

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2017.17017

海州湾及邻近海域春夏季典型断面鱼类浮游生物群落的结构特征

肖欢欢¹, 张崇良¹, 薛莹¹, 徐宾铎¹, 于海庆³, 任一平^{1,2}

1. 中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003;

2. 青岛海洋科学与技术国家实验室, 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266071;

3. 中国海洋大学 环境科学与工程学院, 山东 青岛 266100

摘要: 根据 2015 年 5—7 月在海州湾及邻近海域存在空间异质性的南北两个典型断面进行的鱼卵、仔稚鱼水平拖网调查数据, 采用多元统计分析等方法研究了该海域春、夏季鱼类浮游生物群落的空间变化。结果表明, 本次调查共获得鱼卵 33587 粒, 仔稚鱼 713 尾。出现鱼卵 25 种(未定种 1 种), 隶属于 14 科 25 属, 仔稚鱼 13 种(未定种 1 种), 隶属于 13 科 13 属。鱼卵优势种主要是鳀(*Engraulis japonicus*)、多鳞鱻(*Sillago sihama*)、鲷属(*Callionymus* spp.)、皮氏叫姑鱼(*Johnius belengerii*)、江口小公鱼(*Stolephorus commersonni*)和短吻红舌鲷(*Cynoglossus joyneri*); 仔稚鱼优势种主要是鲷属和斑鲷(*Konosirus punctatus*)。鱼类浮游生物种类组成年代际变化明显, 目前以生命周期短、个体小、资源更新节律快的小型鱼种为主; 研究表明, 鱼类浮游生物的优势种在不同月份和断面之间存在一定变化, 5、6 月南北两断面优势种组成不同, 7 月开始出现共同优势种。从鱼类浮游生物的空间分布来看, 近岸海域的丰度较高, 5、6 月鱼类浮游生物的平均丰度均为北面断面 1 高于南面断面 2, 7 月反之。鱼类浮游生物群落在两个典型断面随月份呈现出不同特征, 水深、温度和盐等海洋环境因子综合影响着春、夏季海州湾及邻近海域鱼类浮游生物群落结构。

关键词: 鱼卵; 仔稚鱼; 优势种; 数量分布; 多元统计分析; 环境因子

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2017)05-1079-12

鱼类浮游生物包括鱼卵和仔稚鱼, 是鱼类生活史的重要发育阶段, 其丰度影响着渔业种群早期补充量和种群动态^[1-2], 鱼类浮游生物种类组成、丰度和分布的季节变化是进行渔业资源调查和研究和管理的重要指标^[3]。因此, 对鱼类浮游生物群落结构及其动态研究是海洋鱼类补充机制研究的基础^[4-7], 对于研究成鱼产量变动也具有重要意义。

海州湾及其邻近海域是多种鱼类和经济无脊椎动物重要的产卵场、索饵场, 曾盛产带鱼(*Trichiurus haumela*)、真鲷(*Chrysophrys major*)和小黄鱼(*Larimiichthys polyactis*)等经济鱼类^[8], 是近海

重要渔场之一。过度捕捞和海洋环境污染及气候变化等诸多因素影响了亲鱼正常的产卵环境, 影响了鱼类浮游生物的集群结构^[9]。50 余年来, 有关海州湾及邻近海域鱼卵、仔稚鱼生态学的相关调查研究相对较少, 以往主要集中在姜言伟^[10]和万瑞景等^[4]对鱼卵、仔稚鱼种类组成和数量分布的研究。近年来, 李增光等^[11]研究了 2011 年海州湾夏季垂直拖网鱼卵、仔稚鱼空间分布与环境因子的关系; 刘鸿等^[12]对 2013 年 4—7 月黄海中部 20 m 以浅海域垂直拖网鱼卵、仔稚鱼的群落特征进行了初步研究。海州湾及邻近海域底质类型多样化, 海湾北部海底为基岩岸与砂砾质海岸, 存

收稿日期: 2017-01-12; 修订日期: 2017-03-21.

基金项目: 中央高校基本科研业务费项目(201562030, 201612002); 青岛海洋科学与技术国家实验室鳌山科技创新计划项目(2015ASKJ02-05).

作者简介: 肖欢欢(1992—), 女, 硕士研究生, 主要从事渔业资源研究. E-mail: xhh@stu.ouc.edu.cn

通信作者: 徐宾铎, 副教授, 主要从事渔业资源与生态学研究. E-mail: bdxu@ouc.edu.cn

在黄海槽延伸的鲁南海槽^[13]；海湾的南部是水深小于 20 m 的苏北海岸，底质类型为淤泥粉砂质^[8]。海湾北部较南部更靠近黄海冷水团的中心^[14]，受黄海冷水团的影响更大，且在水深变化剧烈的鲁南沟槽内海流的流速明显大于其他海区^[15]。由于海州湾及邻近海域南北环境特征存在一定差异，底质类型、水深及水动力特征的不同可能会对主要产卵时期内鱼类浮游生物的群落结构特征产生一定影响。

本研究根据 2015 年 5—7 月在海州湾及邻近海域南北两个典型断面进行的鱼卵、仔稚鱼和环境调查数据，分析了春、夏季该海域典型断面鱼卵、仔稚鱼群落结构特征，旨在为该海域鱼类产卵场的保护和制定渔业资源养护管理措施提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

调查海域位于海州湾及邻近水域，设置 1、2 两个调查断面，每个断面由岸基向机轮拖网禁渔线方向，按 5 海里间距设 1 个站位，共 28 个站位（图 1）。于 2015 年的 5 月、6 月和 7 月大潮汛期间开展鱼卵、仔稚鱼和环境因子调查。鱼卵和仔稚鱼调查使用网口带有流量计的大型浮游生物网（网口直径 0.8 m，网目 0.505 mm，网衣 2.8 m）进行水平拖网采样，拖曳时间 10 min，拖速约 2.0 kn；使用 XR-420 型 CTD 进行现场温度、盐度和水深等环境因子的测定。鱼卵、仔稚鱼样品保存于 5% 的海水福尔马林溶液中固定。样品的采集、保存与室内分析处理均按《海洋调查规范》^[16]中规定的方法进行。实验室镜检将鱼卵、仔稚鱼挑出，参考《中国近海鱼卵与仔鱼》^[17]、《台湾海域鱼卵图鉴》^[18]和《日本仔稚鱼图鉴》^[19]对鱼卵、仔稚鱼样品进行物种鉴定。

1.2 分析方法

1.2.1 优势种 采用相对重要性指数 IRI 对鱼卵、仔稚鱼种类的优势度进行分析^[20]，公式如下：

$$IRI = N\% \times F\% \times 10^4$$

式中， $N\%$ 为不同种类数量占总数量的比例， $F\%$ 为出现频率，本文以 IRI 大于 500 的为优势种^[21]。

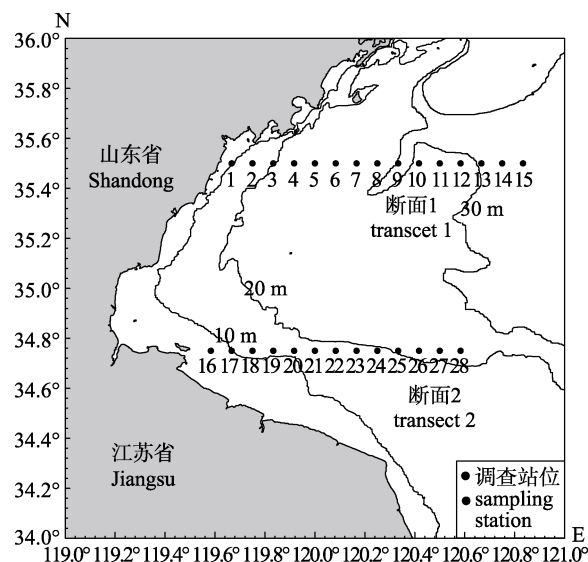


图 1 海州湾及邻近海域鱼类浮游生物调查站位

Fig. 1 Sampling stations of ichthyoplankton survey in Haizhou Bay and its adjacent waters

