

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.01152

中国北部海域主要无脊椎动物群落结构及多样性

吴强, 王俊, 金显仕, 李忠义, 陈瑞胜

中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室, 山东省渔业资源与生态环境重点实验室, 山东 青岛 266071

摘要: 根据 2010 年 5 月、8 月在渤海及黄海北部进行的底拖网定点调查资料, 分析了中国北部海域无脊椎动物群落结构及其生物多样性。中国北部海域共捕获无脊椎动物 32 种, 其中虾类 15 种, 蟹类 10 种, 头足类 7 种; 在渤海, 虾类占主导地位, 春季其生物量及密度比例分别为 86.57% 和 96.55%, 夏季为 46.16% 和 80.85%; 在黄海北部, 春季蟹类在生物量组成中占绝对优势地位(91.07%), 夏季则为头足类占优势地位(80.41%)。运用相对重要性指数(IRI)研究了渤海及黄海北部的优势种类组成, 优势种类随季节及海区的变化差异较大。使用多样性指数 D 、 H' 、 J' 分析了无脊椎动物群落的多样性, 渤海生物多样性高于黄海北部。分析了渤海及黄海北部群落物种组成相似性, 两个海区物种组成相似性分别为春季 0.315 和夏季 0.297。使用季节更替指数和迁移指数研究了两个海区无脊椎动物群落的稳定性, 表明从春季至夏季, 黄海北部部分种类向渤海迁移。

关键词: 中国北部海域; 无脊椎动物; 群落结构; 多样性

中图分类号: S93

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)05-1152-09

渤海与黄海北部通过渤海海峡相连, 两海区在水文、地理及生物群落等方面既有区别又有联系。关于无脊椎动物群落结构的研究, 邓景耀等^[1]曾对渤海做了报道, 吴耀泉^[2]对渤海莱州湾进行过研究, 程济生^[3]对黄海无脊椎动物资源结构及多样性做了报道, 吴强等^[4]曾对长江口无脊椎动物群落结构及多样性做了报道, 但对中国北部海域无脊椎群落结构, 以及渤海和黄海北部无脊椎群落结构的对比分析, 尚缺少深入研究。本研究根据 2010 年 5 月及 8 月在渤海和黄海北部同期进行的生物资源调查, 对中国北部海域主要无脊椎生物群落结构进行研究, 并对渤海及黄海北部的无脊椎生物群落结构特征做了对比分析, 以期加深对渤海及黄海北部无脊椎动物群落结构的认识, 并为中国北部海域的渔业管理及合理开发提供基

础资料。

1 材料与方法

1.1 材料来源

研究资料来自 2010 年 5 月及 2010 年 8 月同期进行的“黄渤海生物资源调查与养护技术研究”底拖网调查。调查范围分别为渤海(北纬 37°15′–40°30′, 东经 118°00′–122°00′)及黄海北部(北纬 37°00′–39°30′, 东经 121°00′–124°00′)。采样工具为生物资源调查专用底拖网, 网口高度 6 m, 网口宽度 22.6 m, 网口周长 1 740 目, 网目 63 mm, 囊网网目 20 mm; 渔获率统一按每小时捕获量计, 航速为 3.0 节左右。

1.2 生态优势度

评价无脊椎动物群落物种生态优势度, 采用

收稿日期: 2010-12-10; 修订日期: 2011-03-18.

基金项目: 国家 973 项目(2011CB409805); 农业部公益性行业科研专项(200903005); 全球变化研究重大科学研究计划项目(2010CB951204); 山东省泰山学者工程专项.

作者简介: 吴强(1980–), 男, 助理研究员, 从事渔业资源及生态研究. E-mail: wuqiang@ysfri.ac.cn

通信作者: 金显仕, 研究员. E-mail: jin@ysfri.ac.cn

Pinkas 等^[5]的相对重要性指数(IRI):

$$IRI=(N+W)F$$

式中, N 为某一种类的密度占总密度的百分率; W 为某一种类的生物量占总生物量的百分率; F 为某一种类出现的站数占调查总站数的百分率。

1.3 多样性指数

研究无脊椎动物群落多样性, 运用以下公式^[6-7]:

