

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2015.01.001

长江口及邻近海域春季仔、稚鱼的生态分布研究

李建生, 胡 芬, 林 楠

(中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业部东海与远洋渔业资源开发利用重点实验室, 上海 200090)

摘要: 利用 2008 年春季在长江口及邻近海域调查获取的数据进行了仔、稚鱼的生态分布特征研究。结果表明, 春季该水域仔、稚鱼种类丰富, 出现率较高; 总种类数呈现由北向南增加、优势种和重要种呈现由北向南减少的趋势; 优势种的相对重要性指数 (IRI) 较非优势种更加突出、分布范围更为集中; 不同区域的种类数与表温变化趋势一致, 平均单位捕捞努力量渔获量 (CPUE) 与表盐的变化趋势一致; 仔、稚鱼集中出现海域的表温变化较小 (17.0 ~ 19.5 °C), 而表盐变化较大 (25 ~ 32); 优势种空间分布的差异性表现为小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*) 和六丝矛尾鰕虎鱼 (*Chaeturichthys hexanema*) 主要分布在吕泗和长江口近海, 日本鳀 (*Engraulis japonicus*) 主要分布在舟山近海; 仔、稚鱼高密度区均位于冷暖水混合水域, 浮游生物较为丰富, 有利于其生长后期的饵料获取, 同时也与仔、稚鱼对环境的适应性有较大的关系。

关键词: 春季; 长江口; 邻近海域; 仔、稚鱼; 生态分布

中图分类号: S 932.4

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2015)01-0001-08

Ecological distribution of fish larvae and juveniles in the Yangtze River estuary and its adjacent waters in spring

LI Jiansheng, HU Fen, LIN Nan

(Key Lab. of East China Sea and Oceanic Fishery Resources Exploitation, Ministry of Agriculture; East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: We investigated the distribution, abundance and species composition of fish larvae and juveniles in the Yangtze River estuary and its adjacent waters based on the data obtained from integrated multi-disciplinary survey in mid-May of 2008. The results show that spring witnessed high species richness and occurrence frequency of fish larvae and juveniles. A southward increasing trend in the species richness and an opposing trend in the number of dominant species were detected. The spatial trend in species richness was accord with the surface temperature, and the catch per unit effort (CPUE) and surface salinity showed a similar spatial trend. The high-density zone of fish larvae and juveniles was characterized by a narrow temperature range of about 2.5 °C and a wide salinity range of about 7. The spatial distribution was different among dominant species. *Larimichthys polyactis* and *Chaeturichthys hexanema* were mainly distributed in the Yangtze River estuary and Lusi Fishing Ground, while *Engraulis japonicus* was mainly inhabited off the Zhoushan Islands. The high-density zones of fish larvae and juveniles were located in the confluence zone of cold and warm currents, which were the most productive areas in the coastline of the East China Sea. The abundant prey items were expected to satisfy the nutrient requirements for the early development of the ichthyoplankton in the survey area.

Key words: spring; the Yangtze River estuary; adjacent waters; fish larvae and juveniles; ecological distribution

长江口及邻近海域主要是指长江口、吕泗和舟山的近海水域。由于受长江冲淡水、台湾暖流、东

收稿日期: 2014-04-04; 修回日期: 2014-07-04

资助项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201303047)

