



岱衢洋产卵场鱼卵、仔稚鱼群落结构及其与环境因子的关系

樊紫薇^{1,2}, 蒋日进^{1,2*}, 张洪亮^{1,2}, 陈峰^{1,2},
印瑞^{1,2}, 张琳琳^{1,2}, 梁君^{1,2}

(1. 浙江海洋大学海洋与渔业研究所, 浙江 舟山 316021;

2. 浙江省海洋水产研究所, 农业农村部重点渔场渔业资源科学观测实验站,
浙江省海洋渔业资源可持续利用技术研究重点实验室, 浙江 舟山 316021)

摘要: 为了解岱衢洋海域鱼卵、仔稚鱼的群落结构及其与环境因子的关系, 本团队分别在2010年5月—2012年2月春、夏、秋和冬季, 利用大型浮游生物网在此海域开展了8个航次调查。共采集到鱼卵1 042粒, 仔稚鱼2 055尾, 隶属于10目19科37种。鱼卵优势种为扁舵鲈和小带鱼等; 仔稚鱼的优势种为鲛、鳀和中华小公鱼等。调查海域鱼卵的平均密度是8.40粒/100 m³, 仔稚鱼的平均密度是14.85尾/100 m³。单因素方差分析结果显示, 2010年和2011年春、夏季4个季节之间丰富度指数(D)、均匀度指数(J')和多样性指数(H')均存在极显著差异。鱼卵、仔稚鱼资源密度分布不均匀, 春、夏季较高, 冬季最低, 大体呈现南高北低的趋势。Pearson相关性结果分析得出, 与鱼卵、仔稚鱼关系最密切的环境因子为温度、盐度和海水悬浮物。研究表明, 春、夏季是岱衢洋海域鱼类产卵的重要时期, 该海域是鳀、扁舵鲈、中华小公鱼等中上层鱼类的重要产卵场和育幼场。

关键词: 鱼卵; 仔稚鱼; 季节变化; 种类组成; 环境因子

中图分类号: S 931

文献标志码: A

鱼卵、仔稚鱼作为鱼类生活史的重要发育阶段, 是海洋生物食物链中主要的饵料生物, 其中仔稚鱼又是重要的初级消费者, 在海洋生态系统物质能量传递中扮演了关键的角色。鱼卵、仔稚鱼的数量变化影响鱼类资源的补充, 开展其种类、数量和群落结构的研究是渔业资源评估的重要组成部分^[1], 也是研究鱼类资源生态学的重要内容之一。

岱衢洋位于舟山群岛的长涂岛和衢山岛之间, 西起火山列岛, 东至浪岗山列岛^[2]。得天独厚的地理位置和优越的海洋环境成为著名的“岱衢族”大黄鱼(*Larimichthys crocea*)的产卵、育幼与

索饵场所^[3], 也是小黄鱼(*L. polyactis*)、带鱼(*Trichiurus japonicus*)和银鲳(*Pampus argenteus*)等经济鱼类的栖息地^[4-5]。岱衢洋产卵场在海洋渔业中占据着重要位置, 我国生态学者、环境学者曾对该海域的渔业资源状况进行深入的探究。20世纪60年代后期, 岱衢族大黄鱼资源被过度利用, 致使其资源数量急剧下降, 产卵场黄鱼渔汛逐步消失^[6]。张洪亮等^[7]研究发现, 岱衢洋海域甲壳动物以广温、广盐种类为主, 生物量与尾数密度受底层水温季节变化显著。有报道显示, 该海域总体处于轻污染状态, 浮游植物种类数由近岸向远岸呈递减趋势, 夏、

收稿日期: 2019-04-11 修回日期: 2019-07-20

资助项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0900904; 2017YFA0604904); 浙江省重点研发计划项目(2019C02056); 浙江省科技计划项目(2017F50015); 浙江省自然科学基金(LY17C190006)

通信作者: 蒋日进, E-mail: jiangridge@163.com

秋、冬季水质明显优于春季^[8]。迄今为止, 尚无针对岱衢洋海域的鱼卵、仔稚鱼群落结构及其与环境因子关系的相关研究报道。

鱼卵、仔稚鱼的分布、生长等与海洋环境变化密切相关^[9]。近年来, 随着港口、发电厂等近岸工业的迅速发展, 导致海洋生态系统结构在一定程度上发生改变, 渔业资源衰退, 为了解当前海洋环境对该海域鱼卵、仔稚鱼种类和数量分布的影响, 需进一步研究其群落结构特征与环境因子的关系。本实验通过对2010—2012年岱衢洋海域鱼卵、仔稚鱼的种类组成、数量分布、生物多样性变化以及与环境因子的关系等方面的分析, 以期为该海域渔业水域环境的修复和生物资源的合理利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查站位及样品采集

在岱衢洋海域设置10个站位(图1), 于2010年5月(春季)、8月(夏季)、11月(秋季), 2011年2月(冬季)、5月(春季)、8月(夏季)、11月(秋季)和2012年2月(冬季)进行了8个航次的鱼卵、仔稚鱼调查。鱼卵、仔稚鱼采集方法依据《海洋调查规范》^[10], 采用大型浮游生物网(口径80 cm、长280 cm、网目尺寸0.505 cm)逐站进行表层水平拖网采样, 每站拖10 min, 拖速为2

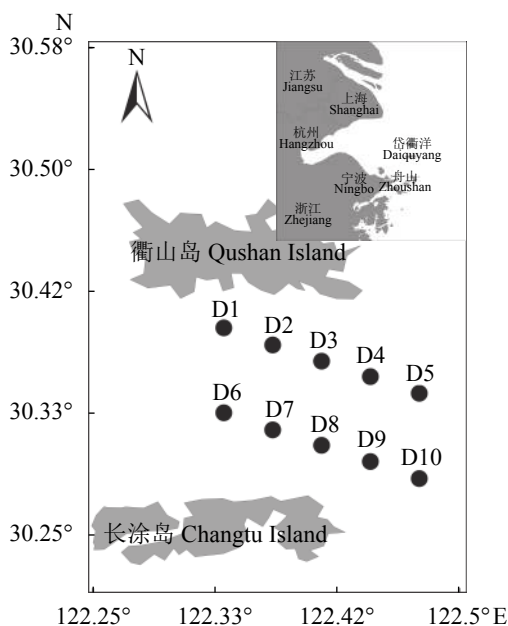


图1 岱衢洋样品采集调查站位

Fig. 1 Sampling station of ichthyoplankton in Daiqiyang

nmile/h, 网口均配备水平流量计, 对温度(T)、盐度(S)、悬浮物(SPM)等相关环境因子数据采用多功能水质检测仪(JFE-AAQ171)进行同步采集。采集样品用5%甲醛溶液固定后带回实验室, 并根据鱼卵、仔稚鱼的形态特征进行种类鉴定, 并计数。

1.2 数据处理与分析方法

相对重要性指数 鱼卵、仔稚鱼以每网实际数量(粒、尾)来计算其密度, 单位分别为粒/网和尾/网。利用Pianka^[11]等相对重要性指数(index of relative importance, 简称IRI)^[11]计算, 公式:

$$IRI = N(\%) \times F(\%) \times 10^4$$

式中, N 为某一类鱼卵或仔稚鱼数量占采获鱼卵或仔稚鱼总量的百分比; F 为某一类鱼卵或仔稚鱼出现的站位数占总调查站位数的百分比, IRI 值大于1 000为优势种, 1 000~100为重要种。

$$IRI(\%) = IRI_i \times 100\% / \sum_{i=1}^n IRI_i$$

式中, IRI_i 为第*i*种鱼卵或仔稚鱼的相对重要性指数。

物种多样性指数 Shannon-weinner指数(H')计算公式:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$$

