

林和山,俞炜炜,刘坤,等. 基于 AMBI 和 M-AMBI 法的底栖生态环境质量评价——以厦门五缘湾海域为例[J]. 海洋学报, 2015, 37(8):76—87, doi:10.3969/j.issn.0253-4193.2015.08.007

Lin Heshan, Yu Weiwei, Liu Kun, et al. Assessing benthic ecological status in stressed Wuyuan Bay (Xiamen, China) using AMBI and M-AMBI[J]. Haiyang Xuebao, 2015, 37(8):76—87, doi:10.3969/j.issn.0253-4193.2015.08.007

基于 AMBI 和 M-AMBI 法的底栖生态环境质量评价

——以厦门五缘湾海域为例

林和山¹, 俞炜炜¹, 刘坤¹, 何雪宝¹, 林俊辉¹, 黄雅琴¹, 陈彬¹, 郑成兴¹, 王建军^{1*}

(1. 国家海洋局 第三海洋研究所 海洋生物与生态实验室, 福建 厦门 361005)

摘要: 于 2011—2013 年 5 月和 10 月在厦门五缘湾海域设置 7 个站位进行大型底栖动物调查, 并结合 2005 年的历史数据, 运用 AMBI 和 M-AMBI 指数法评价该海域海底生态环境质量的时空变化状况。2011—2013 年共鉴定大型底栖动物 9 门 106 科 193 种, 多毛类(83 种)、甲壳类(53 种)和软体动物(25 种)是该海域的主要优势类群, 平均总密度和湿质量生物量分别为 (518 ± 292) ind/m² 和 (54.8 ± 88.9) g/m²。多毛类的短鳃树蛭虫(*Pista brevibranchia*)为该海域的绝对优势种, 其平均密度可达 (170 ± 179) ind/m², 其他优势种还有似蛭虫(*Amaeana trilobata*)、西方似蛭虫(*Amaeana occidentalis*)、丝鳃稚齿虫(*Prionospio malmgreni*)、梳鳃虫(*Terebellides stroemii*)、独毛虫属一种(*Tharyx* sp.)、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)、长指马尔他钩虾(*Melita longidactyla*)和伍氏螯虾(*Austinoegbia wuhsienweni*)等。评价结果显示, 该海域底栖生态系统受轻度干扰, 生态环境质量介于一般—优良之间, 与 2005 年的调查相比, 2011—2013 年该海域的生态环境质量有所好转, 这可能与五缘湾及周边海域近年来进行的海堤开口改造、海洋环境整治, 以及海湾纳潮量及水交换能力的改善有关。

关键词: AMBI; M-AMBI; 大型底栖动物; 底栖生态环境质量; 五缘湾

中图分类号: X820

文献标志码: A

文章编号: 0253-4193(2015)08-0076-12

1 引言

长期以来人类对港湾资源的肆意掠夺与开发使得港湾生态环境遭受空前的压力, 沿岸的工农业污水、城市生活污水以及水产养殖污水的大量排入, 使得海洋生态环境质量日益恶化, 已严重威胁到港湾生态系统以及人类的生命健康。因此, 如何科学、准确、有效地评价港湾生态系统健康具有重要的生态意义。

底栖生物由于运动能力不强, 常固定生活于海

底, 通过摄食、掘穴等活动参与碳、氮、磷、硫等元素的生物地球化学循环, 并影响着污染物的转化与迁移, 能对自然和人为活动导致的水和沉积环境质量的变化作出可预测的响应。因此, 底栖生物常被视为生物监测的敏感指示生物, 而利用底栖生物作为海洋生态环境监测的生物指标和进行生态系统健康评价的生物指数已得到国内外科学家的广泛认可^[1-5]。Borja 和 Muxika 等^[6-7]在海洋生物指数(BI)^[8]基础上创建的 AMBI 以及融入因子分析的 M-AMBI 指数, 被用

收稿日期: 2015-02-05; 修订日期: 2015-04-28。

基金项目: 国家海洋局第三海洋研究所基本科研业务费(海三科 2013006); 国家海洋局海洋生态环境科学与工程重点实验室开放基金(MESE-2014-02)。

作者简介: 林和山(1982—), 男, 福建省漳州市人, 助理研究员, 主要从事海洋生物与生态研究。E-mail: linheshan@tio.org.cn

* 通信作者: 王建军, 副研究员, 主要从事海洋生物与生态研究。E-mail: wjj5358@sina.com

于反映欧洲沿海和河口海域生态系统健康状况^[6-7,9],在不同的环境压力下,如水体富营养化、航道淤积、海产品养殖等,该指数评价法均可使用^[10-11]。近年来,该指数也被多次应用于评价我国近岸海域^[12-17]及河口地区^[18-20]的生态环境质量状况,其广泛性和适用性得到了广泛的认可和肯定。随着研究的深入,该软件生态分组(ecological group, EG)列表中的种名录不断更新,使得该指数具有更普遍的适用性和有效性^[21],截至2014年11月,已有8000多种底栖生物被分入对应的EG等级列表中。

五缘湾(原名钟宅湾)位于厦门岛东北部,是筭笪港——钟宅断裂带因新构造期的断裂和断块活动发育成的断陷港湾,是一个半封闭的浅水海湾。1958—2005年间湾内主要以盐场、虾池等人工设施为主,2005年底,整治工程正式开工,主要包括海堤开口改造、内湾疏浚清淤、内湾低水位水坝(含水闸)工程建设等,2007年,五缘湾片区主体工程基本完成。

本研究拟通过2011—2013年间春、秋两季共6个航次的大型底栖动物调查及非生物要素监测,并结合2005年进行的本底调查,分析五缘湾大型底栖动物的群落结构和生物多样性的时空分布,探讨人类活动干扰背景下大型底栖动物的种群动态、群落受干扰现状及其对环境变化的响应,并运用AMBI和M-AMBI指数法对该海域的生态环境质量进行评价,以期管理者制定有效的科学的管理决策,保护生态环境并为生态恢复提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 研究区域与取样方法

于2011—2013年间每年在厦门五缘湾进行春(5月)、秋(10月)两季的大型底栖动物取样,在湾顶(3个)、湾中(2个)和湾口(2个)共布设7个站位(图1),水深介于4~13m,湾顶和湾中的底质以软泥为主,湾口以泥沙为主。沉积物取样使用0.05m²抓斗式采泥器,每站连续取样5次(合计采样面积0.25m²),用网目孔径为0.5mm的过筛器分选生物标本。样品的现场处理、室内分析以及资料整理均按《海洋调查规范》(GB/T 12763.6—2007)要求进行。物种鉴定及名录登记均通过WoRMS网站(<http://marinespecies.org/>)进行校对和复核。水体溶解氧(DO)、无机氮、活性磷酸盐以及沉积物有机碳、硫化物、重金属、石油类的样品保存及分析方法分别按《海洋监测规范》GB 17378.4—2007和GB 17378.5—2007之规定

执行。

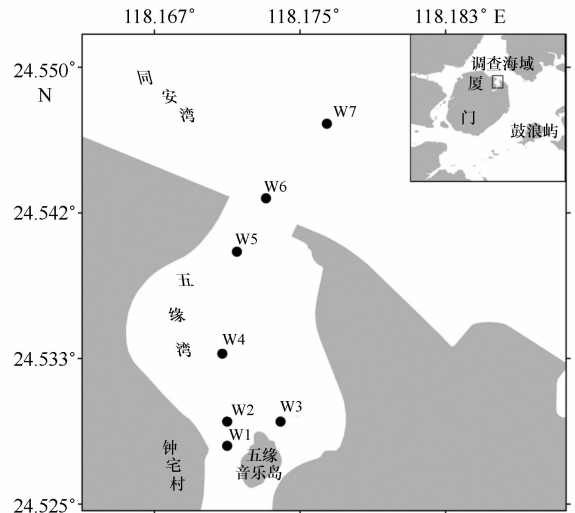


图1 厦门五缘湾2011—2013大型底栖动物取样站位
Fig. 1 Map of the Wuyuan Bay, showing the macrobenthos sampling stations between 2011—2013

