

文章编号: 1674-5566(2018)02-0250-09

DOI:10.12024/j.sou.20170301994

长江口南支仔稚鱼数量随潮汐变化的研究

侯世挺¹, 钟俊生¹, 王晓东¹, 钱伟兵², 罗一鸣¹

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 崇明县农业委员会执法大队, 上海 202150)

摘要: 2015 年 3 月至 2016 年 3 月, 在长江口南支江面上设置 8 个站位点, 每月大潮期间用大型仔稚鱼网 (1.3 m 口径, 0.5 mm 网目) 进行水平拖网, 年间共拖网 171 网次, 共采集仔稚鱼 74 689 尾, 隶属于 12 科 39 种, 5 月到 9 月的丰富度较高, 涨潮时的丰富度大于退潮, 物种数以 6、7 月最多, 密度以 7 月最高。贝氏鲈 (*Hemiculter bleekeri*, 53.4%) 为最优势种, 其次为子陵吻虾虎鱼 (*Rhinogobius giurinus*, 12.65%), 翘嘴鲌 (*Culter alburnus*, 8.38%), 鳊鱼 (*Parabramis pekinensis*, 7.18%), 青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*, 6.55%) 和有明银鱼 (*Salanx ariakensis*, 4.63%)。涨潮时全年共渔获仔稚鱼 39 种, 退潮时共渔获 23 种, 并且各月份涨潮时的种类数均大于退潮时的种类数, St. 6 至 St. 8 各站点涨潮时的密度均大于退潮时的密度。在 St. 7 站位点进行中层拖网, 在种类组成上与表层差异不明显, 但多样性均不如表层。

关键词: 长江口; 仔稚鱼; 种类组成; 潮汐变化

中图分类号: S 932.4 **文献标志码:** A

长江口河口区海陆作用明显, 受到长江冲淡水以及潮汐入侵的影响, 咸淡水混合, 浮游生物群落结构复杂, 河口区成为许多鱼类、甲壳类生物发育过程中的重要水域, 也是洄游性鱼类重要的洄游通道^[1], 同时也成为刀鲚 (*Coilia nasus*)、有明银鱼 (*Salanx ariakensis*) 等经济种类重要的产卵场、保育场和避难所^[2-3]。

潮汐节律是影响鱼类生殖周期以及漂流模式的一种重要的环境因素, 一些生活在河口的生物群落都表现出随潮水变化的规律性, 其中, 仔稚鱼的涨退潮变化具有种间差异性, 一些仔稚鱼利用潮汐完成接岸洄游, 从近岸海域逐步漂流至内湾区域, 从而寻求更稳定的庇护。以往在长江口南支仔稚鱼的调查研究, 主要围绕碎波带区域^[4-5]仅有的一个横向断面^[6]开展仔稚鱼种类组成及其多样性研究。潮汐对于仔稚鱼分布的影响还不得而知, 因此, 本研究在南支江面设置调查点, 在探明各潮汐仔稚鱼群落结构组成的基础上, 比较分析仔稚鱼群落随潮汐的变化, 探讨仔稚鱼与潮汐的关系, 旨在为渔业资源的周年监测

和可持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查方法

2015 年 3 月至 2016 年 2 月, 在长江口南支水域设置 8 个采样点 (图 1), 按照《Standard techniques for pelagic fish egg and larva surveys》^[7], 在每月大潮期间采用大型仔稚鱼网 (口径 1.3 m, 网目 0.5 mm) 进行水平拖网调查 (渔船“沪崇渔 10688”, 66.2 马力, 拖速为 2 海里/小时), 每个站点拖网约 10 min, 并用网口流量计 (KC Denmark A/S Model 23.090) 记录每次拖网的流量值。采样分两天进行, St. 6 至 St. 8 分别进行日出后涨潮采样和日落前退潮采样, 此外, 在 St. 7 追加中层拖网采样, St. 8 在夜间最低潮前后, 进行涨潮和退潮拖网采样 (图 1 及表 1)。

所有采集的样本在现场用 5% 的海水甲醛溶液固定, 并测定采样水域表层海水的温度和盐度, 实验室内挑拣出的仔稚鱼标本用 80% 的乙醇溶液进行保存。

收稿日期: 2017-03-28 修回日期: 2017-05-03

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2012BAC07B03); 上海市海洋局项目 (沪海科 2015-02)

作者简介: 侯世挺 (1990—), 男, 硕士研究生, 研究方向为鱼类生态学。E-mail: hseu@qq.com

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

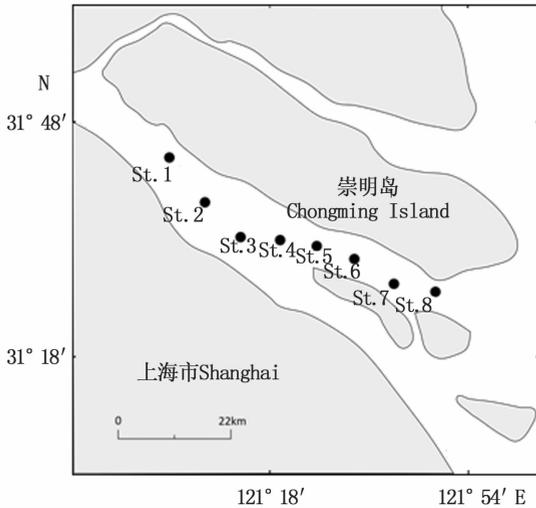


图 1 长江口南支调查站点
Fig. 1 Sampling Stations in the south branch of Yangtze River Estuary

