价水质和底质污染的重要指标之一,  $H'$  值越大, 水质或底质环境越好; 反之,  $H'$  值越小, 水体或底质环境污染程度越高<sup>[19]</sup>。本研究中(表 2), 各组别的  $H'$  值均较低, 为 1.000-3.000, 表明调查区域大型底栖动物环境为中轻度污染。D 组的平均  $H'$  值最低(1.774), 表明红树林死亡区的底质环境为中度污染干扰, ED 组、AL 组、CK 组的平均  $H'$  值为 2.000-3.000, 表明这 3 个区域的底质环境为轻度污染。整体来看, 榄根村红树林大型底栖动物群落环境均处于中轻度污染状态, 可能因受人为干扰较为频繁, 尤其是直接受海岸工程影响的红树林区域, 其生态环境可能受到严重干扰, 底质环境发生改变, 不再适应对环境敏感的物种生存, 反而为干扰耐受种提供了更多生存条件, 使其成为绝对优势种类。

### 3.2 海岸工程区环境因子对大型底栖动物群落的影响

盐度、温度、底质类型、土壤特性、潮带、红树植被等环境因素均能影响大型底栖动物群落的组成、分布、数量, 而在较小的范围内, 底栖动物的分布则与红树植被特性和潮位有更密切的关系<sup>[20]</sup>。唐以杰等<sup>[21]</sup>对汕头 3 种人工红树林湿地大型底栖动物群落的比较研究发现, 大型底栖动物的分布和丰度与林地土壤 pH 值、有机质、砂粒和粉砂含量、红树植物平均株高、平均胸径、平均基径和冠幅等理化因子显著相关。本研究中(表 4), 大型底栖动物的栖息密度、 $H'$  与植物盖度、沉积物中值粒径、pH 值、有机碳、总氮、总磷均无明显相关性, 而生物量与盖度则呈显著正相关关系( $\sigma = 0.525, P = 0.025$ ), 表明红树植物生长较好, 盖度越高的区域, 其大型底栖动物生物量会相对较大。在动物群落组成上, 由于 D 组和 ED 组的红树植物处于已死亡或濒临死亡的状态, 植被覆盖度为 0 或非常低(表 3), 该区域以喜好栖息于光滩的珠带拟蟹守螺和明秀大眼蟹为主要优势种; 而在 CK 组则以扁平拟闭口蟹和短拟沼螺等喜欢栖息于红树植物根系附近的物种为主(表 2)。由此可见, 红树植物盖度对大型底栖动物群落也有重要影响, 可能是较高的盖度提高了林内的荫蔽条件, 改变了林内光照、高温、水分蒸发对林下动物的胁迫, 同时白骨壤林内复杂的气生根也为大型底栖动物提供了躲避天敌的场所。另外, 自 2017 年龙港新区海岸工程施工以来, D 组和

ED 组区域红树林开始出现受损现象, 此后受损死亡斑块面积逐年增大, 进一步表明海岸工程引起了红树林生态系统的退化, 而林内大型底栖动物群落结构的变化则是对红树林的退化和死亡做出的响应。

围填海工程导致近岸潮流水动力减弱、淤泥沉积堆积、底质类型改变, 从而改变大型底栖动物生境状况<sup>[10]</sup>。一般情况下, 泥质砂或砂质泥底质中大型底栖动物多样性高于砂质或粘土质的底质环境<sup>[20, 22]</sup>。本研究中(表 4), 各组的表层沉积物中值粒径与栖息密度、生物量、种类数等并无明显相关性, 而 Pielou 均匀度指数 ( $J$ ) 与中值粒径呈显著负相关( $\sigma = -0.475, P = 0.047$ ), 表明表层沉积物中值粒径越大、粘土含量越高的地方, 大型底栖动物种类和数量越单一, 群落结构越不稳定。从表层沉积物的中值粒径来看(表 3), D 组站位表层沉积物的中值粒径最高, 表明其粘土含量比 ED 组、AL 组和 CK 组的粘土含量高, 而粘土含量较高, 土壤的透气性变差, 可能会使一些敏感物种无法生存。龙港新区海岸工程海域吹填过程中, 可能改变了榄根村红树林区域的潮流水动力, 加上陆域填土高岭土溢流、海域吹填产生的悬浮物淤积, 导致红树林沉积物类型发生改变, 红树林内动物群落结构改变, 生态系统退化, 使得大型底栖动物群落结构稳定性差, 多样性指数降低。

## 4 结论

本研究调查了受到海岸工程影响的北海铁山港榄根村红树林区域中的大型底栖动物群落。结果显示, 受到海岸工程的影响, 榄根村红树林区域的底质环境改变, 表层沉积物粘土含量增高, 红树林受损死亡, 生态系统退化, 造成大型底栖动物栖息密度、生物量、生物多样性指数下降, 动物优势种改变, 群落结构稳定性降低等负面影响。由此可见, 海岸工程对周边海域生态系统的影响深远, 可能会对红树林造成巨大威胁, 破坏其生存环境, 危及林内动物群落结构与种群数量。因此, 在海岸工程的实施过程中, 应充分重视对海洋环境的保护, 合理、合法施工, 同时加强对施工区域红树林的环境监测和保护力度。

### 参考文献

- [1] 徐姗楠, 陈作志, 黄小平, 等. 底栖动物对红树林生态系统的影响及生态学意义[J]. 生态学杂志, 2010, 29(4): 812-820.
- [2] 林秀春, 蔡立哲, 马丽, 等. 厦门凤林红树林湿地大型底

