

黄海特定断面夏秋季大型底栖动物生态学特征

王金宝¹, 李新正^{1,*}, 王洪法¹, 刘录三², 李宝泉¹, 张宝琳¹

(1. 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071; 2. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要 根据 2001 年 8 月和 2002 年 8、9、10 月共 4 个航次, 在黄海特定断面的 10 个站采集到的大型底栖动物样品, 采用相对重要性指数、物种多样性指数、物种均匀度指数、物种丰度指数, Bray-Curtis 相似性系数聚类分析和 MDS 标序等方法, 分析了该区域大型底栖动物的生态学特性。调查共得到定量样品 36 个, 经分析鉴定有大型底栖动物 182 种, 其中多毛类环节动物 54 种, 软体动物 29 种, 甲壳动物 66 种, 棘皮动物 17 种, 其它类群生物 16 种。相对于邻近海区, 物种丰富度指数较小, 物种多样性指数相似, 均匀度指数较高。各航次中 4、5 号站种数明显较少, 而生物量和栖息密度没有表现出一定的规律性。通过该断面大型底栖动物的研究发现, 可将研究区域的大型底栖动物群落分为沿岸广温性群落、温带性群落和暖水性群落, 各群落结构保持相对稳定性。主要底栖动物种类组成在 2001 年和 2002 年出现较大变化, 而在 2002 年的 8、9、10 月的种类组成保持相对稳定。

关键词 大型底栖动物 群落结构 物种组成 黄海

文章编号 1000-0933 (2007) 10-4349-10 中图分类号 Q145, Q178.535, Q958 文献标识码 A

Cross transection ecological characteristics of macrobenthos from the Yellow Sea in summer and autumn

WANG Jin-Bao¹, LI Xin-Zheng^{1,*}, WANG Hong-Fa¹, LIU Lu-San², LI Bao-Quan¹, ZHANG Bao-Lin¹

1 Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China

2 Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (10) 4349 ~ 4358.

Abstract : The Yellow Sea is a semi-closed shallow water sea in northwestern Pacific, the average depth is 44 meters. Continental climatic changes and several ocean currents including the Yellow Sea coastal currents, the Yellow Sea warm current, and the Yellow Sea Cold Water Mass result in very complicated oceanographic conditions, as well as very complex macrobenthic fauna in terms of community structure, species composition, and quantitative distribution in the Yellow Sea. A cross transection macrobenthic research was conducted in the Yellow Sea in August 2001, and August, September, and October 2002. The sediment samples were collected from 10 stations cross transection from Qingdao coast of China to the southwest coast off Korean Peninsula. Samples were grabled by 0.1 m² box corer, every two successful grabs were regarded as one sample representing a station in one cruise. 36 samples were obtained in this manner in the four cruises. Living organisms were collected by filtering samples through 0.5 mm sieve, and then fixed in 75% alcohol. The characteristics of

基金项目 国家重点基础研究 (973 计划) 资助项目 (G1999043709); 山东省科学技术发展计划资助项目 (G31070119)

收稿日期 2006-08-16; **修订日期** 2007-06-30

作者简介 王金宝 (1970 ~), 男, 山东潍坊人, 博士生, 主要从事海洋生物分类和生态学研究. E-mail: wjb@ma.qdio.ac.cn

* **通讯作者** Corresponding author. E-mail: lxxzh@ms.qdio.ac.cn

致谢 孙道元、廖玉麟、任先秋、徐凤山研究员等分别鉴定标本; 于海燕、帅莲梅、王永强先后参加了 2002 年 3 个航次的考察采集, 李士玲、帅莲梅等参与样品分析统计, 在此一并致谢!

Foundation item The project was financially supported by the National Basic Research Program of China (No. G1999043709) and the Project of the Developing Plan of the Science and Technology of Shandong Province (No. 031070119)

Received date 2006-08-16; **Accepted date** 2007-06-30

Biography WANG Jin-Bao, Ph. D. candidate, mainly engaged in taxonomy of marine organisms and marine ecology. E-mail: wjb@ma.qdio.ac.cn

macrobenthos cross the transection was studied and described with the indices of relative importance, Shannon-Wiener index, species richness index, species evenness index, Bray-Curtis similarity cluster, and MDS ordination. Comparing those of neighboring marine areas, the species richness index of the macrobenthos fauna was lower, while the species evenness index is higher and Shannon-Wiener index is similar. 182 species were identified, of which 54 species were Polychaeta, 29 were Mollusca, 66 were Crustacea, 17 were Echinodermata, and the rest 16 were other animal groups. The number of macrobenthos species in Stations 4 and 5 were distinctly lower than those in other stations. The Bray-Curtis similarity was used to describe the macrobenthic community structure, which shows that the macrobenthos communities in the 10 stations could be divided into three groups in temperature: eurythermal, microthermal, and mesothermal communities. The species composition among stations was very different between the data of 2001 and 2002, and no clear change was observed in the composition from August, September, and October, 2002.