2.2 数据处理与分析

采用Shannon-Wiener多样性指数(H)以及相对重要性指数(IRI)^[22]进行群落优势种和多样性分析,公式如下:

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i, \quad (1)$$

$$IRI = (W + N') \cdot F \cdot 10^4, \quad (2)$$

式中, P_i 为第*i*种的个体数与样品中的总个体数的比值(n_i/N), W 为某一种类的生物量占总生物量的百分比, N' 为某一种类的丰度占总丰度的百分比, F 为该种类的出现频率。

AMBI和M-AMBI值的计算采用AMBI V5.0软件进行计算,先去除非大型底栖无脊椎动物的种类^[23],其余物种的生态分组以及分组表内未包含的大型底栖动物根据文献之规定执行^[6,24],其中,EG I (sensitive)为对扰动敏感的物种,EG II (indifferent)为对扰动不敏感的物种,EG III (tolerant)为对扰动有耐受力物种,EG IV (second-order opportunistic species)为第二级机会种,EG V (first-order opportunistic species)为第一级机会种。M-AMBI参照状态为:多样性和物种数的参照值均取0,AMBI的参照值取6^[20]。评价标准详见表1。

采用SPSS 17.0软件包进行相关性(Pearson)和单因素方差分析(one-way ANOVA),图表绘制使用ArcMap 10和PRIMER5.0等分析处理软件。

表 1 AMBI 和 M-AMBI 指数分级、扰动等级以及生态环境质量状况^[7]

Tab. 1 AMBI and M-AMBI values and their ecological classifications

| AMBI 值 | 扰动等级 | M-AMBI 值 | 生态环境质量状况 |
|------------------------------|------|----------------------------------|----------|
| $0.0 < \text{AMBI} \leq 1.2$ | 无扰动 | $0.77 < \text{M-AMBI} \leq 1$ | 高等 |
| $1.2 < \text{AMBI} \leq 3.3$ | 轻度扰动 | $0.53 < \text{M-AMBI} \leq 0.77$ | 优良 |
| $3.3 < \text{AMBI} \leq 5.0$ | 中度扰动 | $0.38 < \text{M-AMBI} \leq 0.53$ | 一般 |
| $5.0 < \text{AMBI} \leq 6.0$ | 重度扰动 | $0.20 < \text{M-AMBI} \leq 0.38$ | 较差 |
| $6.0 < \text{AMBI} \leq 7.0$ | 极端扰动 | $0 < \text{M-AMBI} \leq 0.20$ | 恶劣 |

3 结果

3.1 种类组成及分布

2011—2013 年间于研究区域内共鉴定有大型底栖动物 9 门 106 科 193 种,多毛类(83 种)、甲壳类(53 种)和软体动物(25 种)是该海域的主要优势类群,另有棘皮动物 8 种,其他动物 24 种(包括多孔动物 1 种、刺胞动物 8 种、纽形动物 2 种、星虫动物 1 种、脊索动物 12 种)(附表 1)。从空间分布上看,位于湾口的 W6 和 W7 站的平均种数明显高于湾内的其他站位,站位之间的平均种数有显著性差异($F=3.247, p=$

0.008)。

综合出现频率、密度及生物量,多毛类的短鳃树蛭虫(*Pista brevibranchia*)为该海域的绝对优势种,其出现频率和 IRI 值分别可达 0.83 和 3 726,其他优势种($IRI > 100$)还有似蛭虫(*Amaeana trilobata*)、西方似蛭虫(*Amaeana occidentalis*)、丝鳃稚齿虫(*Prionospio malmgreni*)、梳鳃虫(*Terebellides stroemii*)、独毛虫属一种(*Tharyx* sp.)、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)、长指马尔他钩虾(*Melita longidactyla*)和伍氏螯蛄虾(*Austinopecten wuhsienweni*)等(表 2)。

表 2 五缘湾大型底栖动物优势种的平均密度、生物量、出现频率及 IRI 值

Tab. 2 Results of density, biomass, frequency and IRI of dominant species

| 种名 | 平均密度/ $\text{ind} \cdot \text{m}^{-2}$ | 平均生物量/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ | 出现频率 | IRI | 生态组别(EG) |
|---------|--|---------------------------------------|------|------|----------|
| 短鳃树蛭虫 | 170 | 6.5 | 0.83 | 3726 | II |
| 菲律宾蛤仔 | 23 | 17.2 | 0.50 | 1786 | III |
| 独毛虫 | 37 | 0.6 | 0.74 | 607 | IV |
| 似蛭虫 | 21 | 0.6 | 0.79 | 406 | I |
| 丝鳃稚齿虫 | 36 | 0.6 | 0.45 | 360 | IV |
| 梳鳃虫 | 21 | 0.8 | 0.64 | 357 | II |
| 长指马尔他钩虾 | 20 | 0.0 | 0.57 | 226 | I |
| 伍氏螯蛄虾 | 19 | 1.0 | 0.33 | 183 | I |
| 西方似蛭虫 | 12 | 0.3 | 0.36 | 101 | III |

3.2 数量组成及分布

研究区域内大型底栖动物的平均总密度为(518 ± 292) ind/m^2 ,春、秋两季的平均密度分别为(597 ± 169) ind/m^2 和(439 ± 365) ind/m^2 ,平均密度在时空分布上均无显著性差异(见图 2)。多毛类为主要密度优势类群,其平均密度可占平均总密度的 74.6% [(386 ± 241) ind/m^2],其中,短鳃树蛭虫的平均密度达(170 ± 179) ind/m^2 。

平均总生物量为(54.8 ± 88.9) g/m^2 ,春、秋两季的平均生物量分别为(75.4 ± 119.3) g/m^2 和(34.2 ± 32.9) g/m^2 ,年际间和季节间的平均生物量均无显著性差异;位于湾口的 W6 和 W7 站的平均生物量明显高于湾中的其他各站位($F=8.399, p=0.001$)(见图 2)。软体动物(18.4 ± 70.4) g/m^2 和多毛类(14.9 ± 10.8) g/m^2 为主要生物量优势类群,其中,菲律宾蛤仔的平均生物量达(17.2 ± 69.0) g/m^2 。

