

# 渔业捕捞对威海港附近海域底上大型底栖群落 结构影响的初步研究

韩庆喜<sup>1</sup>, 李宝泉<sup>1</sup>, 韩秋影<sup>1</sup>, 张永<sup>1</sup>, 王跃启<sup>1,2</sup>, 王全超<sup>1,2</sup>, 刘东艳<sup>1</sup>

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所, 中国科学院、山东省海岸带环境过程重点实验室, 烟台 264003; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 根据2009年8月对威海港附近海域9个站位的拖网调查资料, 初步分析了威海港近海底上大型底栖动物的群落结构特征, 包括群落结构、种类组成、优势种、丰度和生物量、多样性等。应用PRIMER 6.0进行了物种多样性、群落指数和ABC曲线等的分析。本次调查共采到底栖动物48种, 其中甲壳动物19种, 鱼类14种, 各站位的大型底栖动物物种数从3种到23种不等。通过对总物种数、物种多样性、物种丰富度和物种均匀度的分析发现, 位于航道的WH5站和位于养殖区附近的WH9站与其它各站存在明显区别。渔业捕捞对威海港附近的底上群落已经造成明显的影响, 近岸底上群落遭受的扰动明显要强于外海。其它的人为扰动, 比如航道航运较之渔业捕捞对底上群落有更加剧烈的扰动, 同时海洋水产养殖的养殖筏架对保护海洋底栖动物多样性具有一定的积极作用。

中图分类号: P714<sup>+</sup>.5

文献标识码: A

文章编号: 1001-6932(2011)02-0121-06

## Preliminary study of the impact of fishery trawling on epifauna community in the coastal water of Weihai Port

HAN Qing-xi<sup>1</sup>, LI Bao-quan<sup>1</sup>, HAN Qiu-ying<sup>1</sup>, ZHANG Yong<sup>1</sup>, WANG Yue-qi<sup>1,2</sup>,  
WANG Quan-chao<sup>1,2</sup>, LIU Dong-yan<sup>1</sup>

(1. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences; Key Laboratory of Coastal Zone Environmental Processes, CAS and Shandong Province; Yantai 264003, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Based on the data collected from the 9 trawling stations in August 2009, the characters of epifauna community structure in the coastal water of Weihai Port are investigated, including community structure, community species composition, dominant species, abundance, biomass biodiversity. The species diversity, community index and Abundance/Biomass curve (ABC) were analysed using the multivariate analysis software PRIMER. A total of 48 epifauna species were collected, including 19 crustacean species and 14 fish species. With the results of total species number, Shannon-Wiener index, Pielou index and Margalef index, macrobenthos from WH5 station near the sea-lane area and WH9 station near the mariculture raft zone was quite different from that of other stations. Fishery trawl has exerted strongly influence on epifauna community in the coastal water of Weihai Port, and inshore epifauna suffered more than that of offshore. Other anthropogenic disturbance, such as sea-lane can also strongly disturb the epifauna community, while sea-lane showed more serious impact than fishery trawl. On the contrary, mariculture raft has a positive impact on preserving the marine benthic biodiversity.

**Keywords:** epifauna; community structure; Weihai Port; fishery trawl

收稿日期: 2010-09-25; 收修改稿日期: 2010-12-03

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(41006076) 和中科院创新团队(KZCX2-YW-Q07-04)资助。

作者简介: 韩庆喜 (1982-), 男, 助研, 主要从事大型底栖生态学和褐虾分类学研究。电子邮箱: qxhan@yic.ac.cn。

通讯作者: 刘东艳, 研究员, 理学博士, 电子邮箱: dyliu@yic.ac.cn。

威海位于山东半岛的最东端, 海岸线漫长、自然条件优越、海洋生物资源丰富。由于海洋捕捞和水产养殖的不断发展, 该海域受到了人类活动的深刻影响。在海洋生态系统中, 由于大型底栖动物相对稳定的生活环境和较差的运动性, 使得它们对海底环境的扰动敏感而深刻, 对大型底栖动物群落结构的研究, 可以用于监测各种环境压力对海洋生态系统的综合影响<sup>[1-3]</sup>。本文根据2009年8月在威海港附近的拖网调查资料, 对威海港附近海域底上大型底栖动物的种类组成、优势种及群落结构进行分析, 并与本海区以往的研究报道进行对比<sup>[4,5]</sup>, 旨在分析和探讨人为扰动对大型底栖动物群落结构, 尤其是底上群落结构的影响, 以期为海洋生物资源的开发利用和海洋经济的健康发展提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 取样站位、样品采集

