

文章编号: 1674 - 5566(2010)06 - 0828 - 08

仔稚鱼在长江口沿岸碎波带的时空分布

蒋日进¹, 钟俊生², 周永东¹

1. 浙江省海洋水产研究所, 浙江 舟山 316100;
2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

摘要: 2006年5月至2007年6月期间,对长江口沿岸13个站位点碎波带出现的仔稚鱼进行调查分析,以探明仔稚鱼在长江口沿岸的时空分布以及利用碎波带栖息生长的变化规律。研究表明,仔稚鱼在春末、夏季和秋初的物种数和分布密度较高,尤其以7月和8月最高,秋末和冬季碎波带鱼类的物种数和分布密度均较低,在3月最少,月变化规律显著。长江口沿岸生活着四种生态类型的仔稚鱼,其中包括分布在长江口的南支和北支上游的淡水性鱼类,分布在沿海水域的海洋性和河口性鱼类以及季节性出现于河口的洄游性鱼类。通过对碎波带仔稚鱼群落优势种的体长月变化进行分析发现,洄游性鱼类刀鲚和河口性鱼类鲃鱼都是季节性出现在碎波带并利用其作为保育场和索饵场,淡水性鱼类太湖新银鱼常年生活在河口碎波带索饵育肥,而海洋性鱼类大海鲢等是大潮时被潮水输送至河口碎波带短暂生活,表明仔稚鱼利用碎波带的方式因物种而异。

关键词: 长江口; 碎波带; 仔稚鱼; 时空分布

中图分类号: S 932.4 **文献标识码:** A

The spatio-temporal distribution of fish larvae and juveniles in the surf zone of the Yangtze River estuary

JIANG Ri-jin¹, ZHONG Jun-sheng², ZHOU Yong-dong¹

(1. Marine and Fishery Research Institute of Zhejiang Ocean University,

Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China;

2. College of fisheries and life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: To explore the spatio-temporal distribution of fish larvae and juveniles in the surf zone of the Yangtze River estuary, samples were collected monthly on the spring tide at 13 stations during May 2006 to June 2007. The species number and individual amount were the highest in summer especially in July and August and the lowest in late fall and winter especially in March. The investigation results indicated there were significant differences among the months. The freshwater fish were mainly distributed in the south branch of the estuary and the upper reaches of the north branch, the marine fish and estuary fish were mainly in the coastal areas, and the diadromous fish appeared in the estuary seasonally. The research on the length change of these four dominant fishes revealed that the selection of the surf zone by fish larvae and juveniles differed according to various species. The diadromous fish *Coilia nasus* and the estuary fish *Liza haematocheila* appeared

收稿日期: 2010-03-25

基金项目: 上海市重点学科水生生物学建设项目(S30701); 国家科技支撑计划项目(2007BAD43B01); 浙江省科技计划项目(2008F1008, 2009F30001); 海洋渔业科学与技术浙江省重中之重学科开放课题(20100201)

作者简介: 蒋日进(1977-),男,工程师,主要从事海洋渔业资源与生态学方面的研究。E-mail: rijinj@foxmail.com

通讯作者: 钟俊生, E-mail: jszhong@shou.edu.cn

seasonally in the surf zone. In addition, they made use of the surf zone as their nursery and feeding ground. *Neosalanx taihuensis*, the fresh water fish, lived in the surf zone all the year round while the marine fish including the *Megalops cyprinoides* were carried by the spring tide to the surf zone and lived there ephemerally.

Key words: Yangtze River estuary; surf zone; fish larvae and juveniles; the spation-temporal distribution

长江口及其邻近水域的的渔业资源生产力非常高,栖息着数目繁多的重要经济鱼类。许多学者曾对其进行了研究报道,大部分的研究结果认为长江口的鱼类近期出现物种多样性下降、生境丧失、群落结构改变等现象^[1-5]。碎波带位于潮间带水域,其范围虽然随着涨落潮有所变动,但环境相对稳定,独特的生态价值和资源潜力使得其成为可持续研究的热点区域,国内外的研究已经证明许多仔稚鱼利用碎波带作为其保育场^[6-10]。长江口沿岸碎波带大部分区域地势低平,有的岸段滩窄坡陡,其底质是由泥沙堆积而成,结构松散,易受侵蚀。钟俊生、蒋日进等^[11-16]曾对长江口沿岸碎波带的仔稚鱼群落进行了连续多年的调查研究,初步分析了其种类组成、季节变化等群落结构特征,研究结果表明长江口沿岸碎波带的仔稚鱼群落物种多样性较高,且鱼类的生态类型多样化,兼具河流和海洋两种鱼类区系特性。以往的研究未曾对仔稚鱼在碎波带的时空分布和生长变化进行报道,因此,在仔稚鱼群落的种类组成和多样性分析的研究基础上,本研究根据 2006 年 5 月至 2007 年 6 月对长江口沿岸碎波带 13 个站点点的仔稚鱼的调查结果,进一步探讨仔稚鱼的分布以及利用碎波带的差异程度,为长江口渔业补充资源的管理和修复提供科学依据。