1.2.2 群落结构多元分析 对 5—7 月不同站位的鱼卵密度进行平方根转换后计算 Bray-Curtis 相似性系数矩阵，采用等级聚类分析 (CLUSTER) 和非度量多维标度分析 (MDS) 研究该海域各个月份鱼卵群落的空间变化，划分不同的站位组^[22-23]。采用单因子相似性分析 (ANOSIM) 研究不同组群间种类组成的差异显著性^[23]。应用相似性百分比分析 (SIMPER) 研究造成各组相似的典型种和不同组之间群落结构差异的分歧种^[23-24]。以上多元统计分析过程均用 PRIMER5.0 软件^[25]。

1.2.3 鱼卵、仔稚鱼丰度的变化分析 分析各站位鱼卵、仔稚鱼丰度的空间变化。计算两个断面的平均丰度 ($\bar{x} \pm SE$)，采用 Aspin-Welch 差异显著性检验对 5—7 月鱼卵、仔稚鱼两断面的平均丰度进行差异显著性检验^[26]。

2 结果与分析

2.1 种类组成

本次调查共采集到鱼卵 33587 粒，仔稚鱼 713 尾。鱼卵 25 种，隶属于 14 科 25 属，1 种鉴定到科，23 种鉴定到属或种，未定种 1 种。仔稚鱼 13 种，隶属于 13 科 13 属，其中 1 种鉴定到科，11 种鉴定到种，未定种 1 种。稚鱼种类包括沙氏下鱈鱼 (*Hyporhamphus sajori*)、小眼绿鳍鱼 (*Chelidonichthys*

spinosus)和杜父鱼科(*Cottidae*), 大银鱼(*Protosalanx chinensis*)和鲷(*Liza haematocheila*)仔鱼、稚鱼均有出现, 其余种类均为仔鱼。从种类组成上看, 鲈形目物种数量最多, 其次为鲱形目。鱼卵种类数在 5 月最多, 仔稚鱼种类数 6 月最多。在 5 月断面 2 的鱼卵、仔稚鱼种类数均多于断面 1; 在 6、7 月, 断面 1 鱼卵种类数多于断面 2, 而仔稚鱼反

之(表 1)。

2.2 优势种组成

鱼类浮游生物的优势种组成在不同月份和断面之间存在一定变化。在 5 月, 断面 1 的鱼类浮游生物优势种以鲷属、鲷等暖温性鱼类为主, 断面 2 的优势种为白姑鱼、蓝点马鲛等暖水性鱼类。在 6 月, 断面 1 的优势种仍为鲷属和鲷, 断面 2

表 1 海州湾及邻近海域 5—7 月典型断面鱼卵、仔稚鱼种类名录
Tab. 1 The species catalogue of fish eggs and larvae in Haizhou Bay and its adjacent waters from May to July

科 family	物种 species	5 月 May		6 月 June		7 月 July	
		T1	T2	T1	T2	T1	T2
鲱科 Clupeidae	斑鲚 <i>Konosirus punctatus</i>	▲○	▲○	▲	▲○	▲	▲○
	青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>		▲		▲		▲
鲷科 Engraulidae	鲷 <i>Engraulis japonicus</i>	▲	▲	▲	▲○	▲	▲
	江口小公鱼 <i>Stolephorus commersonni</i>				▲	▲	▲
	赤鼻棱鲷 <i>Thryssa kammalensis</i>		▲	▲	▲	▲	
	凤鲚 <i>Coilia mystus</i>		▲				
银鱼科 Salangidae	大银鱼 <i>Protosalanx chinensis</i>		○				○
狗母鱼科 Synodontidae	长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>		▲	▲	▲	▲	▲
海龙鱼科 Syngnathidae	尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>			○			
鲻科 Mugilidae	鲻 <i>Liza haematocheila</i>		▲○		○	○	
	鲻 <i>Mugil cephalus</i>		▲	▲			
鲷科 Callionymidae	鲷属 <i>Callionymus</i> spp.	▲○	▲	▲○	▲	▲	▲
石首鱼科 Sciaenidae	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	▲	▲	▲			▲
	皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>		▲	▲	▲○		▲○
	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	▲	▲	▲			
	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>		▲				
鲭科 Scombridae	蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	▲	▲	▲		▲	
	鲈 <i>Scomberjaponicus</i>			▲○			
鳀科 Sillaginidae	多鳞鳀 <i>Sillago sihama</i>		○	▲		▲	▲○
鲷科 Platycephalidae	鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	▲	▲	▲			
带鱼科 Trichiuridae	小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>			▲			▲
鲷科 Pleuronectidae	虫鲷 <i>Eopsetta grigorjewi</i>		▲				
	高眼鲷 <i>Cleisthenes herzensteini</i>	▲	▲		▲	▲	
	褐牙鲷 <i>Paralichthys olivaceus</i>	▲		▲	▲		
鲷科 Triglidae	小眼绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys spinosus</i>				○		
	鲷科未定种 <i>Triglidae</i> sp1		▲				
鲷科 Hemiramphidae	沙氏下鲷 <i>Hyporhamphus sajori</i>			○			
舌鲷科 Cynoglossidae	短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>			▲	▲	▲	▲
杜父鱼科 Cottidae	杜父鱼科未定种 <i>Cottidae</i> lar. sp. 1					○	
未定种 unidentified spp.	未定种 1 Egg sp. 1		▲		▲		
	未定种 2 Lar. sp. 2		○				

注: “▲”代表鱼卵种类出现; “○”代表仔稚鱼种类出现. “T1”代表断面 1; “T2”代表断面 2.
Note: “▲” stands for the appearance of fish egg species; “○” stands for the appearance of larva species. “T1” stands for transect 1; “T2” stands for transect 2.

