

渤海鱼类群落功能群及其主要种类

张波*, 李忠义, 金显仕

(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2009年8月和10月对渤海渔业资源的底拖网调查,采用胃含物分析、聚类分析和功能群划分的方法研究了渤海鱼类群落的功能群组成及其主要种类。结果表明,渤海夏、秋季鱼类群落包括7个功能群,分别为浮游动物食性功能群、杂食性功能群、底栖动物食性功能群、虾食性功能群、虾/鱼食性功能群、鱼食性功能群和广食性功能群;其中主要功能群为浮游动物食性功能群、杂食性功能群和虾/鱼食性功能群;主要种类有小黄鱼、蓝点马鲛、斑鲆、赤鼻棱鲷、银鲳和黄鲫。圆筛藻、中华哲水蚤、太平洋磷虾、长额刺糠虾、中国毛虾、甲壳类幼体、日本鼓虾、六丝矛尾鰕虎鱼、小黄鱼、双壳类和腹足类是当前渤海夏、秋季鱼类群落的主要饵料种类。

关键词: 鱼类群落; 功能群; 主要种类; 渤海

中图分类号: S 931.1

文献标志码: A

渤海是我国内海,是黄渤海主要渔业种类的产卵场和索饵场,也是我国海洋渔业生产的重要渔场。邓景耀等^[1]和金显仕等^[2]对20世纪80年代和90年代初渤海鱼类种类组成、资源结构和数量分布的变动进行了分析讨论,发现曾是渤海最重要渔业种类的对虾(*Penaeus orientalis*)、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、带鱼(*Trichiurus haumela*)资源已经严重衰退,而小型中上层鱼类成为渤海的优势种。这些小型中上层种类也在不断更替中^[3]。渤海高营养层次的营养级从1959—1960年的4.06下降到1998—1999年的3.41,以平均每十年下降0.17的速度下降,高于全球平均每十年下降0.03~0.10的下降速度^[4]。李显森等^[5]的研究发现渤海渔业生物生殖群体的组成也在向小型化、低质化转变,不仅直接影响到该区域的渔业资源,对黄海渔业资源的补充和恢复也构成了重大威胁。渤海作为黄、渤海区鱼类的产卵场和索饵场的功能已经退化。同时,渤海渔业资源生产功能的严重衰退,渤海作为“黄

渤海渔业摇篮”的说法也已经名不副实。

在当前由于过度捕捞和环境退化迫使渤海生态系统稳定性转差,部分食物网被毁坏^[3]的情况下,食物网结构与邓景耀等^[6-7]和孟田湘^[8]的研究结果有了很大的变化,因此,有必要对渤海生态系统的食物网结构重新进行认识。为了简化海洋生态系统食物网及其营养动力学过程的研究,常采用划分功能群(即在食物网中具有相似功能地位的物种的集合)的方法来研究生物群落结构^[9]。因此,本研究采用功能群的研究方法,划分渤海鱼类群落的功能群,对各功能群的主要种类、摄食及其主要饵料种类进行研究,为渤海生物资源养护行动的开展提供背景资料。

1 材料与方法

1.1 样品的采集与分析

2009年的8月和10月,用莱州鲁莱渔6802/6836双拖渔船对渤海进行了大面综合调查,取样站位如图1所示。调查网具网口高度6 m,网口宽度

收稿日期:2011-07-07 修回日期:2011-09-30

资助项目:国家自然科学基金项目(41076110);国家重点基础研究发展计划项目(2011CB409805);公益性行业(农业)科研专项经费(200903005);山东省泰山学者工程专项;农业部黄渤海渔业资源环境重点野外科学观测试验站资助

通讯作者:张波, E-mail: zhangbo@ysfri.ac.cn

<http://www.scxuebao.cn>

22.6 m,网口周长 1740 目,网目 63 mm,囊网网目 20 mm。定点站位拖网 1 h,拖速为 3.0 kn。

取样个体经生物学测定后,取出消化道立即速冻保存。胃含物分析时,将其解冻用吸水纸吸去水分后,再在双筒解剖镜下鉴定饵料生物的种类并分别计数和称重,食物重量精确到 0.001 g,并尽量鉴定到最低分类单元。由于银鲷(*Pampus argenteus*)消化系统的特殊性^[10],难以用传统的胃含物分析方法研究其摄食习性,因此本研究除银鲷的食物组成引自韦晟等^[11]的研究结果以外,共分析 8 月的 20 种鱼类 4 763 个胃含物样品,10 月的 19 种鱼类 2 500 个胃含物样品;两个月份样品的渔获量之和分别占该月份渤海鱼类群落总渔获量的 98.71% 和 96.47% (表 1)。