Key Words : macrobenthos ; community structure ; species composition ; the Yellow Sea

黄海是一个较为封闭的海域,平均深度仅 44m,海流和水温情况较为复杂,在 40 ~ 50m 等深线以上的中央水域,底层水温常年较低且稳定,夏季底层水温一直维持在 8 ~ 12 ℃ 之间,即有“黄海冷水团”存在,在秋季以后,气温降低,表层水温逐渐下降,表层、底层水温渐渐接近。在 40 ~ 50m 等深线以内的浅水海域,受季节变化的影响,水温的变化幅度较大。而黄海东南角则受黄海暖流的影响。

黄海深水区是我国的主要渔场之一,该海域大型底栖动物种类较多,数量较大,部分种类是经济鱼虾的饵料。对该海域的大型底栖动物生态特点的了解,有助于生态系统动力学研究,对于海洋渔业的生产实践具有重要意义。早在 20 世纪 50 年代,全国海洋综合调查时就对黄海海域进行了全面的调查,1975 ~ 1976 年中国科学院海洋研究所进行了“南黄海北部海域漂油区底栖动物调查”的研究,近年来进行的许多专项调查都对该海域的底栖动物进行了研究,并发表了许多研究报告^[1~7]。研究底栖动物群落结构年际变化和季节变化对揭示近年来我国海洋渔业资源和生态环境的变化具有重要意义。本文根据 2001 年 8 月和 2002 年 8、9、10 月的 4 个航次所获大型底栖动物定量采集资料完成。

1 材料与方法

1.1 调查海域及站位

研究样品由“北斗号”科考船分别于 2001 年 8 月夏季航次)和 2002 年 8、9、10 月(夏、秋季航次)采自 33°N 至 36°N,121°E 至 126°E 黄海海域的一特定断面。站位设置从青岛外海至朝鲜半岛西南外海,共 10 个站,站位分布见图 1。

1.2 取样方法

各站定量采样使用面积为 0.1m²表层箱式采泥器成功取样 2 次,合为一个样品,通过底层网孔为 0.5mm 的套筛冲洗去泥沙后将生物样品固定保存在 75% 酒精中带回实验室,经分选、种类鉴定、个体计数、生物量计算后进行统计分析,研究其生态学特性。

1.3 数据分析处理

1.3.1 相对重要性指数 (indices of relative importance, IRI)

计算公式
$$IRI = (W + N) \times F$$

式中, W 为相对生物量,即某一生物的生物量占大型底栖生物总生物量的百分比, N 为相对丰度,即该物种的丰度占大型底栖生物总丰度的百分比, F 为该物种出现的频率。相对重要性指数既考虑了大型底栖生物

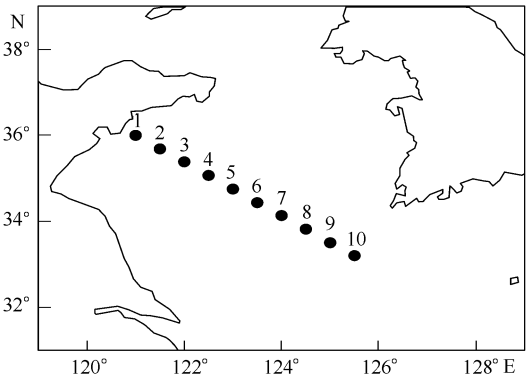


图 1 黄海取样站位示意图

Fig. 1 The distribution of sampling stations in the Yellow Sea

的数量和个体大小,又包括了其分布,从而能较好地反映某物种在群落中的地位^[1]。

1.3.2 群落物种多样性

运用物种多样性指数、物种均匀度指数和物种丰度指数对底栖动物的群落结构进行分析：

物种多样性 (H') 采用 Shannon-Wiener 计算公式

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

物种丰富度指数 (D) 采用 Margalef 的计算公式

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

物种均匀度指数 (J) 采用 Pielou 的计算公式

$$J = H' / \log_2 S$$

式中, N 为采泥样品中所有种类的总个体数目, S 为采泥样品中的物种总数, P_i 为第 i 种的个体数与样品中的总个体数的比值 (k_i/N)^[1]。

1.3.3 群落结构分析

利用 PRIMER 软件包中的 CLUSTER 和非度量 MDS 标序进行群落结构分析。根据群落的 Bray-Curtis 相似性系数,构建群落等级聚类图;非度量 MDS (Multi-Dimentional Scaling) 标序按照样品间的非相似性等级顺序将样品放在一个二维图中,相似性等级与标序图中相应的距离等级不一致性由压力系数 stress 反映出来^[10]。

2 结果

4 个航次共得到定量样品 36 个 (2001 年 8 月缺 10 号站样品,2002 年 9 月缺 8、9、10 号站样品),以下结果均根据定量样品分析获得。

2.1 种类组成

样品经分析鉴定共获得大型底栖动物 182 种,其中多毛类环节动物 54 种 (占 29.67 %),软体动物 29 种 (占 15.93 %),甲壳动物 66 种 (占 36.26 %),棘皮动物 17 种 (占 9.34 %),其它类群 16 种 (包括腔肠动物、纽虫、海绵动物等) (占 8.79 %)。各生物类群种数在各站出现情况如表 1 所示,图 2 示 4 个航次各站所获大型底栖动物情况。

表 1 10 站大型底栖动物各类群种数统计

Table 1 The number of macrobenthic species in the 10 stations

站号 Station	多毛类 Polychaeta	软体动物 Mollusca	甲壳动物 Crustacea	棘皮动物 Echinodermata	其它类群 Others	合计种数 Total species
1	18	3	14	6	6	47
2	18	3	16	1	4	42
3	16	10	14	0	2	42
4	6	7	4	1	4	22
5	5	7	6	1	2	21
6	8	9	11	1	0	29
7	11	8	6	3	3	31
8	17	8	11	4	2	42
9	18	9	16	6	4	53
10	13	10	14	2	1	40
总种数 Total species	54	29	66	17	16	182

