

2007年春、夏季黄河口海域鱼卵、仔稚鱼种类组成与数量分布

卞晓东¹, 张秀梅¹, 高天翔¹, 万瑞景², 张沛东¹

(1. 中国海洋大学 海水养殖教育部重点实验室, 山东 青岛 266003; 2. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 2007年春季和夏季,利用浅水I型浮游生物水平和垂直拖网对黄河口海域鱼卵、仔稚鱼种类组成与数量分布进行了调查。春季和夏季分别设置19个(6个断面)相同的调查站位。每站表层水平拖网10 min,拖网速度为2.0 nmile/h;垂直拖网由底到表,拖网速度约0.5 m/s。调查结果表明:春季和夏季共采集鱼卵7 661粒、仔稚鱼70尾,共18种,能鉴定到种的有17种,隶属于5目12科16属,其中1种虾虎鱼类的稚鱼仅能鉴别到科的水平。优势种为斑鲦(*Konosirus punctatus*)、油鲰(*Sphyrna pinguis*)、短吻红舌鲷(*Cynoglossus joyneri*)。春季的水平拖网和垂直拖网分别采集6 932粒鱼卵、6尾仔稚鱼和11粒鱼卵、0尾仔稚鱼。鱼卵、仔稚鱼的出现频率分别为84.21%、10.53%和15.79%、0%,平均密度分别为364.84粒/网、0.32尾/网和0.34粒/m³、0尾/m³;夏季水平和垂直拖网分别采集658粒鱼卵、57尾仔稚鱼和60粒鱼卵、7尾仔稚鱼,鱼卵、仔稚鱼的出现频率分别为84.21%、63.16%和31.58%、15.79%,平均密度分别为34.63粒/网、3尾/网和1.85粒/m³、0.22尾/m³。结果表明,黄河口海域鱼卵、仔稚鱼种类季节更替明显分成春夏季—夏季2种生态类型,种类更替率高达83.33%;河口南部海域鱼卵和仔稚鱼的群落结构相对较稳定,优势种突出,优势度较大,物种多样性水平与种间分布均匀度高于北部海域。上述规律符合该海域的水文地理学特征和硬骨鱼类的繁殖生物学规律。此外,本研究分别对春季和夏季鱼卵、仔稚鱼的数量分布以及斑鲦、油鲰、短吻红舌鲷等优势种类鱼卵数量分布绘制了密度等值分布图。与1982–1983、1984–1985、1992–1993年同期调查结果比较发现,2007年春季和夏季黄河口海域鱼卵、仔稚鱼的种类组成与数量分布发生了显著变化。分析认为,在渔业捕捞压力和环境条件变化的双重扰动下,黄河口生态系统中鱼类资源的种群交替和群落结构发生了很大变化,从而导致资源补充群体也随之改变。[中国水产科学,2010,17(4):815–827]

关键词: 鱼卵; 仔稚鱼; 黄河口; 种类组成; 数量分布; 优势种; 群落结构; 水文地理学

中图分类号: S93

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2010)04-0815-13

鱼卵、仔稚鱼的种类组成和数量分布是渔业资源可持续利用必不可少的研究内容^[1]。渤海渔业资源群系的主要种类具有低盐河口近岸产卵的特性^[2-4],渤海区特别是黄河冲淡水的堆积区,水质肥沃,构成了黄、渤海区渔业资源生物最重要的产卵场和育肥场^[4]。约有39种鱼类在黄河口海域产卵^[5-6],且大多数为洄游性鱼类。黄河口海域鱼卵、仔稚鱼的种类和数量取决于整个黄渤海水体的渔业资源状况,同时它又

将影响整个黄渤海海域鱼类资源的补充^[7]。

近30年来,有关黄河口海域鱼卵、仔稚鱼生物和生态学的相关调查研究主要有,1982–1983年渤海部分海域渔业资源综合调查,1984–1985年的山东省海岸带与滩涂资源第三调查区综合调查,1992–1993年渤海渔业资源增殖生态学基础调查,及1998年黄渤海海域海洋生物资源补充调查及资源评价等项目。但在历届调查中,除1984–1985年的山东省海

收稿日期: 2009-10-29; 修订日期: 2009-12-24.

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2005CB422306); 国家高技术研究发展计划项目(2006AA09Z418); 我国近海海洋综合调查与评价专项(908专项)项目(908-01-ST02).

作者简介: 卞晓东(1981-),男,博士生,从事鱼卵、仔稚鱼生物生态学研究. E-mail: dongdong811206@yahoo.com.cn

通讯作者: 张秀梅,博士,教授. Tel: 0532-82032076, E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn

岸带与滩涂资源第三调查区综合调查外,其余各航次调查站位主要分布在渤海湾及莱州湾,真正分布于黄河口海域的调查站位数量有限^[5,7-10],因此有关该海域鱼卵、仔稚鱼及产卵群体种类组成和数量分布的资料非常有限。

本研究依据2007年5月上旬与7月中旬开展的黄河口海域鱼卵、仔稚鱼调查结果及同步观测的环境资料,结合历史数据,分析了该海域2007年春、夏季鱼卵、仔稚鱼的种类组成与数量分布及其动态变化,为深入研究黄河口生态系统鱼类的早期补充过程积累基础资料,并为黄河口鱼类资源保护的政策制订提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查的航次和站位分布

租用渔业生产船只,于2007年春季(5月4-8日)和夏季(7月11-14日)在黄河口海域(119°05′-119°31′E,37°35′-37°57′N)6个断面共计19个站位进行鱼卵、仔稚鱼定量取样,调查站位分布见图1。依据黄河口海域水文地理环境特征将调查区划分成2个海区,即:黄河入海口南部海域Ⅰ区(119°19′-119°31′E,37°35′-37°45′N;断面4,5,6);黄河入海口北部海域Ⅱ区(119°05′-119°31′E,37°45′-37°57′N;断面1,2,3)^[11-12]。

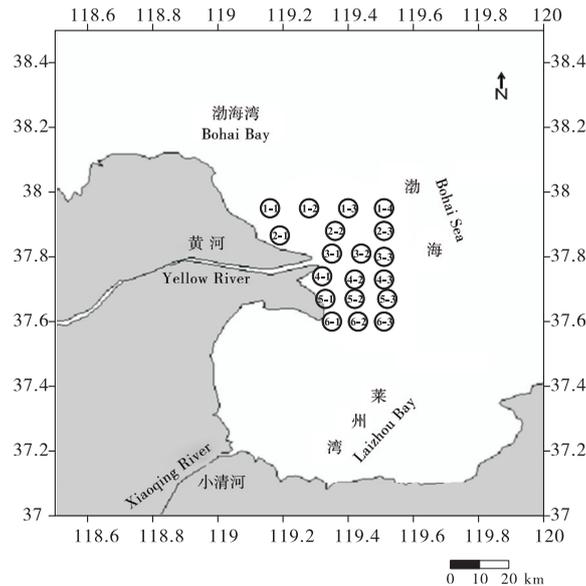


图1 黄河口海域鱼卵、仔稚鱼调查站位图

○: 调查站位

Fig. 1 Location of ichthyoplankton sampling stations in Yellow River estuary

○: Sampling station

1.2 样品的采集、处理和分析

样品采集参照中国海洋综合调查与评价专项(908专项)的《海洋生物生态调查技术规程》,采用浅水I型浮游生物拖网(网长145 cm,网口内径50 cm,网口面积0.2 m²),水平拖网10 min,拖速约2.0 nmile/h;垂直拖网由底到表,拖速0.5 m/s;样品保存于5%的海水福尔马林溶液中。在实验室内从

