

56-62

(3)

第18卷第1期

生态学报

Jan. 18, No. 1

1998年1月

ACTA ECOLOGICA SINICA

Jan., 1998

烟台潮间带底栖无脊椎动物群落和 多样性研究

从建国

(潍坊教育科学院生物系, 山东省青州, 262500)

Q959.108

Q958.15

Q178.55

摘要 每年1次连续7a夏季对烟台海滨潮间带的沙滩、泥沙滩、岩石滩、泥沙砾石滩及海港码头(岩石、泥沙底质)5种生境的无脊椎动物群落进行了定时、定点取样调查。经鉴定共有无脊椎动物128种。经 Berger-Parker 优势度指数测定, 主要优势种为东方小藤壶 *Chthamalus challenger*、短滨螺 *Littorina brevicula*、异白樱蛤 *Macoma incongrua*、托氏蛎螺 *Umbonium thomasi*、菲律宾蛤仔 *Ruditapes philippinarum* 蛄钩虾 *Orchestia* sp. 等。Simpson 优势集中性指数测定显示各生境固着生活型亚群落及爬行生活型亚群落优势集中性在下降, 泥沙滩中的底内生活型亚群落优势集中性在增强。经 Shannon-Wiener 多样性指数测定, 无脊椎动物群落的多样性、均匀度、种类丰富度及个体数量在急剧下降。这主要是沿海工业废水和生活污水的污染、不合理的滩涂开发以及人为的过度采集造成的。

关键词: 烟台海滨, 潮间带滩涂, 无脊椎动物群落, 多样性。

THE COMMON INVERTEBRATE COMMUNITY AND ITS DIVERSITY IN THE BEACH OF INTERTIDAL ZONE YANTAI

Cong Jianguo

(Department of Biology Weifang Educational College, Qingzhou, Shandong Province, 262500, China)

Abstract The invertebrate community and its diversity in the intertidal zone in Yantai have been studied. The results show that there were 128 species of invertebrates there. The dominant species of invertebrates were *Chthamalus challenger*, *Pycnodonta plicatula*, *Ruditapes philippinarum*, *Macoma incongrua*, *Umbonium thomasi* and *Orchestia* sp. The diversity showed a dropping trend as time order. However, the community diversity of invertebrates living in the silt was rising slightly. The diversity of the habitats in rock and gravel was larger than that in other places. The principal component affecting the diversity was species richness in rock, and species evenness in the sand and seaport.

Key words: Yantai inshore, invertebrate community, diversity, beach in intertidal zone.

烟台海滨潮间带滩涂广阔, 底质环境类型多样, 既有岩石滩、沙滩、泥沙滩、又有泥沙砾石滩及海港码

收稿日期: 1996-03-18, 修改稿收刊日期: 1997-03-12.

为(泥沙岩石底质),因此,无脊椎动物生态类型多,生物量和栖息密度变化大,是高校学生实习和科研机构进行科研的良好天然实验场地。国内一些学者对该区的无脊椎动物曾作过调查研究,如:姜在阶、刘凌云编著了《烟台海滨无脊椎动物实习手册》^[2],山东省科学技术委员会1991年撰写了山东省海岸带和海涂资源综合调查报告——烟台调查区综合报告,这些侧重于动物分类和生物学特性的描述,对该区潮间带不同底相底栖无脊椎动物群落和多样性的系统分析资料尚未见及。

近年来,烟台作为对外开放的港口城市,由于国内外商船停泊频繁,沿岸工业和生活污水的污染^[1-2]及人为的过度采集,各处滩涂无脊椎动物资源受到不同程度的破坏。作者根据1985~1994年7a夏季的调查结果并参考本校生物系同期的野外实习报告,在阐明各生境潮间带底栖生物的基础上,通过数理分析进行比较研究,揭示了不同生境中各底栖无脊椎动物群落的差异水平、年际变化动态,同时提出了保护生物资源的意见,以期对该区无脊椎动物资源的保护、开发和持续利用提供依据。