在设定断面上,2001 年 8 月、2002 年 8 月、9 月、10 月 4 个航次在 10 个调查站上采到的大型底栖动物种数见图 2。位于断面两端的站位大型底栖动物种数较多,第 1、2、3 和 8、9、10 号站均超过 40 种,而位于断面中间的第 4、5、6、7 号站明显低于其它各站的种数,分别为 22、21、29、31 种。在各大类群中,甲壳动物种数最多,共 66 种;多毛类次之,共 55 种;棘皮动物较少,17 种 (见表 1)。各航次中第 4、5 号站物种数都很低,其次是 6、7 号站较少,其它站种数相对较高,但各航次各站种数的变化较大。

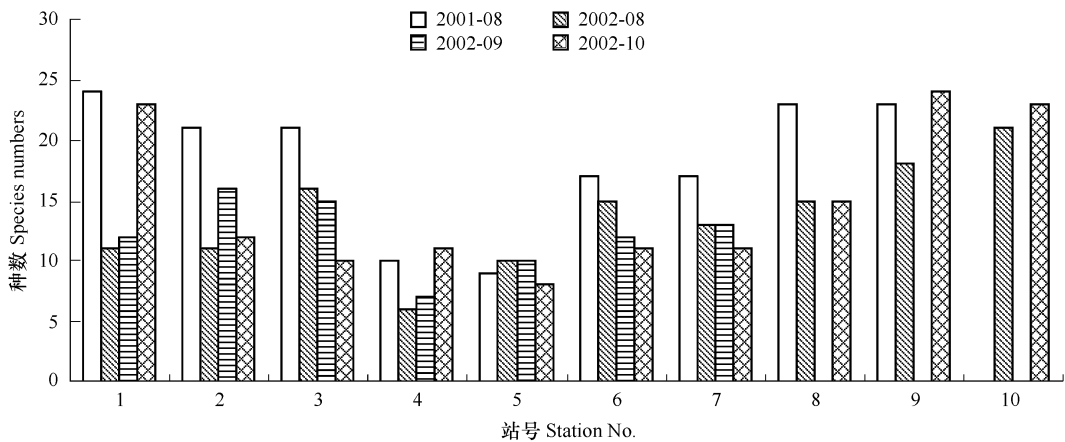


图2 10个调查站4个航次各站大型底栖动物物种数

Fig. 2 The number of macrobenthic species in the 10 stations of the 4 cruises

2.2 各航次主要种类和相对重要性指数

表2为4个航次各自相对重要性指数占前10位的种,从中可以发现在不同年份和季节,种群的相对重要性在群落中的差异。

不同年度和季节底栖生物群落保持一定的稳定性。浅水萨氏真蛇尾、薄索足蛤和掌鳃索沙蚕在2001年和2002年各航次均作为主要种出现。2001年8月和2002年8月同一月份的两航次前10个优势种中有5个相同,在2002年同一年份的3个航次中有6个主要种相同。不同航次又有差异,如长颈麦杆虫在2001年8月的航次中,相对重要性指数最高,而在2002年的所有航次都没有作为主要种出现。不同航次,各主要种的相对重要性指数也出现较大变化。

表2 2001年和2002年各航次优势种及相对重要性指数 (IRI)

Table 2 The dominant species and their IRI in the cruises in 2001 and 2002

种 Species	年-月 Year-month			
	2001-08	2002-08	2002-09	2002-10
薄索足蛤 <i>Thyasira tokunagai</i>	2.02	13.08	1.62	5.14
浅水萨氏真蛇尾 <i>Ophiura sarsii vadicola</i>	3.30	4.97	11.50	9.12
掌鳃索沙蚕 <i>Ninoe palmata</i>	4.07	5.80	6.73	1.48
角海蛎 <i>Ophelina acuminata</i>		2.57	7.47	3.80
日本美人虾 <i>Callinassa japonica</i>		2.07	6.27	1.57
日本短吻蛤 <i>Periploma japonicum</i>	1.83		5.10	2.13
黄海埃刺梳鳞虫 <i>Ehersileanira incisa hwanghaiensis</i>		1.51	3.11	5.07
橄榄胡桃蛤 <i>Nucula tenuis</i>			7.90	1.85
日本胡桃蛤 <i>Nucula nipponica</i>	2.20	2.99		
史氏盖蛇尾 <i>Stegophiura sladeni</i>	0.91	2.07		
长颈麦杆虫 <i>Caprella equilibra</i>	40.05			
莫项螺赢蛭 <i>Corophium morotonii</i>	14.51			
凹裂星海胆 <i>Schizaster lacunosus</i>				4.50
双叉索沙蚕 <i>Lumbrineris bifurcata</i>				2.82
理石叶钩虾 <i>Jassa marmorata</i>	2.75			
津知圆蛤 <i>Cycladicama tsuchii</i>			1.98	
长须沙蚕 <i>Nereis longier</i>			1.92	
东京胡桃蛤 <i>Nucula tokyoensis</i>	1.66			
锥唇吻沙蚕 <i>Glycera onomichiensis</i>		1.61		
日本梯形蛤 <i>Portiandia japonica</i>		1.57		

2.3 物种多样性

4 个航次物种丰富度指数、物种多样性指数和均匀度指数分析结果如图 3 ~ 图 5 所示。

2001 年 8 月航次的物种丰富度指数明显大于 2002 年各航次。在各站中,4、5 号站的丰富度指数小于其它各站 (图 3)。各航次的物种多样性指数相差不多,没有明显的变化,各站中除 4、5 号站略小外,其它相差不大 (图 4)。物种均匀度指数则是 2001 年 8 月的航次小于 2002 年各航次,各站相差不大。