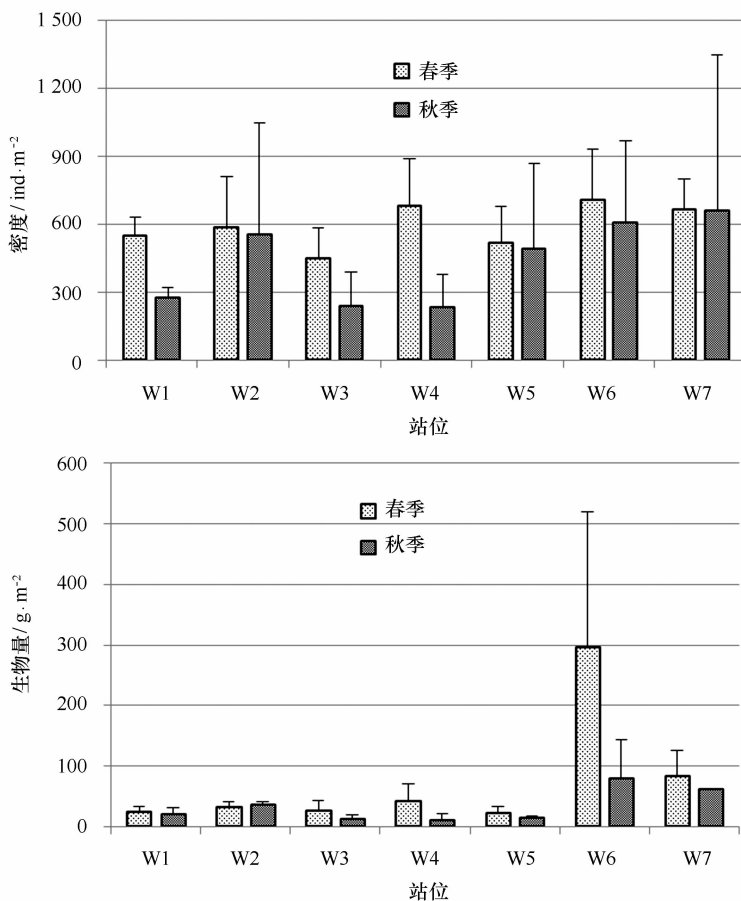


图2 五缘湾各站位大型底栖动物的密度和生物量分布

Fig. 2 Maps displaying mean density and biomass of macrobenthos, Wuyuan Bay

3.3 物种生态分组

该海域所鉴定的 184 种大型底栖无脊椎动物中,有 164 种可依据 AMBI V5.0 软件中种类名录 (V5.2014.11)(同一属的物种生态组别相同)^[24] 之规定,被分入相应的生态组别;其余 20 种没有分入相应的生态组别。其中 2011 年秋季的 W6 站次和 2013 年秋季的 W7 站次的未分组物种比例(以密度计,下同)分别为 34.3% 和 38.9%,这 2 站次的评价结果需谨慎判断,其余各站的未分组物种比例均低于 20%(介于 0%~19.8%之间)(见表 3),均可运用 AMBI 和 M-AMBI 指数进行分析^[23]。

3.4 AMBI 及 M-AMBI

该海域的 AMBI 值介于 0.27~3.20 之间,AMBI 值在时空分布上均无显著性差异,最低值出现在 2013 年秋季的 W7 站,该站次的主要优势种为敏感型物种

(EG I 占比为 81.8%),最高值为 2012 年秋季的 W5 站次,第二级机会种(EG IV 占比为 63.8%)为该站次的主要优势种。AMBI 评价结果显示,该海域有 9.5% 的站次(4 站次,AMBI 值介于 0.27~1.10)为无扰动状态,其余站次(AMBI 值介于 1.31~3.20)为轻度扰动状态(见表 3)。

M-AMBI 值介于 0.36~0.91 之间,M-AMBI 值在时空分布上均无显著性差异,最低值出现在 2013 年秋季的 W3 站(该站次的种数和多样性 H 值均较低,分别仅有 3 种和 0.42),最高值为 2013 年春季的 W7 站次(该站次的种数和多样性 H 值分别高达 55 种和 4.98)。M-AMBI 生态环境状况评价结果显示,有 1 个站次为较差,10 个站次(M-AMBI 值介于 0.43~0.53)为一般,29 个站次(M-AMBI 值介于 0.53~0.75)为优良,2 个站次为高等(M-AMBI 值介于 0.82~0.91)(见表 3)。

表 3 五缘湾各站位 AMBI 及 M-AMBI 指数值
Tab. 3 Results of AMBI and M-AMBI for each stations between 2011—2013

| 年份 | 季节 | 站位 | EG I /% | EG II /% | EG III /% | EG IV /% | EG V /% | 未定种 /% | AMBI | 扰动等级 | 种数 | H | M-AMBI | 生态环境 状况 |
|------|----|----|------------|-------------|--------------|-------------|------------|-----------|------|------|----|------|--------|------------|
| 2011 | 春季 | W1 | 7.6 | 83.3 | 3.8 | 5.3 | 0.0 | 0.0 | 1.60 | 轻度扰动 | 12 | 1.87 | 0.49 | 一般 |
| | | W2 | 10.9 | 86.3 | 1.1 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 1.41 | 轻度扰动 | 18 | 1.39 | 0.51 | 一般 |
| | | W3 | 2.0 | 94.0 | 3.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 1.55 | 轻度扰动 | 11 | 1.06 | 0.44 | 一般 |
| | | W4 | 2.2 | 87.5 | 10.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.62 | 轻度扰动 | 8 | 1.29 | 0.43 | 一般 |
| | | W5 | 10.6 | 72.3 | 5.3 | 11.7 | 0.0 | 0.0 | 1.77 | 轻度扰动 | 16 | 2.23 | 0.52 | 一般 |
| | | W6 | 5.6 | 51.7 | 40.5 | 2.2 | 0.0 | 1.3 | 2.09 | 轻度扰动 | 22 | 2.31 | 0.54 | 优良 |
| | | W7 | 13.6 | 80.3 | 3.8 | 2.3 | 0.0 | 0.0 | 1.42 | 轻度扰动 | 16 | 1.66 | 0.51 | 一般 |
| | 秋季 | W1 | 8.5 | 79.3 | 12.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.55 | 轻度扰动 | 17 | 2.14 | 0.54 | 优良 |
| | | W2 | 32.5 | 33.3 | 28.1 | 6.1 | 0.0 | 5.0 | 1.62 | 轻度扰动 | 31 | 4.26 | 0.73 | 优良 |
| | | W3 | 15.2 | 58.7 | 15.2 | 10.9 | 0.0 | 4.2 | 1.83 | 轻度扰动 | 13 | 2.75 | 0.53 | 优良 |
| | | W4 | 42.9 | 41.7 | 15.5 | 0.0 | 0.0 | 2.3 | 1.09 | 无扰动 | 21 | 3.76 | 0.69 | 优良 |
| | | W5 | 18.8 | 40.6 | 36.2 | 4.3 | 0.0 | 19.8 | 1.89 | 轻度扰动 | 29 | 4.23 | 0.70 | 优良 |
| | | W6 | 26.1 | 35.9 | 14.1 | 22.8 | 1.1 | 34.3 | 2.05 | 轻度扰动 | 34 | 3.91 | 0.70 | 优良 |
| | | W7 | 29.8 | 21.9 | 19.3 | 28.9 | 0.0 | 8.1 | 2.21 | 轻度扰动 | 36 | 4.42 | 0.73 | 优良 |
| 2012 | 春季 | W1 | 14.2 | 79.4 | 4.5 | 1.9 | 0.0 | 2.5 | 1.41 | 轻度扰动 | 24 | 2.69 | 0.62 | 优良 |
| | | W2 | 8.8 | 88.4 | 1.1 | 1.7 | 0.0 | 1.1 | 1.43 | 轻度扰动 | 18 | 1.77 | 0.53 | 一般 |
| | | W3 | 18.2 | 75.0 | 3.4 | 3.4 | 0.0 | 0.0 | 1.38 | 轻度扰动 | 14 | 2.63 | 0.56 | 优良 |
| | | W4 | 12.5 | 83.3 | 2.8 | 1.4 | 0.0 | 2.0 | 1.40 | 轻度扰动 | 20 | 2.31 | 0.57 | 优良 |
| | | W5 | 25.8 | 64.2 | 6.7 | 3.3 | 0.0 | 2.4 | 1.31 | 轻度扰动 | 24 | 3.08 | 0.65 | 优良 |
| | | W6 | 7.6 | 17.6 | 74.8 | 0.0 | 0.0 | 2.5 | 2.51 | 轻度扰动 | 23 | 2.07 | 0.50 | 一般 |
| | | W7 | 33.0 | 43.6 | 10.6 | 12.2 | 0.5 | 3.6 | 1.56 | 轻度扰动 | 42 | 4.62 | 0.82 | 高等 |
| | 秋季 | W1 | 28.3 | 53.3 | 10.0 | 8.3 | 0.0 | 1.6 | 1.48 | 轻度扰动 | 17 | 3.24 | 0.61 | 优良 |
| | | W2 | 43.9 | 23.4 | 3.7 | 28.6 | 0.4 | 0.4 | 1.77 | 轻度扰动 | 23 | 3.03 | 0.61 | 优良 |
| | | W3 | 40.6 | 24.8 | 6.9 | 27.7 | 0.0 | 1.0 | 1.83 | 轻度扰动 | 22 | 3.67 | 0.64 | 优良 |
| | | W4 | 37.5 | 25.0 | 0.0 | 37.5 | 0.0 | 5.9 | 2.06 | 轻度扰动 | 11 | 3.26 | 0.54 | 优良 |
| | | W5 | 19.0 | 12.2 | 5.0 | 63.8 | 0.0 | 2.2 | 3.20 | 轻度扰动 | 33 | 3.09 | 0.56 | 优良 |
| | | W6 | 46.1 | 20.3 | 10.8 | 22.8 | 0.0 | 2.4 | 1.66 | 轻度扰动 | 38 | 3.43 | 0.72 | 优良 |
| | | W7 | 22.1 | 10.3 | 4.7 | 61.9 | 0.9 | 3.4 | 3.14 | 轻度扰动 | 37 | 2.91 | 0.58 | 优良 |
| 2013 | 春季 | W1 | 15.0 | 55.8 | 20.8 | 8.3 | 0.0 | 2.4 | 1.84 | 轻度扰动 | 18 | 3.25 | 0.59 | 优良 |
| | | W2 | 11.9 | 50.0 | 26.2 | 11.9 | 0.0 | 1.2 | 2.07 | 轻度扰动 | 19 | 3.17 | 0.57 | 优良 |
| | | W3 | 13.5 | 56.1 | 22.3 | 8.1 | 0.0 | 1.3 | 1.88 | 轻度扰动 | 25 | 3.42 | 0.63 | 优良 |
| | | W4 | 11.4 | 79.5 | 7.0 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 1.50 | 轻度扰动 | 15 | 1.49 | 0.49 | 一般 |
| | | W5 | 19.9 | 48.0 | 25.1 | 7.0 | 0.0 | 0.6 | 1.79 | 轻度扰动 | 32 | 3.77 | 0.70 | 优良 |
| | | W6 | 14.7 | 27.7 | 19.0 | 38.6 | 0.0 | 1.1 | 2.72 | 轻度扰动 | 37 | 3.99 | 0.67 | 优良 |
| | | W7 | 28.5 | 43.6 | 22.4 | 5.5 | 0.0 | 4.6 | 1.57 | 轻度扰动 | 55 | 4.98 | 0.91 | 高等 |
| | 秋季 | W1 | 19.0 | 65.1 | 14.3 | 1.6 | 0.0 | 1.6 | 1.48 | 轻度扰动 | 12 | 2.26 | 0.52 | 一般 |
| | | W2 | 32.0 | 44.0 | 8.0 | 16.0 | 0.0 | 0.0 | 1.62 | 轻度扰动 | 17 | 3.89 | 0.64 | 优良 |
| | | W3 | 3.3 | 93.3 | 3.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.50 | 轻度扰动 | 3 | 0.42 | 0.36 | 较差 |
| | | W4 | 17.4 | 56.5 | 8.7 | 17.4 | 0.0 | 2.8 | 1.89 | 轻度扰动 | 16 | 2.67 | 0.54 | 优良 |
| | | W5 | 50.9 | 35.8 | 5.7 | 7.5 | 0.0 | 0.0 | 1.05 | 无扰动 | 7 | 2.28 | 0.53 | 优良 |
| | | W6 | 48.4 | 29.7 | 21.9 | 0.0 | 0.0 | 5.9 | 1.10 | 无扰动 | 28 | 4.20 | 0.75 | 优良 |
| | | W7 | 81.8 | 18.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 38.9 | 0.27 | 无扰动 | 10 | 2.97 | 0.64 | 优良 |

