

2010年夏季黄河口及邻近海域鱼类群落多样性

吕振波¹ 李凡¹ 曲业兵² 张焕君¹ 徐炳庆¹ 王田田¹

(¹山东省海洋水产研究所 山东省海洋生态修复重点实验室, 烟台 264006)

(²辽宁省城市污水处理管理中心, 沈阳 110033)

摘要 为了解夏季黄河口海域鱼类群落结构现状, 根据2010年6月、7月底拖网调查数据对该海域鱼类群落的种类组成、优势种、空间分布、物种多样性和群落相似性进行了研究。结果表明, 两次调查共捕获鱼类32种, 全部为硬骨鱼类, 隶属于7目、21科、32属。6月优势种为矛尾虾虎鱼 *Chaeturichthys stigmatias*、短吻红舌鲷 *Cynoglossus joyneri* 和斑尾刺虾虎鱼 *Acanthogobius ommaturus*, 7月为矛尾虾虎鱼、斑鲷 *Konosirus punctatus*、短吻红舌鲷和斑尾刺虾虎鱼。7月调查鱼类生物量和丰度均较6月大幅增加, 分别由3.6 kg/h和459 ind./h增加到44.1 kg/h和6107 ind./h, 生物量在每个站位均有所增加, 且在整个调查海域分布较为均匀。两次调查鱼类群落的生物量优势度曲线、丰度优势度曲线均接近。7月鱼类群落的丰富度指数(D)、多样性指数(H')和均匀度指数(J')均较6月有所下降。聚类分析和NMDS排序结果表明, 6月调查站位和7月调查站位各自聚为一组。两次调查鱼类群落相似性较高, Jaccard 种类相似性系数为56.3%, 根据生物量计算的 Bray-Curtis 相似性系数为43.1%。与历史数据相比, 黄河口鱼类种类数呈下降趋势, 优势种类也发生了明显改变, 生物量在各月间的分布也有所不同, 本次调查7月黄河口海域鱼类资源密度明显高于6月, 而20世纪80年代调查数据则恰相反, 6月鱼类资源密度高于7月。

关键词 种类组成 优势种 空间分布 k -优势度曲线 群落结构

中图分类号 S93 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2013)02-0010-09

Fish community diversity in the Huanghe estuary and its adjacent area in summer, 2010

LÜ Zhen-bo¹ LI Fan¹ QU Ye-bing² ZHANG Huan-jun¹
XU Bing-qing¹ WANG Tian-tian¹

(¹ Shandong Provincial Key Laboratory of Restoration for Marine Ecology, Shandong Marine and Fishery Research Institute, Yantai 264006)

(² Management Center of Urban Sewage Treatment of Liaoning Province, Shenyang 110033)

ABSTRACT Based on the data collected by trawl surveys in June and July of 2010 in Huanghe estuary and its adjacent area, fish community patterns such as species compositions, dominant species, spatial distribution, diversity and similarity were studied. In the investigated area, $37^{\circ}30' \sim 38^{\circ}00'N$, $119^{\circ}09' \sim 119^{\circ}30'E$, eight sampling stations were set up. A total num-

海洋公益性行业科研专项经费项目(200905019)、“黄河调水调沙生态环境影响监测与评价”项目和“水生动物营养与饲料泰山学者岗位”经费共同资助

收稿日期:2012-04-18;接受日期:2012-09-28

作者简介:吕振波(1966-),男,副研究员,主要从事渔业资源与生态研究。E-mail: ytlvzhenbo@163.com

ber of 32 species were collected in the present study, and all of them were Osteichthyes species, belonging to 32 genera, 21 families and 7 orders. There are 4 groups according to their habitat type, in which 7 species were continental shelf pelagic-neritic fish, 18 species were continental shelf benthopelagic fish, 7 species were continental shelf demersal fish, and 1 was continental shelf reef-associated fish. According to their optimum living temperature, fish species were divided into 3 fish groups, including 9 warm water species, 16 warm temperate species and 7 cold temperate species. There were seven fish groups according to the analysis of feeding habit: 6 species were planktivores, 4 species were planktivores/benthivores, 7 species were benthivores, 5 species were benthivores/piscivores, 1 species was piscivores, 7 species were omnivores and 2 species were detritivores. The index of relative importance (*IRI*) was calculated to determine the importance of the species. Species were defined as dominant species when *IRI* value was larger than 1000. There dominant species were *Chaeturichthys stigmatias*, *Cynoglossus joyneri* and *Acanthogobius ommaturus* in June and *C. stigmatias*, *Konosirus punctatus*, *C. joyneri* and *A. ommaturus* in July. The biomass and abundance of fish increased greatly in survey before WSDR were grouped than those in survey after WSDR. The Margalef richness index (*D*), Shannon's diversity index (*H'*) and Pielou's evenness index (*J'*) of fish community in the survey before WSDR were all higher than those in survey after WSDR. But no significant differences were found in the diversity between the two surveys. Cluster analysis and non-metric multidimensional scaling were used for analyzing fish community structure. The results showed that community structure was obviously different between the two surveys. The 8 stations surveyed before WSDR can be grouped into one group, and the 8 stations surveyed after WSDR were grouped into another group. The dissimilarity was caused mostly by the biomass composition and its spatial distribution of *C. stigmatias*, *K. punctatus*, *A. ommaturus*, *Scomberomorus niphonius*, *Platycephalus indicus* and *C. joyneri*. The similarity of the community in the two surveys was low. The Jaccard's species similarity coefficient was 56.3%, and the Bray-Curtis similarity coefficient was 43.1%. In conclusion, compared with the survey data of 1980s, the numbers of fish species in the Huanghe estuary and adjacent area showed a downward trend, and the biomass distribution of fish in scale of time and dominant species composition changed significantly.

