

黄海无脊椎动物资源结构及多样性

程济生

(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 青岛 266071)

摘要:根据1998~2000年在黄海进行的生物资源底拖网定点试捕调查,所取得的春、夏、秋、冬4季347个样方的无脊椎动物资料,分析了黄海无脊椎动物的资源结构及多样性。调查捕获无脊椎动物53种,2336.896 kg,1385397尾。运用相对重要性指数(IRI)作为生态优势度的度量指标,依此来划定每个种在群落中的作用。IRI大于1000的种类定为优势种,全年只有1种,即冷温性的脊腹褐虾(*Crangon affinis*),该种的渔获量占总渔获量的61.4%;IRI值在1000~100的种类定为重要种,有3种(类),即枪乌贼(*Loligo* sp.),太平洋褶柔鱼(*Todarodes pacificus*)和鹰爪虾(*Trachypenaeus curvirostris*),它们的渔获量占总渔获量的25.8%。使用物种丰富度指数(D)、Shannon-Wiener多样性指数(H')和种类均匀性指数(J')剖析了该水域无脊椎动物群落的多样性特征。群落各样方指数 $D=0.000\sim 2.347$, $H'=0.000\sim 2.140$, $J'=0.006\sim 1.000$ 。此外还采用Bray-Curtis指数 C_N 来比较黄海不同区域无脊椎动物群落之间物种组成的相似性。研究结果表明,黄海北部无脊椎动物群落与黄海南部无脊椎动物群落之间的种类组成相似性最高, $C_N=0.846$ 。黄海中部无脊椎动物群落与黄海南部无脊椎动物群落之间的种类组成相似性最低, $C_N=0.478$ 。经分析,黄海现有无脊椎动物群落的优势种及多样性具有比较好的稳定性。

关键词:黄海;无脊椎动物;资源结构;多样性

中图分类号:S931.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2005)01-0068-08

关于无脊椎动物资源结构的研究,邓景耀等^[1]对渤海有过报道;有关无脊椎动物群聚多样性的研究,吴耀泉^[2]仅对渤海莱州湾进行过报道。对于黄海无脊椎动物资源结构及多样性的研究,至今尚未见相关报道。黄海机轮拖网禁渔区线以外的海域,底拖网所渔获的无脊椎动物种类繁多,有隶属节肢动物门(Arthropoda)甲壳纲(Crustacea)的对虾类(Pennaeoidea)、樱虾类(Sergestioidea)、真虾类(Caridea)、螯虾类(Astacidea)、龙虾类(Palinoidea)、歪尾类(Anomura)、短尾类(Brachyura)和口足类(Stomatopoda),还有隶属软体动物门(Mollusca)头足纲(Cephalopoda)的柔鱼类(Ommastrephidae)、枪乌贼类(Loliginidae)、乌贼类(Sepiidae)、耳乌贼类(Sepiolidae)和蛸类(Octopodidae)。由于无脊椎动物在黄海拖网渔业中和黄海生态系的食物网中占有比较重要的位置,因此,开展对其资源结构与多样性特征的研究,对于认识该水域的渔业资源和生态系统的结构与功能,加深海洋生态系统动力学的研究,实现生物资源的可持续利用都具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 材料

资料来自1998~2000年在黄海进行的生物资源调查。调查由“北斗”号生物资源专业调查船承担,调查范围是在黄海机轮拖网禁渔区线以外的海域。调查站位的设定,原则上是每30'经度、30'纬度均匀设4~5个站(图1)。调查网具为836目×120mm底拖网,囊网网目24mm,网口高度一般变动在6.1~8.3m,网口宽度一般变动在24.5~25.9m。调查方法是每站拖网1h,拖速一般在3.0~3.5kn。