作者简介: 李建生(1976-), 男, 副研究员, 从事渔业资源与生态学研究。E-mail: jianshengli@sina.com

海外海暖水、苏北沿岸水和黄海水团等海流水系的综合影响,该水域水质肥沃,饵料生物较为丰富,是多种鱼类的产卵场和索饵场,也是多种经济鱼、虾、蟹的入海或溯河洄游的通道^[1-2]。由于过度捕捞、近海水环境污染等原因,21 世纪以来,东海近海主要渔业资源种类和一些经济鱼类的产卵习性和生态特征与过去相比发生了一定程度的变化,甚至部分重要鱼类资源严重衰退、近岸产卵场功能不复存在^[2]。长江口近海水域作为东黄海鱼类产卵和索饵的主要渔场,其资源结构的变化是东黄海的缩影^[3]。相关研究表明,目前长江口及邻近海域的鱼卵仔鱼优势种组成以小型中上层资源为主^[4-7]。鱼卵、仔、稚鱼是鱼类资源进行补充和可持续利用的基础,而鱼类的早期生活史也可以作为河口生态健康的标志之一^[8]。长期以来,中国学者在长江口及邻近海域陆续开展了大量的产卵场调查以及鱼卵仔鱼研究工作^[9-19]。影响长江口仔、稚鱼及成鱼群落结构变化的主要因素有长江径流、过度捕捞、污染、厄尔尼诺现象等^[20-21]。日本学者也曾对长江口鳀鱼卵的分布进行了研究^[22]。长江口近海是东海鱼类的主要产卵场,掌握该水域仔、稚鱼的种类组成和数量分布特征及其生态习性有助于准确判断渔业资源的补充现状。文章依据 2008 年春季(5 月)在该海域进行的鱼卵仔鱼、温度、盐度、浮游生物等多学科同步调查资料,就春季仔、稚鱼在该海域的生态分布进行报道,以期长江口近海及邻近海域渔业资源评估、保护和管理提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 调查时间和方法

调查时间为 2008 年 5 月中旬,范围为 30°00'N ~ 32°30'N, 124°00'E 以西的长江口及其南北毗邻的吕泗和舟山近海水域,采用网格布站调查方法,每隔 0.25°设置 1 个站位,共设置 54 个采样站(图 1),利用大型浮游生物网进行鱼卵和仔、稚鱼采集。大型浮游生物网具规格为口径 78 cm、长 280 cm、孔径 0.50 mm。每站分别进行水平拖网和垂直拖网 2 种方式调查,水平拖网每站拖曳 10 min、拖速 3 kn,垂直拖网每站以拖网速度为 1 m·s⁻¹从底层至表层匀速拖网;采集的鱼卵和仔稚鱼样品用质量分数为 5% 的福尔马林溶液固定,在室内进行种类鉴定以及定性和定量分析。所有采样站

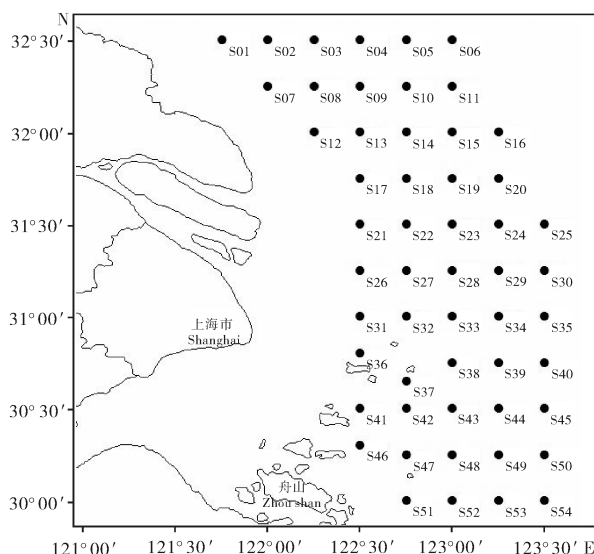


图 1 长江口及邻近海域调查站位图

Fig. 1 Survey stations in the Yangtze River estuary and its adjacent waters

利用 Seabird37 型 CTD 进行现场温度、盐度和深度的测定。

1.2 研究区域划分

为了便于研究,根据该海域的水文环境特征以及传统渔场的划分^[1],把研究水域分为 3 个区域:1) 吕泗近海(S01 ~ S16 站),该水域主要受苏北沿岸水和黄海水团影响;2) 长江口(S17 ~ S35 站),该水域主要受长江冲淡水 and 外海水团影响;3) 舟山近海(S36 ~ S54 站),该水域主要受长江冲淡水前缘、浙江沿岸水和东海暖水影响。

1.3 数据处理方法

1.3.1 定量分析 以垂直拖网调查的仔、稚鱼实际数量换算成单位水体的仔、稚鱼数量[单位捕捞努力量渔获量(CPUE),尾·m⁻³]为指标进行数量分布图的绘制并进行相关分析。

1.3.2 利用 PIANKA^[23]提出的相对重要性指数(index of relative importance, IRI)对仔稚鱼种类结构组成进行分析 由于仔稚鱼个体很小,故分析时只采用个体数密度,不考虑生物量密度。IRI 计算公式为 $IRI = (N\% \times F\%) \times 10\,000$ 。其中 $N\%$ 为某种类占总尾数的百分比; $F\%$ 为某种类出现站位频率。由于采用水平拖网和垂直拖网 2 种调查方式,最终 IRI 采用 2 种调查方式的平均值。仔、稚鱼的重要性判断标准参照 WAN 等^[17]的研究并根据此研究数据的特点略作调整,具体的判断标准如