KEY WORDS Species compositions Dominant species Spatial distribution
k-dominance curve Community structure

黄河是影响渤海的主要河流,每年向渤海输入巨量的淡水、泥沙和各种营养盐类,并在河口和近海区形成了适宜于海洋生物生长、发育的良好生态环境,初级生产力较高,饵料生物丰富,是多种鱼类的产卵场、索饵场和育肥场(朱鑫华等 2001;刘义豪等 2011;彭荣等 2012)。对黄河口及邻近海域渔业生物群落的研究已有开展(朱鑫华等 2001;邓景耀等 2000;王平等 1999;张旭等 2009、2010),但未见黄河调水调沙前后鱼类群落结构研究的报道。作者根据2010年夏季黄河调水调沙前后黄河口底拖网调查资料,对该海域鱼类群落多样性和群落结构进行了研究,以期对黄河调水调沙生态影响评价和黄河口鱼类可持续利用积累基础资料。

1 材料与方 法

1.1 数据来源及调查方 法

2010年调水调沙始于6月19日09:00时,23日水沙经黄河口入海,至7月7日24:00时调水调沙结束。本研究数据来源于2010年6月16~23日(调水调沙前)和7月23~27日(调水调沙后),在 $119^{\circ}09' \sim 119^{\circ}30'E$ 、 $37^{\circ}30' \sim 38^{\circ}00'N$ 之间的黄河口及邻近海域进行的8站位调查数据。调查船为“鲁昌渔4193号船”,调查网具为单船底拖网,网口周长30.6 m,囊网网目20 mm。每站拖曳1h,拖速3kn。拖曳时,网口宽度约8m。采集样品冰鲜保存,带回实验室进行分类和生物学测定。样品采样及分析均按《海洋调查规范(GB/T 12763.6-2007)》进行。鱼类名称及分类地位以Nelson分类系统(Nelson 2006)和FAO Fishbase数据库(Froese *et al.* 2000)为依据。鱼类栖所环境和适温性参考刘静等(2011)。鱼类摄食类型划分参照邓景耀等(1997)、张波(2005)。

1.2 分析方 法

1.2.1 生态优势度

利用Pinkas相对重要性指数(Index of Relative Importance, *IRI*)确定种类在群落中的重要性(Pinkas *et al.* 1971)。将*IRI*值大于或等于1000的种类定义为优势种,*IRI*值大于或等于100而小于1000的种类定义为重要种。

1.2.2 多样性

采用Margalef种类丰富度指数(*D*)、Shannon-Wiener多样性指数(*H'*)和Pielou均匀度指数(*J'*)分析鱼类群落多样性。

Margalef种类丰富度指数计算公式为(Margalef 1958):

$$D = (S - 1) / \ln N \quad (1)$$

Shannon-Wiener多样性指数采用Wilhm(1968)改进的公式,计算式为:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (2)$$

Pielou均匀度指数计算公式为(Pielou 1975):

$$J' = H' / \ln S \quad (3)$$

式中,*S*为种类数,*N*为渔获总尾数, p_i 为第*i*种渔获物重量占总渔获物重量的比例。

1.2.3 优势度曲线

优势度曲线(*k*-dominance curves)是降序排列的前*k*个物种的相对累积多度(个体数量或生物量百分比)关于相应*k*值的对数图形。

1.2.4 群落结构聚类

按各航次鱼类总生物量排序,构建“站位×种类生物量”矩阵。对各站位鱼类生物量进行平方根转换,以平衡优势种和稀有种在群落中的作用。采用等级聚类和NMDS排序分析各调查站位的鱼类组成特征(Clark *et al.* 2001;李圣法等 2007)。采用胁强系数(Stress)检验NMDS分析结果的优劣(Clark *et al.* 2001)。应用SIMPER程序分析各鱼类对组间相异性的平均贡献率,将贡献率 $\geq 5\%$ 的鱼类定义为主要特征种类(Clark *et al.* 2001;李圣法等 2007)。