的优势种主要为皮氏叫姑鱼、江口小公鱼等暖水性鱼类。在 7 月,断面 1、2 开始出现共同的优势种多鳞鳢和短吻红舌鲷(表 2)。

2.3 鱼卵、仔稚鱼丰度的时空变化

鱼卵平均丰度最大值出现在 6 月断面 1, 鱼卵平均丰度为 (127.23 ± 10.53) ind/ m^3 , 最小丰度出现在 5 月断面 2, 为 (4.86 ± 0.68) ind/ m^3 ; 仔稚鱼的最大平均丰度出现在 5 月断面 1, 为 (1.21 ± 0.21) ind/ m^3 , 6 月断面 2 最低, 为 (0.08 ± 0.01) ind/ m^3 。5、6 月份鱼卵、仔稚鱼的平均丰度均为断面 1 高于断面 2, 7 月反之(图 2)。Aspin-Welch 差异显著性检验表明, 除 5 月外, 两断面的鱼卵丰度均无显著性差异($P>0.05$); 除 6 月外, 两断面仔稚鱼丰度均无显著性差异($P>0.05$)。从鱼类浮游生物丰度的空间分布来看, 其丰度以断面 1 中 30 m 以浅和断面 2 中 20 m 以浅的近岸海域较高(图 3)。

2.4 鱼卵、仔稚鱼群落结构

2.4.1 鱼卵群落 CLUSTER 聚类分析(图 3)与 MDS 分析(图 4)表明, 海州湾及邻近海域 5 月鱼卵群落划分为 3 个站位组, A(站位 1~8、20、21)、

B(站位 16~18、22~26、28)、C(站位 9~15、19)。鱼卵群落有断面 1、2 的区分并且在每个断面的集聚类型各不相同。ANOSIM 分析表明, 5 月鱼卵群落在两两站位组之间的种类组成均差异极显著($P<0.01$)。各站位组的典型种主要有鳊属、鳊、白姑鱼、鲮和蓝点马鲛等(表 3), 鳊属、鳊、白姑鱼和蓝点马鲛等也是不同站位组间的主要分歧种。在 37%相似性水平下, 可将海州湾及邻近海域 6 月鱼卵群落划分为 3 个站位组, A(站位 2~6、18)、B(站位 1、16、17、19~25)和 C(站位 7~15、27)。鱼卵在断面 1、2 中呈现出不同的集聚类型, 与 5 月相似, 在断面 1 中形成不同的站位组, 断面 2 成为一个站位组。ANOSIM 分析表明, 6 月各站位组之间均差异极显著($P<0.01$), 各站位组的典型种主要为多鳞鳢、长蛇鲻、鳊属、鳊和皮氏叫姑鱼等(表 4), 这些典型种也是不同站位组间的主要分歧种。在 20%相似性水平下, 可将 7 月鱼卵群落划分为 2 个站位组, A 组(站位 1~8、16~21、23、24~26)和 B 组(站位 10~15、22、27 和 28)(图 3), 站位组 A 较 B 更偏向近岸。ANOSIM 分析表明,

表 2 海州湾及邻近海域 5—7 月鱼卵、仔稚鱼优势种的丰度与组成占比
Tab. 2 Abundance and its percentage of dominant species for fish eggs and larvae in Haizhou Bay and its adjacent waters from May to July

月份 month	优势种 dominant species	断面 1 transect 1		断面 2 transect 2		调查海域 survey area	
		丰度/(ind·m ⁻³) abundance	占比/% percentage	丰度/(ind·m ⁻³) abundance	占比/% percentage	丰度/(ind·m ⁻³) abundance	占比/% percentage
5 月	鳊属 <i>Callionymus</i> spp.	10.72	100			7.46	75
May	鳊 <i>Engraulis japonicus</i>	2.06	73			2.02	54
	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>			1.09	54		
	蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>			0.78	54		
	*鳊属 <i>Callionymus</i> spp.	0.99	20			0.64	14
6 月	鳊 <i>Engraulis japonicus</i>	36.29	93			30.70	54
June	鳊属 <i>Callionymus</i> spp.	57.27	73			21.06	57
	皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>			52.35	72		
	江口小公鱼 <i>Stolephorus commersonni</i>			13.51	19		
	*鳊属 <i>Callionymus</i> spp.	0.59	27			0.19	53
	*鳊 <i>Engraulis japonicus</i>			0.36	15		
7 月	多鳞鳢 <i>Sillago sihama</i>	9.34	70	4.16	17	13.67	71
July	短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	1.79	13	5.49	22	3.46	54
	江口小公鱼 <i>Stolephorus commersonni</i>			11.31	46	8.12	29
	*斑鲹 <i>Konosirus punctatus</i>			0.78	23	0.22	11

注: *为仔稚鱼, 其余为鱼卵种类。
Note: * denotes larva species, and the others are fish egg species.

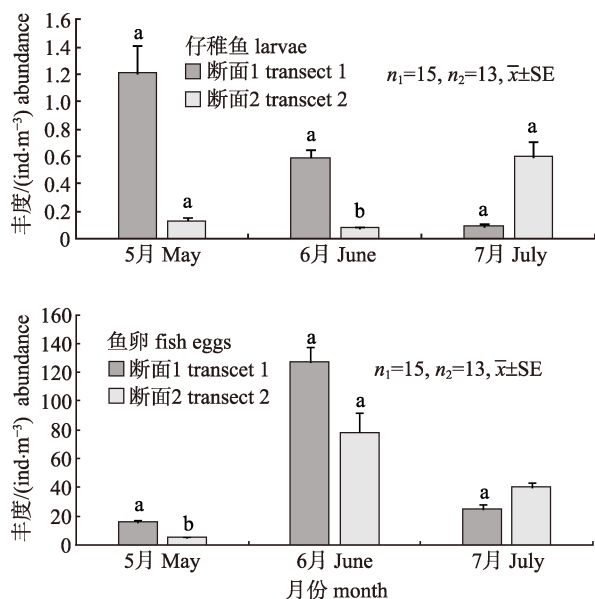


图2 海州湾及邻近海域5—7月每个断面鱼卵、仔稚鱼丰度

n_1 为断面1调查站位数, n_2 为断面2调查站位数, 柱上字母不同代表断面间差异显著($P < 0.05$).

Fig. 2 The abundance of fish eggs and larvae in each transect in Haizhou Bay and its adjacent waters from May to July. The same letter represents significant difference between transects ($P < 0.05$). n_1 , n_2 stand for the number of sampling stations in transect 1 and transect 2, respectively.

7月两站位组间种类组成差异不显著($R = -0.038$, $P > 0.05$), 各站位组的典型种主要有长蛇鲻、多鳞鳕、江口小公鱼和短吻红舌鲷等(表5), 多鳞鳕、长蛇鲻、江口小公鱼和鲢等是两组的主要分歧种。

同步环境因子调查表明, 海州湾及邻近海域5—7月两断面呈现出不同的温盐特征。5—7月两断面的温盐呈现出近岸较远岸高温低盐的特点, 近岸水域温盐垂直分布较为一致; 离岸较远的海域受黄海冷水团的影响, 温盐出现层化现象, 温跃层尤为显著(图5)。

2.4.2 仔稚鱼种类分布 本次调查中, 海州湾及邻近海域5—7月出现仔稚鱼的站位数较少, 故本研究未分析仔稚鱼群落。5月, 鳕属仔稚鱼仅出现在断面1的近岸海域, 断面2近岸海域的代表种为大银鱼、鲛和斑鲈; 与5月相比, 6月仔稚鱼数量增多, 并且在两个断面的不同水深组中均有出现。断面1的30 m以浅海域主要为鳕属仔稚鱼, 30 m以深海域出现了较多鲈仔稚鱼。断面2中, 20 m以浅的海域主要仔稚鱼种类为斑鲈, 20 m等深线

附近海域主要为鲛和鲢; 7月, 断面1中仔稚鱼主要分布于30 m附近海域, 主要为梭鱼和杜父鱼科仔稚鱼。断面2中仔稚鱼分布于20 m以浅海域, 主要种类为皮氏叫姑鱼和斑鲈。