1 材料与方方法

1.1 调查时间、地点及方法

在长江口沿岸碎波带设置 13 个站点点 (Sts. 1~13), 如图 1 所示。2006 年 5 月至 2007 年 6 月, 每月一次, 在大潮期间采样。野外采样以及室内样品的处理方法同钟俊生等^[11-13], 仔稚鱼发育分期的划分参照 Kendall 等^[17]。

1.2 数据处理

在前期的研究中, 蒋日进等^[16]将长江口沿岸碎波带的仔稚鱼群落划分为河口咸淡水群落 (Sts. 1~3, St. 6, Sts. 12~13) 和低盐淡水群落

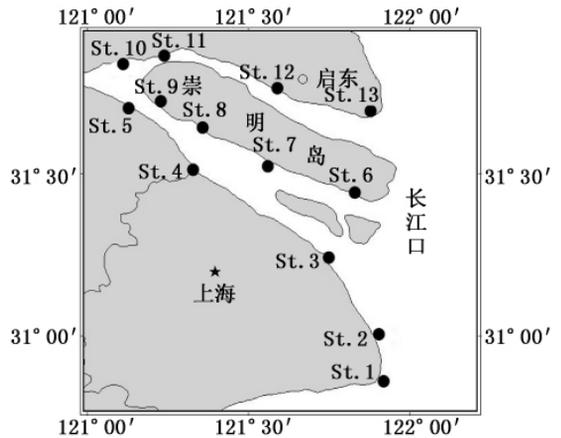


图 1 长江口沿岸碎波带仔稚鱼调查站位

Fig. 1 Sampling stations for collecting fish larvae and juveniles in the surf zone of the Yangtze River estuary

(Sts. 4~5, Sts. 7~11), 而且发现刀鲚、大海鲢分别是出现在长江口碎波带的洄游性鱼类和海洋性鱼类的最优势种, 太湖新银鱼是淡水性鱼类中的优势种并且终年出现在河口, 鲮鱼是河口性鱼类中的优势种, 并且出现时间最长^[15], 因此采用这 4 种有代表性的鱼类研究仔稚鱼在碎波带的生长变化, 将每个月仔稚鱼的体长进行统计, 计算其在各组体长范围的出现频率, 并绘制体长的累积直方图, 通过体长频率分布来分析鱼类的生长变化。

用 Statistic 软件对仔稚鱼种类数和分布密度数据进行月份和群落为因素的双因素方差分析 (two-way ANOVA), 显著水平设置为 0.05。分析前将数据进行对数转换并检验数据的正态性和方差同质性, 经检验数据符合参数统计条件。

碎波带仔稚鱼群落的优势度特征用优势度曲线 (k-dominance curves), 优势度曲线可表示为 $K_i = (\log_i, 100 \times \sum_{j=1}^i p_j)$, $i = 1, 2, \dots, K, \dots, S$ 。其中 S 是群落中的物种数目, p_j 为群落中各种类以生物量递减顺序排列的第 j 种的生物量百分比^[18]。设两个群落 A 和 B 的以降序排列的物种相对多度向量分别为 $(p_1, p_2, \dots, p_j, \dots, p_s)$ 和

$(q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_s)$, 如果 $\sum_{j=1}^i p_{(j)} \geq \sum_{j=1}^i q_{(j)}$, 则称群落 A 比群落 B 的优势度更高, 从而群落 A 的多样性比群落 B 的多样性低。k-优势度曲线可以用于多样性排序, 较低的曲线对应于群落较高的多样性^[19]。

2 结果与分析

2.1 仔稚鱼种类数和平均密度的月变化

图 2 分别是碎波带各种生态类型的仔稚鱼种类数平均密度的月变化图, 其中柱状图代表的是种类数, 折线图代表的是平均密度。

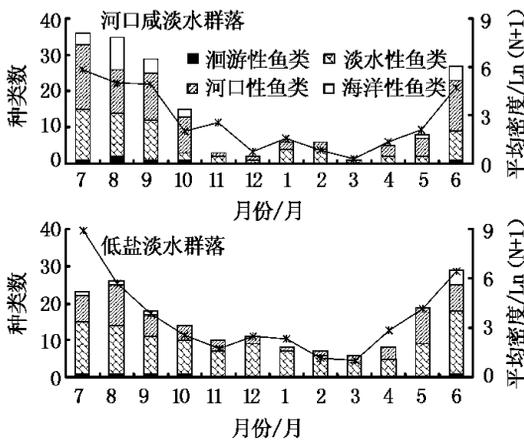


图 2 长江口沿岸碎波带仔稚鱼种类数和平均密度的月变化

Fig. 2 Monthly changes of the species number and average density of fish larvae and juveniles in the surf zone of the Yangtze River estuary

