

黄海典型断面渔业资源结构的季节变化

单秀娟¹, 孙鹏飞^{1,2}, 金显仕^{1*}, 戴芳群¹

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东省渔业资源与生态环境重点实验室, 山东 青岛 266071;

2. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 为了解黄海渔业资源结构的动态变化, 实验基于 2006 年 9 月(秋季)和 12 月(冬季)、2007 年 3 月和 5 月(春季)对黄海南部三个典型断面(S1 断面位于南黄海南部北部水域, S2 断面位于黄海和东海交界处, S3 断面位于黄海南部中部水域)的渔业底拖网调查数据, 对黄海断面的渔业种类更替、生物量变动、多样性季节变化及其与环境因子的关系进行了初步分析。结果显示, 各季节调查共捕获渔业生物 156 种, 其中鱼类 109 种, 底层鱼类占 89.0%。各季节前 10 位渔业种类的渔获量均占总渔获量的 60% 以上, 且主要渔业种类组成变化不大, 以小黄鱼、黄鲛鳊、细纹狮子鱼、鳀和脊腹褐虾等为主。各季节 S2 断面的主要渔业种类组成有显著变化, 而 S1 和 S3 断面的主要渔业种类组成变化不大, 但各种类渔获量在总渔获量中的比例变化很大; 各断面渔业生物个体体质量一般都小于 40 g。黄海南部海域从南向北各断面渔业种类多样性递减; 各季节的渔业种类数与群落丰富度指数呈正相关。研究表明, 黄海各断面渔业资源结构从北向南存在明显的季节变化, 并且与底层温度和盐度的关系密切。

关键词: 渔业资源; 群落结构; 多样性; 生物量谱; 环境因子

中图分类号: S 931

文献标志码: A

黄海南部地处暖温带, 受黄海暖流、黄海沿岸流和黄海冷水团的交错影响, 生态环境复杂多变, 渔业种类繁多, 形成石岛、青海、海州湾、连青石、吕泗和大沙等优良渔场, 是我国重要的渔业水域, 在海洋渔业捕捞产量中占据重要的地位^[1]。因此, 黄海渔业资源的相关研究引起了国内学者的广泛关注, 其中食物网、营养级结构^[2-4]和生物多样性^[1,5-11]是黄海渔业生态系统的研究焦点。近年来, 由于人类活动对海洋生态系统影响的逐步升级, 特别是过度捕捞和海洋污染, 致使黄海渔业资源结构发生了显著的变化, 优质高营养层次的底层鱼类资源相继衰退, 渔获量大幅度下降, 甚至主要经济种类的幼体也被大量捕捞, 严重影响了渔业资源的可持续利用^[1,6,8-9,12]。本研究基于 2006—2007 年对黄海南部典型断面渔业资源调查的基础上, 对黄海南部典型断面渔业种类更替、

生物量变动、多样性及其与环境因子的关系进行了分析, 以为黄海渔业资源的合理利用、保护及科学管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源和处理

材料取自 2006 年 9 月(秋季)和 12 月(冬季)、2007 年 3 月和 5 月(春季)对黄海南部 3 个典型断面进行的渔业底拖网调查, 调查区域为 120.5°E ~ 124°E, 32°N ~ 36.5°N(图 1), 其中 S1 断面位于黄海南部北部水域, S3 断面位于黄海南部中部水域, S1 和 S3 断面是夏季贯穿黄海冷水团断面, S2 断面位于黄海和东海交界处, 是黄海和东海物质和能量交换的锋面。本次调查设置了 22 个调查站位。“北斗”号渔业调查船的网具参数为底拖网网口 836 目 × 20 cm, 网具总长度

收稿日期:2012-07-25 修回日期:2012-12-21

资助项目:全球变化研究重大科学研究计划(2010CB951204);国家自然科学基金国际(地区)合作交流项目(31061160187);山东省泰山学者专项基金共同资助

通信作者:金显仕, E-mail:jxin@ysfri.ac.cn

83.2 m,囊网网目 2.4 cm,拖速为 3 kn,每站 1 h。同时现场用 Seabird 公司的 CTD 测定了水深、温度和盐度等环境因子的数据。在实验室内对渔获渔业生物进行种类鉴定和生物学测定。

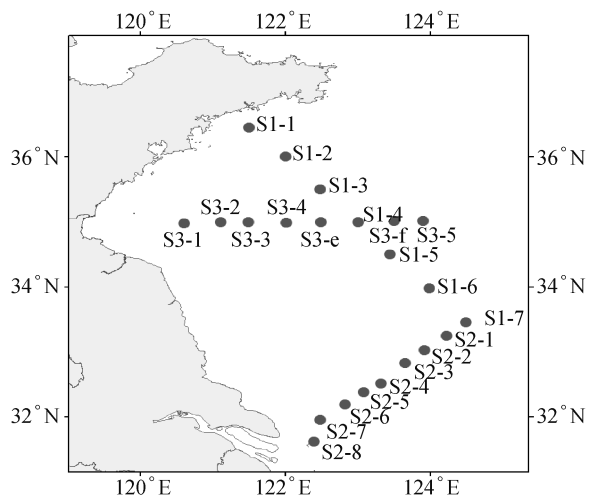


图 1 黄海南部断面的调查站位

Fig. 1 Sampling stations in the sections of the southern Yellow Sea

1.2 群落相似性

用 Bray-Curtis 相似性指数^[13]计算各季节各断面渔业种类组成的差异,分析黄海南部渔业资源结构的变化特征,公式如下:

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

式中, x_{ij} 、 x_{im} 分别为第 i 个种类在第 j 个航次各断面和第 m 个航次各断面的单位时间的渔获量(经过 2 次平方根转换), S 为种类数。