3 讨论

3.1 种类组成

相关研究表明, 5—7月份是海州湾及邻近海域大多数鱼类的产卵盛期^[4, 10, 27]。20世纪60年代, 海州湾海域5—7月产卵种类主要为带鱼、蓝点马鲛、鲢、小眼绿鳍鱼、白姑鱼、小黄鱼、高眼鲱(*Cleisthenes herzensteini*)、真鲷(*Pagrosomus major*)和多鳞鳕等^[10]。20世纪90年代春夏季在海州湾海域产卵的鱼类主要为鲢、多鳞鳕、远东拟沙丁鱼(*Sardina melanostictus*)、黄姑鱼、鳕属、小眼绿鳍鱼及蓝点马鲛^[4]。而在本次调查中, 鱼类浮游生物优势种包括鲢、鳕属鱼类、江口小公鱼、皮氏叫姑鱼、蓝点马鲛、多鳞鳕和大银鱼等, 蓝点马鲛、皮氏叫姑鱼和多鳞鳕尚占有一定比例(表2), 小黄鱼、高眼鲱等种类数量大幅降低, 远东拟沙丁鱼和真鲷在本次调查中均未出现。鱼类浮游生物种类组成年代际变化明显, 目前以生命周期短、个体小、资源更新节律快的小型鱼种为主, 这与Li等^[28]、刘鸿等^[12]的研究结果相似, 同时也与该海域鱼类群落结构的变化趋势相符^[29]。鱼类浮游生物种类组成的变化可能与人类活动^[30]以及全球变暖导致水温增加^[31]有关。

3.2 鱼卵、仔稚鱼时空分布特征

聚类分析表明, 鱼卵聚集随季节呈现出不同的空间分布特征。研究表明, 鱼卵的聚集常与产卵群体的生殖洄游存在时空分布的一致性^[32], 其群落结构与温度和盐度有密切的关系^[11, 33]。相同月份中, 断面1、2之间及近岸与远岸温盐的差异可能对鱼类浮游生物的种类组成产生一定影响。5—7月份鱼卵群落在两断面呈现出不同的空间分布特征, 这可能与各月份的温盐特征有关。鱼卵群落在各月份断面1均呈现出近岸与远岸的集聚类型, 这主要受黄海冷水团的影响(图5)。在5月, 温盐在两个断面的变化趋势不同, 这可能是造成南北断面的种类组成有较大差异的原因。断面1

的温度较低, 适于鳊属、鳊等暖温性鱼类产卵。受黄海冷水团的影响, 鳊多集中于离岸较远的站位。鳊是集群性强的小型中上层鱼类, 亲鱼的栖

息水深一般在 25 m 以上^[17], 加之鲁南沟槽处流速较大, 鳊等小型鱼类较难穿越到近岸海域进行产卵, 东侧少量的鳊鱼卵可能与该海域逆时针

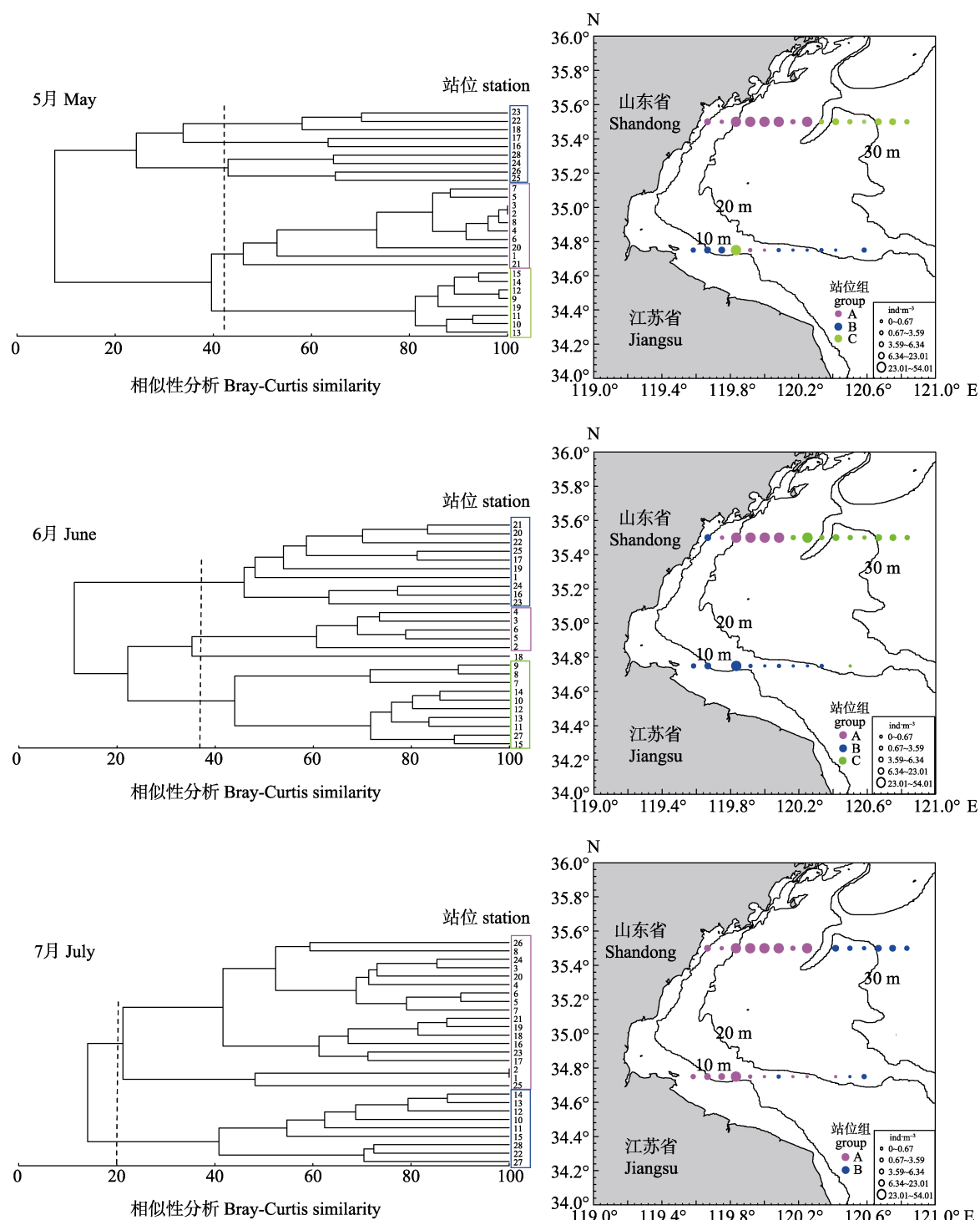


图 3 海州湾及邻近海域 5-7 月鱼卵群落聚类分析

各月份中不同的符号颜色(●)代表不同的站位组, 符号大小代表丰度高低。

Fig. 3 Cluster analysis dendrogram for fish egg community in Haizhou Bay and its adjacent waters from May to July. Different colors of symbol (●) stand for different station groups in each month and its size stands for the abundance level.

