

DOI: 10.5846/stxb201410091983

刘鸿, 叶振江, 李增光, 胡海生, 庞雨萌, 窦硕增. 黄海中部近岸春夏季鱼卵、仔稚鱼群落结构特征. 生态学报, 2016, 36(12): - .

Liu H, Ye Z J, Li Z G, Hu H S, Pang Y M, Dou S Z. A study of the community structure of ichthyoplankton in the central Yellow Sea in spring and summer. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(12): - .

黄海中部近岸春夏季鱼卵、仔稚鱼群落结构特征

刘 鸿¹, 叶振江^{1,*}, 李增光¹, 胡海生¹, 庞雨萌¹, 窦硕增²

¹ 中国海洋大学水产学院, 青岛 266003

² 中国科学院海洋研究所海洋生态与环境科学重点实验室, 青岛 266071

摘要: 2013 年 4 月下旬至 7 月上旬, 采用浅水 I 型网垂直拖网的调查方式对黄海中部 20 米以浅海域 (34°30'—35°30'N, 119°20'—120°20'E) 的鱼卵、仔稚鱼种类组成与数量分布进行了 6 个航次的综合调查。春夏季共采集鱼卵 21 种 (未定种 3 种), 共计 2247 粒, 隶属于 9 科 15 属。仔稚鱼 22 种 (未定种 1 种), 共计 286 尾, 隶属于 13 科 17 属。鱼卵优势种为日本鳀 *Engraulis japonicus*、赤鼻棱鳀 *Thryssa kammalensis*、江口小公鱼 *Stolephorus commersonnii*、皮氏叫姑鱼 *Johnius belengerii* 和鲷属 *Callionymus* spp.。仔稚鱼优势种为大银鱼 *Protosalanx chinensis*、白姑鱼 *Argyrosomus argentatus*、日本鳀、赤鼻棱鳀和皮氏叫姑鱼。鱼卵丰度和分布与经度呈负相关、与 SST 呈正相关, 但与其他环境因子如纬度、表层盐度 (SSS) 和水深等无显著相关性。仔稚鱼丰度和分布与上述环境因子均未表现出显著相关性。基于 Bray-Curtis 指数的聚类分析表明, 鱼卵优势种包括集中分布于研究水域 34°48'N 以南海域 (江口小公鱼、皮氏叫姑鱼和青鳞小沙丁 *Sardinella zunasi*)、10m 等深线以内 (赤鼻棱鳀), 以及北部水域 (日本鳀和鲷属) 三种主要聚集类型; 仔稚鱼优势种包括集中分布于 34°48'N—35°12'N 海域 (赤鼻棱鳀和日本鳀)、连云港外海浅水区 (白姑鱼、皮氏叫姑鱼和梭鱼 *Liza haematocheilus*, 以及南部水域 (褐菖鲉 *Sebastes marmoratus* 和鲷 *Platycephalus indicus*) 三种主要聚集类型。研究结果初步揭示了黄海中部近岸海域鱼卵、仔稚鱼群落的时空分布格局动态, 为科学认识环境变动下该海区渔业种群数量动态和资源变化提供了科学依据。

关键词: 春夏季; 黄海中部; 鱼卵; 仔稚鱼; 群落结构

A study of the community structure of ichthyoplankton in the central Yellow Sea in spring and summer

LIU Hong¹, YE Zhenjiang^{1,*}, LI Zengguang¹, HU Haisheng¹, PANG Yumeng¹, DOU Shuozen²

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

² Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China

Abstract: Knowledge of the ecology of ichthyoplankton (eggs, larvae, and fry) is important for understanding the spawning ecology and the population dynamics of fishery species. In this study, a total of six fishery research cruises were conducted to investigate the community structure and ecology of ichthyoplankton in the central Yellow Sea (34°30'—35°30' N, 119°20'—120°20' E), one of the most concentrated spawning areas for fishery species in Chinese coastal waters, from late April to early July 2013. To collect ichthyoplankton, zooplankton nets (mouth diameter = 50 cm, length = 145 cm, and mesh size = 0.505 mm) were vertically trawled in waters below the 20 m isobath line. The species composition, abundance, and distribution of the ichthyoplankton, and their relationships with environmental factors, were studied. A total of 2247 eggs and 286 larvae were collected during the research cruises. The eggs were identified as belonging to 18 species in 15 genera

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金项目 (20120132130001); 中央高校基本科研业务费专项资金项目 (201262004); 国家基金委-山东省联合基金项目 (U1406403); 海洋公益性行业科研专项经费项目 (201305030)

收稿日期: 2014-10-09; **网络出版日期:** 2015-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yechen@ouc.edu.cn

in 9 families; 3 species could not be identified. The eggs were dominated by *Engraulis japonicus*, *Thryssa kammalensis*, *Stolephorus commersonii*, *Johnius belengerii*, and *Callionymus* spp. The larvae were identified as belonging to 21 species in 17 genera in 13 families; only one species could not be identified. The dominant larval species included *Protosalanx hyalocranius*, *Argyrosomus argentatus*, *E. japonicus*, *T. kammalensis*, and *J. belengerii*. The abundance of the eggs was positively correlated with the sea surface temperature (SST) but was negatively correlated with the longitude ($P < 0.05$). In contrast, the abundance of the larvae did not show a significant correlation with any of the investigated environmental factors, such as longitude, latitude, SST, sea surface salinity (SSS), or water depth. Cluster analysis based on the Bray-Curtis similarity index identified three assemblages of eggs and larvae at the 35% and 12% similarity levels, respectively. The eggs were grouped into assemblages dominating the southern waters from 34°48'N (*S. commersonii*, *J. belengerii*, and *Sardinella zunasi*), the <10 m isobath waters (*T. kammalensis*), and the northern waters (*E. japonicus* and *Callionymus* spp.). The larvae were grouped into assemblages that were mainly distributed in the 34°48'N—35°12'N waters (*T. kammalensis* and *E. japonicus*), the shallow waters off Lianyungang (*A. argentatus*, *J. belengerii*, and *Liza haematocheilus*), and the southern part of the study area (*Sebastiscus marmoratus* and *Platycephalus indicus*). The findings of this study clarified the spatial and temporal distribution patterns as well as the structure of the ichthyoplankton community in the central Yellow Sea, which may help to improve our understanding of the population dynamics of fishery species in these waters.