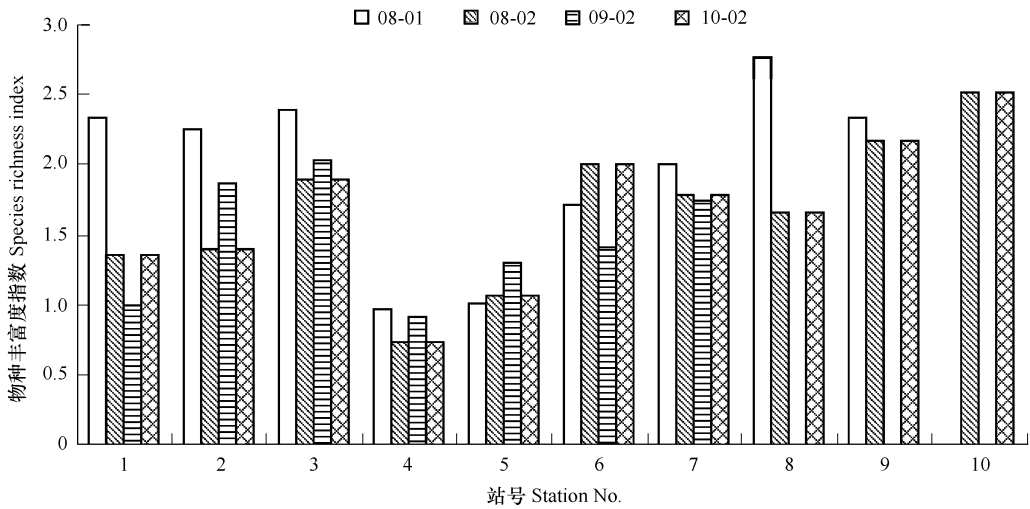


图 3 各航次各站物种丰富度指数

Fig. 3 The species richness index of macrobenthos in each station of the 4 cruises

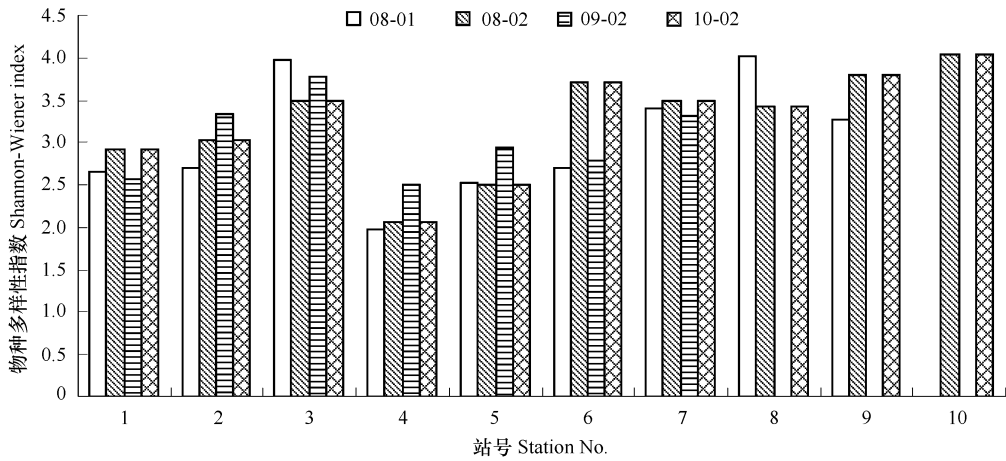


图 4 各航次各站物种多样性指数

Fig. 4 The Shannon-Wiener index of macrobenthos in each station of the 4 cruises

2.4 栖息密度特征

表 3、图 6 示各站底栖动物各类群栖息密度及各航次的密度变化。各主要类群中以甲壳动物栖息密度最高,平均密度为 314 个/m²,其次为多毛类,平均密度为 201 个/m²,棘皮动物最低。各站中以 6 号站栖息密度最高,共 1110 个/m²,4 号和 10 号站较低。各航次中,2001 年航次密度较高,尤其是 1、2 号和 6 号站明显偏高,其它站栖息密度差别不大。

2.5 生物量特征

表 4、图 7 表示各站底栖动物生物量及各航次的生物量变化。各大类群中生物量以棘皮动物最高,平均为 14.15g/m²,甲壳动物次之,软体动物最低,仅 4.92 g/m²。由表 4 可以发现,2001 年 8 月 6、8 号站和 2002

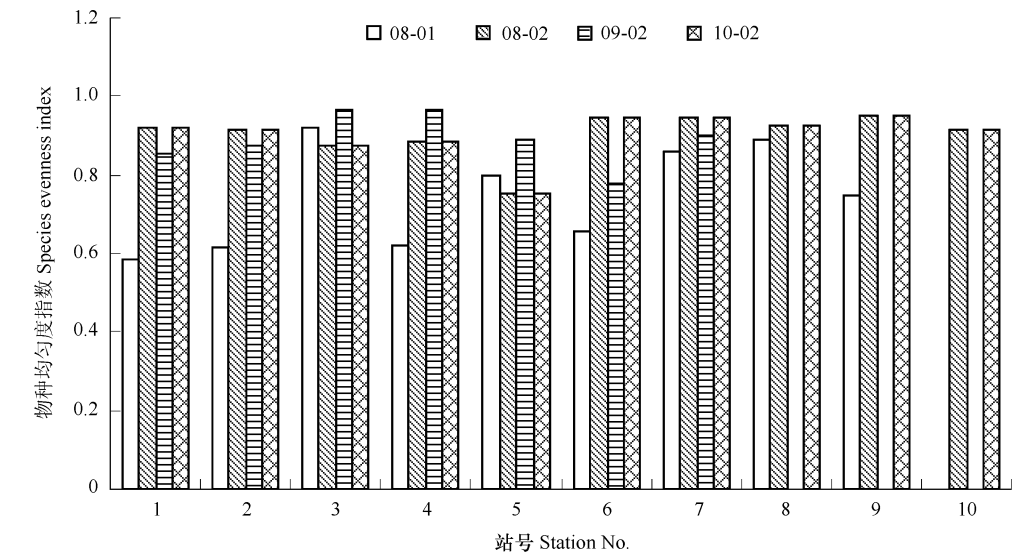


图5 各航次各站物种均匀度指数

Fig. 5 The species evenness index of macrobenthos in each station of the 4 cruises