表 3 海州湾及邻近海域 5 月鱼卵群落不同站位组中的典型种及其对组内相似性贡献百分比(>4%)

Tab. 3 Typifying species and their percentage contributions (>4%) to the average within-groups similarity for fish eggs community in Haizhou Bay and its adjacent waters in May(>4%)

种类 species	组 A group A	组 B group B	组 C group C
鲻属 <i>Callionymus</i> spp.	98.74		20.48
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>			78.65
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>		26.45	
斑鲆 <i>Konosirus punctatus</i>		10.01	
鲬 <i>Platycephalus indicus</i>		36.99	
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>		10.53	
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>		12.44	

表 4 海州湾及邻近海域 6 月鱼卵群落不同站位组中的典型种及其对组内相似性贡献百分比(>4%)

Tab. 4 Typifying species and their percentage contributions (>4%) to the average within-groups similarity for fish eggs community in Haizhou Bay and its adjacent waters in June(>4%)

种类 species	组 A group A	组 B group B	组 C group C
多鳞鳕 <i>Sillago sihama</i>	41.91		
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	33.41		
鲻属 <i>Callionymus</i> spp.	17.64		43.14
鳀 <i>Engraulis japonicas</i>			56.22
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i>		75.95	
江口小公鱼 <i>Stolephorus commersoni</i>		14.30	

表 5 海州湾及邻近海域 7 月鱼卵群落不同站位组中的典型种及其对组内相似性贡献百分比(>4%)

Tab. 5 Typifying species and their percentage contributions (>4%) to the average within groups similarity for fish eggs community in Haizhou Bay and its adjacent waters in July(>4%)

种类 species	组 A group A	组 B group B
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	35.79	
多鳞鳕 <i>Sillago sihama</i>	30.24	50.90
江口小公鱼 <i>Stolephorus commersoni</i>	9.89	
短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	8.49	20.75
鲻属 <i>Callionymus</i> spp.	7.66	
鳀 <i>Engraulis japonicas</i>		20.50

潮波系统的存在有关^[34]。断面 2 近岸的水温较高, 蓝点马鲛、白姑鱼和小黄鱼等暖水性鱼类鱼卵开始出现。蓝点马鲛于每年 2—5 月份由外海结群向

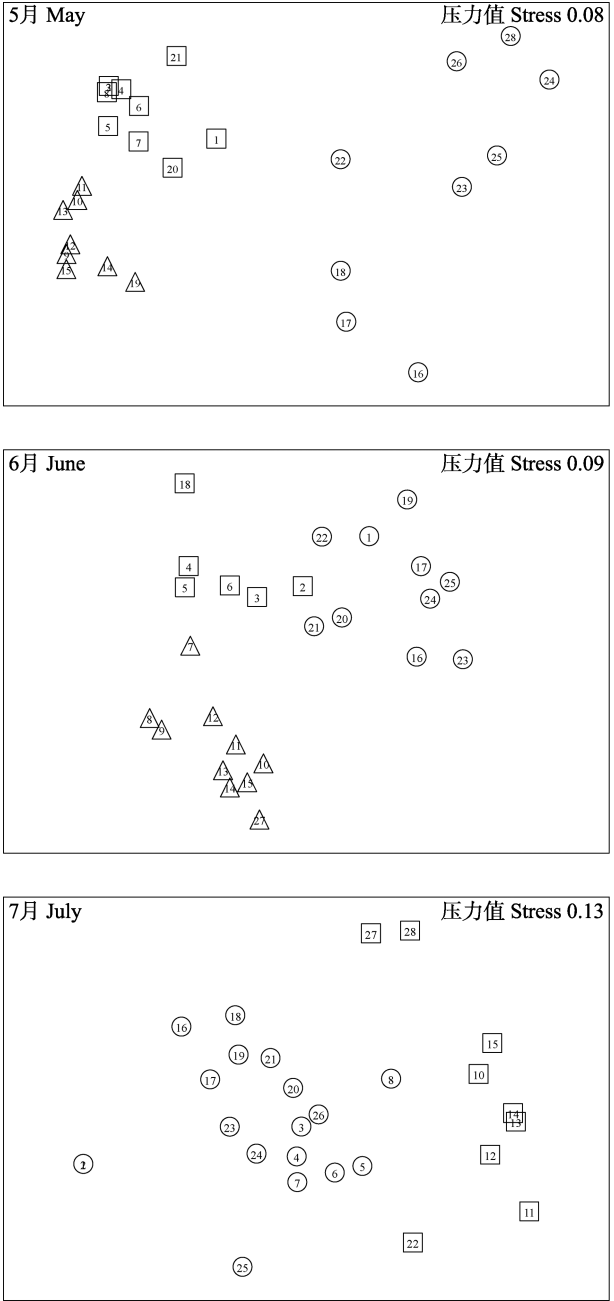
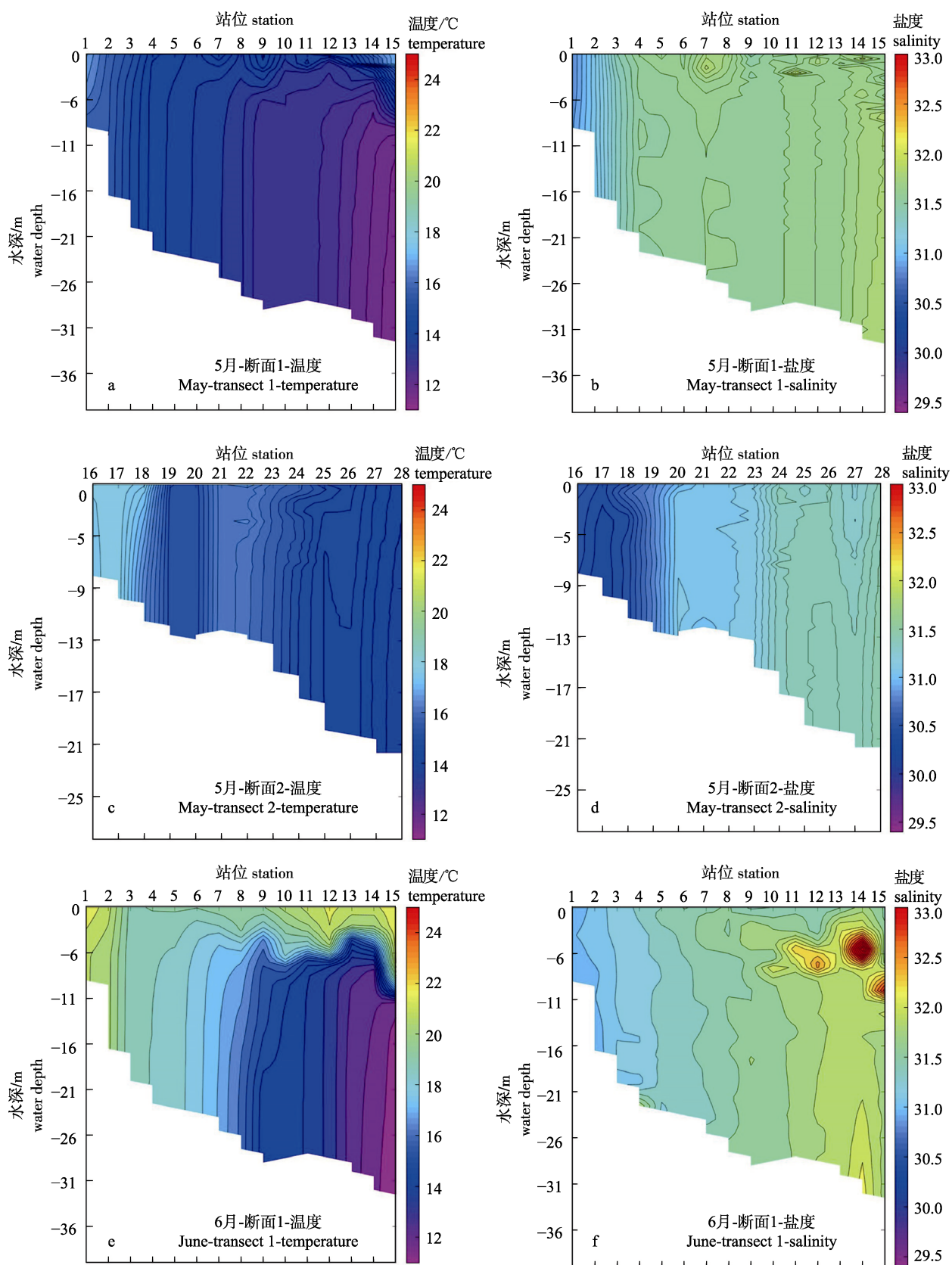