3.5 非生物要素质量状况

对照海洋沉积物质量及海水水质标准(GB 18668—2002 和 GB 3097—1997),五缘湾海域沉积物质量良好,有机碳、硫化物、石油类和重金属等含量均符合第一类海洋沉积物质量标准;水体的溶解氧含量也符合第一类海水水质标准,但水体的无机氮($0.68 \pm$

0.16) mg/L 和活性磷酸盐(0.07 ± 0.04) mg/L 为超四类,水体富营养化较为严重(表 4)。单因素方差分析显示,该海域水体中的无机氮和活性磷酸盐含量并无时空分布差异,单从水体中的溶解氧含量看,湾口的溶解氧含量(8.9 ± 1.4) mg/L 略高于湾中(7.4 ± 0.9) mg/L 和湾顶(7.4 ± 1.3) mg/L。

表 4 五缘湾海域部分水体及沉积物化学参数

Tab. 4 Chemical parameters of water mass and sediment sampled between 2011—2013

| 参数 | 均值(±标准差) | 范围 | 样本数 | 国家标准 |
|----------------------------|------------|-------------|-----|------|
| 水体 | | | | |
| DO/mg · L ⁻¹ | 7.8±1.3 | 6.2~10.2 | 13 | 一类 |
| 无机氮/mg · L ⁻¹ | 0.68±0.16 | 0.26~0.99 | 34 | 超四类 |
| 活性磷酸盐/mg · L ⁻¹ | 0.07±0.04 | 0.023~0.225 | 34 | 超四类 |
| 沉积物 | | | | |
| 有机碳/10 ⁻² | 0.81±0.28 | 0.34~1.16 | 7 | 一类 |
| 硫化物/10 ⁻⁶ | 46.4±30.7 | 12.7~87.8 | 7 | 一类 |
| Cd/10 ⁻⁶ | 0.08±0.02 | 0.04~0.10 | 7 | 一类 |
| Cr/10 ⁻⁶ | 17.5±6.4 | 6.7~24.0 | 7 | 一类 |
| Cu/10 ⁻⁶ | 24.3±7.2 | 11.2~29.6 | 7 | 一类 |
| Pb/10 ⁻⁶ | 32.2±7.5 | 19.9~40.0 | 7 | 一类 |
| Zn/10 ⁻⁶ | 104.3±26.4 | 57.5~126.0 | 7 | 一类 |
| Hg/10 ⁻⁶ | 0.05±0.03 | 0.02~0.10 | 7 | 一类 |
| As/10 ⁻⁶ | 5.8±1.3 | 3.8~7.3 | 7 | 一类 |
| 石油类/10 ⁻⁶ | 25.5±13.3 | 10.5~49.0 | 7 | 一类 |

4 讨论

使用 AMBI 软件时,物种名录的录入和核对是其中一个重要环节,当存在同种异名或种名变更情况时,把数据录入 AMBI 运行软件后,有些物种无法分入相应的生态组别,应先将物种名录在 WoRMS 网站(<http://marinespecies.org/>)上进行核对,修订物种名录后再录入 AMBI 运行软件。如,本研究中,*Austino-gebia wuhsienweni* (伍氏螯蛄虾)与 *Upogebia wuhsienweni*、*Tellina minuta* (小亮樱蛤)与 *Nitidotellina minuta* 等为同种异名。另外,隶属于多毛纲(Polychaeta)沙蚕科(Nereidae)刺沙蚕属(*Neanthes*)的腺带刺沙蚕(*Neanthes glandicincta*),AMBI V5.0 软件中将其分入 EGI,但据多位学者研究显示,该物种主要分布于印度沿岸、泰国湾、越南南部及我国福建和广东沿海及河口区域,具有较强的耐污性^[25-27],为了数据资料的一致性和可比性,本研究暂且将其分入 EGI,但该物种的生态组别有待进一步探讨研究。