浮游生物样品中挑取鱼卵、仔稚鱼标本,采用生物解剖镜,对各站标本进行种类鉴定、个体计数和发育阶段的判别。定量资料取自水平和垂直网采数据,水平网以每网的实际数量(粒、尾)为指标来计算鱼卵、仔稚鱼的密度(粒或尾/网);垂直网采用 $C_b = N_b / (\text{网口面积} \times \text{拖网绳长})$ 计算鱼卵、仔稚鱼密度 $[C_b \text{粒或尾} / (100 \text{ m}^3)]$, N_b 为全网鱼卵和仔稚鱼的个体数^[13]。

1.3 数据的处理

采用相对重要性指数IRI (the index of relative importance) 对鱼卵、仔稚鱼种类的优势度进行分析^[13-17]。IRI = $N\% \times F\%$ (其中 $N\%$ 为水平与垂直网中的个体数量比例之和, $F\%$ 为水平和垂直网中频次比例之均值)。黄河口海域鱼卵、仔稚鱼季节间的种类更替率采用公式 $E = A / (A + B)$ 来计算, (其中 A 为季节间种类增加与减少数之和, B 为季节间相同的种类数)^[18]。

用PRIMER5.0软件包中的Margalef丰富度指数(D)、Shannon-Wiener多样性指数(H')和Pielou均匀度指数(J')进行多样性研究^[19]; 使用统计软件SPSS13.0软件包, 基于多元线性回归分析的理论和方法, 探讨各站同步检测的环境因子包括水深、表层盐度(SSS)、水温(SST)、叶绿素含量、pH值、溶解氧等与水平网鱼卵、仔稚鱼群落多样性与数量分布的关系^[20]。采用Surfer8.0软件绘制鱼卵和仔稚鱼密度等值分布图。

2 结果与分析

2.1 种类组成

2.1.1 春、夏季航次鱼卵、仔稚鱼种类组成 2007年春、夏季调查(水平、垂直网总和)共采集鱼卵7661粒, 仔稚鱼68尾, 幼鱼2尾。经分析鉴定共18个种类。其中鉴定到种的17种, 隶属于5目12科16属, 另有1种虾虎鱼类(虾虎鱼)的稚鱼仅能鉴别到科。鲈形目(包括虾虎鱼)与鲱形目鱼类各出现7种, 分别占38.89%, 鲱形目鱼类出现2种, 占11.11%。鲾形目与颌针鱼目鱼类各出现1种, 分别占5.56% (表1)。依据IRI值分析(表2), 斑鲹(*Konosirus punctatus*)、油鲚(*Sphyræna pinguis*)、短吻红舌鲷(*Cynoglossus joyneri*) IRI值>1000, 为优势种^[13, 16]。2007年5月, 调查采集的鱼卵、仔稚鱼共10种(I区8种, II区6种, I区与II区同时出现4种), 隶属于3目7科10属。其中鱼卵9种、仔稚鱼2种, 鱼卵和仔稚鱼均出现的种类为短鳍鲷(*Callionymus kitaharæ*) (表1)。鲈形目、鲱形目与鲾形目各出现5种、4种、1种。斑鲹IRI值为8636.2,

占绝对优势地位, 独自构成优势种; 梭鱼(*Chelon haematocheilus*)与短鳍鲷IRI值在50~1000为常见种(表2)。2007年7月采集的鱼卵、仔稚鱼共11种(I区10种, II区5种, I区与II区同时出现5种), 鉴定到种的有10种, 隶属于4目8科9属; 另有1种虾虎鱼类的稚鱼仅能鉴别到科, 其中鱼卵5种、仔稚鱼4种、幼鱼2种, 鱼卵与仔稚鱼的种类未见重叠(表1)。鲈形目(包括虾虎鱼)、鲱形目、鲾形目与颌针鱼目鱼类各出现5种、4种、1种、1种、1种。油鲚与短吻红舌鲷优势度较高, 其IRI值均高于1000, 共同组成优势种; 此外小带鱼(*Eupleurogrammus muticus*)、短鳍鲷IRI值在50~1000, 为常见种; 斑鲹、赤鼻棱鯧(*Thrissa kammalensis*)、鰺(*Ilisha elongata*) IRI值在10~50, 为少见种(表2)。

春季采集的鱼卵、仔稚鱼的亲体适温性^[2, 7, 21-22]以暖温种为主, 共6种, 占60%; 暖水种出现4种, 占40%。其生态分布型^[2]以洄游性鱼类为主, 共9种, 占90%; 定居性鱼类出现1种, 占10%; 河口性鱼类2种, 占20%。空间生态型上, 中上层鱼类出现6种, 占60%; 近底层鱼类出现4种, 占40%(表1)。鱼卵、仔稚鱼 H' 、 D 、 J' 平均值分别为0.433、0.417和0.427, 各值均较低; 且各项平均值I区均明显高于II区(表3)。夏季样本的亲体适温性仍以暖温种为主, 共6种, 占54.55%; 暖水种5种, 占45.45%。生态分布型仍以洄游性鱼类为主, 共8种, 占72.73%; 定居性鱼类3种, 占27.27%; 河口性鱼类4种, 占36.36%。空间生态型上, 底层鱼类6种占54.55%; 中上层鱼类5种, 占45.45%(见表1)。鱼卵、仔稚鱼 H' 、 D 、 J' 平均值分别为1.222、1.403和0.586, H' 、 D 平均值较高, J' 平均值较低; I区 H' 、 D 平均值高于II区, 而 J' 平均值I区低于II区(表3)。

2.1.2 春、夏季航次鱼卵、仔稚鱼种类组成的比较 调查海区春、夏两季出现的鱼卵、仔稚鱼其亲体的适温性均以暖温种占优势(10种, 占两季总种类55.56%), 暖水种次之(8种, 占44.44%), 未出现冷温种和冷水种; 生态分布型均以洄游性鱼类为主(15种, 占83.33%), 但夏季河口性鱼类较春季种数明显

表1 2007年春季、夏季黄河流域河口海域鱼卵、仔稚鱼种类及其亲鱼的生态类型
 Tab. 1 Category composition of ichthyoplankton and the ecological types of their spawning adults in the Yellow River estuary during spring and summer 2007

种类 Species	出现月份 Appearing month		鱼卵类别 Egg type		发育阶段 Development stage			亲鱼适温性 Temperature adaptation			亲鱼生态分布性 Distribution type			亲鱼栖息水层 Inhabit water layer	
	五月 May	七月 July	浮性 Pelagic	黏性 Adhesive	鱼卵 Eggs	仔稚鱼 Larvae	幼鱼 Juvenile	暖水种 WWS	暖温种 WTS	洄游种 MS	定居种 EnS	河口种 EsS	中上层 Pelagic	底层 Demersal	
青鳞沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	✓		✓		✓			✓		✓			✓		
斑鲹 <i>Konosirus punctatus</i>	✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓			✓		
鲷 <i>Ilisha elongata</i>		✓	✓		✓			✓		✓			✓		
日本鲉 <i>Engraulis japonicus</i>	✓		✓		✓				✓	✓			✓		
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	✓		✓		✓	✓		✓		✓			✓		
中颌棱鲉 <i>Thryssa mystax</i>	✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓			✓		
赤鼻棱鲉 <i>Thryssa kammalensis</i>	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓			✓		
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>		✓	✓				✓	✓		✓				✓	
小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>		✓	✓		✓			✓		✓				✓	
蓝点马鲛 <i>Scomberomrus niphonius</i>	✓		✓		✓			✓		✓				✓	
短鳍鲷 <i>Callionymus kitaharae</i>	✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓		✓		✓	
虾虎鱼 Gen.sp		✓		✓		✓					✓			✓	
油鲉 <i>Sphyræna pinguis</i>		✓	✓		✓					✓				✓	
梭鱼 <i>Chelon haematocheilus</i>	✓		✓		✓			✓		✓				✓	
沟鲈 <i>Atropus atropus</i>	✓		✓		✓	✓				✓				✓	
短鳍红娘鱼 <i>Lepidotrigla microptera</i>	✓		✓		✓			✓		✓				✓	
短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>		✓	✓		✓			✓			✓			✓	
沙氏下鱈 <i>Hyporhamphus sajori</i>		✓		✓			✓	✓		✓				✓	

注: WWS, 暖水种; WTS, 暖温种; MS, 洄游性鱼类; EnS, 定居性鱼类; EsS, 河口性鱼类。

Note: WWS: warm water species; WTS: warm temperate species; MS: migrating species; EnS: endemic species; EsS: estuary species.