Key Words: spring and summer; the central Yellow Sea; fish egg; larvae; community structure

鱼卵、仔稚鱼作为鱼类生活史的重要发育阶段,在海洋生态系统能量传递中起了重要作用,鱼卵、仔稚鱼是主要的被捕食者,仔稚鱼又是次级生产力的重要消费者,是海洋食物链中的重要环节之一^[1]。同时,鱼卵、仔稚鱼的丰度直接决定了渔业种群的补充量,因此,对鱼卵、仔稚鱼群落结构及其动态的研究是海洋鱼类补充机制研究的科学基础^[2-5]。

黄海中部是我国的传统渔场,历史上是小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、带鱼(*Trichiurus lepturus*)、马面鲀(*Thamnaconus* spp.)以及小眼绿鳍鱼(*Chelidonichthys spinosus*)等鱼类的产卵场^[6]。长期以来,由于受到海洋环境污染、过渡捕捞以及气候变化的影响,渔业资源严重衰退,生物群落及资源结构发生变化,进而也影响了鱼卵、仔稚鱼的组成^[6]。关于黄海中部鱼卵、仔稚鱼的研究相对较少,姜言伟^[7]报道了黄海中部(34°00'—36°30'N, 122°00'E 以西海域)主要经济鱼种的产卵场;万瑞景等^[2]综合分析了黄海硬骨鱼类鱼卵、仔稚鱼的群落结构;李增光等^[8]通过对黄海中部鱼卵、仔稚鱼综合调查分析(34°25'—35°35'N, 119°25'—121°10'E),发现20m以浅为该海域近岸产卵鱼类的主要产卵场。然而,针对黄海中部近岸水域20m以浅的鱼卵、仔稚鱼群落结构及其分布尚无相关报道。

本文旨在通过春夏黄海中部20m以浅水域鱼卵、仔稚鱼及环境调查,分析该海域鱼卵、仔稚鱼群落结构,探究近岸鱼卵、仔稚鱼的空间分布,并结合研究海域地理、水文环境相关关系,解析该水域鱼卵、仔稚鱼聚集类型,为该水域渔业资源保护提供科学基础与依据。

1 材料与方法

1.1 航次与站位设置

调查水域位于黄海中部(34°30'—35°30'N, 119°20'—120°20'E)近岸20m以浅。根据文献资料,主要经济鱼种产卵期一般在5月上旬至6月下旬^[7],调查时间分别为2013年4月23日—24日、5月10日—12日、5月23日—25日、6月6日—8日、6月21日—23日以及7月6日—8日,每半月潮汛进行1次,共6个航次。调查租赁渔船(苏赣渔15003、苏连渔14008、苏灌渔18018、鲁日山渔63521,依次分别为150、150、100和150马力)。根据等纬度间隔原则设计站位,依据外业调查实际海况,6个航次具体实施的站位数分别为12、15、