1.2 方法

无脊椎动物群落多样性的研究运用下面公式^[3]:

$$\text{物种丰富度指数} \\ D = (S - 1) \ln N,$$

$$\text{物种多样性指数} \\ H' = - \sum P_i \ln P_i,$$

物种均匀性指数

收稿日期:2004-03-25;修订日期:2004-06-25。

基金项目:国家重点基础研究项目(G1999043712)。

作者简介:程济生(1943-),男,研究员,从事海洋渔业资源与生态研究。E-mail:chengjs@ysfri.ac.cn

$$J' = H' \ln S,$$

式中, S 为种类数; N 为总尾数; P_i 为 i 种无脊椎动物所占的比例。物种多样性指数 H' 的计算为使用重量比例。

无脊椎动物群落物种生态优势度的研究采用相对重要性指数(IRI)^[4]:

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

式中, N 为某一种类的尾数占总尾数的百分率; W 为某一种类的重量占总重量的百分率; F 为某一种类出现的站数占调查总站数的百分率。

对区域之间群落物种组成相似性的研究使用 Bray-Curtis 指数 C_N ^[5]:

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

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 共有种个体数较小者之和。

为了对黄海水域无脊椎动物资源结构及生物多样性的空间差异进行研究, 将其分为黄海北部(包括 37°30'N 及其以北的黄海水域)、黄海中部(34°00'N - 37°30'N 之间的黄海水域)和黄海南部(包括 34°00'N 及其以南的黄海水域)3 个区域。

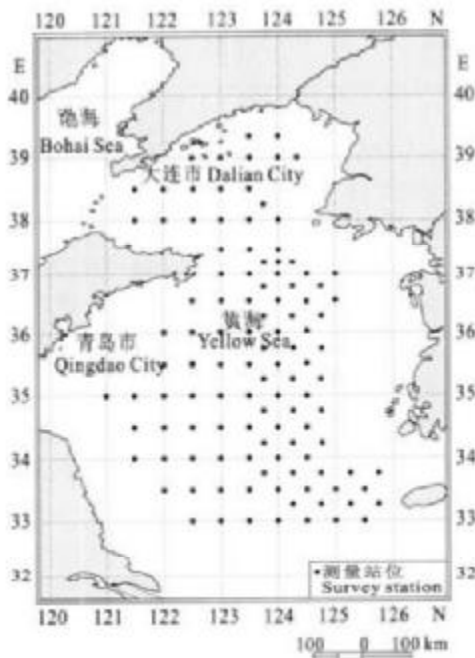


图1 黄海生物资源调查站位图

Fig.1 Survey stations in the Yellow Sea

2 结果

2.1 资源结构特征

在黄海, 4 个季节共进行了 347 个样方的取样, 捕获无脊椎动物 2 336.896 kg, 1 385 397 ind, 平均相对生物量为 6.735 kg/h, 平均相对生物密度为 3 992 ind/h, 个体平均重量为 1.69 g。在相对生物量中, 虾类(包括甲壳类中除短尾类和歪尾类以外的各类别, 下同)居主导地位, 占 72.7%, 头足类和蟹类(包括短尾类和歪尾类, 下同)分别占 20.8% 和 6.5%; 在相对生物密度中, 虾类所占优势更加明显, 高达 95.2%, 蟹类和头足类分别仅占 2.5% 和 2.3%。捕获的种类数为 53 种, 隶属于 2 纲 5 目 23 科, 其中, 虾类有 27 种, 占总种数的 50.9%, 蟹类有 16 种, 占 30.2%, 头足类有 10 种, 占 18.9%。

表 1 列出了各季节无脊椎动物资源结构的几项特征值。从表 1 中可以看出, 资源结构的季节变化比较明显。四季之中, 平均相对生物量以夏季最高, 春季最低; 平均相对生物密度以秋季最大, 春季最小; 个体平均重量, 以冬季最重, 秋季最轻。捕获的种类数, 在冬季最多, 夏季最少。其中, 虾类的种类数, 在冬季和春季比较多, 均为 22 种, 夏季和秋季较少, 各有 11 种; 蟹类的种类数, 4 个季节差异不大, 春季有 9 种, 夏季、秋季和冬季各有 10 种; 头足类的种类数, 夏季最少, 为 6 种, 春季和秋季略多, 分别有 7 种和 8 种, 冬季最多, 有 9 种。

资源结构在区域之间也存在着差异。表 2 列出了各区域无脊椎动物资源结构的特征值。从表 2 中可以看出, 在 3 个区域之中, 全年平均相对生物量最高的区域是黄海北部, 在黄海中部和南部均明显降低, 且黄海南部最低; 平均相对生物密度仍以黄海北部最大, 在黄海南部最稀; 个体的平均重量, 在黄海北部较大, 黄海中部和南部相对较小; 捕获的种类数, 在黄海中部和南部较多, 黄海北部较少。

从种类组成来看, 各区捕获的总种数在自北向南的 3 个区域中, 虾类分别为 16、23、24 种; 在黄海南部, 虾类所占的比例最高, 为 55.8%; 各区蟹类分别为 7、12、11 种; 在黄海中部, 蟹类所占比例最高, 为 27.9%; 各区头足类分别为 7、8、8 种, 在黄海北部, 头足类所占比例最高, 为 23.3%。从平均相对生物量组成来看, 虾类所占比例以黄海中部最大, 为 80.4%; 蟹类所占比例以黄海南部最大, 为 9.8%; 头足类所占比例以黄海北部最大, 为 47.3%。平均相对生物密度各区组成的差异, 与生物量组成的区域性差异相同。

表1 黄海4季无脊椎动物资源结构特征值

Tab.1 Characteristic index of resources and structure of invertebrates resources in the Yellow Sea in four seasons

季节 Season	样方数 No. of sample	生物量/(kg·h ⁻¹) Relative biomass	生物密度/(ind·h ⁻¹) Relative bio-density	平均个体重/g Mean body weight	种类数 No. of species
春季 Spring	112	3.101	1 649	1.88	38
夏季 Summer	98	9.335	5 275	1.77	27
秋季 Autumn	73	7.506	5 916	1.27	29
冬季 Winter	64	8.280	3 936	2.10	41

表2 黄海3个区域无脊椎动物资源结构特征值

Tab.2 Characteristic index of resources and structure of invertebrates resources in three areas of the Yellow Sea

区域 Region	样方数 No. of sample	生物量/(kg·h ⁻¹) Relative biomass	生物密度/(ind·h ⁻¹) Relative bio-density	平均个体重/g Mean body weight	种类数 No. of species
黄海北部 North of the Yellow Sea	64	11.074	4 794	2.31	30
黄海中部 Middle of the Yellow Sea	206	6.266	4 134	1.52	43
黄海南部 South of the Yellow Sea	77	5.596	3 588	1.55	43

2.2 生态优势度

相对重要性指数(IRI)包含了生物的个体数、生物量和出现频率这3个重要信息,常被人们用做研究鱼类群落各种类的生态优势度^[6-7]。无脊椎动物生态优势度的研究也是根据计算各种类的相对重要性指数的大小,作为其生态优势度的度量指标,并依此来确定它们在群落中的重要性。IRI值大于1 000的定为优势种;IRI值在100~1 000的为重要种;IRI值在10~100的为常见种;IRI值小于10的为少见种。一年四季的优势种,只有脊腹褐虾1种,它的渔获量占总渔获量的61.4%;重要种有枪乌贼[包括外形难以区分的日本枪乌贼(*Loligo japonica*)和火枪乌贼(*Loligo beka*)],太平洋褶柔鱼和鹰爪虾3种(类),它们的渔获量合计占总渔获量的25.8%;常见种有双斑鲚(*Charybdis bimaculata*)、戴氏赤虾(*Metapenaeopsis dalei*)、葛氏长臂虾(*Palaemon gravieri*)和双喙耳乌贼(*Sepioida birostrata*)4种,它们合计占总渔获量的4.3%;其他44种为少见种,它们

合计仅占总渔获量的8.5%。表3列出了黄海无脊椎动物主要种类(IRI>10)的特征值。

黄海无脊椎动物优势种及其优势度随季节而变化。一年四季,脊腹褐虾虽然都是优势种,但优势度(IRI)因季节不同而有差异:春季(9 910)最高,秋季(9 430)略低,夏季(7 088)下降较明显,冬季(4 989)最低。其他优势种(类)也随季节而有所不同。春季和秋季,除了脊腹褐虾以外再没有别的优势种;夏季,太平洋褶柔鱼(1 646)也是优势种之一;冬季优势种(类)还有枪乌贼(1 291)。

重要种及其优势度同样随季节不同而有所变化,春季有4种(类),即枪乌贼(820)、鹰爪虾(382)、双斑鲚(315)和葛氏长臂虾(145);夏季没有;秋季有3种,即太平洋褶柔鱼(250)、鹰爪虾(164)和双斑鲚(102);冬季只有两种,即戴氏赤虾(124)和鹰爪虾(122)。从春季→秋季→冬季→夏季,重要种的数目在减少,前3个季节中只有鹰爪虾保持着重要种的地位,且优势度在逐渐减小。

表3 黄海无脊椎动物群落主要种类特征值

Tab.3 Important components of major invertebrates in the Yellow Sea

种类 Species	W/%	N/%	W ₀ /g	F/%	IRI
脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	61.4	86.6	1.2	61.7	9 123
枪乌贼 <i>Loligo sp.</i>	10.6	2.5	7.0	43.2	568
太平洋褶柔鱼 <i>Todarodes pacificus</i>	11.3	0.1	142.3	40.3	461
鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>	3.9	1.0	6.4	32.3	159
双斑蛸 <i>Charybdis bimaculata</i>	1.9	1.1	2.9	25.9	80
戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dalei</i>	0.9	2.0	0.8	16.1	48
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	1.0	1.1	1.6	12.4	27
双喙耳乌贼 <i>Sepioida birostrata</i>	0.3	0.3	2.0	25.9P	15

注: W—占总重量的百分比; N—占总尾数的百分比; W₀—平均个体重; F—出现频率。

Note: W—Percentage in total weight; N—Percentage in total individ.; W₀—Mean body weight; F—Percentage in frequency.

2.3 多样性特征

黄海无脊椎动物群落四季的调查样方, 指数 *D* 的平均值为 0.551, 其最大值为 2.347, 出现在春季; 指数 *H'* 的平均值为 0.654, 其最大值为 2.140, 也出现在春季; 指数 *J'* 的平均值为 0.514, 最大值为 1.000, 出现在秋季。

节样方 3 种多样性指数的最小值、最大值、平均值、标准差和变异系数。从表 4 中可以看出, 3 种多样性指数均存在着季节性差异: 指数 *D* 平均值, 以春季最大, 冬季次之, 夏季最小; 指数 *H'* 平均值是冬季最大, 春季次之, 夏季最小; 指数 *J'* 平均值为冬季最大, 春季次之, 秋季最小。

2.3.1 多样性指数的季节特征 表 4 列出不同季

表4 黄海不同季节无脊椎动物群落的多样性特征值

Tab.4 Diversity index of invertebrates community of the Yellow Sea in different seasons

季节 Season	<i>D</i>					<i>H'</i>					<i>J'</i>				
	Min.	Max.	\bar{X}	SD	CV/%	Min.	Max.	\bar{X}	SD	CV/%	Min.	Max.	\bar{X}	SD	CV/%
春季 Spring	0	2.347	0.789	0.502	63.6	0	2.140	0.841	0.568	67.5	0.020	0.974	0.523	0.240	45.9
夏季 Summer	0	1.478	0.307	0.394	128.3	0	1.814	0.333	0.436	130.9	0.009	0.991	0.502	0.315	62.7
秋季 Autumn	0	1.971	0.355	0.381	107.3	0	1.567	0.406	0.461	113.5	0.006	1.000	0.418	0.310	74.2
冬季 Winter	0	2.324	0.752	0.424	56.4	0	1.943	1.034	0.453	43.8	0.038	0.959	0.612	0.190	31.0
四季平均 Average of seasons	0	2.347	0.551	0.425	77.1	0	2.140	0.654	0.480	73.4	0.006	1.000	0.514	0.264	51.4

注: CV—变异系数。

Note: CV—variation coefficient.

3 种多样性指数的变异系数季节变化也十分明显: 指数 *D* 和指数 *H'* 各自的变异系数均为夏季最大, 秋季次之, 冬季最小; 指数 *J'* 变异系数的季节变化特点与指数 *D* 和指数 *H'* 有所不同, 是秋季最大, 夏季其次, 冬季最小。

2.3.2 多样性指数的区域性特征 表 5 列出黄海不同区域样方 3 种多样性指数的最小值、最大值、平均值、标准差和变异系数。从表 5 可以看出, 在 3 个区域中, 指数 *D* 的平均值以黄海南部最高, 黄海北部和黄海中部均比较低, 且差异很小; 指数 *H'* 的平

均值和指数 J' 的平均值最高的也都是黄海南部,最低的是黄海北部。

3种多样性指数的变异系数在不同区域也有所不同;指数 D 的变异系数和指数 H' 的变异系数最

大的均是黄海中部,其次是黄海北部,黄海南部最小;指数 J' 的变异系数在黄海北部和黄海中部都比较高,且相同,在黄海南部明显偏低。

表5 黄海不同区域无脊椎动物群落的多样性特征值

Tab.5 Diversity index of invertebrates community in different areas of the Yellow Sea

区域 Region	D					H'					J'				
	Min.	Max.	\bar{X}	SD	CV/%	Min.	Max.	\bar{X}	SD	CV/%	Min.	Max.	\bar{X}	SD	CV/%
黄海北部 North of the Yellow Sea	0	1.971	0.479	0.411	85.8	0	1.479	0.554	0.458	82.7	0.001	0.991	0.452	0.258	57.1
黄海中部 Middle of the Yellow Sea	0	1.859	0.471	0.409	86.8	0	2.046	0.584	0.537	92.0	0.002	1.000	0.492	0.281	57.1
黄海南部 South of the Yellow Sea	0	2.347	0.842	0.594	70.5	0	2.140	0.943	0.609	64.6	0.009	0.918	0.604	0.219	36.3

注:CV—变异系数

Note:CV—Variation coefficient.

2.3.3 Bray-Curtis 指数 C_N 指数 C_N 是衡量不同群落之间物种组成相似性的多样性指数,指数越大,相似性就越高;反之,就越低。表6列出了黄海3个区域的无脊椎动物群落之间的指数 C_N 。从表6中

可以看出,黄海北部无脊椎动物群落与黄海南部无脊椎动物群落之间的种类组成相似性最高,黄海中部无脊椎动物群落与黄海南部无脊椎动物群落之间的种类组成相似性最低。

表6 黄海各区域无脊椎动物群落之间物种组成的相似性指数(C_N)

Tab.6 Similarity index (C_N) of species composition of invertebrates communities between different areas of the Yellow Sea

区域 Region	黄海北部 North of the Yellow Sea	黄海中部 Middle of the Yellow Sea
黄海中部 Middle of the Yellow Sea	0.502	
黄海南部 South of the Yellow Sea	0.846	0.478

3 讨论

3.1 优势种对底层生物群落结构及多样性的贡献

黄海的脊腹褐虾是一种重要饵料生物,以它为主要饵料的底层鱼类有白斑星鲨(*Mustelus manazo*)、皱唇鲨(*Triakis scyllium*)、美鲷(*Raja pulchra*)、孔鲷(*Raja porosa*)、华鲷(*Raja chinensis*)、斑鲷(*Raja kenoeji*)、鳕(*Gadus macrocephalus*)、黄姑鱼(*Nibea albiflora*)、白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)、叫姑鱼(*Johnius grypotus*)、小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)、真鲷(*Pagrosomus major*)、花尾胡椒

鲷(*Plectorhynchus cinctus*)、矛尾虾虎鱼(*Chaeturichthys stigmatius*)、许氏平鲈(*Sebastes schlegeli*)、绿鳍鱼(*Chelidonichthys kumu*)、大波六线鱼(*Hexagrammos otakii*)、细纹狮子鱼(*Liparis tanakae*)、桂皮斑鲆(*Seudorhombus cinnamomeus*)、高眼鲽(*Cleisthenes herzensteini*)、虫鲽(*Eopsetta grigorjevi*)、黄鲛鲽(*Lophius litulon*)等,此外,还有褐牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)和石鲽(*Platichthys bicoloratus*)等也以脊腹褐虾为饵^[8]。在黄海,除脊腹褐虾外,其他中、小型虾类还有20多种,虽然它们也都是底层鱼类的饵料生物,但是没有冷温性种类,