表2 2007年春、夏季黄河口海域鱼卵、仔稚鱼种类优势度
Tab. 2 Dominance index of ichthyoplankton in the Yellow River estuary during spring and summer 2007

春季 Spring			夏季 Summer		
种类 Species	IRI		种类 Species	IRI	
斑鲦 <i>Konosirus punctatus</i>	8636.20		油鲱 <i>Sphyraena pinguis</i>	5358.50	
梭鱼 <i>Chelon haematocheilus</i>	427.60		短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	2028.14	
短鳍鲯 <i>Callionymus kitaharae</i>	73.40		小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>	253.92	
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	0.86		短鳍鲯 <i>Callionymus kitaharae</i>	127.03	
中颌棱鲷 <i>Thryssa mystax</i>	0.23		斑鲦 <i>Konosirus punctatus</i>	42.69	
蓝点马鲛 <i>Scomberomrus niphonius</i>	0.23		赤鼻棱鲷 <i>Thrissa kammalensis</i>	36.07	
青鳞沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	0.23		鳓 <i>Ilisha elongate</i>	26.32	
短鳍红娘鱼 <i>Lepidotrigla microptera</i>	0.11		小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	8.59	
日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	0.15		虾虎鱼	4.42	
沟鲈 <i>Atropus atropus</i>	0.038		沙氏下鱈 <i>Hyporhamphus sajori</i>	3.93	
			中颌棱鲷 <i>Thryssa mystax</i>	0.37	

表3 2007年5月、7月水平、垂直网调查鱼卵和仔稚鱼种类数、个体数和多样性分海区统计表
Tab. 3 Number of species, individual and diversity index of ichthyoplankton in horizontally and vertically towing of different zones in May and July 2007

月份 Months	海区 Survey zone	种数 Species		个体数 Individual		丰富度 <i>D</i>			均匀度 <i>J'</i>			多样性 <i>H'</i> (ln)		
		H	V	H	V	H	V	Mean	H	V	Mean	H	V	Mean
5月 May	I	8	2	6782	9	0.79	0.46	0.62	0.18	0.76	0.47	0.38	0.53	0.46
	II	6	1	156	2	0.99	0.00	0.50	0.27	*	0.14	0.49	0.00	0.24
	T	10	2	6938	11	1.02	0.42	0.72	0.17	0.68	0.43	0.39	0.47	0.43
7月 July	I	10	6	591	63	1.41	1.22	1.31	0.45	0.74	0.59	1.03	1.32	1.18
	II	5	3	124	4	0.83	1.44	1.14	0.58	0.95	0.77	0.94	1.04	0.99
	T	10	7	715	67	1.37	1.44	1.40	0.46	0.71	0.59	1.05	1.39	1.22

注: H, 水平网; V, 垂直网; I, 黄河口以南海域; II, 黄河口以北海域; T, 全部海区; Mean, 平均值; *, 空值.

Note: H: horizontally towing; V: vertically towing; I: South Yellow River estuary; II: North Yellow River estuary; T: overwall Yellow River estuary; Ave: average; *: null value.

增加(春季2种;夏季4种),空间生态型则由春季的中上层小型鱼类为主,变为夏季的底层、近底层中小型鱼类为主。鱼卵、仔稚鱼季节更替明显分成春夏季-夏季两种生态类型,种类更替率高达83.33%,两季均出现的种类仅斑鲦、短鳍鲯、中颌棱鲷(*Thryssa mystax*)3种。优势种由春季中上层洄游性鱼类斑鲦1种(IRI=8 636.20),变为夏季近底层洄游性鱼类油鲱(IRI=5 358.50)、定居性鱼类短吻红舌鲷(IRI=2 028.14)2种,且优势种的优势度下降(表2)。春季鱼卵、仔稚鱼群落*H'*、*D*、*J'*平均值均较低,且各值均低于夏季。春、夏两季I区*H'*、*D*及春季*J'*平均值高于II区,而夏季I区*J'*平均值低于II区。

2.2 数量分布

2.2.1 春季航次鱼卵、仔稚鱼的分布

2007年春季,水平和垂直网分别采集鱼卵6 932粒和11粒。鱼卵出现频率分别为84.21%、10.53%,平均密度分别为364.84粒/网、0.34粒/m³。其中I区采集到6 777粒和9粒,分别占水平和垂直网鱼卵总数的97.76%、80.81%,出现频率分别为77.78%、22.22%,平均密度分别为753粒/网、0.62粒/m³。II区采集到155粒和2粒,分别占2.24%、19.19%,出现频率分别为90%、10%,平均密度分别为15.5粒/网、0.11粒/m³。I区鱼卵出现频率、密度、数量均高于II区。从水平网鱼卵空间分布图(图2-a)可以看出,I区在黄河口大

沙嘴东北近岸处形成密集分布中心,且中心密度大;Ⅱ区鱼卵分布相对均匀,密度较低。垂直网在调查海域的Ⅰ、Ⅱ区内分别形成集布中心,Ⅰ区集布中心出现在现黄河入海口大沙嘴^[23]的东北边缘;Ⅱ区出现在现黄河入海口小沙嘴^[23]口门外的西北近岸(图2-e)。水平网鱼卵最大密度出现在Ⅰ区现黄河入海口大沙嘴^[23]东北近岸的5-1站,为4 983粒/网(图2-a);垂直网最大密度则出现在黄河入海口北部海域的2-1站,为8.25粒/ m^3 (图2-e)。

2007年春季水平网采集到6尾仔稚鱼,其出现频率为10.53%,平均密度为0.32尾/网。其中Ⅰ区采集到5尾,占总数的83.33%,出现频率为11.11%,平均密度为0.56尾/网。Ⅱ区采集到1尾,占总数的16.67%,出现频率为10%,平均密度为0.1尾/网。Ⅰ区仔稚鱼出现的频率、密度、数量均高于Ⅱ区。垂直网未采集到仔稚鱼。从仔稚鱼水平网空间分布图(图2-c)可以看出:仔稚鱼在Ⅰ区分布密度大,仍在现黄河口大沙嘴东北近岸处形成集布中心,而在Ⅱ区的分布密度较小,但分布相对均匀。最大密度出现在Ⅰ区的6-1站,为5尾/网。