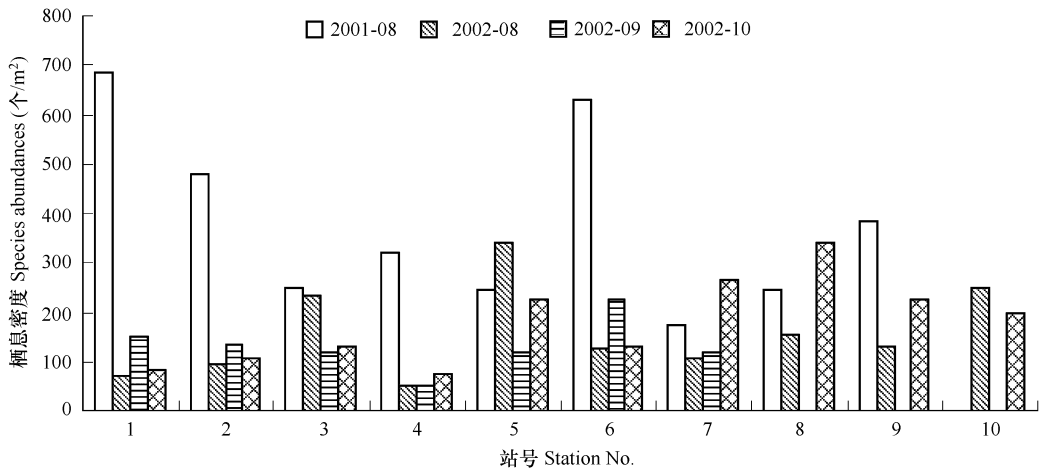


图6 各航次各站大型底栖动物的栖息密度

Fig. 6 The macrobenthic abundance of each station in the 4 cruises

年10月9号站生物量偏高,各站中以10号站生物量最小。

表3 各站大型底栖动物主要类群平均栖息密度 (个/m²)

Table 3 The mean abundance of macrobenthic groups in the 10 stations of the 4 cruises (ind./m²)

站号 Station	多毛类 Polychaeta	软体动物 Mollusca	甲壳动物 Crustacea	棘皮动物 Echinodermata	其它类群 Others	合计 Total
1	195	15	685	55	40	990
2	230	15	535	15	20	815
3	315	165	245	0	10	735
4	50	130	215	45	55	495
5	135	475	155	145	20	930
6	210	315	525	60	0	1110
7	290	210	95	55	15	665
8	240	160	155	140	45	740
9	180	60	405	50	45	740
10	165	135	125	25	0	450

表 4 各站主要类群的平均生物量 (g/m²)
Table 4 The mean biomass of macrobenthic groups in the 10 stations

站号 Station	多毛类 Polychaeta	软体动物 Mollusca	甲壳动物 Crustacea	棘皮动物 Echinodermata	其它类群 Others	合计 Total
1	3.44	0.78	4.74	15.99	17.03	41.96
2	7.00	0.54	7.86	0.31	12.53	28.24
3	2.11	10.25	9.81	0.00	1.16	23.34
4	1.29	3.00	1.16	4.44	9.23	19.11
5	1.21	8.80	0.26	9.54	0.93	20.74
6	2.36	8.78	44.51	9.23	0.00	64.88
7	3.48	5.10	0.11	7.63	4.93	21.24
8	24.18	3.32	0.23	11.98	29.70	69.42
9	6.23	2.68	0.77	81.95	9.10	100.73
10	2.05	6.00	1.08	0.43	0.28	9.83

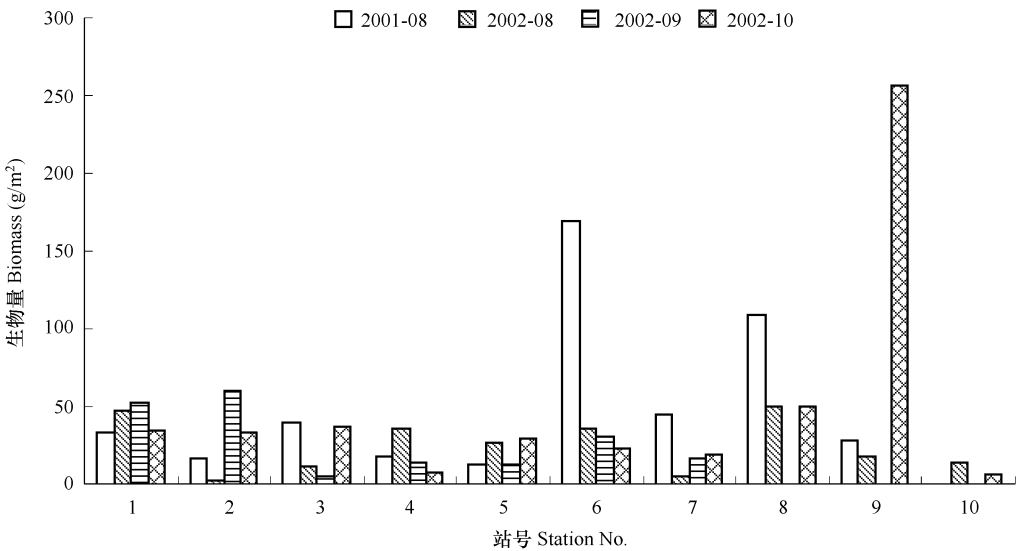


图 7 各航次各站的生物量 (g/m²)

Fig. 7 The biomass of macrobenthos in each station of the 4 cruises

2.6 大型底栖动物群落结构聚类分析和 MDS 排序分析

采用 Bray-Curtis similarity 聚类分析法,分析 4 个航次各站大型底栖动物群落结构相似性 (图 8)。在约 20% 相似性处划线,可将 10 个站分为 2~3 个组。在 2001 年 8 月航次,分为 3 组,组 I 包括 1、2、3 号站,组 II 包括 4、5、6、7、8 号站,组 III 仅 9 号站;2002 年 8 月航次分为 3 组,组 I 包括 1、2、3 号站,组 II 包括 4、5、6、7、8 号站,组 III 包括 9、10 号站;2002 年 9 月航次仅调查 7 个站,分为 2 组,组 I 包括 1、2 站,组 II 包括 3、4、5、6、7 号站;2002 年 10 月航次有 3 个组,组 I 包括 1、2 号站,组 II 包括 3、4、5、6、7、8 号站,组 III 包括 9、10 号站。

MDS 排序分析和 Bray-Curtis similarity 聚类分析相互验证。MDS 序列分析法把样本间复杂的生物相似性关系转变成图上样本点间的距离来表示。如果两样本间生物组成相似,则代表这两样本的点在 MDS 图上的距离就越近,反之,距离就越远。各航次的样品 MDS 排序分析结果见图 9,

3 讨论

3.1 物种组成和多样性

各航次调查共获得 182 种大型底栖动物,与李新正等^[1]调查我国南海渚碧礁群落所获大型底栖动物 314 种,差距明显。黄海大型底栖动物物种丰度指数明显低于渚碧礁,Shannon-Wiener 指数相差不大,但均匀度指

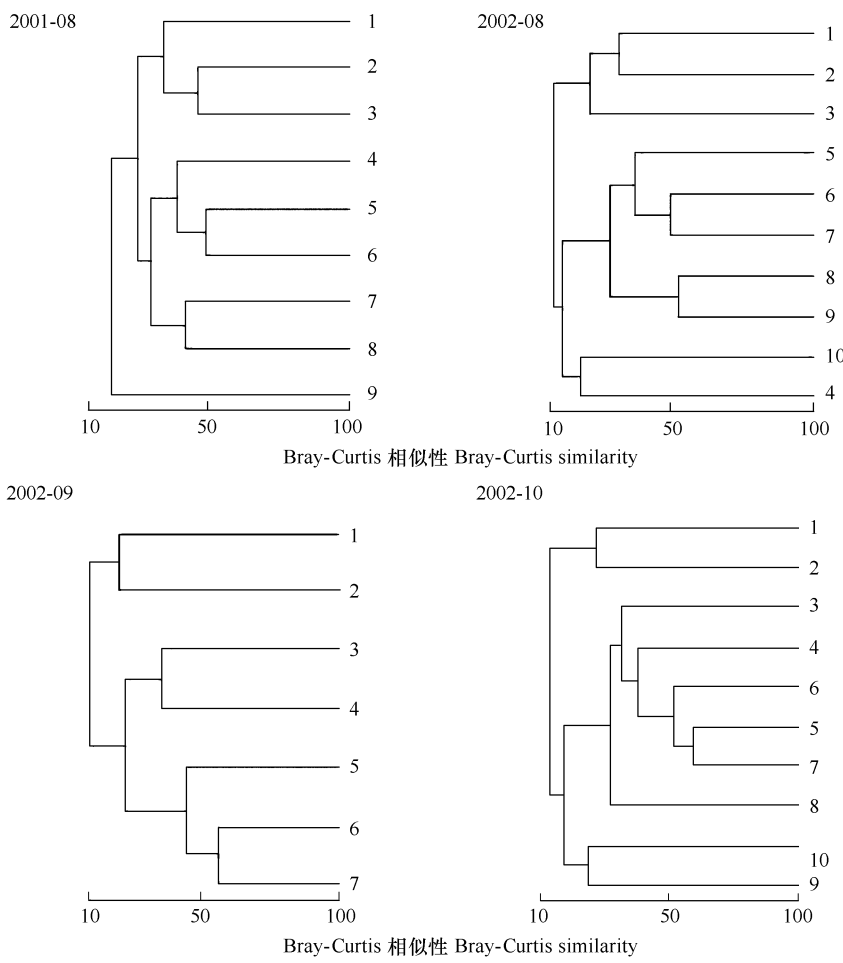


图8 各航次各站位大型底栖动物群落结构相似性

Fig. 8 The cladogram of Bray-Curtis similarity in macrobenthos community among the 10 stations in the 4 cruises in the Yellow Sea

数高于渚碧礁,反映了不同生态类型生物多样性的差异。与韩杰等^[2]1998年9月调查渤海中、南部所获253种大型底栖动物相比也较少,这可能与本次调查的范围较小有关,物种丰度指数偏低;多样性指数没明显差异,但均匀度指数较高,也说明了该海域群落具相对稳定性。

3.2 黄东海大型底栖动物群落结构

调查站位设置从青岛外海到朝鲜半岛西南海域的断面布设,穿过黄海冷水团区域。以往的研究表明,在黄海中央深水区中的底栖动物形成以温带种为优势成分的群落,不同于东海的群落结构,与日本北部及俄国远东海域的温带性种类属于同一生态类型^[1],本次研究也表明了该区域的温带群落特性,如典型的温带种浅水萨氏真蛇尾在4、5、6、7、8号站均出现,且4、5、6号站还是优势种,其它站位均没有采到。在靠近沿岸的区域,海水温差变化较大,夏季海水温度升高,来自南方海域的暖水性种和广温性种类增多,并且占据优势地位;黄海的东南隅受黄海暖流的影响,有部分热带性种类。在各航次中,4、5号站种数明显偏少,呈现中间低两头高的现象,栖息密度和生物量除在个别航次和站位较高外(采集到个体较大的海葵、海胆等),其它站位较为均匀,并没有呈现出某种规律变化,这也反映了群落具稳定性。

3.3 底栖动物的年际变化

从图2各站的种数对比来看,除4、5号站相差不大外,其余各站都是2001年8月的种数明显多于2002年8月,各站的栖息密度2001年8月高于2002年8月,生物量方面,2002年8月在6、7、8号站偏高,其它站相差不大,2001年8月大型底栖生物的种数和栖息密度明显高于次年同期,而生物量却相近,这主要是由

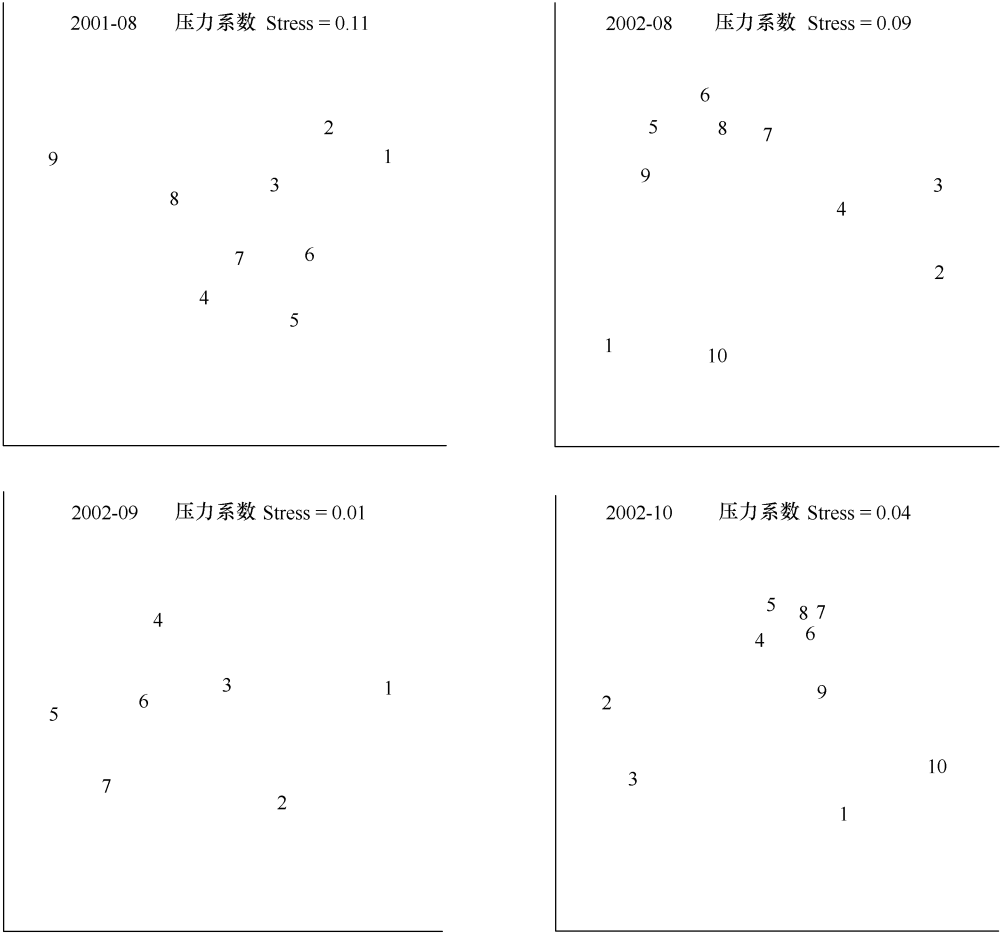


图9 各航次各站的 MDS 排序分析

Fig. 9 The MDS Ordination of macrobenthos in the 4 cruises

2001 年度采集到的个体较小的甲壳类动物种类较多和密度较大引起,如长颈麦杆虫在 2001 年航次是相对重要性指数最高的种,而在 2002 年 8 月航次没有作为主要种类出现。在群落结构方面,2001 年 8 月和 2002 年 8 月的两个航次的各站均可分成 3 组,组 I 包括 1、2、3 站,代表沿岸的广温性群落 组 II 包括 4、5、6、7、8 各站,代表冷水团区域的温带底栖动物群落 组 III 包括 9、10 号站 (2001 年 8 月 10 号站未采集),代表受黄海暖流影响的暖水性群落。两航次的群落结构基本相同,组 II 内不同站位间的相似性不同,反映了群落内种群的年际变化。