19、8、17、13 个, 其中 4 月下旬由于天气原因部分站位加以调整(图 1, 图中按时间先后顺序, 分别以 a-f 代表各航次, 以下同)。

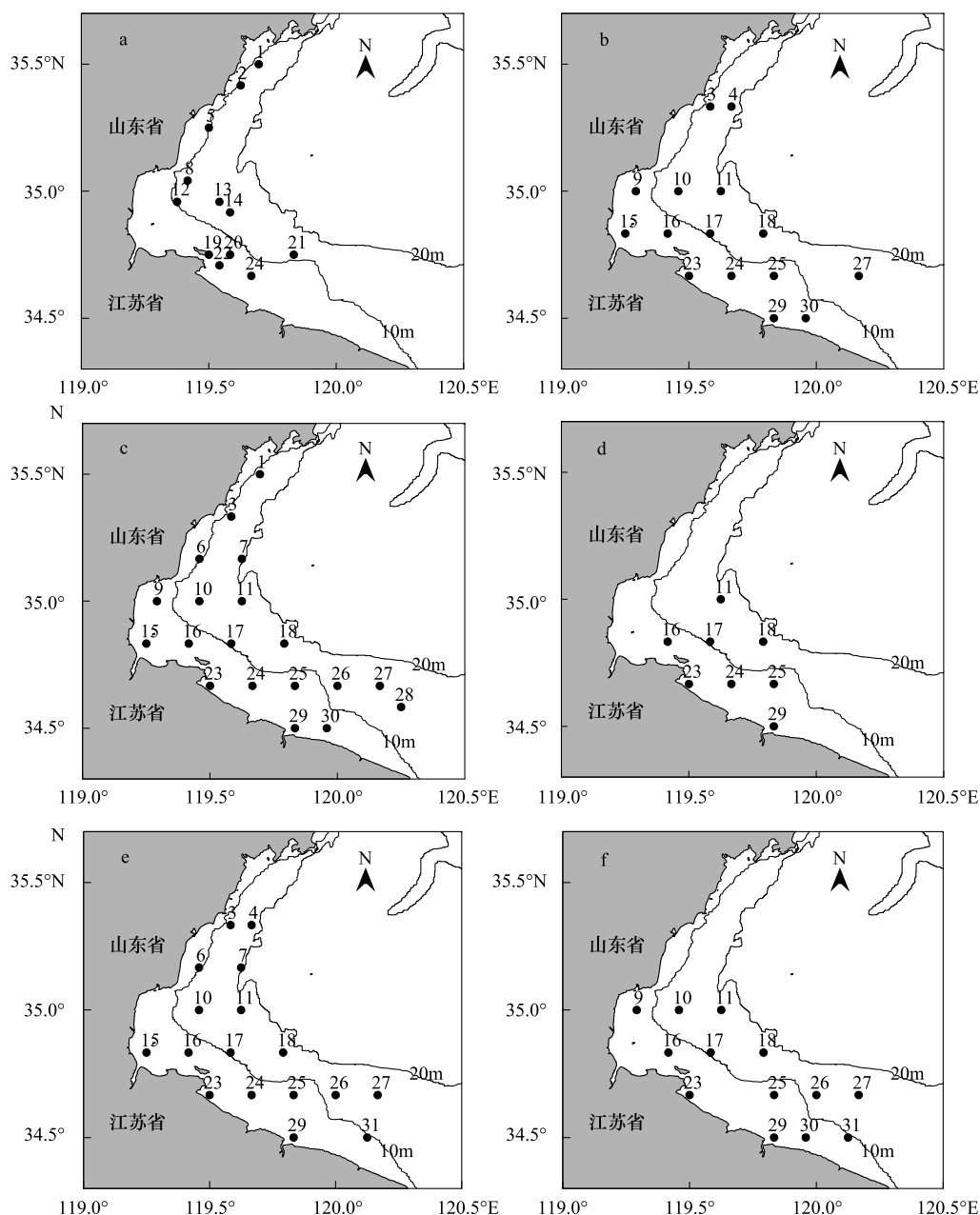


图 1 黄海中部各航次调查站位

Fig.1 Locations of every cruise sampling in central Yellow Sea

1.2 样品采集

调查过程中, 采用 RBR-XR-420 型 CTD 对调查站位进行现场环境数据采集, 包括温度、盐度以及水深数据。采用浅水 I 型网(网衣长 145 cm, 网口内径 50 cm, 孔径 0.505 mm)垂直采样, 网口附带 HYDRO-BIOS 垂直流量计用以记录滤水量。采样拖速平均 0.5m/s, 所有采样均在白天进行。采集样品以 5% 福尔马林海水溶液固定保存, 带回实验室分检后, 使用大型浮游生物计数板在解剖显微镜下以形态学方法进行种类鉴定^[9-11], 并计数。

2 数据处理方法

鱼卵、仔稚鱼丰度以每立方米水体中出现的个体数(ind./m³)表示。根据鱼卵、仔稚鱼优势度(Y)确定每个航次的优势种,其计算公式为^[12]:

$$Y = \frac{n_i}{N} f_i$$

其中, Y 为优势度, N 为所有种类总个体数, n_i 为第*i*种的个体数, f_i 为该种在所有站位中出现的频率。 $Y \geq 0.04$ 的种类确定为优势种。使用斯皮尔曼秩相关系数(Spearman's rank correlation)分析鱼卵、仔稚鱼丰度与环境因子之间的关系^[13],环境因子主要包括经度、纬度、水深、海水表层温度(sea surface temperature, SST)以及海水表层盐度(sea surface salinity, SSS)。

Bray-Curtis 指数^[14]能够较科学的反应生物群落之间的差异性,基于该指数的聚类分析是研究鱼卵、仔稚鱼空间聚集类型的主要方法^[15-16]。相似性分析之前,去掉种类出现频率少于2%的数据^[17-19],对原始数据进行 $\log(x+1)$ 变换,以便对稀有种给予不同程度的加权^[20]。

使用 surfer 8.0 软件绘制 SST 与 SSS 等值线图,采用克里格法(kriging)对数据网格化。运用 SPSS 16.0 计算斯皮尔曼秩相关系数用以相关性分析。运用 PRIMER 5.1 统计软件进行空间聚类分析。

3 结果

3.1 种类组成及优势种

3.1.1 种类组成

本次调查共捕获鱼卵 2247 粒,仔稚鱼 286 尾。出现鱼卵 21 种,隶属于 9 科 15 属,其中 2 种鉴定到科,16 种鉴定到属或种,未定种 3 种。出现仔稚鱼 22 种,隶属于 13 科 17 属,其中 4 种鉴定到科,17 种鉴定到种,未定种 1 种(附录 1—2),其中方氏云鳎(*Pholis fangi*)和狗母鱼科(*Synodontidae*)为稚鱼,日本鳀(*Engraulis japonicus*)仔鱼、稚鱼均有出现,其余种类均为仔鱼。鱼卵和仔稚鱼最大平均丰度均出现在 5 月下旬,分别为 13.94 ind./m³ 和 1.41 ind./m³,最小丰度均出现在 4 月上旬,分别为 0.50 ind./m³ 和 0.11 ind./m³;鱼卵、仔稚鱼种类最大值分别出现在 5 月上旬和 5 月下旬,种类最小值均出现在 4 月下旬航次(图 2)。

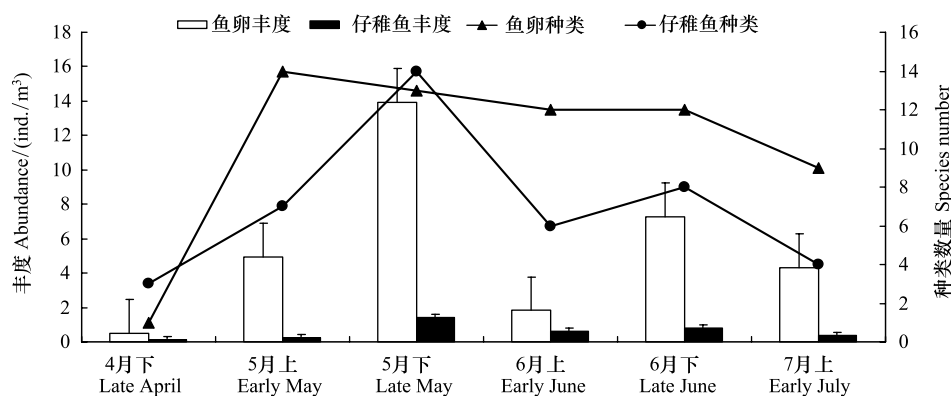


图 2 黄海中部鱼卵、仔稚鱼丰度及种类数量

Fig.2 Abundance and species quantity of ichthyoplankton in central Yellow Sea

3.1.2 优势种

4 月下旬航次仅出现鳎属鱼卵。5 月上旬和 5 月下旬航次优势种均为日本鳀,分别占两个航次的 22.06% 和 83.54%。6 月上旬航次鱼卵优势种为赤鼻棱鳀(*Thryssa kammalensis*) (40.85%) 和皮氏叫姑鱼(*Johnius belengerii*) (26.76%)。6 月下旬航次优势种赤鼻棱鳀(17.08%) 和江口小公鱼(*Stolephorus commersonnii*) (55.