2.2.2 夏季航次鱼卵、仔稚鱼的分布 2007年夏季,水平和垂直网分别采鱼卵658粒和60粒。鱼卵出现频率分别为84.21%、31.58%,平均密度分别为34.63粒/网和1.85粒/ m^3 。其中Ⅰ区采集554粒和58粒,分别占水平与垂直网鱼卵总数的84.19%、96.67%,出现频率分别为100%、55.56%,平均密度分别为61.56粒/网和4.02粒/ m^3 。Ⅱ区采集104粒和2粒,分别占15.81%和3.33%,出现频率分别为70%、10%,平均密度分别为10.4粒/网和0.11粒/ m^3 。Ⅰ区鱼卵出现的频率、密度、数量均高于Ⅱ区。夏季鱼卵水平网空间分布图(图2-b)显示,鱼卵在调查区Ⅰ、Ⅱ区均形成集布中心。Ⅰ区集布中心在现黄河口大沙嘴尖嘴处,Ⅱ区的集布中心则出现在调查区东北边缘,且Ⅰ区集布中心最大密度明显高于Ⅱ区。垂直网(图2-f),鱼卵在现黄河口门外形成范围较大的集布中心。水平网最大密度出现在Ⅰ区的6-1站(图2-b),为296粒/网。垂直网最大密度则出现在Ⅰ区

的4-2站(图2-f),为19.08粒/ m^3 。

2007年夏季,水平和垂直网分别采集仔稚鱼57尾和7尾。仔稚鱼出现频率分别为63.16%和15.79%,平均密度分别为3尾/网和0.22尾/ m^3 。其中Ⅰ区采集37尾和5尾,分别占水平与垂直网仔稚鱼总数的64.91%和71.43%,出现频率分别为66.67%和11.11%,平均密度分别为4.11尾/网和0.35尾/ m^3 。Ⅱ区采集20尾和2尾,分别占35.09%和28.57%,出现频率分别为60%、20%,平均密度分别为2尾/网和0.11尾/ m^3 。水平网Ⅰ区仔稚鱼的出现频率、密度、数量均高于Ⅱ区;垂直网Ⅰ区数量、密度高于Ⅱ区,但出现频率低于Ⅱ区。仔稚鱼水平网空间分布图2-d显示,仔稚鱼在Ⅰ、Ⅱ区均形成集布中心,而在现黄河入海口门处密度较低,接近于零。Ⅰ区形成两个集布中心,一个位于现黄河口大沙嘴东北近岸处,另一个位于调查区南部边缘现莱州湾湾口附近;Ⅱ区的集布中心则位于现黄河入海口门外西北边缘。垂直网仔稚鱼空间分布与水平网基本类似。水平网仔稚鱼的最大密度出现在Ⅰ区大沙嘴东北近岸的5-1站(图2-d),为16尾/网;垂直拖网最大密度则出现在Ⅱ区现黄河入海口门西北近岸的1-1站,为4.43尾/ m^3 。

2.3 重要优势种数量分布

2.3.1 春季斑鲈鱼卵的分布 2007年春季水平和垂直网分别采集斑鲈鱼卵6 307粒和9粒,分别占该航次水平和垂直网鱼卵总数的90.98%、81.82%,出现频率分别为84.21%、15.79%,平均密度分别为331.95粒/网、0.28粒/ m^3 。其中Ⅰ区分别采集到6 168粒和7粒,分别占斑鲈鱼卵总数的97.80%、77.78%,出现频率分别为77.78%、22.22%,平均密度分别为685.33粒/网和0.49粒/ m^3 ;Ⅱ区分别采集到139粒和2粒,分别占2.20%和22.22%,出现频率分别为90%、10%,平均密度分别为13.9粒/网和0.11粒/ m^3 。垂直网Ⅰ区斑鲈鱼卵数量、平均密度、出现频次均高于Ⅱ区,而水平网中Ⅰ区数量、平均密度高于Ⅱ区,但出现频率低于Ⅱ区。从斑鲈鱼卵的水平网空间分布图(图3-g)可以看出,斑鲈鱼卵在Ⅰ区

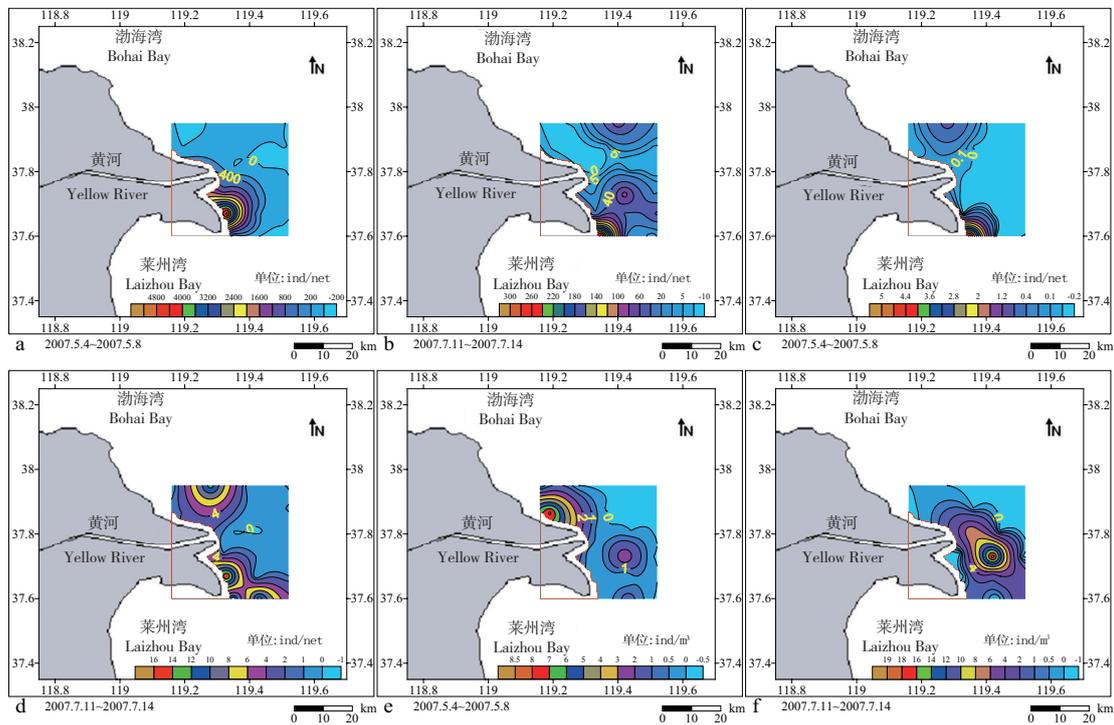


图2 2007年春、夏季黄河口海域鱼类浮游生物的空间分布(春季5月4-8日,夏季7月11-14日)

a, b: 春、夏季水平网鱼卵分布; c, d: 春、夏季水平网仔稚鱼分布; e, f: 春、夏季垂直网鱼卵分布。

Fig. 2 Spatial distribution of ichthyoplankton in Yellow River estuary during spring and summer 2007 (Spring: May 4th-8th; Summer: July 11th-14th)

a, b: Egg distribution of horizontal tows in spring and summer; c, d: Larvae distribution of horizontal tows in spring and summer; e, f: Egg distribution of vertical tows in spring and summer.