1.2.5 种类相似性

利用Jaccard种类相似性指数研究鱼类群落种类组成的差异,其公式为(Simpson 1949):

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

式中,*a*为A季节调查鱼类种类数,*b*为B季节调查鱼类种类数,*c*为两季节调查共有种数。

1.2.6 群落结构的相似性

利用 Bray-Curtis 相似性指数计算两次调查鱼类组成的差异,分析其随时间变化的特征。相似性指数计算公式为(Clark *et al.*, 2001):

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

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(经过平方根转换)。

1.2.7 数据处理

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

2 结果

2.1 种类组成

两次调查共捕获鱼类 32 种(表 1),全部为硬骨鱼类,隶属于 7 目、21 科、32 属,其中 6 月捕获 23 种,7 月捕获 27 种。根据鱼类栖所环境划分,大陆架浅水中上层鱼类 6 种,大陆架浅水中底层鱼类 7 种,大陆架浅水底层鱼类 18 种,大陆架岩礁性鱼类 1 种。根据适温性划分,暖水性鱼类 9 种,暖温性鱼类 16 种,冷温性鱼类 7 种。根据摄食类型划分,浮游动物食性鱼类 6 种,浮游动物/底栖动物食性鱼类 4 种,底栖动物食性鱼类 7 种,底栖动物、游泳动物食性鱼类 5 种,游泳动物食性鱼类 1 种,杂食性鱼类 7 种,碎屑食性鱼类两种。

表 1 2010 年夏季黄河口及邻近海域调查鱼类种类名录

Table 1 Fish species in the Huanghe estuary and its adjacent area in summer 2010

序号 No	种类 Species	生态类型 Eco-type			调查时间 Survey time	
		HT	ST	FG	6 月 June	7 月 July
1	青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	CPN	WT	PK		+
2	斑鲦 <i>K. punctatus</i>	CPN	WT	DE		+
3	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	CPN	WW	PK	+	+
4	赤鼻棱鲷 <i>Thrissa kammalensis</i>	CPN	WW	PK	+	+
5	安氏新银鱼 <i>Neosalanx anderssoni</i>	CD	WT	PK	+	
6	鲮 <i>Mugil cephalus</i>	CBD	WW	PK	+	
7	鲃 <i>Liza haematocheilus</i>	CPN	WT	DE	+	
8	许氏平鲷 <i>Sebastes schlegelii</i>	CD	CT	NK	+	+
9	鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	CRA	WW	OM	+	+
10	大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	CD	CT	OM	+	+
11	小杜父鱼 <i>Cottiusculus gonez</i>	CD	CT	BT	+	
12	细条天竺鲷 <i>Apogon lineatus</i>	CD	WT	PK/BT		+
13	皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i>	CBD	WW	BT	+	+
14	银姑鱼 <i>Pemahia argentata</i>	CBD	WW	BT/NK		+
15	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	CBD	WT	OM	+	+
16	黑棘鲷 <i>Acanthopagrus schlegelii</i>	CD	WT	PK		+
17	方氏锦鲷 <i>Pholis fangi</i>	CD	CT	PK/BT	+	+
18	绵鲷 <i>Zoarcis elongatus</i>	CD	CT	OM		+
19	绯鲷 <i>Callionymus beniteguri</i>	CD	WT	BT	+	+
20	小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>	CBD	WW	OM		+

续表 1

序号 No	种类 Species	生态类型 Eco-type			调查时间 Survey time	
		HT	ST	FG	6月 June	7月 July
21	蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	CPN	WT	OM	+	+
22	银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	CBD	WW	PK/BT	+	+
23	髯须虾虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>	CD	WT	BT	+	+
24	斑尾刺虾虎鱼 <i>A. ommaturus</i>	CD	WT	OM	+	+
25	矛尾虾虎鱼 <i>C. stigmatias</i>	CD	WT	BT/NK	+	+
26	拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>	CBD	WW	BT	+	+
27	中华栉孔虾虎鱼 <i>Ctenotrypauchen chinensis</i>	CD	WT	BT	+	+
28	圆斑星鲽 <i>Verasper variegates</i>	CD	CT	BT/NK		+
29	钝吻黄盖鲽 <i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	CD	WT	BT	+	
30	石鲽 <i>Kareius bicoloratus</i>	CD	CT	BT/NK	+	+
31	短吻红舌鲷 <i>C. joyneri</i>	CD	WT	BT/NK	+	+
32	假睛东方鲀 <i>Taki fugu pseudommus</i>	CD	WT	BT/NK		+

HT: 栖所类型; ST: 适温性; FG: 摄食类型; CD: 大陆架浅水底层鱼类; CBD: 大陆架浅水中底层鱼类; CPN: 大陆架浅水中上层鱼类; CRA: 大陆架岩礁性鱼类; WT: 暖温性种; WW: 暖水性种; CT: 冷温性种; PK: 浮游动物食性; BT: 底栖动物食性; NK: 游泳动物食性; OM: 杂食性; DE: 碎屑食性 HT: Habitat type; ST: Suitable temperate; FG: Feeding guild; CD, Continental shelf demersal fish; CBD, Continental shelf benthopelagic fish; CPN, Continental shelf pelagic-neritic fish; CRA, Continental shelf reef-associated fish; WT, Warm temperate species; WW, Warm water species; CT, Cold temperate species; CW, Cold water species; PK, Planktivores; BT, Benthivores; NK, Piscivores; OM: Omnivores; DE, Detritivores

2.2 空间分布

调查海域 7 月鱼类生物量和丰度较 6 月大幅增加, 生物量由 $3.6 \pm 1.0 \text{ kg/h}$ (均值 \pm 标准差, 下同) 增加到 $44.1 \pm 9.9 \text{ kg/h}$, 丰度由 $459 \pm 115 \text{ ind./h}$ 增加到 $6107 \pm 1763 \text{ ind./h}$ 。t 检验显示, 两次调查鱼类的生物量和丰度均值差异显著 ($P < 0.05$)。生物量在每个站位均有所增加, 且在整個调查海域分布较为均匀 (图 1)。

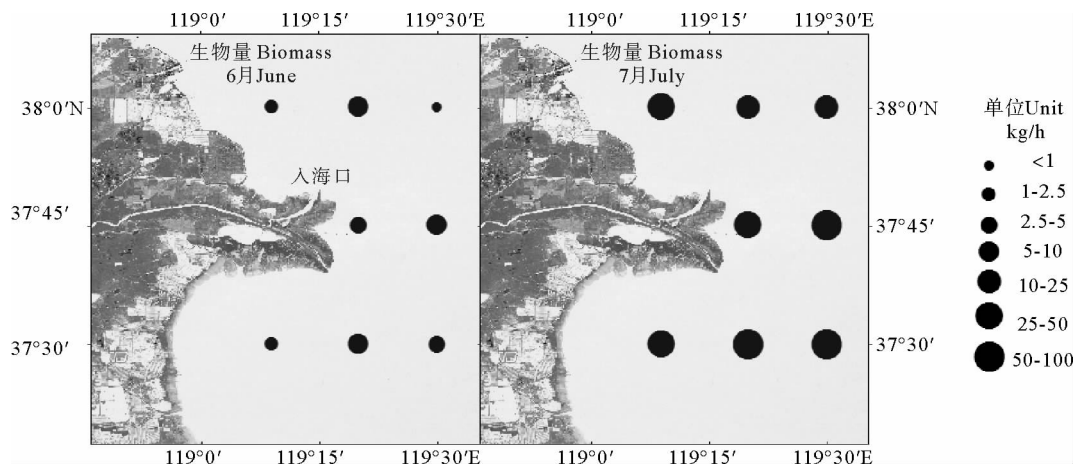


图 1 黄河口及邻近海域鱼类生物量分布

Fig. 1 Biomass of fish in the Huanghe estuary and its adjacent area

2.3 优势种

生态优势度分析表明,6 月鱼类优势种($IRI \geq 1000$)为矛尾虾虎鱼、短吻红舌鲷和斑尾刺虾虎鱼,7 月优势种为矛尾虾虎鱼、斑鲷、短吻红舌鲷和斑尾刺虾虎鱼,均为小型、低质种类。表 2 列出了两次调查优势种和重要种的组成特征。

目前黄河口及邻近海域夏季主要由小型种类(矛尾虾虎鱼、短吻红舌鲷)或大型种类的当年生幼鱼组成,平均个体重量较小,如调水调沙前斑尾刺虾虎鱼平均个体重量为 26.9 g/ind., 矛尾虾虎鱼为 2.31g/ind., 调水调沙后分别为 16.5、5.10 g/ind.。几种经济种类在本调查中成为优势种类(生物量或丰度前 5 位),如蓝点马鲛、银鲳和鲷,但其平均个体重量分别仅为 42.0、22.8、96.0 g/ind.。表明夏季在黄河口及邻近海域分布的蓝点马鲛、银鲳、鲷等经济种类主要是由当年生幼鱼构成。

表 2 黄河口及邻近海域鱼类优势种类组成特征

Table 2 Community composition of key species (top 5 in biomass/abundance) in Huanghe estuary and its adjacent area

种类 Species	6 月 June				7 月 July			
	W(%)	N(%)	F(%)	IRI	W(%)	N(%)	F(%)	IRI
矛尾虾虎鱼 <i>C. stigmatias</i>	15.8	54.4	100.0	7 027	27.6	39.1	100.0	6 673
短吻红舌鲷 <i>C. joyneri</i>	33.2	20.9	100.0	5 406	8.4	7.9	100.0	1 631
斑尾刺虾虎鱼 <i>A. ommaturus</i>	14.8	4.4	75.0	1 436	9.8	4.3	100.0	1 413
鲷 <i>P. indicus</i>	12.2	1.0	62.5	827	5.5	3.6	87.5	804
绯鲳 <i>C. beniteguri</i>	3.0	3.2	100.0	622	/	/	/	/
石鲷 <i>K. bicoloratus</i>	4.2	3.5	75.0	581	/	/	/	/
中华带孔虾虎鱼 <i>C. chinensis</i>	1.1	3.7	62.5	297	/	/	/	/
黄鲫 <i>S. taty</i>	3.2	1.1	62.5	273	1.0	3.5	62.5	284
方氏锦鲷 <i>P. fangi</i>	3.3	2.1	50.0	272	/	/	/	/
赤鼻棱鲷 <i>T. kammalensis</i>	1.6	1.8	50.0	168	3.7	2.8	37.5	242
小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	1.9	0.5	62.5	151	/	/	/	/
皮氏叫姑鱼 <i>J. belengerii</i>	2.7	1.0	37.5	136	/	/	/	/
斑鲷 <i>K. punctatus</i>	/	/	/	/	30.7	26.0	87.5	4 962
蓝点马鲛 <i>S. niphonius</i>	/	/	/	/	8.7	1.5	62.5	638
银鲳 <i>P. argentata</i>	/	/	/	/	2.3	7.4	50.0	482

W: 渔获生物量百分比; N: 渔获尾数百分比; F: 出现频率; IRI: 相对重要性指数; /: 种类未出现或 $IRI < 100$

W: Percentages of biomass; N: Percentages of numbers; F: Occurrence frequency; IRI: Index of relative importance; /: Species not found or its IRI value below 100

2.4 k-优势度曲线

两次调查鱼类群落生物量优势度曲线接近(图 3A), 第一优势种生物量百分比均值 30% 左右。丰度优势度曲线(图 3B)也较为接近, 最高单种在 6 月, 比例为 54.4%, 在 7 月为 39.1%。两次调查前 5 位优势种的生物量和丰度累积百分比均超过 80%。

2.5 多样性

7 月鱼类群落丰富度指数、多样性指数和均匀度指数均比 6 月有所下降(图 4)。t 检验表明, 种类丰富度指数在两次调查间存在显著差异($P < 0.05$), 而多样性指数和均匀度指数则无显著差异($P > 0.05$)。

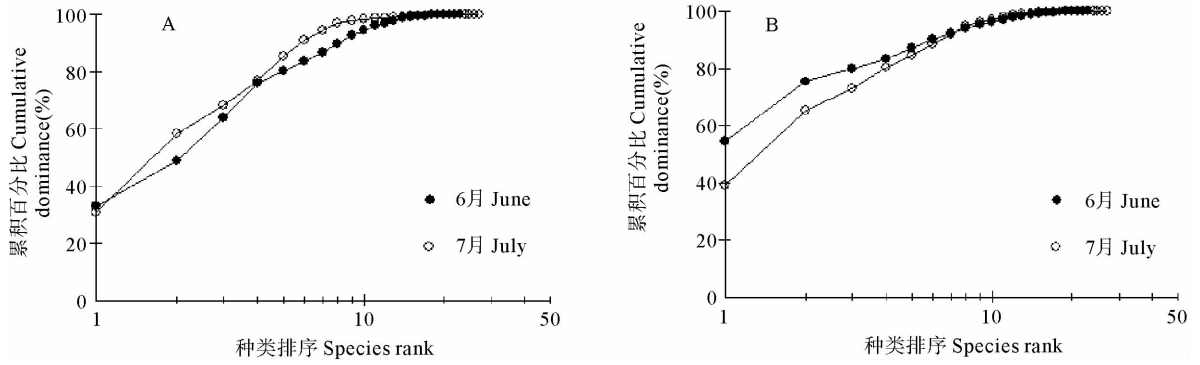


图 2 黄河口及邻近海域鱼类生物量(A)及丰度(B)优势度曲线

Fig. 2 Dominance curves of biomass (A) and abundance (B) in Huanghe estuary and its adjacent waters

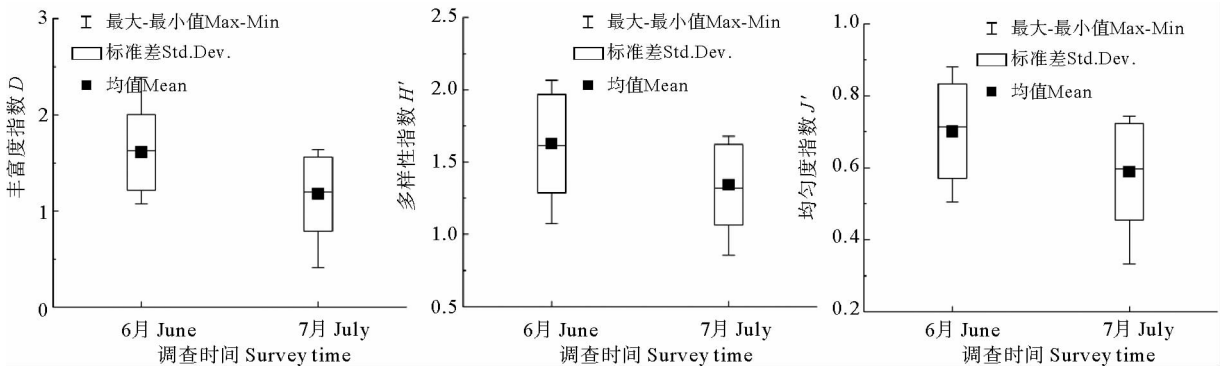


图 3 黄河口及邻近海域鱼类群落多样性指数的变化

Fig. 3 Variation of diversity indexes of fisheries in Huanghe estuary and its adjacent area

2.6 群落结构

在 40% 的相似性水平上, 鱼类群落明显可划分为两个组(图 4), 6 月调查站位和 7 月调查站位各自聚为一组。组间差异性主要由矛尾虾虎鱼、斑鲽、斑尾刺虾虎鱼、蓝点马鲛、鲷和短吻红舌鲷在生物量组成及其空间分布上的差异引起(表 3)。而根据种类名录和生物量, 两次调查鱼类群落相似性处于较高水平, 根据 Jaccard 种类相似性系数为 56.3%, Bray-Curtis 相似性系数为 43.1%。

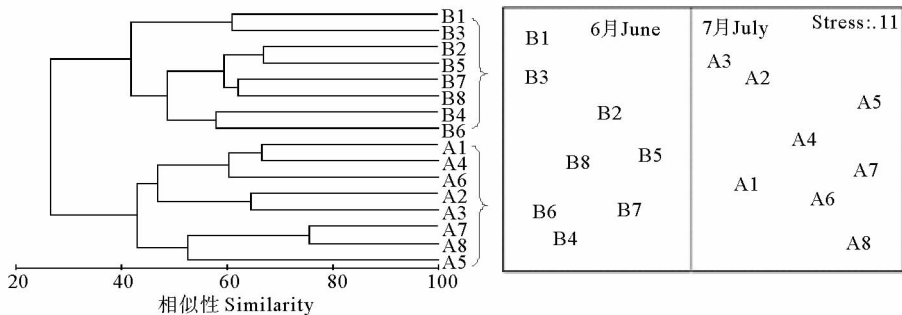


图 4 黄河口及邻近海域鱼类调查站位聚类分析(左)和 NMDS(右)

Fig. 4 Group average clustering (left) and NMDS ordination (right) of sampling stations in Huanghe estuary and its adjacent area

表 3 根据 SIMPER 得到组间差异性贡献大于 5% 的种类及其重量组成特征

Table 3 The species contributing >5% dissimilarity between groups through SIMPER analysis

种类 Species	差异性 Dissimilarity between June and July (%)	6 月 June		7 月 July	
		W	W (%)	W	W (%)
矛尾虾虎鱼 <i>C. stigmatias</i>	20.32	0.6	15.8	12.1	27.6
斑鲽 <i>K. punctatus</i>	16.70	0	0	13.5	30.7
斑尾刺虾虎鱼 <i>A. ommaturus</i>	11.19	0.5	14.8	4.3	9.8
蓝点马鲛 <i>S. niphonius</i>	7.89	0	0	3.8	8.7
鲷 <i>P. indicus</i>	7.12	0.4	12.2	2.4	5.5
短吻红舌鲷 <i>C. joymeri</i>	6.61	1.2	33.2	3.7	8.4
合计 Total	69.82	2.7	76.0	39.8	90.7

