

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2013.00137

2010 年莱州湾底层渔业生物群落结构及季节变化

李凡, 吕振波, 魏振华, 王田田, 徐炳庆, 王忠全

山东省海洋水产研究所, 山东省海洋生态修复重点实验室, 山东 烟台 264006

摘要: 根据 2010 年春季(5 月)、夏季(8 月)、秋季(10 月)和冬季(12 月)在莱州湾进行的 19 站位弓子网调查数据, 对弓子网渔获物组成、底层渔业生物群落结构及季节变化进行了研究。结果表明, 全年弓子网调查共捕获渔业生物 78 种, 春季种类最少, 而其他季节种类数接近。弓子网渔获物质量组成由高到低依次为甲壳类、鱼类、头足类、贝类; 生物量的季节变化趋势由高到低依次为秋季、春季、冬季、夏季。生物量各季节的空间分布差异明显, 主要由少数优势种类的季节分布差异引起。优势种季节更替明显, 全年优势种为玉蟹科、寄居蟹、斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*)和扁玉螺(*Neverita didyma*)。丰富度指数(D)、多样性指数(H')和均匀度指数(J')均以夏季为最高, 而其他 3 个季节则较为接近。分析表明, 冬季与其他季节的 Jaccard 种类相似性较低; 春季群落的生物量和丰度组成与其他季节的 Bray-Curtis 相似性均较低。各季节的迁移指数均大于 100, 群落稳定性较差。莱州湾底层生物群落主要由小型、低质种类构成, 个体平均质量较小, 群落优势种季节更替明显。为保护莱州湾渔业资源, 应严格控制弓子网作业渔船数量。

关键词: 弓子网; 底层渔业; 空间分布; 优势种; 多样性; 群落相似性; 莱州湾

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2013)01-0137-11

莱州湾有黄河和小清河等多条河流入海, 基础饵料丰富^[1], 是黄、渤海鱼类的重要产卵场、栖息地和索饵场, 也是山东渔民的传统渔场^[2]。弓子网是莱州湾小型群众渔业普遍使用的作业网具, 其作业目标主要是底栖贝类和游泳能力不强的鱼类、甲壳类等底层渔业生物。基于莱州湾渔业在黄、渤海渔业资源补充与繁衍中的重要地位, 国内学者对莱州湾及周边海域渔业资源开展了较多研究^[1-9], 但利用弓子网开展莱州湾底层生物群落结构及季节变化的研究未见报道。本研究利用春、夏、秋、冬季 4 个航次弓子网调查资料, 对莱州湾底层生物群落结构及季节变化开展研究, 了解弓子网渔业资源组成, 以为渔业合理开发、科学管理和可持续利用提供科学依据, 并为莱州湾生态修复工作提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 数据来源及调查方法

数据来自 2010 年春季(5 月)、夏季(8 月)、秋季(10 月)和冬季(12 月)对莱州湾 19 个调查站位(119°05'~120°00'E、37°12'~37°40'N)(图 1)进行的弓子网渔获调查数据。调查均在白天进行。调查船只为“鲁昌渔 4193 号船”, 调查网具为弓子网, 网口为 2.5 m×0.5 m 的长方形钢管框架, 网衣长 5 m, 曳纲长度为 100 m, 囊网网目 2 cm, 每站拖曳 0.5 h, 拖速 2 kn。采集样品冰冻保存, 带回实验室进行分类和生物学测定。记录每一种类的数量和质量, 将其换算为单位时间的生物量(kg/h)和丰度(ind/h)。样品采样及分析均按《海洋调查规范(GB/T 12763.6-2007)》^[10]进行。种类名称及分类

收稿日期: 2012-01-03; 修订日期: 2012-03-22.

基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费项目(200905019); 水生动物营养与饲料“泰山学者”岗位经费资助项目。

作者简介: 李凡(1981-), 男, 助理研究员, 从事渔业资源与渔业生态研究. E-mail: lifan811230@126.com

通信作者: 吕振波, 副研究员, 硕士生导师. E-mail: ytlvzhenbo@163.com

地位以《中国海洋生物名录》^[11]为依据,并参考 SealifeBase 数据库(<http://www.sealifebase.org>)。

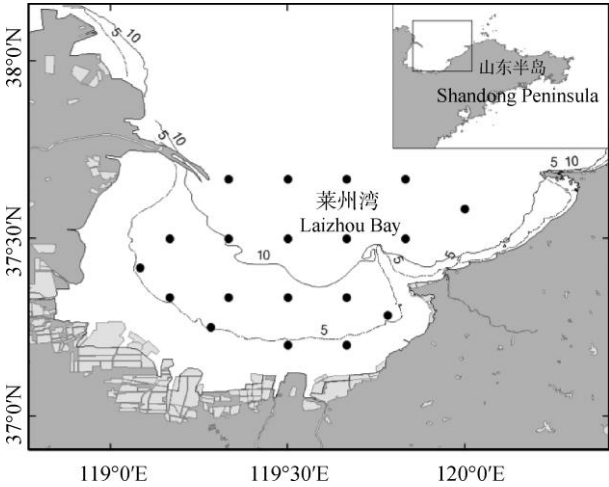


图 1 本研究调查站位
Fig.1 Sampling stations in this study

1.2 计算公式

1.2.1 群落多样性指数

Margalef 种类丰富度指数^[12]: $D=(S-1)/\ln N$
Wilhm 改进的 Shannon-Wiener 多样性指数^[13]:

$$H'=-\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

Pielou 均匀度指数^[14]: $J'=H'/\ln S$

式中, S 为种类数, N 为渔获总尾数, P_i 为第 i 种渔获物质量占总渔获物质量的比例。

1.2.2 种类相似性指数

Jaccard 种类相似性指数 J_S ^[15]按下式计算:

$$J_S=\frac{c}{a+b-c}\times 100\%$$

式中: a 为 A 季节调查渔获种类数; b 为 B 季节调查渔获种类数; c 为 2 季节调查共有种数。

1.2.3 更替指数和迁移指数 群落的季节更替指数 AI 和迁移指数 MI ^[17]按下式计算:

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

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 4 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 2 种成分在群落中的相对比例^[16]。

1.2.4 群落结构的相似性 利用 Bray-Curtis 相似性指数 B ^[17]计算各月份间种类组成的差异, 分析莱州湾底层生物资源随时间变化的特征。相似性指数计算公式为:

$$B=100\times\left[1-\frac{\sum_{i=1}^s|x_{ij}-x_{im}|}{\sum_{i=1}^s|x_{ij}+x_{im}|}\right]$$

式中 x_{ij} , x_{im} 分别为第 i 个种类在第 j 个月份和第 m 个月份的单位时间的生物量(经过 4 次方根转换)。

1.3 数据处理

相关数据处理使用 WPS 表格 2011、SPSS 13 和 PRIMER 5; 图件绘制使用 ArcGIS 9、Origin 8 和 PRIMER 5。

2 结果与分析

2.1 群落组成及优势种

全年调查共捕获渔业生物 78 种(表 1), 春季种类数最少, 仅有 38 种, 其余 3 季调查种类数接近。以类别计, 全年鱼类种类数最多, 甲壳类次之, 头足类种类数最少。

表 2 列出了根据全年调查数据计算的优势种

表 1 不同莱州湾底层渔业生物各分类阶元的种类数量分布
Tab.1 Distribution of species numbers of demersal fishery in systematic order in the Laizhou Bay

类别 category	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter	全年 whole year
鱼类 fish	13	23	20	16	35
甲壳类 crustaceans	17	19	16	22	28
头足类 cephalopods	2	3	3	1	4
贝类 shellfish	6	4	9	8	11

表 2 2010 年莱州湾底层渔业生物优势种类组成
Tab.2 Composition of dominant demersal fishery species in the Laizhou Bay

种类 species	IRI	春季 spring			夏季 summer			秋季 autumn			冬季 winter			全年 total		
		W/%	N/%	F/%	W/%	N/%	F/%	W/%	N/%	F/%	W/%	N/%	F/%	W/%	N/%	F/%
玉蟹科 Leucosiidae spp.	2154	0.22	1.57	47.37	0.85	2.55	68.42	6.48	83.64	47.37	0.59	7.64	57.89	2.17	37.84	53.85
寄居蟹 Paguridae spp.	2116	35.46	31.63	84.21	5.46	17.47	63.16	2.40	3.66	68.42	6.68	15.40	84.21	13.00	15.95	73.08
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	1789	0	0	0	15.52	11.15	89.47	26.99	2.02	100	46.06	8.12	100	22.32	3.05	70.51
扁玉螺 <i>Neverita didyma</i>	1094	19.19	19.20	89.47	0.22	0.37	47.37	0.92	0.67	68.42	5.43	11.06	89.47	6.85	8.39	71.79
脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	997	17.69	32.06	94.74	0.02	0.12	21.05	0.01	0.07	5.26	4.80	18.06	89.47	5.99	13.44	51.28
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	826	0.44	0.20	57.89	11.14	14.19	94.74	7.47	1.49	100	11.77	3.79	84.21	7.41	2.50	83.33
口虾蛄 <i>Orgosquilla oratoria</i>	567	1.78	0.35	42.11	9.43	7.02	78.95	11.95	1.10	68.42	7.82	2.36	63.16	7.66	1.55	61.54
织纹螺 <i>Nassarius</i> sp.	330	1.36	4.45	78.95	0.59	3.62	42.11	0.79	1.86	63.16	1.08	9.14	89.47	0.98	3.97	66.67
枪乌贼 <i>Loliolus</i> sp.	233	1.30	0.69	31.58	9.02	6.79	100	1.69	0.68	94.74	0.14	0.15	26.32	2.65	1.13	61.54
日本蟳 <i>Charybdis japonica</i>	227	3.71	0.34	26.32	9.62	1.93	94.74	4.34	0.30	73.68	0.08	0.05	10.53	4.13	0.41	50.00
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	180	0.63	1.09	73.68	1.00	7.99	47.37	0.20	0.23	68.42	1.37	6.28	63.16	0.77	2.10	62.82
鲮 <i>Platycephalus indicus</i>	174	5.01	0.14	57.89	5.41	3.07	94.74	2.22	0.10	57.89	0	0	0	3.04	0.35	51.28
关公蟹 <i>Dorippinae</i> spp.	156	0.21	0.17	26.32	9.88	11.61	94.74	0.58	0.15	31.58	0.18	0.13	36.84	2.23	1.15	46.15
短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyeri</i>	127	0.61	0.10	42.11	2.49	1.15	73.68	2.39	0.28	57.89	2.36	1.22	47.37	1.92	0.43	53.85
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	121	1.39	1.75	84.21	0.58	1.63	42.11	0.09	0.11	36.84	1.14	3.21	78.95	0.81	1.25	58.97

注: IRI 为相对重要性指数; W 为渔获生物量百分比; N 为渔获尾数百分比; F 为出现频率.