现黄河口大沙嘴东北近岸处形成集布中心,密度明显高于其它区域; II区斑鲮鱼卵密度较低,分布相对均匀,无明显的密集分布中心。垂直网空间分布图3-h显示,鱼卵在 I、II区内均形成集布中心,且 II区最高密度高于 I区。水平网最大密度出现在 I区的5-1站,为4 807粒/网(图3-g);垂直网最大密度出现在 II区的2-1站(图3-h),为7.55粒/m³。但春季航次斑鲮鱼卵质量不高,发现大量死卵(5 003粒),占春季航次出现鱼卵总数的72.06%,斑鲮鱼卵总数的79.25%。

2.3.2 夏季油鲈鱼卵的分布 2007年夏季,水平和垂直网分别采到油鲈鱼卵(大多处于胚胎发育期)446粒和29粒,分别占该航次水平和垂直网鱼卵总数的67.78%、48.33%,出现频率分别为78.95%、10.53%,平均密度分别为23.47粒/网、0.89粒/m³。其中 I区分别采集357粒和29粒,分别占油鲈鱼卵总

数的80.04%、100%,出现频率分别为100%、22.22%,平均密度分别为39.67粒/网和2粒/m³; II区分别采集89粒和0粒,分别占19.96%和0%,出现频率分别为60%、0%,平均密度分别为8.9粒/网和0粒/m³。水平与垂直网中油鲈鱼卵的数量、平均密度、出现频率 I区均高于 II区。从油鲈鱼卵水平网空间分布图(图3-i)可以看出,鱼卵在 I、II两区分别形成集布中心。I区集布中心有2个,1个位于现黄河口大沙嘴尖嘴外,另1个出现在现黄河入海口门外东南边缘; II区1个,位于调查区的东北边缘。垂直网空间分布图3-j显示其分布状况与水平拖网大致相同,但集布中心的位置稍有差异。水平网最大密度出现在 I区的6-1站(图3-i),为186粒/网;垂直网最大密度出现在 I区的4-2站(图3-j),为14.06粒/m³。

2.3.3 夏季短吻红舌鲷鱼卵的分布 2007年夏季,水平和垂直网分别采到短吻红舌鲷鱼卵(大多处

于细胞期) 195粒和19粒, 分别占该航次水平和垂直网鱼卵总数的29.64%、31.67%, 出现频率分别为63.16%、26.32%, 平均密度分别为10.26粒/网、0.586粒/m³。其中I区分别采集184粒和17粒, 分别占短吻红舌鲷鱼卵总量的94.36%、89.47%, 出现频率分别为88.89%、44.44%, 平均密度分别为20.44粒/网和1.18粒/m³。II区分别采集11粒和2粒, 分别占2.20%和22.22%, 出现频率分别为30%、10%, 平均密度分别为1.1粒/网、0.11粒/m³。水平与垂直网中短吻红舌鲷鱼卵的数量、平均密度、出现频率I区均高于II区。短吻红舌鲷鱼卵的水平网空间分布如图3-k所示, 鱼卵在I区现黄河口大沙嘴口门外形成集布中心, 密度明显高于其他海区; II区分布相对均匀, 但密度较低。垂直网空间分布图3-l则显示, 鱼卵在现黄河入海口门^[26]外形成集布中心, 密度自口门

中心向南北两边递减。水平网最大密度出现在I区的6-1站, 为107粒/网(图3-k); 垂直网最大密度出现在II区的2-3站, 为7.55粒/m³(图3-l)。

2.4 水平网鱼卵、仔稚鱼群落多样性和数量分布与表层环境因子的关系

水平网鱼卵、仔稚幼鱼群落多样性和数量分布与同步检测的表层水温、盐度、溶解氧、水深等环境因子多元线性回归分析结果表明, 春季鱼卵、仔稚幼鱼群落多样性($r=0.827, P>0.05$)和个体数量分布($r=0.668, P>0.05$)与表层水体环境因子相关关系均未达到显著水平。夏季航次鱼卵、仔稚幼鱼群落多样性分布($r=0.826, P>0.05$)与环境因子相关关系也未达到显著水平; 但个体数量分布与水深的关系显著($r=1, P=0$)。

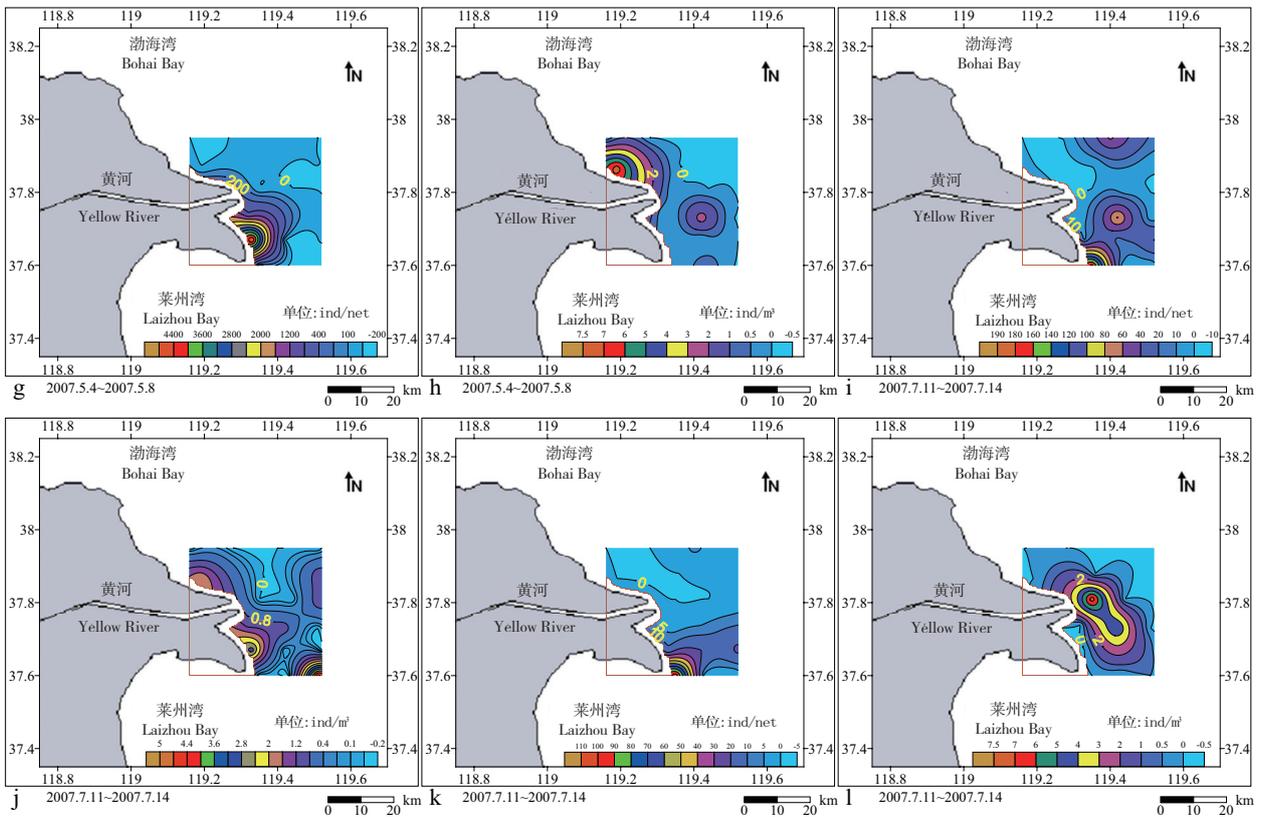


图3 2007年春、夏季黄河口海域鱼卵优势种空间分布

g, h: 春季水平、垂直网斑鲈鱼卵分布; i, j: 夏季水平、垂直网油鲈鱼卵分布; k, l: 夏季水平、垂直网短吻红舌鲷鱼卵分布。

Fig. 3 Spatial distribution of fish eggs of preponderant species in Yellow River estuary during spring and summer, 2007

g, h: *Konosirus punctatus* eggs distribution of level and upright net in spring; i, j: *Sphyræna pinguis* eggs distribution of level and upright net in summer; k, l: *Cynoglossus joyneri* eggs distribution of level and upright net in summer.