2009年8月在威海港北部海域进行了底栖拖网(37°30.772'~37°40.077'N, 21°53.357'~121°59.183'E)调查, 以获取研究海域底上生活的底上大型底栖动物资料。调查区内共设拖网站位9个, 站位设置见图1。底栖动物拖网使用阿氏拖网(Agassiz trawl)。每站拖网一次, 拖网时间为30 min, 船速为2~3 km。拖网所得生物样品先置于95%的酒精桶中密闭保存, 回实验室采用Olympus SZ51立体显微镜对样品进行分类鉴定, 并对每个物种进行个体计数和生物量计算, 所有操作均严格按照《海洋监测规范2007》<sup>[6]</sup>。在获得所有底上种类的数量和湿重后, 通过拖网起始点的经纬度以及拖网的宽度, 计算拖网面积, 得到每个物种的丰度和生物量。

### 1.2 数据分析处理

**1.2.1 物种优势度** 本文采用优势度 $Y$ <sup>[7]</sup>作为划分优势种的标准。 $Y=(n_i/N) \times f_i$  式中 $N$ 为采泥样品中所有种类的总个体数目,  $n_i$ 为第 $i$ 种的个体数;  $f_i$ 为该种在各站位出现的频率; 当物种优势度 $Y>0.02$ 时, 该种即为优势种。

**1.2.2 群落多样性分析** 群落结构分析方法采用 Shannon-Wiener 物种多样性指数( $H'$ )、Margalef 物种丰度指数( $d$ )、Pielous 物种

均匀度指数( $J$ )。本研究采用 PRIMER 6.0 统计软件包计算上述多样性指数。

物种多样性指数(Shannon-Wiener 1963):

$$H' = - \sum_{i=1}^S (n_i/N \log_2(n_i/N));$$

均匀度指数(Pielou 1966):  $J = H'/\log_2 S$ ;

物种丰富度指数(Margalef 1958):

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

其中,  $n_i$ 为样品第 $i$ 个物种的个体数,  $N$ 为样品的总个体数,  $S$ 为样品中物种总数。本研究采用PRIMER 6.0 统计软件包计算上述多样性指数。

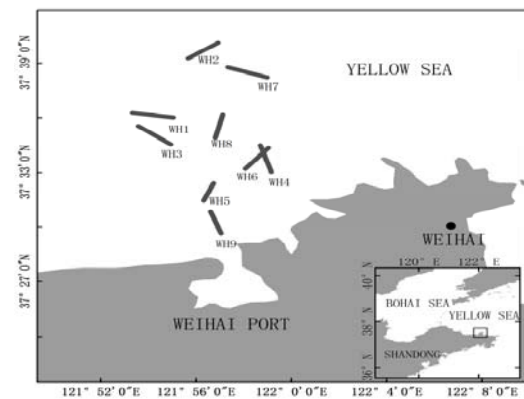


图1 2009年8月威海港采样站位分布图

Fig. 1 Sampling stations of Weihai port in August, 2009

**1.2.3 群落多样性分析** 在进行群落结构分析时, 为减少机会种对群落结构的干扰, 先去掉总体中相对丰度小于1%的种, 但保留其中在任一站位相对丰度大于3%的种。原始的丰度数据经四次方根转化和标准化后, 以Bray-Curtis相似性系数为基础构建相似性矩阵, 然后使用等级聚类分析将样品逐级连接成组, 通过树枝图来表示群落结构<sup>[8]</sup>。非度量MDS标序按照样品间的非相似性等级顺序将样品排放在标序图中, 通过压力系数(stress)的范围判断分析结果的可用性:  $stress<0.01$ , 结果完全可信;  $0.01<stress<0.05$ , 可信;  $0.05<stress<0.1$ , 基本可信;  $stress<0.2$ , 结果有参考价值, 但某些细节不可信<sup>[9]</sup>。2种图形组合使用能充分展示群落结构格局, 即将在某种相似性水平上得到的聚类分组叠加在以同种相似性系数为基础的标序图上。在聚类分析的基础上, 应用单因子相似性分析ANOSIM (Analysis of similarities)

检验各聚类组间种类组成的差异显著性。用 SIMPER(similarity percentage program)分析来计算不同物种对样本组内相似性和组间差异性的平均贡献率。

1.2.4 丰度 / 生物量比较曲线, 即 ABC 曲线(Abundance/Biomass Curves) 根据生态演替理论, 未受扰动的群落, 趋向于由少量的大个体、长生活史的物种主导, 生物量曲线完全在丰度曲线之上, 这反应出个体的平均生物量较大。在中度干扰的群落, 持续的扰动将会去除掉群落内种群增长率较低的物种, 而群落将会被短生活史和高种群增长率的物种占据, 此时生物量曲线和丰度曲线较为接近。在受严重扰动的群落, 群落由小个体机会性物种占据, 丰度曲线将完全位于生物量曲线之上<sup>[10]</sup>。

## 2 结 果

### 2.1 种类组成及优势种

在威海港附近海域通过阿氏底拖网共采集到底上大型底栖动物 48 种, 其中甲壳动物 19 种, 占 39.6%; 鱼类 14 种, 占 29.2%; 软体动物 7 种, 占 14.6%; 棘皮动物 5 种, 占 10.4%; 多毛类和腔肠动物分别只有 2 种和 1 种, 仅占种类总数的 4.2%和 2.1%, 具体分布见图 2。在种类组成上, 以温带种和广温性种类为主。

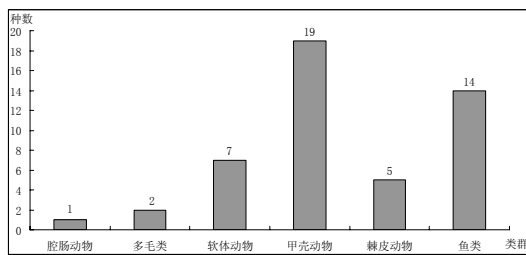


图 2 2009 年 8 月威海港底上大型底栖动物种类组成

Fig. 2 Species composition of epifauna in the coastal water of Weihai Port

根据底上大型底栖动物的丰度资料计算优势度, 优势度超过 0.02 的共有 5 种, 包括甲壳动物 4 种和鱼类 1 种, 它们分别是矛尾鰕虎鱼 *Chaeturichthys stigmatias* Richardson, 1844、葛氏长臂虾 *Palaemon gravieri* (Yu, 1930)、日本鼓虾 *Alpheus japonicus* Miers, 1879、口虾蛄 *Oratosquilla oratoria* de Haan, 1849、鲜明鼓虾 *Alpheus distinguendus* De Man, 1909。矛尾鰕虎

鱼和日本鼓虾在所有站中都有出现, 优势度 ( $Y$ ) 分别达到了 0.30 和 0.12, 葛氏长臂虾虽然只在 6 个采样站中出现, 但具有最大的总体丰度, 优势度也达到 0.21。在所有优势种中, 口虾蛄和葛氏长臂虾属于较为重要的经济种类<sup>[11]</sup>, 日本鼓虾、鲜明鼓虾及矛尾鰕虎鱼虽然也较为常见, 但由于个体较小或可食用部分较小, 因而经济价值较低。

### 2.2 多样性分析

分析生物群落的多样性一般从两方面来考虑, 一是群落中物种的丰富性, 二是群落中物种的异质性。不同的多样性指数所强调的物种丰富性和异质性的程度不同。威海港沿岸各站位底上大型底栖动物总物种数( $S$ )、总个体数( $N$ )、物种多样性指数( $H'$ )、丰富度指数( $D$ )和均匀度指数( $J'$ )见表 1。

总物种数在 WH5 站最低, 仅为 3 种, 远低于其他各站的总物种数; WH6 站总物种数只有 8 种, 而离岸最远的 WH2 站和毗邻养殖区的 WH9 站总物种数最高, 达到了 23 种。

物种多样性在 WH5 站较低, 仅为 1.322, 这与 WH9 站较少的总物种数有关, WH9 站平均生物量较大, 而总体丰度较低。物种丰富度  $D$  在 WH9 站达到最高值, 为 4.629; 在 WH5 站最低, 仅为 1.406, 其余各站的物种丰富度在 1.93-2.832 之间。物种均匀度指数  $J'$  在 WH9 站最低, 仅为 0.4317, 在 WH5 最高, 达到了 0.8342, 其余各站维持在 0.4959-0.7653 之间。

表 1 威海港沿岸各站位底栖动物种类数( $S$ )、总个体数( $N$ )、物种多样性指数( $H'$ )、丰富度指数( $D$ )和均匀度指数( $J'$ )

Tab.1 Distribution of species number ( $S$ ), total individuals ( $N$ ), Shannon-Wiener ( $H'$ ), Species richness ( $D$ ) and Evenness indices ( $J'$ ) of epifauna in the coastal waters of Weihai Port

Sample	$S$	$N$	$H'(\log_2)$	$D$	$J'$
WH1	13	66	2.502	2.869	0.6761
WH2	23	476	2.243	3.569	0.4959
WH3	14	159	1.93	2.564	0.5068
WH4	13	18	2.832	4.182	0.7653
WH5	3	4	1.322	1.406	0.8342
WH6	8	10	2.081	3.024	0.6937
WH7	21	308	2.366	3.49	0.5387
WH8	17	144	2.239	3.218	0.5477
WH9	23	116	1.953	4.629	0.4317