3.4 底栖动物的季节变化

8 月至 10 月份是由夏季向秋季过渡时期,种类组成不同反映了群落的结构变化。由图 2 可以发现,2002 年 8、9、10 月份 3 个航次各站的种数相差不大,没有明显的变化 除 2002 年 10 月航次 9 号站的生物量明显偏大外 因为采集到多个生物量较大的凹裂星海胆 *Schizaster lacunosus*),2002 年各航次各站大型底栖动物的栖息密度和生物量也变化不大。3 航次中前 10 位的主要种类有 6 个相同,这说明了该群落保持一定的稳定性。通过 Bray-Curtis similarity 聚类分析更能了解群落结构及其变化。在图 8 中,2001 年和 2002 年 8、10 月航次均可分成三个群落组合 (2002 年 9 月因调查站位较少,可分为 2 个群落组合),组 I 代表了沿岸广温性群落结构,组 II 代表了温带种类形成的底栖动物群落,组 III 代表了受黄海暖流影响的暖水性群落。群落中组 III 包含的站最多,其中 5、6、7 号站间的相似性最大,也最为稳定,其所处的地理位置恰好是黄海冷水团的位置,3、4 和 8 号站反映了冷水团与周边海域过渡区域的生态特性。9、10 号站形成的组合 II 与其它站位间的相似性最

小,说明了暖水性群落与其它群落的结构存在显著差异。

通过该断面大型底栖动物的生态特征分析,可以将研究区域的底栖动物分为沿岸广温性群落、温带性群落和暖水性群落,各群落结构保持相对稳定性,底栖动物年际间的群落组成出现较大变化,而同一年度内邻近月份间的群落结构保持相对稳定。

References :

[1] Liu R Y, Xu F S. Preliminary studies on the benthic fauna of the Yellow Sea and the East China Sea. *Oceanologia et Limnologia*, 1963, 5 (4) : 306 — 621.

[2] Liu R Y, Cui Y H, Xu F S, *et al.* Ecological characterics of macrobenthos of the Yellow Sea and the East China Sea. *Studia Marina Sinica*, 1986, 27 :154 — 173.

[3] Wu B L, Sun D Y. Preliminary ecological studies of polychate annelid northern part of the south Yellow Sea. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 1979, 1 :48 — 50.

[4] Cui Y H, Tang Z C, Xu F S. The benthic fauna in the Yellow Sea. *Transactions of oceanology and limnology*, 1979, 2 :56 — 58.

[5] Liu L S, Li X Z. Distribution of macrobenthos in spring and autumn in the southern Yellow Sea. *Oceanologia et Limnologia*, 2003, 34 (1) 26 — 33.

[6] Wang J B, Li X Z, Liu L S, *et al.* Analysis of community structure of macrobenthos from the Yellow sea and the East China Sea, *Oceanologia et Limnologia*, 2007, (in press)

[7] Li X Z, Yu Z S, Wang J B, *et al.* Study on the Secondary Production of Macrobenthos from Southern Yellow Sea. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*,2005, 11 (6) :702 — 705.

[8] Han J, Zhang Z N, Yu Z S. Macrobethic community structure in the southern and central Bohai Sea,China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004 (6) 531 — 537.

[9] Yu H Y, Li X Z, Li B Q, *et al.* The species diversity of macrobenthic fauna in Jiaozhou Bay. *Acta Ecologica Sinica*, 2006 (1) 416 — 422.

[10] Zhou H, Zhang Z N. Rationale of the Multivariate Statistical Software PRIMER and Its Application in Benthic Community Ecology. *Journal of Ocean University of Qingdao*,2003,33 (1) 58 — 64.

[11] Li X Z, Li B Q, Wang H F, *et al.* Macrobenthic community characters of Zhubi Reef, Nansha Islands, South China Sea. *Acta Zoological Sinia*, 2007,53 (1) 83 — 94.

[12] Han J, Zhang Z N, Yu Z S. Macrobenthic species diversity in southern and central Bohai Sea,China. *Biodiversity Science*, 2003, 11 (1) 20 — 27.

参考文献 :

[1] 刘瑞玉,徐凤山. 黄东海底栖动物区系的特点. *海洋与湖沼*,1963,5 (4) 306 ~ 321.

[2] 刘瑞玉,崔玉珩,徐凤山,等. 黄海、东海底栖生物的生态特点. *海洋科学集刊*,1986,27 154 ~ 173.

[3] 吴宝玲,孙道元. 南黄湖北部海域多毛类环节动物生态学的初步研究. *海洋湖沼通报*,1979,1 48 ~ 50.

[4] 崔玉珩,唐质灿,徐凤山. 黄海的温度状况和底栖动物的某些特点. *海洋湖沼通报*,1979,2 56 ~ 58.

[5] 刘录三,李新正. 南黄海春秋季大型底栖生物分布现状. *海洋与湖沼*,2003,34 (1) 26 ~ 33.

[6] 王金宝,李新正,刘录三,等,黄海、东海大型底栖动物群落结构分析. *海洋与湖沼*,2007. (印刷中)

[8] 韩杰,张志南,于子山. 渤海中、南部大型底栖动物的群落结构. *生态学报*,2004 (6) 531 ~ 537.

[9] 于海燕,李新正,李宝泉,等,胶州湾大型底栖动物生物多样性现状. *生态学报*,2006 (1) 416 ~ 422.

[10] 周红,张志南. 大型多元统计软件 PRIMER 的方法原理及其在底栖群落生态学中的应用. *青岛海洋大学学报*,2003,33 (1) 58 ~ 64.

[11] 李新正,李宝泉,王洪法,等,南沙群岛渚碧礁大型底栖动物群落特征. *动物学报*,2007,53 (1) 83 ~ 94.

[12] 韩杰,张志南,于子山. 渤海中、南部大型底栖动物物种多样性的研究. *生物多样性*,2003,11 (1) 20 ~ 27.