- 栖动物群落[J]. 生物多样性, 2006, 14(2): 128-135.
- [3] 李新正. 我国海洋大型底栖生物多样性研究及展望: 以黄海为例[J]. 生物多样性, 2011, 19(6): 676-684.
- [4] WARWICK R M. Evidence for the effects of metal contamination on the intertidal macrobenthic assemblages of the Fal Estuary [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2001, 42(2): 145-148.
- [5] 蔡立哲. 海洋底栖生物生态学和生物多样性研究进展[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2006, 45(S2): 83-89.
- [6] 叶勇, 翁劲, 卢昌义, 等. 红树林生物多样性恢复[J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1243-1250.
- [7] LU L, GOH B P L, CHOU L M. Effects of coastal reclamation on riverine macrobenthic infauna (Sungei Punggol) in Singapore [J]. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 2002, 9(2): 127-135.
- [8] 叶属峰, 纪焕红, 曹恋, 等. 河口大型工程对长江河口底栖动物种类组成及生物量的影响研究[J]. 海洋通报, 2004, 23(4): 32-37.
- [9] 崔磊, 吕颂辉, 董悦镭, 等. 围填海工程对淇澳岛附近水域环境因子与生物群落的影响[J]. 热带海洋学报, 2017, 36(2): 96-105.
- [10] 李晓静, 周政权, 陈琳琳, 等. 渤海湾曹妃甸围填海工程对大型底栖动物群落的影响[J]. 海洋与湖沼, 2017, 48(3): 617-627.
- [11] 李慧峰. 莱州湾南部胶莱河口潮间带围海工程对大型底栖动物群落结构的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2018.
- [12] 李小维, 黄子眉, 陈剑锋, 等. 基于 VSD 模型的铁山港湾红树林生态系统脆弱性初步评价[J]. 热带海洋学报, 2018, 37(2): 47-54.
- [13] 王初升, 黄发明, 于东升, 等. 红树林海岸围填海适宜性的评估[J]. 亚热带资源与环境学报, 2010, 5(1): 62-67.
- [14] 胡聪. 围填海开发活动对海洋资源影响评价方法研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- [15] 苏涛, 牛超, 詹诚, 等. 广西围填海进程及其对近海生态和生物资源的影响分析[J]. 广西科学院学报, 2018, 34(3): 228-234.
- [16] 耿莉, 陈湘楠. 围填海开发活动对海洋资源影响评价方法研究[J]. 科技创新与应用, 2020(10): 137-138.
- [17] 周红, 张志南. 大型多元统计软件 PRIMER 的方法原理及其在底栖群落生态学中的应用[J]. 青岛海洋大学学报: 自然科学版, 2003, 33(1): 58-64.
- [18] HEALY M G, HICKEY K R. Historic land reclamation in the intertidal wetlands of the Shannon estuary, western Ireland [J]. *Journal of Coastal Research*, 2002, 36(sp1): 365-373.
- [19] 蔡立哲, 马丽, 高阳, 等. 海洋底栖动物多样性指数污染程度评价标准的分析[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2002, 41(5): 641-646.
- [20] 陈光程, 余丹, 叶勇, 等. 红树林植被对大型底栖动物群落的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(2): 327-336.
- [21] 唐以杰, 陈思敏, 方展强, 等. 汕头 3 种人工红树林湿地大型底栖动物群落的比较[J]. 海洋科学, 2016, 40(9): 53-60.
- [22] RHOADS D C, YOUNG D K. The influence of deposit-feeding organism on sediment stability and community trophic structure [J]. *Journal of Marine Research*, 1970, 28(2): 150-178.

## Impact of Coastal Engineering on Macrobenthic Communities in the Mangrove of Tieshan Bay, Beihai

GAO Tingwei, YANG Mingliu, SONG Chao

(Guangxi Key Laboratory of Mangrove Conservation and Utilization, Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Beihai, Guangxi, 536000, China)

**Abstract:** In order to study the impact of the coastal engineering on macro-benthic communities in the mangrove of Lan'gen Village in Tieshan Bay, Beihai, in this study, quantitative sampling survey was conducted on macro-benthos in four areas in March 2020, including dead mangrove area (group D), severely degraded mangrove area (group ED), living mangrove area (group AL) and control mangrove area (group CK). The re-



sults showed that there were 45 species of macro-benthos in the four survey areas, and the average habitat density and biomass were  $102.4 \text{ ind./m}^2$  and  $147.55 \text{ g/m}^2$ , respectively. The Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ ), Pielou evenness index ( $J$ ) and Margalef species richness index ( $d$ ) was 2.050, 0.735, and 1.329, respectively. Single factor analysis of variance showed that there were no significant differences in macro-benthic habitat density, biomass, Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ ), Pielou evenness index ( $J$ ) and Margalef species richness index ( $d$ ) between different areas. However, the habitat density, biomass and  $H'$  of macro-benthos in dead mangrove area (group D) and severely degraded mangrove area (group ED) were lower than those in control mangrove area (group CK) and the living mangrove area (group AL), which indicated that the macro-benthic communities in group D and group ED were more seriously disturbed under the impact of coastal engineering. Cluster analysis and multidimensional scaling (MDS) analysis showed that the macro-benthic communities in group D and ED were more similar, while those in group AL had a higher level of similarity to those in group CK. The above results showed that the coastal engineering had caused damage to the mangrove ecosystem and changed the sediment environment in the mangrove of Lan'gan Village, Tieshan Bay, Beihai. And it also had a certain negative impact on the macro-benthic habitat density, biomass, diversity index, dominant species and community structure in mangrove.

**Key words:** macro-benthos, community structure, coastal engineering, mangrove, Tieshan Bay

责任编辑:米慧芝



微信公众号投稿更便捷

联系电话:0771-2503923

邮箱:gxkxyxb@gxas.cn

投稿系统网址:<http://gxkx.ijournal.cn/gxkxyxb/ch>