2006 年 7、8、9 月和 2007 年 6 月, 在碎波带 13 个站点点出现的仔稚鱼种数较高, 河口咸淡水群落在 2006 年 7、8、9 月以及 2007 年 6 月都超过 27 种, 其中 7 月最高为 36 种。进入 10 月后种类数减少至 15 种, 周年其余的月份物种数量都少于 10 种, 其中 2007 年 3 月仅采集到 1 种。低盐淡水群落在 2006 年 7 月和 8 月以及 2007 年 6 月的种类数都超过 20 种, 2006 年 9 月至 12 月和 2007 年 5 月都超过 10 种。在 2006 年 11 月至 2007 年 5 月, 低盐淡水群落的种类数比河口咸淡水群落数量高, 在其余月份则相反。以月份和群落为因素对取样获得的种类数进行双因素方差分析显示: 种类数月份间差异极显著 ($F_{11,11} = 7.1081, P < 0.01$), 种类数群落间的差异不显著

($F_{1,11} = 0.0498, P = 0.83 > 0.05$)。

2006 年 7、8、9 月和 2007 年 6 月的仔稚鱼的分布密度较高, 各月份都超过 900 ind/net, 2006 年 7 月最高为 39,706 ind/net; 2007 年 4、5 月的密度也相对较高; 2006 年 10 月至 2007 年 3 月的密度较低, 都少于 100 ind/net, 其中 2007 年 3 月最少, 仅有 14 ind/net。从全年来看, 长江口南、北支的上游 (Sts. 4 ~ 5, Sts. 10 ~ 11) 低盐淡水仔稚鱼群落的密度较高, 而南汇浅滩 (Sts. 1 ~ 3) 河口咸淡水群落的密度较小, 其余站点点相对较多。周年海门港 (St. 10) 采集到的仔稚鱼最多为 38,824 ind/net, 主要以刀鲚 (*Coilia nasus*) 为主。以月份和群落为因素对仔稚鱼的分布密度进行双因素方差分析显示: 分布密度月份间差异极显著 ($F_{11,11} = 13.6487, P < 0.01$), 分布密度群落间的差异极显著 ($F_{1,11} = 11.8754, P < 0.01$)。

2.2 仔稚鱼群落的 k-优势度

图 3-A 和 3-B 分别是河口咸淡水、低盐淡水群落各站点的分布密度 k-优势度曲线。对各个站点的分布密度 k-优势度曲线进行比较分析, 结果表明: 处于河口咸淡水水域的 Sts. 1 ~ 3, St. 6, St. 12 的分布密度累计系数很低, 都小于 32%, 优势度曲线很低, 说明这几个站点仔稚鱼群落的多样性很高; 而全年平均盐度高达 26.75 的 St. 13 的分布密度累计系数较高为 62.4%, 说明其多样性较低; 处于低盐淡水水域的 St. 5, Sts. 7 ~ 11 的分布密度累计系数较高, 优势度曲线很高, 说明它们的多样性较低, Sts. 10 ~ 11 的分布密度累计系数甚至高达 92% 以上, 这主要是由于优势种刀鲚数量所致; St. 4 的分布密度累计系数很低, 为 27.3%, 说明其多样性较高。

2.3 仔稚鱼体长分布的时空格局

2.3.1 刀鲚体长的月变化

本研究从 2006 年 5 月 - 10 月共采集到刀鲚 40 367 尾, 其它月份没有采集到其仔稚鱼, 最大出现量在 2006 年 7 月, 为 36 661 尾。不同的月份各发育阶段的仔鱼所占的比例不同。从刀鲚在长江口沿岸的体长月变化 (图 4) 可以看出, 2006 年 5 月刀鲚仔稚鱼的体长范围为 5 ~ 17 mm, 平均体长为 7.78 mm, 以体长为 6 ~ 7 mm 的前弯曲期仔鱼占优势, 为 60.6% (图 4-A); 6 月体长范围为 5 ~ 28 mm, 平均体长为 13.28 mm, 以 6 ~ 10 mm 的前弯曲期仔鱼占优势, 占 29.2% (图

4-B); 7 月为 4 ~ 23 mm, 平均体长为 10.76 mm, 以 6 ~ 12 mm 的前弯曲期仔鱼占优势, 占 72.3% (图 4-C); 8 月为 7 ~ 37 mm, 平均体长为 18.07 mm, 以 14 ~ 23 mm 的弯曲期仔鱼占优势, 占 86.11% (图 4-D); 9 月其体长范围在 11 ~ 51 mm, 平均体长为 17.87 mm, 以 15 ~ 21 mm 的后弯曲期