下: IRI 大于 500 的为优势种; IRI 在 100 ~ 500 的为重要种; IRI 在 10 ~ 100 的为一般种。

2 结果

2.1 种类组成和种类数

统计结果表明, 春季在长江口近海及邻近水域共出现仔、稚鱼 31 种(表 1)。其中鉴定到种 23 种, 鉴定到属 2 种, 鉴定到科 4 种, 未鉴定种 2 种。已鉴定种类的生态类型^[24]为河口型、沿岸型、近海型 3 类, 以近海型最多(13 种), 河口型次之(7 种), 沿岸型最少(3 种); 适温性分为暖温性和暖水性 2 种, 以暖温性种类较多(16 种), 暖水性较少(7 种)。根据 IRI 判断, 日本鳀(*Engraulis japonicus*)和六丝矛尾鰕虎鱼(*Chaeturichthys hexanema*)为优势种, 而小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)和鲷鱼(*Liza haematocheila*)为一般种。通过对不同海域的仔稚鱼种类数进行统计发现, 各水域的仔、稚鱼种类数变化表现为由北向南逐渐增加趋势, 舟山近海的仔、稚鱼种类数显著高于其他 2 个海域, 其中舟山近海最多(24 种), 长江口近海次之(16 种), 吕泗近海最少(14 种)。

仔、稚鱼的 IRI 判断结果显示, 各水域的仔、稚鱼主要种类组成有所差异: 吕泗近海水域主要种类有 7 种, 其中六丝矛尾鰕虎鱼为优势种, 日本鳀、小黄鱼、鲷鱼为重要种, 斑尾复鰕虎(*Synechogobius ommaturus*)、矛尾鰕虎鱼(*C. stigmatias*)、斑尾刺鰕虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*)为一般种; 长江口近海水域, 主要种类有 5 种, 其中六丝矛尾鰕虎鱼和日本鳀为优势种, 小黄鱼为重要种, 尖海龙(*Syngnathus acus*)和鲷鱼为一般种; 舟山近海水域, 主要种类有 5 种, 日本鳀为优势种且较为突出, 六丝矛尾鰕虎鱼、麦氏犀鳕(*Bregmaceros maclellandii*)、白姑鱼、褐菖鲉(*Sebastiscus marmoratus*)为一般种(表 2)。

2.2 仔、稚鱼数量平面分布及变化

统计结果(表 3)显示, 垂直拖网调查共捕获仔稚鱼 247 尾, 站位出现率 55.56%, 出现站位 CPUE 为 0.04 ~ 2.42 尾·m⁻³, 平均总站位 CPUE 为 0.26 尾·m⁻³; 分水域来看, 出现率和 CPUE 均以吕泗近海最高, 舟山近海次之, 长江口近海最低。从平面分布来看, 仔稚鱼 CPUE 较高的水域主要有: 1) 调查海域的东南角, 也就是舟山岛的东部

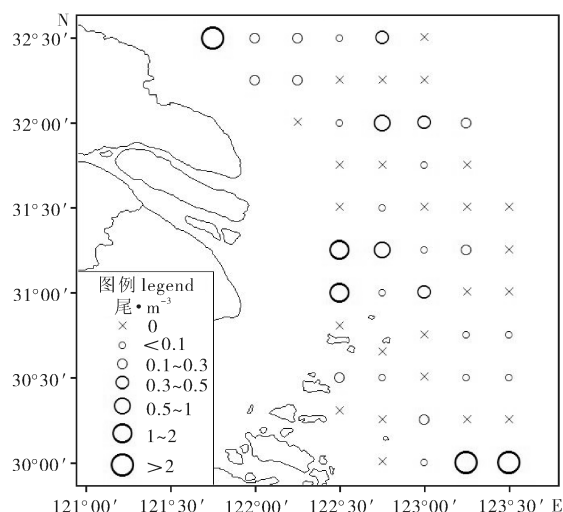


图2 垂直拖网调查仔、稚鱼数量平面分布

Fig. 2 Distribution of number of fish larvae and juveniles investigated by vertical tow

