

• 研究报告 •

胶州湾潮下带大型底栖动物群落的变化

杨 梅¹ 李新正^{1*} 徐 勇^{1,2} 王洪法¹ 张宝琳¹

1 (中国科学院海洋研究所海洋生物分类与系统演化实验室, 山东青岛 266071)

2 (中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 胶州湾位于山东半岛南岸, 是黄海深入内陆的半封闭天然海湾, 底栖动物种类丰富。本文根据2014年2、5、8和11月4个航次(冬、春、夏、秋)的调查资料, 采用优势度指数、物种多样性指数、丰富度指数、均匀度指数、Bray-Curtis相似性聚类和非参数多维标度排序(NMDS)方法, 分析了胶州湾大型底栖动物群落的变化特点。各航次共采集大型底栖动物199种, 其中多毛类79种, 甲壳动物47种, 软体动物40种, 棘皮动物17种, 其他类群16种。各季度优势种有变化亦有重叠, 以多毛类为主。2014年度胶州湾大型底栖动物的年平均丰度为209.85 ind./m², 最高丰度出现在秋季, 最低出现在春季; 年平均生物量为79.22 g/m², 最高生物量出现在夏季, 最低出现在春季。物种多样性指数(*H'*)变化范围为2.16–2.86, 物种丰富度指数(*D*)变化范围为2.79–3.72, 物种均匀度指数(*J*)变化范围为0.58–0.82。聚类分析结果显示, 4个航次的群落相似性系数均较低, 分布格局存在季节性变化。近年来, 伴随海岸带开发及人类活动的持续影响, 胶州湾底栖生境的稳定性受到一定的威胁, 建议继续开展长期连续的监测, 探索有效的综合治理措施, 使胶州湾海洋生态系统能够持续健康的发展。

关键词: 胶州湾; 大型底栖动物; 生物多样性; 群落结构

Seasonal variations in macrobenthic communities in the subtidal zones of Jiaozhou Bay

Mei Yang¹, Xinzheng Li^{1*}, Yong Xu^{1,2}, Hongfa Wang¹, Baolin Zhang¹

1 Department of Marine Organism Taxonomy and Phylogeny, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, Shandong 266071

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

Abstract: Jiaozhou Bay is a semi-enclosed bay at the southern shore of Shandong Peninsula and has abundant macrobenthic species. In present study, the seasonal variation of the macrobenthic community in this bay was analyzed based on data collected from four cruises in February (winter), May (spring), August (summer) and November (autumn) of 2014. A total of 199 macrobenthic species were identified, of which, 79 species were Polychaeta, 47 were Crustacea, 40 were Mollusca, 17 were Echinodermata, and the remaining 16 species belong to other animal groups. The composition of dominant species seasonally varied, however, most of them were species belong to Polychaeta. The average abundance of the macrobenthos from the four cruises was 209.85 ind./m², with the highest abundance found in the autumn cruise and the lowest in the spring cruise. The average biomass from the four cruises was 79.22 g/m², with the highest biomass found during the summer cruise and the lowest found during the spring cruise. The Shannon-Wiener index (*H'*) of the macrobenthic community varied from 2.16 to 2.86, the species richness index (*D*) varied from 2.79 to 3.72 and the species evenness index (*J*) varied from 0.58 to 0.82. The Bray-Curtis similarity cluster analysis and NMDS ordination analyses indicated that the similarity among macrobenthic community groups was low and the distribution pattern of macrobenthic animal groups showed seasonal characteristics. In recent years, with the rapid economic development of coastal zones and the continuous impact of human activities, the stability of the benthic community in Jiaozhou Bay is threatened, therefore, long-term monitoring is recommended and effective comprehensive management measures need to be explored to result in the healthy

收稿日期: 2015-09-30; 接受日期: 2016-01-04

基金项目: 中科院先导科技专项(A)“黑潮及其变异对中国近海生态系统的影响”(XDA11020303)和海洋公益性行业科研专项项目(201505004-1)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: lixzh@qdio.ac.cn

and sustainable development of the marine ecosystem in Jiaozhou Bay.

Key words: Jiaozhou Bay; benthic macrofauna; biodiversity; community structure

大型底栖动物多数生活在有机质含量丰富的沉积物表层,通过摄食和次级生产等方式影响着整个海洋生态系统的物质循环和能量流动(李新正等, 2012)。同时,还兼有种类丰富、分布广泛、回避污染能力差等特点,对环境变化较为敏感,故常用于监测和评价湖泊、海湾等水环境的污染状况(董鹏等, 2015)。因此,探明大型底栖动物的多样性和群落结构特征对揭示海洋生态环境变化具有重要的现实意义。

胶州湾(35°38'–36°18' N, 120°04'–120°23' E)位于山东半岛南岸,是黄海深入内陆的半封闭天然海湾,属典型的暖温带季风气候(刘瑞玉, 1992; 毕洪生, 1997; 李新正等, 2001)。其南北长约33 km, 东西宽约28 km, 水域面积302.91 km², 滩涂面积85.12 km²; 大部分海域水深不超过10 m, 平均水深7 m; 受地理位置、陆地气候和水深等的影响,水温和盐度具明显的区域和季节变化(李乃胜, 2006; 钟美明, 2010^①; 马立杰等, 2014)。

胶州湾底栖动物种类丰富、组成复杂,是我国最早开展海湾生态研究的典型区域。1935年,张玺等老一辈科学家便开展了胶州湾的生物区系调查;至20世纪50年代,中国科学院海洋研究所与前苏联科学家合作对该区潮间带底栖动物做了详细研究(古丽娅诺娃和吴宝玲, 1963);80年代以来,海洋科学工作者针对浮游生物和底栖生物等开展了大量工作(刘瑞玉, 1992; 毕洪生和冯卫, 1996);自1998年起,李新正等在原有工作的基础上对大型底栖动物的生物多样性、次级生产力和群落结构等进行了连续的调查和研究(李新正等, 2001, 2002; 李宝泉等, 2006; 王金宝等, 2011);迄今,作为中国生态系统研究网络(CERN)成员的胶州湾海洋生态系统国家野外研究站已发表了大量的研究成果(赵淑江, 2002; 于海燕等, 2006; 田胜艳等, 2010; 康美华, 2014^②)。而随着沿岸经济的迅速发展和湾内水产养殖的不断扩张,人类活动对胶州湾生态环境的影

响日益加剧,湾内外的生物种类及群落已发生巨大变化(齐衍萍等, 2015)。本文根据2014年2、5、8、11月共4个航次(分别代表冬、春、夏、秋4季)所获调查资料,结合历史数据,分析了胶州湾大型底栖动物的多样性和群落的季节变化,目的在于进一步监测湾内的环境变迁,为底栖生物资源的合理开发和可持续利用提供科学依据和资料积累。

1 材料与方法

1.1 调查站位和样品采集

使用中国科学院海洋研究所的“创新”号科考船开展调查,在胶州湾内外设置12个站位(图1),于2014年2月(冬季)、5月(春季)、8月(夏季)和11月(秋季)各进行1个航次。其中5月(春季)航次因风浪过大,取消了位于湾口的D5站位。定量采样使用0.1 m²抓斗采泥器(大洋-50型)完成,每站成功取样2次合并为该站样品。泥样经孔径为0.5 mm的过滤筛冲洗掉泥沙,保留底栖生物样品,固定保存于75%的酒精中,带回实验室进行种类鉴定、个体计数和称重。

1.2 数据处理

1.2.1 优势度指数

采用底栖生物优势度指数来判断优势种,计算公式如下:

$$Y = (n_i / N) f_i \quad (1)$$

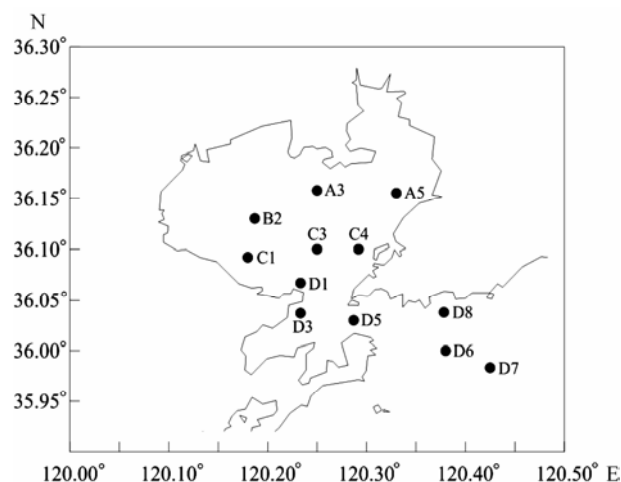


图1 胶州湾调查站位示意图

Fig. 1 The sampling stations of Jiaozhou Bay

① 钟美明 (2010) 胶州湾海域生态系统健康评估. 硕士学位论文, 中国海洋大学, 青岛.

② 康美华 (2014) 胶州湾生源要素的时空分布特征研究. 硕士学位论文, 中国海洋大学, 青岛.