3 讨论

河口海区咸淡水系交汇,是河口群落与沿岸群落在该栖息地的交汇与过渡区域,占世界沿岸水域的15%^[15,24]。河口海区严酷的环境条件使终生能在河口海域生存的鱼类较相邻区域为少^[25-26]。但河口海域的高生产力蕴育了大量的生物有机体为鱼类幼体的生长育肥提供了丰富的食物^[27-31];高盐度及其浅水区复杂的水文地理条件使栖息在该区内的肉食性鱼类的数量较少^[32];低盐度使生活在该水域的广盐性鱼类用于渗透调节的能量降低,这对鱼类幼体存活意义重大^[27];季节性存在的跃层如坚实的“底”面,表层淡水很难向下层混合,跃层下面的水层维持一定的高盐度,流速远远低于表层,成为一些在河口栖息的底层鱼类的庇护所^[26]。上述有利条件使许多鱼类以其幼体阶段为代表生活在这一生态系统中,从而使世界范围内的河口海区成为大量海洋鱼类重要的产卵、育幼场,孕育着种类不断更替的鱼类资源^[27-31]。黄河口地处莱州湾西岸,暖温带北缘,季风气候区,在陆上气候、黄河冲淡水和黄海冷水团次级水团—渤海水团交互影响下,该海域温、盐等季节变化显著;同时受渤海逆时针环流、往复流性质的潮流及M₂潮汐余流的影响,形成错综复杂的海洋生态环境^[21]。它为各种海洋生物提供了适宜的生存环境,孕育了丰富的生物资源,成为大量经济生物的产卵场、索饵场和育幼场^[7,14,33]。在黄河口海域已观测到39种亲鱼在此产卵,产卵期主要在升温季节,5月份平均水温上升到15.5℃以上时,一些鱼类便开始产卵,随着水温上升,产卵种类增加,8月份种类最多^[5]。并且有超过40种以上的幼鱼在此育肥^[5-6]。

3.1 黄河口海域鱼卵、仔稚鱼种类组成与数量分布特征

3.1.1 鱼卵、仔稚鱼种类组成、季节性时间序列动态 2007年春、夏两季调查,共采集鱼卵、仔稚鱼18种,占该海区全年记载种类总数的46.15%^[5-6]。夏季种类数(11种)高于春季(10种);随着季节的变化,暖温种、暖水种两种区系成分的产卵亲体以暖温种

居多,交替利用黄河口水域作为产卵场,且种类季节更替明显分成春夏季和夏季两种生态类型,种类更替率高达83.33%;优势种由春季中上层洄游性鱼类斑鲮1种,变为夏季近底层洄游性鱼类油鲚、定居性鱼类短吻红舌鲷2种,且优势种的优势度下降,形成不同种类的鱼卵、仔稚鱼与特定环境和季节变化相互对应的动态格局。春季鱼卵、仔稚鱼群落H'、D、J'平均值均较低,且各值均低于夏季,说明春季鱼卵、仔稚鱼种类结构相对不稳定,种间分布不均匀,优势种突出且优势度较大;夏季种类结构相对春季要稳定,多样性指数高、种类组成复杂、种间分布较均匀。两季I区H'、D及春季J'平均值高于II区,而夏季I区J'平均值低于II区,说明两季I区种类组成复杂、多样性指数高,I区春季种间分布均匀度相对II区均匀,而夏季I区则不如II区均匀。黄河口及邻近海域鱼卵、仔稚鱼的种类组成,季节性时间序列动态正反映了黄河口及邻近海域鱼类群落结构受海洋环境理化因素的影响而呈现的季节性变动^[7]。

3.1.2 黄河口及邻近海域水文地理学特征与鱼卵、仔稚鱼分布的关系 自20世纪80年代起,许多鱼类学家一直关注着河口海域水文地理学特性对鱼类种群繁衍的影响^[34-35],河口海域产卵鱼类的浮游幼体如何在该生态系统中驻留,鱼卵、仔稚鱼在高生产力河口生态系统中的聚集机制等都是研究的重点^[36]。鱼卵、仔稚鱼自主游泳能力弱,海流对其分布影响显著。黄河口系弱潮河口,具有不规则半日潮性质^[37];黄河口外的强流区,涨潮时最大流速指向南,落潮时最大流速指向北,呈顺时针的往复流^[37];黄河口附近海域余流则呈现3个环流系统(即黄河口以南顺时针环流系统;黄河口以北逆时针的环流系统;五号桩海域顺时针环流系统)^[11,38]。此外受黄河三角洲岸线外伸的影响,黄河口附近出现一岬角旋涡对,其中湾内侧(I区)的顺时针流涡较强,流速在50 cm/s以上,黄河口北部(II区)呈现一些小尺度的流涡^[12]。

春季(5月份),黄河河口段水位变幅小、入海径流量较少,处于全年稳定期^[37];河口海区水文要素垂

向混合强烈,温、盐、密度分布比较均匀^[39]。弱的潮汐运动、少量稳定的淡水注入加上分布均匀的水文要素,在黄河口海域形成有利于洄游性鱼类产卵及其鱼卵、仔稚鱼发育的稳定水文条件^[26]。表层(水平网)鱼卵、仔稚鱼群落多样性和个体数量的分布主要受余流的影响,而与环境因子的相关性不大(群落多样性, $r=0.827$, $P>0.05$; 个体数量分布, $r=0.668$, $P>0.05$)。I区受顺时针环流系统影响,表层鱼卵、仔稚鱼被黄河口南部的岬角旋涡捕陷于流涡内,在黄河口大沙嘴附近形成集布中心; II区分布受逆时针环流系统影响被捕陷于小尺度的流涡内(图2-a, c, e)。垂直网调查结果反映的分布状态与水平网趋势一致;唯一优势种斑鲈的鱼卵、仔稚鱼平面分布亦然(图3-g, h)。

夏季(7月份),黄河进入伏秋大汛期,入海径流量增大^[37];河口海区水文要素层化现象明显,尤其在黄河口附近海区,温、盐、密度跃层较普遍^[9,39]。表层(水平网)鱼卵、仔稚鱼群落多样性和个体数量分布受余流和季节性跃层共同影响,与构成跃层的水文要素(已测环境因子)部分相关(群落多样性, $r=0.826$, $P>0.05$; 个体数量分布, $r=1$, $P=0$); I区受顺时针环流系统影响,表层鱼卵、仔稚鱼被黄河口南部的岬角旋涡对捕陷于流涡内, II区被捕陷于黄河口北部小尺度的流涡内(图2-b, d);优势种短吻红舌鲷与油鲈鱼卵分布趋势与水平网全网分布趋势一致(图3-i, k)。垂直网采集的鱼卵、仔稚鱼则主要分布在黄河入海口门外(图2-f),优势种短吻红舌鲷鱼卵的分布趋势与垂直网全网一致(图3-l),而油鲈鱼卵的分布趋势则与水平网全网分布趋势一致(图3-j);观察发现,短吻红舌鲷鱼卵处于细胞分裂期,即鱼卵从亲体排出后不久便被采集,其分布受表层余流影响不大,而油鲈鱼卵大都处于胚胎发育期,即鱼卵排出后相隔一段时间才被流涡捕获,其应为表层余流作用后的分布状态;由此得出,夏季黄河口海域生存的底层产浮性卵的鱼类,生活在跃层以下的水层,以防被强的冲淡水流冲刷到海中,鱼卵产出后上浮,经表层余流的作用,在I区被黄河口南部的岬