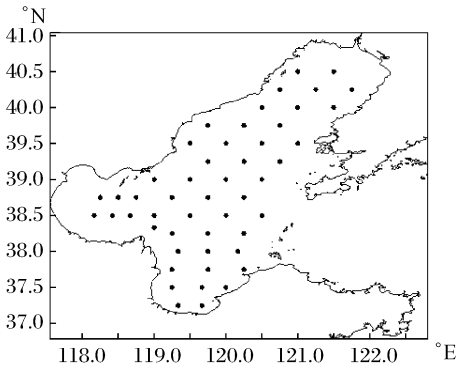


图 1 取样站位图
Fig.1 Sampling stations

表 1 渤海各鱼种胃含物样品
Tab.1 Stomach samples of fish species in the Bohai Sea

鱼种 fish species	8 月 August			10 月 October		
	长度范围/mm length range	平均体长/mm mean length	样品数 number	长度范围/mm length range	平均体长/mm mean length	样品数 number
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	38 ~ 218	107.52 ± 43.92	1 525	56 ~ 201	100.37 ± 22.00	715
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	181 ~ 373	241.91 ± 32.82	295	166 ~ 400	364.82 ± 47.02	22
斑鲆 <i>Clupanodon punctatus</i>	68 ~ 206	116.71 ± 21.77	649	104 ~ 194	140.60 ± 12.64	329
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	55 ~ 192	143.52 ± 23.35	467	59 ~ 183	106.61 ± 28.66	424
长蛇鲻 <i>Saurida elongate</i>	228 ~ 318	258.36 ± 25.20	14	112 ~ 253	187.52 ± 33.65	35
长吻红舌鲷 <i>Cynoglossus lighti</i>	95 ~ 231	144.83 ± 26.27	346	68 ~ 178	140.08 ± 24.61	52
短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	93 ~ 173	127.17 ± 16.36	132	129 ~ 202	168.57 ± 15.41	46
赤鼻棱鲷 <i>Thrissa kammalensis</i>	97 ~ 122	105.32 ± 6.17	44	52 ~ 125	62.63 ± 10.13	82
大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	75 ~ 219	135.27 ± 31.58	126	111 ~ 139	123.00 ± 8.60	8
黄鲛鲷 <i>Lophius litulon</i>	72 ~ 145	107.48 ± 17.29	103	146 ~ 334	210.03 ± 31.69	39
六丝矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	60 ~ 202	94.17 ± 13.37	195	41 ~ 147	82.89 ± 22.04	174
矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	43 ~ 156	96.91 ± 18.93	234	47 ~ 181	113.50 ± 23.17	233
青鳞沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	57 ~ 84	70.63 ± 7.96	35	67 ~ 96	78.05 ± 8.27	46
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i>	52 ~ 132	82.81 ± 19.40	37	66 ~ 122	88.14 ± 11.72	29
许氏平鲈 <i>Sebastes fuscescens</i>	60 ~ 290	140.99 ± 37.35	100	53 ~ 232	107.67 ± 36.06	124
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	110 ~ 363	161.80 ± 54.02	124	136 ~ 387	196.71 ± 35.47	81
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	58 ~ 211	115.17 ± 44.99	59	—	—	—
褐菖鲈 <i>Sebastes marmoratus</i>	48 ~ 170	95.19 ± 36.96	200	—	—	—
石鲈 <i>Platichthys bicoloratus</i>	87 ~ 117	101.13 ± 8.02	16	—	—	—
细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	102 ~ 226	149.11 ± 26.02	62	—	—	—
绯(鲷) <i>Callionymus beniteguri</i>	—	—	—	67 ~ 106	82.68 ± 10.55	37
长绵鲷 <i>Enchelyopus elongatus</i>	—	—	—	112 ~ 276	224.40 ± 49.20	10
油鲳 <i>Sphyræna pinguis</i>	—	—	—	161 ~ 195	176.86 ± 9.59	14

1.2 数据分析

根据胃含物分析结果,将各鱼种的食物组成归为以下饵料类群:浮游植物、桡足类、磷虾类、毛虾类、糠虾类、蜃类、底层虾类、蟹类、蛇尾类、腹足类、双壳类、多毛类、钩虾类、头足类、鱼类和其它类(包括不可辨认的饵料生物,以及在食物中出现频率百

分比组成未达到 1% 的饵料类群)。采用 PRIMER v5.0 对各鱼种食物组成的出现频率百分比组成进行聚类分析,用 60% 的 Bray-Curtis 相似性系数为标准来划分功能群。由于 8 月捕获的小黄鱼中幼鱼占一半以上,而且 Xue 等^[12]和郭斌等^[13]的研究表明,小黄鱼的摄食有明显的随体长转换的现象,因此将 8

月小黄鱼的摄食分为小黄鱼幼鱼和成鱼进行聚类分析。根据各种类的渔获量确定各月份鱼类群落的主要功能群,以及各功能群的主要种类。

出现频率百分比组成($FO\%$) =

$$\frac{\text{某饵料生物的出现频率}}{\text{各饵料生物出现频率的总和}} \times 100$$

$$\text{出现频率}(\%) = \frac{\text{含有某饵料生物实胃数}}{\text{总实胃数}} \times 100$$

2 结果

2.1 渤海鱼类群落的功能群组成

8月 聚类分析表明渤海8月鱼类群落的功能群由7个功能群组成,包括浮游动物食性功能群、杂食性功能群、底栖动物食性功能群、虾食性功能群、虾/鱼食性功能群、鱼食性功能群和广食性功能群(图2)。虾食性功能群摄食的相似性水平为62.32%,包括皮氏叫姑鱼、六丝矛尾鰕虎鱼和大泷六线鱼,摄食62.50%的底层虾类和8.68%的口足类,同时还摄食一定比例的底栖动物和鱼类(图3-1)。虾/鱼食性功能群摄食的相似性水平为62.90%,包括2个亚功能群。小黄鱼成鱼、褐菖鲈和蓝点马鲛是一个亚功能群,摄食的相似性水平为68.44%,摄食23.23%底层虾类和43.90%的鱼类,同时还摄食21.63%的浮游动物,其中毛虾类占摄食浮游动物的60.89%;细纹