Margalef 丰富度指数 $D=(S-1)\ln N$

Shannon-Wiener 多样性指数 $H'=-\sum P_i \ln P_i$

Pielou 均匀性指数 $J'=H'/\ln S$

式中, S 为种类数; N 为总密度, $P_i=n_i/N$ 为第 i 种无脊椎动物占总个体数的比例。物种多样性指数 H' 的计算为使用生物量比例。

1.4 群落结构相似性

研究区域之间群落物种组成相似性使用 Bray-Curtis 指数 C_N ^[8]

$$C_N=2N_j/(N_a+N_b)$$

式中, N_a 为样地 a 的个体数之和; N_b 为样地 b 的个体数之和; N_j 为样地 a 和样地 b 共有种个体数较小值之和。

1.5 群落的季节更替指数(AI)和迁移指数(MI)^[9]

$$AI=\frac{(C+B)}{(A-R)}\times 100 \quad MI=\frac{(C-B)}{(A-R)}\times 100$$

式中, A 为各次调查实际物种数; C 为本次调查新迁入物种数; B 为本次调查迁出物种数; R 为 2 次调查中均出现的物种数。AI 反映物种更替导致群落稳定性降低的节律, 其值越大则表示群落稳定性越小。MI 定义为研究系统外迁入与迁出种的两种成分在群落中的相对比例, 当 $C>B$ 时, MI 为正, 表示迁入种多于迁出种; 当 $C=B$ 时, MI 为 0, 即表示群落动态平衡。

1.6 数据处理

数据统计分析和做图采用软件为 Microsoft Excel, Surfer 8.0 和 Primer 5。

2 结果与分析

2.1 种类组成

春、夏 2 季中国北部海域共捕获无脊椎动物 32 种, 分属 5 目 12 科, 少数种类未鉴定到种(表

1)。其中虾类 15 种(口虾蛄计入虾类), 占总种类数的 46.88%; 蟹类 10 种, 占 31.25%; 头足类 7 种, 占 21.88%。从区域上看, 渤海春、夏 2 季共捕获 28 种, 占总种类数的 87.50%; 黄海北部共捕获 23 种, 占总种类数的 71.88%; 两海区共有种为 19 种, 占总种类数的 59.38%。从季节上看, 春季渤海及黄海北部共捕获 25 种, 占总种类数的 78.12%; 夏季共捕获 29 种, 占总种类数的 90.63%; 春、夏 2 季共有种为 22 种, 占总种类数的 68.75%。

2.2 生物量及密度组成

在渤海, 春、夏 2 季群落结构组成变化不大(图 1)。虾类在无脊椎动物群落中占主导地位, 春季分别占无脊椎动物总生物量及总密度的 86.57%和 96.55%, 夏季分别占 46.16%和 80.85%; 其次是头足类, 春季分别占无脊椎动物总生物量及总密度的 8.25%和 3.11%, 夏季分别占 28.05%和 18.44%; 蟹类资源最少, 春季分别占无脊椎动物总生物量及总密度的 5.18%和 0.34%, 夏季分别占 25.75%和 3.71%。

在黄海北部, 春、夏 2 季群落结构组成变化较大(图 2)。春季, 蟹类在无脊椎动物生物量组成中居绝对优势地位, 占 91.07%; 其次是虾类, 占 6.09%; 头足类最少, 占 2.84%。虾类在密度组成中比例最高, 为 49.43%; 其次是蟹类, 占 46.39%; 头足类比例最低, 为 4.18%。夏季, 头足类在生物量组成中占绝对优势地位, 其比例为 80.41%; 其次是蟹类, 占 10.43%; 虾类最少, 占 9.17%。密度组成中, 虾类比例最高, 占 53.40%; 其次是头足类, 占 42.54%; 蟹类最少, 占 40.65%。

2.3 优势种类组成

相对重要性指数(IRI)包含生物个体数、生物量及出现频率 3 个重要信息, 常被用来研究群落中各种类的生态优势度^[10-11]。一般来说, IRI 值>1000 定为优势种, IRI 值在 100~1000 之间的为重要种, IRI 值在 10~100 之间的为常见种, IRI 值<10 为少见种。表 2 和表 3 列出了渤海及黄海北部春、夏 2 季相对重要性指数前 10 位种类的特征值。

由表 2 和表 3 可知, 相同季节不同海域优势

表 1 中国北部海域主要无脊椎动物种类组成
Tab.1 Species composition of invertebrate in northern region of China Sea