1 研究地区自然概况

烟台(位于北纬37°33',东经121°33')地处胶东半岛北部,三面环山,北面濒临黄海,隔海与辽东半岛相望。市区西北芝罘岛呈“丁”字形突出海中,以狭长的芝罘地峡与陆地相连,海岸曲折蜿蜒构成许多内湾,是海洋动物栖息、产卵和繁殖的良好场所。烟台市区沿岸属“基岩海岸”类型,包括岩岸、砂岸、泥砂岸、砾石滩、海港(泥沙、岩石底质)5种生境(图1)。沿岸年平均水温13.5℃左右,海水常年不结冰,年平均盐度30‰左右。据调查,近年来,烟台海滨每日要接纳芝罘区8条小河注入的各种污水 $4.0 \times 10^4 \sim 5.0 \times 10^4$ t,多数水质指标已超过我国渔业水质标准,并检出油类、六六六和几种重金属。同时,烟台港的扩建和芝罘地峡西岸的围海养殖及渔轮,货轮的停泊、加油,使其自然景观也发生了很大变化。

2 研究方法

2.1 采样时间 于1985、1986、1987、1989、1991、1993、1994年的6月下旬至7月上旬的大潮期间采样。

2.2 样地 退潮后的芝罘地峡西岸砂质滩、芝罘地峡东岸泥砂滩、炮台山和芝罘岛东端的岩石滩、金沟寨的砾石滩及烟台山处的海港(岩石、泥沙质地,见图1)。

2.3 方法 在上述各样地的上、中、下3区中段等距离选取4个样方,定量取样。岩石滩、海港每个样方2m²,将其中所有无脊椎动物分类计数。泥沙滩、砂滩和砾石滩每个样方1m(长)×2m(宽)×0.3m(深),其中砂滩、泥沙滩的底质全部用铁锹挖出,在5mm孔目的套筛中冲洗,获取标本;砾石滩用铁钩翻动砾石采集所有无脊椎动物。标本处理和分析均按《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》第七篇“岸带生物调查方法”进行。

2.4 计算公式:本研究据该区无脊椎动物群落的特点及取样数据,选择使用了以下计算公式进行了数理分析。

Whittaker 的相似性指数^[3]:

$$I = 1 - I/2 \left(\sum |a_i - b_i| \right)$$

其中 S 代表 a, b 群落中的相对种数, a_i, b_i 分别为物种 i 的个体数在 a, b 群落中的比例。

Berger-Parker 优势度指数:

$$I = N_{\max} / N_T$$

其中 $N_{\max}$ 为优势种群数量, N_T 为全部种的种群数量。

优势集中性指数:

$$C = \sum (N_i / N)^2$$

N_i 示每一个种的个体数, N 表示总个体数。

Shannon-Wiener 多样性指数^[4]:

$$H' = 3.3219 (\log_{10} N - 1/N \log_{10} N_i)$$

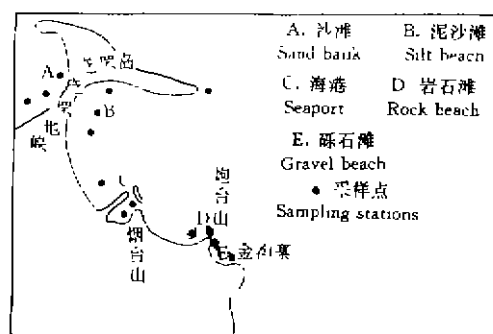


图1 烟台海滨生境分布与采样位置

Fig. 1 Graph depicting and sampling stations in the Yantai inshore

式中: N 为所有种的个体总数, n_i 为第 i 种的个体数。

均匀度公式:

$$E = H/H'_{\max} = H'/\ln s.$$

3 结果与分析

表1 烟台海滨潮间带无脊椎动物的种类和数量

Table 1 The species groups and numbers of invertebrate in inshore of Yantai

生 境 Habitat	亚群落		门数 Phylum number	种		平均个体数	
	Subcom- munity			Species		Average individual number	
				数 Number	%	数 Number	%
岩石滩 Rock beach (炮台山、芝罘 岛东端)	固着 Fixing		5	12	19.04	281.47	70.95
	爬行 Crawl			48	76.19	115.02	28.99
	漫游 Roam			3	4.76	0.22	0.05
	小计 Total			63	100	396.71	100
沙滩 Sand bank (地峡西岸)	底内 Burying		6	20	55.56	15.51	27.73
	爬行 Crawl			15	41.67	41.18	72.22
	漫游 Roam			1	2.79	0.03	0.05
	小计 Total			36	100	57.02	100
泥沙滩 Silt beach (地峡东岸)	底内 Burying		7	23	57.50	35.13	88.70
	爬行 Crawl			13	32.50	1.82	10.94
	漫游 Roam			4	10.00	0.16	0.36
	小计 Total			40	100	44.12	100
海港 Seaport	固着 Fixing			6	30.00	13.82	13.22
	爬行 Crawl			2	10.00	73.83	70.67
	漫游 Roam			5	25.00	0.17	0.150
	底内 Burying			7	35.00	16.67	15.96
	小计 Total			20	100	104.47	100
砾石滩 Gravel beach (金沟寨)	固着 Fixing			9	18.37	197.95	68.50
	爬行 Crawl			33	67.35	112.82	25.34
	漫游 Roam			4	8.16	0.009	0.002
	底内 Burying			3	6.12	24.16	5.56
	小计 Total			49	100	434.96	100