3 讨论

3.1 鱼类群落变化

调查海域 7 月鱼类生物量和丰度均较 6 月大幅增加,但两次调查鱼类种类数接近(分别为 23 种和 27 种),优势种更替亦不明显(6 月优势种矛尾虾虎鱼、斑尾刺虾虎鱼和短吻红舌鲷在 7 月也均为优势种),群落相似性较高,虽然聚类分析和 NMDS 排序结果表明两次调查站位聚类明显,但这种差异可能主要是优势种类在生物量上的改变引起的,而这种变化可能是洄游鱼类进入调查海域时间差异、幼鱼补充进入网具捕捞规格等原因造成的。

Yang 等(1993)报道,1984 年 6 月调查黄河口鱼类资源密度为 43.4 kg/h,7 月为 40.8 kg/h,8 月为 61.4 kg/h。朱鑫华等(1993)根据 1982~1985 年数据研究表明,6 月黄河口鱼类资源密度高于 7 月,而 8 月高于 6、7 月。而邓景耀等(1998)根据 1982 年 6 月调查渤海鱼类资源密度为 31.9 kg/h,7 月为 21.6 kg/h,8 月为 53.2 kg/h。这些调查都表明,在实施调水调沙工程前的 20 世纪 80 年代,黄河口和渤海 7 月鱼类资源密度要低于 6 月,而本研究中,7 月鱼类资源密度要远高于 6 月。从图 5 可看出,2010 年黄河全年入海径流量集中在 6~10 月,而黄河传统汛期为 7~10 月,6 月开始的调水调沙工程相当于人为将黄河汛期提早了 30d 的时间,渔业资源密度变化是否与此有关,还需要进一步的研究。

根据多样性指数生态含义分析可知,在物种数相近的情况下,种类间分布的极不均匀将导致多样性指数偏小,这也解释了调水调沙后鱼类群落 D 、 H' 、 J' 均有所下降的原因。多样性随生物量的增加而降低,这种现象在长江口鱼类群落(单秀娟等 2011)和黄海山东海域(吕振波等 2012)也有发生。

3.2 种类组成与优势种类

河口生态系统位于河流生态系统与海洋生态系统的交汇处,具有独特的环境特征和重要的生态服务功能,同时,河口也是一个脆弱的生态系统,对全球变化和人类活动的影响反应敏感。自 1984 年以来,黄河年径流量和输沙量均迅速下降,断水、断流有逐年延长的倾向(朱鑫华等 2001)。在这种日益恶化的生态环境下,鱼类物种数也有减少的趋势,尤其是河道洄游种和淡水种、半咸水种。Yang 等(1993)根据 1984~1985 年资料记录黄河口鱼类有 85 种;朱鑫华等(2001)认为 1982~1985 年黄河口鱼类种类数为 114 种;程济生(2004)根据 1998 年渤海春、夏、秋季调查记录有鱼类 66 种,其中莱州湾 45 种;根据 2006 年莱州湾春、秋季调查记录鱼类

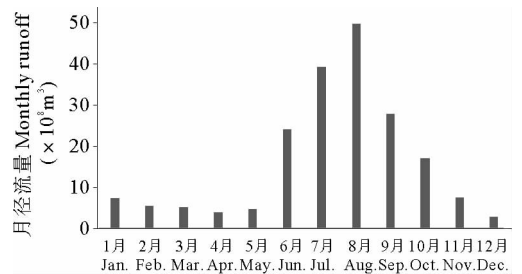


图 5 2010 年黄河利津站月际径流量

(引自黄河水利委员会 2011)

Fig. 5 Variation of the Huanghe discharge at Lijin Station in 2010

37种(山东省海洋与渔业厅 2010);张旭等(2009)根据2007年春、夏季调查记录黄河口有鱼类20种;本研究记录鱼类32种。虽然各次调查在调查区域和调查网具并不完全相同,但仍可定性判断出黄河口鱼类种类数呈减少趋势,特别是淡水种、半咸水种。

本次调查6月黄河口海域鱼类优势种为矛尾虾虎鱼、短吻红舌鲷和斑尾刺虾虎鱼,7月优势种为矛尾虾虎鱼、斑鲷、短吻红舌鲷和斑尾刺虾虎鱼。邓景耀等(1998)的研究表明,1982年6月黄河口及周边海域鱼类优势种类为黄鲫、鳀 *Engraulis japonicus*、花鲈 *Lateolabrax japonicus*、绿鳍马面鲀 *Thamnaconus modestus*、棱鳀 *Thrissa sp.* 和六丝钝尾虾虎鱼 *Amblychaeturichthys hexanema*,7月为黄鲫、斑鲷 *Okamejei kenojei*、鳀、蓝点马鲛、银鲳和六丝钝尾虾虎鱼。与20世纪80年代相比,目前黄河口海域鱼类群落优势种类出现了明显更替,斑鲷代替黄鲫、鳀成为最优势的中上层鱼类,而矛尾虾虎鱼和斑尾刺虾虎鱼代替花鲈、六丝钝尾虾虎鱼成为优势的底层鱼类。而在20世纪80年代以前,黄河口占有优势地位的底层鱼类为带鱼和小黄鱼,本研究两次调查中未出现带鱼,而小黄鱼虽在两次调查中均出现,但主要由小个体组成,在黄海小黄鱼种群小型化现象同样非常明显(单秀娟等 2011)。