参照蔡立哲等的多样性指数污染评价法^[28],五

缘湾海域所受污染程度多数站次为轻度或中度污染;AMBI 法则判断大部分站次处于轻度扰动状态;而 M-AMBI 法评价显示该海域的生态环境状况为一般或优良。该海域湾口的平均种数、平均生物量和 M-AMBI 值均高于湾顶和湾中,很多污染敏感种类也仅分布在湾口的 W6 和 W7 站位,如柑橘荔枝海绵(*Tethya aurantium*)、刺柳珊瑚(*Echinogorgia* sp.)、海仙人掌(*Cavernularia glans*)、蕨形角海葵(*Cerianthus filiiformis*)、厦门棍海鳃(*Lituarina amoyensis*)、华贵类栉孔扇贝(*Mimachlamys nobilis*)、倍棘蛇尾(*Amphioplus* spp.)和阳遂足(*Amphiura* spp.)等,表明湾口的生态环境质量优于湾内,这可能与湾口的溶解氧含量及水交换能力均优于湾内有关。非生物要素质量监测显示,五缘湾海域的环境压力主要表现为水体无机氮和活性磷酸盐超标,但沉积物质量仍然较好,符合第一类海洋沉积物质量标准。由此可见,AMBI 或 M-AMBI 评价法能与非生物要素质量监测结果取得较好的一致性。

2005 年 10 月的调查结果显示,该海域的种数、

生物量和多样性 H 均较低,分别介于 2~9 种、1.7~220.9 g/m^2 和 0.72~2.52, AMBI 值介于 0.61~5.18, 扰动等级为无扰动—重度扰动, M-AMBI 值介于 0.17~0.63, 生态环境质量状况为优良—恶劣(表 5), 优势种主要有腺带刺沙蚕、小头虫 (*Capitellidae* und.) (EG V)、寡毛类 (*Oligochaeta* und.) (EG V) 和摇蚊 (*Chironomus* sp.) (EG III) 等。相较之下, 2011—2013 年该海域的生态环境质量有所好转, 这可能与

2005 年底开始的海域整治工程有关, 该工程通过实施打开五缘湾老海堤, 对海湾及滩涂进行清淤整治, 以增加湾内纳潮量和水流动力, 促进湾内水体自然交换, 主体工程于 2007 年基本完成。另外, 从 2010 年开始, 厦门加强了周边海域的环境整治力度, 清除了大量的海产养殖设施, 尤其是高集海堤开口改造工程, 改善了同安湾海域的水动力条件, 打开了厦门东、西海域的生态通道, 改善了五缘湾海域的生态环境质量。

表 5 2005 年 10 月五缘湾各站位 AMBI 及 M-AMBI 指数值

Tab. 5 Results of AMBI and M-AMBI for each stations in October 2005

| 站位 | 密度/ $\text{ind} \cdot \text{m}^{-2}$ | 生物量/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ | 种数 | H | AMBI | 扰动等级 | M-AMBI | 生态环境状况 |
|----|--------------------------------------|-------------------------------------|----|------|------|------|--------|--------|
| 1 | 60 | 1.7 | 7 | 2.52 | 0.63 | 无扰动 | 0.63 | 优良 |
| 2 | 24 | 117.7 | 5 | 2.25 | 1.00 | 无扰动 | 0.56 | 优良 |
| 3 | 2 784 | 220.9 | 9 | 1.48 | 0.61 | 无扰动 | 0.57 | 优良 |
| 4 | 500 | 3.6 | 2 | 0.72 | 3.60 | 中度扰动 | 0.23 | 较差 |
| 5 | 440 | 1.8 | 3 | 0.94 | 5.18 | 重度扰动 | 0.17 | 恶劣 |

5 结论

2011—2013 年 6 个航次 42 站次共鉴定大型底栖动物 9 门 106 科 193 种, 多毛类 (83 种)、甲壳类 (53 种) 和软体动物 (25 种) 是该海域的主要优势类群。该海域大型底栖动物的平均总密度和生物量分别为 (518 ± 292) ind/m^2 和 (54.8 ± 88.9) g/m^2 , 多毛类的短鳃树蛭虫为该海域的绝对优势种, 其平均密度、出现频率和 IRI 值分别可达 (170 ± 179) ind/m^2 、0.83 和 3 726, 其他优势种 ($IRI > 100$) 还有似蛭虫、西方似蛭虫、丝鳃稚齿虫、梳鳃虫、独毛虫属一种、菲律宾蛤

仔、长指马尔他钩虾和伍氏蜈蚣虾等。

结合水体及沉积物质量参数, AMBI 和 M-AMBI 值的时空分布能基本反映该海域的生态环境质量状况, 整体上来讲该海域的扰动等级为轻度扰动, 生态环境质量状况介于一般—优良之间, 湾口的生态环境质量优于湾内, 这可能与湾口的溶解氧含量及水动力条件均优于湾内有关。与 2005 年的调查相比, 2011—2013 年该海域的生态环境质量有所好转, 这可能与五缘湾及周边海域近年来进行的五缘湾及高集海堤开口改造、海洋环境整治以及海湾纳潮量及水交换能力的改善有关。

参考文献:

- [1] 李荣冠, 江锦祥. 应用丰度生物量比较法监测海洋污染对底栖生物群落的影响[J]. 海洋学报, 1992, 14(1): 108—114.
Li Rongguan, Jiang Jinxiang. Application of abundance-biomass comparative method for detecting effect of benthos community by pollution[J]. Haiyang Xuebao, 1992, 14(1): 108—114.
- [2] 蔡立哲. 大型底栖动物污染指数 (MPDI) [J]. 环境科学学报, 2003, 23(5): 639—644.
Cai Lizhe. Macrozoobenthos pollution index (MPDI) [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2003, 23(5): 639—644.
- [3] Borja A, Muxika I, Rodriguez J G. Paradigmatic responses of marine benthic communities to different anthropogenic pressures, using M-AMBI, within the European Water Framework Directive[J]. Marine Ecology, 2009, 30(2): 214—227.
- [4] van Hoey G, Borja A, Birchenough S, et al. The use of benthic indicators in Europe: from the water framework directive to the marine strategy framework directive[J]. Marine Pollution Bulletin, 2010, 60(12): 2187—2196.
- [5] Borja A, Barbone E, Basset A, et al. Response of single benthic metrics and multi-metric methods to anthropogenic pressure gradients, in five distinct European coastal and transitional ecosystems[J]. Marine Pollution Bulletin, 2011, 62(3): 499—513.
- [6] Borja A, Franco J, Pérez V. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments[J]. Marine Pollution Bulletin, 2000, 40(12): 1100—1114.
- [7] Muxika I, Borja A, Bald J. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive[J]. Marine Pollution Bulletin, 2007, 55(1/6): 16—29.