丰富度(D)计算公式:

$$D = (S - 1) / \log_2 N$$

均匀度(J')计算公式:

$$J' = H' / \log_2 S$$

采用SPSS 17.0软件进行单因素方差分析(One-Way ANOVA)检验各个季节站位间物种多样性的相关性。

群落结构分析 用Primer premier 5.0软件进行聚类分析(Cluster)和非度量多维标度排序(non-metric multi-dimensional scaling, NMDS)来分析群落结构特征, 对鱼卵、仔稚鱼数据采用对数转化[lg(x+1)]并进行相关分析。用胁强系数(stress)来衡量NMDS分析结果的优劣, 当0<stress<0.05时, 表示NMDS二维点图对群落的划分具有很好的代表性^[12]。

环境因子分析 将采集到的鱼卵、仔稚鱼丰度与该海域温度、盐度、悬浮物、氨氮(Am)和硝酸盐(Nr)等环境因子进行Pearson相关性分析, 并列出现相关系数*R*值与检验*t*值。同时, 运

用Canoco 5.0软件对鱼类浮游生物与环境因子之间的关系进行分析及排序图绘制,以揭示不同环境因子对鱼卵、仔稚鱼分布的影响。对物种数据进行除趋势对应分析(DCA),根据每个轴的梯度长度(LGA)选择适宜的排序方法。当LGA<3时,选择冗余分析(RDA);当LGA>4时,则可运用典范对应分析(CCA);当3<LGA<4时,二者皆可^[13]。根据DCA分析结果,本实验采用线性模型的RDA分析。

2 结果

2.1 采集样品的分析

分别在2010年5、8、11月和2011年2月共采集鱼卵、仔稚鱼20种,隶属于6目11科。其中,鲈形目(Perciformes)种类最多,为6科11种,占55%;鲱形目(Clupeiformes)次之,鉴定到1科4种,占20%;鳗鲡目(Anguilliformes)和鲻形目(Mugiliformes)均为1科1种,各占5%。鉴定出鱼卵9种,隶属于4目7科,3种鉴定到科,2种鉴定到属;鉴定出仔稚鱼15种,隶属于5目9科。

分别在2011年5、8、11月和2012年2月共采集鱼卵、仔稚鱼30种,隶属于10目18科。其中,鲈形目种类最多,为8科15种,占50%;鲱形目次之,为2科5种,占16.67%;鳗鲡目为2科2种,占6.67%;灯笼鱼目(Myctophiformes)、鲾形目均为1科2种,各占6.67%;颌针鱼目(Beloniformes)、鲑形目(Salmoniformes)、月鱼目(Lampridiformes)和鲉形目(Scorpaeniformes)各为1科1种,各占3.33%。鉴定出鱼卵有11种,隶属于4目8科;仔稚鱼21种,隶属于8目16科(表1)。

2.2 优势种及其季节变化

2010年5月鱼卵的优势种是舌鳎科(Cynoglossidae)未定种(IRI为40.00%)和小带鱼(*Eupleurogrammus muticus*)(IRI为38.24%);仔稚鱼的优势种是鲃(*Liza haematocheila*)(IRI为55.65%)和丝鳍鲻(*Callionymus virgis*)(IRI为16.09%);2011年5月鱼卵的优势种是小带鱼(IRI为43.48%);仔稚鱼的优势种为鳀(*Engraulis japonicus*)(IRI为73.50%)和矛尾虾虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)(IRI为19.46%);2010年8月鱼卵和仔稚鱼的优势种均为扁舵鲹(*Auxis thazard*),IRI分别为95.81%、57.32%,2011年8月鱼卵的优势种为鲻属(*Leiognathus*)未定种(IRI为30.45%);仔稚鱼的优势种为中华小公鱼

(*Stolephorus chinensis*)(IRI为86.46%)。2010年11月和2011年2月均未捕获到鱼卵、仔稚鱼;2011年11月和2012年2月未捕获到鱼卵,11月仔稚鱼的优势种为中华小公鱼(IRI为80%),2月仔稚鱼的优势种为银鱼属未定种(*Salanx* sp.)(IRI为57.14%)和斑头六线鱼(IRI为42.86%)(表2)。

2.3 物种多样性指数

2010年5月物种丰富度指数(D)、均匀度指数(J)和多样性指数(H')均最高;2011年8月物种丰富度指数(D)和多样性指数(H')均最高,全年呈现出先递增后递减的趋势,2012年2月均匀度指数(J)为最高,全年呈现出递增的趋势(图2)。

由于2011年11月和2012年2月有多个站位鱼卵、仔稚鱼数值为0,不利于对站位进行物种多样性分析,因此对其余四个季节进行分析。

单因素方差分析结果显示,岱衢洋海域鱼卵、仔稚鱼丰富度指数(D)在组间存在极显著差异($F=10.582$, $P<0.01$),2010年5月与2010年8月、2011年5月存在极显著差异($P<0.01$),与2011年8月存在显著差异($P<0.05$);2011年8月与2010年8月存在极显著差异($P<0.01$)(表3)。

此海域鱼卵、仔稚鱼均匀度指数(J)在组间存在极显著差异($F=9.526$, $P<0.01$),2010年5月与2010年8月、2011年5月、2011年8月均存在极显著差异($P<0.01$);2010年8月与2011年8月存在显著差异($P<0.05$)(表3)。

多样性指数(H')在组间存在极显著差异($F=18.021$, $P<0.01$),2010年5月与2010年8月、2011年5月存在极显著差异($P<0.01$),与2011年5月存在显著差异($P<0.05$);2010年8月与2011年5月存在显著差异($P<0.05$),与2011年8月极显著差异($P<0.01$);2011年5月和2011年8月存在显著差异($P<0.05$)(表3)。

2.4 鱼卵和仔稚鱼的空间分布

2010年5月共采集到鱼卵、仔稚鱼12种,计209个,隶属于6目10科;其中D1站位密度最大,为23.80个/100 m³。2010年8月共采集到鱼卵、仔稚鱼8种,计471个,隶属于3目4科;其中D10站位密度最大,为63.16个/100 m³,8月平均密度为春季的2.75倍(图3)。2010年11月和2011年2月未采集到鱼卵、仔稚鱼。

2011年5月共采集到鱼卵、仔稚鱼13种,计1304个,隶属于7目11科;其中D6~D10站位密度

表 1 2010年5月—2012年2月岱衢洋海域鱼卵、仔稚鱼的种类组成

Tab. 1 Species composition of ichthyoplankton in Daiquyang from May 2010 to February 2012

种类 species	季节 season				编号 no.
	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter	
鲱形目 Clupeiformes					
鲱科 Clupidae					
鲱科未定种 Clupidae sp.		*			1
鳀科 Engraulidae					
鳀 <i>E. japonicus</i>	+	*			2
中华小公鱼 <i>S. chinensis</i>		*+		+	3
中颌棱鳀 <i>Thryssa mystax</i>	*				4
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>		+			5
棱鳀属未定种 <i>Thryssa</i> sp.		*+			6
灯笼鱼目 Myctophiformes					
狗母鱼科 Synodontidae					
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>		*			7
蛇鲻属未定种 <i>Saurida</i> sp.	*				8
鳗鲡目 Anguilliformes					
蛇鳗科未定种 Ophichthyidae sp.	+				9
海鳗科 Muraenidae					
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	+	+			10
鲷针鱼目 Beloniformes					
飞鱼科 Exocoetidae					
尖头燕鲹 <i>Cypselurus oxycephalus</i>	+				11
月鱼目 Lampridiformes					
海龙科 Syngnathidae					
舒氏海龙 <i>Syngnathus schlegeli</i>	+				12
鲻形目 Mugiliformes					
鲻科 Mugilidae					
鲻 <i>Liza haematocheilus</i>	+				13
鲈形目 Perciformes					
鲈科 Sillaginidae					
少鳞鲈 <i>Sillago japonica</i>		+			14
鲈科未定种 Sillaginidae sp.	*				15
石首鱼科 Sciaenidae					
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengeri</i>	*				16
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>		+			17
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>		+			18