1.3 群落多样性指数

渔业生物群落的多样性分析参照金显仕等^[14]的方法。

1.4 个体生物量谱

根据每种渔业生物的总重量和总尾数,计算平均体质量,然后将该种类的网获尾数分配到相应的个体质量组中。以个体质量组平均每网每小时渔获总尾数的常用对数作纵坐标,个体体质量作横坐标,作两者的关系图。

1.5 数理统计

统计分析和数据作图采用 Microsoft Excel, SPSS 16.0 和 Primer 5.0^[15]。

2 结果

2.1 渔业种类组成

调查渔获的渔业生物鉴定到种的共 156 种,包括鱼类 109 种,占 69.9%,其中中上层鱼类 12 种,占 11.0%,底层鱼类 97 种,占 89.0%;头足类 11 种,占 7.1%;甲壳类 36 种,占 23.0%,其中虾类 20 种,占 55.6%,蟹类 16 种,占 44.4%。

中上层鱼类主要包括鳀 (*Engraulis japonicus*)、竹筴鱼 (*Trachurus japonicus*)、鲐 (*Pneumatophorus japonicus*)、银鲱 (*Pampus argentus*)、黄鲫 (*Setipinna taty*) 和凤鲚 (*Coilia mystus*) 等。

底层鱼类主要包括小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*)、细纹狮子鱼 (*Liparis tanakae*)、黄鲛鲷 (*Lophius litulon*)、大头鲷 (*Gadus macrocephalus*)、高眼鲷 (*Cleisthenes herzensteini*)、长吻红舌鲷 (*Cynoglossus lighti*) 和带鱼 (*Trichiurus haumela*) 等。

甲壳类主要包括葛氏长臂虾 (*Palaemon gravieri*)、戴氏赤虾 (*Metapenaeopsis dalei*)、鹰爪虾 (*Trachypenaeus curvirostris*)、中华管鞭虾 (*Solenocera crassicornis*)、脊腹褐虾 (*Crangon affinis*)、三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*)、日本螯 (*Charybdis japonica*)、双斑螯 (*Charybdis bimaculata*) 和细点圆趾蟹 (*Ovalipes punctatus*) 等。

头足类主要包括双喙耳乌贼 (*Sepiolo birostrata*)、短蛸 (*Octopus ocellatus*) 和长蛸 (*Octopus variabilis*) 等。

2.2 主要渔业种类的变化

从 2006 年 12 月到 2007 年 5 月,各航次前 10 位渔业种类渔获量占总渔获量的百分比由 67.52% 升高至 91.97%。各航次的主要渔业种类组成变化不大,以小黄鱼、黄鲛鲷、细纹狮子鱼、鳀和脊腹褐虾等为主,但是其渔获量百分比组成和相对资源密度变化较大(表 1)。

S1 断面除 2006 年 12 月以外,其他三次调查的主要渔业种类组成变化不大,但各种类渔获量在总渔获量中的比例变化较大;S2 断面各航次的主要渔业种类组成变化较大;S3 断面各航次主要渔业种类组成变化不大,但各种类渔获量在总渔获量中的百分比变化较大(表 2)。

表 1 黄海南部前 10 位渔业种类的变化
Tab. 1 Changes of top ten fishery species in biomass in the southern Yellow Sea

种类名 species	2006-09			种类名 species	2007-03		
	W	W%	F/%		W	W%	F/%
三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	1 242.74	20.99	65	鲈 <i>Pneumatophorus japonicus</i>	1 136.29	43.10	13
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	921.77	15.56	95	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	387.10	14.70	81
细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	735.48	12.42	40	黄鮟鱇 <i>Lophius litulon</i>	140.32	5.31	50
脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	580.65	9.81	50	鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	136.29	5.16	56
黄鮟鱇 <i>Lophius litulon</i>	331.45	5.60	40	脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	112.90	4.28	81
带鱼 <i>Trichiurus haumela</i>	291.94	4.93	55	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	82.26	3.12	63
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	175.00	2.95	70	双斑蟳 <i>Charybdis bimaculata</i>	75.81	2.87	88
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	149.19	2.52	30	细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	50.00	1.89	75
鲢 <i>Müichthys miiuy</i>	133.87	2.26	25	鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>	44.35	1.68	69
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	131.45	2.22	40	中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>	44.13	1.56	38
合计 total	4 693.55	79.27		合计 total	2 206.45	83.68	

种类名 species	2006-12			种类名 species	2007-05		
	W	W%	F/%		W	W%	F/%
黄鮟鱇 <i>Lophius litulon</i>	181.45	17.37	39	鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	1 565.32	66.27	65
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	134.68	10.59	56	黄鮟鱇 <i>Lophius litulon</i>	256.45	10.87	76
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	116.13	9.09	50	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	125.00	5.29	35
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	77.42	6.05	56	脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	58.87	2.49	59
细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	62.90	4.93	56	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	58.87	2.49	59
绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>	62.90	4.91	44	戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dalei</i>	41.13	1.74	24
细点圆趾蟹 <i>Ovalipes punctatus</i>	55.65	4.30	33	绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>	17.14	0.75	24
小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>	47.58	3.71	61	鲢 <i>Müichthys miiuy</i>	16.94	0.72	6
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	42.74	3.33	67	细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	16.94	0.71	53
脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	41.13	3.24	72	高眼鲷 <i>Cleisthenes herzensteini</i>	15.32	0.65	18
合计 total	822.58	67.52		合计 total	2 172.58	91.97	

注:W,W% 分别表示种类的相对资源密度(kg/km²)及其占总渔获量的百分比,F 表示该种类出现的频率。

Notes:W,W% represent relative biomass(kg/km²) and their percentages, respectively,F denotes the frequency of this species.