42%)。7 月上旬优势种为江口小公鱼(79.23%) (表 1,附表 1)。

表 1 黄海中部春夏季鱼卵优势种
Table 1 Dominant species of eggs in central Yellow Sea investigation area during 2013

采样时间 Sampling time	种类 Species	优势度(Y) Dominance	平均丰度/(ind/m ³) Average abundance	频率(f _i) Frequency
4 月下旬 Late April	鲱属	0.417	0.50	0.42
5 月上旬 Early May	日本鳀	0.074	0.70	0.33
5 月下旬 Late May	日本鳀	0.308	11.76	0.37
6 月上旬 Early June	皮氏叫姑鱼	0.134	0.49	0.50
	赤鼻棱鳀	0.153	0.80	0.38
6 月下旬 Late June	赤鼻棱鳀	0.070	1.60	0.41
	江口小公鱼	0.130	3.70	0.24
7 月上旬 Early July	江口小公鱼	0.430	3.50	0.54

4 月下旬航次仔稚鱼优势种为大银鱼, 占本航次 50.00%。5 月上旬、5 月下旬仔稚鱼优势种均为一种, 分别为白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*) (69.05%) 和日本鳀(67.61%)。6 月上旬航次优势种为赤鼻棱鳀和白姑鱼, 两者共占本航次鱼卵总量的 81.81%, 比例远高于其余种类。6 月下旬和 7 月上旬仔稚鱼优势种均为皮氏叫姑鱼, 分别占各航次 61.90%和 76.74%(表 2,附录 1)。

表 2 黄海中部春夏季仔稚鱼优势种
Table 2 Dominant species of larvae in central Yellow Sea investigation area during 2013

采样时间 Sampling time	种类 Species	优势度(Y) Dominance	平均丰度/(ind/m ³) Average abundance	频率(f _i) Frequency
4 月下旬 Late April	大银鱼	0.083	0.051	0.17
5 月上旬 Early May	白姑鱼	0.046	0.117	0.07
5 月下旬 Late May	日本鳀	0.178	0.973	0.26
6 月上旬 Early June	赤鼻棱鳀	0.053	0.348	0.13
	白姑鱼	0.098	0.143	0.25
6 月下旬 Late June	皮氏叫姑鱼	0.255	0.379	0.41
7 月上旬 Early July	皮氏叫姑鱼	0.118	0.194	0.15

3.2 鱼卵、仔稚鱼丰度与环境因子关系

温度和盐度是影响鱼卵、仔稚鱼分布的主要环境因素。图 3—4 分别为不同航次各站位鱼卵和仔稚鱼总丰度与海水表层温度和盐度的关系。对比发现, 同经度海水表层温度以 35°N 为界呈现明显的南高北低趋势(图 3), 表层温度较高海域鱼卵丰度相对较大。20m 以浅海域低盐度中心随时间变化, 表层盐度变化规律不明显(图 4)。

进一步对鱼卵、仔稚鱼丰度与环境因子进行相关性分析。结果表明: 在 P<0.05 水平上, 鱼卵丰度与经度负相关、与 SST 正相关, 仔稚鱼丰度与各环境因子未表现出显著相关性(表 3)。

表 3 鱼卵、仔稚鱼与环境因子间的斯皮尔曼秩相关系数
Table 3 Spearman's rank correlation coefficients between ichthyoplankton abundance and environmental variables

项目 Item	参数 Parameter	经度 Longitude	纬度 Latitude	表层温度 Sea surface temperature	表层盐度 Sea surface salinity	水深 Depth
鱼卵丰度 Egg abundance	相关系数	-0.230 *	0.147	0.240 *	0.066	0.008
显著性	0.037	0.185	0.029	0.555	0.942	
仔稚鱼丰度 Larvae abundance	相关系数	-0.024	-0.158	0.167	-0.130	-0.120
	显著性	0.832	0.153	0.130	0.241	0.278