因此,脊腹褐虾一旦消失,在黄海渔业生态系底层生物的食物网中,没有别的虾类可以取代它的优势种地位。因此,脊腹褐虾在黄海渔业生态系底层生物的食物网中是一个关键种,对底层生物群落结构及多样性的稳定起着重要的作用。

3.2 无脊椎动物群落多样性的时、空动态特征

黄海无脊椎动物群落多样性的季节变化和区域变化,主要受群落各物种对环境变化响应的影响,特别是对水温因子响应的影响。黄海无脊椎动物群落在种类组成上是以暖温种和暖水种占绝对优势,大多都具有一定的游泳能力,特别是大、中型虾类和头足类的游泳能力相对来说比较强,当环境因子发生了显著变化时,可以通过游泳来实现自身保护,以获得最佳的环境条件。

从季节来看,冬、春两季,无脊椎动物多数种类主要栖息在拖网禁渔区线以外,水温相对较高的深水区,因此,调查区内的种类数目与其他季节相比就比较多,但个体密度相对较小。到了夏、秋两季,多数种类主要是分布在水温比较高的近岸浅水区,调查区内种类数目同其他季节相比相对比较少,但是优势种脊腹褐虾为冷温性,多数继续滞留在底层水温较低的调查区内。另外,由于当年发生的个体不断地补充,也使调查区内的个体密度明显增加。资源结构的这种季节差异,使冬、春两季调查区内群落的多样性指数比夏、秋两季要高,而样方多样性指数的变异系数比夏、秋两季的低。

从区域来看,黄海南部冷水团的势力相对较弱,底层水温相对较高,因此,种类数目较多。由于脊腹褐虾的冷温性,使其在黄海南部的数量相对较少。黄海北部和中部冷水团的势力较强,因此,种类数目相对较少,脊腹褐虾在黄海北部和中部的数量相对要高。资源结构的这种区域性差异,使黄海南部群落的多样性指数比黄海北部和中部要高;而多样性指数的变异系数比黄海北部和中部的低。

3.3 主要种类的生态特性

底拖网捕获的无脊椎动物,大多为栖息在海水的底层和近底层,但柔鱼类和枪乌贼类为垂直移动显著的种类。其中,只有中国对虾(*Penaeus orientalis*)、鹰爪虾、枪乌贼、金乌贼(*Sepia esculenta*)、曼氏无针乌贼(*Siphiella maindroni*)和太平洋褶柔鱼等少数几种游泳能力比较强的大、中型虾类和头足类,是属于洄游性越冬种类,其他均属于地方性种

类,它们仅在深浅水之间进行短距离的越冬移动^[9]。

在黄海调查水体的底层和近底层,全年水温均比较低,即使到了夏季和秋季,虽然表层和中上层水温已经比较高,但是底层和近底层因有冷水团的存在,水温一般仍保持在9~18℃,夏季底层的平均水温为14.0℃,秋季底层的平均水温为13.2℃。由于黄海的这一水文特征,属于冷温性的脊腹褐虾,生殖季节可持续很长的时间,几乎终年均可捕到抱卵的雌虾^[10],正是脊腹褐虾的这种生态特性,使其在黄海的无脊椎动物群落中能占居着绝对的优势。

在黄海无脊椎动物群落的主要种类中,脊腹褐虾、鹰爪虾、葛氏长臂虾、戴氏赤虾和双斑蚌都是属于比较典型的底栖动物食性,它们均以多毛类(Polychaeta)、双壳类(Bivalvia)、甲壳类、腹足类(Gastropoda)和蛇尾类(Ophiuroidea)等小型底栖生物为饵,营养级都在2.30~2.37^[11],因此,在黄海生态系的食物网(食物链)中,它们所处的营养层次都比较低。这些种类全年的平均摄食率都在64.5%~86.6%^[11],摄食强度均比较高,这说明它们都有着很好的食物保障。