· 续表1 ·

种类 species	季节 season				编号 no.
	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter	
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	+				19
石首鱼科未定种 <i>Sciaenidae</i> sp.			*		20
鳊科 <i>Leiognathidae</i>					
鳊属 <i>Leiognathus</i> sp.			*		21
石鲈科 <i>Pomadasyidae</i>					
横带髯鲷 <i>Hapalogenys mucronatus</i>	+				22
鳚科 <i>Callionymidae</i>					
丝鳍鳚 <i>C. virgis</i>	+	+			23
带鱼科 <i>Trichiuridae</i>					
小带鱼 <i>E. muticus</i>	*+		*		24
带鱼 <i>T. lepturus</i>			+		25
鲭科 <i>Scombridae</i>					
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	*+		+		26
扁鲂 <i>A. thazard</i>			*+		27
虾虎鱼科 <i>Gobiidae</i>					
虾虎鱼科未定种 <i>Gobiidae</i> sp.	+		+		28
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	+				29
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>			+		30
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	+			+	31
拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>			+		32
鲉形目 Scorpaeniformes					
六线鱼科 <i>Hexagrammidae</i>					
斑头六线鱼 <i>Agrammus agrammus</i>				+	33
鳎形目 Pleuronectiformes					
舌鳎科 <i>Cynoglossidae</i>					
焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i>			+		34
舌鳎科未定种 <i>Cynoglossidae</i> sp.		*			35
舌鳎属未定种 <i>Cynoglossus</i> sp.			*		36
鲑形目 Salmoniformes					
银鱼科 <i>Salangidae</i>					
银鱼属未定种 <i>Salanx</i> sp.				+	37

注：“*”表示鱼卵，“+”表示仔稚鱼

Notes: “*” means fish eggs, “+” means fish larvae

均较高，变化范围为60.7~155.64个/100 m³。2011年8月的平均密度为全年最高，共采集到鱼

<http://www.sxuebao.cn>

卵、仔稚鱼18种，计1 098个，隶属于5目12科；其中在D3、D7、D8、D9和D10站位处密度较

中国水产学会主办 sponsored by China Society of Fisheries

表 2 2010年5月—2012年2月岱衢洋海域鱼卵仔稚鱼优势种和重要种组成

种类 species	2010-05	2010-08	2011-05	2011-08	2011-11	2012-02
鲰 <i>L. haematocheilus</i>	3 062.20		300.61			
小带鱼 <i>E. muticus</i>	1 291.87					
丝鳍鲭 <i>C. virgis</i>	885.17					
虾虎鱼科未定种 <i>Gobiidae</i> sp.1	602.87		205.52			
舌鳎科未定种 <i>Cynoglossidae</i> sp.	325.36					
扁鲐鲳 <i>A. thazard</i>		8 619.96				
蛇鲻属未定种 <i>Saurida</i> sp.	129.19					
鳀 <i>E. japonicus</i>	191.39	212.31	5 386.50			
矛尾虾虎鱼 <i>C. stigmatias</i>			1 426.38			
中华小公鱼 <i>S. chinensis</i>				3 819.67	571.43	
鲷属未定种 <i>Leiognathus</i> sp.				688.52		
石首鱼科未定种 <i>Sciaenidae</i> sp.				273.22		
龙头鱼 <i>H. nehereus</i>				473.59		
拉氏狼牙虾虎鱼 <i>O. lacepedii</i>				434.43		
银鱼属未定种 <i>Salanx</i> sp.						2 000.00
斑头六线鱼 <i>A. agrammus</i>						1 500.00

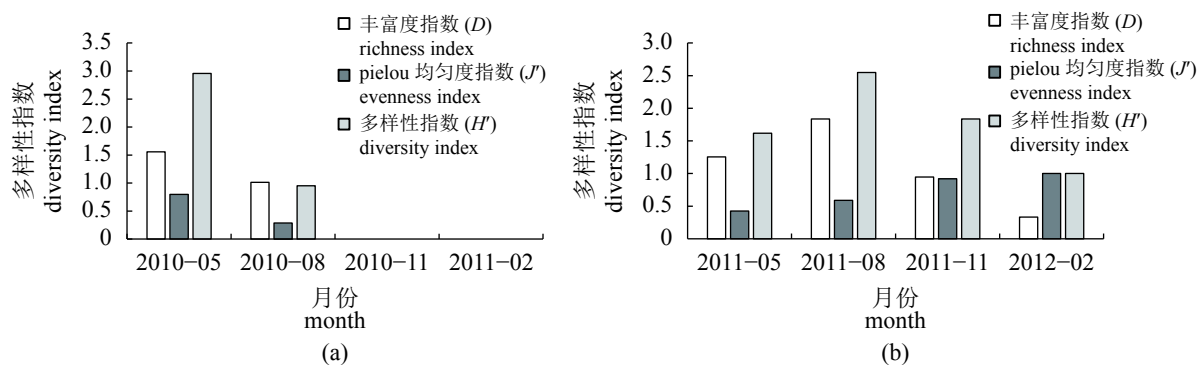


图 2 2010年5月—2012年2月岱衢洋海域鱼卵、仔稚鱼的物种多样性指数

(a)表示2010年5月—2011年2月物种多样性指数, (b)表示2011年5月—2012年2月物种多样性指数

Fig. 2 Species diversity index of ichthyoplankton in Daiquyang from May 2010 to February 2012

(a) represents the species diversity index from May 2010 to February 2011, (b) represents the species diversity index from May 2011 to February 2012

高, 变化范围为80.17~220.37个/100 m³。2011年11月未采集到鱼卵, 采集到仔稚鱼4种, 计8尾, 隶属于2目2科; 其中, D7、D8、D9和D10站位密度均为0, 各站位密度大幅度降低。2012年2月未采集到鱼卵, 采集到仔稚鱼2种, 2尾, 隶属于2目2科, 平均密度低于其他季节(图3)。从全年变化范围来看, 鱼卵、仔稚鱼分布不均匀, 资源密度总体呈现南高北低的趋势。

2.5 群落结构分析

根据Bray-Curtis相似性指数分析结果, 在41.56%的相似性水平上, 可将6个月划分为5个类群。群落 I 包括2012年2月; 群落 II 包括2011年11月; 群落 III 包括2010年8月; 群落 IV 包括2010年5月; 群落 V 包括2011年5月和8月(图4)。ANOSIM分析结果Global $R=0.512$, $P=0.001$ ($P<0.01$), 表明5个群组间存在极显著差异, 表明鱼

卵、仔稚鱼群落结构季节变化极显著。

对岱衢洋海域鱼卵的10种优势种和重要种进行Bray-Curtis相似性指数分析,结果显示,在17.27%的相似性指数水平上,可将该海域内的10种鱼卵的优势种和重要种划分为3个类群,群落I包括舌鲷科未定种、蛇鲻属未定种、中颌

棱鯷、小带鱼和皮氏叫姑鱼5种,群落II包含石首鱼科未定种、鲷属未定种和龙头鱼3种,群落III包含扁舵鲈和鳀2种(表1,图5)。ANOSIM分析结果Global R=0.714, P=0.03(P<0.05),表明3个类群间存在显著差异。