* . 双尾检验 0.05 水平上显著相关

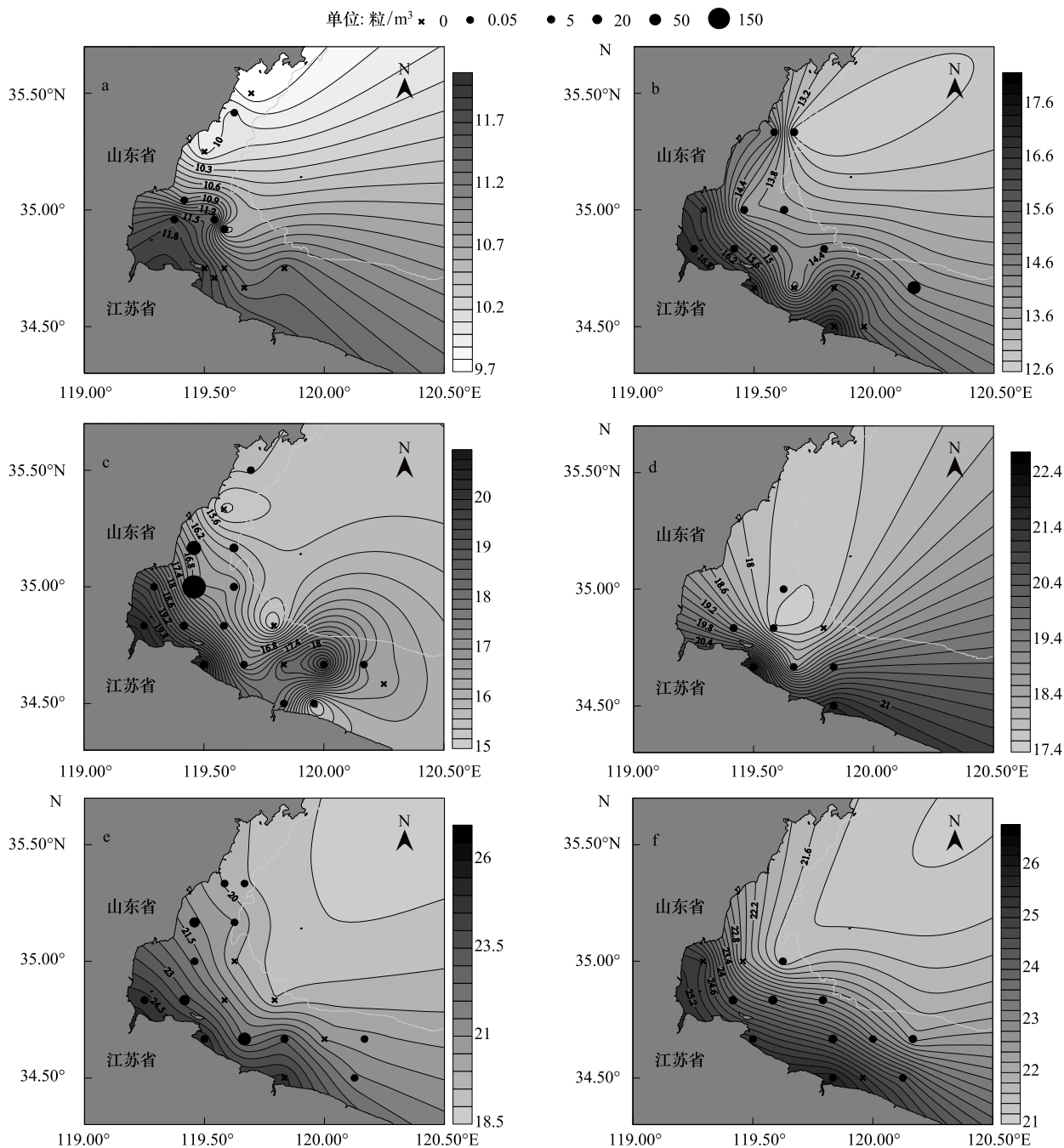


图3 鱼卵丰度与海水表层温度关系

Fig.3 Egg abundances for all species recorded and contour plots of sea surface temperature

3.3 鱼卵、仔稚鱼聚集类型

鱼卵种类聚类分析结果表明,在 35% 相似水平下,鱼卵可以分为三种聚集类型(图 5)。组 1 为河口产卵型,代表种为江口小公鱼,此外还包括皮氏叫姑鱼以及青鳞小沙丁(*Sardinella zunasi*) 鱼卵。该组鱼种主要分布于 34°48'N 以南海域。组 2 为赤鼻棱鳀鱼卵,集中于研究海域中部 10m 等深线以内。组 3 为日本鰺和鳮属鱼卵,主要集中于研究海域以北。其中日本鰺在第 6、7 和 10 站密度较高,有明显聚集现象。

在 12% 的相似水平下,仔稚鱼种类可分为三种空间聚集类型(图 6)。组 1 包括赤鼻棱鳀及日本鰺,分布于 34°48'N—35°12'N,与对应鱼卵分布区域基本一致。此外在第 27 站出现日本鰺仔鱼。组 2 包括白姑鱼、皮氏叫姑鱼以及梭鱼(*Liza haematocheilus*),集中于连云港外海浅水区域。组 3 为褐菖鲉(*Sebastiscus*

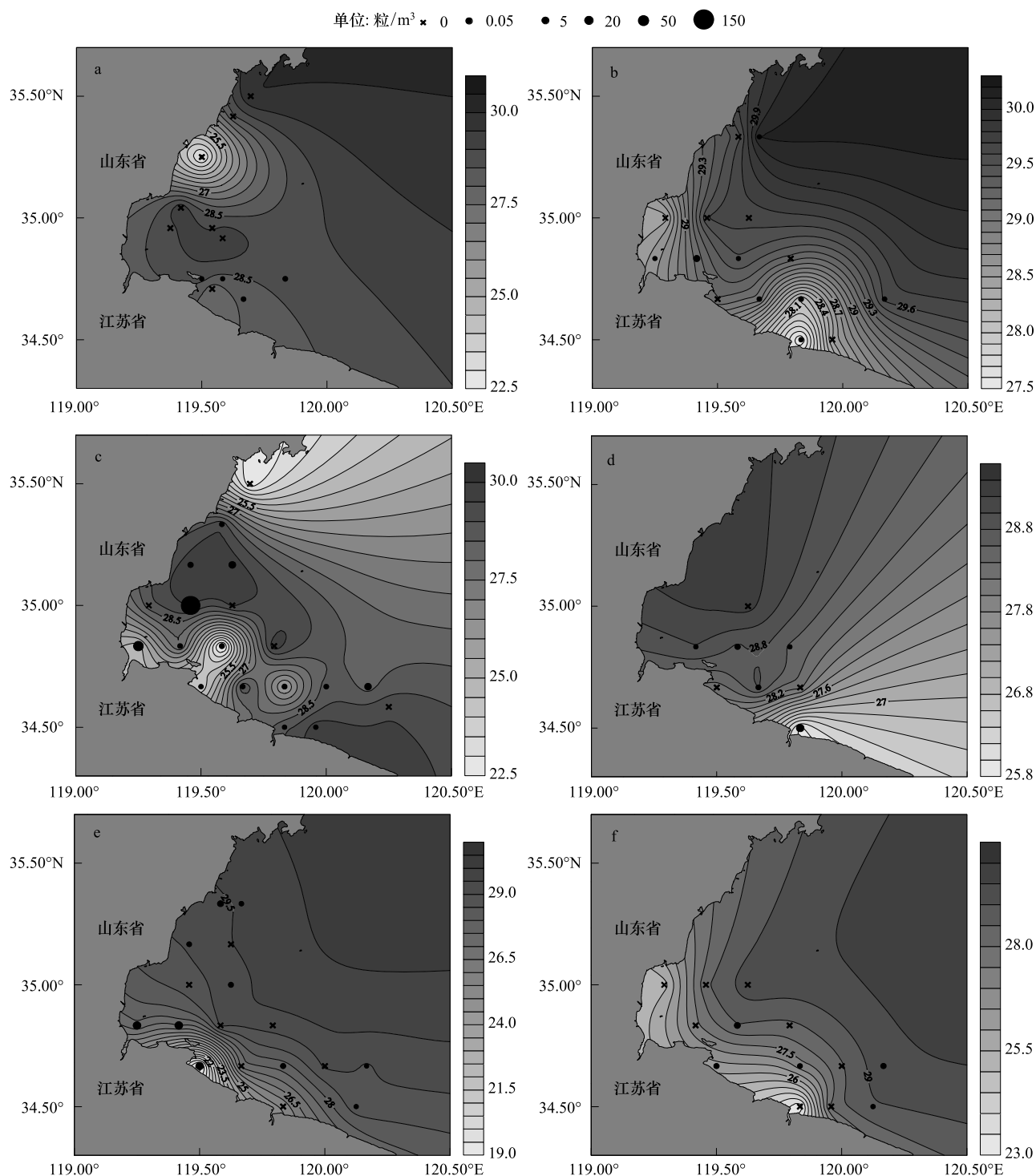


图 4 仔稚鱼丰度与海水表层盐度关系

Fig.4 Larvae abundances for all species recorded and contour plots of sea surface salinity

marmoratus) 和鲷 (*Platycephalus indicus*), 主要分布于研究海域南部。

4 讨论

4.1 鱼卵、仔稚鱼群落组成

半个世纪以来, 黄海中部鱼卵和仔稚鱼种类组成有所变化^[2,21]。上世纪 60 年代初, 带鱼、蓝点马鲛等经

济鱼种鱼卵为黄海中部产卵场的主要优势种^[7]。而本调查中,鱼卵主要优势种有鳚属、日本鳀、皮氏叫姑鱼、赤鼻棱鳀和江口小公鱼等,经济鱼种中,仅皮氏叫姑鱼、斑鳉(*Konosirus punctatus*)等小型经济鱼类鱼卵占有一定比重。出现大型经济优势种被个体小、营养层次低的小型中上层鱼类逐步替代的现象。这与李增光等^[8]对黄海中部海州湾渔场鱼卵、仔稚鱼的研究结果类似。另外,有资料记载显示,历史上黄海中部近岸蓝点马鲛产卵场分布有两个聚集中心,分别位于 35°20′—35°50′N, 119°40′—120°00′E (90 渔区 6、8、9 小区, 100 渔区 3 小区) 和 34°40′—34°50′N, 119°30′—119°40′E (110 渔区 4 小区)^[7]。而本次调查结果显示,研究海域蓝点马鲛鱼卵主要聚集于 35°N 附近,与 60 年代相符,但研究海域北部未见明显聚集。这可能与蓝点马鲛资源衰退有关^[22],同时也可能受到调查站位密度的影响。有关蓝点马鲛产卵场的位置需要进一步研究。与鱼卵类似,仔稚鱼种类组成也有所变化。竹荚鱼(*Trachurus japonicus*)、远东拟沙丁鱼(*Sardina melanostictus*)以及鲐鱼(*Pneumatophorus japonicus*)等仔稚鱼在本次调查中均未出现,以日本鳀、白姑鱼和皮氏叫姑鱼等为主。仔稚鱼群落结构演替的原因可能与黄海渔业资源退化有关^[23]。

4.2 鱼卵、仔稚鱼群落结构与环境关系

相关性分析结果表明,鱼卵丰度与海水表层温度以及经度显著相关(表 3)。水温影响鱼类性腺成熟度,温度过低性腺发育受到抑制^[24],产卵场温度适宜,亲鱼集中产卵。同纬度下,低经度区域海流环境相对稳定^[8],且有地表径流附带的饵料注入,这些因素可能有利于亲鱼产卵,进而表现为鱼卵丰度与经度负相关。经度是一项能够反映综合环境因素的指标,有关鱼卵与经度的关系,有待于进一步探讨。然而有研究表明,海水表层盐度与仔稚鱼丰度显著相关^[8,25],这与本文结果存在差异(表 3),其原因可能与调查时间、范围以及区域内的种类差异有关。垂直拖网调查随机性相对较大,所采集样品的代表性可能不及水平拖网和斜拖网^[8,26],加之本次监测站位数量有限,调查区域相对较小,这些原因均可能对分析结果产生一定影响。另外,调查结果显示,研究海域平均盐度变化范围较小,低盐度中心随时间变化(图 4)。仔稚鱼低的游泳能力决定其对盐度的动态变化响应较弱,这也可能对相关性分析产生一定的影响。

鱼卵种类聚类结果显示,组 1 包括皮氏叫姑鱼、江口小公鱼以及青鳞小沙丁鱼。皮氏叫姑鱼产卵喜河口 5—15m 浅水,其黄海区产卵场与小黄鱼、黄姑鱼(*Nibea albiflora*)等邻近,中心产卵区较上述鱼种偏向近岸^[9]。江口小公鱼主要产卵场位于 122°30′以西的南、北近岸河口浅水区^[27]。青鳞小沙丁鱼为暖水中上层鱼类^[23],亲鱼产卵可能受到温度影响。组 2 仅出现赤鼻棱鳀鱼卵,分布于沭河河口。有关赤鼻棱鳀产卵场的研究相对较少。有研究表明,春夏季黄海区赤鼻棱鳀为浮游生物食性功能群^[28],一般而言,温带河口区浮游生物种类较多且密度夏季达到高峰^[29],河口区丰富的饵料资源可能引起产卵群体的聚集。组 3 为鳚属和日本鳀鱼卵。黄海区鳚属主要包括李氏鳚(*Callionymus richardsoni*)、短鳍鳚(*Callionymus kitaharae*)和绯鳚(*Callionymus benitegur*)^[30],主要出现在 4 月上旬—7 月中旬^[11],与本文研究结果相符;35°N 断面及其邻近海为日本鳀鱼卵密集区域^[31],亲鱼产卵盛期在 5 月上旬至 6 月初^[9],每年 5—7 月,日本鳀鱼卵随潮汐锋向浅水区推移^[32],且黄海中部剧烈弯曲的等深线易形成涡旋^[32],可能导致日本鳀在 35°N 附近聚集。27 站与该组其余站位相距较远,该站位日本鳀鱼卵的出现可能与该海域 N-S 走向的沿岸流有关^[8],也可能是随潮汐锋自 20m 以外产卵场而来^[32]。

仔稚鱼种类聚类类型共三组。组 1 为赤鼻棱鳀和日本鳀仔鱼。由于仔稚鱼游泳能力相对较弱,仔稚鱼与其鱼卵分布类似,均在 35°N 附近。27 站出现日本鳀前期仔鱼,可能来自 20m 以深海域;组 2 包括白姑鱼、皮氏叫姑鱼以及梭鱼。黄海中部海州湾为白姑鱼主要产卵场之一^[33]。黄海区皮氏叫姑鱼中心产卵区较其他石首鱼科鱼类略偏向近岸,海州湾南部为该海区较大产卵场^[9]。梭鱼主要分布于近海,以黄渤海数量最多,适宜在 2—8m 细砂质咸淡水混合区产卵^[9]。连云港近岸为河口浅水区^[34],丰富的生物饵料以及泥沙质底质为皮氏叫姑鱼、梭鱼等提供了适宜生境;组 3 为鲷和褐菖鲉。鲷为暖温性鱼类,5 月下旬组 3 所有站位 SST 温度范围为 16.6—20.0℃,温度相对较高(图 3),这可能为亲鱼提供理想的产卵环境;褐菖鲉为暖温广盐性卵胎生定居型鱼类,胚胎在母体内发育直至破膜产出,仔稚鱼空间分布可能与亲鱼分布、温度以及盐度等多个因子相

关, 有关其空间分布有待于进一步研究。

参考文献 (References):

- [1] 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. 上海水产大学学报, 2000, 9(4): 290-297.
- [2] 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. 海洋水产研究, 1998, 19(1): 60-73.
- [3] 杨东莱, 吴光宗, 孙继仁. 长江口及其邻近海区的浮性鱼卵和仔稚鱼的生态研究. 海洋与湖沼, 1990, 21(4): 346-355.
- [4] M Bernal, S Somarakis, P R Witthames, C J G van Damme, A Uriarte, N C H Lo, M Dickey-Collas. Egg production methods in marine fisheries: An introduction. Fisheries Research, 2012, 117-118: 1-5.
- [5] Friedrich W Köster, Hans-Harald Hinrichsen, Michael A St John, Dietrich Schnack, Brian R MacKenzie, Jonna Tomkiewicz, Maris Plikshs. Developing Baltic cod recruitment models. II. Incorporation of environmental variability and species interaction. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2001, 58(8): 1534-1556.
- [6] 涂忠. 山东省渔业资源修复功能区划[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008: 115.
- [7] 姜言伟. 海州湾经济鱼类产卵场鱼卵的数量分布. 海洋水产研究丛刊, 1964, 18: 100-111.
- [8] 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. Journal of Ocean University of China, 2013, DOI: 10. 1007/s11802-015-2603-3, in press.
- [9] 张仁斋, 陆穗芬, 赵传泗. 中国近海鱼卵与仔鱼. 上海: 上海科学技术出版社, 1985.
- [10] Okiyama M. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokyo: Tokai University Publisher, 1988: 1154.
- [11] Shao K T, Yang J S, Chen K C, Lee Y S. An identification guide of marine fish eggs from Taiwan. Taipei: Academia Sinica, 2001: 179.
- [12] 孙儒泳. 动物生态学原理. 北京: 北京师范大学出版社, 1992.
- [13] Rodriguez J M, Gonzalez-Nuevo G, Gonzalez-Pola C, Cabal J. The ichthyoplankton assemblage and the environmental variables off the NW and N Iberian Peninsula coasts, in early spring. Continental Shelf Research, 2009, 29(8): 1145-1156.
- [14] Bray J R, Curtis J T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecological Monographs, 1957, 27(4): 325-349.
- [15] Wiebke J Boeing, Janet T Duffy-Anderson. Ichthyoplankton dynamics and biodiversity in the Gulf of Alaska: Responses to environmental change. Ecological Indicators, 2008, 8(3): 292-302.
- [16] Rodriguez J M, Gonzalez-Pola C, Lopez-Urrutia A, Nogueira E. Composition and daytime vertical distribution of the ichthyoplankton assemblage in the Central Cantabrian Sea shelf, during summer: An Eulerian study. Continental Shelf Research, 2011, 31(14): 1462-1473.
- [17] Griocoe A, Koubbi P, Harlay X. Spatial patterns of ichthyoplankton assemblages along the eastern english channel french coast during spring 1995. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1999, 49(1): 141-152.
- [18] Busby M S, Duffy-Anderson J T, Mier K L, De Forest L G. Spatial and temporal patterns in summer ichthyoplankton assemblages on the eastern Bering Sea shelf 1996-2007. Fisheries Oceanography, 2014, 23(3): 270-287.
- [19] Duffy-Anderson J T, Busby M S, Mier K L, Deliyandis C M, Stabeno P J. Spatial and temporal patterns in summer ichthyoplankton assemblages on the eastern Bering Sea shelf 1996-2000. Fisheries Oceanography, 2006, 15(1): 80-94.
- [20] 周红, 张志南. 大型多元统计软件 PRIMER 的方法原理及其在底栖群落生态学中的应用. 青岛海洋大学学报: 自然科学版, 2003, 33(1): 58-64.
- [21] 万瑞景, 姜言伟. 渤海硬骨鱼类鱼卵和仔稚鱼分布及其动态变化. 中国水产科学, 1998, 5(1): 43-50.
- [22] 郑元甲, 李建生, 张其永, 洪万树. 中国重要海洋中上层经济鱼类生物学研究进展. 水产学报, 2014, 38(1): 149-160.
- [23] 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: 93-93.
- [24] 唐逸民. 水产海洋学基础. 北京: 农业出版社, 1980.
- [25] Jennifer A Lanksbury, Janet T Duffy-Anderson, Kathryn L Mier, Matthew T Wilson. Ichthyoplankton abundance, distribution, and assemblage structure in the Gulf of Alaska during September 2000 and 2001. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2005, 64(4): 775-785.
- [26] Ana Faria, Pedro Morais, M Alexandra Chicharo. Ichthyoplankton dynamics in the Guadiana estuary and adjacent coastal area, South-East Portugal. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2006, 70(1/2): 85-97.
- [27] 吴光宗. 长江口海区鲢鱼和康氏小公鱼鱼卵和仔、稚鱼分布的生态特征. 海洋与湖沼, 1989, 20(3): 217-229.
- [28] 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. 生态学报, 2009, 29(3): 1099-1111.
- [29] 杨宇峰, 王庆, 陈菊芳, 庞世勋. 河口浮游动物生态学研究进展. 生态学报, 2006, 26(2): 576-585.
- [30] 张春霖. 黄渤海鱼类调查报告. 北京: 科学出版社, 1995.
- [31] 万瑞景, 魏皓, 孙珊, 赵宪勇. 山东半岛南部产卵场鲢鱼的产卵生态 I. 鲢鱼鱼卵和仔稚幼鱼的数量与分布特征. 动物学报, 2008, 54(5): 785-797.
- [32] 魏皓, 王玉衡, 万瑞景, 苏健. 黄海锋区环流与鲢鱼卵的聚集. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2007, 37(3): 512-516.
- [33] 徐兆礼, 陈佳杰. 依据大规模捕捞统计资料分析东黄渤海白姑鱼种群划分和洄游路线. 生态学报, 2010, 30(23): 6442-6450.
- [34] 中国海湾海志编纂委员会. 中国海湾志(第四分册). 北京: 海洋出版社, 1993.