角旋涡对捕陷于流涡内, II区被捕陷于小尺度的流涡内。春、夏季水平与垂直网鱼卵、仔稚幼鱼分布特征反映出余流的强弱稍有差异,但分布格局相似。

此外,黄河冲淡水的堆积区主要是莱州湾和渤海湾南部近岸海域,该海区的盐度、密度空间分布,常年呈现南低北高的特征^[39]。具有低盐河口近岸产卵特性的渤海渔业资源群系的主要品种,在黄河冲淡水的堆积区,尤其是黄河入海口的南部海域形成渤海最重要的产卵场;再加上南部海区岬角旋涡对作用比较强,分布范围较北部海区小尺度的流涡广^[11],本研究结果也证实了春夏两季黄河口南部海区物种多样性水平与种间分布均匀度高于北部海域;且夏季与春季相比产卵种类及优势种数多、优势种的优势度低,由此形成夏季相对春季鱼卵、仔稚幼鱼种类结构稳定、多样性指数高、种类组成复杂、种间分布较均匀。

3.2 近30年来黄河口海域鱼卵、仔稚鱼群落变动的评价

1976年,黄河在西河口人工截流改道,行清水沟路入海^[37]。近30年来,由于黄河口尾闾摆动、黄河口海岸线的变迁^[7,11],黄河断流(1972-2002年)及径流量呈现大幅度下降的趋势^[7-8,23,39-40],改变了淡、海水生态交错带的格局,促成资源的再分配和环境的异质性^[7,41];再加上黄河口海域大规模的围垦滩涂、围海,港口、河口建闸、采沙、海岸工程、海上采油平台的建立等人类活动的增加,使河口生境破碎化,给环境生态带来严重的负面影响^[14,41-42]。特别是在黄河口及邻近水域无节制的滥渔酷捕海洋生物资源,使得该海域渔业资源的结构、组成和数量发生了很大变化,近30年来经历了鱼虾满舱的黄金时期和资源衰退生态环境破坏的重大变迁^[42]。

在鱼卵、仔稚鱼群落组成和数量分布方面,本研究与该海域1998年同期(5月、8月)调查结果在数量分布上稍有差异^[18];而与1982-1983年、1984-1985年、1992-1993年同期调查结果相比较则发生了明显的变化。主要表现为:鱼卵、仔稚幼鱼的分布范围较前者明显向黄河入海口门处集中^[8];种

类、数量进一步减少(如春季由1984年5月份的16种^[6]减少到2007年5月份的10种),典型的河口种凤鲚(*Coilia mystus*)及该海域同期产卵的主要经济种银鲳(*Stromateoides argenteus*)、褐牙鲂(*Paralichthys olivaceus*)、黄姑鱼(*Nibea albiflora*)、叫姑鱼(*Johnius belegnerii*)等鱼卵、仔稚鱼缺失,特别是黄河口三大经济鱼类^[5,7]—带鱼(*Trichiurus haumela*) (仅见小带鱼鱼卵)、小黄鱼(幼鱼1尾,0.000 6尾/m²)、鳎(2粒,0.001 2粒/m²)的鱼卵、仔稚鱼密度极低,近乎绝迹;卵子质量不高,死卵数量大,春季航次调查的斑鲈死卵约占79.25%,短鳍鲈死卵约占70.2%,两者之和占到两航次鱼卵总数的75%以上;鱼卵、仔稚鱼种类组成进一步向生命周期短、个体小、资源更新节律快的小型低质鱼种上转化,并且这些小型中上层种类也处在不断交替之中,这与整个黄河口海域渔业资源和鱼类群落结构的变化趋势相符^[5,7-8,14-16]。可见在渔业捕捞和环境条件变化的双重扰动下,黄河口生态系统中鱼类资源的种群交替和鱼类群落结构发生了很大的变化,从而导致补充群体也产生了相应的改变。

致谢: 本研究得到了山东省东营市垦利县海洋与渔业局的大力支持,中国海洋大学鱼类行为学和渔业生态学研究室的师生在调查取样期间也提供了大力帮助,在此谨表谢意!

参考文献:

- [1] 万瑞景,孙珊. 黄、东海生态系统中鱼卵、仔稚鱼种类组成与数量分布[J]. 动物学报,2006,52(1): 28-44.
- [2] 赵传纲. 中国海洋渔业资源[M]. 浙江: 浙江科学技术出版社,1990: 45-109.
- [3] 陈大刚. 黄渤海渔业生态学[M]. 北京: 海洋出版社,1991.
- [4] 刘效舜,吴敬南,韩光祖,等. 黄、渤海渔业资源调查和区划[M]. 北京: 海洋出版社,1990.
- [5] 杨纪明,李军. 近十五年来中国海洋鱼类学的研究概况[J]. 海洋科学集刊,1995,36: 297-310.
- [6] Yang J M, Wang C X. Primary fish survey in the Huanghe River estuary [J]. Chin J Oceanol Limnol, 1993, 11 (4): 368-374.
- [7] 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: 141-150.
- [8] 焦玉木,张新华. 黄河断流对河口海域鱼类多样性的影响[J]. 海洋湖沼通报,1998,4: 48-53.
- [9] 山东省科学技术委员会. 山东省海岸带和海涂资源综合调查报告集. 黄河口区综合调查报告[C]. 北京: 中国科学技术出版社,1991.
- [10] 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: 347-359.
- [11] 黄大吉,苏纪兰. 黄河三角洲岸线变迁对莱州湾流场和对虾早期栖息地的影响[J]. 海洋学报,2002,24(6): 104-111.
- [12] Fan H, Huang H J. Changes in Huanghe (Yellow) River estuary since artificial re-routing in 1996 [J]. Chin J Oceanol Limnol, 2005, 23(3): 299-305.
- [13] 单秀娟,线薇薇,武云飞. 三峡工程蓄水前后秋季长江口鱼类浮游生物群落结构的动态变化初探[J]. 中国海洋大学学报,2005,35(6): 936-940.
- [14] 邓景耀,金显仕. 莱州湾及黄口水域渔业生物多样性及其保护研究[J]. 动物学研究,2002,21(2): 76-82.
- [15] 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.
- [16] 朱鑫华,唐启升. 渤海鱼类群落及其种间更替[J]. 海洋科学集刊,2002,44: 159-168.
- [17] Pianka E R. Ecology of the agamid lizard *amphibolus isolepis* in Western Austria [J]. Copeia, 1971, 3: 527-536.
- [18] 金显仕,赵宪勇,孟田湘,等. 黄渤海生物资源与栖息环境[M]. 北京: 科学出版社,2005: 114.
- [19] 蒋日进,钟俊生,张冬良,等. 长江口沿岸碎波带仔稚鱼的种类组成及其多样性特征[J]. 动物学研究,2008,29(3): 297-304.
- [20] 韩洁,张志南,于子山. 渤海中、南部大型底栖动物的群落结构[J]. 生态学报,2004,24(3): 531-537.
- [21] Chen D G, Shen W Q, Liu Q, et al. The geographical characteristics and fish species diversity in the Laizhou Bay and Yellow River estuary [J]. J Fish Sci Chin, 2000, 7(3): 46-52.
- [22] 万瑞景,姜言伟. 黄、渤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] 常军,刘高焕,刘庆生. 黄河口海岸线演变时空特征及其与黄河来水来沙的关系[J]. 地理研究,2004,23(5): 339-346.
- [24] Yáñez-Arancibia, A. Lagunas costeras y estuarios: cronología, criterios y conceptos para una clasificación ecológica de sistemas costeros [J]. ACIESP, 1987, 54(3): 1-38.
- [25] Haedrich R L. Estuarine fishes. In: Estuaries and enclosed seas.