图 4 海州湾及邻近海域 5—7 月鱼卵群落 MDS 分析
Fig. 4 MDS analysis of fish egg community in Haizhou Bay and its adjacent waters from May to July

沿岸进行生殖洄游^[35], 小黄鱼主要分布在外海水和沿岸水交汇海区的内侧, 盐度水平梯度越大, 鱼群越集中^[17], 此处黄海大陆架锋面的存在, 可能是小黄鱼鱼卵聚集的重要原因; 6 月两断面的温盐差异仍较大, 断面 2 中温盐的变化较小(图 5 g, h), 鱼卵的聚集有不同断面的区分, 且断面 2 成为一个站位组。断面 1 中鱼卵种类仍以鳀、鲻属为主,



(图 5 待续 Fig.5 to be continued)

(续图 5 Fig. 5 continued)

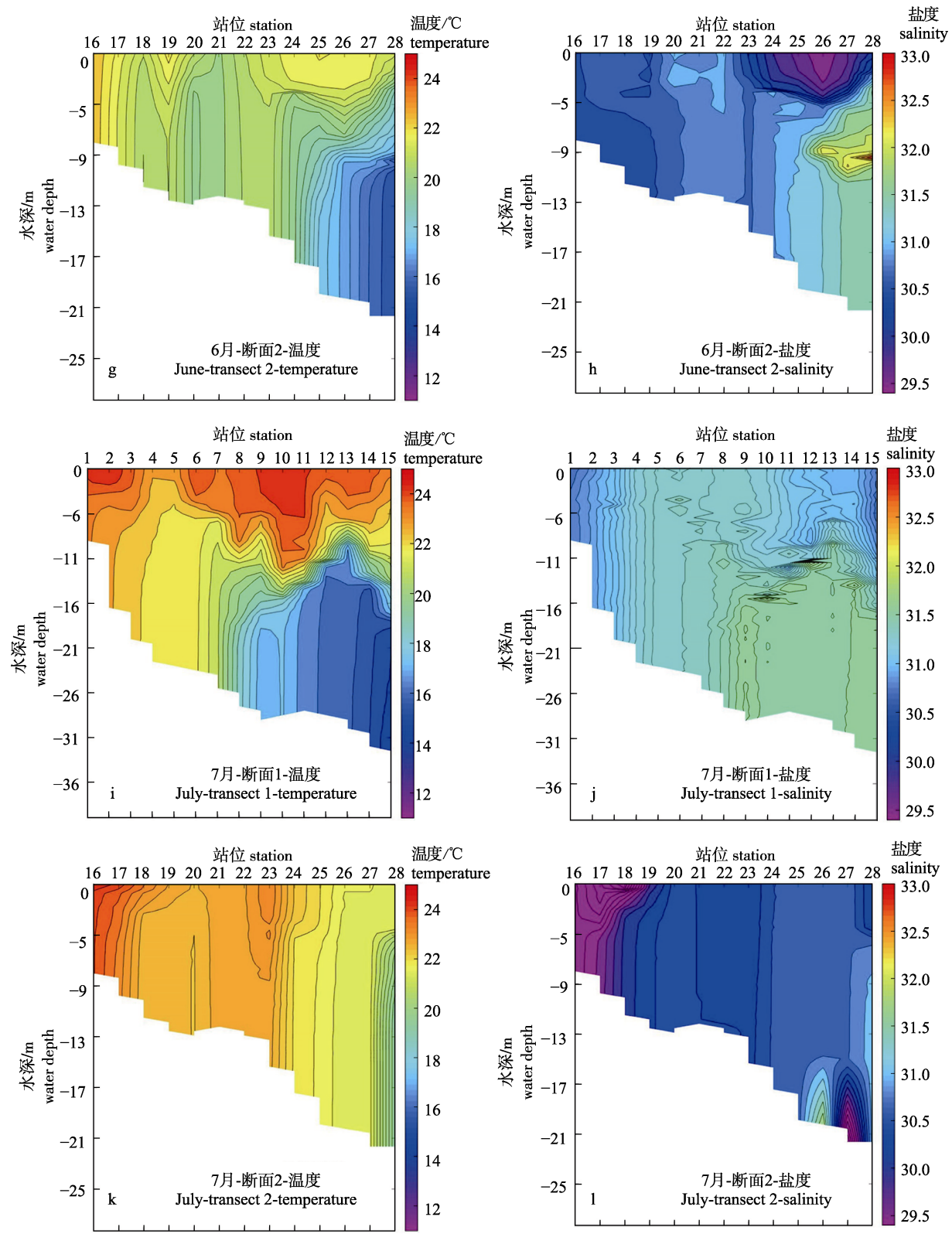


图 5 海州湾及邻近海域 5—7 月两断面温盐的垂直分布
Fig. 5 The vertical profile of temperature and salinity of the two transects in Haizhou Bay and its adjacent waters from May to July

但其所占比例有所下降,多鳞鳊等暖水性鱼类的鱼卵开始出现于近岸海域。断面 2 中,鱼卵的种类不随调查海域水深的不同而变化,代表种为皮氏叫姑鱼和江口小公鱼,二者均为暖水性鱼类,喜栖息于透明度低的河口及浅水区^[17],此处沿岸入海河流较多,携大量泥沙形成的苏北浅滩为该鱼类提供了适宜的产卵生境^[36]。7 月,鱼类产卵群体的聚集无断面 1、2 的区分,暖水性、暖温性种类的鱼卵在整个调查海区内均有分布,但因黄海冷水团的影响大致分为两组(图 5 i~l)。

在本次调查中近岸海域仔稚鱼丰度较高,食物来源是仔稚鱼生存的关键因素^[37-39]。研究海域近岸有临洪河口和灌河口等,河口区浮游生物种类较多^[40],保障了亲鱼产卵前的饵料的可获得性,并有利于仔稚鱼的生存。5、6 月断面 1 的近岸均为暖温性的鲈属鱼类仔稚鱼,断面 2 近岸为斑鲈;6 月仔稚鱼在离岸较远站位亦有分布,这可能与该季节海州湾及邻近海域浮游植物的量增加有关^[41];7 月,仔稚鱼主要分布于断面 2 的 20 m 以浅海域,这与李增光等^[11]夏季对海州湾海域的研究结果基本一致,这种聚集模式可能与夏季温带地区沿岸河流冲淡水的增加有关^[42],具体原因有待于进一步研究。