式中, n_i 为第 i 种的总个体数; N 为所有站位采集的底栖生物总个体数; f_i 为该物种在各调查站位中出现的频率(孙儒泳, 1992)。 $Y \geq 0.02$ 时, 即认为该物种为优势种(徐兆礼和陈亚瞿, 1989)。

1.2.2 群落多样性指数

群落多样性是衡量群落稳定性的重要尺度, 一般采用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')(Shannon & Wiener, 1949)、Margalef (1968)物种丰富度指数(D)和 Pielou (1966)物种均匀度指数(J)来综合分析群落的多样性及影响因素, 各项指数计算公式如下:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad (2)$$

$$D = (S - 1) / \log_2 N \quad (3)$$

$$J = H' / \log_2 S \quad (4)$$

式中, N 为采泥样品中所有种类的总个体数; S 为采泥样品中的种类总数; P_i 为第 i 种的个体数与样品中总个数的比值(n_i/N)。

1.2.3 群落结构分析

使用多元统计软件 PRIMER 6.0 (Clarke, 1993) 对胶州湾大型底栖动物的群落结构进行分析。为避免个别数值过高或过低引起的偶然性误差, 我们将4个航次的大型底栖动物丰度数据经平方根转化(周红和张志南, 2003), 然后采用 Bray-Curtis 相似性等级聚类(CLUSTER)、非度量多维标度(NMDS)及相似性百分比(similarity percentage program, SIMPER)

方法, 分析比较群组间的相似性和各航次表征群落特征的物种。

2 结果

2.1 种类组成和优势种

4个航次共采集大型底栖动物199种(附录1), 其中环节动物多毛类最多, 有79种(占39.70%); 甲壳动物次之, 47种(23.62%); 软体动物40种(20.10%); 棘皮动物17种(8.54%); 其他类群(腔肠动物、扁形动物、纽形动物和鱼类等)16种(8.04%)。冬季航次采集到的物种数最多, 有99种, 其中种数最多的站位是C1 (32种)。其他航次的种数依次为: 秋季96种, C4和D3站采到种数最多(均为23种); 夏季78种, C4站采到种数最多(22种); 春季最少, 仅76种, 这可能与风浪过大而放弃了D5站位的采样有关, 其中在C3站采到种数最多(21种)。4个航次中多毛类的种数均为最多, 其次为甲壳动物或软体动物(春季航次), 而棘皮动物和其他类群物种数均较少(图2)。

4个航次的优势种见表1。其中, 菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)为4个季度的共有优势种, 这可能与该物种在湾内有大面积养殖区, 采集到了较多的人工放养个体有关。秋季的优势种最多达5种, 冬季次之(4种), 春季和夏季均各有2种。寡鳃齿吻沙蚕(*Nephtys oligobranchia*)是秋、冬季的优势种, 在春季的 Y 值(0.015)也相对较高, 属常见种; 拟特

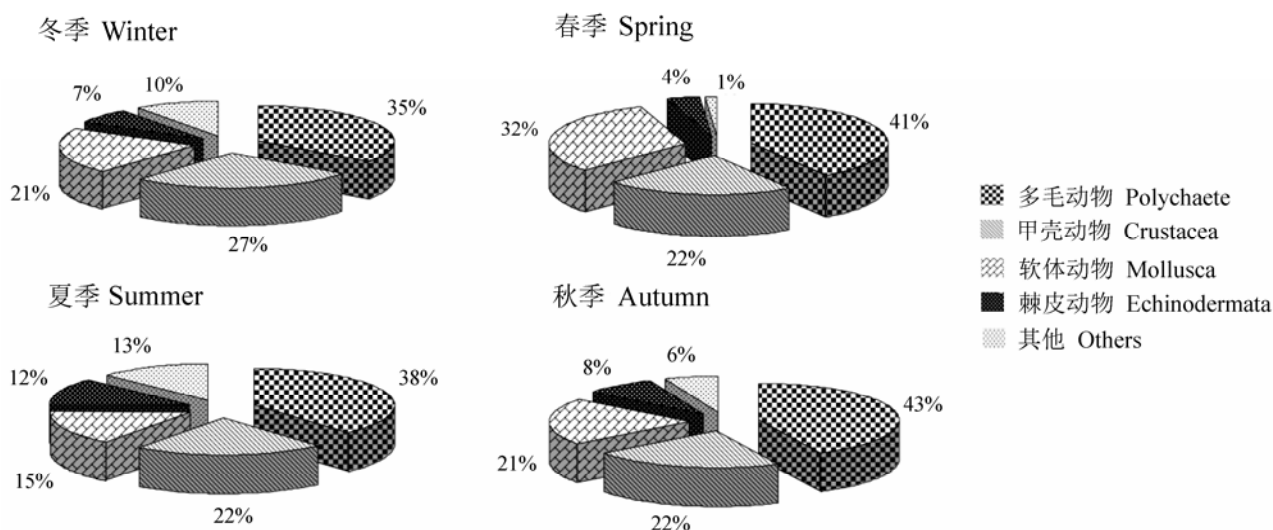


图2 2014年胶州湾4个季节所获大型底栖动物的物种组成和各类群所占百分比

Fig. 2 Species composition and percentage of benthic macrofauna from four cruises of Jiaozhou Bay in 2014

表1 2014年胶州湾4个航次优势种和常见种及优势度(Y)
Table 1 Dominant and common species and their dominances
(Y) of four cruises in Jiaozhou Bay in 2014

	冬季 Winter	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn
背蚓虫 <i>Notomastus latericeus</i>	0.021			
菲律宾蛤仔 <i>Ruditapes philippinarum</i>	0.033	0.127	0.143	0.046
寡鳃齿吻沙蚕 <i>Nephtys oligobranchia</i>	0.027	0.015		0.038
长叶索沙蚕 <i>Lumbrineris longifolia</i>	0.027			0.017
拟特须虫 <i>Paralacydonia paradoxa</i>	0.012	0.025		0.037
玉筋鱼 <i>Ammodytes personatus</i>			0.022	
不倒翁虫 <i>Sternaspis scutata</i>	0.015	0.016		0.039
深沟毛虫 <i>Sigambra bassi</i>	0.012			0.029
多丝独鳃虫 <i>Tharyx multifilis</i>	0.016			
日本拟背水虱 <i>Paranthura japonica</i>	0.015			0.012
棘刺锚参 <i>Protankyra bidentata</i>			0.019	
锥唇吻沙蚕 <i>Glycera onomichiensis</i>			0.010	

须虫(*Paralacydonia paradoxa*)是春、秋季的优势种, 冬季的Y值为0.012; 不倒翁虫(*Sternaspis scutata*)和深沟毛虫(*Sigambra bassi*)也是秋季的优势种, 前者在冬、春季的Y值分别为0.015和0.016, 接近优势种。冬季的优势种还有背蚓虫(*Notomastus latericeus*)和长叶索沙蚕(*Lumbrineris longifolia*); 夏季优势种除菲律宾蛤仔外, 还包括玉筋鱼(*Ammodytes personatus*)。另外, 多丝独鳃虫(*Tharyx multifilis*)、日本拟背水虱(*Paranthura japonica*)、棘刺锚参(*Protankyra bidentata*)和锥唇吻沙蚕(*Glycera onomichiensis*)虽未成为优势种, 但Y值分别在不同季节接近0.02, 它们的生态作用亦不能忽视。总体而言, 胶州湾大型底栖动物的优势种在不同季节有一定的差异, 但组成以多毛类为主。

2.2 丰度与生物量

2.2.1 丰度及其季节变化

胶州湾内的大面积菲律宾蛤仔养殖区会对大型底栖动物丰度和生物量的统计造成影响, 故而选择去除该物种。2014年大型底栖动物的平均丰度是209.85 ind./m² (表2), 各季节从高到低的顺序为: 秋季(259.58 ind./m²) > 冬季(220.00 ind./m²) > 夏季(187.08 ind./m²) > 春季(172.73 ind./m²)。

秋季航次中各类群平均丰度由高到低依次为多毛类、其他类群动物、甲壳动物、软体动物和棘皮动物; 丰度最高的站位是C4 (555 ind./m²), 仅多毛类就达455 ind./m², 最低的是D1 (50 ind./m²) (图3)。冬季平均丰度由高到低依次为多毛类、甲壳动

物、软体动物、其他类群动物和棘皮动物; 丰度最高的站位是C1 (685 ind./m²), 最低的是D7 (25 ind./m²)。夏季航次因采集到较多的玉筋鱼, 所以其他类群的平均丰度最高, 其次为多毛类、棘皮动物、甲壳动物和软体动物; 丰度最高的站位是D8 (710 ind./m²), 仅玉筋鱼便达675 ind./m², 最低的是C1 (85 ind./m²)。春季平均丰度由高到低的顺序是多毛类、软体动物、甲壳动物、其他类群和棘皮动物; 丰度最高的站位是C3 (360 ind./m²), 最低的是D8 (20 ind./m²)。各站位的丰度值在不同航次变化均较大, 高低值的分布明显呈斑块状, 高值区和低值区在不同季节的位置变化亦较大(图3)。另外, 从年平均丰度的组成比例来看, 多毛类最高(109.52 ind./m²), 占52.19%, 在4个季节的变化范围为60.83–160.83 ind./m²; 棘皮动物最低(15.41 ind./m²), 仅占7.34%, 最大平均丰度出现在夏季(39.58 ind./m²), 最小在春季(4.55 ind./m²) (表2)。

2.2.2 生物量及其季节变化

2014年胶州湾调查站位的年平均生物量是79.22 g/m² (表2), 4个航次的变化范围为39.51–119.85 g/m², 波动较大。夏季平均生物量最高(119.85 g/m²), 同时因采到较多玉筋鱼, 所以其他类群占比例最高(82.7%), 其余依次是棘皮动物(11.0%), 软体动物(4.7%), 多毛类(1.1%)和甲壳动物(0.5%); 生物量最高的站位是D8 (1,161.57 g/m²), 最低的是C4 (4.9 g/m²), 虽然C4站采集到的物种数是D8站的3倍之多, 但多是个体较小的多毛类和甲壳动物。秋季的平均生物量(104.32 g/m²)居第2位, 不同动物类群所占比例大小依次为: 其他类群56.1%, 软体动物33.4%, 棘皮动物8.4%, 多毛类1.3%, 甲壳动物0.8%; 生物量最高的站位依然是D8 (653.23 g/m²), 最低的是D1 (0.83 g/m²)。冬季平均生物量为53.19 g/m², 根据其所占比例大小依次为: 软体动物79.2%, 其他类群14.1%, 甲壳动物3.1%, 多毛类2.2%, 棘皮动物1.5%; 生物量最高的站位是C1 (489.43 g/m²), 最低的是D7 (0.30 g/m²)。春季的平均生物量最低(39.51 g/m²), 贡献率由高到低依次为: 软体动物80.0%, 棘皮动物10.8%、甲壳动物6.3%、多毛类2.7%、棘皮动物0.20%; 其中, A5 (382.39 g/m²)是生物量最高的站位, 而D8 (0.01 g/m²)仅采到1种多毛类, 成为全年生物量最低的站位。

排除菲律宾蛤仔造成的偶然性因素后软体动

表2 2014年胶州湾大型底栖动物主要类群丰度和生物量的季节变化
Table 2 The seasonal abundance (ind./m²) and biomass (g/m²) of benthic macrofauna main groups in Jiaozhou Bay in 2014

类群 Group	项目 Item	冬季 Winter	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	平均 Average
多毛类动物	丰度 Abundance	114.58	101.82	60.83	160.83	109.52
Polychaeta	生物量 Biomass	1.18	1.09	1.29	1.32	1.22
甲壳动物	丰度 Abundance	48.75	15.45	11.67	28.33	26.05
Crustacea	生物量 Biomass	1.67	2.47	0.57	0.86	1.39
软体动物	丰度 Abundance	32.50	41.82	6.25	26.25	26.71
Mollusca	生物量 Biomass	42.14	31.62	5.66	34.89	28.58
棘皮动物	丰度 Abundance	7.50	4.55	39.58	10.00	15.41
Echinodermata	生物量 Biomass	0.80	4.25	13.16	8.77	6.75
其他类群	丰度 Abundance	16.67	9.09	68.75	34.17	32.17
Others	生物量 Biomass	7.49	0.08	99.17	58.48	41.31
总计	丰度 Abundance	220.00	172.73	187.08	259.58	209.85
Total	生物量 Biomass	53.19	39.51	119.85	104.32	79.22

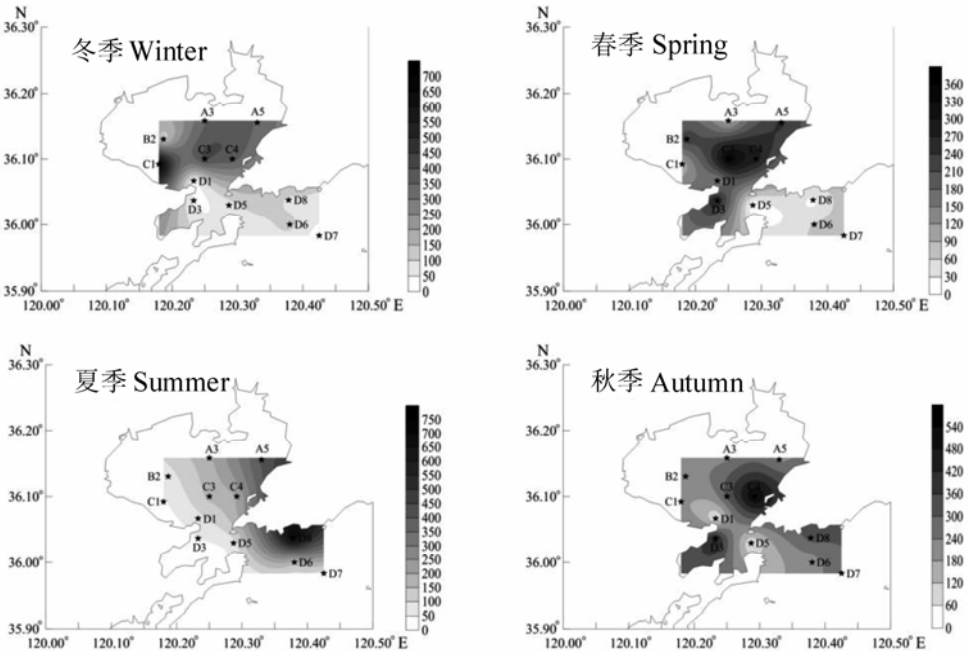


图3 2014年胶州湾4个航次大型底栖动物丰度分布
Fig. 3 Abundance (ind./m²) distribution of benthic macrofauna from four cruises of Jiaozhou Bay in 2014

物的生物量在各季节组成中依然占据较大优势；而在种类组成和丰度中占优势的多毛类，因个体普遍较小导致其对生物量贡献偏小。从生物量的站位分布来看(图4)，胶州湾海域内高低值分布不连续，呈斑块状，高值区主要位于湾内及近岸水域。

2.3 群落多样性指数

由表3可知，各站位的物种多样性指数(*H'*)在不同季节无明显变化规律，冬、秋季的平均物种多样性指数最高(2.86)，夏季次之(2.34)，春季最低(2.16)；其全年最高值出现在冬季A5站位(4.07)。物

种丰富度指数(*D*)在季节间的平均值差异亦不甚明显，从高到低依次为：冬季(3.72)>秋季(3.48)>夏季(2.88)>春季(2.79)；全年最高的*D*值出现在冬季C1站位(6.30)。物种均匀度指数(*J*)各季节的平均值依次为：冬季(0.82)>秋季(0.77)>夏季(0.70)>春季(0.58)；全年最高的*J*值出现在冬季的D1和D3站位，均是1.00。

2.4 群落结构分析

对胶州湾4个航次的大型底栖动物进行群落CLUSTER聚类 and NMDS排序分析(图5)，结果表明，

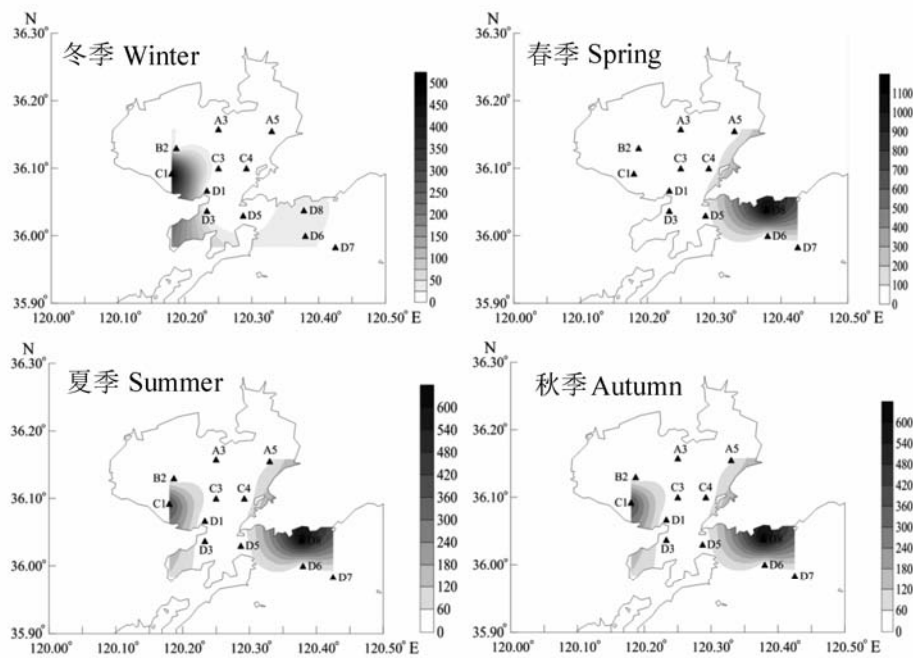


图4 2014年胶州湾4个航次大型底栖动物生物量分布
Fig. 4 Biomass (g/m^2) distribution of benthic macrofauna from four cruises of Jiaozhou Bay in 2014

表3 2014年胶州湾4个航次大型底栖动物群落多样性指数
Table 3 Shannon-Wiener index (H'), Margalef richness index (D) and Pielou evenness index (J) of benthic macrofauna in four cruises of Jiaozhou Bay in 2014

站位 Station	冬季 Winter			春季 Spring			夏季 Summer			秋季 Autumn		
	H'	D	J	H'	D	J	H'	D	J	H'	D	J
A3	2.80	3.01	0.72	0.70	1.88	0.20	0.55	2.80	0.13	3.29	4.11	0.81
A5	4.07	5.43	0.89	4.00	5.14	0.91	0.54	1.14	0.21	3.42	3.94	0.85
B2	1.44	3.16	0.36	1.34	3.08	0.32	3.05	3.56	0.85	0.95	1.96	0.27
C1	3.68	6.30	0.73	3.17	3.29	0.92	2.48	2.53	0.83	4.06	5.26	0.94
C3	3.88	5.64	0.83	3.63	4.68	0.83	3.89	4.86	0.93	3.32	4.59	0.78
C4	3.03	4.43	0.70	2.92	3.96	0.71	4.05	5.69	0.91	3.93	4.67	0.87
D1	2.59	2.79	1.00	1.13	1.20	0.49	2.56	2.82	0.81	2.17	1.74	0.94
D3	3.00	3.37	1.00	2.53	3.23	0.66	2.37	2.17	0.92	3.46	4.89	0.76
D5	2.22	2.53	0.74	—	—	—	2.71	2.59	0.90	2.45	2.42	0.87
D6	3.66	4.21	0.96	3.24	3.51	0.98	2.20	1.44	0.85	3.20	3.50	0.84
D7	2.98	3.11	0.90	3.24	3.46	0.94	3.24	3.69	0.94	3.61	4.43	0.85
D8	0.97	0.62	0.97	0.00	0.00	—	0.41	1.21	0.15	0.50	0.24	0.50
平均值 Average	2.86	3.72	0.82	2.16	2.79	0.58	2.34	2.88	0.70	2.86	3.48	0.77

— 表示此站未取样。
— showed that the station without sampling.

群组间的相似性系数较低(在10–60%之间), 北部的站位能够形成较大的群组, 但各群组站位分布较分散且存在季节性差异。4个航次的压力系数(stress)均小于0.2, 说明可以正确解释样本间的相似关系。

冬季分为5个群组, 群组I包括5个站位: A5、

C1、C3、C4和D6, 平均相似性40.1%, 表征种是长叶索沙蚕(贡献率14.6%)和寡鳃齿吻沙蚕(贡献率14.6%); 群组II由A3和B2组成, 平均相似性49.2%, 表征种是菲律宾蛤仔(贡献率48.7%)和寡鳃齿吻沙蚕(贡献率7.88%); 群组III有D3、D5和D7共3个站

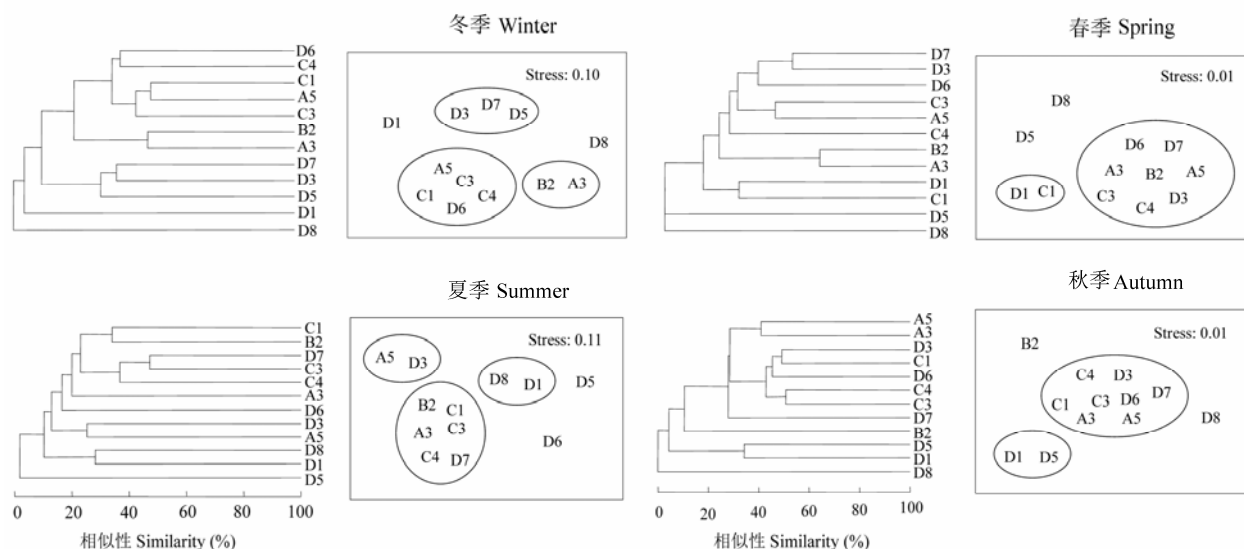


图5 2014年胶州湾各季大型底栖动物群落结构聚类分析和非参数多维标度排序(NMDS)

Fig. 5 Analysis of cluster and NMDS ordination of macrobenthic community of Jiaozhou Bay in seasons of 2014

位, 平均相似性34.7%, 表征种为拟特须虫(贡献率50.0%); 群组IV和V都只包含1个站位, 分别是D1和D8。

春季在20%的相似性水平上可划分为4个群组, 群组I站位较多, 包括A3、A5、B2、C3、C4、D3、D6和D7, 平均相似性27.2%, 表征种为拟特须虫(贡献率15.2%)和寡鳃齿吻沙蚕(贡献率13.8%); 群组II包含C1和D1, 平均相似性28.4%; 群组III和IV分别是D5和D8。

夏季可以被划分为5个群组, 群组I包含A3、B2、C1、C3、C4和D7, 平均相似性26.2%, 贡献率较高的表征种是锥唇吻沙蚕(15.7%)、寡鳃齿吻沙蚕(13.0%)和不倒翁虫(12.6%); 群组II包含A5和D3, 平均相似性25.3%, 表征种是棘刺锚参(贡献率63.4%); 群组III包含D1和D8, 平均相似性28.1%, 表征种是玉筋鱼(贡献率41.4%)和青岛文昌鱼(*Branchiostoma belcheri tsingtauense*)(贡献率29.3%); D5和D6分属于群组IV和V。

秋季在20%的相似性水平上被划分为4个群组, 群组I包括8个站位: A3、A5、C1、C3、C4、D3、D6和D7, 平均相似性34.6%, 表征种有拟特须虫(贡献率18.3%)、寡鳃齿吻沙蚕(贡献率17.2%)、不倒翁虫(贡献率17.2%)和深沟毛虫(贡献率14.6%); 群组II由D1和D5组成, 平均相似性34.3%, 表征种为东方缝栖蛤(*Hiattella orientalis*); B2和D8站则各自成

为一个群组。

3 讨论

3.1 群落种类组成和优势种变化

胶州湾地理位置优越, 底栖生物种类丰富, 但随着20世纪80年代末沿岸经济的迅速发展和菲律宾蛤仔的过度捕捞, 湾内底栖生境受到了严重破坏, 生物种类数锐减。至90年代末期为改善胶州湾生态环境, 禁止各种形式的底拖网作业, 并自2001年开始实行夏季休渔制度, 海域环境得以改善, 大型底栖动物的种数逐步恢复(王金宝等, 2011)。本次调查共采集底栖动物199种, 其中多毛类种数最多, 其次为甲壳动物或软体动物, 棘皮动物和其他类群动物种数较少。王洪法等(2011)在2000–2009年的10年间, 采集到的种数介于159–206之间, 可见每年采集到的种数未呈现一定的规律, 种数差别属正常的年际波动。与以往工作相比(李新正等, 2001; 于海燕等, 2006; 王洪法等, 2011; 王金宝等, 2011), 2014年各主要类群在总种数中所占比例基本保持稳定, 未发生大的变化。此外, 随着分类学研究的不断深入, 之前的一些不确定种得到了准确的鉴定(An & Li, 2005; 张宝琳等, 2007; Zhou et al, 2009; 韩庆喜和李新正, 2010)。据统计, 与1998–2001年相比, 2005–2009年的种类组成已增加了百余种(王金宝等, 2011)。

20世纪80年代初期的调查中, 优势种类在不同动物类群中基本呈均衡分布, 如甲壳动物中的豆形短眼蟹(*Xenophthalmus pinnotheroides*)、绒毛细足蟹(*Raphidopus ciliatus*)、日本游泳水虱(*Natatolana japonica*)和塞切尔泥钩虾(*Eriopisella sechellensis*); 软体动物中的秀丽波纹蛤(*Raetellops pulchella*)和脆壳理蛤(*Theora fragilis*); 棘皮动物中的日本倍棘蛇尾(*Amphioplus japonicus*)和细雕刻勒海胆(*Temnopleurus toreumaticus*)等。而伴随胶州湾底栖生境的不断变迁和人类活动的持续影响, 上述物种已从湾内大量消失, 相应的底栖动物群落结构亦发生了较大变化(毕洪生等, 2001)。本研究中出现优势种以多毛类为主(背蚓虫、寡鳃齿吻沙蚕、长叶索沙蚕、拟特须虫、不倒翁虫和深沟毛虫), 另外有些物种在某些站位会有较大丰度, 但在其他站位丰度极低或不出现, 达不到优势种的Y值标准。例如, 冬季的日本拟背水虱(Y值0.015)和夏季的棘刺锚参(Y值0.019)(表1), 前者在冬季航次C4站位的丰度是100 ind./m², 但在A5、C1、D1和D5站位丰度较低, 后者在夏季航次A5站位丰度高达380 ind./m², 而在A3和D3站位丰度很低。

3.2 丰度和生物量的变化

一定时期内, 特定海域中生物丰度和生物量的变化可反映其群落的变化, 进而可推断环境的变化。在计入菲律宾蛤仔的情况下, 1998–1999年胶州湾大型底栖动物的平均丰度是381.73 ind./m², 2000–2004年是304.60 ind./m² (李新正等, 2005), 2005–2009年是378.55 ind./m² (不计入则为280.88 ind./m²) (王金宝等, 2011); 根据我们的调查数据, 2014年的总平均丰度(不计菲律宾蛤仔)是209.85 ind./m², 包含菲律宾蛤仔则为354.60 ind./m², 可见近年来湾内大型底栖动物的丰度是基本稳定的。

秋冬季节的平均丰度高于春夏季节, 这可能是由于秋冬温度较低, 为个体较小的多毛类提供了更多的生存机会, 而春夏季捕食动物活跃, 控制了小个体生物的种群数量。另外, 各主要动物类群的平均丰度亦呈季节性变化(表2)。例如, 多毛类的平均丰度在秋季最高(160.83 ind./m²), 冬季(114.58 ind./m²)和春季(101.82 ind./m²)次之, 夏季最低(60.83 ind./m²); 在2005–2009年的数据中, 最高平均丰度则出现在冬季(176.48 ind./m²), 春秋次之, 夏季亦最低(119.28 ind./m²) (王金宝等, 2011)。甲壳

动物、软体动物、棘皮动物和其他类群的平均丰度在不同季节的变化也较显著。

去除菲律宾蛤仔后胶州湾大型底栖动物的年平均生物量为79.22 g/m², 计入则为350.31 g/m², 可见其对群落生物量的贡献巨大。相比王金宝等(2011) 2005–2009年统计的平均生物量变化范围24.77–41.18 g/m²有所提高。在历年平均丰度基本持平的情况下, 生物量增加, 说明近年来胶州湾的底栖生境相对稳定, 个体的生长期较长, 能够长得更大, 体重得以增加。各主要动物类群的平均生物量无明显的季节变化规律(表2)。多毛类在不同季节的平均生物量变化不大(1.09–1.32 g/m²), 且均低于2005–2009年各季节的平均生物量(2.14–3.63 g/m²) (王金宝等, 2011); 甲壳动物在春季平均生物量最高(2.47 g/m²), 夏季最低(0.57 g/m²); 软体动物的平均生物量在春、秋、冬季的变化不大, 但夏季明显偏低; 棘皮动物在夏季平均生物量最高(13.16 g/m²), 冬季最低(0.80 g/m²); 其他类群包括纽虫、鱼类等, 一般个体较大, 在夏秋季节对平均生物量的贡献最大。

从丰度和生物量的空间分布来看(图3, 4), 两者的高值区和低值区在4个季节并不一致, 而研究表明底质、温度、盐度和人为扰动等因素是进一步导致大型底栖动物的丰度和生物量呈斑块状分布的重要原因(毕洪生, 1997; 田胜艳等, 2010; 刘晓收等, 2014)。

3.3 群落多样性

胶州湾大型底栖动物群落的物种多样性指数(*H'*)、丰富度指数(*D*)和均匀度指数(*J*)的空间分布均差异较大。目前普遍认为泥沙等混合型沉积环境的多样性高于泥或砂等匀质的沉积环境, 湾内各站多属粉砂–粘土或粘土–粉砂混合型底质且水深较浅, 有机质含量高, 物种多样性较高; 而湾口外多为粗砂–砾石等匀质底质且水深流急, 物种种类单一(毕洪生, 1997; 田胜艳等, 2010; 王金宝等, 2011)。例如湾外靠近青岛市区岸边的D8站位, 底质为有机质含量低的疏松粗砂, 仅青岛文昌鱼得到发展而使群落多样性指数均偏低。当然, 除空间差异外, 群落多样性在不同季节亦有一定变化。秋冬季节的多样性指数略高于春夏季, 可能是由于春夏季湾内的人工养殖使某些优势种类如菲律宾蛤仔大量繁殖, 导致底栖生物群落失衡, 种类趋向单一、结构趋向简单, 多样性指数降低。

另外,物种多样性指数(H')不但被普遍用来描述群落的生态学特征,也常用于环境质量的评价。蔡立哲等(2002)建议将多样性指数污染评价范围分为5级:无底栖动物为严重污染; H' 值小于1,为重度污染; H' 值介于1–2之间,为中度污染; H' 值在2–3之间,轻度污染; H' 值大于3,为清洁。亦有研究表明,多样性指数评价污染程度的值与研究区域的沉积环境有关,不同生境选择多样性指数的分值有所不同(Wetsbegtsbegr et al, 1997)。李新正等(2001)曾指出,胶州湾底栖动物的物种多样性指数平均值介于3.33–3.50之间,但2014年的 H' 年平均值是2.56,属轻度污染状况,与隋吉星等(2010)对胶州湾中部海域调查得出的结论一致,说明频繁的人为活动还是在一定程度上影响了胶州湾的底栖生境,致使底栖动物多样性降低。

3.4 群落结构

早在20世纪90年代初,刘瑞玉(1992)便将湾内底栖生物划分为6个群落:(1)文昌鱼(*Branchiostoma belcheri*)群落;(2)海蛹(*Ophelina aulogaser*)–扇栉虫(*Ampharete* sp.)群落;(3)细雕刻勒海胆–日本倍棘蛇尾群落;(4)菲律宾蛤仔–日本游泳水虱群落;(5)棘刺锚参–胡桃蛤(*Leioncula* sp.)群落;(6)勒特蛤(*Raeta pulchella*)–菲律宾蛤仔群落。而随着时间的推移,其群落结构和表征种都发生了很大变化:聚类分析中,12个站位在不同季节的群组格局变化较大,只有位于湾中央的C3和C4始终处于同一群组,相似度较高;北部的站位因水深较浅,靠近河口,有机营养物质极丰富,次级生产力高于海湾的南部区域而能够在不同季节形成较大的群组(王金宝等, 2011);位于湾口及湾外的D1、D5、D6和D8等受粗砂底质及海流的影响各自成为一个群组。影响群落结构的因素主要包括生物和非生物因素(水深、海流、粒度、温度和盐度等)(毕洪生, 1997; 刘晓收等, 2014)。于海燕等(2006)研究指出,胶州湾底质特征是控制底栖生物分布和丰度的重要因子;田胜艳等(2010)将胶州湾大型底栖动物的丰度和生物量分别与环境因子(水深、沉积物粒径组成及有机质质量分数、含水量、叶绿素质量比)进行相关性分析,结果显示丰度与所测的各项环境变量均表现出显著的相关性,生物量则复杂些,在不同季节与不同环境变量呈现显著相关;亦有分析表明影响胶州湾及其邻近海域鱼类群落结构的主要环境因子为水温、盐

度和pH,其次是底质类型(翟璐等, 2014)。在今后的调查中,应着重加强对环境因子的监测和分析,以期更好地阐明其与大型底栖动物群落结构变化的作用机制。

海洋中的底栖动物能够通过营养关系在水层底栖耦合过程中将生态系统连接为一个整体,其种类组成、群落结构等生态特点能够反映人类活动对海洋生态造成的影响(李新正等, 2012)。例如,头索动物青岛文昌鱼对栖息地的海水、底质等环境条件要求较高,仅分布于胶州湾有机质含量低且为纯净粗砂的个别站位,在2000–2009年的10年间有6个年度的优势度 Y 值介于0.013–0.042之间,被认为是胶州湾的常见种(王洪法等, 2011)。然而在2014年度的调查中发现其种群数量锐减,年平均 Y 值仅为0.0009,充分说明胶州湾海域环境质量有所降低。一直以来,胶州湾顶部广阔的潮滩都是海岸带围填海开发的重点,海湾面积的持续减少,直接导致其自净能力降低,使生态系统的健康受到威胁(李颖虹, 2010; 雷宁等, 2013);同时,陆源污水的大量排放、海水养殖过程中投放的过量饵料等都会使海水富营养化,加剧赤潮、水母暴发等海洋灾害。虽然胶州湾的环境已从20世纪90年代严重污染的状态逐渐恢复,但物种多样性指数(H')的年平均值不足3.00,亦从侧面说明目前仍存在一定程度的污染。对此,建议进一步提高胶州湾近岸海域环境管理力度,继续开展长期连续的监测,探索有效的综合治理措施,使胶州湾海洋生态系统得以持续健康的发展。

致谢: 王金宝、董栋、寇琦、隋吉星、甘志彬、龚琳、王跃云等参加了本研究的野外考察、实验室样品处理和鉴定等工作,并在论文写作过程中提出了良好建议;中国科学院海洋生物标本馆管理员为本研究的样品处理给予了大力支持和协助,在此一并致以衷心的感谢。

参考文献

- An JM, Li XZ (2005) First record of the family Spengelidae (Hemichordata: Enteropneusta) from Chinese waters, with description of a new species. *Journal of Natural History*, 39, 1995–2004.
- Bi HS (1997) The environmental influences on macrobenthos in Jiaozhou Bay. *Marine Science*, 21(1), 37–40. (in Chinese) [毕洪生 (1997) 胶州湾环境对底栖生物的影响. *海洋科学*, 21(1), 37–40.]

- Bi HS, Feng W (1996) The diversity of macrobenthos in Jiaozhou Bay. *Marine Science*, 20(6), 58–62. (in Chinese with English abstract) [毕洪生, 冯卫 (1996) 胶州湾底栖生物多样性初探. *海洋科学*, 20(6), 58–62.]
- Bi HS, Sun S, Sun DY (2001) Changes of macrobenthic communities in Jiaozhou Bay. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 32, 132–138. (in Chinese with English abstract) [毕洪生, 孙松, 孙道远 (2001) 胶州湾大型底栖生物群落结构的变化. *海洋与湖沼*, 32, 132–138.]
- Cai LZ, Ma L, Gao Y, Zheng TL, Lin P (2002) Analysis on assessing criterion for polluted situation using species diversity index of marine macrofauna. *Journal of Xiamen University*, 41, 641–646. (in Chinese with English abstract) [蔡立哲, 马丽, 高阳, 郑天凌, 林鹏 (2002) 海洋底栖动物多样性指数污染程度评价标准的分析. *厦门大学学报*, 41, 641–646.]
- Clarke KR (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, 117–143.
- Dong P, Zhang HB, Ye XS, Xu R, Zhou J (2015) Community structure and biodiversity characteristics of macrobenthos in the middle of Xiangshan Bay. *Journal of Shanghai Ocean University*, 24, 430–440. (in Chinese with English abstract) [董鹏, 张海波, 叶仙森, 徐韧, 周进 (2015) 象山港中部海域大型底栖动物群落组成及多样性特征. *上海海洋大学学报*, 24, 430–440.]
- Gurjanova PV, Wu BL (1963) Benthic community from Jiaozhou Bay. *Studia Marina Sinica*, (3), 51–61. (in Chinese) [古丽娅诺娃, 吴宝铃 (1963) 胶州湾底栖生物群落. *海洋科学集刊*, (3), 51–61.]
- Han QX, Li XZ (2010) Records of the Crangonidae (Crustacea, Decapoda, Caridea) species from the Yellow Sea and Bohai Sea. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 35, 227–239. (in Chinese with English abstract) [韩庆喜, 李新正 (2010) 黄、渤海褐虾科(甲壳动物亚门, 软甲纲, 十足目)记述. *动物分类学报*, 35, 227–239.]
- Lei N, Hu XY, Zhou XH (2013) Evolution process and ecological effect analysis of reclamation in Jiaozhou Bay. *Marine Environmental Science*, 32, 506–509. (in Chinese with English abstract) [雷宁, 胡小颖, 周兴华 (2013) 胶州湾围填海的演进过程及其生态环境影响分析. *海洋环境科学*, 32, 506–509.]
- Li BQ, Li XZ, Wang HF, Zhang BL (2006) Species diversity of macrobenthic mollusk fauna in Jiaozhou Bay, Shandong. *Biodiversity Science*, 14, 136–144. (in Chinese with English abstract) [李宝泉, 李新正, 王洪法, 张宝琳 (2006) 胶州湾大型底栖软体动物物种多样性研究. *生物多样性*, 14, 136–144.]
- Li NS (2006) Natural Environment and Geological Evolution of Jiaozhou Bay. China Ocean Press, Beijing. (in Chinese) [李乃胜 (2006) 胶州湾自然环境与底质变化. 海洋出版社, 北京.]
- Li XZ, Yu HY, Wang YQ, Shuai LM, Zhang BL, Liu RY (2001) Study on species diversity of macrobenthic fauna in Jiaozhou Bay. *Biodiversity Science*, 9, 80–84. (in Chinese with English abstract) [李新正, 于海燕, 王永强, 帅莲梅, 张宝琳, 刘瑞玉 (2001) 胶州湾大型底栖动物的物种多样性现状. *生物多样性*, 9, 80–84.]
- Li XZ, Yu HY, Wang YQ, Shuai LM, Zhang BL, Li XH (2002) Study on the quantitative dynamics of macrobenthos in Jiaozhou Bay. *Studia Marina Sinica*, 44, 66–73. (in Chinese with English abstract) [李新正, 于海燕, 王永强, 帅莲梅, 张宝琳, 李笑红 (2002) 胶州湾大型底栖动物数量动态的研究. *海洋科学集刊*, 44, 66–73.]
- Li XZ, Wang HF, Zhang BL (2005) The secondary production of macrobenthos in Jiaozhou Bay, Shandong. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 36, 527–533. (in Chinese with English abstract) [李新正, 王洪法, 张宝琳 (2005) 胶州湾大型底栖动物次级生产力初探. *海洋与湖沼*, 36, 527–533.]
- Li XZ, Wang HF, Zhang BL, Ma L, Zhang L (2012) Advance of the study on the macrobenthos from the Yellow Sea and East China Sea. *Sustainable Development*, (2), 80–102. (in Chinese with English abstract) [李新正, 王洪法, 张宝琳, 马林, 张立 (2012) 黄海和东海大型底栖生物生态学研究进展. *可持续发展*, (2), 80–102.]
- Li YH (2010) The Study of Jiaozhou Bay Ecosystem Dynamic Change. PhD dissertation, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao. (in Chinese with English abstract) [李颖虹 (2010) 胶州湾生态系统动态变化研究. 博士学位论文, 中国科学院海洋研究所, 青岛.]
- Liu RY (1992) Ecology and Living Resources of Jiaozhou Bay. Science Press, Beijing. (in Chinese) [刘瑞玉 (1992) 胶州湾生态学和生物资源. 科学出版社, 北京.]
- Liu XS, Fan Y, Shi SJ, Hua E, Zhang ZN (2014) Studies on the species composition and community structure of macrofauna in the Bohai Sea, China. *Acta Oceanologica Sinica*, 36(12), 53–66. (in Chinese with English abstract) [刘晓收, 范颖, 史书杰, 华尔, 张志南 (2014) 渤海大型底栖动物种类组成与群落结构研究. *海洋学报*, 36(12), 53–66.]
- Ma LJ, Yang XG, Qi YL, Liu YX, Zhang JZ (2014) Oceanic area change and contribution factor of Jiaozhou Bay. *Scientia Geographica Sinica*, 34, 365–369. (in Chinese with English abstract) [马立杰, 杨曦光, 祁雅莉, 刘艳霞, 张金枝 (2014) 胶州湾海域面积变化及原因探讨. *地理科学*, 34, 365–369.]
- Margalef R (1968) Perspective in Ecological Theory. University of Chicago Press, Chicago.
- Pielou EC (1966) The use of information theory in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10, 370–383.
- Qi YP, Yang XF, Song WP, Yin WH (2015) Ecological problems and countermeasures of Jiaozhou Bay. *Journal of Guangxi Academy of Sciences*, 31(2), 94–96. (in Chinese with English abstract) [齐衍萍, 杨晓飞, 宋文鹏, 尹维翰 (2015) 胶州湾海域生态问题及解决对策. *广西科学院学报*, 31(2), 94–96.]

- Shannon CE, Wiener W (1949) *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Sui JX, Yu ZS, Qu FY, Liu WX (2010) Preliminary ecological study of the macrobenthos in the middle part of the Jiaozhou Bay. *Marine Science*, 34(5), 1–6. (in Chinese with English abstract) [隋吉星, 于子山, 曲方圆, 刘卫霞 (2010) 胶州湾中部海域大型底栖生物生态学初步研究. *海洋科学*, 34(5), 1–6.]
- Sun RY (1992) *Principle of Animal Ecology*, 2nd edn. Beijing Normal University Press, Beijing. (in Chinese) [孙儒泳 (1992) *动物生态学原理*(第二版). 北京师范大学出版社, 北京.]
- Tian SY, Zhang WL, Yu ZS, Zhang ZN (2010) Abundance, biomass and secondary production of macrobenthos in the Jiaozhou Bay, China. *Marine Science*, 34(6), 81–87. (in Chinese with English abstract) [田胜艳, 张文亮, 于子山, 张志南 (2010) 胶州湾大型底栖动物的丰度、生物量和生产量研究. *海洋科学*, 34(6), 81–87.]
- Wang HF, Li XZ, Wang JB (2011) Macrobenthic composition and its changes in the Jiaozhou Bay during 2000–2009. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 42, 738–752. (in Chinese with English abstract) [王洪法, 李新正, 王金宝 (2011) 2000–2009年胶州湾大型底栖动物的种类组成及变化. *海洋与湖沼*, 42, 738–752.]
- Wang JB, Li XZ, Wang HF, Zhang BL (2011) Ecological study on the macrobenthos in the Jiaozhou Bay in 2005–2009. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 42, 728–737. (in Chinese with English abstract) [王金宝, 李新正, 王洪法, 张宝琳 (2011) 2005–2009年胶州湾大型底栖动物生态学研究. *海洋与湖沼*, 42, 728–737.]
- Wetsbegrijsbegr SB, Rnaasinhge JA, Dauer DM, Schaffner LC, Diaz RJ, Frithsen JB (1997) An estuarine benthic index of biotic integrity (B-IBI) for Chesapeake Bay. *Estuaries*, 20, 149–158.
- Xu ZL, Chen YQ (1989) Aggregated intensity of dominant species of zooplankton in autumn in the East China Sea and Yellow Sea. *Chinese Journal of Ecology*, 8(4), 13–15. (in Chinese with English abstract) [徐兆礼, 陈亚瞿 (1989) 东海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲶鱼渔场的关系. *生态学杂志*, 8(4), 13–15.]
- Yu HY, Li XZ, Li BQ, Wang JB, Wang HF (2006) The species diversity of macrobenthic fauna in Jiaozhou Bay. *Acta Ecologica Sinica*, 26, 416–422. (in Chinese with English abstract) [于海燕, 李新正, 李宝泉, 王金宝, 王洪法 (2006) 胶州湾大型底栖动物生物多样性现状. *生态学报*, 26, 416–422.]
- Zhai L, Han DY, Fu DJ, Zhang CL, Xue Y (2014) Fish community structure and the relationship with environmental factors in Jiaozhou Bay and adjacent waters. *Journal of Fishery Sciences of China*, 21, 810–821. (in Chinese with English abstract) [翟璐, 韩东燕, 傅道军, 张崇良, 薛莹 (2014) 胶州湾及其邻近海域鱼类群落结构及与环境因子的关系. *中国水产科学*, 21, 810–821.]
- Zhang BL, Wang HF, Zhang WY, Li BQ, Li XZ (2007) Species and distribution of Enteropneusta from Jiaozhou. *Marine Science*, 31(2), 65–67. (in Chinese with English abstract) [张宝琳, 王洪法, 张文勇, 李宝泉, 李新正 (2007) 胶州湾肠鳃类种类与分布. *海洋科学*, 31(2), 65–67.]
- Zhao SJ (2002) Long-term Changes of Main Ecological Factors of the Jiaozhou Bay Ecosystem. PhD dissertation, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao. (in Chinese with English abstract) [赵淑江 (2002) 胶州湾生态系统主要生态因子的长期变化. 博士学位论文, 中国科学院海洋研究所, 青岛.]
- Zhou H, Zhang ZN (2003) Rationale of the multivariate statistical software PRIMER and its application in benthic community ecology. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 33(1), 58–64. (in Chinese with English abstract) [周红, 张志南 (2003) 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. *青岛海洋大学学报*, 33(1), 58–64.]
- Zhou J, Ji W, Li XZ (2009) A new species of *Scolecopsis* (Polychaeta: Spionidae) from sandy beaches in China, with a review of Chinese *Scolecopsis* species. *Zootaxa*, 6(2236), 37–49.

(责任编辑: 徐奎栋 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 2014年胶州湾大型底栖动物物种名录

Appendix 1 Macrobenthic species list recorded in Jiaozhou Bay in 2014

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2015264-1.pdf>

附录 1 2014 年胶州湾大型底栖动物物种名录

Appendix 1 Macrobenthic species list recorded in Jiaozhou Bay in 2014

科中文名	科拉丁名	种中文名	种拉丁名
腔肠动物门 Coelenterata			
钟螅科	Campanulariidae	中国根茎螅	<i>Rhizocaulus chinensis</i>
棒海鳃科	Veretillidae	海仙人掌	<i>Cavernularia</i> sp.
沙簪海鳃科	Virgulariidae	沙簪	<i>Virgularia</i> sp.
扁形动物门 Platyhelminthes			
背涡虫科	Notoplanidae	薄背涡虫	<i>Notocomplana humilis</i>
纽形动物门 Nemertinea			
合孔科	Amphiporidae	斑两用孔纽虫	<i>Amphiporus punctatulus</i>
环节动物门 Annelida			
帚毛虫科	Sabellariidae	锥毛似帚毛虫	<i>Lygdamis giardi</i>
缨鳃虫科	Sabellidae	领管缨虫	<i>Chone collaris</i>
缨鳃虫科	Sabellidae	温哥华真旋虫	<i>Eudistylia vancouveri</i>
缨鳃虫科	Sabellidae	巨刺缨虫	<i>Potamilla myriops</i>
缨鳃虫科	Sabellidae	缨鳃虫	<i>Sabella pencillus</i>
扇毛虫科	Flabelligeridae	绒毛肾扇虫	<i>Brada villosa</i>
扇毛虫科	Flabelligeridae	孟加拉海扇虫	<i>Pherusa bengalensis</i>
丝鳃虫科	Cirratulidae	刚鳃虫	<i>Chaetozone sefosa</i>
丝鳃虫科	Cirratulidae	细丝鳃虫	<i>Cirratulus filiformis</i>
丝鳃虫科	Cirratulidae	须鳃虫	<i>Cirriformia tentaculata</i>
丝鳃虫科	Cirratulidae	多丝独毛虫	<i>Tharyx multifilis</i>
双栉虫科	Ampharetidae	扁鳃扇栉虫	<i>Amphicteis scophrobranchiata</i>
双栉虫科	Ampharetidae	纳氏沟栉虫	<i>Anobothrus nataliae</i>
双栉虫科	Ampharetidae	毛鳃尖栉虫	<i>Lysippe trichobranchia</i> sp. nov.
双栉虫科	Ampharetidae	米列虫	<i>Melinna cristata</i>
笔帽虫科	Pectinariidae	连膜帽虫	<i>Lagis bocki</i>
笔帽虫科	Pectinariidae	那不勒斯膜帽虫	<i>Lagis neapolitana</i>
蛭龙介科	Terebellidae	扁蛭虫	<i>Loimia medusa</i>
蛭龙介科	Terebellidae	树蛭虫	<i>Pista cristata</i>
毛鳃虫科	Trichobranchidae	双毛鳃虫	<i>Trichobranchus bibranchiatus</i>
海稚虫科	Spionidae	锥稚虫	<i>Aonides oxycephala</i>
海稚虫科	Spionidae	后稚虫	<i>Laonice cirrata</i>
海稚虫科	Spionidae	日本细稚齿虫	<i>Prionospio japonica</i>
杂毛虫科	Poecilochaetidae	蛇杂毛虫	<i>Poecilochaetus serpens</i>
吻沙蚕科	Glyceridae	锥唇吻沙蚕	<i>Glycera onomichiensis</i>
吻沙蚕科	Glyceridae	长突半足沙蚕	<i>Hemipodus yenouensis</i>
角吻沙蚕科	Goniadidae	寡节甘吻沙蚕	<i>Glycinde gurjanovae</i>
角吻沙蚕科	Goniadidae	日本角吻沙蚕	<i>Goniada japonica</i>
多鳞虫科	Polynoidae	渤海格鳞虫	<i>Gattyana pohaiensis</i>
多鳞虫科	Polynoidae	亚洲哈鳞虫	<i>Harmothoe asiatica</i>

多鳞虫科	Polynoidae	覆瓦哈鳞虫	<i>Harmothoe imbricata</i>
多鳞虫科	Polynoidae	有齿背鳞虫	<i>Lepidonotus dentatus</i>
多鳞虫科	Polynoidae	软背鳞虫	<i>Lepidonotus helotypus</i>
锡鳞虫科	Sigalionidae	黄海刺梳鳞虫	<i>Ehlersileanira incisa hwanghaiensis</i>
锡鳞虫科	Sigalionidae	日本强鳞虫	<i>Sthenolepis japonica</i>
特须虫科	Lacydonidae	拟特须虫	<i>Paralacydonia paradoxa</i>
叶须虫科	Phyllodocidae	中华半突虫	<i>Phyllodoce chinensis</i>
叶须虫科	Phyllodocidae	格棱兰半突虫	<i>Phyllodoce groenlandica</i>
叶须虫科	Phyllodocidae	叶须虫	<i>Phyllodoce laminosa</i>
叶须虫科	Phyllodocidae	梭须半突虫	<i>Phyllodoce madeirensis</i>
叶须虫科	Phyllodocidae	乳突半突虫	<i>Phyllodoce papillosa</i>
齿吻沙蚕科	Nephtyidae	中华内卷齿蚕	<i>Aglaophamus sinensis</i>
齿吻沙蚕科	Nephtyidae	无疣齿吻沙蚕	<i>Inermonephtys inermis</i>
齿吻沙蚕科	Nephtyidae	囊叶齿吻沙蚕	<i>Nephtys caeca</i>
齿吻沙蚕科	Nephtyidae	寡鳃齿吻沙蚕	<i>Nephtys oligobranchia</i>
沙蚕科	Nereididae	羽须鳃沙蚕	<i>Dendronereis pinnaticirris</i>
沙蚕科	Nereididae	日本刺沙蚕	<i>Neanthes japonica</i>
沙蚕科	Nereididae	长须沙蚕	<i>Nereis longior</i>
沙蚕科	Nereididae	游沙蚕	<i>Nereis pelagica</i>
沙蚕科	Nereididae	背褶沙蚕	<i>Tambalagama fauveli</i>
海女虫科	Hesionidae	双小健足虫	<i>Micropodarke dubia</i>
海女虫科	Hesionidae	狭细蛇潜虫	<i>Ophiodromus angutifrons</i>
白毛虫科	Pilargidae	巴氏钩毛虫	<i>Sigambra bassi</i>
白毛虫科	Pilargidae	花冈钩毛虫	<i>Sigambra hanaokai</i>
白毛虫科	Pilargidae	长须钩毛虫	<i>Sigambra tentaculata</i>
裂虫科	Syllidae	额刺裂虫	<i>Ehlersia cornuta</i>
仙虫科	Amphinomidae	含糊拟刺虫	<i>Linopherus ambigua</i>
仙虫科	Amphinomidae	边鳃拟刺虫	<i>Linopherus paucibranchiata</i>
索沙蚕科	Lumbrineridae	双唇索沙蚕	<i>Lumbrineris cruzensis</i>
索沙蚕科	Lumbrineridae	异足索沙蚕	<i>Lumbrineris heteropoda</i>
索沙蚕科	Lumbrineridae	短叶索沙蚕	<i>Lumbrineris latreilli</i>
索沙蚕科	Lumbrineridae	长叶索沙蚕	<i>Lumbrineris longifolia</i>
索沙蚕科	Lumbrineridae	四索沙蚕	<i>Lumbrineris tetraura</i>
矾沙蚕科	Eunicidae	矾沙蚕	<i>Eunice aphroditois</i>
矾沙蚕科	Eunicidae	扁平岩虫	<i>Marphysa depressa</i>
竹节虫科	Maldanidae	真节虫	<i>Euclymene oerstedii</i>
竹节虫科	Maldanidae	缩头竹节虫	<i>Maldane sarsi</i>
竹节虫科	Maldanidae	拟节虫	<i>Praxillella praeterriffsa</i>
小头虫科	Capitellidae	小头虫	<i>Capitella capitata</i>
小头虫科	Capitellidae	厚鳃蚕	<i>Dasybranchus caducus</i>
小头虫科	Capitellidae	丝异须虫	<i>Heteromastus filiformis</i>
小头虫科	Capitellidae	中蚓虫	<i>Mediomastus californiensis</i>
小头虫科	Capitellidae	背毛背蚓虫	<i>Notomastus aberans</i>
小头虫科	Capitellidae	背蚓虫	<i>Notomastus latericeus</i>

海蛭科	Opheliidae	角海蛭	<i>Ophelina acuminata</i>
锥头虫科	Orbiniidae	膜囊尖锥虫	<i>Scoloplos marsupialis</i>
异毛虫科	Paraonidae	独指虫	<i>Aricidea fragilis</i>
单指虫科	Cossuridae	拟单指虫	<i>Cossurella dimorpha</i>
不倒翁虫科	Sternaspidae	不倒翁虫	<i>Sternaspis scutata</i>
软体动物门 Mollusca			
铍石鳖科	Ischnochitonidae	朝鲜鳞带石鳖	<i>Lepidozona coreanica</i>
顶管角贝科	Episiphonidae	胶州湾顶管角贝	<i>Episiphon kaochowwanense</i>
马蹄螺科	Trochidae	单一丽口螺	<i>Calliostoma unicum</i>
丽口螺科	Calliostomatidae	口马丽口螺	<i>Calliostoma koma</i>
帆螺科	Calyptaeidae	扁平管帽螺	<i>Siphopatella walshi</i>
玉螺科	Naticidae	扁玉螺	<i>Neverita didyma</i>
梯螺科	Epitoniidae	习氏阿玛螺	<i>Amaea thielei</i>
光螺科	Eulimidae	马丽亚瓷光螺	<i>Eulima maria</i>
核螺科	Columbellidae	丽小笔螺	<i>Mitrella bella</i>
织纹螺科	Nassariidae	秀丽织纹螺	<i>Nassarius festivus</i>
织纹螺科	Nassariidae	半褶织纹螺	<i>Nassarius semiplicatus</i>
织纹螺科	Nassariidae	红带织纹螺	<i>Nassarius succinctus</i>
塔螺科	Turridae	杰氏裁判螺	<i>Inquisitor jeffreysii</i>
露齿螺科	Ringiculidae	耳口露齿螺	<i>Ringicula doliaris</i>
囊螺科	Restusidae	尖卷螺	<i>Rhizorus radiola</i>
三叉螺科	Cylichnidae	圆筒原盒螺	<i>Eocylichna braunsi</i>
壳蛞蝓科	Philinidae	银白齿缘壳蛞蝓	<i>Yokoyamaia argentata</i>
胡桃蛤科	Nuculidae	豆形胡桃蛤	<i>Nucula faba</i>
蚶科	Arcidae	内褶拟蚶	<i>Arcopsis interplicata</i>
蚶科	Arcidae	对称拟蚶	<i>Arcopsis symmetrica</i>
蚶科	Arcidae	毛蚶	<i>Scapharca kagoshimensis</i>
贻贝科	Mytilidae	凸壳肌蛤	<i>Musculus senhousia</i>
铰蛤科	Limidae	函馆雪铰蛤	<i>Limaria hakodatensis</i>
牡蛎科	Ostreidae	长牡蛎	<i>Crassostrea gigas</i>
牡蛎科	Ostreidae	猫爪牡蛎	<i>Talonostrea talonata</i>
蹄蛤科	Ungulinidae	津知圆蛤	<i>Cycladicama tsuchi</i>
蛤蜊科	Mactridae	秀丽波纹蛤	<i>Raetellops pulchella</i>
樱蛤科	Tellinidae	圆楔樱蛤	<i>Cadella narutoensis</i>
樱蛤科	Tellinidae	彩虹明樱蛤	<i>Moerella iridescens</i>
樱蛤科	Tellinidae	江户明樱蛤	<i>Moerella jedoensis</i>
双带蛤科	Semelidae	内肋蛤	<i>Endopleura lubrica</i>
双带蛤科	Semelidae	微小海螂	<i>Leptomya minuta</i>
双带蛤科	Semelidae	理蛤	<i>Theora lata</i>
竹蛏科	Solenidae	小刀蛏	<i>Cultellus attenuatus</i>
竹蛏科	Solenidae	短竹蛏	<i>Solen dunkerianus</i>
刀蛏科	Cultellidae	小刀蛏	<i>Cultellus attenuatus</i>
帘蛤科	Veneridae	凸镜蛤	<i>Dosinia derupta</i>
帘蛤科	Veneridae	菲律宾蛤仔	<i>Ruditapes philippinarum</i>

缝栖蛤科	Hiatellidae	东方缝栖蛤	<i>Hiatella orientalis</i>
色雷西蛤科	Thracidae	金星蝶铰蛤	<i>Trigonothracia jinxingae</i>
节肢动物门 Arthropoda			
藤壶科	Balanidae	糊斑藤壶	<i>Balanus cirratus</i>
虾蛄科	Squillaeidae	口虾蛄	<i>Oratosquilla oratoria</i>
双眼钩虾科	Ampeliscidae	博氏双眼钩虾	<i>Ampelisca bocki</i>
双眼钩虾科	Ampeliscidae	短角双眼钩虾	<i>Ampelisca brevicornis</i>
双眼钩虾科	Ampeliscidae	轮双眼钩虾	<i>Ampelisca cyclops</i>
双眼钩虾科	Ampeliscidae	美原双眼钩虾	<i>Ampelisca miharaensis</i>
双眼钩虾科	Ampeliscidae	中型双眼钩虾	<i>Ampelisca miops</i>
双眼钩虾科	Ampeliscidae	三崎双眼钩虾	<i>Ampelisca misakiensis</i>
双眼钩虾科	Ampeliscidae	日本沙钩虾	<i>Byblis japonicus</i>
螺赢蜚科	Corophiidae	日本拟钩虾	<i>Gammaropsis japonica</i>
螺赢蜚科	Corophiidae	大螺赢蜚	<i>Sinocorophium major</i>
螺赢蜚科	Corophiidae	中华螺赢蜚	<i>Sinocorophium sinence</i>
利尔钩虾科	Lijeborgiidae	弯指铲钩虾	<i>Listriella curvidactyla</i>
马尔他钩虾科	Melitidae	头角泥钩虾	<i>Eriopisella propagatio</i>
马尔他钩虾科	Melitidae	塞切尔泥钩虾	<i>Eriopisella sechellensis</i>
马尔他钩虾科	Melitidae	长指马尔他钩虾	<i>Melita longidactyla</i>
合眼钩虾科	Oedicerotidae	胶州湾壳颚钩虾	<i>Chitinomandibulum jiaozhouwanensis</i>
涟虫科	Bodotriidae	舌突圆涟虫	<i>Cyclaspis linguiloba</i>
涟虫科	Bodotriidae	宽甲古涟虫	<i>Eocuma lata</i>
涟虫科	Bodotriidae	细长涟虫	<i>Iphinoe tenera</i>
尖额涟虫科	Leuconidae	二齿半尖额涟虫	<i>Hemileucon bidentatus</i>
拟背水虱科	Paranthuridae	日本拟背水虱	<i>Paranthura japonica</i>
浪漂水虱科	Cirolanidae	日本游泳水虱	<i>Natatolana japonensis</i>
对虾科	Penaeidae	细巧仿对虾	<i>Parapenaeopsis tenella</i>
对虾科	Penaeidae	鹰爪虾	<i>Trachysalambria curvirostris</i>
鼓虾科	Alpheidae	短脊鼓虾	<i>Alpheus brevicristatus</i>
鼓虾科	Alpheidae	鲜明鼓虾	<i>Alpheus distinguendus</i>
鼓虾科	Alpheidae	日本鼓虾	<i>Alpheus japonicus</i>
鼓虾科	Alpheidae	日本角鼓虾	<i>Athanas japonicus</i>
藻虾科	Hippolytidae	中华安乐虾	<i>Eualus sinensis</i>
藻虾科	Hippolytidae	直额七腕虾	<i>Heptacarpus rectirostris</i>
藻虾科	Hippolytidae	疣背深额虾	<i>Latreutes planirostris</i>
长眼虾科	Ogyrididae	东方长眼虾	<i>Ogyrides orientalis</i>
玻璃虾科	Pasiphaeidae	尖尾细螯虾	<i>Leptochela aculeocaudata</i>
玻璃虾科	Pasiphaeidae	细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>
美人虾科	Callinassidae	美人虾	<i>Callianassa</i> sp.
蛄蛄虾科	Upogebiidae	伍氏奥蛄蛄虾	<i>Upogebia wuhsienweni</i>
瓷蟹科	Porcellanidae	锯额豆瓷蟹	<i>Pisidia serratifrons</i>
瓷蟹科	Porcellanidae	绒毛细足蟹	<i>Raphidopus ciliatus</i>
关公蟹科	Dorippidae	日本拟平家蟹	<i>Heikeopsis japonica</i>
长脚蟹科	Goneplacidae	隆线强蟹	<i>Eucrate crenata</i>

六足蟹科	Hexapodidae	颗粒仿六足蟹	<i>Hexapinus granuliferus</i>
菱蟹科	Parthenopidae	强壮武装紧握菱蟹	<i>Enoplolambrus validus</i>
毛刺蟹科	Pilumnidae	团岛毛刺蟹	<i>Pilumnus tuantaoensis</i>
毛刺蟹科	Pilumnidae	裸盲蟹	<i>Typhlocarcinus nudus</i>
豆蟹科	Pinnotheridae	异足倒颚蟹	<i>Asthenognathus inaequipes</i>
豆蟹科	Pinnotheridae	豆形短眼蟹	<i>Xenophthalmus pinnotheroides</i>

腕足动物门 Brachiopoda

贯壳贝科	Terebrataliidae	酸浆贯壳贝	<i>Terebratalia coreanica</i>
------	-----------------	-------	-------------------------------

棘皮动物门 Echinodermata

海羊齿科	Antedonidae	锯羽丽海羊齿	<i>Antedon serrata</i>
砂海星科	Luidiidae	砂海星	<i>Luidia quinaria</i>
海盘车科	Asteriidae	多棘海盘车	<i>Asterias amurensis</i>
阳遂足科	Amphiuridae	日本倍棘蛇尾	<i>Amphiplus japonicus</i>
阳遂足科	Amphiuridae	光亮倍棘蛇尾	<i>Amphiplus lucidus</i>
阳遂足科	Amphiuridae	中华倍棘蛇尾	<i>Amphiplus sinicus</i>
阳遂足科	Amphiuridae	滩栖阳遂足	<i>Amphiura vadicola</i>
辐蛇尾科	Ophiactidae	近辐蛇尾	<i>Ophiactis affinis</i>
刺蛇尾科	Ophiotrichidae	马氏刺蛇尾	<i>Ophiothrix marenzelleri</i>
真蛇尾科	Ophiuridae	金氏真蛇尾	<i>Ophiura kinbergi</i>
刻肋海胆科	Temnopleuridae	哈氏刻肋海胆	<i>Temnopleurus hardwicki</i>
刻肋海胆科	Temnopleuridae	细雕刻肋海胆	<i>Temnopleurus toreumaticus</i>
硬瓜参科	Sclerodactylidae	丛足硬瓜参	<i>Sclerodactyla multipes</i>
沙鸡子科	Phyllophoridae	陆氏花海参	<i>Anthochirus loui</i>
尻参科	Caudinidae	海地瓜	<i>Acaudina molpadioides</i>
尻参科	Caudinidae	海棒槌	<i>Paracaudina chilensis</i>
锚参科	Synaptidae	棘刺锚参	<i>Protankyra bidentata</i>

半索动物门 Hemichordata

史氏柱头虫科	Spengeliidae	青岛橡头虫	<i>Glandiceps qingdaoensis</i>
--------	--------------	-------	--------------------------------

尾索动物门 Urochordata

柄海鞘科	Styelidae	柄海鞘	<i>Styela clava</i>
------	-----------	-----	---------------------

头索动物门 Cephalochordata

文昌鱼科	Branchiostomidae	青岛文昌鱼	<i>Brachyostoma japonicum</i>
------	------------------	-------	-------------------------------

脊椎动物门 Vertebrata

锦鲷科	Pholidae	云鲷	<i>Enedrias nebulosus</i>
玉筋鱼科	Ammodytidae	玉筋鱼	<i>Ammodytes peronatus</i>
虾虎鱼科	Gobiidae	普氏细棘虾虎鱼	<i>Acentrogobius pflaumii</i>
虾虎鱼科	Gobiidae	中华栉孔虾虎鱼	<i>Ctenotrypauchen chinensis</i>
虾虎鱼科	Gobiidae	小头栉孔虾虎鱼	<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>
虾虎鱼科	Gobiidae	红狼牙虾虎鱼	<i>Odontamblyopus lacepedii</i>
虾虎鱼科	Gobiidae	纹缟虾虎鱼	<i>Tridentiger trigonocephalus</i>

各类群按系统排序, 科下阶元按拉丁学名首字音序排列。