- [8] Glémarec M, Hily C. Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires[J]. Acta Oecologica Oecologia Applicata, 1981, 2: 139—150.
- [9] Zettler M L, Schiedek D, Bobertz B. Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea[J]. Marine Pollution Bulletin, 2007, 55(1/6): 258—270.
- [10] Borja A, Muxika I, Franco J. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts[J]. Marine Pollution Bulletin, 2003, 46(7): 835—845.
- [11] Muxika I, Borja A, Bonne W. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts[J]. Ecological Indicators, 2005, 5(1): 19—31.
- [12] 蔡文倩, 孟伟, 刘录三, 等. 春季渤海湾大型底栖动物群落结构特征研究[J]. 环境科学学报, 2013, 33(5): 1458—1466.
Cai Wenqian, Meng Wei, Liu Lusan, et al. Macrozoobenthos community structure of the Bohai Bay in spring time[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2013, 33(5): 1458—1466.
- [13] 蔡文倩, 刘录三, 孟伟, 等. AMBI 方法评价环渤海潮间带底栖生态质量的适用性[J]. 环境科学学报, 2012, 32(4): 992—1000.
Cai Wenqian, Liu Lusan, Meng Wei, et al. The suitability of AMBI to benthic quality assessment on the intertidal zones of Bohai Sea[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2012, 32(4): 992—1000.
- [14] Cai Wenqian, Meng Wei, Zhou Yanzhong, et al. Assessing benthic ecological status in stressed Liaodong Bay (China) with AMBI and M-AMBI [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2013, 31(3): 482—492.
- [15] Li Baoquan, Wang Quanchao, Li Bingjun. Assessing the benthic ecological status in the stressed coastal waters of Yantai, Yellow Sea, using AMBI and M-AMBI[J]. Marine Pollution Bulletin, 2013, 75(1/2): 53—61.
- [16] Cai Wenqian, Borja A, Liu Lusan, et al. Assessing benthic health under multiple human pressures in Bohai Bay (China), using density and biomass in calculating AMBI and M-AMBI[J]. Marine Ecology, 2014, 35(2): 180—192.
- [17] 吴海燕, 陈克亮, 张平, 等. 基于不同生物指数的罗源湾生态环境质量状况评价[J]. 应用生态学报, 2013, 24(3): 825—831.
Wu Haiyan, Chen Keliang, Zhang Ping, et al. Eco-environmental quality assessment of Luoyuan Bay, Fujian Province of East China based on biotic indices[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2013, 24(3): 825—831.
- [18] Liu Lusan, Li Baoquan, Lin Kuixuan, et al. Assessing benthic ecological status in coastal area near Changjiang River estuary using AMBI and M-AMBI[J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2014, 32(2): 290—305.
- [19] Luo Xianxiang, Zhang Juan, Yang Jianqiang, et al. Assessing the benthic habitat quality in the Huanghe (Yellow River) Estuary and its adjacent areas using AMBI and M-AMBI[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2014, 33(9): 117—124.
- [20] 蔡文倩, 孟伟, 刘录三, 等. 长江口海域底栖生态环境质量评价——AMBI 和 M-AMBI 法[J]. 环境科学, 2013, 34(5): 1725—1734.
Cai Wenqian, Meng Wei, Liu Lusan, et al. Assessing the benthic ecological status in Yangtze River estuary using AMBI and M-AMBI[J]. Environmental Science, 2013, 34(5): 1725—1734.
- [21] 罗先香, 杨建强. 海洋生态系统健康评价的底栖生物指数法研究进展[J]. 海洋通报, 2009, 28(3): 106—112.
Luo Xianxiang, Yang Jianqiang. Progress in Researches on benthic indices of assessing marine ecosystem health[J]. Marine Science Bulletin, 2009, 28(3): 106—112.
- [22] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefintuna, and bonito in California waters[J]. California Department of Fish and Game Fish Bulletin, 1971, 152: 1—105.
- [23] Borja A, Muxika I. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's marine biotic index) in the assessment of the benthic ecological quality[J]. Marine Pollution Bulletin, 2005, 50(7): 787—789.
- [24] Borja A, Tunberg B G. Assessing benthic health in stressed subtropical estuaries, eastern Florida, USA using AMBI and M-AMBI[J]. Ecological Indicators, 2011, 11(2): 295—303.
- [25] Cai L Z, Zheng T L, Lin J D. Spatial and temporal distributions of *Denronereis pinnaticirris* and *Neanthes glandicincta* (Polychaeta: Nereididae) in the organically-enriched mudflat of deep bay, China[J]. Asian Marine Biology, 2001, 18: 25—33.
- [26] 黄昆, 蔡立哲, 徐华林, 等. 深圳湾福田红树林湿地腺带刺沙蚕分布的生态响应[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2009, 48(5): 756—762.
Huang Kun, Cai Lizhe, Xu Hualin, et al. The Ecological Response of *Neanthes glandicincta* in the Futian Mangrove Wetland of Shenzhen Bay[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 2009, 48(5): 756—762.
- [27] 林更铭, 项鹏, 杨清良. 腺带刺沙蚕的生态习性及其对虾塘底质改善作用的研究[J]. 海洋环境科学, 2013, 32(6): 841—844.
Lin Gengming, Xiang Peng, Yang Qingliang, et al. The ecological characteristic of *Neanthes glandicincta* and its effects on the sediment quality of shrimp pond[J]. Marine Environmental Science, 2013, 32(6): 841—844.
- [28] 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), 2002, 41(5): 641—646.
Cai Lizhe, Ma Li, Gao Yang, et al. Analysis on assessing criterion for polluted situation using species diversity index of marine macrofauna[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 2002, 41(5): 641—646.

Assessing benthic ecological status in stressed Wuyuan Bay (Xiamen, China) using AMBI and M-AMBI

Lin Heshan¹, Yu Weiwei¹, Liu Kun¹, He Xuebao¹, Lin Junhui¹, Huang Yaqin¹,
Chen Bin¹, Zheng Chengxing¹, Wang Jianjun¹

(1. Laboratory of Marine Biology and Ecology, Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China)

Abstract: Six surveys were conducted during 2011–2013 to assess the benthic ecological status of the stressed Wuyuan Bay (Xiamen, China) by the AZTI'S Marine Biotic Index (AMBI) and multivariate-AMBI (M-AMBI). A total of 193 species of macrobenthos were identified, which were belonged to 9 phyla and 106 families. The dominated ones were polychaetes, crustaceans and mollusks, which have 83, 53, and 25 species, respectively. The dominant species of polychaetes were *Pista brevibranchia*, *Ruditapes philippinarum*, *Tharyx* sp., *Amaeana trilobata*, *Prionospio malmgreni*, *Terebellides stroemii*, *Melita longidactyla*, *Austinogobia wuhsienweni* and *Amaeana occidentalis*. The average density and biomass (mean \pm SD across all stations) of the total macrobenthos were (518 ± 292) ind/m² and (54.8 ± 88.9) g/m², respectively. The results showed that most sampling stations were slightly disturbed, and the benthic ecological status of Wuyuan Bay were between “moderate” and “good”. Compared with the results of 2005, the average taxa numbers, the average density, biodiversity and M-AMBI values in the stressed Wuyuan Bay were increased, which might benefit from the uncork rebuilt of Wuyuan and Gaoji Causeway, treatment of marine environmental and improvement of water exchange in Wuyuan Bay and Xiamen area.