狮子鱼、白姑鱼和许氏平鲈是一个亚功能群,摄食的相似性水平为73.79%,摄食54.69%的底层虾类和30.76%的鱼类,同时还摄食蟹类、口足类和头足类(图3-2)。广食性功能群摄食的相似性水平为64.02%,包括鲷和矛尾鰕虎鱼,摄食底层虾类、蟹类、口足类、双壳类、钩虾类、头足类和鱼类(图3-3)。鱼食性功能群摄食的相似性水平为82.6%,包括长蛇鲻和黄鲛鲷,摄食96.55%的鱼类(图3-4)。浮游动物食性功能群摄食的相似性水平为67.72%,包括2个亚功能群。小黄鱼幼鱼和赤鼻棱鲷是一个亚功能群,摄食的相似性水平为72.1%,摄食69.44%的浮游动物,主要摄食桡足类、磷虾类和咸类,同时还摄食较大比例的底层虾类;青鳞沙丁鱼和黄鲫是一个亚功能群,摄食的相似性水平为83.26%,摄食97.57%的浮游动物,主要摄食桡足类、毛虾类、磷虾类和甲壳类幼体(图3-5)。杂食性鱼类功能群包括2个亚功能群,兼食浮游植物和其它动物性饵料,由于摄食的动物性饵料差异较大,摄食的相似性水平很低。银鲳是一个亚功能群,主要摄食浮游植物和桡足类;斑鲳是另一个亚功能群,除摄食浮游植物和浮游动物以外,还摄食25.43%的腹足类和35.97%的双壳类(图3-6)。底栖动物食性功能群摄食的相似性水平为86.73%,包括短吻红舌鲷、石鲷和长吻红舌鲷,摄食61.28%的双壳类和31.21%的钩虾类(图3-7)。

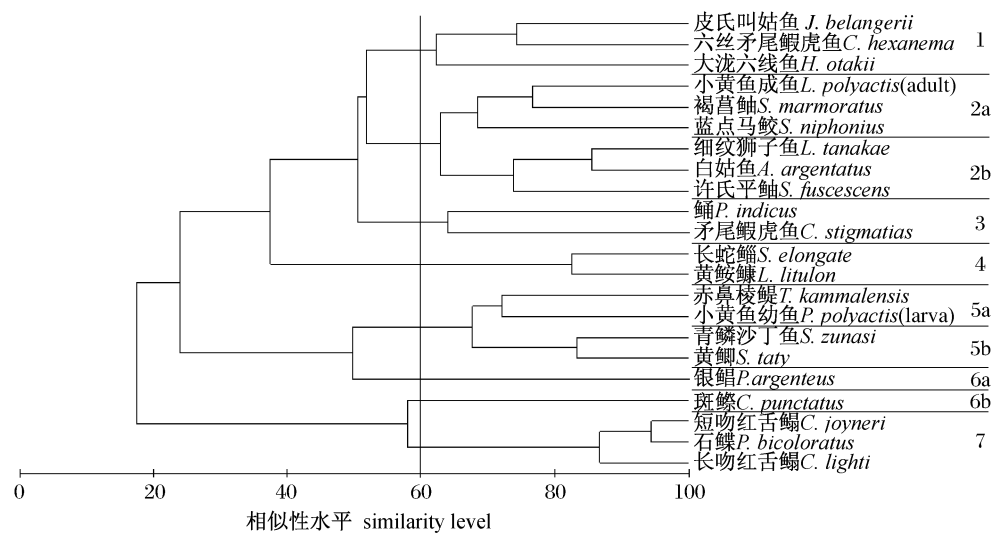


图2 渤海8月鱼类群落功能群的聚类分析图

1. 虾食性; 2a~2b. 虾/鱼食性; 3. 广食性; 4. 鱼食性; 5a~5b. 浮游动物食性; 6a~6b. 杂食性; 7. 底栖动物食性。

Fig.2 Dendrogram of different functional group in August fish assemblages of the Bohai Sea defined by cluster analysis

1. shrimp predators; 2a~2b. shrimp/fish predators; 3. generalist predators; 4. piscivores; 5a~5b. zooplanktivores; 6a~6b. omnivores; 7. benthivores.

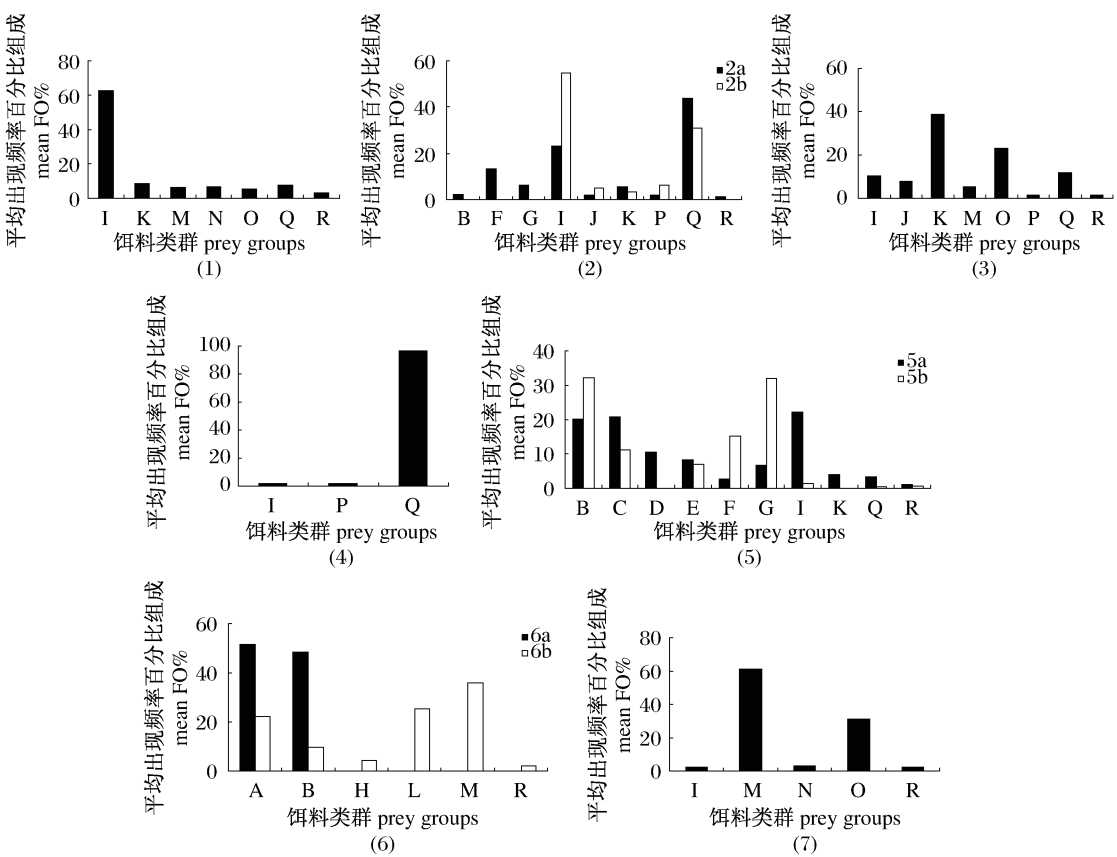


图3 渤海8月鱼类群落各功能群的食物组成

(1) 虾食性; (2) 虾/鱼食性; (3) 广食性; (4) 鱼食性; (5) 浮游动物食性; (6) 杂食性; (7) 底栖动物食性。

A. 浮游植物; B. 桡足类; C. 磷虾类; D. 蛾类; E. 糠虾类; F. 毛虾类; G. 甲壳类幼体; H. 介形类; I. 底层虾类; J. 蟹类; K. 口足类; L. 腹足类; M. 双壳类; N. 多毛类; O. 钩虾类; P. 头足类; Q. 鱼类; R. 其它。

Fig.3 Diet composition of each functional groups in August fish assemblages of the Bohai Sea

(1) shrimp predators; (2) shrimp/fish predators; (3) generalist predators; (4) piscivores; (5) zooplanktivores; (6) omnivores; (7) benthivores.

A. Phytoplankton; B. Copepoda; C. Euphausiacea; D. Hyperiid amphipods; E. Mysidae; F. Acetes; G. Crustacea larva; H. Ostracoda; I. Demersal shrimp; J. Crab; K. Stomatopoda; L. Gastropoda; M. Bivalvia; N. Polychaeta; O. Gammarid amphipods; P. Cephalopoda; Q. Fish; R. Others.

10月 聚类分析表明,渤海10月鱼类群落的20种鱼类由6个功能群组成,包括浮游动物食性功能群、杂食性功能群、底栖动物食性功能群、虾/鱼食性功能群、鱼食性功能群和广食性功能群(图4)。虾/鱼食性功能群摄食的相似性水平为74.34%,包括鲮、许氏平鲉、小黄鱼和皮氏叫姑鱼,摄食51.12%的底层虾类和23.79%的鱼类(图5-1)。广食性功能群摄食的相似性水平为66.16%,包括2个亚功能群,摄食底层虾类、蟹类、底栖动物和鱼类。矛尾鰕虎鱼和长吻红舌鲷是一个亚功能群,摄食的相似性水平为75.95%;六丝矛尾鰕虎鱼、短吻红舌鲷和大泷六线鱼是一个功能群,摄食的相似性水平为79.93%(图5-

2)。底栖动物食性功能群摄食的相似性水平为89.22%,包括鲱(鲱)和长绵鲷,摄食95.45%的钩虾类(图5-3)。鱼食性功能群摄食的相似性水平为66.47%,包括2个亚功能群。蓝点马鲛、长蛇鲻和油鲳是一个亚功能群,摄食的相似性水平为77.64%,摄食94.09%的鱼类;黄鲛鲷是一个亚功能群,摄食60.53%的底层虾类,同时摄食34.21%的底层虾类(图5-4)。杂食性功能群摄食的相似性水平为74.88%,包括2个亚功能群。银鲳和青鳞沙丁鱼是一个亚功能群,摄食的相似性水平为88.84%,主要摄食浮游植物和桡足类;斑鲷为一个亚功能群,除摄食浮游植物和桡足类以外,还摄食12.75%的底栖动物饵料(图5-5)。

浮游动物食性功能群摄食的相似性水平为 78.28%,包括黄鲫和赤鼻棱鲷,摄食 86.05% 的浮游动物,主要包括桡足类、毛虾类、糠虾类和磷虾类(图 5-6)。

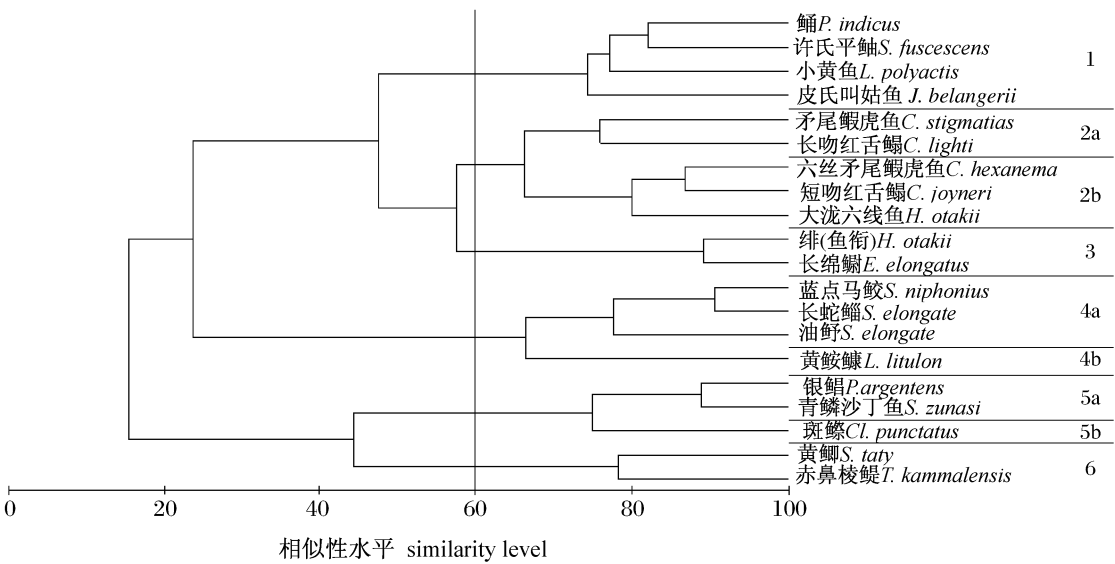


图 4 渤海 10 月鱼类群落功能群的聚类分析图

1. 虾/鱼食性; 2a~2b. 广食性; 3. 底栖动物食性; 4a~4b. 鱼食性; 5a~5b. 杂食性; 6. 浮游动物食性。

Fig. 4 Dendrogram of different functional groups in October fish assemblages of the Bohai Sea defined by Cluster analysis

1. shrimp/fish predators; 2a – 2b. generalist predators; 3. benthivores; 4a – 4b. piscivores; 5a – 5b. omnivores; 6. zooplanktivores.

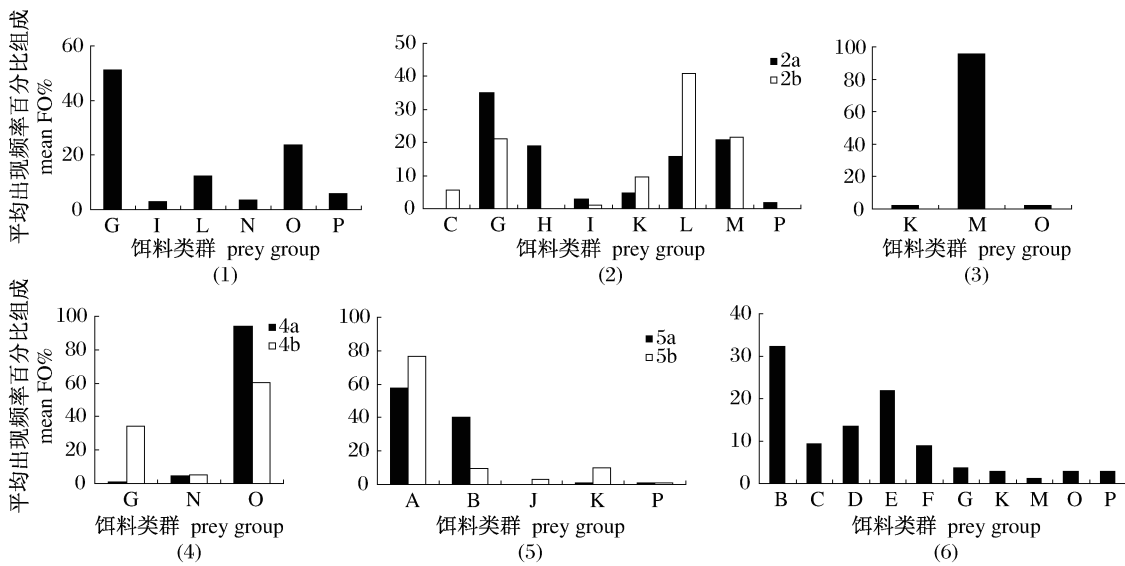


图 5 渤海 10 月鱼类群落各功能群的食物组成

(1) 虾/鱼食性; (2) 广食性; (3) 底栖动物食性; (4) 鱼食性; (5) 杂食性; (6) 浮游动物食性。

A. 浮游植物; B. 桡足类; C. 磷虾类; D. 糠虾类; E. 毛虾类; F. 甲壳类幼体; G. 底层虾类; H. 蟹类; I. 口足类; J. 腹足类; K. 双壳类; L. 多毛类; M. 钩虾类; N. 头足类; O. 鱼类; P. 其它。

Fig. 5 Diet composition of each functional group in October fish assemblages of the Bohai Sea

(1) shrimp/fish predators; (2) generalist predators; (3) benthivores; (4) piscivores; (5) omnivores; (6) zooplanktivores.

A. Phytoplankton; B. Copepoda; C. Euphausiacea; D. Mysidae; E. Acetes; F. Crustacea larva; G. Demersal shrimp; H. Crab; I. Stomatopoda; J. Gastropoda; K. Bivalvia; L. Polychaeta; M. Gammarid amphipods; N. Cephalopoda; O. Fish; P. Others.