3.1 无脊椎动物群落的种类组成

烟台海滨潮间带底栖无脊椎动物分隶于12门,共128种。在5类生境中,由于潮间带的质地不同,无脊椎动物的种类、分布、数量也各不相同(表1)。从表1可知,烟台海滨常见无脊椎动物的种数由多到少依次是岩石滩、砾石滩、泥沙滩、沙滩、海港,个体数量则是砾石滩最多,依次为岩石滩、海港、沙滩、泥沙滩。这主要是由岩石滩、砾石滩的环境结构复杂,适于多种生活方式的无脊椎动物栖居造成的。如适于固着生活的东方小膝壶 *Chthamalus challengeri*、贻贝 *Mytilus edulis* 等平均每平方米达280余个。沙滩、海港的无脊椎动物个体之所以少,除环境比较简单外,更主要的是污染和不合理的开发,如芝罘地峡西岸的沙滩大部分被围海养虾,过去那种适宜的环境几乎消失殆尽,常见的美人虾 *Callinassa* sp.,海棒槌 *Paracaudina Chilensis ransonnetii* 已绝迹。

为了揭示不同生境中各动物群落的差异水平,用 Whittaker 的相似性指数和最邻近法对无脊椎动物群落进行聚类分析。从分析的树枝图(图2)可见,烟台海滨可分为沙滩区和岩石滩区两大类型,沙滩、泥沙滩

无脊椎动物群落相似程度较高,表现出群落间相异值较低,相似指数较高;而岩石区内空间异质性大,表现为群落间差异值大,其相似指数偏低。

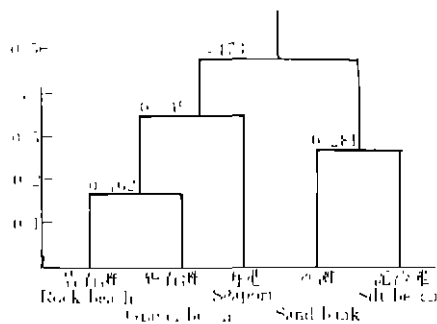


图2 不同生境无脊椎动物群落分类树状图

Fig. 2 Graph depicting branches of invertebrate community at different habitats

指数由大到小依次是固着生活型(0.6651),爬行生活型(0.2594),底内生活型(0.0554),漫游生活型(0.0091)亚群落。

从上述可见,在岩石滩、砾石滩生境优势亚群落为固着生活型动物,在沙滩、泥沙滩底内生活型动物为优势亚群落,各生境中优势度指数最小的均是漫游生活型亚群落,这主要是由于在海水中浮游的无脊椎动物(如,海月水母 *Aurelia aurita*)退潮时被遗留在海滩的机会较少造成的。

岩石滩动物固着生活型亚群落的优势种是东方小藤壶($I=0.6943$),爬行生活型亚群落则是短滨螺 *Littorina brevicula*($I=0.1199$);沙滩动物中底内生活型亚群落的优势种为异白樱蛤 *Macoma incongrua*($I=0.7781$),爬行生活型亚群落则是托氏蛎螺 *Umbonium thomasi*($I=0.2200$);泥沙滩动物中底内生活型亚群落优势种为菲律宾蛤仔 *Ruditapes philippinarum*($I=0.5296$),爬行生活型亚群落是古氏滩栖螺 *Baut-laria cumingi*($I=0.4798$);海港动物中固着生活型亚群落的优势种是数枝螅 *Obelia* sp. ($I=0.51707$),底内生活型亚群落以须鲸虫 *Curiformia* sp. ($I=0.3689$)为优势种,爬行生活型亚群落栉 *Caprella kroyeri*($I=0.8963$)是优势种;砾石滩动物的优势种在固着生活型亚群落中是东方小藤壶($I=0.8023$),爬行生活型亚群落是跳钩虾 *Orchestia* sp. ($I=0.1533$),底内亚群落则是菲律宾蛤仔($I=0.7199$)。