种类 species	渤海 Bohai Sea		黄海北部 NorthernYellow Sea	
	2010 年 5 月 May in 2010	2010 年 8 月 August in 2010	2010 年 5 月 May in 2010	2010 年 8 月 August in 2010
中国明对虾 <i>Fenneropenaeus chinensis</i>		+		
日本对虾 <i>Penaeus aponicusbata</i>		+		
鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>			+	+
戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dalei</i>	+		+	+
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	+	+		+
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	+	+	+	
脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>		+		
脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	+	+	+	+
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	+	+	+	
鲜明鼓虾 <i>Jlpheus distinguendus</i>	+	+	+	
中华安乐虾 <i>Eualus sinensis</i>	+			
海蜃虾 <i>Latreutes anoplonyx</i>	+	+	+	
细螯虾 <i>Leptoehela graeilis</i>	+	+		
大螯蛄虾 <i>Upogebia major</i>	+	+	+	
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	+	+	+	+
双斑蟳 <i>Charybdis bimaculata</i>		+		
日本蟳 <i>Charybdis japonica</i>	+	+	+	
三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	+	+	+	+
细点圆趾蟹 <i>Ovalipes punctus</i>			+	
泥脚隆背蟹 <i>Cardisoma carnigex</i>	+	+	+	
隆背黄道蟹 <i>Cancer gibbosulus</i>		+	+	+
日本关公蟹 <i>Dorippe japonica</i>		+		
枯瘦突眼蟹 <i>Oregonia gracilis</i>		+	+	+
红线黎明蟹 <i>Matuta planipes</i>		+		
寄居蟹 <i>Diogenes</i>	+	+	+	+
太平洋褶柔鱼 <i>Todarodes pacificus</i>				+
枪乌贼 <i>Loligo</i>	+	+	+	+
长蛸 <i>Octopus variabilis</i>	+	+	+	
短蛸 <i>Octopus variabilis</i>	+	+	+	
真蛸 <i>Ooctopus ocellatus</i>	+			
双喙耳乌贼 <i>Sepiola birostrata</i>	+	+	+	+
四盘耳乌贼 <i>Euprymna</i>			+	+

注：“+”为捕获种类。
Note: “+” donates species caught.

种类差异较大。春季, 渤海 4 种优势种全部为虾类, 而黄海北部 3 种优势种中蟹类占 2 种, 虾类仅脊腹褐虾 1 种; 夏季, 渤海优势种为枪乌贼及口虾蛄 2 种, 黄海北部优势种类虽然也包括枪乌贼, 但太平洋褶柔鱼及脊腹褐虾的优势地位更加明显。相同海域不同季节优势种类差异也较大。在渤海, 春季 4 种优势种类全部为虾类, 夏季则为枪乌贼和口虾蛄 2 种; 在黄海北部, 春季优势种

类以蟹类为主, 夏季则以头足类占优势。

2.4 数量及分布

根据 2 次调查获得的生物量及密度资料对其空间分布进行分析(图 3)。结果表明, 春、夏 2 季相比较, 无论是渤海还是黄海北部, 夏季无脊椎动物生物量及密度都高于春季; 不同海域相对比, 无论春季还是夏季, 黄海北部无脊椎动物生物量及密度都高于渤海。从中国北部海域整体来看,