仔鱼占优势, 占 69.54% (图 4-E); 10 月只采集到了 2 尾刀鲚(未作图), 分别为 14 mm 后弯曲期仔鱼和 23 mm 稚鱼。由此可知, 从 5 月 ~ 10 月, 刀鲚稚鱼的数量很少, 优势体长有逐月增大的趋势, 8 - 9 月的平均体长比 5 - 7 月的明显大很多。

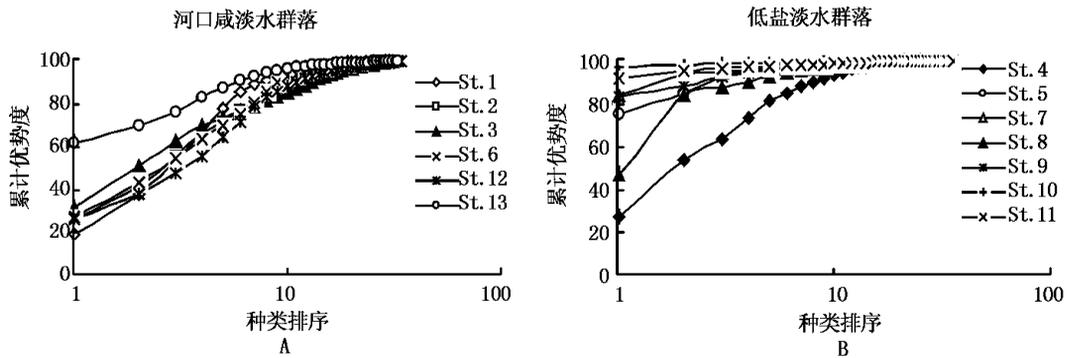


图 3 长江口沿岸碎波带各站点鱼类的分布密度 k-优势度曲线

Fig. 3 Comparison of k-dominance curves for fish with abundance from the surf zone of the Yangtze River estuary

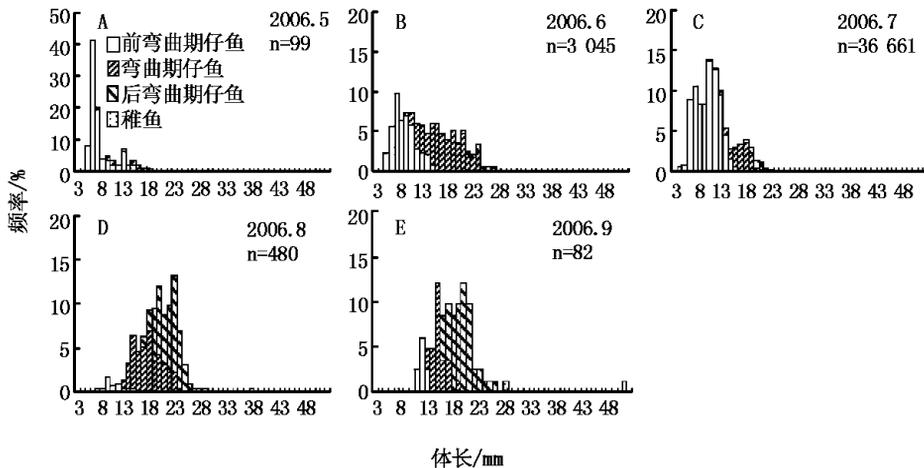


图 4 长江口沿岸碎波带周年出现的刀鲚仔稚鱼的体长分布 (n ≤ 3 未作图)

Fig. 4 Body length frequencies of *Coilia nasus* in the surf zone of the Yangtze River estuary in the whole year (not shown for n ≤ 3)

2.3.2 太湖新银鱼体长的月变化

太湖新银鱼 (*Neosalanx taihuensis*) 是一年生的淡水小型经济鱼类, 常年生活在长江口的南、北支, 本研究周年在河口碎波带共采集到 248 尾, 主要以后弯曲期仔鱼和稚鱼为主。图 5 是不同发育阶段的太湖新银鱼的体长变化图。在 2006 年 5 月至 8 月共 131 尾, 体长范围是 9 ~ 46 mm, 平均体长为 19.42 mm, 大部分是后弯曲期仔

鱼, 占 90.8%, 稚鱼较少, 占 9.2% (图 5-A)。2006 年 9 月至 2007 年 3 月共采集到 44 尾稚鱼, 体长范围为 25 ~ 54 mm, 平均体长为 37.52 mm (图 5-B)。2007 年 4 月采集到 73 尾, 全部是后弯曲期仔鱼, 体长范围在 8 ~ 26 mm, 平均体长为 14.03 mm (图 5-C)。

