

文章编号: 1000-0615(2017)00-0001-12

DOI: 10.11964/jfc.20200412230

长江口崇明东滩夏秋季仔稚鱼空间分布的分析研究

刘欢¹, 陈锦辉², 吴建辉², 钟俊生^{1*}, 韩梦婷¹, 赵晨³

(1. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;

2. 上海市水生野生动植物保护中心, 上海 200092;

3. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 哈尔滨 150070)

摘要: 2018年6月(夏)和9月(秋), 对长江口崇明东滩水域的14个站位点的表层, 运用大型浮游生物网(口径1.3 m, 网目0.5 mm)水平船拖10 min采集仔稚鱼, 实时采集水柱环境参数包括温度(SST)、盐度(SSS)、浊度(TUR)、深度(DEP)和叶绿素a(SSC), 探讨该水域仔稚鱼的分布和多样性的变化特征。结果表明: 28网次共采集到仔稚鱼10925尾。其中淡水型鱼类22种(42%), 河口型(半咸水)鱼类19种(37%), 沿岸型鱼类7种(13%)和近海型鱼类4种(8%)。鲤科为14种(27%); 虾虎鱼科12种(23%); 鳃科及银鱼科均为5种(10%)。以大于5%为优势种, 凤鲚(*Coilia mystus*)占总渔获量的21.51%、刀鲚(*Coilia nasus*, 18.11%)、贝氏鲻(*Hemiculter bleekeri*, 16.34%)、银飘鱼(*Pseudolaubuca sinensis*, 10.82%)和斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*, 9.38%)。在采集的所有仔稚鱼中, 前弯曲期仔鱼数量最多, 约占总数量的76.49%, 弯曲期仔鱼11.94%, 后弯曲期仔鱼8.01%, 稚鱼3.43%, 卵黄囊仔鱼仅出现在6月份, 占总渔获量的0.13%。前弯曲期仔鱼与弯曲期仔鱼的密度随着季节的更替呈下降趋势, 后弯曲期仔鱼密度呈上升趋势。夏季仔稚鱼的物种数、个体总数及密度都比秋季多非度量多维标度排序和等级聚类的结果表明, 长江口崇明东滩鱼类可以分为两支, 淡水种生态群落和半咸水生态群落。

关键词: 仔稚鱼; 多样性; 物种组成; 长江口; 崇明东滩

中图分类号: S 917

文献标志码: A

河口是鱼类的重要保育场和产卵场^[1-2]。崇明东滩位于长江河口的冲淡水羽状峰面上, 受强烈的海流和潮汐作用, 形成了丰富的饵料, 为仔稚鱼提供了得天独厚的生长、发育场所。多种鱼类凭借嗅觉, 转移、迁徙至河口生态系统, 其中包括多种洄游鱼类, 如中华鲟(*Acipenser sinensis*)、刀鲚(*Coilia nasus*)和凤鲚(*Coilia mystus*)等^[3-5]。中华鲟是我国重要的濒危珍稀物种, 中华鲟成鱼在葛洲坝下产卵, 幼鱼随着水流进行着长距离的降海洄游, 在崇明东滩浅淡水域

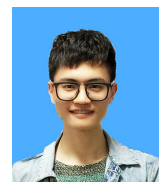
摄食肥育, 9月后逐渐离开河口进入东海大陆架海域^[4]。中华鲟幼鱼在长江口停留期间, 其主要饲料生物为小型底层鱼类, 尤其是以斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*)、睛尾蝌蚪虾虎鱼(*Lophiogobius ocellicauda*)和矛尾虾虎鱼(*Chaemrichthys stigmatias*)等虾虎鱼为主要食物^[6-8]。近年来, 滩涂围垦、农业活动、外来物种入侵和气候变化带来的生态压力, 使得长江河口生境逐渐碎片化和简单化^[9-12]。本研究将长江口崇明东滩定为调查水域, 通过分析仔稚鱼的分布和群

收稿日期: 2020-04-09 修回日期: 2021-01-18

资助项目: 上海市水生野生动植物保护研究中心项目(Project of Shanghai Aquatic Wildlife Conservation and Research Center)(D-8006-20-0095)

第一作者: 刘欢, 从事生物学研究。E-mail: <88651728huan@gmail.com>

通信作者: 钟俊生, E-mail: <jszhong@shou.edu.cn>



落多样性,旨在为中华鲟幼鱼摄食饵料资源的补充群体的保护、恢复和可持续发展提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 调查方法

2018年6月(夏)和9月(秋),在长江口崇明东滩水域共设置了14个站点点(图1),设置站点为长江口南支北港东西向监测断面、长江口北支东西向监测断面和崇明岛东滩南北向监测点,以开展中华鲟资源调查及其栖息地环境监测工作,为中华鲟保护提供基础数据。在大潮期间,运用大型浮游生物网(口径1.3 m,网目0.5 mm)对每个站点点进行表层水平拖网采样。每个站点点使用船拖(时间:10 min,拖速:2 knot/h),同时用网口流量计 KC Denmark A/S-Model 23.090 记录拖网流量值,共26网次(秋季因天气原因Z14、Z16无法采样)。采集的仔稚鱼样本在现场使用含4%甲醛溶液进行固定,样本在实验室内依照形态学进行鉴定,其中海产鱼类依靠《日本产稚鱼图鉴》和《中国近海及其邻近海域鱼卵与仔稚鱼》,鲤科鱼类依靠《长江鱼类早期资源》。在现场用便携式水质分析仪 HADZS-330 在现场测量水温(SST)、深度(DEP)和盐度(SSS)等,以浊度仪 HA/YHZT-1B 测取水域浊度

(TUR),叶绿素 a(SSC)数据由上海市野生动植物保护中心提供。

1.2 室内工作

在 Olympus SZX7 解剖镜下,将采集到的仔稚鱼进行鉴定,并分类到科、属、种,遵循 Kendall 等的仔稚鱼发育阶段分期标准划分各发育阶段,并用数显游标卡尺或目镜测微尺测取仔稚鱼的体长(BL)。前弯曲期仔鱼和弯曲期仔鱼:从吻端到脊索末端的距离,即脊索体长(NL)。后弯曲期仔鱼以后:吻端到尾下骨后缘的距离,即标准体长(SL)。计数和统计工作在 Excel 中完成,计算各网次平均密度(尾/1000 m³)。科名、学名按照 Nelson 和伍汉霖等,同属种名按英文字母排序,并且通过长江口鱼类确定生态类型^[13-15]。