2.2 渤海鱼类群落的主要功能群和主要种类

根据各功能群的渔获量(图6),渤海8月鱼类群落的主要功能群为虾/鱼食性功能群、浮游动物食性功能群和杂食性功能群,其中虾/鱼食性功能群和浮游动物食性功能群所占比例最大,占总渔获量的86.93%,其次是杂食性功能群,占10.46%;其余4种功能群:底栖动物食性功能群、虾食性功能群、鱼食性功能群和广食性功能群所占的比例很小,共占2.60%。根据各种类渔获量排序(表2),渤海8月鱼类群落的主要种类包括小黄鱼、蓝点马鲛、斑鲈、银鲳和黄鲫,占总渔获量的94.43%,其中小黄鱼所占比例最大,为

71.15%。渤海10月鱼类群落的主要功能群为虾/鱼食性功能群、浮游动物食性功能群和杂食性功能群,占总渔获量的93.30%;与8月相比,浮游动物食性功能群的比例下降,杂食性功能群的比例上升。其余3种功能群:底栖动物食性功能群、鱼食性功能群和广食性功能群所占比例较小,共占6.71%;鱼食性功能群和广食性功能群的比例有所增加,分别从8月的0.30%和1.01%增加到10月的4.17%和2.32%。根据各种类渔获量排序(表2),渤海10月鱼类群落的主要种类包括小黄鱼、赤鼻棱鳀、斑鲈、银鲳和黄鲫,占总渔获量的84.13%,其中小黄鱼所占比例仍是最大的。

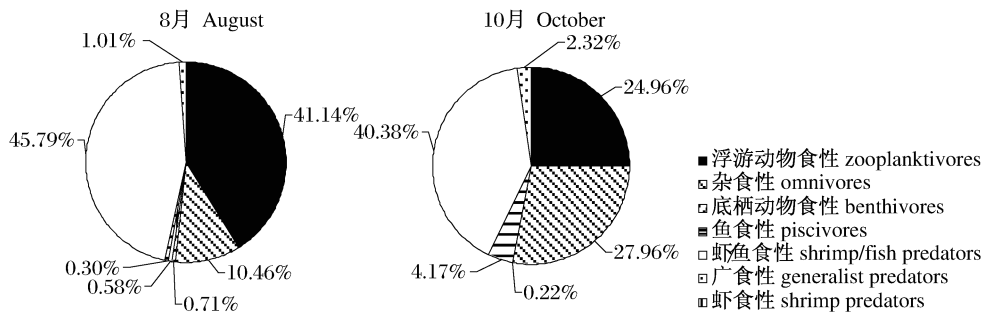


图6 渤海鱼类群落各功能群的渔获量组成
Fig.6 Biomass composition of functional groups in fish assemblages in the Bohai Sea

表2 渤海鱼类群落的主要种类
Tab.2 The major species of fish assemblages in the Bohai Sea

鱼种 fish species	8 月 August		鱼种 fish species	10 月 October	
	渔获量/% biomass	所属功能群 functional group		渔获量/% biomass	所属功能群 functional group
小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	36.15(幼鱼)	浮游动物食性 zooplanktivores	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	34.95(成鱼)	虾/鱼食性 shrimp/fish predators
	35.04	虾/鱼食性 shrimp/fish predators			
蓝点马鲛 <i>S. niphonius</i>	8.80	虾/鱼食性 shrimp/fish predators	赤鼻棱鳀 <i>T. kammalensis</i>	16.55	浮游动物食性 zooplanktivores
斑鲈 <i>C. punctatus</i>	5.89	杂食性 omnivores	银鲳 <i>P. argenteus</i>	16.32	杂食性 omnivores
银鲳 <i>P. argenteus</i>	4.44	杂食性 omnivores	斑鲈 <i>C. punctatus</i>	8.69	杂食性 omnivores
黄鲫 <i>S. taty</i>	4.20	浮游动物食性 zooplanktivores	黄鲫 <i>S. taty</i>	7.53	浮游动物食性 zooplanktivores

3 讨论

Garrison^[14]认为尽管生态系统中生物群落的种类组成会有显著变化,但食物资源的利用方式,

即功能群的组成还是相对稳定的。采用划分功能群的方法来研究生物群落结构可以大大简化海洋生态系统的食物网及其营养动力学过程研究。功能群的研究多是定性地对某一生态系统的功能群

组成进行划分^[14-18],张波等^[9,19-20]研究了黄、东海及长江口生物群落的功能群组成,并根据各功能群及各种类的生物量组成,探讨了在生态系统中发挥关键作用的主要功能群及其主要种类。本研究则是在此基础上,对渤海鱼类群落的功能群组成、主要功能群及其主要种类进行了研究。

根据对渤海鱼类群落的 24 种鱼类功能群的划分,结果表明,渤海夏、秋季鱼类群落包括 7 个功能群,分别为浮游动物食性功能群、杂食性功能群、底栖动物食性功能群、虾食性功能群、虾/鱼食性功能群、鱼食性功能群和广食性功能群;根据渔获量组成,渤海夏、秋季的主要功能群为浮游动物食性功能群、杂食性功能群和虾/鱼食性功能群。如果按本研究将浮游生物食性功能群进一步划分为浮游动物食性功能群和杂食性功能群(兼食浮游动物和浮游植物),东海^[9]、黄海^[19]和长江口^[20]的鱼类群落均包括 7 个功能群,其中浮游动物食性功能群、底栖动物食性功能群、虾食性功能群、鱼食性功能群和广食性功能群是中国近海 4 个典型海域共有的 5 个功能群。黄海和渤海鱼类群落的功能群组成相同;东海鱼类群落有蟹食性功能群和虾/鱼食性功能群,没有杂食性功能群;长江口鱼类群落有蟹食性功能群和杂食性功能群,没有虾/鱼食性功能群。杂食性鱼类功能群从长江口鱼类群落开始出现,到黄、渤海成为鱼类群落的主要功能群。可见,从营养结构的角度,中国近海 4 个海域的鱼类群落可分为黄、渤海一个生态系统,东海一个生态系统,长江口是一个独立的生态系统。同时这也更好地说明黄、渤海作为一个大海洋生态系^[21],渤海和黄海渔业资源的兴衰休戚相关。