表 2 黄海南部典型断面前 5 位渔业种类的变化
Tab. 2 Changes of top five fishery species in biomass in the sections of the southern Yellow Sea

断面 sections	种类名 species	2006-09		2006-12		2007-03		2007-05	
		W	W%	W	W%	W	W%	W	W%
S1	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	464.52	27.50			291.94	4.13	104.84	2.05
	细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	357.26	21.15					38.71	0.76
	黄鮟鱇 <i>Lophius litulon</i>	276.61	16.36	526.61	26.77	195.97	4.41	418.55	8.20
	脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	238.71	14.12			171.77	3.88	114.52	2.24
	带鱼 <i>Trichiurus haumela</i>	91.94	5.42						
	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>			172.58	8.80				
	绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>			157.26	7.99				
	鳀 <i>Engraulis japonicus</i>			146.77	7.47	291.94	6.59	4 301.61	84.24
	小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>			127.42	6.46				
	鲈 <i>Pneumatophorus japonicus</i>					3 025.00	68.31		

续表 2

断面 sections	种类名 species	2006-09		2006-12		2007-03		2007-05	
		W	W%	W	W%	W	W%	W	W%
S2	三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	3 502.42	37.95						
	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	1 888.71	20.47						
	带鱼 <i>Trichiurus haumela</i>	661.29	7.16						
	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	412.10	4.47						
	鲩 <i>Müchthys müuy</i>	382.26	4.14						6.14
	葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>				20.06				72.58
	细点圆趾蟹 <i>Ovalipes punctatus</i>			370.97	10.43				
	龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>			192.74	7.72				
	口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>			143.55	7.39				3.92
	中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>			136.29	6.13		11.61	45.97	
	鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>			113.71		162.10	11.33		
	凤鲚 <i>Coilia mystus</i>					158.06	10.97		
	细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>					153.23	9.56		
	脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>					133.87	5.65		
	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>					79.03			42.65
	黄鲛鳔 <i>Lophius litulon</i>							504.03	11.77
	绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>							139.52	6.18
S3	细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	1 845.97	32.57	21.77	2.46			72.58	
	脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	1 488.71	26.28				5.04		7.86
	黄鲛鳔 <i>Lophius litulon</i>	749.19	13.22	100.81	25.44	91.94	8.23	50.81	33.37
	鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	466.94	8.25	108.87	24.67	150.00	4.62	216.13	19.82
	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	276.61	4.88			83.87		128.23	8.28
	尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>			49.19	0.11			53.23	
	银鲳 <i>Pampus argenteus</i>			26.61	1.17				
	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>						62.02		
	双斑蟳 <i>Charybdis bimaculata</i>					1 130.65	6.83		
	高眼鲱 <i>Cleisthenes herzensteini</i>								6.76

2.3 渔业生物量时空分布及生物量谱变化

2006年9月渔业相对资源密度最高,为5 645.97 kg/km²,以甲壳类和底层鱼类为主;2006年12月相对资源密度最低,为1 273.98 kg/km²,也以甲壳类和底层鱼类为主,但中上层鱼类的相对资源密度也较高;2007年3月和5月相对资源密度相差不大,分别为2 630.56和2 361.99 kg/km²,以底层鱼类为主(图2)。

S1断面,2007年5月相对资源密度最高,2006年12月相对资源密度最低,其中2006年9月和12月以甲壳类和底层鱼类为主,2007年3月和5月以中上层鱼类为主;S2断面,2006年9月相对资源密度最高,以底层鱼类和甲壳类为主,

2006年12月以头足类和底层鱼类为主,2007年3月以甲壳类和底层鱼类为主,中上层鱼类也占较高的比重,2007年5月以中上层鱼类和底层鱼类为主,甲壳类也占较高的比重;S3断面,2006年9月相对资源密度较高,以甲壳类和底层鱼类为主,2009年12月以底层鱼类和中上层鱼类为主,2007年3月以中上层鱼类为主,甲壳类和底层鱼类也占较高的比重,2007年5月以底层鱼类和甲壳类为主(图3)。

各航次渔业生物个体体质量大多数低于40 g。S1断面以体质量小于40 g的个体为主,体质量大于90 g的个体也占较高比重;S2断面也以体质量小于40 g的个体为主,2006年9月渔业生物

体质量为 50 g 的个体也占较高比重;S3 断面与 S1 断面类似,也主要是体质量小于 40 g 的个体,

2006 年 9 月体质量为 50、80 g 和大于 110 g 的渔业生物个体比例较高(图 4)。

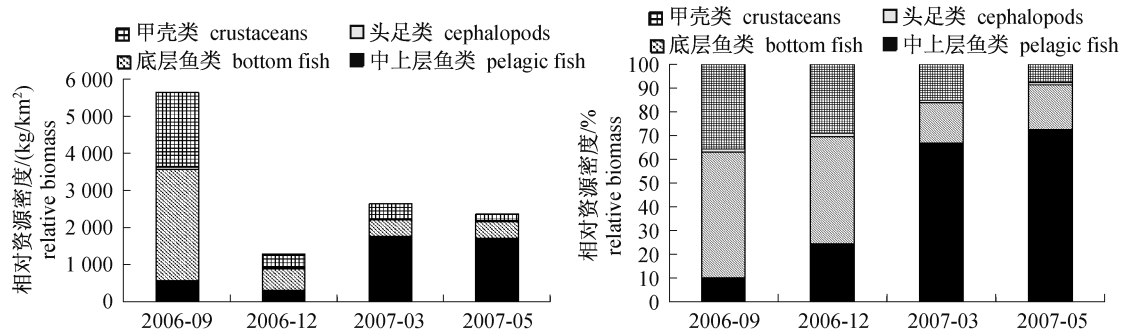


图 2 黄海南部各生态类型相对资源密度的分布

Fig. 2 Relative biomass variations in different fishery ecotypes in the southern Yellow Sea

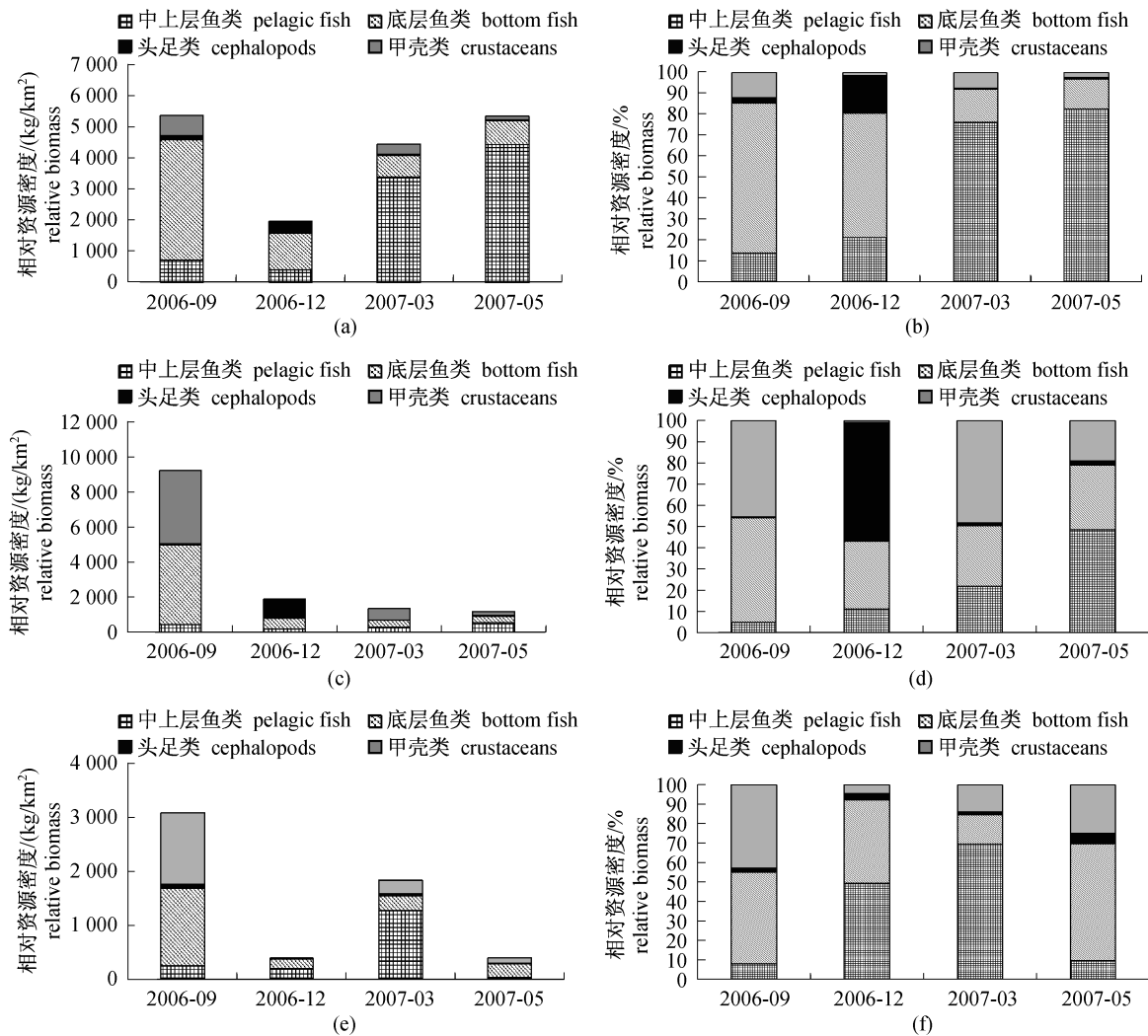


图 3 黄海南部断面各生态类相对资源密度的分布

Fig. 3 Relative biomass variations in different fishery ecotypes in the sections of the southern Yellow Sea

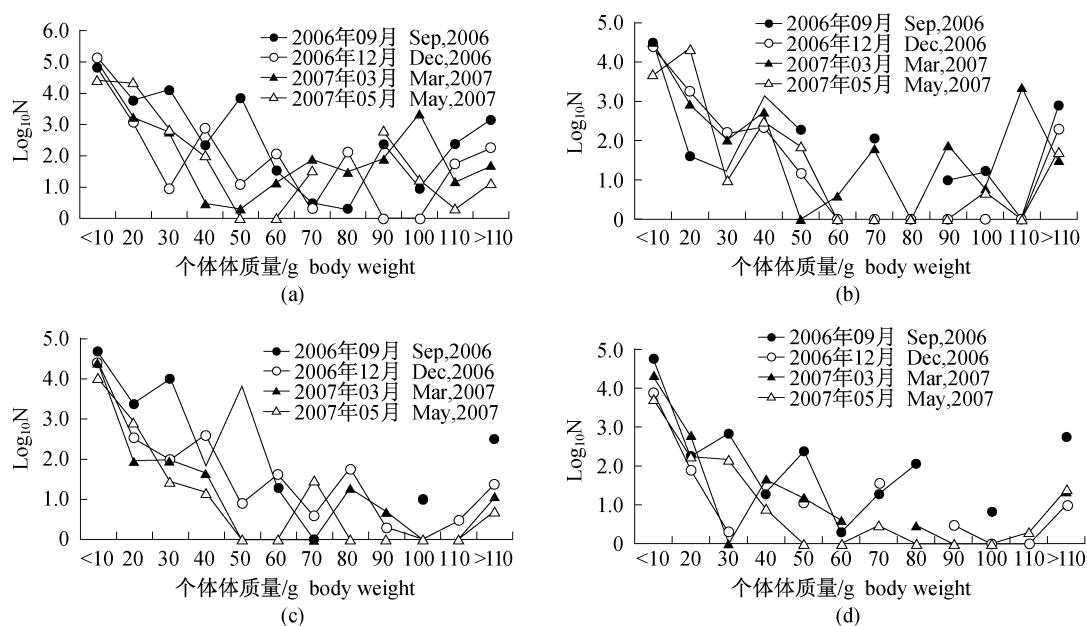


图4 黄海南部断面渔业生物的生物量谱

(a) 总体; (b) S1 断面; (c) S2 断面; (d) S3 断面。

Fig.4 Biomass spectra of fishery species in the sections of the southern Yellow Sea

(a) total; (b) S1 section; (c) S2 section; (d) S3 section.

2.4 渔业种类的多样性和相似性

S2 断面的种类多样性指数较高,并且其种类数、种类均匀度指数和种类丰富度指数也比较高。S1 和 S3 断面多样性指数较低,种类均匀度指数和种类丰富度指数也具有类似的结果(表3)。除2006年9月的S2和S3断面外,各个季节以S1、S2、S3断面分为三个相似的类群(图5)。

2.5 渔业资源结构与环境因子的关系

2006年9月、12月和2007年5月渔业种类数与丰富度指数、均匀度指数均呈显著正相关,并且2006年9月和12月渔业种类数与底层水温也呈显著正相关,2007年3月渔业种类数仅与丰富度指数呈显著正相关;2006年9月、12月和2007年3月渔业资源量与底层鱼类均呈显著正相关,

表3 黄海断面的生物多样性指数

Tab.3 Diversity indices of fishery species in the sections of the southern Yellow Sea

	种类数 S	种类丰富度 指数 D	种类均匀度 指数 J'	香农-威纳 指数 H'
S1-2006-09	49	3.77	0.50	1.95
S2-2006-09	70	5.08	0.52	2.22
S3-2006-09	53	4.16	0.51	2.02
S1-2006-12	53	4.37	0.68	2.71
S2-2006-12	72	6.20	0.71	3.05
S3-2006-12	35	3.36	0.63	2.25
S1-2007-03	56	4.33	0.37	1.47
S2-2007-03	60	5.31	0.73	2.99
S3-2007-03	51	4.30	0.41	1.60
S1-2007-05	37	2.79	0.22	0.78
S2-2007-05	69	6.19	0.57	2.43
S3-2007-05	37	3.49	0.59	2.13

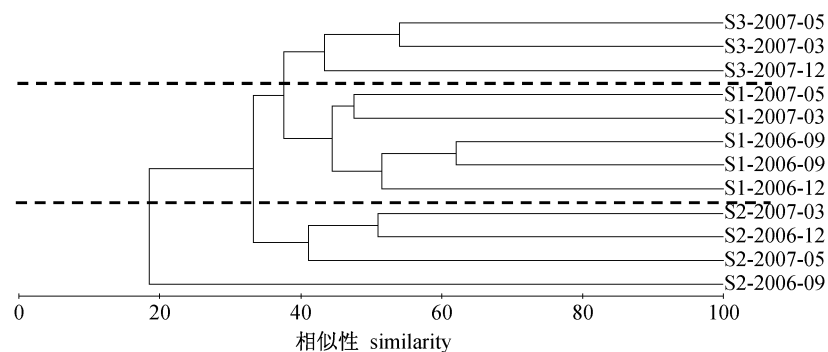


图5 黄海南部断面渔业生物组成的相似性

Fig.5 Similarity of fishery species composition in the sections of the southern Yellow Sea

并且虾蟹类、头足类和中上层鱼类分别在三个航次中也占较高比重,但 2007 年 5 月渔业资源量仅与中上层鱼类呈显著正相关;各航次的种类多样

性指数与均匀度指数均呈正相关,并且与温盐度及深度关系密切(表 4)。

表 4 黄海南部断面渔业资源结构与各因子的关系
Tab. 4 Correlation between environmental factors and fishery resource structure in the sections of the southern Yellow Sea

时间 time	因子 factors													
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14
2006-09	F1	1												
	F2	0.245	1											
	F3	0.077	0.395	1										
	F4	0.076	0.869**	0.457*	1									
	F5	-0.206	0.001	-0.029	0.084	1								
	F6	0.349	0.848**	0.058	0.492*	-0.104	1							
	F7	0.935**	-0.048	-0.032	-0.198	-0.272	0.118	1						
	F8	0.340	-0.070	0.148	-0.032	-0.187	-0.127	0.352	1					
	F9	0.710**	0.044	0.138	0.015	-0.247	0.039	0.695**	0.899**	1				
	F10	0.461*	0.511*	0.197	0.346	-0.424	0.537*	0.286	0.435	0.528*	1			
	F11	0.313	0.618**	0.045	0.550*	-0.136	0.556*	0.137	0.138	0.225	0.491*	1		
	F12	0.783**	0.328	0.056	0.122	-0.410	0.459*	0.750**	0.060	0.385	0.421	0.528*	1	
	F13	-0.428	0.230	0.102	0.448	-0.008	-0.031	-0.569*	-0.139	-0.286	0.034	0.196	-0.484*	1
	F14	-0.679**	-0.084	0.050	0.140	0.128	-0.283	-0.731**	-0.237	-0.466*	-0.273	-0.344	-0.829**	0.811**
2006-12	F1	1												
	F2	0.595*	1											
	F3	-0.045	0.200	1										
	F4	0.426	0.959**	0.086	1									
	F5	0.848**	0.761**	-0.133	0.609*	1								
	F6	0.087	0.117	0.025	0.175	-0.084	1							
	F7	0.994**	0.514	-0.071	0.343	0.801**	0.093	1						
	F8	0.547*	0.224	-0.355	0.184	0.453	-0.080	0.549*	1					
	F9	0.961**	0.513	-0.061	0.361	0.757**	0.128	0.965**	0.694**	1				
	F10	0.739**	0.573*	-0.027	0.430	0.781**	-0.263	0.699**	0.479	0.646**	1			
	F11	0.557*	0.567*	-0.095	0.519*	0.597*	0.065	0.507	0.138	0.413	0.781**	1		
	F12	0.775**	0.668**	-0.131	0.561*	0.825**	-0.052	0.731**	0.622*	0.709**	0.919**	0.693**	1	
	F13	0.253	0.481	0.088	0.475	0.348	-0.148	0.202	-0.233	0.099	0.527*	0.832**	0.309	1
	F14	-0.076	0.406	0.324	0.470	0.010	-0.169	-0.118	-0.417	-0.161	0.147	0.350	-0.033	0.747**
2007-03	F1	1												
	F2	0.198	1											
	F3	0.121	0.995**	1										
	F4	0.576*	0.669**	0.603*	1									
	F5	0.433	-0.114	-0.172	-0.080	1								
	F6	-0.080	0.142	0.124	0.220	-0.026	1							
	F7	0.899**	-0.173	-0.241	0.307	0.390	-0.134	1						
	F8	0.128	-0.747**	-0.782**	-0.239	0.224	0.042	0.480	1					
	F9	0.391	-0.649**	-0.702**	-0.076	0.339	0.017	0.688**	0.962**	1				
	F10	0.317	0.227	0.191	0.278	0.298	0.156	0.183	0.041	0.132	1			
	F11	0.220	0.360	0.330	0.591*	-0.252	0.192	0.042	-0.084	-0.010	0.631*	1		
	F12	0.458	0.430	0.388	0.505	0.190	0.193	0.216	-0.189	-0.047	0.921**	0.669**	1	
	F13	0.479	0.574*	0.527*	0.775**	-0.077	0.415	0.207	-0.339	-0.190	0.409	0.647**	0.654**	1
	F14	0.159	0.513	0.504	0.658**	-0.526*	0.010	-0.090	-0.441	-0.365	0.178	0.776**	0.381	0.619*

续表 4

时间 time	因子 factors														
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	
2007-05	F1	1													
	F2	-0.062	1												
	F3	-0.097	0.996**	1											
	F4	0.225	0.420	0.343	1										
	F5	0.596*	-0.183	-0.241	0.378	1									
	F6	0.296	0.084	0.065	0.224	-0.042	1								
	F7	0.969**	-0.179	-0.203	0.055	0.561*	0.153	1							
	F8	0.358	-0.488	-0.493	-0.186	0.292	-0.029	0.471	1						
	F9	0.772**	-0.362	-0.386	0.014	0.535*	0.133	0.846**	0.837**	1					
	F10	0.375	-0.155	-0.142	-0.263	0.026	0.346	0.303	-0.026	0.074	1				
	F11	-0.290	-0.003	-0.020	0.218	0.034	-0.105	-0.235	0.164	0.068	-0.840**	1			
	F12	0.629*	-0.111	-0.103	-0.216	0.234	0.099	0.620*	0.298	0.437	0.815**	-0.702**	1		
	F13	-0.469	0.331	0.332	0.226	-0.427	0.209	-0.538*	-0.365	-0.447	-0.501	0.546*	-0.749**	1	
	F14	-0.179	0.085	0.069	0.232	-0.036	0.140	-0.200	-0.030	-0.038	-0.570*	0.803**	-0.634*	0.819**	1

注: * . $P < 0.05$; ** . $P < 0.01$ 。F1. 渔业种类数; F2. 渔业资源量; F3. 中上层鱼类; F4. 底层鱼类; F5. 头足类; F6. 虾蟹类; F7. D ; F8. H' ; F9. J' ; F10. 表层温度; F11. 表层盐度; F12. 底层温度; F13. 底层盐度; F14. 深度。

Notes: F1. fishery species number; F2. fishery biomass; F3. pelagic fish; F4. bottom fish; F5. cephalopods; F6. crustaceans; F7. D ; F8. H' ; F9. J' ; F10. sea surface temperature; F11. sea surface salinity; F12. sea bottom temperature; F13. sea bottom salinity; F14. depth.

3 讨论

3.1 渔业优势种组成的季节变化

黄海南部断面的渔业种类以鱼类为主,其次是甲壳类,头足类最少。渔获量组成以中上层鱼类及大型底层经济价值较低的鱼类为主,群落结构和能流由少数优势种控制,这在以往的研究中也有报道^[9]。黄海南部断面渔业种类组成存在显著季节变化,这可能与渔业种类的季节性洄游有关,渔业种类因为温度和饵料的变化而产生的产卵、索饵和越冬洄游,包括纬度和深度的变化,都会引起种类组成和生物量的变化,进而影响海域渔业资源结构的变化^[16]。张波等^[3]的研究也发现黄海近岸水域和黄海南部水域高营养层次生物群落功能群组成受季节的影响较大,秋季近岸水域以浮游生物食性功能群为主,春季以底栖动物食性功能群为主。另外,经济价值较低的细纹狮子鱼、黄鲛鲷在黄海南部水域渔获量中占较大的比例,在渔业资源结构中占据优势,并且研究发现这些经济价值较低的大型底层种类不仅摄食许多经济鱼类的幼鱼,而且与诸多鱼类的成鱼存在明显的食物竞争关系,从食物结构方面加速了黄海渔业资源优势种的更替。因此,近年来黄海水域主要渔业种类中超过半数的种类出现了食性向

低营养级转变,浮游和底栖动物食性的种类增加,游泳动物食性种类大大减少^[3]。

虽然各航次主要渔业种类组成变化不大,但各断面主要渔业种类组成变化各异,其中 S1 和 S3 断面主要渔业种类组成变化不大, S2 断面主要渔业种类组成变化却较大,出现这种变化的原因与各季节不同断面的环境特点有关,这在渔业种类的各指数与环境因子的相关关系中也有体现。另外,渔业种类组成与饵料种类的生物量也有一定的关系,随着饵料种类的分布变化而产生相应的渔业生物量分布的差异,如鳀在黄海食物网中作为多种鱼类的饵料通过对高营养级捕食动物(如细纹狮子鱼、黄鲛鲷和小黄鱼)提供生物来源的上行控制,对低营养层次(如浮游动物)捕食压力的下行控制,进而对渔业群落种类组成产生调节和控制作用^[17-19]。

3.2 渔业资源量时空分布

黄海南部渔获物以甲壳类和底层鱼类为主,存在明显的季节变化,从 2009 年 12 月到 2007 年 3 月渔获量逐渐增加,各季节主要渔业种类渔获量的变化趋势与此一致,并且其主要渔业种类组成变化不大,以小黄鱼、黄鲛鲷、细纹狮子鱼、鳀和脊腹褐虾等为主,但其相对资源密度变化较大,如小黄鱼在 2006 年 9 月、12 月及 2007 年 3 月、5 月

的相对资源密度分别是 921.77、42.74、82.26 和 58.87 kg/km²。S1 断面渔获量变化与黄海南部总渔获量变化一致,其中 2006 年以甲壳类和底层鱼类为主,2007 年以中上层鱼类为主。S2 断面渔业资源结构变化较大,其中 2006 年 9 月的渔获量最高,以底层鱼类和甲壳类为主,其他各航次的主要生态类群也各不相同,S3 断面渔业资源结构变化与 S2 断面一致。各航次渔获量以体质量小于 40 g 个体为主,各断面渔业种类重量谱的分布与总体趋势基本一致。这可能由于过度捕捞所致,选择性的商业捕捞导致大型高营养层次的渔业种类资源量降低^[6,12],从而改变渔业种类组成和群落中个体大小结构^[1,6-7,9,12,20]。研究证明,同种个体大小组成的变化主要是由其营养级年间波动引起^[4]。目前,黄海到岸渔获产量从 1980 年代初约 60 万 t 增加到约 300 万 t,渔获物主要是以低龄鱼和幼鱼组成^[10,23],捕捞产量已严重超过渔业资源的承受能力,导致其严重衰退,特别是许多重要经济种类,资源量明显下降、个体变小、性成熟提前(如鳀生物量从 1990 年代最高 400 余万 t 锐减至目前约 20 万~30 万 t,小黄鱼体长由 1970 年代的 20 cm 下降至目前的 10 cm 左右),并且过度捕捞导致的其种群年龄结构简单^[20-21]。

3.3 渔业生物多样性及其与环境因子的关系

黄海南部由南向北生物多样性递减,这可能与黄海南部的中、北部水域主要以暖温种类为主,且大部分经济价值较高的渔业资源已过度利用甚至严重衰退有关^[6-7,9],相反,黄海南部靠近东海水域以暖水性、暖温性种类为主,并且多为中上层小型种类。另外,渔业群落结构及其多样性与环境因子关系密切^[22],黄海南部断面渔业生物种类数与种类丰富度指数成正相关,并且在 2006 年 9 月、12 月还与底层水温等环境因子呈显著正相关,在其他月份也存在较强的相关性,其他研究也证明在深度梯度变化不大的温带水域的鱼类群落组成在很大程度上存在温度依赖性^[8,21-22],而在深度梯度变化较大的情况下鱼类群聚与水深有较好的相关关系^[22]。渔业资源量与底层鱼类在 2006 年 9 月、12 月及 2007 年 3 月呈显著相关,而中上层鱼类在 2007 年 3 月、5 月也与渔业资源量呈显著相关,这显示了黄海南部断面渔业资源结构的变化,其中 2006 年 9 月、12 月主要以底层鱼类为主,而 2007 年 3 月、5 月中上层鱼类开始占

较大比重。另外,渔业种类多样性指数与均匀度指数在各个断面呈显著相关,并且渔业种类多样性相对高的水域,其资源量相对较低,这在其他海域的研究中也有类似发现^[14,23-24]。渔业生物多样性由种类组成和海域的环境条件决定,本研究中发现 S2 断面的多样性指数较高,S2 断面位于黄海和东海物质和能量交换的锋面,受东海黑潮和长江口冲淡水的影响较大,具有较高的初级生产力,支持了相对较高的物种多样性。

中国水产科学研究院黄海水产研究所资源室全体成员和“北斗”号全体船员在野外调查取样和室内渔业生物学测定中付出了极大的努力,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] Jin X S, Xu B D, Tang Q S. Fish assemblage structure in the East China Sea and southern Yellow Sea during autumn and spring [J]. *Journal of Fish Biology*, 2003, 62(5): 1194 - 1205.
- [2] 张波,唐启升.渤、黄、东海高营养层次重要生物资源种类的营养级研究[J]. *海洋科学进展*, 2004, 22(4): 393 - 404.
- [3] 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.
- [4] 张波,金显仕.黄海鱼类功能群及其对浮游动物捕食的季节变化[J]. *水产学报*, 2010, 34(4): 548 - 558.
- [5] 朱鑫华,吴鹤洲,徐凤山,等.黄、渤海沿岸水域游泳动物群落结构时空格局异质性研究[J]. *动物学报*, 1994, 40(3): 241 - 252.
- [6] Jin X S, Tang Q S. Changes in fish species diversity and dominant species composition in the Yellow Sea [J]. *Fisheries Research*, 1996, 26(3-4): 337 - 352.
- [7] 徐宾铎,金显仕,梁振林.秋季黄海底层鱼类群落结构的变化[J]. *中国水产科学*, 2003, 10(2): 148 - 154.
- [8] 程济生,俞连福.黄、东海冬季底层鱼类群落结构及多样性变化[J]. *水产学报*, 2004, 28(1): 29 - 34.
- [9] Xu B D, Jin X S. Variations in fish community structure during winter in the southern Yellow Sea over the period 1985 - 2002 [J]. *Fisheries Research*, 2005, 71(1): 79 - 91.
- [10] 刘勇,李圣法,程家骅.东海、黄海鱼类群落结构的

- 季节变化研究[J]. 海洋学报: 中文版, 2006, 28(4): 108 - 114.
- [11] 于振海, 金显仕, 李显森. 黄海中南部主要鱼种的生态位分析[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(6): 1 - 8.
- [12] Tang Q S. Changes in the biomass of the Yellow Sea ecosystem[M] // Large marine ecosystems: biomass yields and geography of large marine ecosystems. American Association for the Advancement of Science Selected Symposium 111. Boulder, CO: Westview Press, 1989: 7 - 35.
- [13] Clarke K R, Warwick R M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation [M]. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 1994: 144.
- [14] 金显仕, 单秀娟, 郭学武, 等. 长江口及其邻近海域渔业生物的群落结构特征[J]. 生态学报, 2009, 29(9): 4761 - 4772.
- [15] Clarke K R, Gorley R N. Primer v5: User, Manual/tutorial[M]. PRIMER-E Ltd, Plymouth, 2001.
- [16] Zhao C. Marine fishery resources of China [M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 1990.
- [17] Cury P, Bakun A, Crawford R, *et al.* Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in "wasp-waist" ecosystems [J]. ICES Journal of Marine Science, 2000, 57(3): 603 - 618.
- [18] Bakun A. Wasp-waist populations and marine ecosystem dynamics: navigating the "predator pit" topographies [J]. Progress in Oceanography, 2006, 68(2): 271 - 288.
- [19] 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: 46 - 49.
- [20] Tang Q S. Effects of long-term physical and biological perturbations on the contemporary biomass yields of the Yellow Sea ecosystem [M] // Large marine ecosystems: stress, mitigation, and sustainability. Washington, DC: AAAS Press, 1993: 79 - 93.
- [21] Jin X S. Seasonal changes of the demersal fish community of the Yellow Sea [J]. Asian Fisheries Science, 1995, 8: 177 - 190.
- [22] Colvocoresses J A, Musick J A. Species assemblages and community composition of middle Atlantic Bight continental shelf demersal fishes [J]. Fisheries Bulletin, 1984, 82(2): 295 - 313.
- [23] 单秀娟, 金显仕. 长江口近海春季鱼类群落结构的多样性研究 [J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(1): 32 - 40.
- [24] Shan X J, Jin X S, Zhou Z P, *et al.* Fish community diversity in the middle continental shelf of the East China Sea [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2011, 29(6): 1199 - 1209.

Seasonal variations of fishery resource structure in the sections of the southern Yellow Sea

SHAN Xiujuan¹, SUN Pengfei^{1,2}, JIN Xianshi^{1*}, DAI Fangqun¹

(1. Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Shandong Province, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071;

2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to elucidate the dynamics of fishery resources structure in the Yellow Sea, based on the bottom trawl survey data by R/V “Beidou” from September, 2006 to May, 2007 in the sections of the Yellow Sea (S1 section is located in the northern part of the southern Yellow Sea, S2 section lies on the border of Yellow Sea and East China Sea, S3 section is located in the central part of the southern Yellow Sea), the species shifts, abundance dynamics, fishery species diversity and their relative factors were analyzed. A total of 156 species were collected, mainly composed of fish species (109 species), including 97 demersal species; the top ten species catch was beyond 60% of the total catch, and the species composition was similar, as well as the species composition in every section (excluding S2 section), including *Larimichthys polyactis*, *Lophius litulon*, *Liparis tanakae*, *Engraulis japonicus*, *Crangon affinis* and so on, but the proportion of these species in the total catch greatly changed. The biomass spectra in every section mainly distributed not beyond 40 g. The diversity of fishery species decreased in each section from the northern part to the southern part of the southern Yellow Sea, and the diversity of fishery species was positively correlated with species richness. From above mentioned, the significant seasonal changes were found in the fishery resource structure of the sections of the southern Yellow Sea, and these changes were mainly attributed to the variations in the relative abundance of the main fishery species, also closely related to the sea bottom temperature and sea salinity.

Key words: fishery resource; community structure; diversity; biomass spectra; environmental factor

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