Note: IRI denotes the index of relative importance. W denotes percentages of biomass. N denotes percentages of numbers. F denotes occurrence frequency.

(4 种)、重要种(8 种)及它们在各季节调查中的组成特征。春季、夏季、秋季、冬季调查优势种类(优势种和重要种)的生物量分别占该季节调查总生物量的 89.0%、81.2%、68.5%和 89.5%。

图 2A 为生物量优势度曲线,可以看出除夏季外,各季度第一优势种的比例均超过 25%;各季节前 10 位的种类累计生物量比例均超过 75%。图 2B 为丰度优势度曲线,秋季数量第一优势种

类(玉蟹科)的比例甚至达到 83.64%,其他季节调查未出现绝对优势种。

本次调查全年鱼类平均个体质量小于 15 g,头足类平均个体质量小于 10 g/ind,而甲壳类和贝类平均个体质量甚至小于 5 g/ind,群落组成以小型种类为主(表 3)。鱼类平均个体质量在夏季最小,冬季最大;甲壳类则在秋季最小,夏季最大;头足类和贝类在冬季最小,秋季最大。

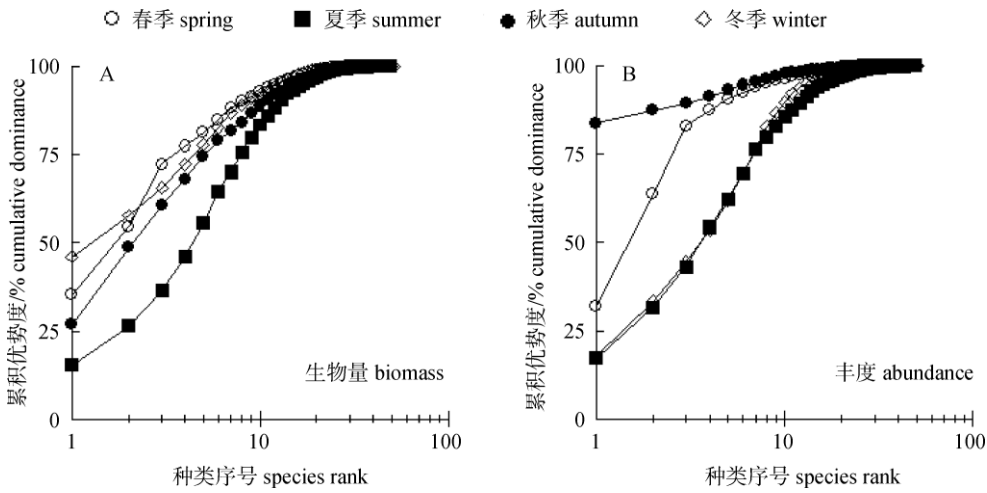


图 2 莱州湾底层渔业生物 *k*-优势度曲线
Fig.2 *k*-dominance curves of demersal fishery species in the Laizhou Bay

表 3 莱州湾底层渔业生物平均个体质量
Tab. 3 Average body weights of demersal fishery species in the Laizhou Bay

类别 category	平均个体质量 average body weight				
	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter	全年 total
鱼类 fish	15.99	7.05	15.79	19.24	13.29
甲壳类 crustaceans	1.91	5.45	0.56	2.11	1.48
头足类 cephalopods	5.18	8.22	10.74	4.33	9.36
贝类 shellfish	2.17	4.28	9.59	1.57	3.18

2.2 生物量及季节变化

图 3A 列出了各季节各种类生物量组成比例。全年调查以甲壳类比例最高,达 42.8%;鱼类次之,为 37.8%;贝类占 15.8%;头足类最低,仅占 3.6%。春季,甲壳类比例最高,主要贡献者为寄居蟹(占航次总生物量的 35.5%)和脊腹褐虾(占 17.7%);贝类次之,其主要贡献者为扁玉螺(占 19.2%);鱼类比例较低,仅占春季调查总生物量

的 8.6%,其中鲷(*Platycephalus indicus*)即占总生物量的 5.0%;头足类比例最低,仅占 1.7%。夏季,甲壳类比例虽较春季有所下降,但仍是各类别中最高的,其主要贡献者有关公蟹(占 9.9%)、日本蟳(占 9.6%)、口虾蛄(占 9.4%)和寄居蟹(占 5.5%);鱼类比例明显较春季上升,主要贡献者为斑尾刺虾虎鱼(占 15.5%)和矛尾虾虎鱼(占 11.1%);本次调查头足类的比例虽仅占 9.7%,但仍是各季节中

最高的, 主要贡献者为枪乌贼(占 9.0%)。秋季, 鱼类比例超过了甲壳类, 成为本次调查比例最高的类别, 主要贡献者仍为斑尾刺虾虎鱼(占 27.0%)和矛尾虾虎鱼(7.5%); 甲壳类比例较夏季进一步下降, 其主要贡献者为口虾蛄(12.0%)、玉蟹科(占 6.5%)和日本蟳(占 4.3%); 贝类占 25.5%, 为 4 季调查比例最高的季节, 主要贡献者为扇贝(21.7%)。冬季, 鱼类比例 4 次调查比例最高, 其中斑尾刺虾虎鱼和矛尾虾虎鱼合计超过本航次调查总生物量的 57.8%; 甲壳类比例占 29.2%, 优势种类为口虾蛄(7.8%)、寄居蟹(6.7%)和脊腹褐虾(4.8%); 贝类也较少, 占 7.0%, 其主要贡献者为扁玉螺(5.4%); 头足类仅占 0.1%, 全部为枪乌贼。