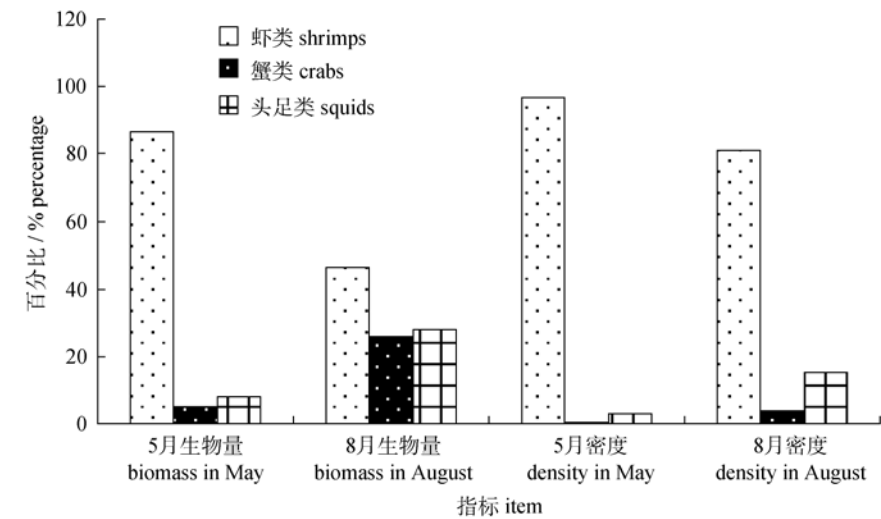


图 1 渤海无脊椎动物群落结构
Fig.1 Community structure of invertebrate in Bohai Sea

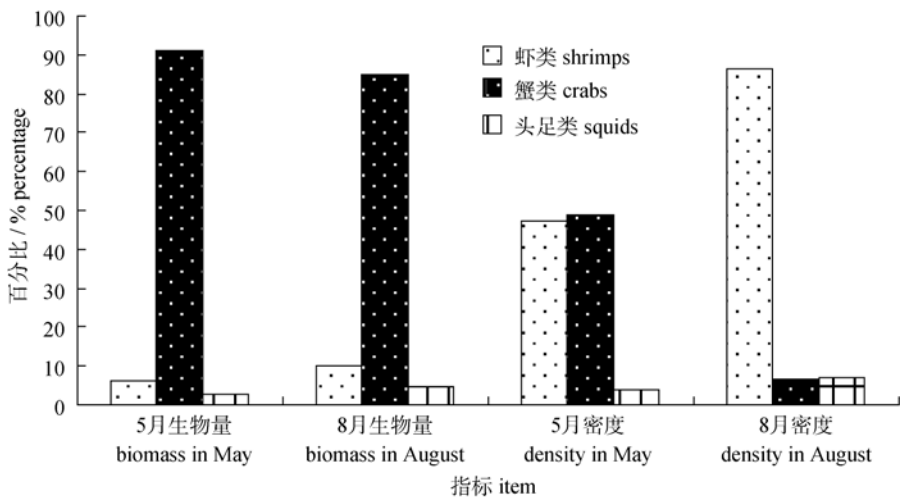


图 2 黄海北部无脊椎动物群落结构
Fig.2 Community structure of invertebrate in northern Yellow Sea

春季无脊椎动物主要分布于渤海西部以及北黄海西南部; 夏季主要分布于渤海湾、莱州湾等区域以及北黄海东北区域。

2.5 多样性指数

采用单位时间渔获生物量计算群落的多样性指数, 对整个中国北部海域, 以及渤海和黄海北部无脊椎群落的多样性指数作了分析。从表 4 可以看出: 从整个中国北部海域看, 春季的各项指数(D , 0.641; H' , 0.856; J' , 0.536)都高于夏季(D , 0.484; H' , 0.788; J' , 0.529); 从不同海域来看, 渤海春季的种类丰富度指数(D , 0.739)高于夏季(D , 0.606), 但多样性指数(H' , 0.873)和种类均匀度指

数(J' , 0.527)均低于夏季(H' , 0.902; J' , 0.575), 黄海北部春季的各项指数(D , 0.518; H' , 0.836; J' , 0.549)都高于夏季(D , 0.321; H' , 0.634; J' , 0.468)。

多样性指数 H' 是丰富度与均匀度的综合指标。图 4 显示了春、夏 2 季中国北部海域 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 的分布, 由图可知, H' 指数春季在渤海中西部、渤海南部、北黄海西南部及中部区域数值较高; 夏季在渤海中西部、渤海北部及北黄海中西部数值较高。

2.6 物种组成相似性

Bray-Curtis 指数 C_N 是衡量不同生物群落之间物种组成相似性的指数, 指数越大相似性越高。

表 2 2010 年 5 月中国北部海域无脊椎优势种类特征值
Tab.2 Characteristic index value of dominant invertebrates in northern region of China Sea in May 2010

渤海 Bohai Sea					黄海北部 northern Yellow Sea				
种类 species	W/%	N/%	F/%	IRI	种类 species	W/%	N/%	F/%	IRI
鲜明鼓虾	34.19	15.41	70.00	3472.01	枯瘦突眼蟹	70.14	28.27	59.38	5843.35
<i>Jilpheus distinguendus</i>					<i>Oregonia gracilis</i>				
脊腹褐虾	8.75	23.49	67.50	2175.95	脊腹褐虾	3.37	36.34	71.88	2854.10
<i>Crangon affinis</i>					<i>Crangon affinis</i>				
日本鼓虾	14.15	12.71	62.50	1679.01	寄居蟹	16.00	11.50	62.50	1719.11
<i>Alpheus japonicus</i>					<i>Diogenes</i>				
口虾蛄	24.01	1.96	62.50	1623.14	隆背黄道蟹	3.66	3.70	46.88	345.23
<i>Oratosquilla oratoria</i>					<i>Cancer gibbosulus</i>				
中国毛虾	2.02	33.38	22.50	796.52	短蛸	2.08	0.92	53.13	159.19
<i>Acetes chinensis</i>					<i>Octopus variabilis</i>				
枪乌贼	3.96	1.85	47.50	276.08	口虾蛄	1.94	2.68	31.25	144.28
<i>Loligo</i>					<i>Oratosquilla oratoria</i>				
葛氏长臂虾	2.79	2.88	27.50	156.10	枪乌贼	0.38	1.29	46.88	78.23
<i>Palaemon gravieri</i>					<i>Loligo</i>				
海蛰虾	0.54	5.56	17.50	106.62	鹰爪虾	0.39	1.17	37.50	58.55
<i>Latreutes anoplonyx</i>					<i>Trachypenaeus curvirostris</i>				
三疣梭子蟹	4.69	0.12	17.50	84.10	鲜明鼓虾	0.23	4.36	9.38	43.06
<i>Portunus trituberculatus</i>					<i>Jilpheus distinguendus</i>				
双喙耳乌贼	0.52	1.17	45.00	75.72	日本蟳	0.09	5.18	6.25	32.96
<i>Sepiola birostrata</i>					<i>Charybdis japonica</i>				

注: *W* 表示占总生物量的百分比; *N* 表示占总密度的百分比; *F* 表示出现频率; IRI 表示相对重要性指数.
Note: *W* means percentage in total weight; *N* means percentage in total individuals; *F* means occurrence frequency; IRI means the index of relative importance.