总之,水深、温盐等海洋环境综合影响 5—7 月海州湾及邻近海域产卵场的时空格局特点,并且鱼类浮游生物的群落在典型断面之间的差异随月份不同而变化。本研究站位为断面设计,虽不能代表整个海域鱼类浮游生物群落结构,但能根据设计的典型断面比较该海域两个不同生境范围内及同一断面内由于水深的不同对鱼类浮游生物群落的影响。同时,在主要产卵季节内连续 3 个月的调查数据也可以比较鱼类浮游生物优势种、丰度等群落特征随月份的变化规律。

参考文献:

- [1] Wan R J, Jiang Y W. The species and biological characteristics of the eggs and larvae of osteichthyes in the Bohai Sea and Yellow Sea[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2000, 9(4): 290-297. [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.]
- [2] Rodriguez J M. Temporal and cross-shelf distribution of ichthyoplankton in the central Cantabrian Sea[J]. Estua Coastal Shelf Sci, 2008, 79(3): 496-506.
- [3] Patrick P, Strydom N A. Composition, abundance, distribution and seasonality of larval fishes in the shallow nearshore of the proposed Greater Addo Marine Reserve, Algoa Bay, South Africa[J]. Estu Coastal Shelf Sci, 2008, 79: 251-262.
- [4] Wan R J, Jiang Y W. Studies on the ecology of eggs and larva osteichthyes in the Yellow Sea[J]. Marine Fisheries Research, 1998, 19(1): 60-73. [万瑞景, 姜言伟. 黄海硬骨鱼类鱼卵、仔稚鱼及其生态调查研究[J]. 海洋水产研究, 1998, 19(1): 60-73.]
- [5] Yang D L, Wu G Z, Sun J R. The investigation of pelagic eggs, larvae and juveniles of fishes at the mouth of the Changjiang River and adjacent areas[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1990, 21(4): 346-355. [杨东莱, 吴光宗, 孙继仁. 长江口及其邻近海域的浮性鱼卵和仔稚鱼的生态研究[J]. 海洋与湖沼, 1990, 21(4): 346-355.]
- [6] Bernal M, Somarakis S, Withames P R, et al. Egg production methods in marine fisheries: An introduction[J]. Fish Res, 2012, 117-118: 1-5.
- [7] Köster F W, Hinrichsen H H, John M A S, et al. Developing Baltic cod recruitment models. II. Incorporation of environmental variability and species interaction[J]. Can J Fish Aquat Sci, 2001, 58(8): 1534-1556.
- [8] Wang W H, Xia D X, Gao X C, et al. Bays in China (Volume Four): The Bay of Southern Shandong Peninsula and Jiangsu Province[M]. Beijing: China Ocean Press, 1993. [王文海, 夏东兴, 高兴辰, 等. 中国海湾志(第四分册): 山东半岛南部和江苏省海湾[M]. 北京: 中国海洋出版社, 1993.]
- [9] Li J S, Hu F, Cheng J H. Distributions of fish eggs and juveniles and relations between surface layer water temperature and salinity of the Yangtze estuary water area in spring[J]. Journal of Marine Science, 2007, 31(4): 16-21. [李建生, 胡芬, 程家骅. 长江口水域春季鱼卵仔鱼分布及其与温度盐度的关系[J]. 海洋科学, 2007, 31(4): 16-21.]
- [10] Jiang Y W. The quantity distribution of economic fish eggs in Haizhou Bay[J]. Journal of Marine Fisheries Research, 1964, 18: 100-111. [姜言伟. 海州湾经济鱼类产卵场鱼卵的数量分布[J]. 海洋水产研究丛刊, 1964, 18: 100-111.]
- [11] Li Z G, Ye Z J, Zhang M Z, et al. Relationship between spatial distribution of ichthyoplankton and environmental factors in Haizhou Bay in summer[J]. Periodical of Ocean University of China, 2012, 42(supl): 286-293. [李增光, 叶振江, 张美昭, 等. 海州湾夏季鱼卵、仔稚鱼空间分布及其与环境因子的关系[J]. 中国海洋大学学报, 2012, 42(增刊): 286-293.]
- [12] Liu H, Ye Z J, Li Z G, et al. A study of the community structure of ichthyoplankton in the central Yellow Sea in spring and summer[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(12): 3775-3784. [刘鸿, 叶振江, 李增光, 等. 黄海中部近岸春夏季鱼卵、仔稚鱼群落结构特征[J]. 生态学报, 2016, 36(12): 3775-3784.]
- [13] Lin M H. The submarine geomorphological zones and geomorphological types in the Huanghai Sea[J]. Marine Sciences, 1989, 13(6): 7-15. [林美华. 黄海海底地貌分区及地貌类型[J]. 海洋科学, 1989, 13(6): 7-15.]