对岱衢洋海域仔稚鱼的15种优势种和重要

表3 2010—2011年春、夏季岱衢洋海域鱼卵、仔稚鱼的物种多样性指数季节变化

Tab. 3 Species diversity index seasonal variation of ichthyoplankton in Daiquyang spring and summer from 2010 to 2011

月份 month	物种多样性指数 species diversity index		
	D	J'	H'
2010-05	1.60±0.47	0.90±0.06	1.42±0.40
2010-08	0.65±0.44	0.45±0.25	0.51±0.33
2011-05	0.89±0.32	0.60±0.26	0.81±0.22
2011-08	1.22±0.34	0.63±0.09	1.13±0.17

注:表中所有数值以平均值±标准差表示
Notes: datas are mean values ± SD

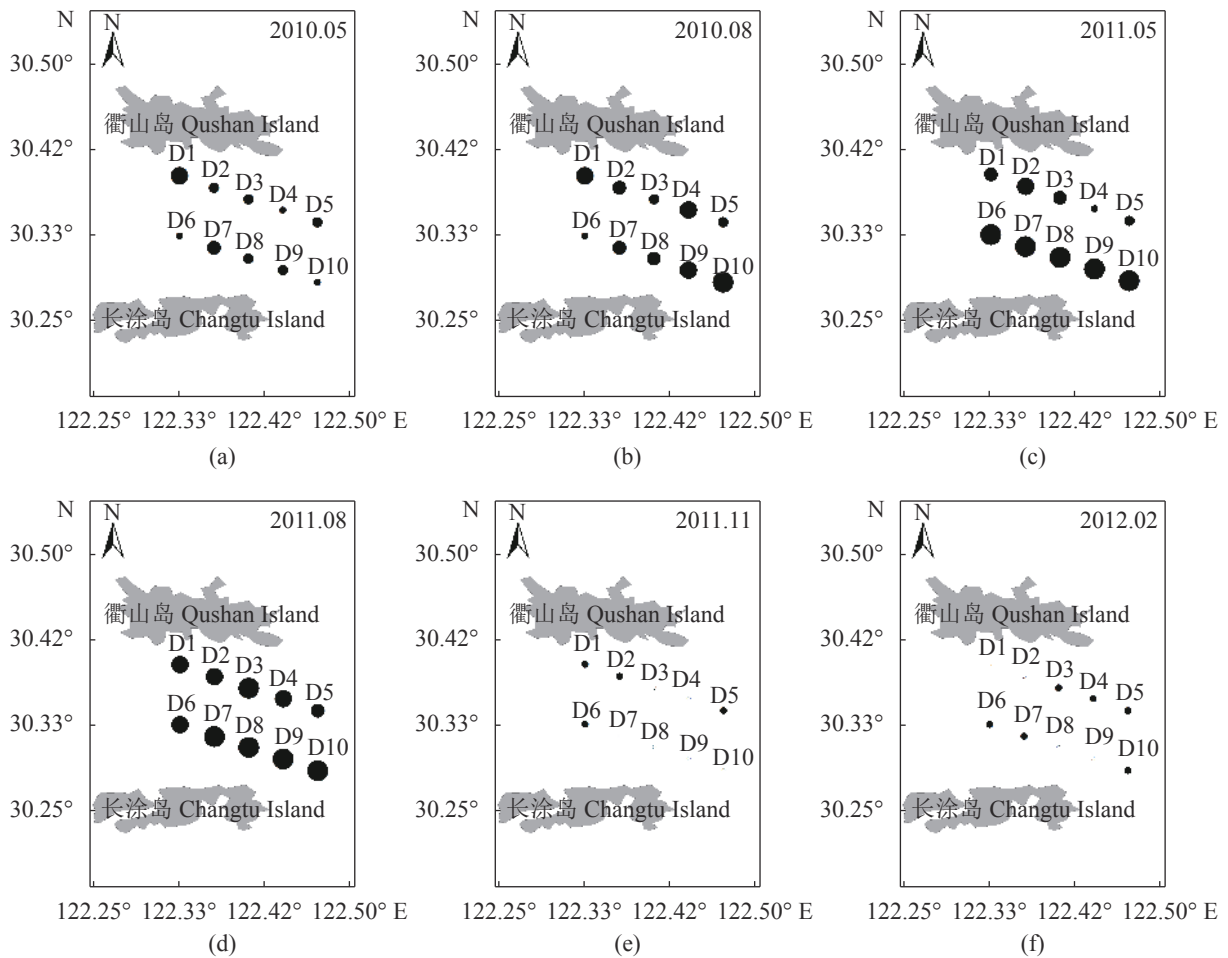


图3 2010年5月—2012年2月岱衢洋海域鱼卵、仔稚鱼空间分布

Fig. 3 The spatial distribution of ichthyoplankton in Daiquyang in the eight investigations from May 2010 to February 2012

种进行Bray-Curtis相似性指数分析。结果显示, 在18.81%的相似性指数水平上可将该海域内的15种仔稚鱼的优势种和重要种可以划分为4个类群, 群落 I 包含中华小公鱼、黄姑鱼和拉氏狼牙虾虎鱼3种, 群落 II 包含虾虎鱼科未定种、丝鳍鳊、小带鱼、鲛、鳀和矛尾虾虎鱼6种, 群落 III 包含银鱼属未定种和斑头六线鱼2种, 组内相似性为93.46%, 群落 IV 包含棱鳀属未定种、扁舵鲣、白姑鱼和焦氏舌鳎4种(表1, 图6)。ANOSIM分析结果Global $R=0.919$, $P=0.001$ ($P<0.01$), 表明4个类群间存在极显著差异。

2.6 种类组成与环境因子的相关性

对岱衢洋海域鱼卵、仔稚鱼调查站位同步环境因子数据进行相关性分析(表4)。2010年5月鱼卵丰度与温度相关性非常显著($P<0.01$)。2011年5月鱼卵丰度与活性磷酸盐(Ni)呈显著负相关($r=0.022$, $P=-0.744$), 仔稚鱼丰度与盐度、悬浮物

相关性非常显著($P<0.01$), 与氨氮有相关性($P<0.05$), 与硝酸盐和活性硅酸盐(Ni)呈显著负相关($r=0.029$, $P=-0.685$); 2011年8月鱼卵丰度与盐度有相关性($P<0.05$), 与活性硅酸盐呈极显著负相关性($r=0.009$, $P=-0.772$)。

2010年5月—2011年2月鱼卵、仔稚鱼的丰度分布与环境因子的RDA分析显示, 第一RDA轴(RDA1, 特征值=0.55)和第二RDA轴(RDA2, 特征值=0.08)表现出很高的物种—环境相关性(RDA1和RDA2与环境因子相关性分别为0.95和0.86)。蒙特卡洛显著性检验结果显示, 第一排序轴和所有排序轴均呈现极显著差异(第一轴: $F=2.1$, $P=0.002$; 所有轴: $F=3.9$, $P=0.002$)。盐度、温度等环境变量与RDA1呈正相关, 其中, 温度及盐度与第一排序轴呈较大正相关, 而与活性磷酸盐呈较大负相关。鳊科、虾虎鱼科和鳀科等鱼卵、仔稚鱼等受盐度影响较大; 舌鳎