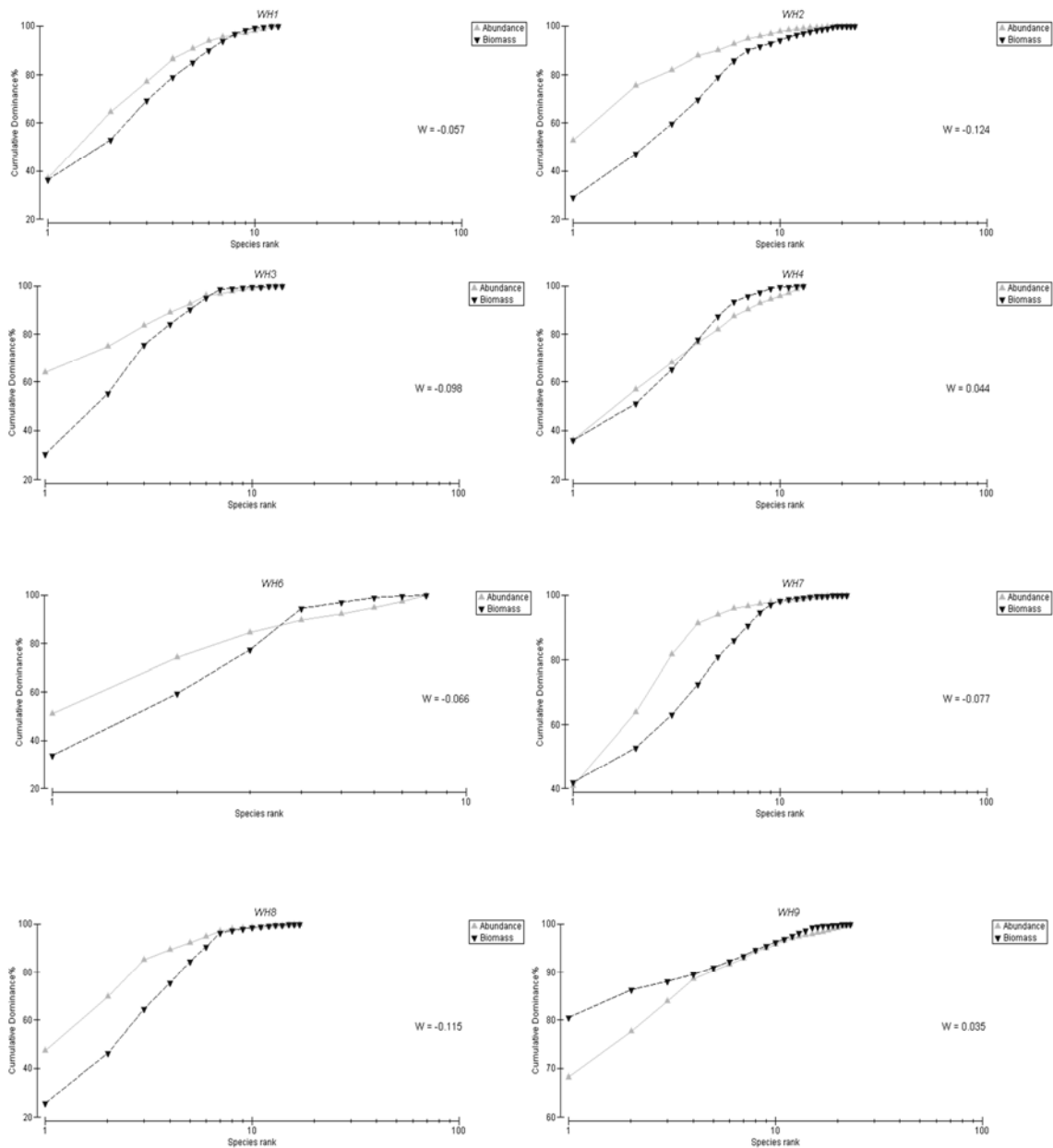


图4 威海港底上大型底栖动物丰度/生物量比较曲线

Fig. 4 ABC curve of Macrobenthos in the coastal water of Weihai Port

### 2.3 ABC 曲线

对调查的 9 个站位绘制丰度/生物量比较曲线, 以期观察底上大型底栖动物群落受环境扰动的情况(图 4)。WH9 站位于调查海域的最南侧, 毗邻沿岸养殖区; WH5 站位于 WH9 北侧, 属于航道区; 从曲线情况看, WH1、WH2、WH3、WH7、WH8 这 5 个站的丰度曲线均位于生物量曲线之上, 显示出底上大型底

栖动物群落受到了强烈的扰动; 离岸最近的 WH6 和 WH4 站位丰度曲线和生物量曲线出现部分交叉, 说明该站位的群落受到中等程度的扰动; 唯独毗邻养殖区的 WH9 站, 生物量曲线完全位于丰度曲线之上, 但生物量曲线起点比较低, 且与丰度曲线相距较近, 优势不明显, 显示底上大型底栖动物群落在水产养殖海域仅受到较轻程度的扰动。

## 2.4 群落结构分析

分析所获得的底上大型底栖动物数据, 进行 Cluster 聚类分析和 MDS 标序分析, 并将 MDS 排序结果与 Cluster 分析结果叠加, 分析结果见图 3。MDS 分析的压力系数为 0.04, 结果可信。CLUSTER 结果以 70% 的群落结构相似性来划分, 9 个群落样本群可分为 4 组, WH5 属于组 I, WH9 属于组 II, WH1、WH2、WH3、WH4、WH7、WH8 属于组 III, WH6 属于组 IV。通过对 4 个聚类组进行相似性分析检验 (ANOSIM), 结果表明不同群落类型之间底上大型底栖动物组成呈显著性差异 (global  $R=0.994$ ,  $P(\text{significance level}\%)=1.2\% < 0.05$ )。

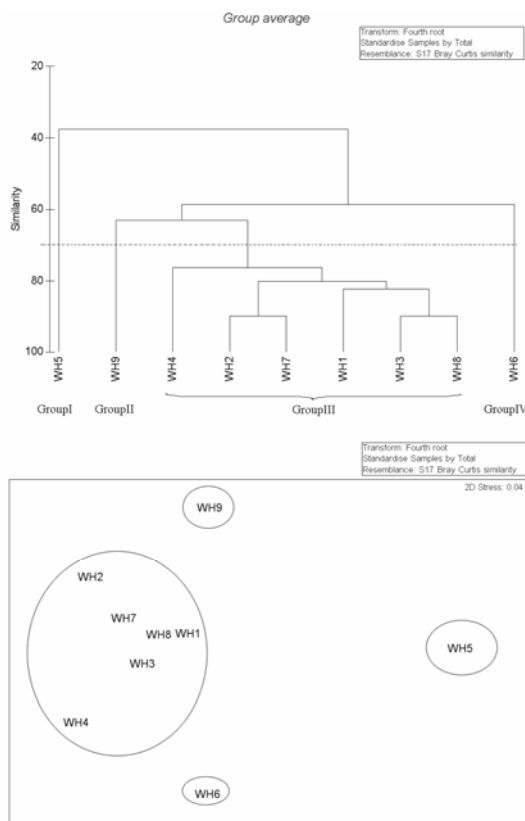


图 3 大型底栖动物群落结构聚类树枝图 (上) 和非参数变量标序 (MDS, 压力系数=0.04) (下)

Fig. 3 Dendrogram of the similarity of macrobenthic structures and two-dimensional MDS of the similarity matrix.

对调查海域的底上大型底栖动物进行 SIMPER 分析, 找出表征群落特征的物种。单个站位组成的组 I、组 II、组 IV 无法进行组内分析, 由 6 个站组成的组 III, 组内平均相似性为 80.48%, 对组内平均相似性贡献率超过 10% 的有 6 种, *Chaeturichthys stigmatias* Richardson, 1844 为

21.07, *Alpheus japonicus* Miers, 1879 为 16.78, *Palaemon gravieri* (Yu, 1930) 为 16.15, *Oratosquilla oratoria* (de Haan, 1849) 为 13.58, *Carcinoplax vestitus* (de Haan, 1835) 为 11.66, *Alpheus distinguendus* (De Man, 1909) 为 10.33%。将研究海域的所有站位作为一个整体通过 SIMPER 分析得到 9 个采样站群落平均相似性为 63.79%, 对平均相似性贡献率超过 10% 的有 4 种, 其中 *Chaeturichthys stigmatias* Richardson, 1844 贡献了 27.09%, *Alpheus japonicus* Miers, 1879 贡献了 22.12%, *Oratosquilla oratoria* de Haan, 1849 贡献了 13.02% 以及 *Alpheus distinguendus* De Man, 1909 贡献了 10.76%。

## 3 讨论

本次威海港附近海域拖网调查共发现底栖动物 48 种, 高于威海以前的大型底内生物调查种数的 28 种<sup>[4]</sup> 和 31 种<sup>[5]</sup>。由于本研究采用拖网采样, 因此所捕获的大型底栖动物以底上生物为主, 主要包括甲壳动物和鱼类, 与采泥得到的以多毛环节动物和软体动物为主的物种组成有较大差别<sup>[4, 5]</sup>。

威海港附近海域均为软泥质海底, 在此研究海域的人类扰动主要包括航道、过度捕捞和水产养殖。航道和渔业捕捞均对底上大型底栖动物的生物多样性具有负面影响, 而航道较之渔业捕捞, 对底上大型底栖动物的影响更大, 这主要是由于航道淤积和轮船行驶等造成了严重的底质搅动和翻耕, 而在不稳定的底质很难建立起稳定的大型底栖群落。

水产养殖会造成有机质在底泥中的大量聚集<sup>[14, 15]</sup>, 改变该海域的水文状况并降低溶氧<sup>[16]</sup>, 并最终影响大型底栖动物的丰富度、多样性等<sup>[17]</sup>, 但相对于渔业拖网等其他人为扰动, 它对大型底栖动物群落的扰动程度稍小, 杜绝了渔业拖网等对大型底栖动物的影响, 保护了对拖网敏感的大型底栖动物种类, 对于保护大型底栖动物的物种多样性和物种丰富度都具有一定的积极作用。

软泥质群落盛产甲壳动物、鲆鲽等底层鱼类, 底层拖网是目前软底质群落扰动主要来源, 高强度的渔业拖网严重改变了底栖动物群落结构<sup>[12]</sup>, 过度捕捞使得扰动敏感种消失, 而杂食性的机会性物种依靠改变食物来源, 如食用丢弃或拖网杀死的有机体而存活<sup>[13]</sup>。通过本研究亦发现, 威海港附近海域的底上大型底栖动物群落已经受到了渔业捕捞的严重影响, 研究海域的底上大型底栖

动物群落受到明显的扰动,而生物多样性和生物量基本呈现从近岸到远海逐渐升高的趋势。

威海近海是多种经济渔业生物的产卵场、索饵场和传统的渔业生产海域,而持续的负面影响,将会导致底栖生态系统结构、功能完整性的改变,不利于渔业生产的可持续发展。研究各种不同的人为扰动对大型底栖动物的影响,对于维持海洋生态系统的健康具有重要作用,并可为合理开发渔业资源及持续利用海洋提供积累基础资料。

**致谢:** 中国科学院烟台海岸带研究所的黄国培、黄卫国协助采样,在此表示感谢。

#### 参考文献:

- [1] Lim H S, Hong J S. An environmental impact assessment based on benthic macrofauna in Chinhae Bay, Korea [J]. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, 1994, 27: 659-674.
- [2] Nipper M. Current approaches and future directions for contaminant-related impact assessments in coastal environments: Brazilian perspective[J]. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 2000, 3: 433-447.
- [3] Shin P K S, Huang Z G, Wu R S S. An updated baseline of subtropical macrobenthic communities in Hong Kong [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2004, 49(1-2): 128-135.
- [4] 纪灵, 刘艳, 刘旭, 等. 威海市邻近海域生物群落结构状况分析[J]. *海洋通报*, 2008, 27(4): 68-74.
- [5] 孙利元, 潘永玺, 杨宝清, 等. 威海寻山人工鱼礁海域底栖生物群落组成与结构[J]. *齐鲁渔业*, 2010, 27(6): 4-6.
- [6] 国家质量技术监督局. GBT 12763.6-2007 海洋调查规范 第6部分 海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [7] 徐兆礼, 陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲎鳃渔场的关系[J]. *生态学杂志*, 1989, 8(4): 13-15.
- [8] 周红, 张志南. 大型多元统计软件 PRIMER 的方法原理及在底栖群落生态学中的应用[J]. *青岛海洋大学学报*, 2003, 33(1): 58-64.
- [9] Clarke K R, Gorley R N. PRIMER v5: User Manual/Tutorial [M]. Plymouth: PRIMER-E Ltd. 2001.
- [10] Vergnon R, Blanchard F. Evaluation of trawling disturbance on macrobenthic invertebrate communities in the Bay of Biscay, France: Abundance Biomass Comparison (ABC method)[J]. *Aquatic Living Resources*, 2006, 19: 219-228.
- [11] 刘瑞玉. 黄海及东海经济虾类区系的特点[J]. *海洋与湖沼*, 1959, 2(1): 35-42.
- [12] Jennings S, Pinnegar J K, Polunin N V C, et al. Impacts of trawling disturbance on the trophic structure of benthic invertebrate communities[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2001, 213: 127-142.
- [13] Bergmann M, Wicczorek S K, Moore P G, et al. Discard composition of the Nephrops fishery in the Clyde Sea area, Scotland [J]. *Fisheries Research*, 2002, 57: 169-183.
- [14] 杨卫华, 高会旺, 刘红英, 等. 胶州湾扇贝养殖对海域环境影响的初步研究[J]. *海洋湖沼通报*, 2007, 2: 86-93.
- [15] Mirto S, Rosa T L, Danovaro R, et al. Microbial and Meiofaunal Response to Intensive Mussel-Farm Biodeposition in Coastal Sediments of the Western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin* [J]. 2000, 40(3): 244-252.
- [16] Kaiser M J. Ecological effects of shellfish cultivation. In: Black, K.D. (Ed.), *Environmental impacts of aquaculture* [M]. Sheffield Academic Press, Sheffield, UK, 2000: 51-75.
- [17] Pearson T H, Rosenberg R. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanographic Marine Biology Annual Review* [J], 1978, 16: 229-311.