以 Simpson 优势集中性指数测定各生境无脊椎动物亚群落的优势集中性,结果见表2。从表2中看出,岩石和砾石滩动物中的固着生活型亚群落优势集中性最高,而海港和沙滩动物中的爬行生活型亚群落优势集中性最高,在泥沙滩中适于底内生活的优势集中性最高。从表2横列比较,烟台市沿海各生境的固着生活型亚群落及沙滩、泥沙滩、海港,岩石滩动物中的爬行生活型亚群落的优势集中性逐年降低,这可能是因过度采集和沿海滩涂开发造成的,但泥沙滩动物中的底内生活型亚群落的优势集中性却有逐年增加趋势。近几年芝罘地峡东岸的泥沙滩由于生活污水及垃圾的大量排入,使海滩泥化速度不断加快。原来大量生活在这里的竹蛏、哈氏美人虾,以及菲律宾蛤仔都大为减少,而巴西沙蠋 *Arenicola brasiliensis* 数量则反而明显增大,群落演替的结果没有导致优势集中性指数降低。

4 海滨无脊椎动物群落的多样性和均匀性

4.1 多样性、均匀性的时间格局

烟台海滨无脊椎动物群落的固着生活型亚群落主要包括东方小藤壶、贻贝、褶牡蛎 *Ostrea Flicatula*、绿海葵 *Anthopleura midori*;爬行生活型亚群落主要有沙蚕 *Nereis* sp.、红条毛肤石鳖 *Acanthochiton rubro-lincatus*、短滨螺、锈凹螺 *Chlorostoma rusticum*、跳钩虾、平背蚶 *Gaetea depressus*、肉球近方蟹 *Hemigrapsus*

3.2 生态优势度、主要优势种及其群落的年际变化

经用 Berger-Parker 优势度指数测定不同生境中各亚群落的优势度指数及优势种,其结果:在岩石滩动物中固着生活型亚群落的优势度指数最高,为0.7212,爬行生活型亚群落为0.2947,漫游生活型亚群落为0.0006;沙滩动物中底内生活型亚群落的优势度指数为0.7982,爬行生活型亚群落为0.7012,漫游生活型亚群落为0.0005;泥沙滩动物中底内生活型亚群落优势度指数是0.8871,爬行生活型的为0.1092,漫游生活型的则是0.0036;海港生境中爬行生活型亚群落优势度指数最大,为0.70587,底内生活型次之为0.1590,固着生活型亚群落为0.1322,漫游生活型亚群落的优势度指数最小,为0.0014;砾石滩动物中各亚群落的优势度

表2 烟台海滨潮间带无脊动物主要类群优势集中性按年测量
Table 2 The measurement of dominant concentration of main groups in invertebrate communities in Yantai inshore

生境 Habitat	主要类群 Main groups	1985		1986		1987		1989		1991		1993		1994	
		指标 Index	序 列	指标 Index	序 列	指标 Index	序 列	指标 Index	序 列	指标 Index	序 列	指标 Index	序 列	指标 Index	序 列
岩石滩 Rock beach	固着 ⁽¹⁾	0.4748	1	0.2664	1	0.1810	1	0.1644	1	0.1147	1	0.1378	1	0.2286	1
	爬行 ⁽²⁾	0.0424	2	0.0060	2	0.0873	2	0.0583	2	0.0519	2	0.0479	2	0.0031	2
海港 Seaport	固着	0.0237	2	0.0106	3	0.0105	3	0.0036	3	0.0911	2	0.0205	2	0.0178	2
	爬行	0.3913	1	0.3906	1	0.3794	1	0.2851	1	0.2840	1	0.2607	1	0.2944	1
	底内 ⁽³⁾	0.0098	3	0.0162	2	0.0149	2	0.0197	2	0.0035	3	0.001	3	0.0003	3
砾石滩 Gravel beach	固着	0.5303	1	0.2176	1	0.2543	1	0.2120	1	0.1556	1	0.0937	1	0.0544	1
	爬行	0.0023	2	0.0083	2	0.0109	2	0.0112	2	0.0227	2	0.0078	3	0.0064	3
	底内	0.0005	3	0.0022	3	0.0015	3	0.0033	3	0.0048	3	0.0104	2	0.0179	2
沙滩 Sand beach	底内	0.5156	1	0.5208	1	0.6528	1	0.6828	1	0.4721	1	0.2271	2	0.1040	2
	爬行	0.4646	2	0.4463	2	0.3801	2	0.2107	2	0.2762	2	0.3763	1	0.1520	1
泥沙滩 Silt beach	底内	0.2335	1	0.2567	1	0.3306	1	0.3037	1	0.3545	1	0.4284	1	0.4063	1
	爬行	0.0102	2	0.0027	2	0.0051	2	0.0043	2	0.0022	2	0.0007	2	0.0002	2