- [14] Yu F, Zhang Z X, Diao X Y, et al. Analysis of evolution of the Huanghai Sea Cold Water Mass and its relationship with adjacent water masses[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2006, 28(5): 26–34. [于非, 张志欣, 刁新源, 等. 黄海冷水团演变过程及其与邻近水团关系的分析[J]. *海洋学报*, 2006, 28(5): 26–34.]
- [15] Zhao B, Limeburner R, Hu D, et al. Oceanographic characteristics of the southern Yellow Sea and the northern East China Sea in summer[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1991, 22: 132–139.
- [16] The National Quality Supervision and Inspection Quarantine Bureau. GB/T12763.6-2007, specifications for oceanographic survey-Part 6: marine biological survey[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007. [国家质量监督检验检疫总局. GB/T12763.6-2007, 海洋调查规范第6部分: 海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.]
- [17] Zhao C Y, Zhang R Z, Lu S F. Fish Eggs and Larvae in China Seas[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1985. [赵传纲, 张仁斋, 陆穗芬. 中国近海鱼卵与仔鱼[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985.]
- [18] Okiyama M. An atlas of the Early Stage Fishes in Japan[M]. Tokyo: Tokai UP, 1988.
- [19] Shao G Z, Yang R S, Chen K Q, et al. An Identification Guide of Marine Fish Eggs from Taiwan[M]. Taipei: Academia Sinica, 2001. [邵广昭, 杨瑞森, 陈康青, 等. 台湾海域鱼卵图鉴[M]. 台北: 台湾研究院, 2001.]
- [20] Pianka E R. Ecology of the Agamid Lizard *Amphibolus isolepis* in Western Austria[J]. *Copeia*, 1971, 1971(3): 527–536.
- [21] Cheng J S. The structure and diversity of demersal fish communities in winter in the East China Sea and the Yellow Sea[J]. *Marine Fisheries Research*, 2000, 21(3): 1–8. [程济生. 东黄海冬季底层鱼类群落结构及其多样性[J]. *海洋水产研究*[J]. 2000, 21(3): 1–8.]
- [22] Clarke K R, Ainsworth M. A method of linking multivariate community structure to environmental variables[J]. *Mar Ecol Prog*, 1993, 92(3): 205–219.
- [23] Clarke K R, Warwick R M. Changes in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation[M]. Plymouth: PRIMER-E Ltd, 2001.
- [24] Clarke K R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure[J]. *Aust J Ecol*, 1993, 18(1): 117–143.
- [25] Clarke K R, Gorley R N. PRIMER v5 User Manual/Tutorial[M]. Plymouth: PRIMER-E Ltd, 2001.
- [26] Du R Q. Biostatistics[M]. Beijing: Higher Education Press, 2009. [杜荣骞. 生物统计学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.]
- [27] Li Z G. Distribution of main species of stow net in the South Yellow Sea based on GAM and preliminary study of characteristics of ichthyoplankton assemblages in Haizhou Bay[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013. [李增光. 基于GAM模型의南黄海帆张网主要渔获物分布及海州湾鱼卵、仔稚鱼集群特征的初步研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.]
- [28] Li Z G, Ye Z J, Wan R. Spatial and seasonal patterns of ichthyoplankton assemblages in the Haizhou Bay of China and its adjacent waters[J]. *J Ocean Univ Chin*, 2015, 14(6): 1041–1052.
- [29] Wang X L. Temporal and spatial variation of the fish community structure in Haizhou Bay and adjacent waters[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013. [王小林. 海州湾及邻近海域鱼类群落结构的时空变化[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.]
- [30] Jin X S, Tang Q S. Changes in fish species diversity and dominant species composition in the Yellow Sea[J]. *Fish Res*, 1996, 26: 337–352.
- [31] Lin C, Ning X, Su J, et al. Environmental changes and the responses of the ecosystems of the Yellow Sea during 1976–2000[J]. *J Mar Syst*, 2005, 55: 223–234.
- [32] Wu G Z. The ecological characteristics of distribution of eggs, larvae and juveniles of the *Engraulis japonicus* (Temminck & Schlegel) and *Anchoviella commersonii* (Lecepede) in the Changjiang River estuary[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1989, 20(3): 217–229. [吴光宗. 长江口海区鳀鱼和康氏小公鱼鱼卵和仔、稚鱼分布的生态特征[J]. *海洋与湖沼*, 1989, 20(3): 217–229.]
- [33] Chen Y K, Chen W Y, Wang Y C, et al. Winter assemblages of ichthyoplankton in the waters of the East China Sea Shelf and surrounding Taiwan[J]. *Fisheries Science*, 2016, 82(5): 755–769.
- [34] Sun C Q, Guo Y T. Numerical computation of tidal current for Haizhou Bay and near sea area[J]. *Marine Sciences*, 2003, 27(10): 54–58. [孙长青, 郭耀同. 海州湾及邻近海域潮流数值计算[J]. *海洋科学*, 2003, 27(10): 54–58.]
- [35] Su J X. Ichthyology and Marine Fish Aquaculture[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000. [苏锦祥. 鱼类学与海水鱼类养殖[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.]
- [36] Wang B. The influences of topography on the circulation in the southwestern Yellow Sea[D]. Qingdao: Institute of Oceanology of the Chinese Academy of Sciences, 2010. [王彬. 地形对西南黄海环流的影响[D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2010.]
- [37] Lo W T, Hsieh Y H, Wu L J, et al. Comparison of larval fish assemblages between during and after northeasterly monsoon in the waters around Taiwan, western North Pacific[J]. *J Plankton Res*, 2010, 32(7): 1079–1095.
- [38] Hsieh H Y, Lo W T, Wu L J, et al. Comparison of distribution patterns of larval fish assemblages in the Taiwan Strait between northeasterly and southwesterly monsoons[J]. *Zool Stud*, 2011, 50(4): 491–505.
- [39] Hsieh H Y, Lo W T, Wu L J, et al. Monsoon driven succession of the larval fish assemblage in the East China Sea shelf waters off northern Taiwan[J]. *J Oceanogr*, 2011, 67(2): 159–172.
- [40] Yang Y F, Wang Q, Chen J F, et al. Research advance in estuarine zooplankton ecology[J]. *Acta ecologica sinica*, 2006, 26(2): 576–585. [杨宇峰, 王庆, 陈菊芳, 等. 河口浮游动物生态学研究进展. *生态学报*, 2006, 26(2): 576–585.]
- [41] Yang X G, Xue Y, Zan X X, et al. Community structure of phytoplankton in Haizhou Bay and adjacent waters and its relationships with environmental factors[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(7): 2123–2131. [杨晓改, 薛莹, 胥肖肖, 等. 海州湾及其邻近海域浮游植物群落结构

及其与环境因子的关系[J]. 应用生态学报, 2014, 25(7): 2123–2131.]
[42] 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): 29–43.

Community structure of ichthyoplankton from typical transects in Haizhou Bay and its adjacent waters during spring and summer

XIAO Huanhuan¹, ZHANG Chongliang¹, XUE Ying¹, XU Binduo¹, YU Haiqing³, REN Yiping^{1,2}

1. College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes; Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China;

3. College of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China

Abstract: The area of Haizhou Bay and its adjacent waters is an important spawning and feeding ground for many economically important fish and invertebrate species. It is also one of the important fishing grounds in the coastal waters of China. Environmental factors including sediment types, water depth, and hydrodynamics are heterogeneous in Haizhou Bay and its adjacent waters; this could affect the ichthyoplankton community structure during the main spawning period of spring and summer for many fish species. The species composition, dominant species, egg and larval abundance, and spatial structure of the ichthyoplankton community were analyzed using the index of relative importance and multivariate statistical analysis of data collected from fish eggs and larval surveys conducted by horizontal tows using plankton net, from May to July in 2015 in Haizhou Bay and its adjacent waters. A total of 33587 fish eggs and 713 larvae were collected during the surveys. Twenty-five species were identified from the eggs belonging to 25 genera and 14 families, while one species was unidentified. The fish eggs were dominated by *Engraulis japonicus*, *Sillago sihama*, *Callionymus* spp., *Johnius belangerii*, *Stolephorus commersonni*, and *Cynoglossus joyneri* species. Thirteen species of larvae belonging to 13 genera and 13 families were identified, while one species was unidentified. The dominant species of larvae mainly included *Callionymus* spp. and *Konosirus punctatus*. Interannual variability of species composition of ichthyoplankton was observed compared to historical studies, and the main species were small fish species with short life cycles. Cluster analysis was used to divide the community structure based on spatial distribution of species composition and dominant species. The dominant species of ichthyoplankton varied depending on the months and transects. The abundance of fish eggs and larvae in nearshore waters was higher than that in offshore waters. The dominant species composition and abundance of ichthyoplankton varied between transects in May and June and was similar in two transects in July. The vertical profile of temperature and salinity of the two transects in Haizhou Bay and its adjacent waters, was used to analyze the relationship between the distribution of ichthyoplankton community and environmental factors. The spatial structure of ichthyoplankton community in the two transects varied during different months. Water depth, temperature, salinity, and other environmental factors had a comprehensive influence on the spatial variation of the ichthyoplankton community in Haizhou Bay and its adjacent waters from May to July. This study will provide a reference for the protection of the spawning ground, conservation of fishery resources, and management in Haizhou Bay and its adjacent waters. It is necessary to improve the protection of the spawning grounds in Haizhou Bay and its adjacent waters.

Key words: fish eggs; larvae; dominant species; abundance distribution; multivariate statistical analysis; environmental factors

Corresponding author: XU Binduo. E-mail: bdxu@ouc.edu.cn