3.4 黄海无脊椎动物优势种的稳定性

从以上分析可以看出,黄海无脊椎动物群落优势种的形成是对水文环境特性长期适应的结果,因此,优势种与水文环境之间保持着比较好的协调性和一致性。此外,优势种的形成及多样性的建立除受环境因子的影响以外,还会受到人类生产活动的干扰。几十年来,在人类捕捞活动的干扰之下,黄海鱼类群落优势种及多样性的变化是非常明显的,这方面的研究已有报道^[12-14],本文不再赘述。这里所要探讨的是,黄海现有的这种以脊腹褐虾占绝对优势的无脊椎动物群落结构是否会在人类捕捞活动的扰动下发生新的演替。从本研究结果看,这种可能性不大,因为脊腹褐虾是一种经济价值很低的小型底栖性虾类,成为新的开发对象的可能性很小。因此,人类的捕捞活动不会导致黄海现有的无脊椎动物群落优势种发生新的演替。

参考文献:

- [1] 邓景耀,朱金声,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落多样性特征[J].海洋与湖沼,1995,26(6):606-609.

- [3] 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.
- [4] 邓景耀, 孟河洲, 任胜民, 等. 渤海鱼类种类组成及其数量分布[J]. 海洋水产研究, 1988, 9(2): 12-89.
- [5] 孟庆繁, 胡德月, 王庆贵, 等. 黑龙江省东部森林群落多样性的研究[J]. 应用生态学报, 1999, 10(2): 140-142.
- [6] 朱鑫华, 杨纪明, 唐启升. 渤海鱼类群落结构特征的研究[J]. 海洋与湖泊, 1996, 27(1): 6-13.
- [7] 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.
- [8] 韦 晟, 姜卫民. 黄海鱼类食物网的研究[J]. 海洋与湖泊, 1992, 23(2): 182-192.
- [9] 唐启升, 叶慧中. 山东近海渔业资源开发与保护[M]. 北京: 中国农业出版社, 1990. 167-192.
- [10] 农业部水产局, 农业部黄海区渔业指挥部. 黄海区渔业资源调查与区划[M]. 北京: 海洋出版社, 1990. 124-126.
- [11] 程济生, 朱金声. 黄海主要经济无脊椎动物摄食特征及其营养层次的研究[J]. 海洋学报, 1997, 19(6): 102-108.
- [12] 金冠社. 山东半岛南部水域春季游泳动物群落结构的变化[J]. 水产学报, 2003, 27(1): 19-24.
- [13] 程济生, 俞连福, 黄. 东海冬季底层鱼类群落结构及其多样性变化[J]. 水产学报, 2004, 28(1): 29-34.
- [14] 唐启升, 苏纪兰. 中国海洋生态系统动力学研究[关键科学问题与研究发展战略][M]. 北京: 科学出版社, 2000. 66-71.
- [15] PIELOU E.C. Ecological Diversity[M]. New York: Wiley, Inters, 1975. 163.
- [16] WILHM J.L. Use of bicinus units in shannon's formula[J]. Ecology, 1968, 48: 153-155.