* 序列 Order, (1)固着 Fixing, (2)爬行 Crawl, (3)底内 Burying

sanguineus; 漫游生活型亚群落主要有短蛸 *Octopus sp.* 等; 底内生活型亚群落主要有异白樱蛤、菲律宾蛤仔、巴西沙蠋、哈氏美人虾 *Callinassa harmandi*、海豆芽 *Lingula anatina*。对以各亚群落进行 H' 、 E 、 N (个体数) S (种类数) 的统计, 在时间格局中只考虑不同年度和不同区域, 取群落各特征的平均数绘制成图3。从图3看出, 自1985年至1994年的多样性均呈下降趋势, 尤其是沙滩生境中的爬行和底内亚群落下降幅度较大。据调查, 是与围海养虾等开发有关, 芝罘地峡东岸随着沙滩泥化加剧, 底内、爬行生活型亚群落的多样性略有上升。岩石滩的固着, 爬行生活型亚群落则由于过度采集, 多样性下降幅度较大。只有砾石滩生境复杂, 适于多种动物栖居, 又较少受人为因素的干扰, 多样性变化不大。

均匀性趋势基本上同多样性, 多样性高或低时, 均匀性也相应地高或低, 但变化幅度不及 H' 显著, 只是泥沙滩和沙滩生境动物的均匀性略有上升。

种类丰富度 (S) 随着时间序列而明显减少, 其个体总数 (N) 也急剧下降。

总之, 烟台海滨无脊椎动物群落的组成、结构、功能及演替, 受人为干扰的程度及环境条件变化的影响。人们持续地采集直接影响着无脊椎动物群落的稳定性。另一方面, 人们通过改变环境条件 (污染、围海养虾等) 从而改变了群落内物种的营养和能量关系, 这就决定了群落的结构水平。

4.2 多样性主要成分分析

以总个体数 N 、种类丰富度 S 、均匀性 E 作自变量, 以多样性 H 作因变量, 进行多元逐步回归分析, 其结果: 岩石滩、砾石滩无脊椎动物群落的多样性主要受种类丰富度的影响, 分别为97.9%和91.2%, 而沙滩、海港、泥沙滩动物群落的多样性主要由均匀度所决定, 分别为85.67%、99.62%和98.92%。

5 小结

5.1 烟台海滨潮间带滩涂无脊椎动物计有128种, 其中主要优势种有东方小藤壶、短滨螺、异白樱蛤、托氏蜆螺、菲律宾蛤仔、蛄钩虾、栉, 它们在各生境有较大的区别。无脊椎动物各亚群落的生态优势集中性在各生境随时间序列多数在降低, 只是泥沙滩动物中的底内生活型亚群落的生态优势集中性有增加趋势。