将采集到的仔稚鱼标本在 Nikon SMZ 800 解剖镜下鉴定到科、属、种,按 KENDALL 等^[8]的仔稚鱼发育阶段分期标准划分各发育阶段和计数,并计算密度(尾数/m³)。用目测微尺或游标卡尺测量体长(SL,单位:mm),确定各种仔稚鱼的体长范围。科名按 NELSON 等^[9],学名按照伍汉霖等^[10],同属的种名按英文字母进行排序,并确定生态类型。

1.2 数据分析

仔稚鱼的密度计算公式:

$$G = N / (A \cdot L \cdot C) \quad (1)$$

式中:G 表示单位体积江水中仔稚鱼个体数(尾/m³);N 为每网所采集到的仔稚鱼个体数(尾);A 为网口面积(m²);L 为流量计转数;C 为流量计校正正值(C=0.3)^[11]。

表 1 各站点点涨、退潮对照表

Tab. 1 Comparison of flood and ebb tides in each station

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8
Day2			↑ r	↑ r	↑ r	↑ r	↑ r	↑ r
Day1	↑ r	↑ r				↓ s	↓ s	↓ s

注:↑ r 表示日出后涨潮,↓ s 表示日落前退潮,↓ n 和 ↑ n 表示夜间定点拖网

Note: ↑ r indicates the flood after sunrise, ↓ s indicates the ebb before sunset ↓ n and ↑ n indicates trawling in the night

Margalef 丰富度指数(D):

$$D = (S - 1) / \ln n \quad (2)$$

Shannon-Wiener 多样性指数(H'):

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \quad (3)$$

均匀度指数(E):

$$E = H' / \ln S \quad (4)$$

式中:S 为一个样本中的物种数最大值,n 为一个样本中的总尾数;P_i 为 i 种所占总尾数的比例^[12]。

涨、退潮之间的种类更替率可以用 β 多样性中的 Whittaker 多样性指数(β_w)来测定:

$$\beta_w = s / ma - 1 \quad (5)$$

式中:s 为相邻两站点的物种总数;ma 为两站点的平均物种数。

St. 7 的表层与中层的仔稚鱼样品将利用 RFD 模型(rank-frequency diagrams)^[13]进行分析。

多样性指数均利用 PRIMER 6.0 软件进行计算,其余统计分析均在 Excel 2016 中完成,并配合 Adobe illustrator CS6 进行作图。

2 结果

2.1 温度与盐度

水温的季节变化较为明显,夏、秋季水温较高,春、冬季水温较低。年平均水温为(19.50 ± 7.02) °C,8 月份水温最高(30.00 °C);2 月份水温最低(7.90 °C),见图 2。盐度受长江口冲淡水以及潮汐等多种因素的影响,在月份间和站点间变化均无明显规律。各采样点盐度均较低,年平均盐度仅为 0.38,各站点及月平均盐度均不超过 2,St. 1 和 St. 2 受长江口北支盐水入侵的影响,盐度略高于平均值(图 3,图 4)。

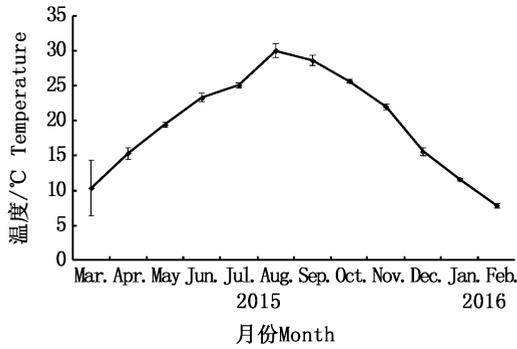


图2 长江口南支水域平均温度月变化
Fig. 2 Monthly variations of average water temperature in the Yangtze River Estuary

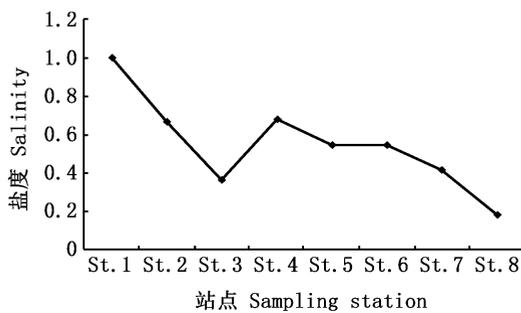


图3 长江口南支水域各站点平均盐度
Fig. 3 Variations of salinity in each station of the Yangtze River Estuary

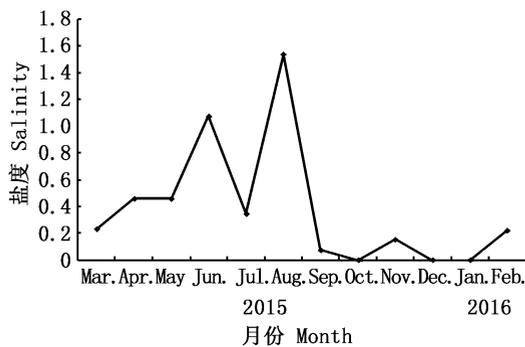


图4 长江口南支水域平均盐度月变化
Fig. 4 Monthly variations of salinity in the Yangtze River Estuary

2.2 涨、退潮的种类组成

本研究在长江口南支水域共拖网 171 网次,共采集到仔稚鱼 74 689 尾,隶属于 12 科 39 种(表 2),其中鲤科种类最多,为 14 种(丰度占总渔获量的 79.12%),虾虎鱼科 8 种(14.9%),鳀科(0.75%)和银鱼科(4.86%)各 3 种,其他 8 科各 1 种,另有 3 种为不明种。在所有确定至种的 29

种仔稚鱼中,淡水鱼类有 17 种,占总渔获量的 92.23%,河口定居性鱼类 6 种(6.90%),溯河洄游性鱼类、海洋性鱼类和海洋-河口依赖性鱼类各 2 种(共占 0.76%)。最优势种为贝氏鲈(*Hemiculter bleekeri*, 53.40%),子陵吻虾虎鱼(*Rhinogobius giurinus*, 12.65%),翘嘴鲌(*Culter alburnus*, 8.38%),鳊鱼(*Parabramis pекinensis*, 7.18%),青鱼(*Mylopharynx goodon piceus*, 6.55%),有明银鱼(*Salanx ariakensis*, 4.63%)。全年调查中,涨潮时渔获仔稚鱼 37 种,前三位优势种为贝氏鲈、子陵吻虾虎鱼、翘嘴鲌,有 16 种仔稚鱼仅在涨潮时出现。退潮时渔获 24 种,前三位优势种为贝氏鲈、青鱼、翘嘴鲌,有 2 种仔稚鱼仅在退潮时出现。涨潮与退潮之前的共有种较多,种类更替率较低($\beta_w = 0.2787$)。

2.3 涨、退潮的物种数和密度变化

2015 年 4—6 月,长江口南支仔稚鱼物种数呈递增趋势,6—12 月呈递减趋势,6—7 月物种数最多,均为 19 种,2015 年 3 月及 2016 年 1—2 月无渔获。物种数与温度呈显著相关($P < 0.01$),与盐度无显著相关($P > 0.05$)。仔稚鱼密度在 4—7 月呈递增趋势,在 7—12 月呈递减趋势。仔稚鱼密度在 7 月达到最高,为 5.44 ind./m³,仅 7 月和 8 月的仔稚鱼密度处于较高的水平,其他月份密度均处于较低水平,年平均密度为 0.62 ind./m³(图 5)。仔稚鱼密度与温度和盐度均无显著相关($P > 0.05$)。

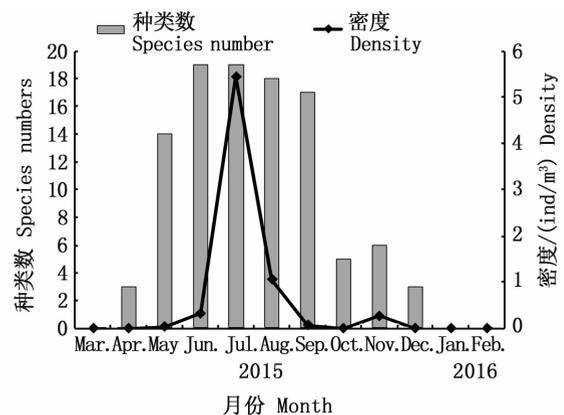


图5 长江口南支水域仔稚鱼的种类数和密度的月变化
Fig. 5 Monthly variations of species number and density in the Yangtze River Estuary

表 2 长江口南支仔稚鱼涨、退潮的种类组成
Tab.2 Species composition of fish larvae and juveniles during flood and ebb tide in the Yangtze River Estuary

种名 Species	涨潮 Flood			退潮 Ebb			总丰度/% Abundance	生态 类型 Habitat	出现 月份 Month
	N	SL/mm	S	N	SL/mm	S			
鳀科 Engraulidae									
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	533	6.29 ~ 21.96	B-E	20	8.1 ~ 16.94	B-E	0.74	A	6—11
康氏侧带小公鱼 <i>Stolephorus commersonii</i>	7	7.45 ~ 9.35	B				0.01	M	5
鳀科 sp.1 Engraulidae sp.1	1	8.65	B				+		4
银鱼科 Osmeridae									
大银鱼 <i>Protosalanx chinensis</i>	53	11.27 ~ 119.47	B-E	1	56.83	E	0.07	F	7—12
有明银鱼 <i>Salanx ariakensis</i>	3 080	11.01 ~ 29.45	B-D	381	11.02 ~ 29.51	B-D	4.63	E	11—12
太湖新银鱼 <i>Neosalanx tangkahkeii</i>	110	16.89 ~ 27.94	B-D	5	18.11 ~ 24.82	B-D	0.15	F	4—6
鳗鲡科 Anguillidae									
日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	1	71.46	E				+	A	4
鲤科 Cyprinidae									
贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i>	18 476	5.73 ~ 11.70	A-E	21 405	5.22 ~ 13.25	B-C	53.40	F	5—9
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	4 037	5.23 ~ 18.53	A-E	1 329	5.28 ~ 8.96	B-E	7.18	F	5—9
长蛇鮈 <i>Saurogobio dumerili</i>	1 054	3.91 ~ 6.39	B-C	482	3.96 ~ 6.27	B	2.06	F	5—8
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	312	5.3 ~ 7.37	B	241	5.55 ~ 7.39	B	0.74	F	5—8
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	2 701	5.23 ~ 9.05	A-C	2 191	5.48 ~ 6.94	A-C	6.55	F	5—9
鲫 <i>Carassius auratus</i>	102	6.44 ~ 9.47	B-C	112	6.77 ~ 8.87	B	0.29	F	5—8
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	4 151	5.32 ~ 9.54	B-E	2 105	5.90 ~ 9.44	B-D	8.38	F	6—9
铜鱼 <i>Coreius heterodon</i>	211	5.96 ~ 8.34	B-C	103	6.01 ~ 7.86	B-C	0.42	F	6—8
鲤鱼 <i>Cyprinus carpio</i>	38	7.01 ~ 9.13	B-C	16	7.55 ~ 8.44	B	0.07	F	6—8
鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>	2	8.55 ~ 9.74	B				+	F	6, 8
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>			B	4	6.45 ~ 7.52	B	0.01	F	7
寡鳞鲈 <i>Pseudolaubuca engraulis</i>	18	25.03 ~ 41.75	D-E				0.02	F	9—10
鲤科 sp.1 Cyprinidae sp.1	1	7.62	B				+		7
鲤科 sp.2 Cyprinidae sp.2	3	7.24 ~ 8.02	C				+		8
鲈科 Serranidae									
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	7	37.96 ~ 47.44	D-E				0.01	ME	5—6
鲩科 Bagridae									
黄颡鱼 <i>Tachysurus fulvidraco</i>	30	6.53 ~ 10.29	B-C	4	6.53 ~ 7.85	B	0.05	F	7—8
真鲈科 Percichthyidae									
鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	118	4.34 ~ 16.80	B-E	29	4.38 ~ 5.92	B	0.20	F	5—8
虾虎鱼科 Gobiidae									
斑尾复虾虎鱼 <i>Synechogobius ommaturus</i>	1 506	6.09 ~ 7.56	B-E	94	6.25 ~ 7.48	B-D	2.14	E	5—9
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	8 165	2.45 ~ 8.95	B-E	1 281	2.92 ~ 7.33	B-D	12.65	F	5—12
中华多椎虾虎鱼 <i>Polyspondylogobius sinensis</i>	14	23.44 ~ 65.67	D-E	1	48.96	E	0.02	E	6, 9—11
拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>	2	23.02 ~ 28.64	E				+	E	9
睛尾蝌蚪虾虎鱼 <i>Lophiogobius ocellicauda</i>	2	18.88 ~ 27.61	E				+	ME	9
鲮虾虎鱼属 <i>Mugilogobius</i> sp.	62	6.34 ~ 11.16	C-D	3	9.46 ~ 10.33	D	0.09		6—11
虾虎鱼科 sp.1 Gobiidae sp.1	1	56.78	E				+		9
虾虎鱼科 sp.2 Gobiidae sp.2	1	7.84	D				+		9
大弹涂鱼科 Periophthalmidae									
大弹涂鱼 <i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	7	16.85 ~ 19.32	D-E	1	17.35	E	0.01	E	9—10
鲚科 Callionymidae									
香鲚 <i>Callionymus olidus</i>	69	7.52 ~ 20.78	B-D	1	11.56	D	0.09	E	5, 6, 9
舌鳎科 Cynoglossidae									
短吻舌鳎 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>	1	10.57	D				+	M	5
鳅科 Cobitidae									
鳅科 sp.1 Cobitidae sp.1	1	7.89	B				+		7
不明种 sp.1	1	8.55	B				+		5
不明种 sp.2	1	6.78	B				+		6
不明种 sp.3				1	11.23	B	+		8

注: N. 尾数(amount of fishes); SL. 体长范围(range of standard length); S. 发育阶段(developmental stage); +. 物种丰度(abundance) < 0.01。A. 卵黄囊期仔鱼(Yolk-sac larvae); B. 前弯曲期仔鱼(Preflexion); C. 弯曲期仔鱼(Flexion); D. 后弯曲期仔鱼(Postflexion); E. 稚鱼(Juvenile); F. 成鱼(Adult)。M. 海洋性(Marine fish); E. 河口定居性(Estuarine fish); A. 溯河洄游性(Anadromous migration); ME. 河口-海洋依赖性(Marine-estuary dependent); F. 淡水性(Freshwater fish)

全年调查中,5月到9月的丰富度较高(图6),除8月份外,其他各月份涨潮时的丰富度指数均高于退潮,并且涨潮丰富度指数的变化曲线与全年丰富度指数的变化曲线几乎保持一致。各月份涨潮时的种类数都大于退潮时的种类数(图7),仅8月份无差异,均为14种。对St.1—St.8站点全年的涨、退潮仔稚鱼密度分别进行统计(表3),可见,在长江口南支水域,St.6

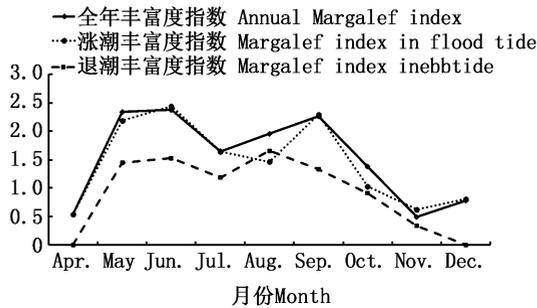


图6 各月份涨、退潮的丰富度指数变化
Fig. 6 Monthly changes of Margalef index between flood and ebb tide

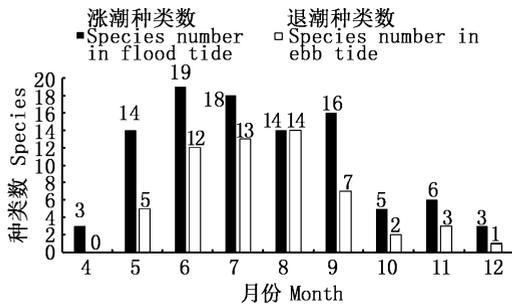


图7 各月份涨、退潮种类数对比
Fig. 7 Monthly comparison of species number between flood and ebb tides

和 St. 8 站点涨潮时的仔稚鱼密度均大于退潮时的仔稚鱼密度,St. 7在排除7月份后也符合此规律。St. 8的夜间涨、退潮仔稚鱼密度相差不大。涨潮时,St. 8 和 St. 1 的仔稚鱼密度分居前二。

2.4 涨、退潮的表、中层 RFD 模型

对 St. 7 的中层与表层样品进行统计分析(选取丰富度较高的5月到9月,表4)。涨潮时,表层拖网共渔获仔稚鱼种类数19种,多样性较高(Shannon-Wiener 指数 $H' = 1.771$, 均匀度指数 $E = 0.210$),中层拖网共渔获16种,多样性较高($H' = 1.504, E = 0.261$);退潮时,表层拖网共渔获14种,多样性较低($H' = 0.863, E = 0.086$),中层拖网共渔获9种,多样性低($H' = 0.596, E = 0.071$)。在所有23种仔稚鱼中,有8种是共同出现的。此外,在全年调查中,仅有 St. 7 的涨潮中层样品出现了短吻舌鳎、睛尾蝌蚪虾虎鱼、拉氏狼牙虾虎鱼。

利用表4数据累加建立 RFD 模型(选取相对丰度前10且大于0.01%的物种进行统计,图8),可见,涨潮时,表层相对丰度前四的物种依次为子陵吻虾虎鱼(30.48%)、贝氏蟹(22.12%)、翘嘴鲌(19.74%)、青鱼(16.74%),而中层则依次为贝氏蟹(57.23%)、子陵吻虾虎鱼(16.67%)、青鱼(7.55%)、鳊鱼(5.66%);退潮时,表层相对丰度前四的物种依次为贝氏蟹(79.24%)、青鱼(8.42%)、翘嘴鲌(3.38%)、子陵吻虾虎鱼(3.23%),而中层则依次为贝氏蟹(86.29%)、翘嘴鲌(6.08%)、青鱼(4.29%)、鳊鱼(1.50%)。

表3 涨、退潮仔稚鱼的密度变化
Tab.3 Variations of density of larval fishes during flood and ebb tides

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8
密度/(ind/m ³) Density			0.313	0.551	0.145	0.348	0.567	1.891
Day2			↑ r	↑ r	↑ r	↑ r	↑ r	↑ r
Day1	↑ r	↑ r				↓ s	↓ s	↓ s
密度/(ind/m ³) Density	1.63	0.569				0.092	1.929	0.296
							0.422	0.334

表 4 St. 7 表、中层的仔稚鱼涨退潮相对丰度

Tab. 4 The frequency of larval fishes in the surface and middle layers during flood and ebb tides at St. 7

种类 Species	缩写 Abbreviation	相对丰度/% Frequency			
		7 ↑ Sur.	7 ↑ Mid.	7 ↓ Sur.	7 ↓ Mid.
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	Ar			0.02	
香鲮 <i>Callionymus lidus</i>	Co	0.23			
鲫 <i>Carassius auratus</i>	Ca	0.34	0.63	0.52	
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	Cn	0.38	2.83		
铜鱼 <i>Coreius heterodon</i>	Ch	0.17	0.31	0.30	0.65
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	Ci	3.17	0.63	0.92	0.48
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	Cal	19.74	4.09	3.38	6.08
短吻舌鳎 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>	Cab		0.31		
鳃 <i>Elopichthys bambusa</i>	Eb	0.02			
贝氏鲈 <i>Hemiculter bleekeri</i>	Hb	22.12	57.23	79.24	86.29
睛尾蝌蚪虾虎鱼 <i>Lophiogobius ocellicauda</i>	Lo		0.63		
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	Mp	16.74	7.55	8.42	4.29
太湖新银鱼 <i>Neosalanx tangkahkeii</i>	Nt	0.04			
拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>	Ol		0.63		
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	Pp	2.87	5.66	2.97	1.50
中华多椎虾虎鱼 <i>Polyspondylogobius sinensis</i>	Ps	0.09	0.31		
大银鱼 <i>Protosalanx chinensis</i>	Pc	0.15			
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	Rg	30.48	16.67	3.23	0.34
长蛇鲰 <i>Saurogobio dumerili</i>	Sd	1.62	0.63	0.88	0.27
鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	Sc	0.51	0.31		
江口小公鱼 <i>Stolephorus commersonii</i>	Sco	0.15			
斑尾刺虾虎鱼 <i>Synechogobius ommaturus</i>	So	1.08	1.57		0.10
黄颡鱼 <i>Tachysurus fulvidraco</i>	Tf	0.09			

注: 7 ↑ Sur. 表示 St. 7 涨潮时表层拖网; 7 ↑ Mid. 表示 St. 7 涨潮时中层拖网; 7 ↓ Sur. 表示 St. 7 退潮时表层拖网; 7 ↓ Mid. 表示 St. 7 退潮时中层拖网

Note: 7 ↑ Sur. means the surface trawl during flood; 7 ↑ Mid. means the middle trawl during flood; 7 ↓ Sur. means the surface trawl during ebb; 7 ↓ Mid. means the middle trawl during ebb

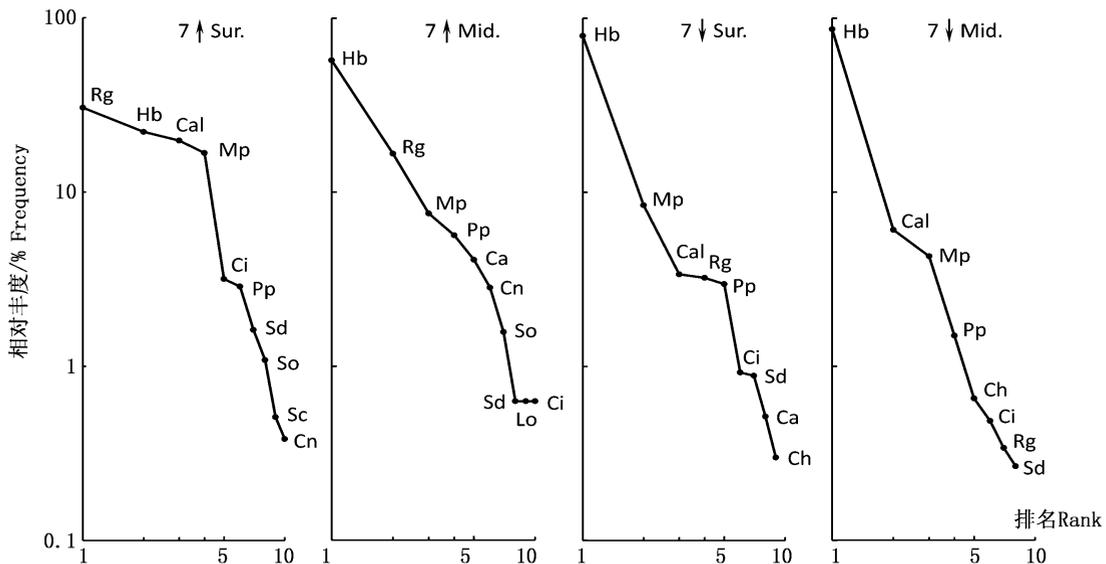


图 8 St. 7 表、中层的仔稚鱼涨退潮 RFD 模型对比 (缩写见表 4)

Fig. 8 Cumulative rank-frequency diagrams obtained from the larval fishes of surface and middle layers during flood and ebb tide at St. 7 (Species abbreviations as in Tab. 4)

3 讨论

3.1 仔稚鱼数量随月份的变化

在 MARTIN 等^[14]对密歇根湖的仔稚鱼研究中,非生物因子相较于生物因子对鱼类群落结构影响更大,其中温度与仔稚鱼数量具有较强关联。而本研究中仔稚鱼数量呈现了明显的季节性变化,与温度变化呈现正相关,在温暖的 5 月到 9 月仔稚鱼数量多,丰富度大,而寒冷的 12 月到翌年 2 月,则几乎无渔获物。这种季节性变化也跟河口鱼类的生活史(集中在春夏季产卵)具有一定关联^[15]。长江口径流量大,本调查中全年的盐度较低,接近淡水的水文环境,造就了以鲤科为主的格局。

REN 等^[16]2012 年对长江口下游安庆、靖江、南京 3 个调查中,4 月到 8 月的丰富度相对较高,并且贝氏鲈的丰度(66.4%)占据第一。本研究中也以贝氏鲈丰度(53.4%)居首,但是丰富度较高的月份为 5 月到 9 月,相较之下具有一定延迟,这符合了 REN 等的结论,偏上游的安庆全年仔稚鱼数量最高且爆发增长期较早,是受到鄱阳湖的连接作用影响,而偏下游的南京仔稚鱼爆发期延后,是受到了潮汐入侵作用的影响^[17]。

3.2 仔稚鱼数量随潮汐的变化

河口区的仔稚鱼群落结构往往随着涨潮呈现不同的变化,正如南非的 Swartkops 河口在日出涨潮时渔获量最大,但不远处的 Sundays 河口则在日落退潮时渔获量最大。本研究中,涨潮时的种类数更多,且 St. 6 至 St. 8 站点各月份的涨潮时的密度几乎都远远大于退潮时的密度。这与仔稚鱼利用涨潮进入河口区发育的习性具有一定关联^[17-19],但考虑到本研究中主要为鲤科和虾虎鱼科等淡水鱼类,因此有两种可能性,一是仔稚鱼在涨潮时移动到表层,二是仔稚鱼利用涨潮移动到碎波带等近岸区域。加拿大圣罗伦斯湾的美洲胡瓜鱼(*Osmerus mordax*)会在涨潮时接近上层,退潮时接近下层,川鲮(*Platichthys flesus*)仔鱼涨潮时丰度最大值出现在河口水域的表层,退潮时,丰度最小值出现在中层^[20],可见,仔稚鱼具有随潮汐变化而垂直移动的倾向。为探明长江口仔稚鱼群落结构的涨退潮变化,本研究在 St. 7 站点试探性地增加了中层拖网。通过 RFD 模型的表格分析,翘嘴鲌仔鱼在涨潮时表层的丰度较

大,而在退潮时则是中层的丰度较大,证实了翘嘴鲌具有随涨潮垂直移动到表层的倾向。子陵吻虾虎鱼仔鱼在涨潮时表、中层的丰度分居前二,但是退潮时其表、中层丰度分别急剧降至第四位和第七位,猜测子陵吻虾虎鱼在涨潮期间由江中心移动到近岸区域,致使退潮时数量骤减。

在仔稚鱼的垂直分布上,部分鱼类具有明显倾向性,例如密歇根湖^[14]的拟沙西鲱(*Alosa pseudoharengus*)和河黄鲈(*Perca flavescens*)主要处于上层,深水杜父鱼(*Myoxocephalus thompsonii*)则主要处于下层,本研究中层拖网出现的短吻舌鳎就是典型的底层鱼类,而同期采集到的睛尾蝌蚪虾虎鱼、拉氏狼牙虾虎鱼并未在表层拖网中出现,印证了河口区的虾虎鱼科鱼类多数栖息于中下层水域^[21]。SAFRAN 等^[13]利用 RFD 模型比较分析了不同水域间的鱼类群落结构的异同,而本研究则利用 RFD 模型去比较同一水域的涨潮和退潮,中层与表层之间仔稚鱼群落结构的异同,结果表明,无论涨潮与退潮之间,还是表层与中层之间,仔稚鱼群落结构在种类组成上差异不明显,但是,表层的物种丰富度和均匀度均大于中层。但是,仔稚鱼群落结构在垂直分布上尚无明显的规律可循,在挪威南部海沟^[22]的调查中,证实了仔稚鱼水平结构和垂直结构的分布,在不同种之间呈现了较大差异,尚无明确规律。而在西班牙伊比利亚半岛西北部海域^[23]的调查中,则揭示了仔稚鱼垂直分布跟摄食环境没有太大关联,排除了受其他浮游生物影响的可能性。在非洲加那利群岛^[24]的研究中,剧烈的上升流改变了垂直结构上的分布,使得表层附近的仔稚鱼数量达到了最高,并且,上升流两翼隔离开了近海种和大洋种。因此,无论是涨退潮的数量变化,还是垂直结构上的数量变化,都受水文条件的较大影响,存在着各种不稳定的因素,与仔稚鱼自身偏好也有一定联系,在未知背后,需要进行大量的调查研究,获取大量原始数据,才能阐明仔稚鱼的数量变动机制。长江口半个世纪以来受冲淤作用明显^[25],加上三峡大坝的落成以及深水航道治理工程的实施,水文环境变得格外复杂多变,仔稚鱼资源量的周年监测以及对于数量变动和移动机制的研究变得格外重要,这不仅将有利于保护生态和生物的多样性,也将有利于保持渔业资源可持续发展。

参考文献:

- [1] KNOX G A. Estuarine ecosystems: a systems approach[M]. Boca Raton, Fla: CRC Press, 1986.
- [2] LASIAK T A. Nursery grounds of juvenile teleosts: evidence from the surf zone of King's Beach, Port Elizabeth[J]. South African Journal of Science, 1981, 77(9): 388-390.
- [3] MODDE T C, ROSS S T. Trophic relationships of fishes occurring within a surf zone habitat in the northern Gulf of Mexico[J]. Northwest Gulf Science, 1983, 6(2): 109-120.
- [4] 陈渊戈, 张宇, 钟俊生, 等. 长江口南支和杭州湾北岸碎波带水域仔稚鱼群聚的比较[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(5): 688-696.
- CHEN Y G, ZHANG Y, ZHONG J S, et al. Comparison in fish larvae and juvenile assemblages between the surf zones of south branch of Yangtze River estuary and north coast of Hangzhou Bay[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2011, 20(5): 688-696.
- [5] 蒋日进, 钟俊生, 周永东. 仔稚鱼在长江口沿岸碎波带的时空分布[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(6): 828-835.
- JIANG R J, ZHONG J S, ZHOU Y D. The spatio-temporal distribution of fish larvae and juveniles in the surf zone of the Yangtze River Estuary [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2010, 19(6): 828-835.
- [6] 高雷. 长江口南支鱼类早期资源多样性与时空格局研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2014.
- GAO L. Diversity and temporal and spatial patterns of larval fish assemblages in the south branch of Yangtze Estuary[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2014.
- [7] SMITH P E, RICHARDSON S L. Standard techniques for pelagic fish egg and larva surveys[M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1977.
- [8] KENDALL JR A W. Early life history stages of fishes and their characters [M]//MOSEER H G, RICHARDS W J, COHEN D M, et al. Ontogeny and Systematics of Fishes. The American Society of Ichthyologists Herpetologists. Lawrence: Allen Press Inc, 1984: 11-22.
- [9] NELSON J S, GRANDE T C, WILSON M V. Fishes of the world[M]. 5th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016.
- [10] 伍汉霖, 邵广昭, 赖春福, 等. 拉汉世界鱼类系统名典[M]. 基隆: 水产出版社, 1999.
- WU H L, SHAO G Z, LAI C F, et al. Latin-Chinese dictionary of fish names by classification system [M]. Keelung: The Sueichan Press. 1999.
- [11] 梁玉波, 宁修仁, 王长云, 等. 海洋生物生态调查技术规程[M]. 北京: 海洋出版社, 2006.
- LIANG Y B, NING X R, WANG C Y, et al. Technical specification for marine ecological survey [M]. Beijing: China Ocean Press, 2006.
- [12] 钱迎倩, 马克平. 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 141-165.
- QIAN Y Q, MA K P. Principles and methods of research on Biological Diversity [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1994: 141-165.
- [13] SAFRAN P, OMORI M. Some ecological observations on fishes associated with drifting seaweed off Tohoku coast, Japan[J]. Marine Biology, 1990, 105(3): 395-402.
- [14] MARTIN B T, CZESNY S J, WAHL D H. Vertical distribution of larval fish in pelagic waters of southwest Lake Michigan: implications for growth, survival, and dispersal [J]. Journal of Great Lakes Research, 2011, 37(2): 279-288.
- [15] WOODLAND R J, SECOR D H, FABRIZIO M C, et al. Comparing the nursery role of inner continental shelf and estuarine habitats for temperate marine fishes[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2012, 99: 61-73.
- [16] REN P, HE H, SONG Y Q, et al. The spatial pattern of larval fish assemblages in the lower reach of the Yangtze River: potential influences of river - lake connectivity and tidal intrusion [J]. Hydrobiologia, 2016, 766(1): 365-379.
- [17] KINGSFORD M J, CHOAT J H. Influence of surface slicks on the distribution and onshore movements of small fish[J]. Marine Biology, 1986, 91(2): 161-171.
- [18] SHANKS A L. Surface slicks associated with tidally forced internal waves may transport pelagic larvae of benthic invertebrates and fishes shoreward [J]. Marine Ecology Progress Series, 1983, 13(2): 311-315.
- [19] LAPRISE R, DODSON J J. Ontogeny and importance of tidal vertical migrations in the retention of larval smelt *Osmerus mordax* in a well-mixed estuary[J]. Marine Ecology Progress Series, 1989, 55(2): 101-111.
- [20] JAGER Z. Selective tidal stream transport of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard (Ems Estuary) [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1999, 49(3): 347-362.
- [21] MUHLING B A, BECKLEY L E, OLIVAR M P. Ichthyoplankton assemblage structure in two meso-scale Leeuwin Current eddies, eastern Indian Ocean[J]. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 2007, 54(8/10): 1113-1128.
- [22] MUNK P. Fish larvae at fronts: horizontal and vertical distributions of gadoid fish larvae across a frontal zone at the Norwegian Trench[J]. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 2014, 107: 3-14.
- [23] RODRIGUEZ J M, CABRERO A, GAGO J, et al. Vertical distribution and migration of fish larvae in the NW Iberian upwelling system during the winter mixing period: implications for cross - shelf distribution [J]. Fisheries Oceanography, 2015, 24(3): 274-290.
- [24] MOYANO M, RODRIGUEZ J M, BENITEZ-BARRIOS V M,

- et al. Larval fish distribution and retention in the Canary Current system during the weak upwelling season [J]. Fisheries Oceanography, 2014, 23(3): 191-209.
- [25] 杨世伦, 杜景龙, 郜昂, 等. 近半个世纪长江口九段沙湿地的冲淤演变[J]. 地理科学, 2006, 26(3): 335-339.

YANG S L, DU J L, GAO A, et al. Evolution of Jiuduansha wetland in the Changjiang River estuary during the last 50 Years[J]. Scientia Geographica Sinica, 2006, 26(3): 335-339.

The study on the amount changes of fish larvae during flood and ebb in the south branch of Yangtze River Estuary

HOU Shiting¹, ZHONG Junsheng¹, WANG Xiaodong¹, QIAN Weibing², LUO Yiming¹

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Law Enforcement Team, Agriculture Commission of Chongming County, Shanghai 202150, China)

Abstract: To clarify the amount changes of fish larvae during flood and ebb in the south branch of Yangtze River Estuary, 8 stations were set in the south branch of Yangtze River Estuary, and the trawling was performed in the surface monthly by a larval net (1.3 m mouth-diameter, mesh 0.5 mm) during March 2015 to March 2016. A total of 74 689 individuals were collected in the 171 trawls, belonging to 39 species, 12 families. The richness during May to September is higher, while the richness is higher in the flood tide than the ebb tide. The species number during June to July is the highest, the density of fish larvae is the highest in July. *Hemiculter bleekeri* (53.4%) is the dominant species, followed by *Rhinogobius giurinus* (12.65%), *Culter alburnus* (8.38%), *Parabramis pekinensis* (7.18%), *Mylopharyngodon piceus* (6.55%), *Salanx ariakensis* (4.63%). In the throughout flood and ebb tide survey, 39 species were collected at flood tide, while 23 species in the ebb. The species number is higher at flood tide in each month, and the density of fish larvae is also higher at flood tide at each station of St. 6 to St. 8. The trawl was performed in the middle layer at St. 7, as the result, the species composition of fish larvae has no significant difference with the surface layer at St. 7, while the diversity is lower than the surface layer.

Key words: Yangtze River Estuary; fish larvae; species composition; tidal variation