Structure and diversity of invertebrate resources in the Yellow Sea

CHENG Ji-sheng

(Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: This study is based on the data of 347 samples from bottom trawl surveys in spring, summer, autumn and winter from 1998 to 2000. The surveys were carried out in the Yellow Sea outside the line of trawl ban zone by research vessel "Bei Dou". Fifty-three species of invertebrate, with a total catch of 2 336.896 kg, 1 385 397 individuals, were caught. The mean relative biomass of four seasons was 6.735 kg/h, the mean relative density 3 992 ind/h, and the mean body weight 1.69 g. Shrimps accounted for 72.7% by weight, squids for 20.8%, and crabs for 6.5%. Shrimps accounted for 95.2% by number of individuals, squids for 2.5%, and crabs for 2.3%. The mean relative biomass was the greatest in summer, and the smallest in spring. The mean relative density was the highest in autumn, and the lowest in spring. The mean individual weight was the heaviest in winter, and the lightest in autumn. The number of species caught was the most in winter, and the fewest in summer. The index of relative importance (IRI) is used in measuring ecological dominance of species to decide the role each species plays in the community. The species with index of relative importance (IRI) above 1 000 is defined as the dominant species. *Crangon affinis*, the cold-temperate species, was all dominant species in four seasons, of which the catch accounted for 61.4% of the total catch in weight. The IRI value of *Crangon affinis* varied with seasons that the value (9 910) was the highest in spring, and the lowest in winter (4 989). Other dominant species was *Todarodes pacificus* (1 646) in summer, and *Loligo sp.* (1 291) in winter. The species with value of IRI between 100 and 1 000 is taken as the major species. Only three major species, *Loligo sp.*, *Todarodes pacificus* and *Trachypenaeus curvirostris*, accounted for 25.8% of the total catch in weight. The species with value of IRI between 10 and 100 was taken as the common species, which were *Charybdis bimaculata*, *Metapenaeopsis dalei*, *Palaemon gravieri* and *Sepiada birostrata*, of which the weight accounted for 4.3% of this total catch. Other 44 species, which was taken as rare species with value of IRI below 10, accounted for 8.5% of the total catch in weight. Three diversity indexes, i.e. species abundance index (D), Shannon-Wiener diversity index (H') and species evenness index (J'), were calculated to analyze the characteristics of species di-

iversity of invertebrate communities. The value of D is 0.000 - 2.347, H' 0.000 - 2.140, and J' 0.006 - 1.000. The three diversity indexes varied with seasons. The average of index D (0.789) was the largest in spring, and the smallest in summer (0.307). The average of index H' (1.034) was the largest in winter, and the smallest in summer (0.333). The average of index J' (0.612) was the largest in winter, and the smallest in autumn (0.418). The seasonal change of variation coefficient of the three diversity indexes was obvious. The variation coefficients of indexes D and H' were all the largest in summer, and the smallest in winter. The variation coefficients of index J' was the largest in autumn and the smallest in winter. Similarity index (C_N) is used to compare the similarity of species composition with areas communities. The similarity of species composition was the largest between the invertebrate communities of the north and the south of the Yellow Sea and the value of C_N is 0.846. The similarity of species composition was the least between the invertebrate communities of the middle and the south of the Yellow Sea and the value of C_N is 0.478. Present dominant species and diversity of invertebrate community in the Yellow Sea is due to a long term of adaptation between organisms and hydrographic environment, so that the community has been in good concert with the environment, and the dominant species of invertebrate community in the Yellow Sea has better stability.

Key words: the Yellow Sea; invertebrate; structure of resources; diversity

请作者认真做好参考文献的著录工作

科研工作的一个显著特点是具有继承性和关联性,所有的科研成果几乎都是对前人工作的继承和拓展。论文作者在其课题的选题论证、实验研究、理论分析以及总结和撰写论文的过程中,都要参阅和利用大量的文献,汲取前人的研究经验,借鉴前人的研究成果,并在对其消化、分析的基础上确定自己的研究方向和工作内容。因此,参考文献在一篇科研论文中的重要性与‘材料与方法’、‘结果与分析’、‘讨论’等项目具有相同的重要性。

在近年来本刊编辑部收到的稿件中,大部分作者都很认真,但也有一部分作者在参考文献著录方面存在各种错误或不规范之处。存在的问题有:1)参考文献太少,很难判断作者是否进行过认真调研;2)正文中引用的人名与参考文献中所列作者名不符;3)姓名有错、题名漏字、年份不对、卷期号或页码有误以及缺项等;4)专著或论文集等类型的文献缺少出版地(城市名)和出版社(或出版公司);5)非公开出版物文献误列于参考文献栏中(正确的应列于引用当脚下脚,另行编码)。

关于不规范的问题,编辑部可以进行加工,但有些错误和遗漏之处,编辑部人员很难一一核实与更正。如果以这些错误的信息正式发表,将会给读者带来许多麻烦与误解。因此,敬请本刊作者在投稿前认真、仔细地核实所列参考文献的准确性和完整性,减少乃至消灭错误。

中国水产科学编辑部

2004-12-01