表 3 2010 年 8 月中国北部海域无脊椎优势种类特征值
Tab.3 Characteristic index value of dominant invertebrates in northern region of China sea in August 2010

渤海 Bohai Sea					黄海北部 northern of Yellow Sea				
种类 species	W/%	N/%	F/%	IRI	种类 species	W/%	N/%	F/%	IRI
枪乌贼	27.25	15.03	85.42	3611.87	太平洋褶柔鱼	76.2	11.03	46.15	4025.90
<i>Loligo</i>					<i>Todarodes pacificus</i>				
口虾蛄	19.91	11.77	75.00	2376.55	脊腹褐虾	8.21	50.32	66.67	3901.45
<i>Oratosquilla oratoria</i>					<i>Crangon affinis</i>				
葛氏长臂虾	6.44	23.07	29.17	860.88	枪乌贼	4.20	31.21	33.33	1180.43
<i>Palaemon gravieri</i>					<i>Loligo</i>				
三疣梭子蟹	10.54	1.63	50.00	608.36	寄居蟹	4.03	1.71	61.54	353.42
<i>Portunus trituberculatus</i>					<i>Diogenes</i>				
脊腹褐虾	3.83	13.27	35.42	605.34	枯瘦突眼蟹	4.67	1.41	33.33	202.66
<i>Crangon affinis</i>					<i>Oregonia gracilis</i>				
日本蟳	13.23	1.13	37.50	538.32	隆背黄道蟹	1.59	0.94	53.85	136.40
<i>Charybdis japonica</i>					<i>Cancer gibbosulus</i>				
海蛰虾	1.96	26.01	16.67	466.27	口虾蛄	0.59	0.58	7.69	8.97
<i>Latreutes anoplonyx</i>					<i>Oratosquilla oratoria</i>				
中国明对虾	10.87	0.95	35.42	418.66	中国毛虾	0.32	2.42	2.56	7.03
<i>Fenneropenaeus chinensis</i>					<i>Acetes chinensis</i>				
日本鼓虾	1.77	2.01	27.08	102.54	双喙耳乌贼	0.06	0.29	10.26	3.58
<i>Alpheus japonicus</i>					<i>Sepiola birostrata</i>				
枯瘦突眼蟹	1.01	0.50	12.50	18.87	鹰爪虾	0.02	0.08	17.95	1.78
<i>Oregonia gracilis</i>					<i>Trachypenaeus curvirostris</i>				

注: *W* 表示占总生物量的百分比; *N* 表示占总密度的百分比; *F* 表示出现频率; IRI 表示相对重要性指数.
Note: *W* means percentage in total weight; *N* means percentage in total individuals; *F* means occurrence frequency; IRI means the index of relative importance.

表 5 列出了春、夏 2 季渤海及黄海北部无脊椎动物群落物种组成性似性指数,可以看出,两海区春季相似性指数(0.315)略高于夏季(0.297),但总体看两海区物种相似性不高。