1.3 数据分析

通过下列公式计算仔稚鱼的密度:

$$G_a = 1000N_a/S \cdot L \cdot C$$

式中: G_a 为单位体积海水中仔稚鱼个体数,单位为粒或尾每1000立方米; N_a 为全网鱼卵或仔稚鱼个体数,单位为粒或尾; S 为网口面积(m²); L 为流量计转数; C 为流量计校正值($C=0.3$)。

多样性指数计算方法如下:

Shannon-Wiener 指数(H):

$$H = -\sum(P_i) \log_2 P_i, P_i = N_i/N$$

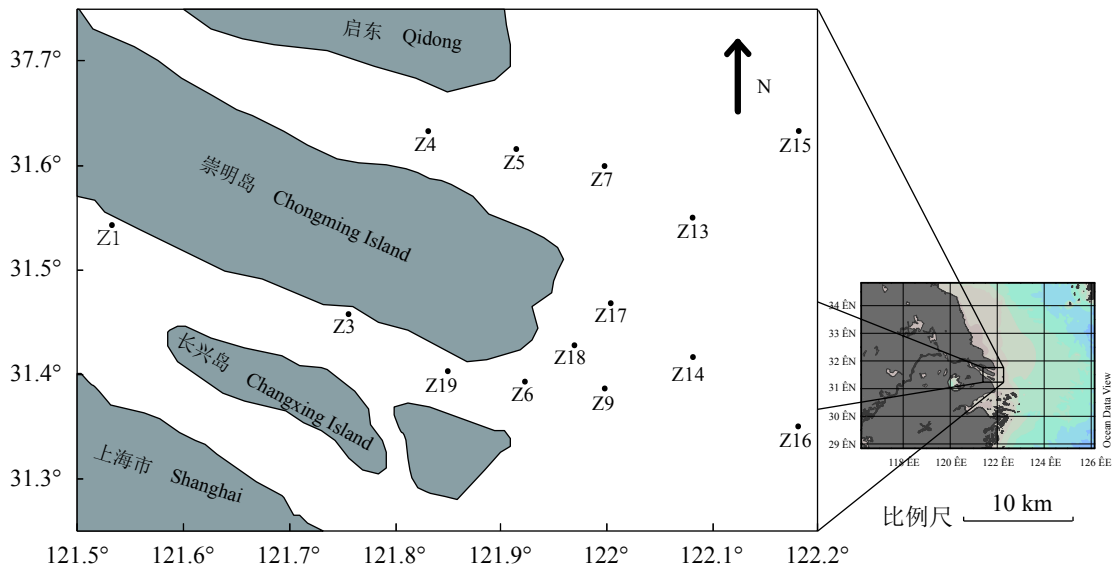


图1 长江口崇明东滩水域站点点图

Fig. 1 Sampling stations in the water area of eastern Chongming, Yangtze River Estuary

Margalef's 多样性指数 (D):

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

式中: N_i 为第 i 种个体数, S 为物种数, N 为功能团内全部物种的个体数^[16]。使用 Excel、和 IBM SPSS Statistics 20 软件包进行数据统计^[17-18]。通过 Ocean Data View 2020 分析环境因子数据^[19]。将密度数据进行平方根处理, 利用 PRIMER 5.0 软件建立种类、站位矩阵, 进行非度量多维标度排序和等级聚类, 其精确性主要通过协方差系数判定。

2 结果

2.1 物种组成和生态类型

2018 年 6 月和 9 月共拖网 26 网次, 采集到仔稚鱼 10925 尾 (见表 1), 隶属于 14 科 43 属 52 种。优势种 > 总样本的 5%, 其中为凤鲚 (*Coilia mystus*, 21.51%)、刀鲚 (*Colia nasutus*, 18.11%)、贝氏鲈 (*Hemiculter bleekeri*, 16.34%)、银飘鱼 (*Pseudolaubuca sinensis*, 10.82%)、斑尾刺虾虎鱼 (*Acanthogobius ommaturus*, 9.38%)。

将崇明东滩水域采集到的仔稚鱼划分为四种生态类型: 淡水型鱼类、半咸水型 (河口型) 鱼类、沿岸型鱼类和近海鱼类。其中淡水鱼类有 22 种, 约占总采集仔鱼样本的 42%, 主要包括贝氏鲈 (*Hemiculter bleekeri*)、银飘鱼 (*Pseudolaubuca sinensis*)、银鲷 (*Squalidus argentatus*)、翘嘴鲌 (*Culter alburnus*)、寡鳞飘鱼 (*Pseudolaubuca engraulis*) 和青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*); 半咸水型 (河口型) 有 19 种 (37%), 主要包括刀鲚和凤鲚, 斑尾刺虾虎鱼 (*Acanthogobius ommaturus*)、拉氏狼牙虾虎鱼 (*Odontamblyopus lacepedii*)、髯须虾虎鱼 (*Tridentiger barbatus*) 和普氏细棘虾虎鱼 (*Acentrogobius pflaumii*); 沿岸型鱼类有 7 种 (13%), 分别是龙头鱼 (*Harpadon nehereus*)、太的黄鲫 (*Setipinna taty*)、中华侧带小公鱼 (*Stolephorus chinensis*)、康氏侧带小公鱼 (*Stolephorus commersonii*)、棘头梅童鱼 (*Collichthys lucidus*)、白姑鱼 (*Pennahia argentata*) 和小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*); 近海型鱼类有 4 种 (8%), 包括长蛇鲻 (*Saurida elongata*) 和远东拟沙丁 (*Sardinops melanostictus*)、香鲻 (*Calionymus olidus*)、中国花鲈 (*Lateolabrax maculatus*)。

2.2 仔稚鱼的季节性差异

夏季仔稚鱼 37 种, 秋季 36 种, 夏季在站位点 Z7 捕获的仔稚鱼物种数最多, 达 15 种。由于

站位点 Z3、Z4、Z5、Z7、Z18、Z19 相对于其它站位点离岸较近, 所以捕获的仔稚鱼物种数较多, 且夏季的个体数明显高于秋季, 说明仔稚鱼的数量与温度有着正相关性 ($p < 0.05$)。夏季采集的仔稚鱼个体平均密度为 380 ind./1000 m³, 其中站位点 Z1 密度最高, 达 1228 ind./1000 m³, 最低为站位点 Z4 (17 ind./1000 m³); 秋季仔稚鱼的平均密度为 211 ind./1000 m³, 密度最高的站位点为 Z19 (589 ind./1000 m³), 密度最低站位点为 Z13 (36 ind./1000 m³)。

2.3 优势种组成

优势种 (占比 > 5%) 有五种, 凤鲚 (*Coilia mystus*) 密度最高, 占总渔获量的 21.51%, 刀鲚 (*Colia nasutus*, 18.11%)、贝氏鲈 (*Hemiculter bleekeri*, 16.33%)、银飘鱼 (*Pseudolaubuca sinensis*, 10.82%) 以及斑尾刺虾虎鱼 (*Acanthogobius ommaturus*, 9.38%)。以上五种数量约占总渔获量的 76%。

其中凤鲚、刀鲚、贝氏鲈和飘鱼均出现在夏秋季, 斑尾刺虾虎鱼仅出现在夏季。斑尾刺虾虎鱼的发育阶段为前弯曲期-后弯曲期, 凤鲚和银飘鱼的发育阶段均为前弯曲期-稚鱼期, 刀鲚的发育阶段为卵黄囊期-幼鱼期, 贝氏鲈的发育阶段为卵黄囊期至后弯曲期。

2.4 密度的时空分布

夏季仔稚鱼 37 种, 秋季 36 种, 两季度出现的共有种有 18 种。夏季的站位点 ST7 种类最多, 达 15 种。站位点 Z3、4、5、7、18、19 相对于其它站位点距离岸边稍近, 较离岸较远的 Z14、15、16 有更高的密度和物种数。

北支站位点 Z4、5、7、13、15 凤鲚密度明显大于刀鲚密度, 最高在夏季的 Z5, 为 380 ind./1000 m³, 刀鲚密度最大在 Z1, 为 740 ind./1000 m³ (图 3)。前弯曲期与弯曲期仔鱼数量随时间呈递减趋势, 后弯曲期仔稚鱼的数量呈递减趋势。

2.5 物种的多样性

由 Shannon-Wiener (H) 生物量多样性分析结果表明 (图 5), 长江口崇明东滩仔稚鱼 Z5、Z7、Z13 的 Margalef's 指数变化较大, 这三个站位点均位于长江口北支。Pielou 均匀度指数 (J') 变化较恒定。北支两个季度的盐度数据同样显示有较大的波动, 可能是秋季长江枯水期, 海水倒

表 1 长江口崇明东滩水域采集的仔稚鱼种类组成

Tab. 1 Species composition of larvae and juveniles collected from the water area of Chongming Dongtan, Yangtze River estuary

种名 Species	百分比 Percentage (%)	出现月份 Month	体长范围 Range of SL(mm)	发育阶段 Developmental stage	生态类型 Ecological pattern
鲱科 Engraulidae					
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	21.51	6, 9	4.95~81.05	B~E	半咸水
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	18.11	6, 9	4.09~90.22	A~E	半咸水
太的黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	0.02	9	34.69~38.02	E	沿岸
中华侧带小公鱼 <i>Stolephorus chinensis</i>	2.06	6, 9	5.33~31.25	B~E	沿岸
康氏侧带小公鱼 <i>Stolephorus commersonii</i>	1.14	9	8.14~38.83	C~E	沿岸
远东拟沙丁 <i>Sardinops melanostictus</i>	0.09	6	7.21~9.77	B~C	近海
鲤科 Cyprinidae					
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	0.06	9	5.78~6.88	E	淡水
鲫鱼 <i>Carassius auratus auratus</i>	0.04	9	7.89~9.94	C	淡水
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>	0.09	6, 9	7.5~9	C	淡水
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	0.31	6, 9	5.43~14.28	B~D	淡水
鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>	0.07	6	7.44~9.37	B	淡水
贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i>	16.33	6, 9	3.21~12.11	A~D	淡水
鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	0.11	9	4.96~6.3	B	淡水
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	0.17	6, 9	4.9~11.46	B~C	淡水
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	0.05	6, 9	5.34~5.67	B	淡水
寡鳞飘鱼 <i>Pseudolaubuca engraulis</i>	2.20	6, 9	4.77~37.85	B~E	淡水
银飘鱼 <i>Pseudolaubuca sinensis</i>	10.82	6, 9	5.53~18.89	B~E	淡水
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	0.02	6	7.66~8.44	C	淡水
银鲃 <i>Squalidus argentatus</i>	4.22	6, 9	5.28~9.24	B~C	淡水
鲢科 Bagridae					
鲢科 sp. <i>Bagridae sp.</i>	0.27	6	7.89~12.28	B~C	淡水
银鱼科 Osmeridae					
乔氏新银鱼 <i>Neosalanx jordani</i>	0.03	6	47.93	E	淡水
陈氏新银鱼 <i>Neosalanx tangkahkeii</i>	0.05	9	35.81~55.64	E	淡水
大银鱼 <i>Protosalanx chinensis</i>	0.02	9	46.83, 55.36	E	淡水
前颌间银鱼 <i>Hemisanx prognathus</i>	0.03	9	67.9~73.1	E	淡水
狗母鱼科 Synodontidae					
龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i>	0.09	9	47.8~105.01	E	沿岸
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	0.03	6	7.44~9.17	B	近海
鲻科 Mugilidae					
鲻 <i>Mugil cephalus</i>	0.03	6	15.72~19.22	D~E	半咸水
鲃 <i>Liza haematocheila</i>	0.14	6	14.52~24.17	D~E	半咸水
鲻科 Hemiramphidae					
间下鲻 <i>Hyporhamphus intermedius</i>	0.05	9	4.62~6.73	B	半咸水
鲷科 Serranidae					
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	1.27	6	7.73~42.15	D~E	近海
斑鳊 <i>Siniperca scherzeri</i>	0.09	6	3.21~4.05	B	淡水
石首鱼科 Sciaenidae					
白姑鱼 <i>Pennahia argentata</i>	0.07	6	3.61~4.6	B	沿岸
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	0.31	6, 9	3.2~6.35	B	沿岸
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	0.50	6	24.15~52.15	E	沿岸

· 续表 1 ·

种名 Species	百分比 Percentage (%)	出现月份 Month	体长范围 Range of SL(mm)	发育阶段 Developmental stage	生态类型 Ecological pattern
鲻科 Callionymidae					
香鲻 <i>Callionymus olidus</i>	0.15	6	7.22~8.66	D	近海
虾虎鱼科 Gobiidae					
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	9.38	6	3.21~17.43	B~D	半咸水
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	0.08	6, 9	11.21~19.03	C~D	半咸水
普氏缙虾虎鱼 <i>Amoya pflaumi</i>	2.44	6, 9	5.14~14.25	B~D	半咸水
普氏细棘虾虎鱼 <i>Acentrogobius pflaumii</i>	0.03	9	7.82~14.33	B~D	半咸水
大弹涂鱼 <i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	0.03	9	14.27~21.42	D	半咸水
中华栉孔虾虎鱼 <i>Ctenotrypauchen chinensis</i>	0.01	9	20.69	D	半咸水
中华多锥虾虎鱼 <i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	0.03	9	21.14~24.52	D	半咸水
拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>	2.68	6, 9	6.07~18.55	B~D	半咸水
爪哇虾虎鱼 <i>Pseudogobius javanicus</i>	0.05	6, 9	4.26~11.39	C~D	半咸水
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	0.45	6, 9	3.21~9.31	B~D	淡水
髯缙虾虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>	3.51	6, 9	3.66~16.38	B~D	半咸水
纹缙虾虎鱼 <i>Tridentiger trigonocephalus</i>	0.10	6	8.76~21.34	C~E	半咸水
鲀科 Tetraodontidae					
晕环东方鲀 <i>Takifugu coronoidus</i>	0.17	6	13.28~22.15	E	半咸水
暗纹东方鲀 <i>Takifugu fasciatus</i>	0.05	6	12.63~20.11	E	半咸水
黄鳍东方鲀 <i>Takifugu xanthopterus</i>	0.26	6	12.38~23.65	E	半咸水

注: 发育阶段: A: 卵黄囊期仔鱼; B: 前弯曲期仔鱼; C: 弯曲期仔鱼; D: 后弯曲期仔鱼; E: 稚鱼

Note: Developmental stage: A: Yolk-sac larvae; B: Pre-flexion larvae; C: Flexion larvae; D: Post-flexion larvae; E: Juveniles.

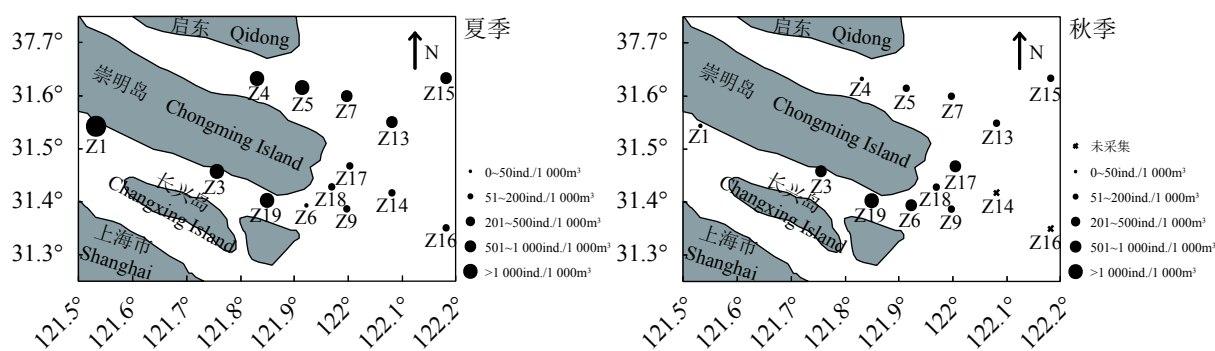


图 2 夏秋季长江口表层仔稚鱼的空间分布

Fig. 2 The distribution of fish larvae and juveniles in the water area of eastern Chongming, Yangtze River Estuary

灌导致近海鱼类的鱼卵仔稚鱼漂移, 并引起了鱼类多样性有较大的波动。

2.6 非度量多维标度排序和等级聚类

通过 NMDS 对夏季站点的仔稚鱼进行排序, 结果表明: 夏季的主要鱼类在相似度为 27.7% 时可分为两组, 协强系数为 0.12, 其中在相似度 39.2% 聚为一支, 在相似度 43.9% 聚为另一支; 秋季的主要鱼类在相似度为 28.6% 时可分为三组。其中在相似度为 39.7% 聚为一支, 在相似度为 44.5% 聚为一支, 协强系数为 0.04, Z6 站单独形

成一支。夏季和秋季的结果基本一致, 站点 Z1, Z3, Z9, Z14, Z15, Z17 形成的聚类组在地理位置上属于长江口南支。主要受到长江冲淡水的影响, 鱼类聚居形成的生态类型以淡水种为主, 半咸水型次之。

2.7 鱼类群落和环境因子之间的关系

为了进一步探讨环境因子与仔稚鱼的关系, 对其进行 CCA 排序分析。在 CCA 排序图中, 箭头表示环境因子, 箭头的长短表示物种分布和环境因子之间相关性的大小。秋季温度 (SST)、

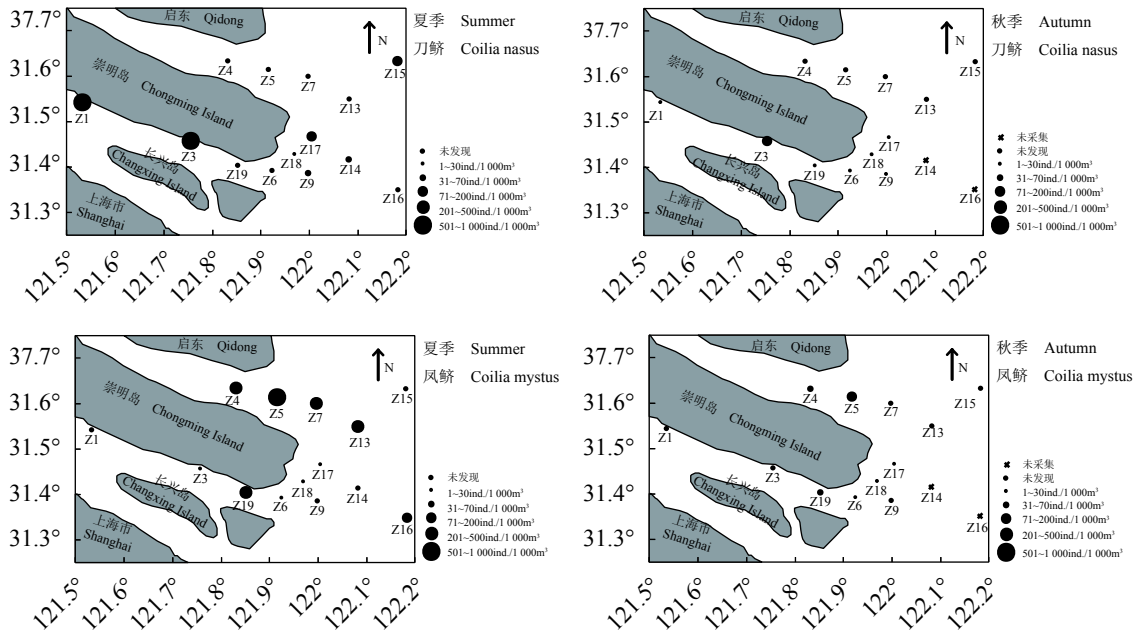


图 3 长江口表层刀鲚和风鲚仔稚鱼密度的空间分布

Fig. 3 Distribution of laval *Coilia nasus*, *C. mystus* abundance in the water area of eastern Chongming, Yangtze River Estuary

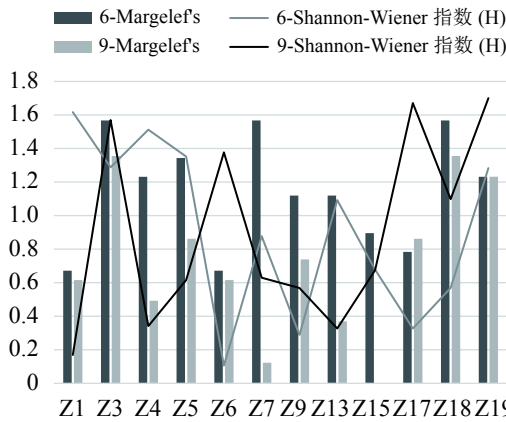


图 4 长江口崇明东滩仔稚鱼多样性指数的夏秋季变化

Fig. 4 Seasonal variation of Margalef's and Shannon-Wiener index of fish larvae in the eastern Chongming, Yangtze River

盐度 (SSS)、浊度 (TUR)、深度 (DEP) 和叶绿素 a(SSC) 均值均高于夏季, 左图 (图 5A) 表明影响夏季仔稚鱼密度主要是温度、盐度和深度, 其次是叶绿素 a 和浊度。不同仔稚鱼对环境的要求不一样, 某一环境对某些种类生长发育较为适宜, 而对其他某些种类则不一定利于其生长、发育。从 (图 5B) 可以看出, 秋季仔稚鱼密度受

到温度、盐度和浊度影响较大, 叶绿素 a 和深度的影响较小。白姑鱼、凤鲚、棘头梅童鱼和龙头鱼均分布在盐度较高的北支, 在 CCA 排序图中聚集成一个小的团簇, 子陵吻虾虎鱼 (*Rhinogobius giurinus*)、鳊 (*Parabramis pekinensis*) 和寡鳞飘鱼都分布在盐度较低和温度较高水域。

3 讨论

长江口与世界上多处河口类似, 表现为中上层水域有着丰富的仔稚鱼密度, 盐度范围在 (0.5-17) [20-22]。特别是亚热带地区的河口, 众多鱼类在后弯曲期和稚鱼期洄游至河口摄食、生长 [23-24]。河口潮间带被视为仔稚鱼的重要保育场, 长江口的仔稚鱼密度已经出现逐年下降的趋势 [25], 探明鱼类的群落结构及季节变动, 了解鱼类对潮间带水域的利用, 可以对多种经济、濒危物种进行生态监控。

蒋日进等人在 2006-2007 年对相同水域的碎波带进行的调查显示, 7 月种类最高为 36 种, 鲃 (*Liza haematocheila*) 大量出现在碎波带, 而本研究水域处于流心, 仅捕获少量鲃的仔稚鱼。温带和亚热带河口鱼类浮游动物的密度在春季、夏季或秋季达到峰值, 冬季最低 [26-28]。本研究在

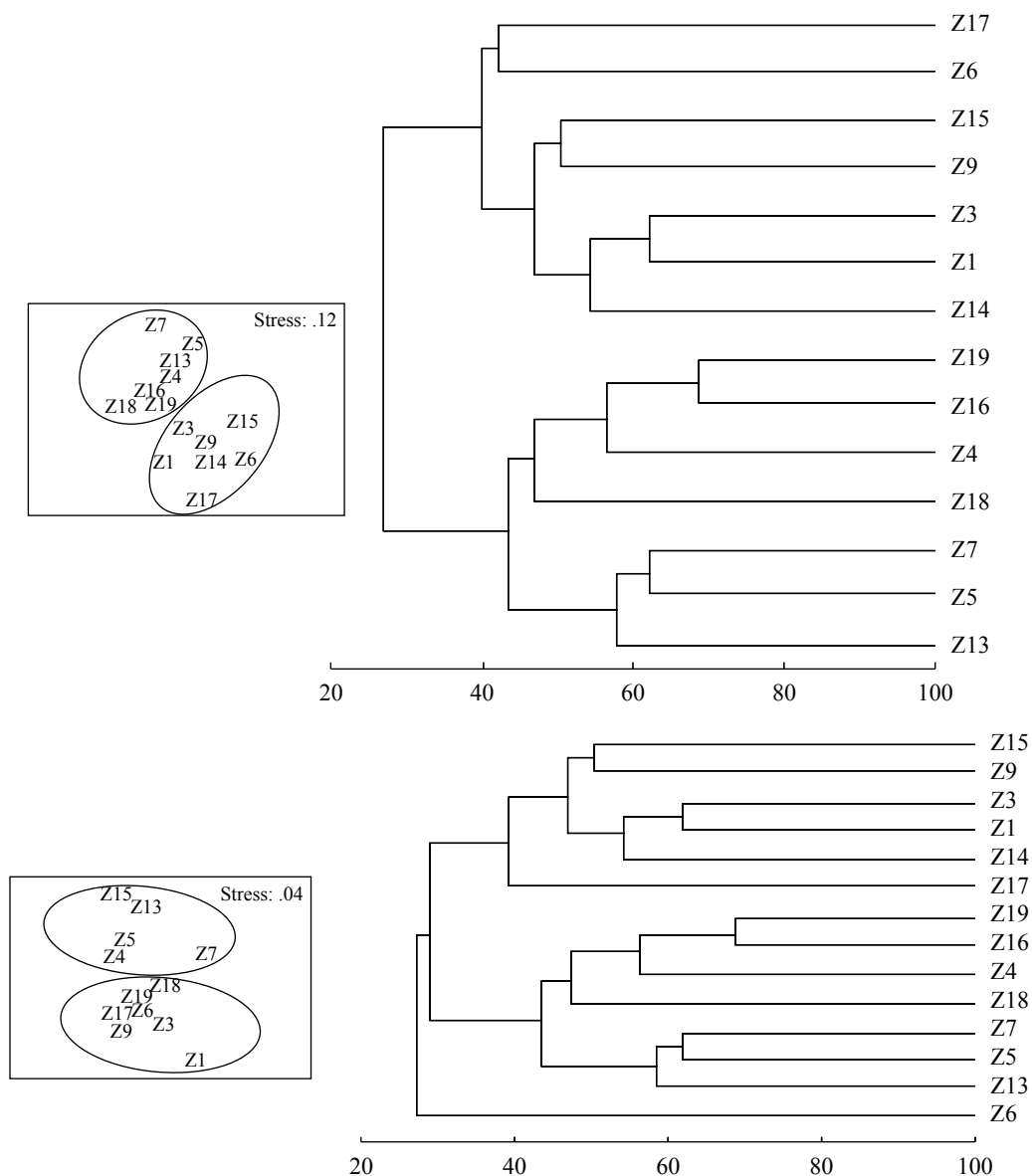


图 5 长江口崇明东滩仔稚鱼群落结构季节变化 NMDS 排序图

Fig. 5 Seasonal variation in ichthyoplankton NMDS ordination in the water area of eastern Chongming, Yangtze River Estuary

物种密度和物种种类上都是在夏季达到峰值, 与其他河口基本相似。刀鲚和凤鲚都是长江口重要的经济鱼类, 但资源量已显著下降^[29]。本研究北支站点点 Z4、5、7、13、15 凤鲚密度明显大于刀鲚密度, 最高在夏季的 Z5, 为 0.38 尾/1000 m³, 刀鲚密度最大在 Z1, 为 0.74 尾/ m³。葛珂珂等 2009 年发现刀鲚仔稚鱼主要分布在长江口南支及北支上游的淡水或微咸水区域, 在沿岸碎波带采集到的鲚属仔稚鱼全部是刀鲚^[30]。蒋玫 2014 年在长江口口门区域采集到的鲚属仔鱼全

部是凤鲚^[10]。相较于这两位学者的研究, 本研 究 站 位 点 处 于 二 者 水 域 之 间, 位 于 冲 淡 水 舌 尾 部 分, 北支五个站点点常年处于低盐度, 刀鲚和凤鲚都属于优势种, 二者各占总仔鱼样本的五分之一。综合本研究和其他刀鲚和凤鲚仔鱼调查结果, 说明长江口刀鲚和凤鲚在仔鱼阶段的空间分布存在明显的差异。本研究显示, 斑尾刺 虾虎鱼呈分散分布, 在南支、北支和东滩均发 现该仔稚鱼的踪迹。与世界多处河口相似, 虾 虎鱼具有特殊的生存习性, 使得其能适应河口

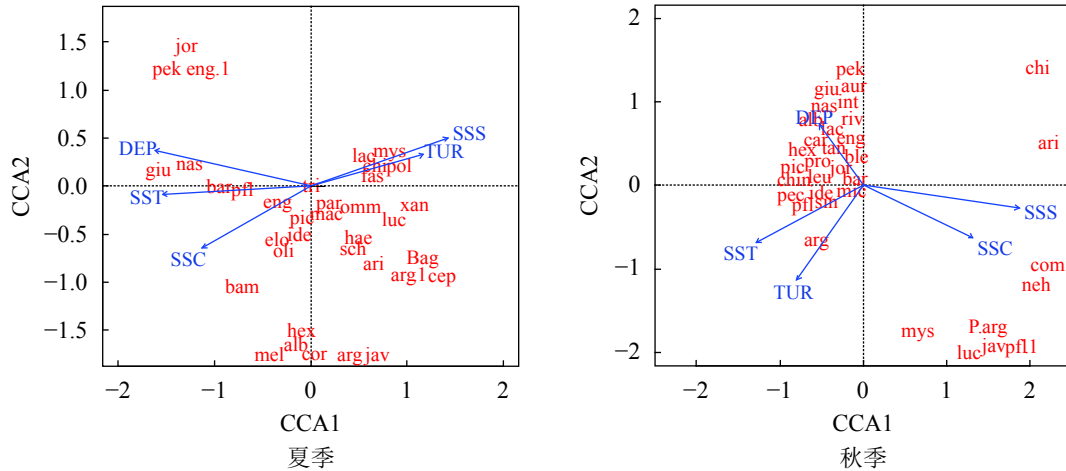


图6 长江口崇明东滩水域夏季、秋季鱼类与环境因子的 CCA 排序

注：图中红色英文字母为捕获鱼类的拉丁种名前三字母缩写

Fig. 6 Summer and autumn seasonal CCA biplot of species composition of survey stations and environmental factors in the water area of eastern Chongming, Yangtze River Estuary

Note: The red letters in the picture are the first three letters of the Latin species names of the captured fishes

的巨大径流量、泥沙沉降等。2016年朱美贵等人研究了长江口斑尾刺虾虎鱼的摄食习性以及浊度对其反应距离和对猎物的追捕时间，提出了斑尾刺虾虎鱼对野外分布区域的高浊度，在一定程度上不受影响^[31]。本研究表现为，Z4密度最高，达509.39 ind./1000 m³，在同为北支的Z13和Z15密度也较高，分别为61.93和170.22 ind./1000 m³。

目前，长江口沿岸设置了众多张网和鳗苗网，其对于仔稚鱼的破坏尚无有效的评估方法，另外仔稚鱼的摄食和育幼场的保护是渔业资源保护和恢复的关键之一。长江口崇明东滩是中华鲟幼鱼降海洄游的缓冲水域，该水域的仔稚鱼密度会显著影响中华鲟的物种保存和延续，因此亟需制定有效的、系统的长期跟踪。

参考文献 (References):

[1] 陈渊泉, 龚群, 黄卫平, 等. 长江河口区渔业资源特点、渔业现状及其合理利用的研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 48-51.
Chen Y Q, Gong Q, Huang W P, et al. A study on the characteristics and status of fishery resource in the Changjiang estuary[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1999, 6(5): 48-51(in Chinese).

[2] 张涛, 庄平, 刘健, 等. 长江口崇明东滩鱼类群落组成和生物多样性[J]. 生态学杂志, 2009, 28(10): 2056-

2062.
Zhang T, Zhuang P, Liu J, et al. Species composition and biodiversity of fish community in Chongming Dongtan of Yangtze River estuary[J]. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(10): 2056-2062(in Chinese).

[3] 张涛, 庄平, 章龙珍, 等. 长江口近岸鱼类种类组成及其多样性[J]. 应用与环境生物学报, 2010, 16(6): 817-821.
Zhang T, Zhuang P, Zhang L Z, et al. Composition and diversity of fish species in the coast of the Yangtze River estuary[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2010, 16(6): 817-821(in Chinese).

[4] 庄平, 王幼槐, 李圣法, 等. 长江口鱼类[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006.
Zhuang P, Wang Y H, Li S F, et al. Fishes of the Yangtze Estuary[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2006 (in Chinese).

[5] 庄平, 罗刚, 张涛, 等. 长江口水域中华鲟幼鱼与6种主要经济鱼类的食性及食物竞争[J]. 生态学报, 2010, 30(20): 5544-5554.
Zhuang P, Luo G, Zhang T, et al. Food comparison among juvenile *Acipenser sinensis* and other six economic fishes in the Yangtze estuary[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(20): 5544-5554(in Chinese).

[6] 罗刚, 庄平, 章龙珍, 等. 长江口中华鲟幼鱼的食物组

- 成及摄食习性[J]. 应用生态学报, 2008, 19(1): 144-150.
- Luo G, Zhuang P, Zhang L Z, *et al.* Diet composition and feeding habits of juvenile *Acipenser sinensis* in Yangtze River estuary[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(1): 144-150(in Chinese).
- [7] 杨刚, 洪巧巧, 张涛, 等. 长江口中华鲟自然保护区潮间带鱼类群落结构[J]. 生态学杂志, 2012, 31(5): 1194-1201.
- Yang G, Hong Q Q, Zhang T, *et al.* Fish community structure in intertidal area of *Acipenser sinensis* Natural Reserve in Yangtze River estuary[J]. Chinese Journal of Ecology, 2012, 31(5): 1194-1201(in Chinese).
- [8] 张涛, 庄平, 章龙珍, 等. 长江口中华鲟自然保护区底层鱼类的群落结构特征[J]. 生态学报, 2011, 31(6): 1687-1694.
- Zhang T, Zhuang P, Zhang L Z, *et al.* Community structure of demersal fish in Nature Reserve of *Acipenser sinensis* in Yangtze River estuary[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(6): 1687-1694(in Chinese).
- [9] 段辛斌. 长江上游鱼类资源现状及早期资源调查研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- Duan X B. Studies on fish resources and the fishes of early life history stage in the upper Yangtze River[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008 (in Chinese).
- [10] 蒋玫, 李磊, 沈新强, 等. 2010-2011年长江河口及邻近水域春夏季仔稚鱼群落结构及其多样性的研究[J]. 海洋学报, 2014, 36(6): 131-137.
- Jiang M, Li L, Sheng X Q, *et al.* Structure of community and biodiversity of larvae fish in spring and autumn 2010—2011 in Yangtze River Estuary and its adjacent waters[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2014, 36(6): 131-137(in Chinese).
- [11] 李建生, 胡芬, 林楠. 长江口及邻近海域春季仔、稚鱼的生态分布研究[J]. 南方水产科学, 2015, 11(1): 1-8.
- Li J S, Hu F, Lin N. Ecological distribution of fish larvae and juveniles in the Yangtze River estuary and its adjacent waters in spring[J]. South China Fisheries Science, 2015, 11(1): 1-8(in Chinese).
- [12] 史贇荣. 长江口鱼类群落多样性及基于多元排序方法群落动态的研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2012.
- Shi Y R. Studies on fish community diversity and community dynamics based on multivariate analysis in Yangtze River Estuary[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2012 (in Chinese).
- [13] Kendall A W Jr, Ahlstrom E H, Moser H G. Early life history stages of fishes and their characters[M]//Ontogeny and Systematics of Fishes. Laurence: Allen Press, 1984: 11-22.
- [14] Nelson J S. Fishes of the World[M]. 4th ed. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2006.
- [15] 伍汉霖, 邵广昭, 赖春福, 等. 拉汉世界鱼类系统名典 [M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2017.
- Wu H L, Shao G Z, Lai C F, *et al.* Latin-Chinese Dictionary of Fish Names by Classification System[M]. Qingdao: China Ocean University Press, 2017 (in Chinese).
- [16] 沈珍瑶. 环境影响评价实用教程 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2007.
- Shen Z Y. Practical Course on Environmental Impact Assessment[M]. Beijing: Beijing Normal University Publishing House, 2007 (in Chinese).
- [17] 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法 [M]. 重庆: 科学技术文献出版社, 1990.
- Zhao Z M, Guo Y Q. Principle and Methods of Community Ecology[M]. Chongqing: Scientific and Technical Documents Publishing House, 1990 (in Chinese).
- [18] 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[J]. 青岛海洋大学学报, 2003, 33(1): 58-64.
- Zhou H, Zhang Z N. Rationale of the multivariate statistical software PRIMER and its application in benthic community ecology[J]. Journal of Ocean University of Qingdao, 2003, 33(1): 58-64(in Chinese).
- [19] Schlitzer, Reiner, Ocean Data View, <https://odv.awi.de>, 2020. (请联系作者确认本条文献格式) 该引用为软件使用方要求引用格式。如格式不允许, 可删除。
- [20] Strydom N A. Occurrence of larval and early juvenile fishes in the surf zone adjacent to two intermittently open estuaries, South Africa[J]. Environmental Biology of Fishes, 2003, 66(4): 349-359.
- [21] Sutherland K, Strydom N A, Wooldridge T H. Composition, abundance, distribution and seasonality of larval fishes in the Sundays Estuary, South Africa[J]. African Zoology, 2012, 47(2): 229-244.
- [22] Montoya-Maya P H, Strydom N A. Description of larval

- fish composition, abundance and distribution in nine south and west coast estuaries of South Africa[J]. *African Zoology*, 2009, 44(1): 75-92.
- [23] 罗毅平. 鱼类洄游中的能量变化研究进展[J]. *水产科学*, 2012, 31(6): 375-381.
- Luo Y P. Research advances in energetic changes during fish migration: A review[J]. *Fisheries Science*, 2012, 31(6): 375-381(in Chinese).
- [24] Zhang H, Xian W W, Liu S D. Autumn ichthyoplankton assemblage in the Yangtze Estuary shaped by environmental factors[J]. *PeerJ*, 2016, 4(2): e1922.
- [25] Zhang H, Xian W W, Liu S D. Ichthyoplankton assemblage structure of springs in the Yangtze Estuary revealed by biological and environmental visions[J]. *PeerJ*, 2015, 3(8): e1186.
- [26] Whitfield A K. Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study[J]. *Reviews in Fish Biology & Fisheries*, 1999, 9(2): 151-186.
- [27] Harris S A, Cyrus D P, Beckley L E. The larval fish assemblage in nearshore coastal waters off the St Lucia Estuary, South Africa[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1999, 49(6): 789-811.
- [28] Young G C, Potter I C. Do the characteristics of the ichthyoplankton in an artificial and a natural entrance channel of a large estuary differ?[J]. *Estuarine, Coastal & Shelf Science*, 2003, 56(3-4): 765-779.
- [29] Zhang H, Xian W W, Liu S D. Seasonal variations of the ichthyoplankton assemblage in the Yangtze Estuary and its relationship with environmental factors[J]. *PeerJ*, 2019, 7(2): e6482.
- [30] 葛珂珂, 钟俊生, 吴美琴, 等. 长江口沿岸碎波带刀鲚仔稚鱼的数量分布[J]. *中国水产科学*, 2009, 16(6): 923-930.
- Ge K K, Zhong J S, Wu M Q, *et al.* Distribution and abundance of larval japanese grenadier anchovy *Coilia nasus* in the surf zone of the Yangtze River estuary[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2009, 16(6): 923-930(in Chinese).
- [31] 朱美贵. 长江口斑尾刺虾虎鱼摄食习性及浊度对其摄食影响的研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2016.
- Zhu M G. Feeding habits of *Acanthogobius ommaturus* in the Yangtze Estuary and the effects of turbidity on foraging[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2012 (in Chinese).

Analytical research of spatial distribution of fish larvae and juveniles in Summer and Autumn in the eastern Chongming, Yangtze River Estuary

LIU Huan¹, CHEN Jinhui², WU Jianhui², ZHONG Junsheng^{1*}, HAN Mengting¹, ZHAO Chen³

(1. College of Fisheries and Life Science, Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Wildlife Conservation Center, Shanghai 200092, China;

3. HeiLongJiang River Fisheries Research Institute, Harbin 150070, China)

Abstract: The CEB (Chongming Eastern Beach) is located on the plume of the dilute water at the mouth of the Yangtze River. Under the action of strong currents and tides, it forms a wealth of food and provides a unique place for growth and development of fish larvae. To investigate the distribution and diversity of fish larvae, using big larval net (mesh size of 0.5 mm) to conduct 10 min horizontal trawl, while collecting real-time data of environmental parameters of the water column included temperature (SST), salinity (SSS), depth (DEP), turbidity (TUR), and chlorophyll a (Chl). A total of 10 925 fish larvae and juveniles, results showing, belonging to 52 species, 14 families, were collected. Among them, the most abundant were freshwater fish of 22 species (42%), followed by estuarine fish of 19 species, consisting 37% of total, coastal fish of 7 species (13%) and 4 species of offshore fish (8%). Whereas the most common species were Cyprinidae family, consisting of 14 species (27%); the species of the Gobiidae family were 12 species (23%); the families of the family Engraulidae and Osmeridae were both 5 species (10%). The dominant species were (*Coilia mystus*, 21.51%), (*Coilia nasus*, 18.11%), (*Hemiculter bleekeri*, 16.34%), (*Pseudolaubuca sinensis*, 10.82%) and (*Acanthogobius ommaturus*, 9.38%), respectively. In all, the fish larvae of pre-flexion were comprised 76.49% of the total catch, 11.94% of the flexion stage, 8.01% of the post-flexion stage, 3.43% of the juvenile stage. However, the density of fish larvae in the stage of pre-flexion and flexion had a declining tendency, while the density of fish larvae in the stage of post-flexion experiencing a jumping, as the season changed. The species, bio-diversity and the density of fish larvae were higher in the summer season than in the autumn season. The Non-metric Multi-dimensional Scaling and the Cluster Analysis demonstrated that the fishes can be classified as two groups, rich in the freshwater type followed by the estuary type. Based on the results of this research and other surveys of *Coilia* family larvae, it shows that there is a significant difference in the spatial distribution of *Coilia nasus* and *Coilia mystus* at the larval stage of the Yangtze River. This research showed that the Gobiidae was distributed in a scattered manner, and traces of the larvae and juveniles were found in the southern branch, northern branch of the Yangtze River Estuary and Dongtan water area. Like many estuaries in the world, the Gobiidae have special living habits, which enable them to adapt to the huge runoff and sedimentation of the estuary. At present, many nets and fyke nets for eel fishing have been set up along the Yangtze River Estuary. There is no effective method to assess the damage to larvae and juveniles. In addition, the feeding of larvae and juveniles and the protection of nurseries are the key to the protection and restoration of fishery resources. The CEB of the Yangtze River estuary is a buffer water area for Chinese sturgeon juveniles to descend and migrate to the sea. The density of larvae and juveniles in this water area will significantly affect the species preservation and continuation of Chinese sturgeon. Therefore, it is urgent to develop effective and systematic long-term tracking.

Key words: fish larvae and juveniles; diversity; species composition; the Estuary of Yangtze River; Chongming Dongtan

Corresponding author: ZHONG Junsheng. E-mail: jszhong@shou.edu.cn

Funding projects: Project of Shanghai Aquatic Wildlife Conservation and Research Center(D-8006-20-0095)