2.3.3 鲮体长的月变化

鲮 (*Liza haematocheila*) 是广盐型的河口性鱼

类,其稚鱼在 4 月至 9 月出现在长江口碎波带。从图 6 鲮的体长分布可以看出,本研究周年共采集到鲮 1 073 尾,没有采集到仔鱼,全部是稚鱼,其体长范围是 18 ~ 57 mm。2006 年 5 月采集到 479 尾,优势体长为 21 mm,最大体长 30 mm,平均体长 22.45 mm; 6 月丰度最高为 537 尾,优势体长为 27 ~ 30 mm,最大体长 36 mm,平均体长 27.00mm(图 6-A); 7 月共采集到 46 尾,优势体

长为 30 ~ 33 mm,最大体长 45 mm,平均体长 32.41 mm(图 6-B); 8 月优势体长为 51 ~ 54 mm,最大体长 54 mm,平均体长 41.18 mm(图 6-C)。2006 年 9 月仅采集到 1 尾 42 mm 的稚鱼,2007 年 4 月优势体长为 21 mm,仅采集到 3 尾(未作图)。由此可知鲮稚鱼自 4 月至 8 月仔鱼的优势体长、最大体长和平均体长有逐渐增大的趋势。

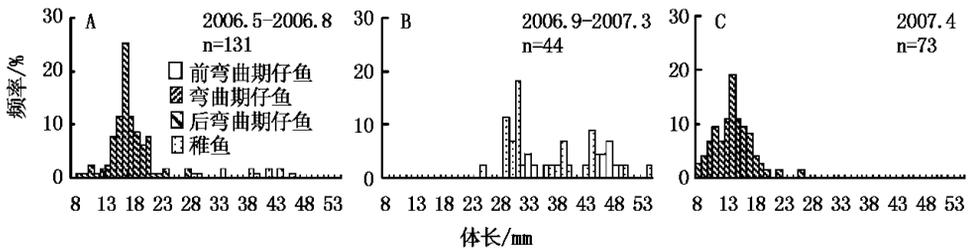


图 5 长江口沿岸碎波带周年出现的太湖新银鱼仔稚鱼的体长分布

Fig. 5 Body length frequencies of *Neosalanx taihuensis* in the surf zone of the Yangtze River estuary in the whole year

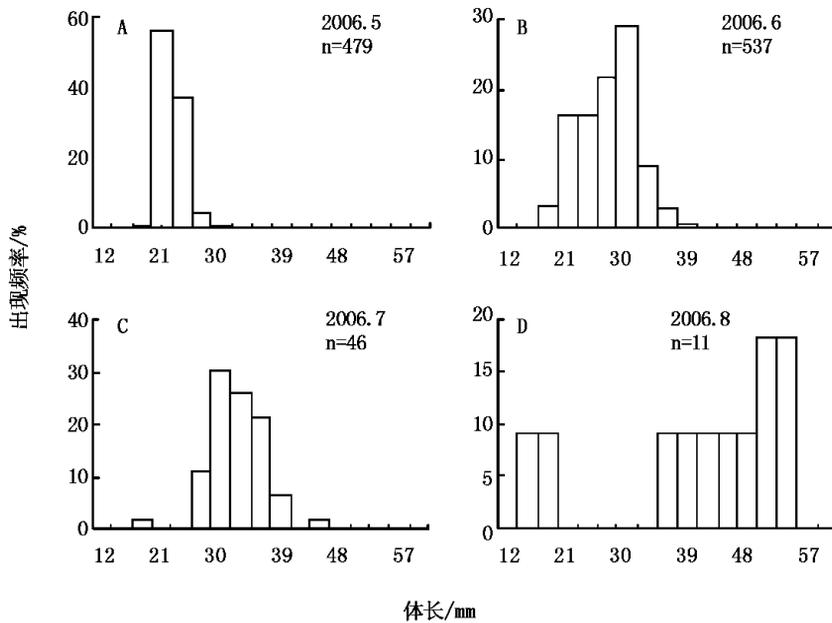


图 6 长江口沿岸碎波带周年出现的鲮鱼稚鱼的体长分布 (n≤3 未作图)

Fig. 6 Body length frequencies of *Liza haematocheila* from the surf zone of the Yangtze River estuary in the whole year. (not shown for $n \leq 3$)