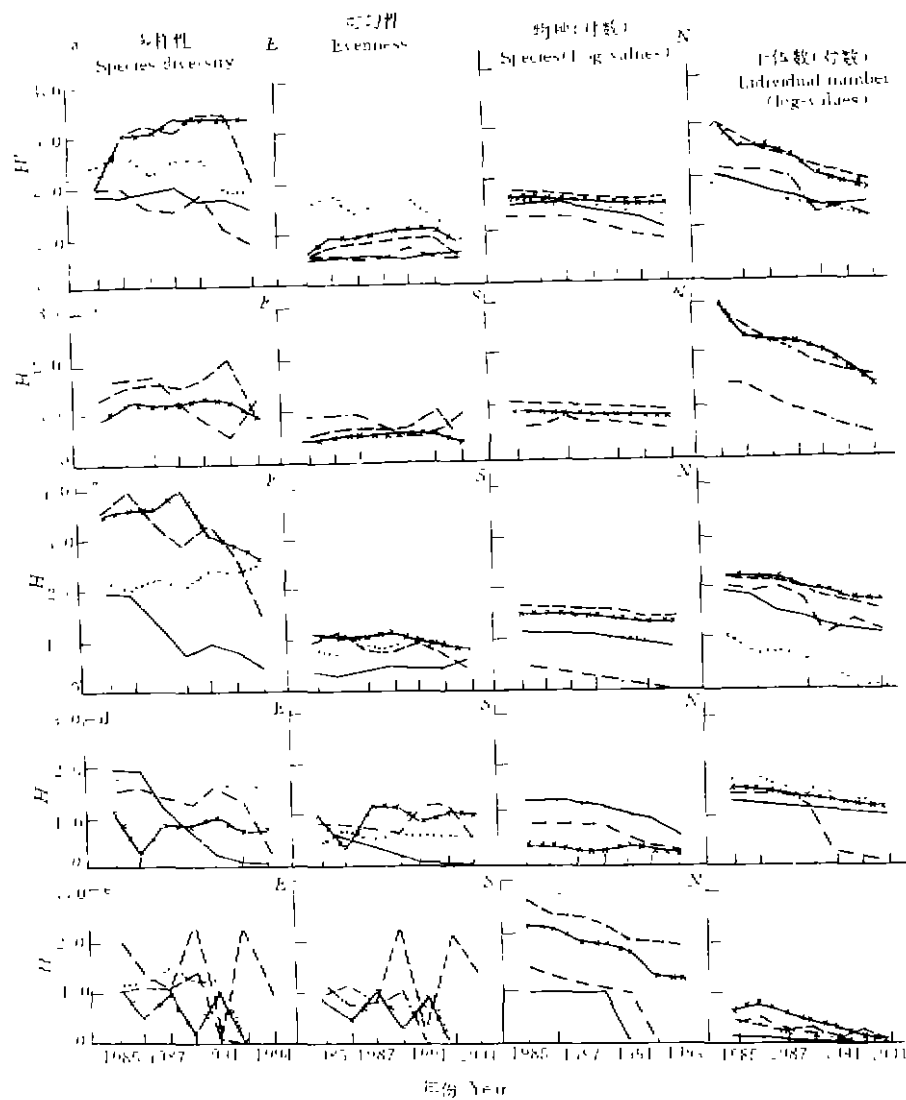


图3 群落种类丰富度(S)取对数值,个体数(N)取对数值,多样性(H'),均匀性(E)的时间结构图
Fig. 3 Graph depicting time-pattern tendency of community species (S)(log-values), individual number (N)(log-values), species diversity(H') and evenness(E)

- a. 无脊椎动物群落 Invertebrate community;
b. 固着生活型亚群落 Fixing life type subcommunity;
c. 爬行生活型亚群落 Crawling life type subcommunity;
d. 底内生活型亚群落 Burying life type subcommunity;
e. 漫游生活型亚群落 Roaming life type subcommunity;
---岩石滩 Rock beach, ——砂滩 Sand beach, ——海堤 Seaport,
.....泥质滩 Silt beach, - - - -砾石滩 Gravel beach.

5.2 无脊椎动物群落的多样性呈下降趋势,砾石滩、岩石滩生境无脊椎动物群落的多样性高于沙滩、泥沙滩及海港动物群落,但就底内生活型亚群落的多样性值在泥沙滩则是最高的,均匀性趋势基本上同多样性,但变化幅度较小。

5.3 主要成分分析表明:岩石滩、砾石滩影响多样性的主要是种类丰富度(占多样性变异的91.2%~97.9%),在沙滩、海港、泥沙滩影响多样性的主要是均匀度(85.67%~99.62%)。

5.4 烟台海滨无脊椎动物群落多样性指数下降的主要原因是人类过度采集、围海养虾及生活垃圾、工业废水的污染。因此,应适当地封海和治理污染,保护生物资源以便使其持久地成为教学科研基地。

参 考 文 献

- 1 姜在阶,刘凌云编著.烟台海滨无脊椎动物实习手册.北京:北京师范大学出版社,1986,17
- 2 S. A 巴登著,吴贻端等译.海洋污染和海洋生物资源.北京:科学出版社,1991,229~304
- 3 Gray J S. *Effects of pollutants on marine ecosystems* Netherland. *Journal of sea Research*, 1982, 16: 424~443
- 4 李荣冠.厦门港软体动物多样性及沉积物的关系.生态学报,1989, 9(3): 271~274
- 5 Whittaker R H. *Evolution of species diversity in land communities*. *Evolutionary biology*, 1977, 10: 1~48