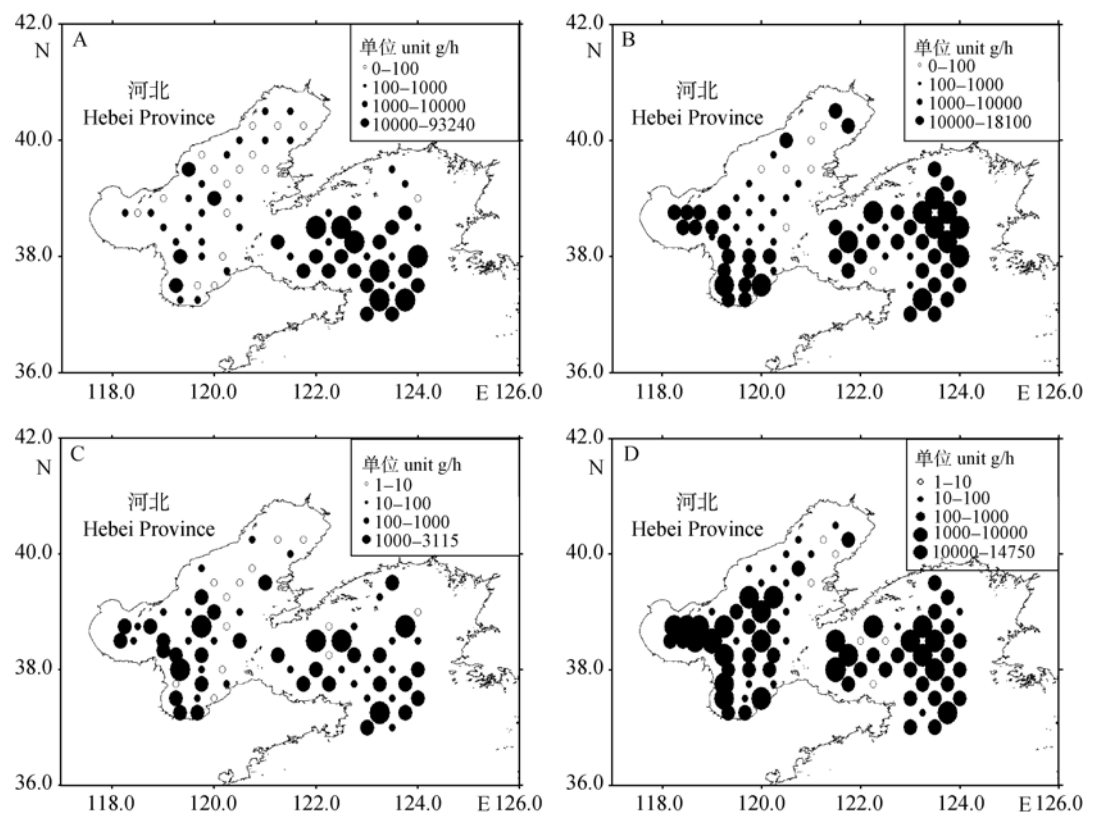


图 3 2010 年中国北部海域无脊椎动物生物量及密度分布图
A. 5 月生物量; B. 8 月生物量; C. 5 月密度; D. 8 月密度.

Fig.3 Distribution of biomass and density of invertebrates in northern region of China Sea in 2010
A. biomass in May; B. biomass in August ; C. density in May; D. density in August.

表 4 中国北部海域无脊椎动物多样性指数
Tab.4 Diversity indices of invertebrates in northern region of China Sea

时间 time	渤海 Bohai Sea			黄海北部 northern Yellow Sea			中国北部海域 northern waters of China Sea		
	D	H'	J'	D	H'	J'	D	H'	J'
2010 年 5 月 May in 2010	0.739	0.873	0.527	0.518	0.836	0.549	0.641	0.856	0.536
2010 年 8 月 August in 2010	0.606	0.902	0.575	0.321	0.634	0.468	0.484	0.788	0.529

注: D 表示丰富度指数, H' 表示多样性指数, J' 表示均匀性指数.
Note: D means species abundance index; H' means Shannon-Wiener diversity index; J' means species evenness index.

2.7 群落的季节更替和迁移

根据 2 次调查中渤海及黄海北部无脊椎生物种类数(A)、移入(C)和移出种数(B)和各航次均出现的种类数(R), 计算出两海域春、夏 2 季的群落更替指数(AI)和迁移指数(MI)。渤海更替指数(100)略高于黄海北部(91.67), 说明渤海无脊椎群落的稳定性略低于黄海北部。渤海迁移指数为 45.45, 说明春夏两季之间迁入种类数高于迁出种类数, 黄海北部夏季迁移指数为-58.3, 说明春夏两季之

间迁入种类数低于迁出种类数。综合两海区分析, 从春季过渡到夏季过程中, 黄海北部部分种类向渤海迁移。

3 讨论

3.1 渤海主要经济种类数量的年代变化

中国明对虾曾是渤海最重要的无脊椎动物, 在 1959 年的调查中, 其 2 个季节平均生物量为 25.2 kg/(网·h), 占渔业生物总生物量的 14.4%;