4 个季节生物量指数变化较小, 春季为 10.2 kg/h, 夏季为 7.5 kg/h, 秋季为 10.5 kg/h, 冬季为 9.7 kg/h, 全年平均值为 9.5 kg/h。各季节鱼类生物量由高到低依次为冬季、秋季、夏季和春季, 而甲壳类恰相反; 头足类在夏、秋季较多, 春、冬季较少; 贝类在春、秋季较多, 夏、冬季较少(图 3B)。

ANOVA 分析表明, 各站位鱼类生物量存在显著的季节差异($P<0.001$); 而甲壳类($P>0.05$), 头足类($P>0.05$)和贝类($P>0.05$)季节差异不显著。

2.3 生物量的空间分布

图 4 为各站位生物量的空间分布, 图 5 为各

类别生物量的空间分布。春季生物量最高站位主要分布在水深超过 10 m 的调查海域东北部, 主要是寄居蟹、扁玉螺和脊腹褐虾在该海域的大量分布所致。夏季黄河口海域和莱州湾 10 m 等深线以浅海域生物量较高, 且分布较为均匀, 莱州湾中部生物量较低; 头足类主要分布于黄河口周边海域。秋季, 调查海域东南部生物量较高, 主要为扇贝(可能为周围筏式养殖逃逸)。冬季调查海域西部生物量较高, 生物量较高的种类是斑尾刺虾虎鱼和矛尾虾虎鱼; 多数种类已向深水区迁移, 甲壳类在近岸已较少分布。

2.4 多样性

从图 6 可以看出, 各多样性指数(D' 、 H' 、 J')均以夏季为最高, 其他 3 个季节的调查结果较为接近。ANOVA 分析表明, 丰富度指数($P<0.01$)、多样性指数($P<0.01$)和均匀度指数($P<0.01$)均存在显著的季节差异明显。应用 LSD 法检验表明, 丰富度指数在春季和夏季、春季和秋季、夏季和冬季、秋季和冬季差异显著($P<0.05$); 多样性指数在春季和夏季、夏季和秋季、夏季和冬季差异显著($P<0.05$); 均匀度指数在春季和夏季、夏季和秋季、夏季和冬季差异显著($P=0.05$)。

2.5 种类相似性

表 4 列出了不同季节间渔业生物群落共有种

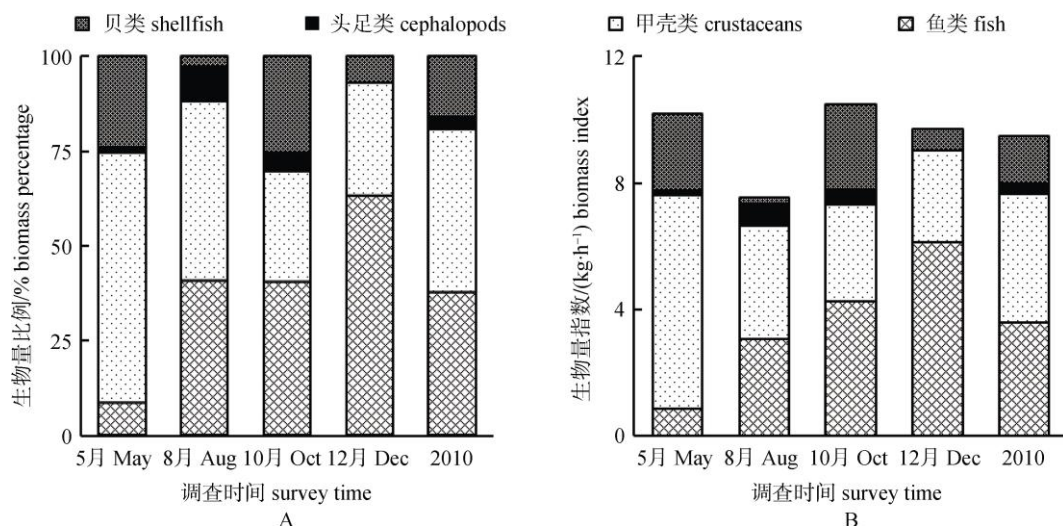


图 3 莱州湾底层渔业生物各季节及全年平均生物量

Fig. 3 Biomass of demersal fishery species in the Laizhou Bay

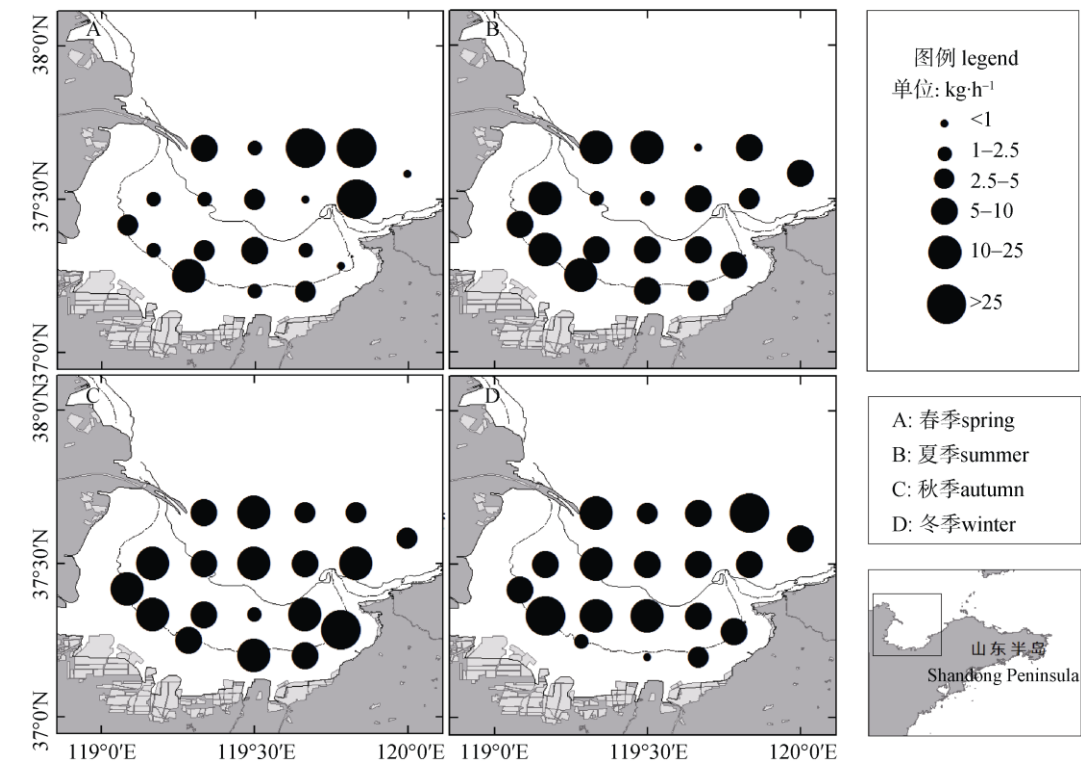


图 4 莱州湾底层渔业生物生物量空间分布
Fig. 4 Spatial distribution of demersal fishery biomass in the Laizhou Bay

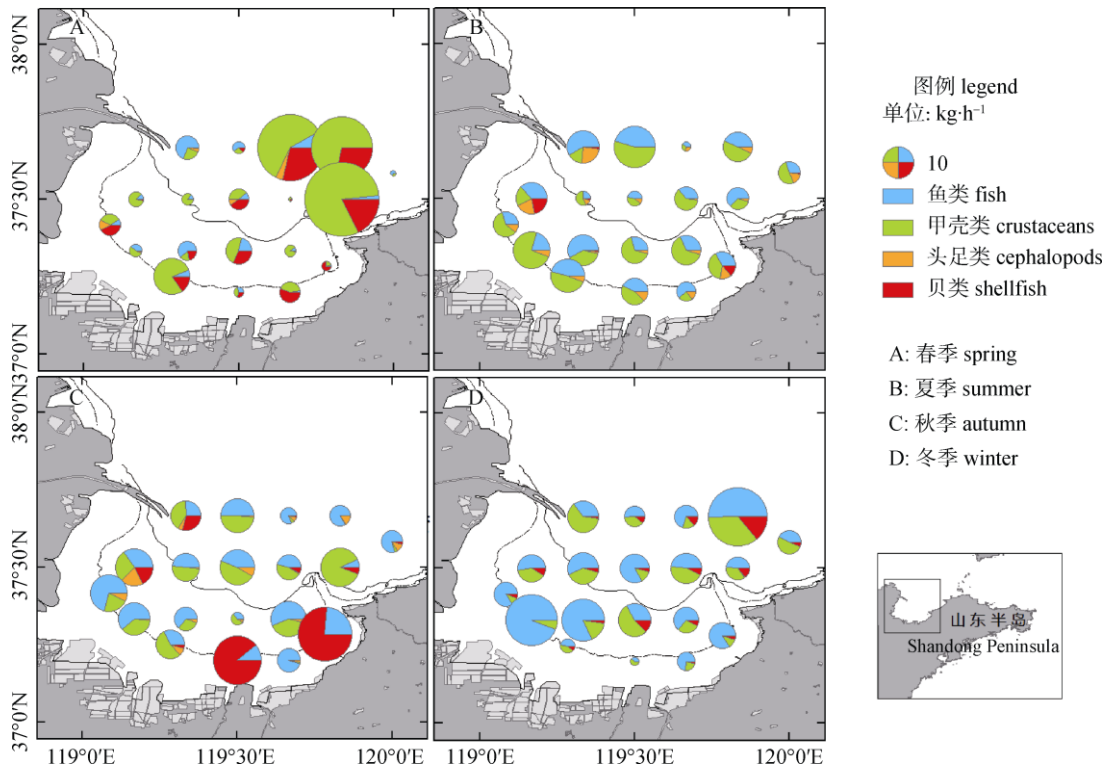


图 5 莱州湾各类别底层渔业生物生物量空间分布
Fig. 5 Spatial distribution of different category of demersal fishery resources in the Laizhou Bay

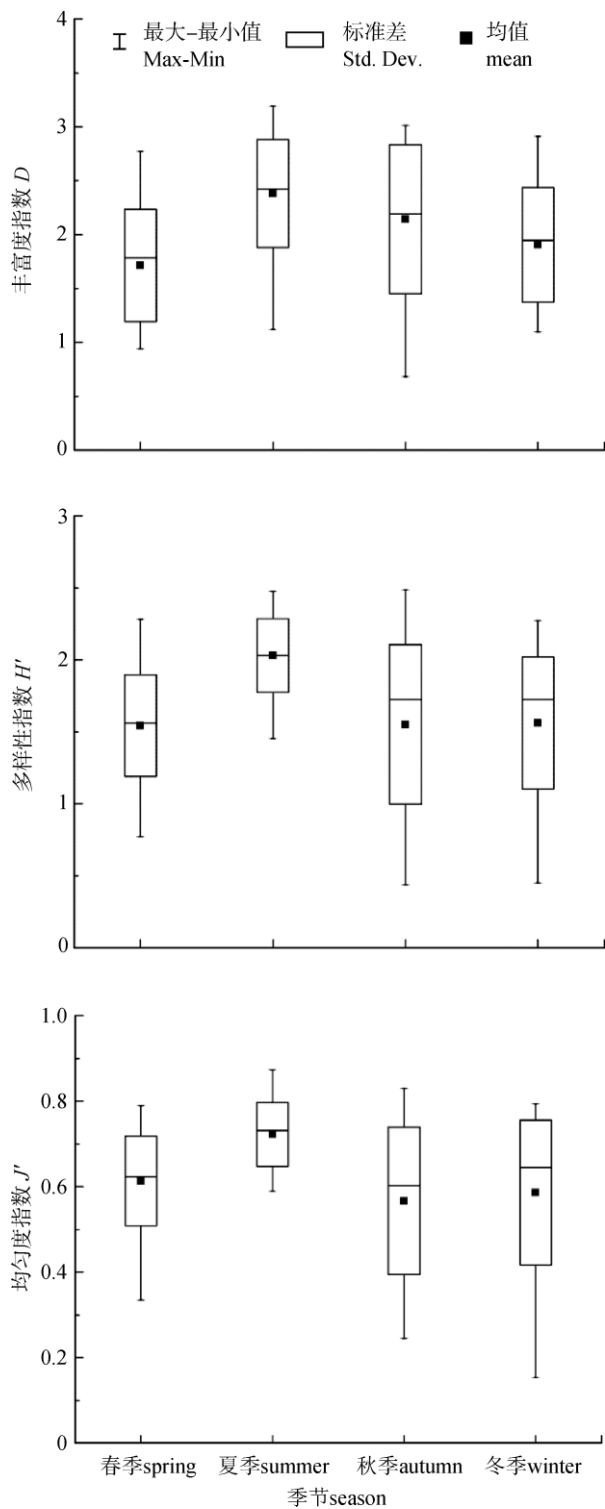


图 6 莱州湾底层渔业生物多样性指数的季节变化
Fig. 6 Seasonal changes of diversity indexes of demersal fishery species in the Laizhou Bay

类数和 Jaccard 相似性系数。春季和夏季、夏季和秋季、春季和秋季渔业生物种类相似性均高于 50%，而冬季与其他季节的相似性均低于 50%。

表 4 不同季节莱州湾底层渔业生物种类组成差异
Tab. 4 Difference of demersal fishery species composition between various seasons in the Laizhou Bay

季节 season	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
春季 spring		30	29	24
夏季 summer	52.6%		35	26
秋季 autumn	50.9%	56.5%		27
冬季 winter	39.3%	37.1%	39.7%	

注: 对角线上方为共有种数, 对角线下方为 Jaccard 相似性系数。
Note: Common species are above diagonal and Jaccard similarity coefficients are below diagonal.

2.6 群落组成的相似性

根据渔获尾数和生物量, 计算出各调查季节渔业生物群落 Bray-Curtis 相似性系数, 各季节相似性均低于 50%(表 5)。夏季和秋季相似性较高, 春季和夏季相似性较低。

表 5 莱州湾底层渔业生物群落组成的相似性指数
Tab. 5 The similarity indexes of demersal fishery species composition between seasons in the Laizhou Bay

季节 season	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
春季 spring		28.08	29.46	39.99
夏季 summer	27.63		45.35	34.08
秋季 autumn	27.51	45.30		38.22
冬季 winter	35.40	34.21	39.67	

注: 对角线上方为以渔获尾数计, 对角线下方为以生物量计。
Note: Similarity indexes calculated by abundance are above diagonal and those by biomass are below diagonal.

2.7 群落的稳定性

从图 7 可以看出, 各季节莱州湾渔业生物迁移指数均大于 100, 群落的稳定性均较差, 冬季更替指数达到 148, 稳定性最差; 春季、夏季、冬季均为迁入种多于迁出种, 而秋季迁入种少于迁出种。

3 讨论

3.1 底层渔业生物群落优势组成

在本次调查中, 带鱼(*Trichiurus lepturus*)和半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)等优质大型种类未出现, 小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、中国明

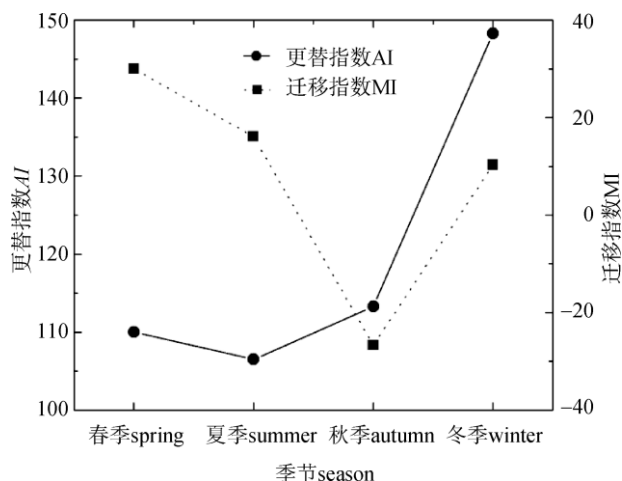


图 7 莱州湾底层渔业生物群落的迁移指数(MI)和更替指数(AI)