致谢:感谢审稿专家提出的宝贵意见和建议。感谢鲁昌渔4193号陈奎贤船长及全体船员在采样工作上的大力协助。感谢课题组成员在样品采集及样品分析中付出的艰辛工作。

参 考 文 献

- 山东省海洋与渔业厅. 2010. 山东近海经济生物资源调查与评价. 北京:海洋出版社, 167-174
- 王平, 焦燕, 任一平, 仲崇俊, 于浩. 1999. 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. 海洋湖沼通报, 1: 39-44
- 邓景耀, 金显仕. 2000. 莱州湾及黄河口水域渔业生物多样性及其保护研究. 动物学研究, 21(1): 76-82
- 邓景耀, 孟田湘, 任胜民, 邱显寅, 朱建元. 1988. 渤海鱼类种类组成及数量分布. 海洋水产研究, 18(9): 11-9
- 邓景耀, 姜卫民, 杨纪明, 李军. 1997. 渤海主要生物种间关系及食物网的研究. 中国水产科学, 4(4): 1-7
- 水利部黄河水利委员会. 2011. 黄河泥沙公报2010. <http://www.yellowriver.gov.cn/nishagonggao/2010/index.html>
- 吕振波, 李凡, 徐炳庆, 王波. 2012. 黄海山东海域春、秋季鱼类群落多样性. 生物多样性, 20(2): 207-214
- 李圣法, 程家骅, 严利平. 2007. 东海大陆架鱼类群落的空间结构. 生态学报, 27(11): 4377-4386
- 朱鑫华, 缪锋, 刘栋, 钱薇薇. 2001. 黄河口及邻近海域鱼类群落时空格局与优势种特征研究. 海洋科学集刊, 43: 141-151
- 刘义豪, 杨秀兰, 靳洋, 汤宪春, 白艳艳, 孙珊, 陶慧敏, 谷伟丽, 王国华. 2011. 莱州湾海域营养盐现状及年际变化规律. 渔业科学进展, 32(4): 1-5
- 刘静, 宁平. 2011. 黄海鱼类组成、区系特征及历史变迁. 生物多样性, 19(6): 764-769
- 张旭, 张秀梅, 高天翔. 2010. 春季黄河口海域2种网具渔获物组成的比较分析. 南方水产科学, 6(1): 59-67
- 张旭, 张秀梅, 高天翔, 万蓁蓁. 2009. 黄河口海域弓子网渔获物组成及其季节变化. 渔业科学进展, 30(6): 118-124
- 张波. 2005. 中国近海食物网及鱼类营养动力学关键过程的初步研究. 见: 中国海洋大学博士研究生学位论文
- 单秀娟, 李忠炉, 戴芳群, 金显仕. 2011. 黄海中南部小黄鱼种群生物学特征的季节变化和年际变化. 渔业科学进展, 32(6): 7-15
- 徐炳庆, 吕振波, 李凡, 包家国, 徐维柱. 2011. 山东半岛南部近岸海域夏季游泳动物的组成特征. 海洋渔业, 33(1): 59-65
- 彭荣, 左涛, 万瑞景, 林群, 李显森, 王俊, 金显仕. 2012. 春末夏初莱州湾浮游动物生物量谱及潜在鱼类生物量的估算. 渔业科学进展, 33(1): 10-16
- 程济生. 2004. 黄渤海近岸水域生态环境与生物群落. 青岛: 中国海洋大学出版社
- Clarke KR, Warwick RM. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation (2nd ed.). Plymouth: PRIMPER-E
- Froese R, Pauly D. 2011. FishBase. <http://www.fishbase.org>
- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. Gen Syst 3: 36-71
- Nelson JS. 2006. Fishes of the World (Fourth Edition). New Jersey: John Wiley & Sons Inc
- Pielou EC. 1975. Ecological Diversity. New York: Wiley
- Pinkas L, Oliphant MS, Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in Californian waters. Clif Dep Fish Game Fish Bull 152: 1-105
- Simpson EH. 1949. Measurement of diversity. Nature 163: 688
- Wilhm JL. 1968. Use of biomass units in Shannon's formula. Ecology 49: 153-156
- Yang JM, Wang CX. 1993. Primary fish survey in the Huanghe river estuary. Chin J Oceanol Limnol 11(4): 369-374