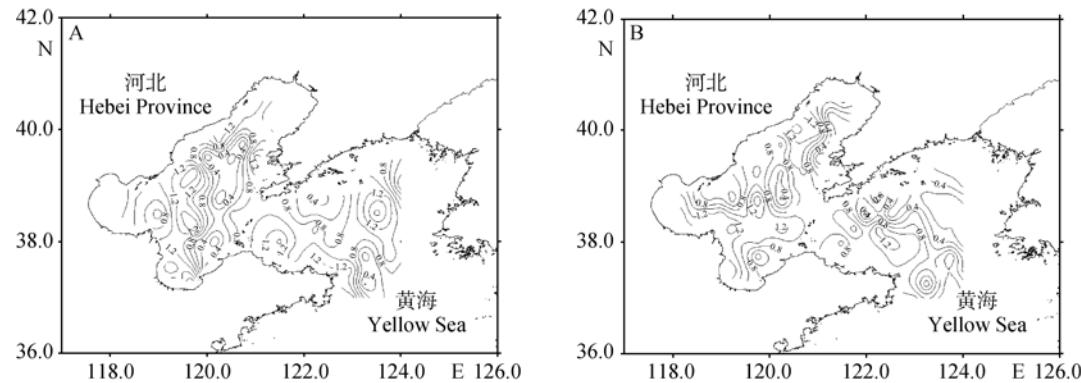


图 4 中国北部海域无脊椎动物多样性指数 H' 的分布
A. 2010 年 5 月; B. 2010 年 8 月.
Fig.4 Distribution of Shannon-Wiener indices of invertebrates in northern region of China Sea
A. May in 2010; B. August in 2010.

表 5 渤海及黄海北部无脊椎动物群落物种组成相似性指数(C_N)

Tab. 5 Similarity index(C_N)of invertebrate species composition between Bohai Sea and northern Yellow Sea

	2010 年 5 月 May in 2010	2010 年 8 月 August in 2010
	渤海 Bohai Sea	渤海 Bohai Sea
黄海北部 northern Yellow Sea	0.315	0.297

1982 年降为 0.9 kg/(网·h); 1992–1993 年进一步下降为 0.4 kg/(网·h); 1998 年则未捕到^[12]; 2010 年 8 月中国明对虾网获量上升为 0.33 kg/(网·h), 其生物量占无脊椎动物总生物量的 10.87%, 占无脊椎动物总密度的 0.95%, 根据其相对重要性指数 IRI 为 418.66, 中国明对虾已成为渤海重要种。与 20 世纪 50 年代末相比, 虽然中国明对虾资源量下降严重, 但其 2010 年资源量已接近 1992–1993 年水平, 较 1998 年有了较大幅度提高。中国明对虾资源的恢复与近些年来的对虾增殖放流可能有很大关系。

三疣梭子蟹的生物量从 1959 年的 3.7 kg/(网·h) 上升到 1982 年的 9.2 kg/(网·h); 从 1992–1993 年的 2.9 kg/(网·h) 下降到 1998 年 0.4 kg/(网·h)^[12]; 2010 年春、夏季 2 次调查中, 三疣梭子蟹的平均生物量为 0.18 kg/(网·h), 表明其资源量进一步下降。三疣梭子蟹资源量的下降与过度捕捞有直接关系。从渔获率来看, 三疣梭子蟹的增殖放流仍未使其资源量提高。

枪乌贼的生物量在 1982 年为 9.5 kg/(网·h), 到 1992–1993 年下降至 4.7 kg/(网·h), 1998 年为 0.2 kg/(网·h)^[12]。在 2010 年春、夏 2 季调查中, 枪乌贼的生物量为 0.43 kg/(网·h), 表明其资源量有所恢复。

3.2 优势种类的时空变化

中国北部海域无脊椎动物优势种类随时空变化较大。在渤海, 春季优势种类为鲜明鼓虾、脊腹褐虾、日本鼓虾和口虾蛄; 夏季优势种类则转变为枪乌贼和口虾蛄。其原因是作为渤海主要虾类的鼓虾从 5 月份开始到近岸陆续产卵后死亡^[1], 亲体数量减少而幼体难以捕获, 故夏季鼓虾优势度下降, 而枪乌贼和口虾蛄上升成为优势种。在黄海北部, 春季优势种类为枯瘦突眼蟹、脊腹褐虾及寄居蟹, 其中枯瘦突眼蟹占主导地位, 占总生物量的 70.14%; 夏季优势种类则转变为太平洋褶柔鱼、脊腹褐虾及枪乌贼, 其中太平洋褶柔鱼占主导地位, 其生物量占总生物量的 76.2%。原因是在东海产卵场发生的太平洋褶柔鱼分支群体 8 月份洄游至黄海北部^[13], 导致该区域其资源量猛增, 从而在黄海北部无脊椎动物群落中占据主导地位。

脊腹褐虾为中国北部海域无脊椎动物群落中最稳定的优势种, 在渤海其相对重要性指数在春季和夏季分别为 2 175.95 和 605.34, 在黄海北部其相对重要性指数分别为春季 2 854.10 和夏季 3

901.45。作为黄海底层鱼类最重要的饵料生物种类之一^[14], 脊腹褐虾同样是渤海渔业生态系统底层生物食物网中的一个关键种, 其资源量的稳定对整个中国北部海域底层生物群落结构及多样性的稳定起着重要作用。