2.3.4 大海鲢体长的月变化

大海鲢 (*Megalops cyprinoides*) 是暖水性的海洋性鱼类,本次调查采集到的全部是后弯曲期仔鱼,共 195 尾,仅出现在 5 月至 8 月。图 7 是大海鲢的体长分布月变化图,其体长范围是 18 ~ 33

mm。6 月平均体长 27.9 mm,优势体长 30 mm (图 7-A); 7 月的平均体长 26.31 mm,优势体长 24 ~ 27 mm(图 7-B); 8 月采集到仔鱼最多为 119 尾,平均体长 25.76 mm,优势体长 24 ~ 27 mm(图 7-C); 9 月的平均体长 23.77 mm,优势体长 24

mm(图 7-D); 10 月仅采集到 3 尾, 平均体长 28.6 mm(未作图)。由此可知, 出现在碎波带的大海鲢

仔鱼的体长范围变化不大。

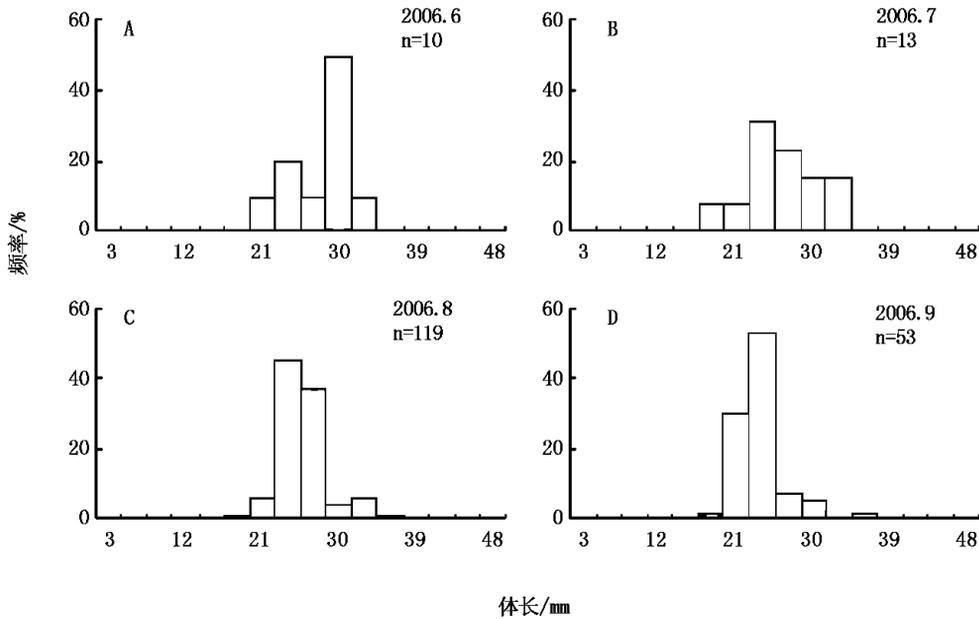


图 7 长江口沿岸碎波带周年出现的大海鲢仔鱼的体长分布 (n ≤ 3 未作图)

Fig. 7 Body length frequencies of *Megalops cyprinoides* in the surf zone of the Yangtze River estuary in the whole year. (not shown for n ≤ 3)

3 讨论

长江口的大部分鱼类在春、夏季产卵, 因此沿岸碎波带的仔稚鱼在春末、夏季和秋初的种类数和分布密度较高, 尤其以 7 月和 8 月最高, 随着水温的降低, 深秋以后, 许多河口鱼类进入到深水越冬, 碎波带鱼类分布密度逐渐降低, 一般冬季碎波带鱼类的种类数和密度均较低, 尤其在 3 月最少, 月变化规律极显著(图 2)。盐度主要影响河口鱼类的种类组成和分布, 从而影响到鱼类的群落结构类型^[20-21], 本研究中淡水性鱼类主要分布在长江口的南支和北支上游, 海洋性鱼类和河口性鱼类主要分布在沿海水域, 洄游性鱼类季节性出现于河口。终生生活在河口碎波带的鱼类物种数较少, 仅有麦穗鱼 (*Pseudorasbora parva*)、鲢 (*Hemiculter leucisculus*) 等淡水性鱼类常年生活在碎波带, 冬季主要是淡水性鱼类生活在河口上游水域, 而大多数鱼类仅在其生活史中的部分时期生活在河口, 基本是季节性出现在碎波带。

扰的生境的物种多样性要高^[22], 长江口是环境异质性较高的水域, 其沿岸碎波带的咸淡水域适合各种生态类型的广盐型鱼类生存。从本研究的 k-优势度曲线也可以看出, 环境较复杂的河口咸淡水区域 (Sts. 1 ~ 3, St. 6, St. 12) 要比其相邻的淡水水域 (St. 5, Sts. 7 ~ 11) 和受咸潮影响的高盐水域 (St. 13) 的物种多样性要高。而 St. 4 位于长江口的南支, 受长江径流的影响终年盐度较低, 是半封闭的内湾型站点, 通常流速较小, 水深较浅, 湾内浅水区长有水草, 捕食性的大型游泳生物不易进入, 是仔稚鱼理想的庇护场所, 因此其物种多样性相比于其它站点要高。