海域; 2) 长江口近海的靠岸一侧南部水域; 3) 吕泗近海的靠岸水域以及长江口近海与吕泗近海的交汇水域(图 2)。

2.3 表层水温和盐度分布及变化

研究水域表层水温范围为 15.35 ~ 20.64 °C, 平均为 18.12 °C, 从北向南呈逐渐增加的趋势(表 4)。平面分布来看, 吕泗近海, 水温范围为 15.35 ~ 18.32 °C, 平均为 17.07 °C, 主要被 18 °C 以下的低温水所控制, 从西北向东南呈递增趋势; 长江口近海, 水温范围为 16.96 ~ 19.09 °C, 平均为 18.37 °C, 主要被 18 ~ 19 °C 的等温线覆盖; 舟山近海, 水温范围为 17.47 ~ 20.64 °C, 平均为 18.75 °C, 舟山主岛的东北海域有一个相对低温区, 而在调查海域的东南角水温相对较高(图 3)。表层盐度范围为 19.32 ~ 33.42, 平均为 29.03, 河口近海区相对较低, 外侧海域及南部海域相对较高。平面分布来看, 表层盐度平均值以舟山近海最高, 吕泗近海次之, 长江口近海最低(表 4 和图 3)。

3 讨论

3.1 春季长江口近海及邻近水域仔、稚鱼分布特征

该研究中长江口及邻近水域春季仔、稚鱼种类数为 31 种, 而站位出现率达到了 64.82%。1986 年 5 月, 杨东莱等^[11]在长江口及邻近海区进行春季调查, 共出现鱼卵仔鱼 30 种, 分布面也较广;

表 1 春季长江口近海及邻近水域仔、稚鱼种类组成

Tab. 1 Composition of fish larvae and juveniles in the Yangtze River estuary and its adjacent waters in spring

序号 No.	种类 species	仔稚鱼数量/尾 quantity of larvae and juveniles/ind		相对重要性 指数 IRI	生态类型 ecotype	适温性 thermophily
		水平拖网 horizontal tow	垂直拖网 vertical tow			
1	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	36	15	45.01	近海	暖温性
2	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	18		10.56	近海	暖水性
3	日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	548	130	1 886.58	近海	暖温性
4	六丝矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	93	63	517.96	河口	暖温性
5	斑尾复鰕虎鱼 <i>Synechogobius ommaturus</i>	16	2	4.51	河口	暖温性
6	斑尾刺鰕虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>		5	3.75	河口	暖温性
7	矛尾鰕虎鱼 <i>C. stigmatias</i>	7		3.29	河口	暖温性
8	鰕虎鱼科 sp. Gobiidae sp.	4		0.94		
9	缟鰕虎鱼属 sp. Tridentiger sp.	3	1	0.73		
10	鲅鱼 <i>Liza haematocheila</i>	17	10	26.96	河口	暖温性
11	褐菖鲈 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	7		4.11	近海	暖温性
12	尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>	5	1	2.14	沿岸	暖温性
13	刺鲃 <i>Psenopsis anomala</i>	3	1	1.08	近海	暖温性
14	焦氏舌鳎 <i>Arelicus joyneri</i>	3		0.70	沿岸	暖温性
15	宽体舌鳎 <i>Cynoglossus robustus</i>	1		0.12	沿岸	暖温性
16	蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	2		0.47	近海	暖温性
17	六带鲹 <i>Caranx sexfaciatus</i>	1		0.12	近海	暖水性
18	竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	1		0.12	近海	暖温性
19	鲹科 sp. Carangidae sp.	1		0.12		
20	麦氏犀鲨 <i>Bregmaceros maclellandii</i>	2	5	9.61	近海	暖水性
21	单指虎鲂 <i>Minous monodactylus</i>	1		0.12	近海	暖温性
22	七星底灯鱼 <i>Benthosema pterotum</i>	1	1	0.49	近海	暖水性
23	前颌间银鱼 <i>Hemisalanx prognathus</i>	1		0.12	河口	暖温性
24	龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>		1	0.37	近海	暖水性
25	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>		2	0.75	近海	暖水性
26	大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranius</i>		1	0.37	河口	暖水性
27	鳗鲡科 <i>Anguillidae</i> sp.	7	2	7.25		
28	鲻科 <i>Callionymidae</i> sp.	6	1	1.78		
29	东方鲀属 <i>Takifugu</i> sp.	1		0.12		
30	sp. 1	1	4	4.62		
31	sp. 2	3	2	1.81		
	合计 total	789	247			