3.3 多样性指数与生物量的关系

多样性指数 D 、 H' 、 J' 值的大小与种类数、总生物量及种类间个体数目的分配状况密切相关。平均生物量较高, 多样性指数却可能较低, 此现象在黄海北部尤为突出。虽然黄海北部夏季的平均生物量为 $18.95 \text{ kg}/(\text{网} \cdot \text{h})$, 明显高于春季的 $8.91 \text{ kg}/(\text{网} \cdot \text{h})$, 但由于夏季种类数(13 种)明显少于春季(21 种), 并且夏季生物量的升高与太平洋褶柔鱼单种生物量的猛增有很大关系, 故夏季种类间个体数目的分配均匀度也较低。综合两方面因素, 黄海北部夏季各项多样性指数(D , 0.321; H' , 0.634; J' , 0.468)都低于春季(D , 0.518; H' , 0.836; J' , 0.549)。从整个中国北部海域看, 虽然夏季平均生物量明显高于春季(图 3), 但由于夏季种类数及均匀度不如春季, 故夏季各项多样性指数(D , 0.484; H' , 0.788; J' , 0.529)也都低于春季(D , 0.641; H' , 0.856; J' , 0.536)。

参考文献:

- [1] 邓景耀, 朱金生, 程济生, 等. 渤海主要无脊椎动物及其渔业生物学[J]. 海洋水产研究, 1988, 9: 91–120.
- [2] 吴耀泉. 莱州湾主要无脊椎动物资源及其群聚多样性特征[J]. 海洋与湖沼, 1995, 26(6): 606–609.
- [3] 程济生. 黄海无脊椎动物资源结构及多样性[J]. 中国水产科学, 2005, 12(1): 68–75.
- [4] 吴强, 李显森, 王俊, 等. 长江口及邻近海域无脊椎动物群落结构及其生物多样性研究 [J]. 水生态学杂志, 2009, 2(2): 73–79.
- [5] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters [J]. Calif Dep Fish Game Fish Bull, 1971, 152:1–105.
- [6] Ludwig J A, Reynolds J F. Statictical ecology[M]. New York: John Wiley & Sona, 1988.
- [7] 马克平. 生物群落多样性的测定方法生物[M]//马克平. 多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 141–165.
- [8] 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 1994: 141–157.
- [9] 朱鑫华, 吴鹤洲, 徐凤山, 等. 黄渤海沿岸水域游泳动物群落多样性及其相关因素的研究[J]. 海洋学报, 1994, 16(3): 102–112.
- [10] 朱鑫华, 杨纪明, 唐启升. 渤海鱼类群落结构特征的研究 [J]. 海洋与湖沼, 1996, 27(1): 6–13.
- [11] 程济生. 东、黄海冬季底层鱼类群落结构及其多样性[J]. 海洋水产研究, 2000, 21(3): 1–8.
- [12] 金显仕. 渤海主要渔业生物资源变动的研究[J]. 中国水产科学, 2001, 7(4): 22–26.
- [13] 金显仕, 赵宪勇, 孟田湘, 等. 黄、渤海生物资源与栖息环境[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 374–379.
- [14] 韦晟, 姜卫民. 黄海鱼类食物网的研究[J]. 海洋与湖沼, 1992, 23(2): 182–192.

Community structure and diversity of invertebrates in northern region of China Sea

WU Qiang, WANG Jun, JIN Xianshi, LI Zhongyi, CHEN Ruisheng

Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fishery Resources, Ministry of Agriculture; Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Ecological Environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071 Shandong, China

Abstract: We evaluated the community structure and diversity of invertebrates in the northern region of China Sea using data collected from bottom trawl surveys in May and August 2010. We collected a total of 32 invertebrate species, including 15 species of shrimp, 10 species of crab, and 7 species of squid. Shrimps were dominant in Bohai Sea, accounting for 86.57% of the biomass and 96.55% of individuals in May and 46.16% of the biomass and 80.85% of individuals in August. In contrast, the north region of the Yellow Sea was dominated by crabs in May (91.07% of the biomass) and squid in August (80.41% of the biomass). We quantified the ecological dominance of a species using an index of relative importance (IRI). The dominant species changed between seasons and regions. We calculated three diversity indexes to analyze the diversity of invertebrates: the species abundance index (D), the Shannon-Wiener diversity index (H'), and the species evenness index (J'). The diversity indexes were higher in the Bohai Sea than in the northern region of the Yellow sea. The Bray-Curtis index C_N , a measure of the similarity of the invertebrate community in the two regions, was 0.315 in May and 0.297 in August. The season transformation index (AI) and the transfer index (MI) suggested that some species migrated from the northern region of the Yellow Sea to the Bohai Sea.

Key words: northern region of China Sea; invertebrate; community structure; diversity

Corresponding author: JIN Xianshi. E-mail: jin@ysfri.ac.cn