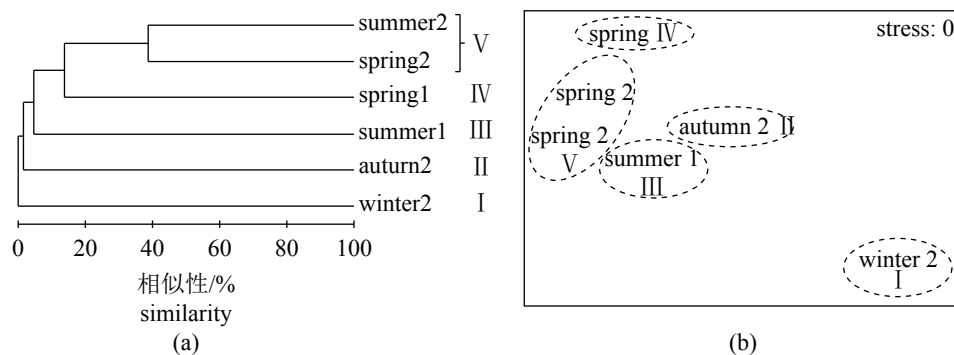


图4 岱衢洋海域鱼卵仔稚鱼群落结构季节变化聚类图(a)和NMDS排序图(b)

Spring 1. 2010年5月, summer 1. 2010年8月, spring 2. 2011年5月, summer 2. 2011年8月, autumn 2. 2011年11月, winter 2. 2012年2月

Fig. 4 Seasonal variations in ichthyoplankton assemblages in Daiquyang demonstrated by clustering and NMDS ordination

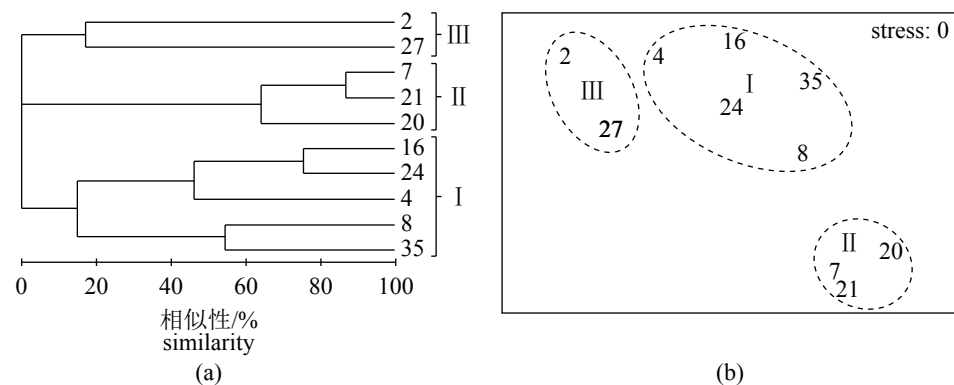


图5 岱衢洋海域鱼卵优势种和重要种聚类图(a)和NMDS排序图(b)

Fig. 5 Dominant and important species of fish eggs in Daiquyang demonstrated by clustering and NMDS ordination

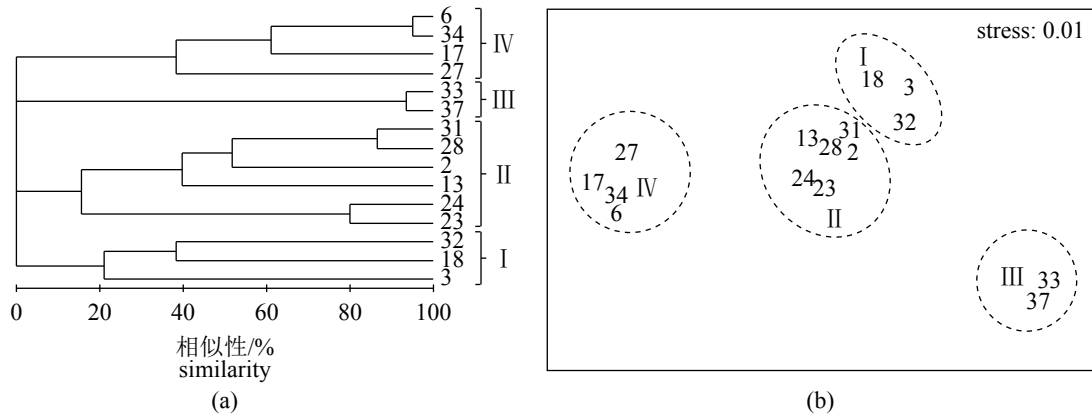


图 6 岱衢洋海域仔稚鱼优势种和重要种聚类图(a)和NMDS排序图(b)

Fig. 6 Dominant and important species of fish larvae in Daiquyang demonstrated by clustering and NMDS ordination

表 4 岱衢洋海域鱼卵、仔稚鱼的丰度与环境因子的Pearson相关分析

Tab. 4 The Pearson's correlation coefficient of the quantities of ichthyoplankton abundance and environmental factors in Daiquyang

时间 time	温度 T	盐度 S	悬浮物 SOM	氨氮 Am	硝酸盐 Nr	活性磷 酸盐 Ni	活性硅 酸盐 AS	
2010-05 鱼卵 fish eggs	Pearson	0.845**	-0.337	-0.313	0.191	0.057	0.083	-0.138
	<i>t</i>	0.002	0.341	0.378	0.681	0.876	0.82	0.705
仔稚鱼 larvae	Pearson	-0.203	0.603	0.5	0.646	0.203	0.314	0.563
	<i>t</i>	0.575	0.065	0.141	0.117	0.574	0.377	0.09
2010-08 鱼卵 fish eggs	Pearson	-0.253	0.476	0.231	-0.186	-0.291	-0.784	-0.596
	<i>t</i>	0.48	0.165	0.521	0.659	0.415	0.065	0.069
仔稚鱼 larvae	Pearson	-0.578	0.478	0.025	-0.2	0.028	-0.495	-0.415
	<i>t</i>	0.08	0.162	0.945	0.635	0.938	0.381	0.233
2011-05 鱼卵 fish eggs	Pearson	0.411	0.563	0.533	0.497	-0.541	-0.744*	-0.422
	<i>t</i>	0.238	0.09	0.113	0.144	0.106	0.022	0.224
仔稚鱼 larvae	Pearson	-0.141	0.765**	0.797**	0.694*	-0.685*	-0.621	-0.685*
	<i>t</i>	0.698	0.01	0.006	0.026	0.029	0.074	0.029
2011-08 鱼卵 fish eggs	Pearson	-0.601	0.722*	-0.184	-0.539	-0.208	-0.655	-0.772**
	<i>t</i>	0.066	0.018	0.611	0.108	0.563	0.078	0.009
仔稚鱼 larvae	Pearson	-0.432	0.514	-0.208	-0.273	-0.053	-0.561	-0.56
	<i>t</i>	0.212	0.129	0.565	0.445	0.884	0.148	0.092
2011-11 仔稚鱼 larvae	Pearson	-0.44	-0.523	-0.294	0.54	-0.419	-0.209	-0.342
	<i>t</i>	0.203	0.121	0.404	0.107	0.229	0.562	0.333
2012-02 仔稚鱼 larvae	Pearson	0.073	-0.002	0.277	-0.152	-0.083	-0.175	0.07
	<i>t</i>	0.842	0.995	0.438	0.676	0.884	0.652	0.847

注: *. 在0.05水平(双侧)上显著相关, **. 在0.01水平(双侧)上显著相关; *t*为双尾检验值

Notes: *. means significantly correlated at the 0.05 level (bilateral), **. means significantly correlated at the level of 0.01 (bilateral); *t* means double-tailed test value

科、石鲈科、飞鱼科、鲭科和狗母鱼科等鱼卵、仔稚鱼受活性硅酸盐、活性磷酸盐等环境因子影响较大(图7-a, 表5)。

2011年5月—2012年2月鱼卵、仔稚鱼的丰度分布与环境因子的RDA分析显示, 第一RDA轴(RDA1, 特征值=0.34)和第二RDA轴(RDA2, 特征值=0.15)表现出很高的物种—环境相关性(RDA1和RDA2与环境因子相关性分别为0.88和0.79)。蒙特卡洛显著性检验结果显示, 第一排序轴和所有排序轴均呈现极显著差异(第一轴:

$F=1.5, P=0.001$; 所有轴: $F=3.7, P=0.001$)。硝酸盐、活性磷酸盐、悬浮物等环境变量与RDA1呈正相关, 其中, 悬浮物、硝酸盐及活性磷酸盐与第一排序轴呈较大正相关, 而与盐度呈较大负相关。舌鳎科、海鳗科等鱼卵、仔稚鱼受硝酸盐、悬浮物等环境因子影响较大; 虾虎鱼科、狗母鱼科、鳀科和带鱼科等鱼卵、仔稚鱼受活性硅酸盐、盐度、温度等环境因子影响较大(图7-b, 表5)。

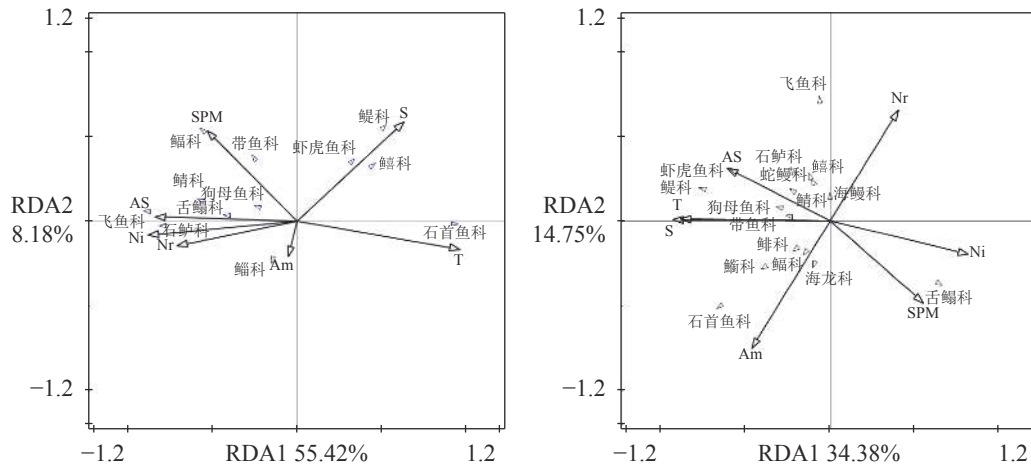


图7 2010年5月—2011年2月(a)和2011年5月—2012年2月(b)岱衢洋海域鱼卵、仔稚鱼和环境因子之间的关系

Fig. 7 The relationship between environmental factors and ichthyoplankton in Daiquyang from May 2010 to February 2011 (a) and May 2011 to February 2012 (b)

表5 2010年5月—2011年2月和2011年5月—2012年2月岱衢洋海域基于RDA分析的鱼卵、仔稚鱼丰度与环境因子的关系

Tab. 5 Relationship between ichthyoplankton abundance and environmental factors based on RDA analysis of Daiquyang from May 2010 to February 2011 and May 2011 to February 2012

环境参数 environmental variables	2010-05—2011-02		2011-05—2012-02	
	RDA1 (55.42%)	RDA2 (8.18%)	RDA1 (34.38%)	RDA2 (14.75%)
温度 T	0.91	-0.14	-0.77	0.01
盐度 S	0.6	0.5	-0.81	0.01
悬浮物 SPM	-0.51	0.46	0.49	-0.38
氨氮 Am	-0.05	-0.18	-0.4	-0.59
硝酸盐 Nr	-0.68	-0.12	0.51	0.51
活性磷酸盐 Ni	-0.84	-0.07	0.72	-0.15
活性硅酸盐 AS	-0.8	0.02	-0.53	0.24

3 讨论

3.1 鱼卵、仔稚鱼的种类组成

鱼卵、仔稚鱼的资源变化是衡量鱼类补充机制的重要指标之一^[14]。2010年—2012年岱衢洋海域鱼类产卵的高峰期为春季和夏季, 春、夏季采集到的鱼卵、仔稚鱼的数量占捕获总量的98%, 远高于秋、冬季。鱼卵、仔稚鱼的优势种发生了显著的变化, 优势种从2010年春、夏季扁舵鲹、鲛等鱼类更替为2011年春、夏季鳀、中华小公鱼等鱼类, 这可能与调查的时间及鱼类的生态习性有关, 鳀、中华小公鱼等中上层鱼类资源量易受叶绿素、温度等环境因素的影响^[15], 导致群体种类的年际变化较大。郑元甲等^[16]研究认为中国近海底层鱼类资源逐渐衰退, 中上层鱼类资源比例上升。本研究发现岱衢洋海域中上层鱼类的数量所占比例较高, 其鱼卵、仔稚鱼分别占

各季总量的63.07%和53.26%，这与杨艳艳等^[17]等对莱州湾海域鱼卵、仔稚鱼的研究结果相似。扁舵鲹是一种繁殖力强的中上层鱼类^[18]，在2010年夏季大量出现，密度达到1 960.1个/100 m³，远高于其他物种，这与扁舵鲹群体资源量较大有关。

3.2 鱼卵、仔稚鱼群落结构特征

自20世纪中后期以来，东海区的渔业资源结构逐步向营养层次低的中上层小型鱼类演替^[19]，群落中的高营养级大黄鱼、小黄鱼和带鱼等经济鱼类的数量逐渐减少^[20]，本研究发现，岱衢洋海域鱼卵、仔稚鱼的优势种主要以鲹、中华小公鱼和矛尾虾虎鱼等饵料性种类为主，这可能与捕捞强度过大以及环境变化等因素紧密相关。

聚类和排序分析结果显示，鱼卵、仔稚鱼群落结构季节变化显著(图4)，可能与优势种或者重要种的各月所占数量比例变化有关，2010年8月、2011年5月和8月，扁舵鲹、鲹、小公鱼等种类所占不同航次总捕获量的比例较大，且多为中上层鱼类，对环境变化的敏感度较高。鱼卵的优势种和重要种3个类群间存在显著差异(图5)。其中，群落Ⅰ包含2010年和2011年5月鱼卵的优势种和重要种，群落Ⅱ包含2010年8月鱼卵的优势种和重要种，群落Ⅲ包含2011年8月鱼卵的优势种和重要种。春季台湾暖流与江浙沿岸流在此交汇及长江冲淡水势利的综合影响，带来了丰富的营养物质且环境适宜，驱使洄游性鱼类到此繁殖，调查海域两年春季各环境因子变化稳定，共同种为小带鱼和蛇鲻属未定种，它们的产卵期开始于5月^[1]，与调查时间相吻合。夏季近岸海域水温升高，鱼类由深水区分向近岸海域进行产卵、索饵，产卵区域也向近岸海域扩展，鱼类资源丰富且数量多，同时也可能与夏季降水量和入海径流量增大有关，导致该海域两年中夏季环境因子差异显著，无共同种存在。

仔稚鱼的优势种和重要种4个类群间存在极显著差异(图6)。其中，群落Ⅰ包含2010年8月仔稚鱼的优势种和重要种，群落Ⅳ包含2011年8月仔稚鱼的优势种和重要种，2011年8月仔稚鱼的数量大约为2010年的10.7倍，且以焦氏舌鳎、拉氏狼牙虾虎鱼和黄姑鱼等底层鱼类为主，2010年

8月仔稚鱼以扁舵鲹、蓝点马鲛和梭鲈属未定种等中上层鱼类为主，因此两个季节无共同种存在，分为两个群落；群落Ⅱ包含2010年和2011年5月的优势种和重要种，两个季节仔稚鱼种类以底层鱼类为主，受环境因子影响较小，共同种为鲛、鲹以及虾虎鱼科未定种；群落Ⅲ包含2012年2月仔稚鱼的优势种和重要种，冬季深水海域的水温较沿岸海域高，鱼类在深水温度较高区域产卵^[21]，因此冬季调查海域捕获的鱼卵、仔稚鱼数量少。

3.3 鱼卵、仔稚鱼与环境因子的相关性

海洋理化因子如温度、盐度、叶绿素等是影响鱼类浮游生物的重要因素，Miller等^[22]认为早期渔业资源生命脆弱，易受环境变化的影响，鱼卵和仔稚鱼的生长发育与海流、水温以及盐度等海洋环境密切相关^[23-25]。

岱衢洋海域鱼卵、仔稚鱼的多样性指数均是春夏大于秋冬，适宜的温度促进鱼卵、仔稚鱼的代谢和运动，进而影响其生长发育^[26]。温度是影响鱼卵的孵化、仔稚鱼的代谢及运动生长的关键因素^[27]；盐度是影响鱼卵、仔稚鱼的性腺发育、胚胎孵化等生理功能的重要因素^[28]。本研究通过Pearson相关性分析表明，该海域温度和盐度对鱼卵、仔稚鱼的影响趋势较为明显(表3)，仔稚鱼与悬浮物呈现极显著正相关，悬浮物对鱼类群落结构影响很大，悬浮物高的区域会降低水中透明度，抑制浮游植物光合作用，影响浮游生物食性鱼类的分布^[29]，而邱东茹等^[30]研究认为，悬浮物多不利于靠视觉定位的凶猛性鱼类捕食，从而减轻了对摄食浮游生物和底栖生物的鱼类的捕食压力。2011年岱衢洋海域水体呈现中度污染且轻度富营养化状态^[8]，在本研究中鱼卵与活性磷酸盐、活性硅酸盐均呈现显著负相关。

RDA分析是一种直接梯度分析方法，每一步计算结果与环境因子进行回归分析，以确定鱼类群落与环境因子的对应关系^[31]。RDA分析结果表明，研究区域的鱼卵仔稚鱼群落均受到温度、盐度、悬浮物、活性磷酸盐及氨氮等环境因子的影响。其中，虾虎鱼科、鲳科等大多为底层鱼类，主要分布于盐度较高的区域；皮氏叫姑鱼、白姑鱼、黄姑鱼等石首鱼科鱼类大多为洄游性种，受水温影响较大；带鱼科、舌鳎科和狗母鱼科等底栖动物食性鱼类，分布在悬

浮物含量高的区域, 而鳃科等浮游生物食性鱼类在悬浮物高的区域分布较少。

岱衢洋是大黄鱼的传统产卵场, 20世纪70年代之前, 最高产量可达20万t, 但在此之后, 大黄鱼产量急剧下降, 到80年代末90年代初, 大黄鱼的产量只有70年代的1%^[32]。20世纪80年代中期岱衢洋大黄鱼无法形成渔汛, 并且渔获物中成鱼数量很少, 大多为幼体, 至今大黄鱼资源仍未恢复^[6]。张洪亮等^[33]于2007年用定置刺网捕获到大黄鱼成鱼, 在本研究的调查中却未发现有大黄鱼的鱼卵和仔稚鱼。这是由于近几十年来舟山沿岸工业的快速发展, 大面积的填海工程和污染排放, 致使该海域的生态环境及海洋生物资源遭到严重人为干扰^[34]; 同时, 渔船功率的增大、捕捞技术的改善以及对大黄鱼的灭绝式捕捞等不合理的利用方式, 严重破坏了大黄鱼种群的资源基础。目前, 增殖放流被认为是恢复“岱衢族”大黄鱼资源的可行而且有效的措施之一^[35]。

本研究得到了浙江省海洋水产研究所渔业资源与生态研究室王伟定、贺舟挺、徐开达、张亚洲和浙江海洋大学许永久等老师的大力协助, 特表谢忱!

参考文献:

- [1] 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.
Wan R J, Jiang Y W. The species and biological characteristics of the eggs and larvae of osteichthyes in the Bohai Sea and Yellow Sea[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2000, 9(4): 290-297(in Chinese).
- [2] 虞研原. 舟山渔场岱衢洋、大戢洋饵料浮游动物初步调查[J]. 水产学报, 1965, 2(1): 69-74.
Yu Y Y. A preliminary study of the zooplankton of the Chu-San region, at Taichu-Yang and Dajie-Yang[J]. Journal of Fisheries of China, 1965, 2(1): 69-74(in Chinese).
- [3] 张洪亮, 徐开达, 朱增军, 等. 岱衢洋鱼类资源及其群落多样性的季节变化[J]. 水产学报, 2012, 36(4): 601-607.
Zhang H L, Xu K D, Zhu Z J, et al. Seasonal variations of fish resources and its community diversity in Daiquyang[J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(4): 601-607(in Chinese).
- [4] 李星颢, 吴常文. 浙江北部沿岸海域经济鱼类幼鱼的分布与变动[J]. 浙江水产学院学报, 1984, 3(2): 121-129.
Li X J, Wu C W. Distribution and fluctuations of the larvae of valued fish in coastal waters of Zhejiang[J]. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 1984, 3(2): 121-129(in Chinese).
- [5] 赵峰, 施兆鸿, 庄平. 银鲳繁育生物学研究进展[J]. 海洋科学, 2010, 34(1): 90-96.
Zhao F, Shi Z H, Zhuang P. Advance on reproductive biology and artificial breeding technology of silver pomfret, *Pampus argenteus*[J]. Marine Sciences, 2010, 34(1): 90-96(in Chinese).
- [6] 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.
Xu K D, Liu Z F. The current stock of large yellow croaker *Pseudosciaena crocea* in the East China sea with respects of its stock decline[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2007, 22(5): 392-396(in Chinese).
- [7] 张洪亮, 潘国良, 王伟定, 等. 岱衢洋拖网甲壳动物多样性的季节变化[J]. 海洋与湖沼, 2012, 43(1): 95-99.
Zhang H L, Pan G L, Wang W D, et al. Seasonal variations of diversity of crustaceans caught by bottom trawl in Daiquyang[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2012, 43(1): 95-99(in Chinese).
- [8] 李振华, 张亚洲, 周永东, 等. 岱衢洋海域2010~2011年网采浮游植物群落特征与水质评价[J]. 浙江大学学报(理学版), 2017, 44(3): 327-338.
Li Z H, Zhang Y Z, Zhou Y D, et al. Community structures and water quality evaluation of the net-phytoplankton in Daiquyang, Zhejiang Province[J]. Journal of Zhejiang University (Science Edition), 2017, 44(3): 327-338(in Chinese).
- [9] Sherman K, Lasker R, Richards W, et al. Ichthyoplankton and fish recruitment studies in large marine ecosystems[J]. Marine Fisheries Review, 1983, 45(10-12): 1-25.
- [10] 国家质量技术监督局. GB/T 12763. 6-1991海洋调查规范海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
State Bureau of Quality and Technical Supervision. GB/T 12763. 6-1991 The specification for oceanographic survey-Marine biological survey[S].