Key words: AMBI; M-AMBI; macrobenthos; benthic ecological status; Wuyuan Bay

附表 1 厦门五缘湾大型底栖动物种名录及其生态分组
Appendix 1 Species list and their ecological group assignation (V5 November 2014) in the Wuyuan Bay

| 中文名 | 拉丁名 | 生态组别 (EG) | 中文名 | 拉丁名 | 生态组别 (EG) |
|--------|---------------------------------|--------------|---------|------------------------------------|--------------|
| 多孔动物 | Porifera | | 狭仿缢蛭 | <i>Azorinus coarctatus</i> | I |
| 柑橘荔枝海绵 | <i>Tethya aurantium</i> | I | 尖刀蛭 | <i>Cultellus scalprum</i> | I |
| 刺胞动物 | Cnidaria | | 古明圆蛤 | <i>Cycladicama cumingii</i> | III |
| 海仙人掌 | <i>Cavernularia glans</i> | I | 半糙圆蛤 | <i>Cycladicama semiasperoides</i> | III |
| 蕨形角海葵 | <i>Cerianthus filiiformis</i> | I | 圆筒原盒螺 | <i>Cylichna biplicata</i> | II |
| 角海葵 | <i>Cerianthus</i> sp. | I | 太阳地蛤 | <i>Gari pallida</i> | I |
| 刺柳珊瑚 | <i>Echinogorgia</i> sp. | N. A. | 截形紫云蛤 | <i>Gari truncata</i> | I |
| 厦门棍海鳃 | <i>Lituarina amoyensis</i> | N. A. | 里昂司蛤 | <i>Lyonsia</i> sp. | II |
| 中华棘海鳃 | <i>Pteroeides chinense</i> | N. A. | 蛤蜊 | <i>Macra</i> sp. | I |
| 棒海鳃 | <i>Veretillum</i> sp. | N. A. | 华贵类栉孔扇贝 | <i>Mimachlamys nobilis</i> | I |
| 沙箸海鳃 | <i>Virgularia</i> sp. | I | 核螺 | <i>Mitrella bella</i> | I |
| 纽形动物 | Nemertea | | 麦氏偏顶蛤 | <i>Modiolus modulaides</i> | II |
| 细首纽虫 | <i>Cephalothrix</i> sp. | III | 刀明樱蛤 | <i>Moerella culter</i> | I |
| 脑纽虫 | <i>Cerebratulus</i> sp. | III | 红带织纹螺 | <i>Nassarius succinctus</i> | II |
| 多毛类 | Polychaeta | | 豆形胡桃蛤 | <i>Nucula faba</i> | I |
| 双鳃内卷齿蚕 | <i>Aglaophamus dibranchis</i> | I | 菲律宾蛤仔 | <i>Ruditapes philippinarum</i> | III |
| 叶须内卷齿蚕 | <i>Aglaophamus lobatus</i> | II | 尖喙小囊蛤 | <i>Saccula cuspidata</i> | I |
| 内卷齿蚕 | <i>Aglaophamus</i> sp. | II | 长紫蛤 | <i>Sanguinolaria tellinoidea</i> | N. A. |
| 西方似蛭虫 | <i>Amaeana occidentalis</i> | III | 短竹蛭 | <i>Solen brevissimus</i> | I |
| 似蛭虫 | <i>Amaeana trilobata</i> | I | 小亮樱蛤 | <i>Tellina minuta</i> | III |
| 马氏独毛虫 | <i>Aphelochaeta marioni</i> | IV | 胖樱蛤 | <i>Tellina pinguis</i> | I |
| 独指虫 | <i>Aricidea</i> sp. | I | 理蛤 | <i>Theora lata</i> | I |
| 阿曼吉虫 | <i>Armandia</i> sp. | I | 金星蝶铰蛤 | <i>Trigonothracia jinxiangae</i> | I |
| 颈栉虫 | <i>Auchenoplax</i> sp. | N. A. | 薄云母蛤 | <i>Yoldia similis</i> | I |
| 小头虫 | Capitellidae und. | V | 甲壳类 | Crustacean | |
| 角沙蚕 | <i>Ceratonereis mirabilis</i> | II | 短脊鼓虾 | <i>Alpheus brevicristatus</i> | II |
| 梯斑海毛虫 | <i>Chloeia parva</i> | II | 日本鼓虾 | <i>Alpheus japonicus</i> | II |
| 智利巢沙蚕 | <i>Diopatra chiliensis</i> | II | 鼓虾 | <i>Alpheus</i> sp. | II |
| 线沙蚕 | <i>Drilonereis filum</i> | II | 短角双眼钩虾 | <i>Ampelisca brevicornis</i> | I |
| 双须虫 | <i>Eteone</i> sp. | III | 叉尾双眼钩虾 | <i>Ampelisca furcigera</i> | I |
| 滑指矶沙蚕 | <i>Eunice indica</i> | II | 美原双眼钩虾 | <i>Ampelisca miharaensis</i> | I |
| 特矶沙蚕 | <i>Euniphysa aculeata</i> | N. A. | 扁足异对虾 | <i>Atypopenaeus stenodactylus</i> | N. A. |
| 扇毛虫 | Flabelligeridae und. | II | 伍氏螯蛄虾 | <i>Austinoergia wuhsienweni</i> | I |
| 长吻吻沙蚕 | <i>Glycera chirori</i> | II | 日本沙钩虾 | <i>Byblis japonicus</i> | I |
| 吻沙蚕 | <i>Glycera</i> sp. | II | 圆鳃麦杆虫 | <i>Caprella penantis</i> | II |
| 寡节甘吻沙蚕 | <i>Glycinde gurjanovae</i> | II | 胶州湾凹板钩虾 | <i>Caviphaxus jiaozhouwanensis</i> | II |
| 长锥虫 | <i>Haploscoloplos elongatus</i> | IV | 变态螳 | <i>Charybdis variegata</i> | II |
| 哈鳞虫 | <i>Harmothoe</i> sp. | II | 饰尾绿虾姑 | <i>Clorida decorata</i> | N. A. |