附录 1 2013 年黄海中部分近岸水域采集鱼卵、仔稚鱼名录
Appendix 1 The egg and larvae species in central Yellow Sea investigation areas during 2013

科 Family	物种 Species	4 月下旬 Late April		5 月上旬 Early May		5 月下旬 Late May		6 月上旬 Early June		6 月下旬 Late June		7 月上旬 Early July	
		egg	larvae	egg	larvae	egg	larvae	egg	larvae	egg	larvae	egg	larvae
鲷科 Clupeidae	斑鲹 <i>Konosirus punctatus</i>			14.46		0.54	1.41	5.63		2.92			
	青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>			8.33				1.41		0.42		4.83	
	其他鲷科 Clupeidae			0.98		0.39		4.23		1.25		0.97	
鲹科 Engraulidae	日本鲹 <i>Engraulis japonicus</i>			22.06	7.14	83.54	67.61	2.82		7.08		5.8	
	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>											0.48	
	江口小公鱼 <i>Stolephorus commersonnii</i>			31.86				1.41		55.42	2.38	79.23	
鲱鱼科 Salangidae	赤鼻棱鲉 <i>Thryssa kammaldensis</i>					6.91	0.7	40.85	42.42	17.08	7.14		
	大银鱼 <i>Protosalanx chinensis</i>		50				2.82						
	长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>									4.58		1.93	
狗母鱼科 Synodontidae	其他狗母鱼科 Synodontidae												5.88
	日本海马 <i>Hippocampus japonicus</i>								6.06				
	梭鱼 <i>Liza haematocheilus</i>			1.96			4.93		3.03		2.38		
鲷科 Mugilidae	鱚属 <i>Callionymus</i> spp.	100		7.35		3.57							
	虾虎鱼科 Gobiidae				4.76		2.11						
	方氏云鲷 <i>Pholis fangi</i>	40			2.38		1.41						
锦鲷科 Pholidae	其他锦鲷科 Pholidae										2.38		
	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>			0.25	69.05	0.7	0.7	1.41	39.39		16.67		
	皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>			5.39	4.76	0.78	6.34	26.76		8.75	61.9	4.83	76.47
石首鱼科 Sciaenidae	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>			1.23	7.14	0.08					2.38		5.88
	鲈 <i>Michthys miuy</i>						0.7						
	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>						0.7						
鲷科 Scombridae	其他石首鱼科 Sciaenidae				4.76	0.85	0.7	7.04		0.42		0.48	
	蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>			0.74		2.33							
	多鳞鲈 <i>Sillago sihama</i>			4.41			1.41	4.23					
鲷科 Sillaginidae	银鲈 <i>Pomus argenteus</i>								6.06				
	鲷科 Stromateidae										4.76		
	鲷科 Platycephalidae						8.45		3.03				
鲷科 Scorpaenidae	褐菖鲈 <i>Sebastes marmoratus</i>												11.76
	短吻三线舌鲷 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>			0.49				2.82		1.25			
	短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>					0.16						1.45	
未定种 Unidentified spp.	egg-sp.1			0.49									
	egg-sp.2					0.08		1.41		0.42			
	egg-sp.3					0.08				0.42			
未定种 Unidentified spp.		lar-sp.	10										

注:数字代表各航次对应种出现的频率(%)