- (Ed by Ketchum, B H), *Ecosystems of the World (Vol 26)* [M]. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing, 1983: 183–207.
- [26] Potter I C, Hynaesc G A. Characteristics of the ichthyofaunas of southwestern Australian estuaries, including comparisons with holarctic estuaries and estuaries elsewhere in temperate Australia: A review [J]. *Aus J Ecol*, 1999, 24 (4): 395–421.
- [27] Potter I C, Beckley L E, Whitfield A K, et al. Comparisons between the roles played by estuaries in the life cycles of fishes in temperate Western Australia and Southern Africa [J]. *Environ Biol Fish*, 1990, 28 (1–4): 143–178.
- [28] Monaco M E, Lowery T A, Emmett R L. Assemblages of US West Coast estuaries based on the distribution of fishes [J]. *J Biogeogr*, 1992, 19: 251–267.
- [29] Faria A, Morais P, Alexandra M C. Ichthyoplankton dynamics in the Guadiana estuary and adjacent coastal area, South–East Portugal [J]. *Estuar Coast Shelf Sci*, 2006, 70 (1–2): 85–97.
- [30] Bonecker A C T, Múric S D C, Cl á udia, A P N, et al. Larval fish composition of a tropical estuary in northern Brazil ($2^{\circ} 18' - 2^{\circ} 47' S / 44^{\circ} 20' - 44^{\circ} 25' W$) during the dry season [J]. *Pan-American J Aquat Sci*, 2007, 2 (3): 235–241.
- [31] Strydom N A, Whitfield A K, Wooldridge T H. The role of estuarine type in characterizing early stage fish assemblages in warm temperate estuaries, South Africa [J]. *Afr Zool*, 2003, 38 (1): 29–43.
- [32] Blaber S J M. Fish of the trinity inlet system of north Queensland with notes on the ecology of fish faunas of tropical Indo-Pacific estuaries [J]. *Aust J Mar Freshwat Res*, 1980, 31 (2): 137–146.
- [33] 张洪亮, 杨建强, 崔文林. 莱州湾盐度变化现状及其对海洋环境与生态的影响 [J]. *海洋环境科学*, 2006, 25 (Sup1): 11–14.
- [34] Whitfield A K. Ichthyoplankton interchange in the mouth region of a southern African estuary [J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1989, 54 (1–2): 25–33.
- [35] Weinstein M P, Weiss S L, Hodson R G, et al. Retention of three taxa of postlarval fishes in an intensively flushed tidal estuary, Cape Fear river, North Carolina [J]. *Fish Bull US*, 1980, 78: 419–435.
- [36] Boehlert G W, Mundy B C. Roles of behavioral and physical factors in larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas [J]. *Am Fish Soc Symp*, 1988, 3: 51–67.
- [37] 庞家珍, 蒋明星. 黄河口的演变 (I) — (一) 河口水文特征 [J]. *海洋湖沼通报*, 2003, 3: 1–13.
- [38] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志, 第十四分册 (重要河口) [M]. 北京: 海洋出版社, 1998, 799.
- [39] 李泽刚. 黄河口附近海区水文要素基本特征 [J]. *黄渤海海洋*, 2000, 18 (3): 1–6.
- [40] 李凡, 张秀荣. 黄河入海水、沙通量变化对黄河口及邻近海域环境资源可持续利用的影响 I. 黄河入海流量锐减和断流的成因及其发展趋势 [J]. *海洋科学集刊*, 2001, 43: 51–59.
- [41] 叶属峰, 吕吉斌, 丁德文等. 长江口大型工程对河口生境破碎化影响的初步研究 [J]. *海洋工程*, 2004, 22 (3): 41–47.
- [42] 崔毅, 马绍赛, 李云平, 等. 莱州湾污染及其对渔业资源的影响 [J]. *海洋水产研究*, 2003, 24 (1): 35–41.

Category composition and distributional patterns of ichthyoplankton in the Yellow River estuary during spring and summer 2007

BIAN Xiaodong¹, ZHANG Xiumei¹, GAO Tianxiang¹, Wan Ruijing², ZHANG Peidong¹

(1. The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: The categories composition and distributional patterns of ichthyoplankton surveys were carried out in waters of the Yellow River estuary in spring and summer 2007. In the investigated area, $119^{\circ} 05' - 119^{\circ} 31' E$, $37^{\circ} 35' - 37^{\circ} 57' N$, 19 fixed sampling stations (6 transects) were set up respectively. The distributional patterns of ichthyoplankton were investigated by horizontal tows associated with vertical tows with a zooplankton net (mouth diameter 50 cm, 140 cm in length, mesh size 0.50 mm). The horizontal tows were at 5 min duration at a speed of 2.0 nmile/h on the sea surface, while the vertical tows were from surface to near-bottom at a speed of 0.5 m/s at each sampling station. According to the investigation results, 7 661 eggs and 70 larvae of fishes belonging to 18 taxa were collected during spring and summer 2007, of which, 17 taxa were identified as species, belonging to 16 genera, 12 families and 5 orders, 1 taxa of gobiidae fishes as only family level. The preponderant species were *Konosirus punctatus*, *Sphyræna pinguis* and *Cynoglossus joyneri*. In late spring, a total of 6 943 eggs and 6 larval fishes were captured respectively. In the horizontal tows, 6 932 eggs and 6 larvae were captured, and in the vertical tows, 11 eggs and 0 larvae were captured. The occurrence frequencies of eggs and larvae were 84.21% and 10.53% in the horizontal tows, 15.79% and 0% in the vertical tows, respectively. The average density of eggs and larvae were 364.84 ind/net and 0.32 ind/net respectively in the horizontal tows, and 0.34 ind/m³ and 0 ind/m³ in the vertical tows respectively. In summer, a total of 718 eggs and 64 larvae of fishes were captured respectively. In the horizontal tows 658 eggs and 57 larvae were captured, and in the vertical tows, 60 eggs and 7 larvae were captured, respectively. The occurrence frequencies of eggs and larvae were 84.21% and 63.16% respectively in the horizontal tows, 31.58% and 15.79% in the vertical tows. The average density of eggs and larvae were 34.63 ind/net and 3 ind/net respectively in the horizontal tows, 1.85 ind/m³ and 0.22 ind/m³ respectively in the vertical tows. Further analyzing showed that two seasonal ecological groups could be distinguished. A pronounced seasonal succession from spring-summer group to summer group regarding the category composition of ichthyoplankton can be observed throughout the two cruises. The succession rate was about 83.33%. The distributional patterns of species were different on account of different water environmental conditions. In waters of southern Yellow River estuary, the community structure of ichthyoplankton was relatively stable, the dominant species were evident and the dominant value was high. The diversity index of species and the uniformity of interspecific distribution in waters of southern Yellow River estuary were higher than that in waters of northern Yellow River estuary. The variability in the spatio-temporal distributional patterns of ichthyoplankton may result from the interaction of hydrological and biological factors at different scales. The equivalent density distribution of ichthyoplankton and fish eggs of preponderant species, such as *Konosirus punctatus*, *Sphyræna pinguis*, *Cynoglossus joyneri* was drawn. The category composition and distribution patterns of ichthyoplankton in the Yellow River estuary changed evidently from 1982 to 2007, and that was in correspondence with the alternation of fishery resources strongly affected by double disturbances of overfishing and ecological environment changes. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(4): 815–827]

Key words: ichthyoplankton; Yellow River estuary; category composition; distribution pattern; dominant species; community structure; hydrography

Corresponding author: ZHANG Xiumei. E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn