

文章编号: 1674 - 5566(2014)05 - 0765 - 09

杭州湾北部水域仔稚鱼种类组成和多样性研究

闫欣¹, 钟俊生¹, 王明星¹, 李安东¹, 蒋雪莲¹, 王储庆¹, 仇延舫²

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 上海市浦东新区农业委员会执法大队渔政中队, 上海 201308)

摘要: 2013 年 1 月至 12 月, 在杭州湾北部水域设置 10 个站点, 按月用大型仔稚鱼网(口径 1.3 m, 网目 0.5 mm)进行了 12 个航次的调查, 共采集到鱼卵 81 粒, 隶属于 4 科 6 种; 仔稚鱼 143 782 尾, 隶属于 23 科 69 种。其中河口型鱼类(34 种)和海洋型鱼类(24 种)多于洄游型鱼类(4 种)和淡水型鱼类(7 种)。鱼卵中以棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)居多, 而仔稚鱼中个体数最多的是髯须虾虎鱼(*Tridentiger barbatus*), 占总渔获物的 62.88%, 其后依次为棘头梅童鱼(13.02%)、凤鲚(*Coilia mystus*, 9.22%)、黄鳍刺虾虎鱼(*Acanthogobius flavimanus*, 2.56%)、斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*, 2.32%)。前弯曲期仔鱼占总渔获物数量的 89.12%, 6 月最多(85.31%)。春夏两季仔稚鱼物种数和密度要显著高于秋冬两季, 6 月密度急剧增高, 达到 13.50 个/m³, 7 月物种数最多(18 种)。Margalef 丰富度指数(*D*)总体变化较大, 月间变化相对剧烈, 7 月最高, Shannon-Wiener 指数(*H'*)和 Pielou 均匀度指数(*J'*)变化幅度相对较小。

研究亮点: 为了探明杭州湾北部水域鱼类早期资源的现状, 本研究首次在国内采用大型仔稚鱼网(口径 1.3m, 网目 0.5 mm), 在 10 个站点进行了表层拖网调查, 探明了该水域的种类组成和多样性变化, 分析了鱼类早期资源变动的影响因素, 研究结果可以为杭州湾渔业资源的保护和合理利用提供科学依据。

关键词: 杭州湾; 仔稚鱼; 种类组成; 多样性指数

中图分类号: S 932

文献标志码: A

杭州湾位于西太平洋沿岸的长江口南部, 水质肥沃、饵料生物丰富、水文环境适宜, 是各种水生生物繁殖、索饵、生长的良好水域^[1], 且是多种仔稚鱼类尤其是凤鲚(*Coilia mystus*)的索饵场和产卵场^[2-4]。仔稚鱼的存活和数量是鱼类资源补充和渔业资源持续利用的基础, 而且鱼卵和仔稚幼鱼阶段是鱼类生命周期中最为脆弱的时期, 它们随海流漂移并对海洋环境具有敏感性, 海洋环境因素的细微变化将对其发育、生长直至种群的补充产生强烈的影响。该阶段成活率的高低、剩余量的多寡将决定鱼类补充群体资源量的丰歉^[5-6]。近年来对于杭州湾水域仔稚鱼研究较少, 主要集中于一个或两个季节中单个月份采用浮游生物网的调查^[7-9], 虽然陈渊戈等以小型拖网对杭州湾北岸的碎波带仔稚鱼进行了周年调

查^[10], 但对于近岸水域仔稚鱼的周年种类组成尚未报道。本研究以杭州湾北部水域为研究水域, 采用大型仔稚鱼网周年对该水域进行调查, 分析和研究鱼类组成和群落结构, 旨在为渔业管理和渔业资源的可持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查方法和站位设置

2013 年 1 月至 12 月, 在杭州湾北部水域设置 10 个站点(相邻站点相距约 5 海里, 水深 6 ~ 10 m), 见图 1。每月按照《海洋调查规范》(GB/T 12763. 6—2007)采用大型仔稚鱼网(口径 1.3 m, 网目 0.5 mm)进行表层水平拖网调查, 渔船(沪捕渔 No. 49627, 120 马力, 30 t)拖速为每小时 2 海里, 每个站点拖网 10 min, 并用网口流量计

收稿日期: 2014-03-27 修回日期: 2014-05-07

基金项目: 长江渔业资源管理委员会办公室项目(D-8005-11-0063); 上海市重点学科水生生物学建设项目(S0701)

作者简介: 闫欣(1988—), 男, 硕士研究生, 研究方向为鱼类生态学。E-mail: 503306117@qq.com

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

(KC Denmark A/S Model 23.090) 记录拖网流量值。所有采集的样本在现场用 5% 的福尔马林溶液固定,并测定水温和盐度。

在 Olympus SZX7 解剖镜下将仔稚鱼标本鉴定到科、属、种,计数并按 KENDALL 等^[11]的仔稚鱼发育分期标准划分各发育阶段,计算密度(个/ m^3)。用目测微尺或游标卡尺测量仔稚鱼的体长(SL)。科名按 NELSON 等^[12],学名按照伍汉霖等^[13],同属的种名按英文字母进行排序并确定生态类型。

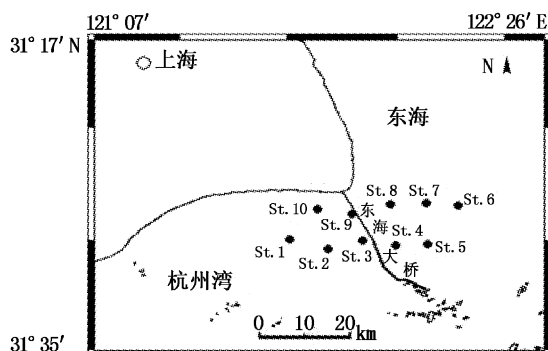


图 1 采样站点

Fig. 1 Sampling stations

1.2 数据分析

仔稚鱼密度的计算采用公式:

$$G_a = N_a / S \cdot L \cdot C \quad (1)$$

式中: G_a 为单位体积海水中鱼卵或仔、稚鱼个体数,单位为粒或尾每立方米; 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(m^2); L 为流量计转数; C 为流量计校正值($C = 0.3$)^[14]。

α 多样性研究采用 Margalef 丰富度指数(D), Shannon-Wiener 多样性指数(H') 和 Pielou 均匀度指数(J'), 计算公式如下:

Margalef 丰富度指数(D):

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

Shannon-Wiener 指数(H'):

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

$$\text{Pielou 均匀度指数}(J'): J' = H' / \ln S \quad (4)$$

式中: S 为一个样本中的物种总数; N 为一个样本中的总尾数; P_i 为 i 种所占总尾数的比例^[15]。

使用 Whittaker 多样性指数(β_{ws})测定两两站点间的 β 多样性:

$$\beta_{ws} = S / m_a - 1 \quad (5)$$

式中: S 为相邻两站点的物种总数; m_a 为两站点的平均物种数^[16]。

所有统计分析过程均在 Excel 2007 中完成。

2 结果

2.1 水温和盐度

水温的季节变化较为显著,夏秋季相对较高,冬春季相对较低,年平均水温为 18.2°C , 8 月最高(29.4°C), 1 月最低(5.4°C), 见图 2。盐度受长江冲淡水、潮汐和海洋动力学等因素的影响,无明显的变化规律,年平均盐度为 17.3, 12 月最高(22.3), 6 月最低(12.2), 见图 3。温度和盐度的变化无明显的线性关系($P > 0.05$)。

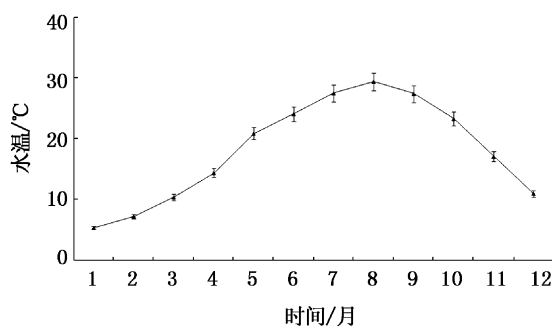


图 2 杭州湾北部水域的月平均水温变化

Fig. 2 Monthly changes in mean water temperature in the north of Hangzhou Bay

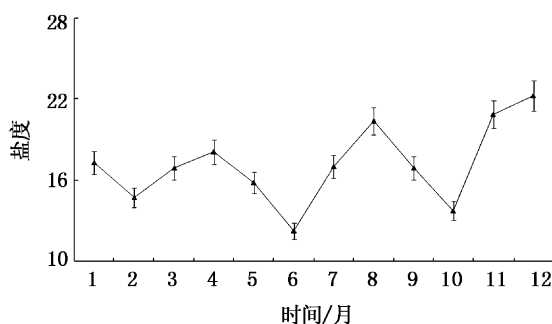


图 3 杭州湾北部水域的月平均盐度变化

Fig. 3 Monthly changes in mean salinity in the north of Hangzhou Bay

2.2 种类组成

118 网次调查共采集到鱼卵 81 粒,隶属于 4 科 6 种(表 1);仔稚鱼 143 782 尾,隶属于 23 科 69 种(表 2):海洋性鱼类 24 种,占总渔获量的 14.40%,淡水性鱼类 7 种(0.43%),河口性鱼类 34 种(75.95%),洄游性种类 4 种(9.22%)。平

均密度为 1.25 个/m³。虾虎鱼科(Gobiidae)种类最多为 30 种,石首鱼科(Sciaenidae)和鲷科(Engraulidae)各 5 种,舌鳎科(Cynoglossidae)和银鱼科(Osmeridae)各 3 种。从优势种看,髭缟虾虎鱼(*Tridentiger barbatus*)的个体数最多,占总个体数的 62.88%,其后依次为,棘头梅童鱼

(*Collichthys lucidus*, 13.02%)、凤鲚(*Coilia mystus*, 9.22%)、黄鳍刺虾虎鱼(*Acanthogobius flavimanus*, 2.56%)、斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*, 2.32%),以上 5 种占了总渔获物的 90%。

表 1 2013 年 1-12 月杭州湾北部水域采集的仔稚鱼种类组成

Tab.1 Species composition of fish larvae and juveniles collected in offshore waters of north of Hangzhou Bay

种名	体长范围/mm	百分比/%	发育阶段	生态类型	出现月份
鲷科 Engraulidae					
鲷 <i>Engraulis japonicus</i>	11.81 ~ 28.34	+	B - D	Ma	5 - 6
太的黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	15.83 ~ 22.80	+	D - E	Ma	8
中华侧带小公鱼 <i>Stolephorus chinensis</i>	9.45 ~ 69.36	+	C - E, G	Ma	7 - 11
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	4.35 ~ 72.37	9.22	B - F	Mi	5 - 10
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	13.17 ~ 78.48	+	C - F	Mi	4, 10, 11
锯腹鳎科 Pristigasteridae					
鳎 <i>Ilisha elongata</i>	21.25 ~ 37.61	+	E	Ma	7, 10
银鱼科 Osmeridae					
大银鱼 <i>Protosalanx chinensis</i>	43.82 ~ 51.63	+	F	Fr	6 - 8
陈氏新银鱼 <i>Neosalanx tangkahkeii</i>	13.93	+	B	Fr	10
有明银鱼 <i>Salanx ariakensis</i>	11.62 ~ 122.63	+	B - E, G	Es	6 - 7, 9, 11 - 12
狗母鱼科 Synodontidae					
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	24.76 ~ 132.26	+	D - G	Es	6 - 11
花斑蛇鲻 <i>Saurida undosquamis</i>	36.93	+	E	Ma	7
灯笼鱼科 Scopelidae					
七星底灯鱼 <i>Benthosema pterotum</i>	23.37	+	F	Ma	12
鳗鲡科 Anguillidae					
日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	71.46	+	el	Mi	5
海鳗科 Muraenesocidae					
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	55.28	+	el	Ma	7
鲤科 Cyprinidae					
鲤科 sp.1 Cyprinidae sp.1	7.33 ~ 7.45	+	B	Fr	6
鲤科 sp.2 Cyprinidae sp.2	6.13 ~ 6.54	+	B - C	Fr	6
鱻科 Hemiramphidae					
间下鱻 <i>Hyporhamphus intermedius</i>	4.08 ~ 5.57	+	B	Es	3
海龙鱼科 Syngnathidae					
尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>	67.57 - 129.26	+	F - G	Ma	10 - 12
鲻科 Mugilidae					
鲻 <i>Mugil cephalus</i>	30.27 - 30.62	+	E	Es	7
鲚 <i>Liza haematocheila</i>	2.98 - 21.89	+	B - E	Ma	5 - 6
马鲛科 Polynemidae					
多鳞四指马鲛 <i>Eleutheronema rhadinum</i>	19.49 ~ 55.85	+	E - F	Es	7, 9
鲈科 Serranidae					
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	7.94 ~ 21.33	+	C - E	Mi	4 - 5
石首鱼科 Sciaenidae					
鳎 <i>Miichthys miiuy</i>	11.74	+	D	Ma	9
白姑鱼 <i>Pennahia argentata</i>	6.23 ~ 16.09	+	C, E	Ma	9
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	11.62 ~ 122.63	13.02	A - E	Ma	6 - 9
大黄鱼 <i>Larimichthys crocea</i>	4.67 ~ 20.76	+	B - E	Ma	7 - 12
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	5.43 ~ 47.38	+	B - E	Ma	5 - 6
石首鱼科 spp. Sciaenidae spp.	3.14 ~ 8.34	+	A - D	Ma	5 - 9

续表 1

种名	体长范围/mm	百分比/%	发育阶段	生态类型	出现月份
塘鳢科 Eleotridae					
尖头塘鳢 <i>Eleotris oxycephala</i>	5.67 ~ 8.33	+	D	Fr	7-9
沙塘鳢科 Odontobutidae					
小黄鲷鱼 <i>Micropercops swinhonis</i>	10.26 ~ 10.54	+	D	Fr	7
虾虎鱼科 Gobiidae					
黄鳍刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius flavimanus</i>	3.88 ~ 13.95	2.56	B-E	Es	6-8
乳色刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius lactipes</i>	5.27 ~ 7.24	+	C-D	Es	6
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	3.05 ~ 11.92	2.32	B-D	Es	4-5
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	26.93	+	E	Es	5
普氏缙虾虎鱼 <i>Amoya pflaumi</i>	11.75	+	E	Es	10
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	18.23 ~ 19.65	+	E	Es	6
舌虾虎鱼 <i>Glossogobius olivaceus</i>	4.27	+	B	Es	4
睛尾蝌蚪虾虎鱼 <i>Lophiogobius ocellicauda</i>	4.63 ~ 12.37	+	C	Es	6
黏皮鲷虾虎鱼 <i>Mugilogobius myxodermus</i>	6.34 ~ 6.76	+	D-E	Es	6
大鳞沟虾虎鱼 <i>Oxyurichthys macrolepis</i>	12.76 ~ 18.42	+	D-E	Es	7,11
爪哇拟虾虎鱼 <i>Pseudogobius javanicus</i>	4.65 ~ 6.0	+	C-D	Es	6,9
波氏吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius cliffordpopei</i>	5.86 ~ 6.23	+	C	Fr	6
髯缙虾虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>	3.32 ~ 64.47	62.88	B-E,G	Es	6-10,12
纹缙虾虎鱼 <i>Tridentiger trigonocephalus</i>	5.36 ~ 10.81	+	C-D	Es	5-6
马都拉叉牙虾虎鱼 <i>Apocryptodon madurensis</i>	17.89	+	E	Es	7
大弹涂鱼 <i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	5.21 ~ 18.49	+	C-E	Es	7-10
小头栉孔虾虎鱼 <i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	6.32 ~ 15.42	+	C-D	Es	7-8
拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>	9.26 ~ 38.02	+	D-E	Es	7-9,11
须鳗虾虎鱼 <i>Taenioides cirratus</i>	8.19 ~ 14.17	+	D	Es	7-8
孔虾虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>	114.37	+	G	Es	11
虾虎鱼科 spp. Gobiidae spp.	2.73 ~ 10.28	4.74	B-D	Es	5-7
带鱼科 Trichiuridae					
小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>	6.52 ~ 242.37	+	B,E-F	Ma	6-8
日本带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i>	8.26	+	B	Ma	6
鲷科 Stromateidae					
北鲷 <i>Pampus punctatissimus</i>	9.64 ~ 67.30	+	D,F	Ma	6
鲈科 Scorpaenidae					
褐菖鲈 <i>Sebastes marmoratus</i>	3.08 ~ 4.02	+	B	Ma	4
鲷科 Platycephalidae					
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	2.25 ~ 9.45	+	A-E	Ma	3-7
舌鳎科 Cynoglossidae					
半滑舌鳎 <i>Cynoglossus semilaevis</i>	10.92 ~ 15.82	+	D-E	Ma	4-5
宽体舌鳎 <i>Cynoglossus robustus</i>	11.08	+	C	Ma	5
舌鳎属 sp. <i>Cynoglossus</i> sp.	6.30 ~ 7.34	+	B	Ma	4
日本须鳎 <i>Paraplagusia japonica</i>	13.46 ~ 20.31	+	E	Ma	7
鲈科 Tetraodontidae					
黄鳍东方鲈 <i>Takifugu xanthopterus</i>	7.82 ~ 10.81	+	D-E	Ma	5

注: + 表示 < 1%; 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; F. 幼鱼; G. 成鱼; el. 幼鳗。生态类型: Ma. 海洋性; Es. 河口性; Mi. 洄游性; Fr. 淡水性。

2.3 发育阶段

前弯曲期仔鱼占总渔获物数量的 89.12%, 6 月最多 (85.31%), 占绝对优势, 其后依次为后弯曲期仔鱼 (4.21%)、稚鱼 (2.61%)、弯曲期仔鱼 (2.57%)、卵黄囊期仔鱼 (1.43%) 和鱼卵 (0.06%)。鱼卵、卵黄囊期仔鱼、前弯曲期仔鱼

和弯曲期仔鱼主要集中于 4-6 月, 而后弯曲期仔鱼、稚鱼和幼鱼主要集中于 7-12 月 (图 4)。而前弯曲期仔鱼在各站点所占的百分比均超过 60%, 其中 St. 8 最高 (95.3%), St. 4 最低 (63.1%), 其余各发育阶段在各站点所占比例均处于较低水平。

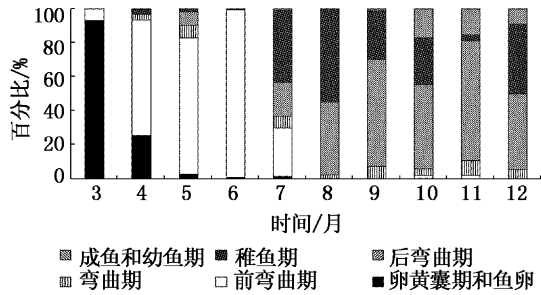


图4 杭州湾北部水域各站点仔稚鱼发育阶段百分比

Fig. 4 The percentage of developmental stage composition of fish larvae and juveniles from 10 stations in the north of Hangzhou Bay

2.4 物种数和密度的时空变化

2013年3-6月仔稚鱼物种数呈递增的趋势,7-12月呈递减的趋势,6、7月物种数最多,达到28种,1、2月份无渔获;仔稚鱼密度分别在3-6月和6-12月呈现递增和递减趋势,6月密度急剧增高,达到 13.50 个/ m^3 ,其余月份密度处于较低水平,平均密度为 1.25 个/ m^3 (图5)。从空间上看,全年各站点仔稚鱼物种数差别不大,St.6最多(34种),其次为St.1、St.8和St.10(32种);仔稚鱼密度St.8最高,达到 4.29 个/ m^3 ,St.10最低,为 0.39 个/ m^3 (图6)。通过线性回归分析得出,杭州湾北部水域仔稚鱼密度与月份间的温度和盐度无显著相关($P > 0.05$),物种数和温度极显著相关($P < 0.01$),与盐度无显著相关($P > 0.05$)。

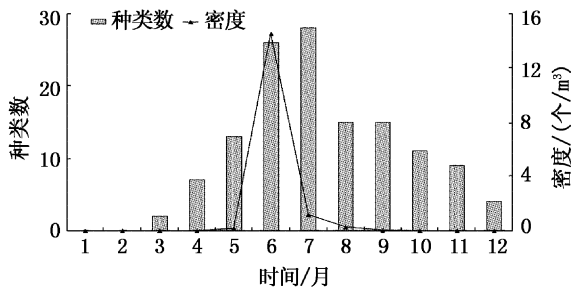


图5 杭州湾北部水域仔稚鱼的种类数和密度的月变化
Fig. 5 Monthly changes of species number and density in the north of Hangzhou Bay

2.5 杭州湾北部水域仔稚鱼多样性时空变化

从月变化可以看到,Shannon-Wiener指数(H')和Pielou均匀度指数(J')的变化趋势基本一致,后者变化幅度相对较小,最大值分别出现在10月($H' = 1.70$)和12月($J' = 0.77$),二者在

6-8月均较低,这可能与少数种类的大量出现有关,如6月的髯须虾虎鱼和棘头梅童鱼,7月和8月的凤鲚。1月和2月无渔获物,3个指数均为0。Margalef丰富度指数(D)总体变化较大,月间变化相对较为剧烈,在3-7月呈上升趋势,在9-12月呈下降趋势,8月由于物种数的大量减少而急剧下降(图7)。在站点间 β 多样性的变化图中,纵坐标表示 β_{ws} 值减1,横坐标表示两两站点间的的站点编号,结果显示St.6与St.10的 β_{ws} 最高($\beta_{ws} = 1.468$),St.1和St.9的 β_{ws} 最低($\beta_{ws} = 1.213$),这可能跟站点间的距离有关。通过两两站点比较可以看出,St.10与其他各站点的 β_{ws} 均处在波峰的位置,这说明St.10与其余各站点的差异较大,另外2~5、2~7、3~6和3~9的 β_{ws} 也较高(图8)。

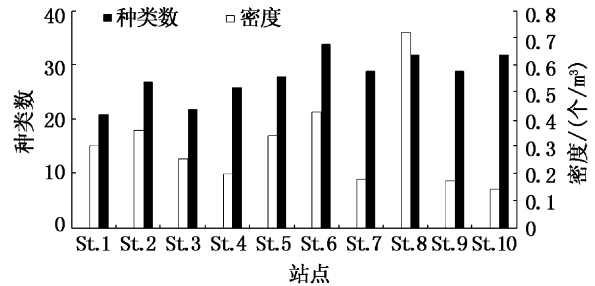


图6 杭州湾北部水域仔稚鱼的种类数和密度的站位差异

Fig. 6 Changes of species number and density by stations in the north of Hangzhou Bay

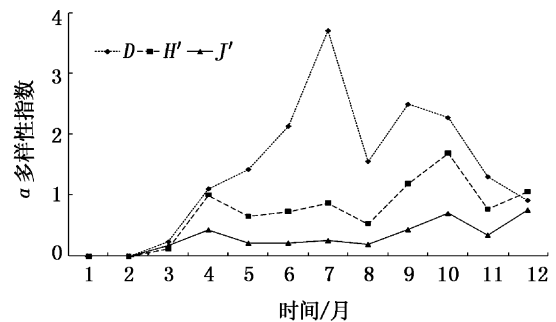


图7 杭州湾北部水域仔稚鱼的 α 多样性指数的月变化

Fig. 7 Changes of the α -diversity indexes of fish larvae and juveniles by months in the north of Hangzhou Bay

3 讨论

水温是影响鱼类浮游生物群聚的一个重要环境变量,并与仔鱼的季节性变动模式有关^[17-18]。从广义上说,春、夏季产卵,夏季定居,

秋季迁移的生活史策略在温带沿岸海洋鱼类中较为普遍,这已经成为温带河口及其近岸水域的特异性特征^[19]。杭州湾北部水域基本符合这样的特性:4-6月捕获棘头梅童鱼鱼卵(表2),除少数种类(大黄鱼 *Larimichthys crocea*)以外,大部分沿岸型鱼类在9月以后发生迁移现象。盐度

确定了对每个种类优先选择的区域和空间的划分,这在鱼类群聚方面非常重要^[20]。杭州湾北部水域全年盐度变化范围是12.2~22.3,且月间变化幅度小,使该水域成为多种河口和海洋鱼类的保育场和索饵场。

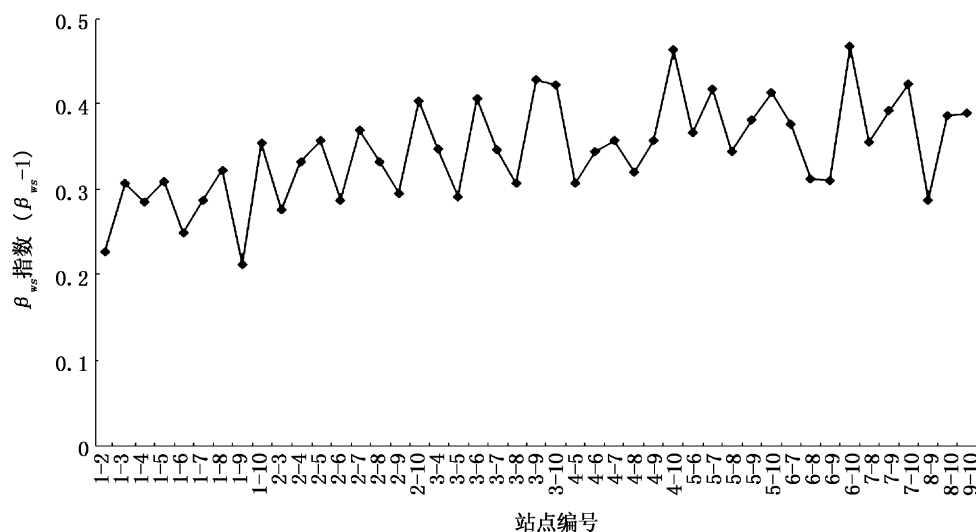


图8 杭州湾北部水域仔稚鱼的 β 多样性指数的站位间变化

Fig. 8 Changes of the β -diversity indexes of fish larvae and juveniles by every two stations in the north of Hangzhou Bay

表2 2013年1-12月杭州湾北部水域采集鱼卵种类组成

Tab. 2 Species composition of fish eggs collected in offshore waters of north of Hangzhou Bay

种名	卵径/mm	个数	生态类型	出现月份
鲻科 Mugilidae	0.93 ~ 1.01	2	Ma	5
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	1.08 ~ 1.24	72	Ma	4-6
石首鱼科 Sciaenidae sp1	1.31 ~ 1.34	4	Ma	4-5
石首鱼科 Sciaenidae sp2	0.98	1	Ma	5
舌鳎科 Cynoglossidae	1.21	1	Ma	5
鲈科 Pleuronectidae	2.52	1	Ma	5

注:Ma表示海洋性。

本研究共采集到鱼卵81粒,其中石首鱼科77粒,占绝对优势(表2),这与周永东等^[4]浙江中北部沿岸春、夏季调查一致。仔稚鱼优势种主要为髯缟虾虎鱼、棘头梅童鱼和凤鲚,其中髯缟虾虎鱼由于在6月的大量出现成为最优势种,密度高达10.04个/ m^3 。斯卡格拉克海峡和卡特加特海峡海域的调查^[21]发现,线纹晶虾虎鱼(*Crystalllogobius linearis*)、微体玻璃虾虎鱼(*Aphia minuta*)和大西洋鲱(*Clupea harengus*)是主要优势种,瓦登海北部调查^[22]的优势种则分别为大西

洋鲱、小眼长臀虾虎鱼(*Pomatoschistus microps*)、鳞柄玉筋鱼(*Ammodytes tobianus*),而长臀虾虎鱼属 sp. (*Pomatoschistus* sp.)、欧洲沙丁鱼(*Sardina pilchardus*)、鳞柄玉筋鱼和娇扁隆头鱼(*Symphodus melops*)在葡萄牙利马河口占主要优势^[23]。从而可以表明,河口水域以虾虎鱼科鱼类和海洋性鱼类为优势种,存在着一定的相似性。陈渊戈等^[10]杭州湾北岸碎波带调查共采集到23科59种鱼类,主要是海洋性鱼类和河口性鱼类,本研究为23科69种,二者比较接近;前者最优势

种为普氏缙虾虎鱼(*Acentrogobius pflaumii*),除了凤鲚为共同优势种外,其余优势种与本研究有较大的差别,由此可见,杭州湾北部水域与碎波带出现种不仅在种类方面,而且在个体大小方面均存在差异。另外,在周永东等^[4]和魏永杰等^[8]的调查中,凤鲚均是最优势种。蒋玫等^[7]洋山港的鱼卵仔鱼调查中大桥区与本研究调查站位比较接近,3年共采集到鱼卵71粒,仔鱼139尾,鉴定到种的25种,渔获量显著低于本研究同期的渔获量,中华侧带小公鱼(*Stolephorus chinensis*)、大黄鱼、鳙(*Ilisha elongata*)和鲃(*Liza haematocheila*)在本研究也有渔获,但不属于共同优势种。根据HARRIS等^[24]在南非圣卢西亚河口的调查发现,在碎波带或者河口的河口定居性鱼类相较于近岸水域在拥有更大体长和更大体长范围的基础上拥有更高的密度,所以仔稚鱼在碎波带相较于近岸水域可能拥有较晚的发育阶段。新泽西南部近岸水域的仔稚鱼发育阶段以前弯曲期为主,占总渔获物的77%^[25],本研究前弯曲期占89.12%,而杭州湾北部碎波带仔稚鱼发育阶段以后弯曲期为主,占63.93%。

由于单一河口定居型优势种的大量出现,利马河口的鱼类群落的多样性指数较低^[23],这是许多温带河口的共同特征^[26-27],杭州湾也具有这样的特点,髯缙虾虎鱼作为最优势种在6月大量出现,这使得丰富度指数很高,但Shannon-Wiener指数和Pielou均匀度指数均很低。 α 多样性具有明显的季节变化特征,春末、夏季和秋初相对较高,冬季最低。Margalef丰富度指数峰值出现在7月,而Shannon-Wiener指数和Pielou均匀度指数受月内优势种的影响,优势种密度较大的月份如6-8月,两项指数处于较低的水平。3项 α 多样性指数均小于杭州湾碎波带的 α 多样性指数,表明碎波带相较于近岸水域有着较高的 α 多样性。由 β 多样性指数的站位间变化可以看出,St. 10与其他站点的差异较大,这可能由于该站位距离芦潮港较近,受到港区较强的人类活动的干扰,从而表现出异质性。

杭州湾北部水域为多种重要海洋和河口性鱼类提供早期生活的栖息地,本研究中鲻鱼、梭鱼、中国花鲈、大、小黄鱼、日本带鱼和小带鱼等都是重要的经济鱼类。有报道表明^[28-29],大黄鱼已进入资源衰退期,而带鱼和小黄鱼处在充分

利用并开始衰退期,而且杭州湾附近渔业水域生态环境总体质量处于重污染水平,并呈现进一步下降趋势^[30],因此有必要在杭州湾渔业开发的同时注重鱼类早期生活栖息地的保护和环境治理,确保杭州湾渔业资源的可持续利用。

参考文献:

- [1] 俞存根,陈全震,陈小庆,等. 舟山渔场及邻近海域鱼类种类组成和数量分布[J]. 海洋与湖沼,2010,41(3):410-417.
- [2] 倪勇. 长江口区凤鲚的渔业及其资源保护[J]. 中国水产科学,1999,6(5):75-77.
- [3] 周永东,薛利建,徐开达. 舟山近海凤鲚 *Coilia mystus* (Linnaeus) 的生物学特性研究[J]. 现代渔业信息,2004,19(8):19-21.
- [4] 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.
- [5] CAMPANA S E, FRANK K T, HURLEY P C F, et al. Survival and abundance of young Atlantic cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus* as indicators of year class strength [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1989, 46:171-182.
- [6] COOMBS S H, NICHOLS J H, FOSH C A. Placice eggs (*Pleuronectes platessa* L.) in the southern North Sea: abundance, spawning area, vertical distribution, and buoyancy [J]. ICES Journal of Marine Science, 1990, 47:133-139.
- [7] 蒋玫,王云龙,林钦,等. 洋山深水港水域鱼卵仔鱼分布特征[J]. 海洋环境科学,2008(1):43-46.
- [8] 魏永杰,王晓波,张海波,等. 2004~2010年夏季杭州湾鱼类浮游生物种类组成与数量分布[J]. 台湾海峡,2012,31(4):501-508.
- [9] 谢旭,俞存根,周青松,等. 杭州湾海域春、秋季鱼类种类组成和数量分布[J]. 海洋与湖沼,2013,44(3):656-663.
- [10] 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.
- [11] KENDALL A W J, AHLSTROM E H, MOSER H G. Early life history stages of fishes and their characters [M]// Ontogeny and Systematic of Fishes. Lawrence: The American Society of Ichthyologists Herpetologists, Spec Publ, 1984.
- [12] NELSON J S. Fishes of the World [M]. Hoboken N J: John Wiley, 2006.
- [13] 伍汉霖,邵广昭,赖春福. 拉汉世界鱼类名典[M]. 基隆:水产出版社,1999.
- [14] 国家海洋局908专项办公室. 海洋生物生态调查技术规程[M]. 北京:海洋出版社,2006.
- [15] 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.
- [16] 马克平,刘灿然,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 II. β 多样性的测度方法[J]. 生物多样性,1995,3(1):38-43.
- [17] KINGSFORD M J. The early life history of fish in coastal waters of northern New Zealand; a review [J]. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 1988, 22:463-479.
- [18] BELYANINA T N. Ichthyoplankton of the Gulf of Tonkin (Composition, distribution and seasonal changes in populations) [J]. *Voprosy Ikhtiologii*, 1986, 6: 930-936.
- [19] 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.
- [20] FRANCA S, COSTA M J, HENRIQUE N C. Inter- and intra-estuarine fish assemblage variability patterns along the Portuguese coast [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2011, 91: 262-271.
- [21] MUNK P, CARDINALE M, CASINI M, et al. The community structure of over-wintering larval and small juvenile fish in a large estuary [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2014, 139: 27-39.
- [22] KELLNREITNER F, POCKBERGER M, ASMUS H. Seasonal variation of assemblage and feeding guild structure of fish species in a boreal tidal [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2012, 108: 97-108.
- [23] RAMOS S, COWEN R K, RE P, et al. Temporal and spatial distributions of larval fish assemblages in the Lima estuary (Portugal) [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2006, 66: 303-314.
- [24] HARRIS S A, CYRUS D P, BECKLEY L E. The Larval Fish Assemblage in Nearshore Coastal Waters off the St Lucia Estuary, South [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1999, 49: 789-811.
- [25] ABLE K W, FAHAY M P, WITTING D A, et al. Fish settlement in the ocean vs. estuary: Comparison of pelagic larval and settled juvenile composition and abundance from southern New Jersey, U. S. A. [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2006, 66: 280-290.
- [26] CLARIDGE P N, POTTER I C, HARDISY M W. Seasonal changes in movements, abundance, size composition and diversity of the fish fauna of the Severn estuary [J]. *Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1986(66): 229-258.
- [27] DRAKE P, ARIAS A M. Composition and seasonal fluctuations of the ichthyoplankton community in a shallow tidal channel of Cadiz bay (S. W. Spain) [J]. *Fish Biology*, 1991(39): 245-263.
- [28] 凌建忠,李圣法,严利平. 东海区主要渔业资源利用状况的分析[J]. *海洋渔业*,2006,28(2):111-116.
- [29] 徐开达,刘子藩. 东海区大黄鱼渔业资源及资源衰退原因分析[J]. *大连水产学院学报*,2007,22(5):392-396.
- [30] 沈新强,袁骐,王云龙,等. 长江口、杭州湾附近渔业水域生态环境质量评价研究[J]. *水产学报*,2003,27(s):76-81.

Study on the species composition and diversity of fish larvae and juveniles in the north of Hangzhou Bay

YAN Xin¹, ZHONG Jun-sheng¹, WANG Ming-xing¹, LI An-dong¹, JIANG Xue-lian¹, WANG Chu-qing¹, QIU Yan-fang²

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Law Enforcement Team, Agriculture Commission of Pudong District, Shanghai 201308, China)

Abstract: To clarify the species composition and diversity of fish larvae and juveniles in the north of Hangzhou Bay, monthly collections were held by a larva net (1.3 m mouth-diameter, 0.5 mm mesh-aperture) from January to December, 2013. There are 10 sample stations in this study. A total of 81 eggs belonging to 6 species from 4 families and a total of 143,782 individuals of more than 69 species from 23 families were collected. The number of estuarine species and marine species was 34 and 24 respectively, greater than that of diadromous species (4 species) and fresh water species (7 species). *Collichthys lucidus* is in the majority among eggs. The most dominant species of them was *Tridentiger barbatus*, accounting for 62.88% of this total abundance, followed by *C. lucidus* for 13.02%, *Coilia mystus* for 9.22%, *Acanthogobius flavimanus* for 2.56% and *Acanthogobius ommaturus* for 2.32%. Fish larvae in preflexion stage accounted for 89.12% of total abundance and were most in June (85.31%). Species number and density in spring and summer were significantly higher than those in autumn and winter. The density in June had a sharp increase (13.50 ind/m³) and the species number in July (species number = 18) was the greatest of all months. The Margalef index changed greatly overall and sharply between months. The Shannon-Wiener index and Pielou evenness index had smaller changes between months.

Key words: Hangzhou Bay; larvae and juveniles; species composition; diversity index