Fig. 7 The MI and AI of demersal fishery community in the Laizhou Bay

对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)和银姑鱼(*Pennahia argentata*)虽出现,但其合计渔获量仅占总渔获量的0.65%,优势种类为低质、个体小、生命周期短、营养级较低的种类,如鱼类以虾虎鱼、短吻红舌鲷为主,虾类以脊腹褐虾、葛氏长臂虾、日本鼓虾为主,蟹类以玉蟹科、寄居蟹为主,头足类以枪乌贼为主,贝类以扁玉螺、织纹螺为主。而在1959年,带鱼、小黄鱼、半滑舌鲷、中国明对虾和银姑鱼等5种大型底层渔业生物在总渔获量中占75%^[2]。虽然2次调查在调查网具和调查范围均存在差异,无法进行定量比较,但仍可做出定性判断:莱州湾渔业生物种类已经由经济价值高、个体大、年龄结构复杂和生态系统中营养层次高的种类向经济价值低、个体小、年龄结构简单和营养层次低的类群演替。在山东近海其他海域,渔业资源结构的也有类似趋势^[18-19]。

3.2 平均个体质量

本次调查全年鱼类平均个体质量小于15 g,头足类平均个体质量小于10 g,而甲壳类和贝类平均个体质量甚至小于5 g,群落组成以小型种类为主。而即便大型种类也主要由低龄的小个体组成,如鲷的平均个体质量仅22.9 g/ind,三疣梭

子蟹(*Portunus trituberculatus*)为35.6 g/ind,褐牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)为9.6 g/ind,假睛东方鲀(*Takifugu pseudomus*)为18.0 g/ind。

鱼类平均个体质量8月最小,仅为7.05 g,主要为当年的矛尾虾虎鱼和斑尾刺虾虎鱼的幼鱼,随着这2个优势种类个体质量的增加,鱼类平均个体质量在10月、12月不断增加。而在5月,由于大部分矛尾虾虎鱼和斑尾刺虾虎鱼在此期间产卵(此时期数量最多的是小型种类绯鲷和方氏锦鲷),捕捞个体为产后尚未死亡的1龄个体,因此这一时期鱼类平均个体质量相对较高,为仅次于冬季的次高季节。

3.3 优势种的演替

k-优势度曲线和群落相似性分析表明,群落中少数几个种类占有绝对优势,同时群落的稳定性较差。优势种类季节更替明显,没有在4次调查中均成为优势种的斑尾刺虾虎鱼和寄居蟹分别在3个季节调查中成为优势种,扁玉螺、矛尾虾虎鱼和脊腹褐虾在2个季节成为优势种(表6),口虾蛄和寄居蟹在4次调查中均进入生态优势度前10位。这些种类成为莱州湾底层渔业生物季节更替的主要种类,吴强等^[20]的研究表明这些种类也是中国北部海域的优势种类。

3.4 弓子网利用资源组成

弓子网是网口为框架型的4片式小型底拖网,其作业目标主要为活动能力较弱的底层渔业生物。在莱州湾,弓子网主要渔获物为底层鱼类和甲壳类,占全年渔获量的80.6%,贝类比例较低(仅占15.8%),为仅高于头足类的类别。这与张旭等^[9]对黄河口海域的研究结果不同,贝类在春季、夏季调查中比例分别为84.4%和71.1%。

弓子网虽为小型网具,但在莱州湾,弓子网是该海域普遍使用的作业网具,单船作业时可同时拖曳8~12个弓子网网具,而且弓子网铁框架的网口对底栖环境造成巨大破坏,对幼鱼资源也存在极大的威胁。为保护莱州湾业已遭到破坏的渔业资源,应严格控制弓子网作业渔船数量。

表 6 莱州湾生物量居前 10 位的底层渔业生物及其季节变化
Tab.6 Top 10 species in biomass of demersal fishery species and its seasonal changes in the Laizhou Bay

序号 no.	春季 spring		夏季 summer		秋季 autumn		冬季 winter	
	种类 species	W/%	种类 species	W/%	种类 species	W/%	种类 species	W/%
1	*寄居蟹 Paguridae spp.	35.5	*矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	11.1	*玉蟹科 Leucosiidae spp.	6.5	*斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	46.1
2	*脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	17.7	*斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	15.5	*斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	27.0	*脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	4.8
3	*扁玉螺 <i>Neverita didyma</i>	19.2	*关公蟹 Dorippinae spp.	9.9	矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	7.5	*寄居蟹 Paguridae spp.	6.7
4	织纹螺 <i>Nassarius</i> sp.	1.4	*枪乌贼 <i>Loliolus</i> sp.	9.0	口虾蛄 <i>Orgtosaquilla oratoria</i>	12.0	*扁玉螺 <i>Neverita didyma</i>	5.4
5	绒螯近方蟹 <i>Hemigrapsus penicillatus</i>	3.9	*寄居蟹 Paguridae spp.	5.5	寄居蟹 Paguridae spp.	2.4	*矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	11.8
6	鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	5.0	*口虾蛄 <i>Orgtosaquilla oratoria</i>	9.4	日本蟳 <i>Charybdis japonica</i>	4.3	织纹螺 <i>Nassarius</i> sp.	1.1
7	日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	1.4	*日本蟳 <i>Charybdis japonica</i>	3.7	扇贝 Pectinidae spp.	21.7	脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>	4.2
8	葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	0.6	鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	5.0	枪乌贼 <i>Loliolus</i> sp.	1.7	口虾蛄 <i>Orgtosaquilla oratoria</i>	7.8
9	日本蟳 <i>Charybdis japonica</i>	3.7	葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	1.0	织纹螺 <i>Nassarius</i> sp.	0.8	葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	1.4
10	口虾蛄 <i>Orgtosaquilla oratoria</i>	1.8	三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	4.4	短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyeri</i>	2.4	玉蟹科 Leucosiidae spp.	0.6

注: *表示优势种(IRI≥1 000); W 为渔获生物量百分比.

* denotes dominant species (IRI≥1000). W denotes percentages of biomass.

参考文献:

- [1] 金显仕, 邓景耀. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化[J]. 生物多样性, 2000, 8(1): 65-72.
- [2] 邓景耀, 金显仕. 莱州湾及黄河口海域渔业生物多样性及其保护研究[J]. 动物学研究, 2000, 21(1): 76-82.
- [3] 王平, 焦燕, 任一平, 等. 莱州湾、黄河口水域春季近岸渔获生物多样性特征的调查研究[J]. 海洋湖沼通报, 1999(1): 40-44.
- [4] 朱鑫华, 缪锋, 刘栋, 等. 黄河口及邻近海域鱼类群落时空格局与优势种特征研究[J]. 海洋科学集刊, 2001(43): 141-151.
- [5] Yang J M, Wag C X. Primary Fish Survey in the Huanghe River Estuary[J]. Chin J Oceanol Limnol, 1993, 11 (4): 368-374.
- [6] Chen D G, Shen W Q, Liu Q, et al. The geographical characteristics and fish species diversity in the Liuzhou Bay and Yellow River estuary [J]. J Fish Sci Chin, 2000, 7(3): 46-52.
- [7] 金显仕, 邓景耀. 莱州湾春季渔业资源及生物多样性的年间变化[J]. 海洋水产研究, 1999, 20(1): 6-12.
- [8] 程济生. 黄、渤海近岸水域生态环境与生物群落[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2004: 209-244.
- [9] 张旭, 张秀梅, 高天翔, 等. 黄河口海域弓子网渔获物组成及其季节变化[J]. 渔业科学进展, 2010, 30(6): 118-124.
- [10] 国家质检总局, 国家标准化委员会. 海洋调查规范第 6 部分: 海洋生物调查[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 56-62.
- [11] 刘瑞玉. 中国海洋生物名录[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 903-1066.
- [12] Margalef R. Information theory in ecology [J]. Gen Syst, 1958, 3: 36-71.
- [13] Wilhm J L. Use of biomass units in Shannon's formula [J]. Ecology, 1968, 49: 153-156.
- [14] Pielou E C. Ecological Diversity [M]. New York: Wiley, 1975.
- [15] Simpson E H. Measurement of diversity [J]. Nature, 1949, 163: 688.
- [16] 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.
- [17] Bray T R, Curtis J T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin[J]. Ecol Monogr, 1957, 27: 325-349.
- [18] 吕振波, 徐炳庆, 李凡, 等. 2006 年春、秋季黄海山东海域鱼类资源结构与数量分布[J]. 中国水产科学, 2011, 18(6): 1335-1342.
- [19] 徐炳庆, 吕振波, 李凡, 等. 山东半岛南部近岸海域夏季游泳动物的组成特征[J]. 海洋渔业, 2011, 33(1): 59-65.
- [20] 吴强, 王俊, 金显仕, 等. 中国北部海域主要无脊椎动物群落结构及多样性[J]. 中国水产科学, 2011, 18(5): 1152-1160.

Seasonal changes in the community structure of the demersal fishery in Laizhou Bay

LI Fan, LU Zhenbo, Wei Zhenhua, WANG Tiantian, XU Bingqing, WANG Zhongquan

Shandong Marine and Fishery Research Institute, Shandong Provincial Key Laboratory of Restoration for Marine Ecology, Yantai 264006, China

Abstract: We evaluated seasonal changes in the community structure of a demersal fishery in Laizhou Bay, China using data collected by beam trawl in May, August, October, and December of 2010. We captured fish at 19 sites in the study area ($37^{\circ}12' - 37^{\circ}40'N$, $119^{\circ}05' - 120^{\circ}00'E$). We collected a total of 78 species. The number of species was lower in spring than in other seasons. In terms of biomass, crustaceans were the most dominant category, followed by fish, cephalopods, and shellfish. The total biomass was highest in autumn, followed by spring, winter, and summer. The spatial distribution of biomass differed significantly among the seasons, primarily because of changes in the seasonal distribution of a few dominant species. We used the index of relative importance (IRI) to estimate the importance of each species in the community. The dominant species, which was defined based on an IRI value of >1000 , were *Leucosiidae* spp., *Diogenes* spp., *Acanthogobius ommaturus*, and *Neverita didyma*. The values for the Margalef richness index, Shannon-Wiener diversity index, and Pielou's evenness were higher in summer than in the remaining seasons. We used Jaccard's similarity index to assess the similarity of species among the seasons. Jaccard's similarity was low between winter and the other seasons, but high between spring and summer, summer and autumn, and spring and autumn. We used ANOSIM to evaluate the dissimilarity of the fish community between seasons. The community similarity was low between spring and the other seasons both for biomass and abundance. We conclude that: (1) in Laizhou Bay, larger-sized, high-value, complex-age-structured species have been replaced by small, low-value, simple-age-structured species. (2) The mean body weight is low and the community is dominated by smaller individuals. (3) The community consists of relatively few dominant species, and is unstable, evidenced by seasonal replacement of the dominant species. (4) Beam trawling is harmful to the fishery and should be limited.

Key words: beam trawl; demersal fishery; spatial distribution; dominant species; diversity; similarity of community; Laizhou Bay

Corresponding author: LU Zhenbo. E-mail: ytlvzhenbo@163.com