同一世代的鱼往往在相同或相近的外界环境条件下生活, 大部分个体的生长率相似, 不同世代的鱼具有明显不同的体长范围^[23]。本研究中仔稚鱼的体长分布在不同月份存在一定的差异, 体长变化可以看出它们在碎波带育肥生长的差异程度。春、夏季太湖新银鱼仔稚鱼的平均体长和最大体长持续增长, 而秋、冬季节的体长变化不大, 由此可知, 太湖新银鱼仔稚鱼春、夏季在碎波带索饵、育肥, 其余季节主要是稚、幼鱼或成

鱼也一直在碎波带索饵生活。太湖新银鱼繁殖盛期通常在 3~6 月和 9~10 月^[24],但研究并没有在 9~10 月采集到仔鱼,仅采集到少量稚鱼,这可能是因为秋季温度较低产卵的鱼较少的缘故。长江多年的平均流量是 29 310 m³/s,最小枯水量是 4 620 m³/s,南水北调工程和三峡水库建成后将对长江口的水流量产生较大影响。水流量的减少会大大增加咸潮对河口的侵袭^[25-26],从而改变长江口现有的生态环境,而本研究的野外调查均是在每月的大潮期间采样,因此大海鲢等海洋性鱼类的仔鱼可能是被高温高盐的潮流输送到河口上游,偶尔出现在碎波带并索饵生活。河口性鱼类鲃通常在近海和河口间作短距离洄游,冬季在海沟等深水区越冬,4~6 月在沿海咸淡水区产卵,仔稚鱼会随着潮水向近岸移动^[27]。本研究中,鲃稚鱼于 4 月开始出现于碎波带,其体长范围宽(18~57 mm),从 4 月至 8 月其优势体长、平均体长以及最大体长均逐月增大,钟俊生等^[12]通过对鲃稚鱼耳石日轮的观察,发现其日轮数与体长成对数相关,孵化后约 20~46 d 的鲃个体在沿岸碎波带水域进行短期生活,由此可知,鲃稚鱼更有可能是潮流的作用下主动向沿岸碎波带移动索饵、育肥生长。长江水产研究所等曾报道:沿海和崇明岛一带终年有刀鲚,亲鱼 4 月开始产卵,产卵后生活在近海^[28]。本研究的结果表明,从 5 月开始在长江口碎波带水域出现刀鲚仔鱼,6 月、7 月和 8 月,特别是 7 月,在河口上游水域出现大量 10 mm 左右的刀鲚仔鱼,其优势体长和平均体长逐月增长。在 5~7 月主要以前弯曲期和弯曲期仔鱼为主,而且最小体长均为 4~5 mm,由此可见,长江口刀鲚的产卵盛期是 5~7 月,其仔稚鱼 5~10 月在碎波带生长发育,到秋季之后离开碎波带。刀鲚的仔稚鱼阶段的生长较快,平均每天体长增长 1 mm 左右^[29],本研究在碎波带采集到大量的 4~10 mm 的前弯曲期仔鱼,部分前弯曲期仔鱼也可能是长江口附近孵化后不久的个体,然后移动到碎波带栖息,据此推测在长江口或其邻近水域可能存在刀鲚的产卵场。当然,仅靠采集到的仔鱼来推断产卵场的存在是不够的,还需要采取产卵场调查方法进行进一步的考证。

Senta 等人在研究碎波带遮目鱼时发现其在第 10 天左右从仔鱼变为稚鱼,开始沉底摄食

摄食模式的改变有一个很重要的变化就是栖息地的改变,例如从沙滩到腐屑丰富的河口或红树林水域,一些鲷科(Sparidae)鱼类在全长 14~15 mm 时从浮游生活转变为底栖生活^[7]。在本研究中,刀鲚等鱼类的仔稚鱼在 30 mm 以上就很难再采集到,这就表明这些仔稚鱼从碎波带保育场进入河口或近海生活。当然也有另一种可能就是,大个体的仔稚鱼游泳能力更强,能够主动避开我们的小型拖网,从而导致我们的样本体长范围仅限如此。3~30 mm 的仔鱼很容易被我们的小型拖网采集到,而在长江口也有很多密眼渔具,例如网目只有 1 mm 的超密眼网鳗苗网,大量的仔、幼鱼会随潮水进入这些定置网而被捕获。过度捕捞和有害渔具的使用、大型水利工程建设以及水质污染已经使长江口的渔业资源急剧衰退,为了保护长江口的生态环境,保证长江口水域渔业资源的可持续利用,还需要更多的基础性研究工作作为支撑。

在本研究的野外标本采集和室内实验过程中得到了浙江省淡水水产研究所练青平,上海海洋大学水产与生命学院硕士张冬良以及研究生林楠、刘磊、李黎和葛珂珂等同学的大力协助,并提出宝贵意见,在此一并致谢!

参考文献:

- [1] 杨伟祥,罗秉征,卢继武,等.长江口区鱼类资源调查与研究[J].海洋科学集刊,1990,33:281-302.
- [2] 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[J].海洋与湖沼,1990,21(4):346-355.
- [3] 李建生,李圣法,程家骅.长江口渔场鱼类组成和多样性[J].海洋渔业,2006,28(6):37-41.
- [4] 张衡,何文珊,童春富,等.崇西湿地冬季滩涂鱼类种类组成及多样性分析[J].长江流域资源与环境,2007,16(3):308-313.
- [5] Jin B S, Fu C Z, Zhong J S, et al. Fish utilization of a salt marsh intertidal creek in the Yangtze River estuary, China [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2007,73: 844-852.
- [6] Lasiak T A. Structural aspects of the surf-zone fish assemblage at King's Beach, Algoa bay, South African: short-term fluctuations[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1983, 18: 347-360.
- [7] Senta T, Kinoshita I. Larval and juvenile fishes occurring in surf zones of western Japan [J]. Transactions of the American Fisheries Society, 1985, 114: 609-618.

- に出現する幼稚仔魚[J]. 大阪府立水産試験場研究報告, 1995, 9: 11 - 31.
- [9] Layman C A. Fish assemblage structure of the shallow ocean surf-zone on the eastern shore of Virginia barrier islands [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2000, 51: 201 - 213.
- [10] Sato N, Asahida T, Terashima H, *et al.* Species composition and dynamics of larval and juvenile fishes in the surf zone of Mauritius [J]. Environmental Biology of Fishes, 2008, 81 (2): 229 - 238.
- [11] 钟俊生, 郁蔚文, 刘必林, 等. 长江口沿岸碎波带仔稚鱼种类组成和季节性变化[J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(4): 375 - 382.
- [12] 钟俊生, 傅萃长, 郁蔚文, 等. 鲟鱼稚鱼在沿岸碎波带的出现和滞留时间[J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(3): 318 - 323.
- [13] 钟俊生, 吴美琴, 练青平. 春夏季长江口沿岸碎波带仔稚鱼种类组成[J]. 中国水产科学, 2007, 4(3): 436 - 443.
- [14] 刘磊, 林楠, 钟俊生, 等. 长江口沿岸碎波带三种暖水性鱼类仔鱼的出现[J]. 海洋渔业, 2008, 30(1): 62 - 66.
- [15] 蒋日进, 钟俊生, 张冬良, 等. 长江口沿岸碎波带仔稚鱼种类组成及其多样性特征[J]. 动物学研究, 2008, 29(3): 297 - 304.
- [16] 蒋日进, 钟俊生, 李黎, 等. 长江口沿岸碎波带仔稚鱼的群落结构特征[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(1): 42 - 46.
- [17] Kendall A W J, Ahlstrom E H, Moser H G. Early life history stages of fishes and their characters [M] // Ontogeny and systematics of fishes. The American Society of Ichthyologists Herpetologists, Spec Publ, 1984: 11 - 22.
- [18] 刘灿然, 马克平. 多样性排序: 方法与实例[J]. 植物生态学报, 2002, 26(S): 63 - 67.
- [19] Tóthmérész B. Comparison of different methods for diversity ordering [J]. Journal of Vegetation Sciences, 1995, 6: 283 - 290.
- [20] Henderson P A. The structure of estuarine fish communities [J]. J Fish Biol, 1988, 33: 223 - 225.
- [21] Elliott M, O'Reilly, M G, Taylor CJ L. The Forth estuary: a nursery and overwintering area for North Sea fishes [J]. Hydrobiologia, 1990, 195: 89 - 103.
- [22] 尚玉昌. 普通生态学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2版, 2002: 278.
- [23] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 1 - 293.
- [24] 覃剑晖, 谢平, 徐军. 抚仙湖太湖新银鱼的生长特性及其渔业利用[J]. 水生生物学学报, 2009, 33(2): 352 - 354.
- [25] 宋志尧, 茅丽华. 长江口盐水入侵研究[J]. 水资源保护, 2002, (3): 27 - 30.
- [26] 吴继伟, 刘新成, 潘丽红. 长江口北支咸潮倒灌控制工程水动力数值模拟[J]. 水利水电科技进展, 2006, 26(4): 43 - 55.
- [27] 蒋日进, 汤建华, 刘培廷, 等. 黄海南部沿岸鲟鱼仔稚鱼的表层分布及移动趋势[J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(4): 323 - 328.
- [28] 长江水产研究所资源捕捞研究室, 南京大学生物系鱼类研究组. 刀鲚的生殖洄游[J]. 淡水渔业, 1977, (6): 19 - 24.
- [29] 袁传宓, 林金榜, 刘仁华, 等. 刀鲚的年龄和生长[J]. 水生生物学集刊, 1978, 6(3): 285 - 298.