续附表 1

| 中文名 | 拉丁名 | 生态组别 (EG) | 中文名 | 拉丁名 | 生态组别 (EG) |
|--------|-------------------------------|--------------|---------|------------------------------------|--------------|
| 后指虫 | <i>Laonice cirrata</i> | III | 宽甲古涟虫 | <i>Eocuma latum</i> | II |
| 结海虫 | <i>Leocrates chinensis</i> | N. A. | 好斗埃蜚 | <i>Erichthonius pugnax</i> | I |
| 光突齿沙蚕 | <i>Leomates persicus</i> | III | 塞切尔泥钩虾 | <i>Eriopisella sechellensis</i> | I |
| 突齿沙蚕 | <i>Leomates</i> sp. | III | 内海拟钩虾 | <i>Gammaropsis utinomii</i> | I |
| 扁蛭虫 | <i>Loimia medusa</i> | III | 日本大螯蜚 | <i>Grandidierella japonica</i> | III |
| 双唇索沙蚕 | <i>Lumbrineris cruzensis</i> | II | 颗粒六足蟹 | <i>Hexapinus granuli ferus</i> | N. A. |
| 异足索沙蚕 | <i>Lumbrineris heteropoda</i> | II | 双角互敬蟹 | <i>Hyastenus diacanthus</i> | I |
| 纳加索沙蚕 | <i>Lumbrineris nagae</i> | II | 弯指伊氏钩虾 | <i>Idunella curvoidactyla</i> | II |
| 西奈索沙蚕 | <i>Lumbrineris shiinoi</i> | II | 背刺强钩虾 | <i>Iphimedia</i> sp. | I |
| 索沙蚕 | <i>Lumbrineris</i> sp. | II | 廉形叶钩虾 | <i>Jassa marmorata</i> | V |
| 锥毛似帚毛虫 | <i>Lygdamis giardi</i> | I | 水母宽额虾 | <i>Latreutes anoplonyx</i> | I |
| 节节虫 | Maldanidae und. | I | 尖尾细螯虾 | <i>Leptocheila aculeocaudata</i> | III |
| 岩虫 | <i>Marphysa sanguinea</i> | II | 细螯原足虫 | <i>Leptocheilia dubia</i> | III |
| 毡毛岩虫 | <i>Marphysa stragulum</i> | II | 明秀大眼蟹 | <i>Macrophthalmus definitus</i> | I |
| 中蚓虫 | <i>Mediomastus</i> sp. | III | 长指马尔他钩虾 | <i>Melita longidactyla</i> | I |
| 米列虫 | <i>Melinna</i> sp. | III | 刀额新对虾 | <i>Metapenaeus ensis</i> | II |
| 刺沙蚕 | <i>Neanthes</i> sp. | III | 模糊新短眼蟹 | <i>Neoxenophthalmus obscurus</i> | II |
| 全刺沙蚕 | <i>Nectoneanthes oxypoda</i> | III | 小五角蟹 | <i>Nursia minor</i> | II |
| 全刺沙蚕 | <i>Nectoneanthes</i> sp. | III | 无眼弹钩虾 | <i>Orchomene</i> sp. | II |
| 多鳃齿吻沙蚕 | <i>Nephtys polybranchia</i> | II | 日本拟花尾水虱 | <i>Paranthura japonica</i> | III |
| 齿吻沙蚕 | <i>Nephtys</i> sp. | II | 贪精武蟹 | <i>Parapanope euagora</i> | N. A. |
| 沙蚕 | <i>Nereis</i> sp. | III | 中华拟亮钩虾 | <i>Paraphotis sinensis</i> | II |
| 背蚓虫 | <i>Notomastus</i> sp. | III | 天草旁宽钩虾 | <i>Pareurystheus amakusaensis</i> | N. A. |
| 欧努菲虫 | <i>Onuphis eremita</i> | II | 日本囊对虾 | <i>Penaeus japonicus</i> | N. A. |
| 华丽角海蛭 | <i>Ophelina grandis</i> | I | 对虾幼体 | <i>Penaeus</i> sp. | N. A. |
| 角海蛭 | <i>Ophelina</i> sp. | I | 夏威夷亮钩虾 | <i>Photis hawaiiensis</i> | II |
| 锥头虫 | <i>Orbinia</i> sp. | I | 极地蚤钩虾 | <i>Pontocrates altamarinus</i> | II |
| 狭细蛇潜虫 | <i>Oxydromus angustifrons</i> | II | 美丽磁蟹 | <i>Porcellana pulchra</i> | I |
| 拟特须虫 | <i>Paralacydonia paradoxa</i> | II | 纤手梭子蟹 | <i>Portunus gracilimanus</i> | I |
| 拟突齿沙蚕 | <i>Paraleonates uschakovi</i> | III | 浅礁梭子蟹 | <i>Portunus iranjae</i> | I |
| 奇异稚齿虫 | <i>Paraprionospio pinnata</i> | IV | 尖尾拟琥珀钩虾 | <i>Pseudambasia acuticaudata</i> | N. A. |
| 乳突笔帽虫 | <i>Pectinaria papillosa</i> | I | 畸形鎚肢虫 | <i>Pseudosphyrapus anomalus</i> | III |
| 叶须虫 | Phyllodocidae und. | II | 绒毛细足蟹 | <i>Raphidopus ciliatus</i> | I |
| 叉毛矛毛虫 | <i>Phylo ornatus</i> | I | 薄片螺羸蜚 | <i>Sinocorophium lamellatum</i> | III |
| 短鳃树蛭虫 | <i>Pista brevibranchiata</i> | II | 同掌红眼钩虾 | <i>Sinoedicerus</i> sp. | II |
| 树蛭虫 | <i>Pista</i> sp. | II | 中华管革便虾 | <i>Solenocera crassicornis</i> | II |
| 烟树蛭虫 | <i>Pista typha</i> | II | 强壮板钩虾 | <i>Stenothoe valida</i> | II |
| 蛇形杂毛虫 | <i>Poecilochaetus serpens</i> | I | 隆背强蟹 | <i>Trissoplax dentata</i> | II |
| 杂毛虫 | <i>Poecilochaetus</i> sp. | I | 齿腕拟盲蟹 | <i>Typhlocarcinops denticarpus</i> | II |

续附表 1

| 中文名 | 拉丁名 | 生态组别 (EG) | 中文名 | 拉丁名 | 生态组别 (EG) |
|--------|----------------------------------|--------------|----------|------------------------------------|--------------|
| 才女虫 | <i>Polydora</i> sp. | IV | 豆形短眼蟹 | <i>Xenopthalmus pinnotheroides</i> | II |
| 多鳞虫 | Polynoidae und. | N. A. | 棘皮动物 | Echinodermata | |
| 筒毛拟节虫 | <i>Praxillella gracilis</i> | III | 洼顎倍棘蛇尾 | <i>Amphioplus depressus</i> | II |
| 拟节虫 | <i>Praxillella</i> sp. | III | 光滑倍棘蛇尾 | <i>Amphioplus laevis</i> | II |
| 丝鳃稚齿虫 | <i>Prionospio malmgreni</i> | IV | 中华倍棘蛇尾 | <i>Amphioplus sinicus</i> | II |
| 稚齿虫 | <i>Prionospio</i> sp. | IV | 分歧阳遂足 | <i>Amphiura divaricata</i> | II |
| 缨鳃虫 | Sabellidae und. | I | 阳遂足属 | <i>Amphiura</i> sp. | II |
| 树栉虫 | <i>Samytha</i> sp. | I | 刘五店沙鸡子 | <i>Phyllophorella liuwutiensis</i> | N. A. |
| 叉毛豆维虫 | <i>Schistomeringos</i> sp. | II | 针骨沙鸡子 | <i>Phyllophorus spiculata</i> | N. A. |
| 腹沟虫 | <i>Scolecopsis</i> sp. | III | 棘刺锚参 | <i>Protankyra bidentata</i> | II |
| 膜囊尖锥虫 | <i>Scoloplos marsupialis</i> | I | 海鞘类 | Ascidiacea | |
| 尖锥虫 | <i>Scoloplos</i> sp. | I | 菊海鞘 | <i>Botryllus</i> sp. | I |
| 花冈钩毛虫 | <i>Sigambra hanaokai</i> | II | 红贺海鞘 | <i>Herdmania momus</i> | I |
| 不倒翁虫 | <i>Sternaspis scutata</i> | III | 皱瘤海鞘 | <i>Styela plicata</i> | II |
| 褐色镰毛鳞虫 | <i>Sthenelais fusca</i> | II | 鱼类 | Fish | |
| 日本强鳞虫 | <i>Sthenolepis japonica</i> | II | 马都拉叉牙鰕虎鱼 | <i>Apocryptodon madurensis</i> | N. A. |
| 裂虫 | Syllidae und. | II | 短鳍鳊 | <i>Callionymus huguenini</i> | N. A. |
| 背褶沙蚕 | <i>Tambalagama fauveli</i> | N. A. | 中华须鳗 | <i>Cirrhimuraena chinensis</i> | N. A. |
| 梳鳃虫 | <i>Terebellides stroemii</i> | II | 裸鳍虫鳗 | <i>Muraenichthys gymnopterus</i> | N. A. |
| 独毛虫 | <i>Tharyx</i> sp. | IV | 红狼牙鰕虎鱼 | <i>Odontamblyopus rubicundus</i> | N. A. |
| 软疣沙蚕 | <i>Tylonereis bogoyawlenskyi</i> | III | 拟矛尾鰕虎鱼 | <i>Parachaeturichthys polynema</i> | N. A. |
| 星虫动物 | Sipuncula | | 卵鳎 | <i>Solea ovata</i> | N. A. |
| 弓形革囊星虫 | <i>Phascolosoma arcuatum</i> | I | 鳎形鳎鰕虎鱼 | <i>Taenioides anguillaris</i> | N. A. |
| 软体动物 | Mollusca | | 孔鰕虎鱼 | <i>Trypauchen vagina</i> | N. A. |
| 日本肌蛤 | <i>Arcuatula japonica</i> | II | | | |

注: N. A. = Not assigned, 生态组别未定种类。