表 2 各海域仔、稚鱼主要种类组成

Tab. 2 Composition of main fish larvae species in each sea waters

海域 waters	种类 species	相对重要性指数 IRI	重要性 importance
吕泗近海 Lüsi offshore	六丝矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	1 190.17	优势种
	日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	382.18	重要种
	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	271.96	重要种
	鲷鱼 <i>Liza haematocheila</i>	139.64	重要种
	斑尾复鰕虎 <i>Synechogobius ommaturus</i>	90.09	一般种
	矛尾鰕虎鱼 <i>C. stigmatias</i>	78.83	一般种
	斑尾刺鰕虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	52.08	一般种
长江口近海 Yangtze River Estuary offshore	六丝矛尾鰕虎鱼 <i>C. hexanema</i>	1 694.22	优势种
	日本鳀 <i>E. japonicus</i>	614.65	优势种
	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	117.28	重要种
	尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>	38.70	一般种
	鲷鱼 <i>L. haematocheila</i>	28.16	一般种
舟山近海 Zhoushan offshore	日本鳀 <i>E. japonicus</i>	3 213.40	优势种
	六丝矛尾鰕虎鱼 <i>C. hexanema</i>	56.65	一般种
	麦氏犀鳕 <i>Bregmaceros maclellandii</i>	51.40	一般种
	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	31.07	一般种
	褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	10.96	一般种

表 3 各海域仔、稚鱼出现数量统计

Tab. 3 Quantity of fish larvae and juveniles in each waters

海域 waters	垂直拖网 vertical tow		
	出现率/% occurrence rate	单位捕捞努力量渔获量 范围/尾·m ⁻³ range of CPUE	平均单位捕捞努力量 渔获量/尾·m ⁻³ average CPUE
吕泗近海 Lüsi offshore	68.75	0.07 ~ 2.22	0.31
长江口近海 the Yangtze River estuary offshore	47.37	0.06 ~ 1.78	0.22
舟山近海 Zhoushan offshore	52.63	0.04 ~ 2.42	0.27
研究海域 survey waters	55.56	0.04 ~ 2.42	0.26

表 4 各海域表层温度和盐度统计

Tab. 4 Surface temperature and salinity in each waters

海域 waters	表温/℃ surface temperature		表盐 surface salinity	
	范围 range	平均值 average value	范围 range	平均值 average value
吕泗近海 Lüsi offshore	15.35 ~ 18.32	17.07	23.84 ~ 31.65	28.34
长江口近海 the Yangtze River estuary offshore	16.96 ~ 19.09	18.37	19.32 ~ 32.40	27.37
舟山近海 Zhoushan offshore	17.47 ~ 20.64	18.75	27.30 ~ 33.42	31.26
研究海域 survey waters	15.35 ~ 20.64	18.12	19.32 ~ 33.42	29.03

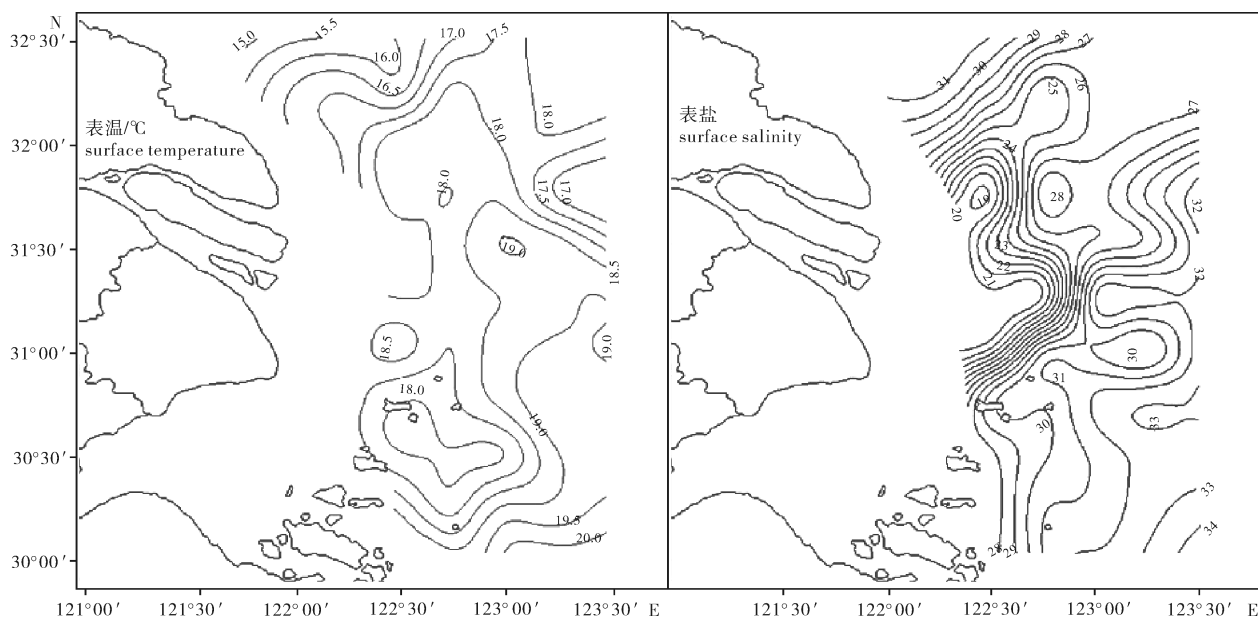


图3 表层水温和盐度的平面分布

Fig. 3 Distribution of surface temperature and salinity

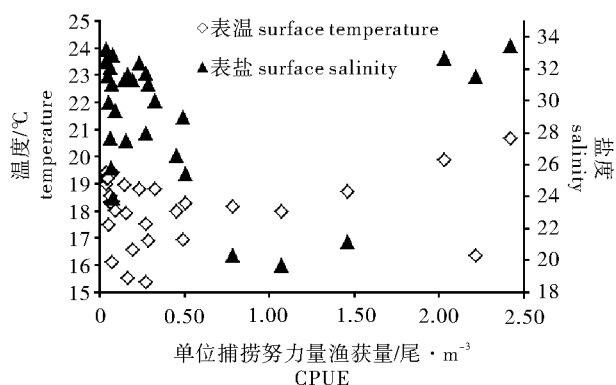


图4 垂直拖网调查仔、稚鱼数量与表层温度和盐度的关系

Fig. 4 Relationship among quantity of larvae and juveniles with surface temperature and salinity investigated by vertical tow

1999年5月,朱鑫华等^[16]在长江口海区春季调查发现鱼卵仔鱼20种,与1986年相比明显减少;2001年~2003年5月,蒋玫等^[6]在长江口和杭州湾的近岸水域调查发现鱼卵仔鱼21种;2003年4月,李建生等^[25]在长江口近海春季调查仅发现鱼卵仔鱼13种。上述研究结果说明,目前长江口及邻近海域仍然是重要的产卵场,但由于不同研究者调查范围的不同导致种类数有较大差异。从历史变化来看,一些主要的经济种类出现了大幅的下降或消失,这些都与高强度的捕捞压力和河口区环境污

染具有密切的联系。此研究中仔、稚鱼种间的数量差异较明显,优势种较突出且分布范围较为集中。由北向南,优势种的种类数呈现减少的趋势。根据调查结果可以看出,仔、稚鱼优势种分布海域差异性较为明显,小黄鱼主要分布在吕泗和长江口近海;六丝矛尾鰕虎鱼和日本鳀属于广布种,但前者主要分布于长江口和吕泗近海,后者主要分布在舟山近海;其他鰕虎鱼主要分布在吕泗近海。吕泗渔场是东海群系小黄鱼的主要产卵场^[1],而长江口水域为当年生小黄鱼索饵群的主要出现水域^[25],这与小黄鱼仔、稚鱼出现的水域相一致。舟山渔场为日本鳀的主要产卵场,产卵盛期为3月下旬至4月下旬^[8],该研究中日本鳀仔、稚鱼集中出现在该海域,与上述研究结果相吻合。鰕虎鱼科为沿岸广盐性底栖鱼类,是长江口低盐度水域常见的小型鱼类^[24],其仔、稚鱼的出现和成鱼的分布相一致。

3.2 仔、稚鱼分布与环境条件的关系

鱼卵和仔、稚鱼是鱼类生活史中最稚嫩的阶段,任何不适宜的环境条件都会导致其大量死亡。环境理化因子如水温、盐度等对于鱼卵和仔、稚鱼的分布和成活具有直接和间接的影响。环境理化因子的变动通常被认为对河口区产卵的鱼类后代数量影响最为剧烈和明显^[26]。此研究显示,不同海域仔、稚鱼种类数的变化与表温的变化均呈由北向南随着表温的升高而增加的趋势;不同海域仔、稚

鱼平均 CPUE 的变化则与表盐的变化趋势相一致。根据垂直拖网所捕获仔、稚鱼的数量与表层温度和盐度关系(图4)分析,仔、稚鱼主要出现海域的表层水温范围为 17.0 ~ 19.5 °C,表层盐度为 25 ~ 32。由于春季长江口及邻近水域是主要的鱼类产卵场,种类较多,各种类的生态类型变化较大,但适温性变化不大,因此仔、稚鱼主要出现海域的表层水温变化幅度较小,而表层盐度变化范围较大。

鱼卵仔鱼的分布不仅受种类本身特性的支配,而且也受环境因子的控制,其中主要与温盐度以及海流有密切的关系^[2]。尽管河口水域鱼类浮游生物群落总是处于持续调节中,以适应瞬息万变的生态环境,但又呈现出潜在的稳定性,即变化趋势的可预测性^[27]。在此研究中,春季长江口近海及邻近水域仔、稚鱼主要有 3 个高密度区,与表层水温和盐度综合分析可以看出:1)主要位于舟山主岛西北低温水团和舟山外海暖水的共同影响锋面区;2)主要受长江口近海混合暖水和舟山主岛西北低温水团的共同影响区;3)主要受长江口近海混合暖水、黄海水团和苏北沿岸冷水的共同作用区。上述高密度区基本上都位于冷暖水混合水域,浮游生物种类和生物量丰富^[1-2],有助于仔、稚鱼生长后期的饵料摄取;高密度区的形成和不同种类仔、稚鱼对环境的适应性也具有较大的关系。

3.3 主要仔稚鱼优势种温盐度属性

春季长江口近海及邻近水域仔、稚鱼主要优势种为日本鳀、六丝矛尾鰕虎鱼和小黄鱼。日本鳀主要出现在舟山主岛的东部近海水域,主要出现海域的表温范围为 19.16 ~ 20.65 °C,平均为 19.71 °C,表盐范围为 30.37 ~ 33.37,平均为 31.96。该研究中日本鳀仔、稚鱼的适温高于春季 4 月^[7]而低于夏季 8 月^[15]在长江口水域分布的最适水温,说明该种类在长江口水域产卵期较长且仔、稚鱼的适温性较广。此研究显示,六丝矛尾鰕虎鱼主要出现在长江口近海和吕泗近海交汇处靠岸一侧、长江口近海靠河口附近水域,主要出现海域的表温范围为 17.22 ~ 18.26 °C,平均为 17.87 °C,表盐范围为 19.67 ~ 28.95,平均为 24.36。周永东等^[28]于 2008 年 5 月在浙江中北部海域进行的调查也表明,鰕虎鱼科鱼类主要出现在杭州湾近岸的低温低盐水域,这与此研究的结果相一致。小黄鱼主要出现在吕泗近海靠岸侧和长江口近海靠河口区,说明目前吕泗和长江口近海水域仍是小黄鱼的主要产卵场和

幼鱼索饵场。小黄鱼仔、稚鱼主要出现海域的表温范围为 16.32 ~ 18.70 °C,平均为 17.39 °C,表盐范围为 19.67 ~ 31.48,平均为 25.88。历史研究结果表明,小黄鱼产卵盛期的水温范围为 10.5 ~ 15.0 °C,当水温高于 16 °C 时,产卵期基本结束^[11]。此研究中小黄鱼仔、稚鱼主要出现海域的水温范围高于小黄鱼的产卵期的最适水温条件,说明研究海域的小黄鱼产卵期至 5 月中旬基本结束。由上述分析可见,日本鳀仔、稚鱼的温盐度属性为相对高温高盐种,六丝矛尾鰕虎鱼仔、稚鱼的温盐度属性为相对低温低盐的河口种,小黄鱼仔、稚鱼的温盐度属性为相对低温广盐种。

参考文献:

- [1] 农牧渔业部水产局,农牧渔业部东海区渔业指挥部.东海区渔业资源调查和区划[M].上海:华东师范大学出版社,1986:216-261.
- [2] 郑元甲,陈雪忠,程家骅,等.东海大陆架生物资源与环境[M].上海:上海科技出版社,2003:24-234.
- [3] 李建生,李圣法,丁峰元,等.长江口近海鱼类多样性的年际变化[J].中国水产科学,2007,14(4):637-643.
- [4] 单秀娟,钱薇薇,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.
- [5] 万瑞景,孙珊.黄、东海生态系统中鱼卵、仔稚幼鱼种类组成与数量分布[J].动物学报,2006,52(1):28-44.
- [6] 蒋玫,沈新强,王云龙,等.长江口及其邻近水域鱼卵、仔鱼的种项组成与分布特征[J].海洋学报,2006,28(2):171-174.
- [7] 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.
- [8] SANDRA R, EVA A, MICHAEL E, et al. Early life stages of fishes as indicators of estuarine ecosystem health[J]. Ecol Indic, 2012(19):172-183.
- [9] 唐启升.中国区域海洋学——渔业海洋学[M].北京:海洋出版社,2012:224-228.
- [10] 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.
- [11] 杨东莱,吴光宗,孙继仁.长江口及其邻近海区浮性鱼卵和仔稚鱼的生态研究[J].海洋与湖沼,1990,21(4):346-355.
- [12] 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.
- [13] 徐兆礼,袁骥,蒋玫,等.长江口鱼卵和仔、稚鱼的初步调查[J].中国水产科学,1999,6(5):63-64.
- [14] 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.

- [15] 万瑞景, 黄大吉, 张经. 东海北部和黄海南部鳀鱼卵和仔稚幼鱼数量、分布及其与环境条件的关系[J]. 水产学报, 2002, 26(4): 321–330.
- [16] 朱鑫华, 刘栋, 沙学坤. 长江口春季鱼类浮游生物群落结构与环境因子的关系[J]. 海洋科学集刊, 2002(44): 169–179.
- [17] WAN R J, ZHOU F, SHAN X J. Impacts of variability of habitat factors on species composition of ichthyoplankton and distribution of fish spawning ground in the Changjiang River estuary and its adjacent waters[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30: 155–165.
- [18] 于雯雯, 刘培廷, 汤建华, 等. 吕泗渔场近岸产卵场鱼卵的种类组成与数量分布[J]. 南方水产科学, 2011, 7(5): 9–17.
- [19] JIANG M, SHEN X Q, LI L, et al. Annual variability of ichthyoplankton in the Yangtze River estuary of China from August 2002 to 2009[J]. Oceanol Hydrobiol St, 2013, 42(1): 59–69.
- [20] 单秀娟, 线微微, 武云飞. 长江河口生态系统鱼类浮游生物生态学研究进展[J]. 海洋湖沼通报, 2004(4): 87–93.
- [21] YU H C, XIAN W W. The environment effect on fish assemblage structure in waters adjacent to the Changjiang (Yangtze) River estuary (1998–2001)[J]. Chin J Oceanol Limnol, 2009, 27(3): 443–456.
- [22] KAZUO I, YOKO K. Distribution and settling of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) eggs at the spawning ground off Changjiang River in the East China Sea[J]. Fish Oceanogr, 1997, 6(3): 205–210.
- [23] PIANKA E R. Ecology of the Agamid lizard *amphibolurus isolepis* in western Australia[J]. Copeia, 1971(3): 527–536.
- [24] 庄平, 王幼槐, 李圣法, 等. 长江口鱼类[M]. 上海: 上海科技出版社, 2006: 137–389.
- [25] 李建生, 林龙山, 程家骅. 东海北部秋季小黄鱼分布特征及其与底层温度和盐度的关系[J]. 中国水产科学, 2009, 16(3): 348–356.
- [26] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 145–151.
- [27] WHITFIELD A K. Ichthyoplankton assemblage in estuaries: a South African case study, Rev [J]. Fish Biol Fish, 1999, 9(2): 151–186.
- [28] 周永东, 金海卫, 蒋日进, 等. 浙江中北部沿岸春、夏季鱼卵和仔稚鱼种类组成与数量分布[J]. 水产学报, 2011, 35(6): 880–889.