本研究结果表明,渤海 8 月的鱼类群落包括 7 个功能群,而 10 月的鱼类群落包括 6 个功能群,没有虾食性功能群。尽管渤海 8 月和 10 月鱼类群落的主要功能群均是浮游动物食性功能群、杂食性功能群和虾/鱼食性功能群,但也存在显著的季节变化。夏季的鱼类群落以幼鱼为主,浮游动物食性功能群所占的比例较大,鱼食性功能群所占的比例很小;秋季的鱼类群落个体长大,浮游动物食性功能群所占的比例大幅下降,杂食性功能群的比例增加,鱼食性功能群和广食性功能群的比例也有所增加。根据万瑞景等^[22]对渤、黄海硬骨鱼类产卵期等的研究发现一年中产卵期集中

在 5—8 月,产卵盛期为 6 月,可见,渤海鱼类群落功能群的季节差异主要是由于鱼类处于不同生长发育阶段引起的。由于渤海的渔业资源多属洄游性种类,它们春季进入渤海,秋末离开^[23],因此,要研究渤海鱼类群落功能群组成的变化还应进一步研究鱼类季节性洄游这一因素的影响。

从复杂的海洋生态系统中选择在食物关系、营养层次转化中发挥重要功能作用的关键种以及重要的生物种类开展研究^[24],从而简化食物网结构,更容易把握生态系统物质和能量流动的特征,当前已初步掌握了我国东海、黄海和长江口 3 个海域生态系统中的主要功能群和主要种类^[9,19-20]。根据本研究结果,渤海鱼类群落夏季的主要种类有小黄鱼、蓝点马鲛、斑鲦、银鲳和黄鲫;秋季的主要种类有小黄鱼、赤鼻棱鲷、银鲳、斑鲦和黄鲫。在本次调查中鲷鱼仅分别占 8 月和 10 月渔获量的 0.08% 和 0.03%,不是当前渤海鱼类群落的主要种类。

邓景耀等^[6]的研究表明浮游动物、鼓虾、六丝矛尾鰕虎鱼、矛尾鰕虎鱼、鲷、短尾类和软体动物是渤海鱼类食物网中的几个主要环节。根据本研究对主要功能群和主要种类摄食的分析,浮游植物、浮游动物、底层虾类、底栖动物和鱼类是渤海鱼类摄食的主要饵料类群。其中浮游植物的圆筛藻;浮游动物中的中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、太平洋磷虾(*Euphausia pacifica*)、长额刺糠虾(*Acanthomysis longirostris*)、中国毛虾(*Acetes chinensis*)和甲壳类幼体;底层虾类中的日本鼓虾(*Alpheus japonicus*);底栖动物中的双壳类和腹足类;以及鱼类中的六丝矛尾鰕虎鱼和小黄鱼是当前渤海鱼类的主要饵料种类。曾是渤海鱼类食物网重要环节的鲷鱼,不仅自身资源量大,同时又是近 40 种捕食者的饵料,在生态系统中起着承上启下的关键作用^[6-7];由于资源量的持续下降,使以其为主要捕食对象的蓝点马鲛等捕食者个体生产不佳,导致部分食物网的毁坏^[3]。另外,作为主要为半滑舌鲷(*Cynoglossus semilaevis*)和孔鲷(*Raja porosa*)等鱼类所摄食的短尾类^[6],随着这些鱼种资源量的大幅下降,也不再是渤海的主要饵料种类了。

体长是鱼类群落功能群研究中的一个重要影响因素^[25],本研究的渤海 8 月鱼类群落中的小黄鱼如果不分成幼鱼和成鱼 2 组,根据胃含物分析

结果,归属于广食性功能群。那么,该月份渤海鱼类群落的主要功能群就是广食性功能群、杂食性功能群和虾/鱼食性功能群,并以广食性功能群所占的比例最大,这显然不符合实际情况。很多研究者在研究中将鱼类划分为不同体长组来研究某一生态系统的功能群组成^[14-17],由于研究中缺乏不同体长组足够的样品量,或者对同一鱼种不同体长组生物量的评估,阻碍了研究的深入开展,这也将是进一步开展研究的工作重点。

参考文献:

- [1] 邓景耀,孟田湘,任胜民,等. 渤海鱼类种类组成及数量分布[J]. 海洋水产研究,1988,9(1):11-90.
- [2] 金显仕,唐启升. 渤海渔业资源结构、数量分布及其变化[J]. 中国水产科学,1998,5(3):18-24.
- [3] 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.
- [4] Zhang B, Tang Q, Jin X. Decadal-scale variations of trophic levels at high trophic levels in the Yellow Sea and the Bohai Sea ecosystem[J]. Journal of Marine System,2007,67(3-4):304-311.
- [5] 李显森,牛明香,戴芳群. 渤海渔业生物生殖群体结构及其分布特征[J]. 海洋水产研究,2008,29(4):15-21.
- [6] 邓景耀,孟田湘,任胜民. 渤海鱼类食物关系的初步研究[J]. 生态学报,1986,6(4):356-364.
- [7] 邓景耀,姜卫民,杨纪明,等. 渤海主要生物种间关系及食物网研究[J]. 中国水产科学,1997,4(4):1-7.
- [8] 孟田湘. 渤海重要底层鱼类食物重叠系数与鱼类增殖[J]. 海洋水产研究,1989,10(1):1-7.
- [9] 张波,唐启升,金显仕. 东海高营养层次鱼类功能群及其主要种类[J]. 中国水产科学,2007,14(6):939-949.
- [10] 孟庆闻,缪学祖,俞泰济. 鱼类学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1989:80-85.
- [11] 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.
- [12] Xue Y, Jin X, Zhang B, et al. Seasonal, diel and ontogenetic variation in feeding patterns of small yellow croaker in the central Yellow Sea[J]. Journal of Fish Biology,2005,67(1):33-50.
- [13] 郭斌,张波,金显仕. 黄海海洲湾小黄鱼幼鱼的食性及其随体长的变化[J]. 中国水产科学,2010,17(2):289-297.
- [14] Garrison P G. Spatial and dietary overlap in the Georges Bank groundfish community[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,2000,57(8):1679-1691.
- [15] Livingston R J. Trophic organization of fishes in a coastal seagrass system[J]. Marine Ecology Progress Series,1982,7:1-12.
- [16] Garrison L P, Link J S. Dietary guild structure of the fish community in the Northeast United States continental shelf ecosystem[J]. Marine Ecology Progress Series,2000,202:231-240.
- [17] Garrison L P, Link J S. Fishing effects on spatial distribution and trophic guild structure of the fish community in the Georges Bank region[J]. ICES Journal of Marine Science,2000,57(3):723-730.
- [18] Reum J C P, Essington T E. Seasonal variation in guild structure of the Puget Sound demersal fish community[J]. Estuaries and Coasts,2008,31(4):790-801.
- [19] 张波,唐启升,金显仕. 黄海生态系统高营养层次生物群落功能群及其主要种类[J]. 生态学报,2009,29(3):1009-1111.
- [20] 张波,金显仕,唐启升. 长江口及邻近海域高营养层次生物群落功能群及其变化[J]. 应用生态学报,2009,20(2):344-351.
- [21] Sherman K. Large marine ecospective as global units for marine resources management-an ecological perspective[C] // Large marine ecosystems: stress, mitigation, and sustainability. AAAS Press, 1993:3-4.
- [22] 万瑞景,姜言伟. 渤、黄海硬骨鱼类鱼卵与仔稚鱼种类组成及其生物学特征[J]. 上海水产大学学报,2000,9(4):290-297.
- [23] 刘效舜. 黄渤海区渔业资源调查与区划[C]. 北京:海洋出版社,1990.
- [24] 唐启升. 海洋食物网与高营养层次营养动力学研究策略[J]. 海洋水产研究,1999,20(2):1-11.
- [25] Munoz A A, Ojeda F P. Guild structure of carnivorous intertidal fishes of the Chilean coast: implications of ontogenetic dietary shifts[J]. Oecologia,1998,114(4):563-573.

Functional groups of fish assemblages and their major species in the Bohai Sea

ZHANG Bo^{*}, LI Zhong-yi, JIN Xian-shi

(Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fishery Resources, Ministry of Agriculture,
Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Shandong Province,
Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: The Bohai Sea is a semi-enclosed shallow sea and is an important spawning, nursery and feeding ground for many migratory species from the Yellow Sea. Currently, overfishing and environment degradation may have changed the community structure in the Bohai Sea. The decline in the biomass, species composition, and size spectrum indicates a degradation of the Bohai Sea ecosystem. At the same time, the mean trophic level at high trophic level declined faster than global trend. So, it is very necessary to re-understand the feeding relationship in the Bohai Sea. Based on the data collected from bottom trawl surveys conducted in August and October of 2009 in the Bohai Sea, 23 kinds of fish species, not including silver pomfret *Pampus argenteus*, and 7263 stomach samples were analyzed. According to stomach analysis, the cluster analysis, of which 60% of similarity level was used as criterion, was used to study the functional groups and their major species of fish assemblages in the Bohai Sea. The results suggested that seven functional groups were divided among fish assemblages in the Bohai Sea, that is zooplanktivores, omnivores, benthivores, shrimp predators, shrimp/fish predators, piscivores and generalist predators. In China coastal seas, the trophic structure of the Yellow Sea and Bohai Sea was similar and they belong to a large marine ecosystems, so variations in their fisheries resources relate closely with each other. Although according to the biomass, zooplanktivores, omnivores and shrimp/fish predators were all major functional groups in August and October, there were some remarkable seasonal differences between two months. There were seven functional groups in August and six functional groups in October. The most important is that the proportion of each functional group was different. In August, zooplanktivores functional group accounted for larger proportion, but coming into October, the proportion of zooplanktivores functional group substantially declined, and the proportion of omnivores, piscivores and generalist predators functional groups increased. Fish assemblages at different ontogenetic phases was the major reason causing those differences. Since most marine species in the Bohai Sea are migratory species, which come into the Bohai Sea in spring and leave in late autumn, the further study on the difference of functional groups should take into account seasonal migration of fish assemblages. The results also showed that there were 5 major species: small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis*, Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*, gizzard-shad *Clupanodon punctatus*, silver pomfret and half-fin anchovy *Setipinna taty* in August, small yellow croaker, rednose anchovy *Thrissa kammalensis*, silver pomfret, gizzard-shad and half-fin anchovy in October, respectively. According to their diet composition, *Coscinodiscus* sp., *Calanus sinicus*, *Euphausia pacifica*, *Acanthomysis longirostris*, *Acetes chinensis*, *Maeruran* larva, *Alpheus japonicus*, *Chaeturichthys hexanema*, small yellow croaker, gastropoda and bivalvia were main prey species in the Bohai Sea, but now, anchovy and crab are not the main prey species.

Key words: fish assemblages; functional groups; major species; the Bohai Sea

Corresponding author: ZHANG Bo. E-mail: zhangbo@ysfri.ac.cn