- Beijing: China Standard Press, 1992(in Chinese).
- [11] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefish tuna, and bonito in California waters[J]. *Water Research*, 1971, 18(6): 653-594.
- [12] Hammer Ø, Harper D A T. *Paleontological Data Analysis*[M]. Oxford: Wiley-Blackwell, 2006.
- [13] Lepš J, Šmilauer P. *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*[M]. New York: Cambridge University Press, 2003.
- [14] 王爱勇, 万瑞景, 金显仕. 渤海莱州湾春季鱼卵、仔稚鱼生物多样性的年代际变化[J]. *渔业科学进展*, 2010, 31(1): 19-24.
- Wang A Y, Wan R J, Jin X S. Decadal variations of ichthyoplankton biodiversity in spring in Laizhou Bay of the Bohai Sea[J]. *Progress in Fishery Science*, 2010, 31(1): 19-24(in Chinese).
- [15] 石永闯, 陈新军. 小型中上层海洋鱼类资源评估研究进展[J]. *海洋渔业*, 2019, 41(1): 118-128.
- Shi Y C, Chen X J. A review of stock assessment methods on small pelagic fish[J]. *Marine Fisheries*, 2019, 41(1): 118-128(in Chinese).
- [16] 郑元甲, 李建生, 张其永, 等. 中国重要海洋中上层经济鱼类生物学研究进展[J]. *水产学报*, 2014, 38(1): 149-160.
- Zheng Y J, Li J S, Zhang Q Y, *et al.* Research progresses of resource biology of important marine pelagic food fishes in China[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2014, 38(1): 149-160(in Chinese).
- [17] 杨艳艳, 高彦洁, 汪健平, 等. 莱州湾春、夏季鱼卵、仔稚鱼群落结构及环境因子相关性[J]. *生态学杂志*, 2018, 37(10): 2976-2984.
- Yang Y Y, Gao Y J, Wang J P, *et al.* Community structure of ichthyoplankton and its relationship with environmental factors in Laizhou Bay[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2018, 37(10): 2976-2984(in Chinese).
- [18] 赵传网, 陈莲芳, 臧增嘉. 东海舵鲣的早期发育和生殖习性[J]. *水产学报*, 1982, 6(3): 253-266.
- Zhao C Y, Chen L F, Zang Z J. On the early development and the reproductive behaviour of *auxis* in Dong Hai, China[J]. *Journal of Fisheries of China*, 1982, 6(3): 253-266(in Chinese).
- [19] 赵淑江, 吕宝强, 李汝伟, 等. 物种灭绝背景下东海渔业资源衰退原因分析[J]. *中国科学: 地球科学*, 2016, 59(2): 223-235.
- Zhao S J, Lv B Q, Li R W, *et al.* A preliminary analysis of fishery resource exhaustion in the context of biodiversity decline[J]. *Science China: Earth Sciences*, 2016, 59(2): 223-235.
- [20] 陈卫忠, 李长松, 胡芬. 东海区海洋渔业资源近况浅析[J]. *中国水产科学*, 1997, 4(3): 39-43.
- Chen W Z, Li C S, Hu F. A review of the fisheries resource status in East China sea[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1997, 4(3): 39-43.
- [21] 万瑞景, 曾定勇, 卞晓东, 等. 东海生态系统中鱼卵、仔稚鱼种类组成、数量分布及其与环境因素的关系[J]. *水产学报*, 2014, 38(9): 1375-1398.
- Wan R J, Zeng D Y, Bian X D, *et al.* Species composition and abundance distribution pattern of ichthyoplankton and their relationship with environmental factors in the East China Sea ecosystem[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2014, 38(9): 1375-1398(in Chinese).
- [22] Miller B S, Kendall A W. *Early life history of marine fishes*[M]. California: University of California Press, 2009.
- [23] Ellertsen B, Solemdal T, Strømme T, *et al.* Spawning period, transport and dispersal of eggs from the spawning area of Arcto-Norwegian cod (*Gadus morhua* L.)[R]. *Rapports et Procès-verbaux des Réunions, Conseil international pour l'Exploration de la Mer*, 1981, 178: 260-267.
- [24] Rakocinski C F, Lyczkowski-Shultz J, Richardson S L. Ichthyoplankton assemblage structure in Mississippi Sound as revealed by canonical correspondence analysis[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1996, 43(2): 237-257.
- [25] Grioche A, Koubbi P. A preliminary study of the influence of a coastal frontal structure on ichthyoplankton assemblages in the English Channel[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 1997, 54(1): 93-104.
- [26] 王九江, 刘永, 肖雅元, 等. 大亚湾鱼卵、仔稚鱼种群特征与环境因子的相关关系[J]. *中国水产科学*, 2019, 26(1): 14-25.
- Wang J J, Liu Y, Xiao Y Y, *et al.* Population characteristics of fish eggs and larvae and their relationship with environmental factors in Daya Bay[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2019, 26(1): 14-25.

- 25(in Chinese).
- [27] 黄洪贵, 胡振禧, 黄种持, 等. 温度对中华倒刺鲃胚胎与仔鱼发育的影响[J]. *淡水渔业*, 2009, 39(5): 28-31.
Huang H G, Hu Z X, Huang Z C, *et al.* Effects of temperature on the embryonic and larvae development of *Spinibarbus sinensis*[J]. *Freshwater Fisheries*, 2009, 39(5): 28-31(in Chinese).
- [28] 张晨捷, 施兆鸿, 王建钢, 等. 盐度影响海水硬骨鱼类渗透压调节机理的研究与展望[J]. *海洋渔业*, 2013, 35(1): 108-116.
Zhang C J, Shi Z H, Wang J G, *et al.* On salinity-related effects on osmoregulation mechanism in marine teleost[J]. *Marine Fisheries*, 2013, 35(1): 108-116(in Chinese).
- [29] 聂振林, 王咏雪, 胡成业, 等. 三门湾春秋季节鱼类群落特征及其与环境因子的关系[J]. *水产学报*, 2018, 42(9): 1390-1398.
Nie Z L, Wang Y X, Hu C Y, *et al.* Fish community structure and its relationships with environmental factors in Sanmen bay during spring and autumn[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2018, 42(9): 1390-1398(in Chinese).
- [30] 邱东茹, 吴振斌. 富营养化浅水湖泊沉水水生植被的衰退与恢复[J]. *湖泊科学*, 1997, 9(1): 82-88.
Qiu D R, Wu Z B. On the decline and restoration of submerged vegetation in eutrophic shallow lakes[J]. *Journal of Lake Sciences*, 1997, 9(1): 82-88(in Chinese).
- [31] 董旭辉, 羊向东, 刘恩峰, 等. 冗余分析(RDA)在简化湖泊沉积指标体系中的应用—以太白湖为例[J]. *地理研究*, 2007, 26(3): 477-484.
Dong X H, Yang X D, Liu E F, *et al.* Application of redundancy analysis in predigesting sedimentary proxies for paleolimnological research: a case study of Taibai Lake[J]. *Geographical Research*, 2007, 26(3): 477-484(in Chinese).
- [32] 陈卫忠. 东海区主要经济鱼类资源近况[J]. *海洋渔业*, 1994(4): 164-167.
Chen W Z. Recent situation of main economic fish resources in the East China Sea[J]. *Marine fisheries*, 1994(4): 164-167(in Chinese).
- [33] 张洪亮, 梁君, 贺舟挺, 等. 岱衢洋渔业动物多样性分析[J]. *水生生物学报*, 2012, 36(5): 922-931.
Zhang H L, Liang J, He Z T, *et al.* Analysis on the species diversity of fishery animals in Daiquyang[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2012, 36(5): 922-931(in Chinese).
- [34] 李德伟, 朱文斌. 岱衢洋海域鱼类分类多样性研究[J]. *浙江海洋大学学报(自然科学版)*, 2017, 36(4): 289-294.
Li D W, Zhu W B. Taxonomic diversity of fish species in the Daiquyang waters[J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2017, 36(4): 289-294(in Chinese).
- [35] 张其永, 洪万树, 杨圣云, 等. 大黄鱼增殖放流的回顾与展望[J]. *现代渔业信息*, 2010, 25(12): 3-5, 12.
Zhang Q Y, Hong W S, Yang S Y, *et al.* Review and prospects in the restocking of the large yellow croaker (*Larimichthys crocea*)[J]. *Modern Fisheries Information*, 2010, 25(12): 3-5, 12(in Chinese).

Community structure of ichthyoplankton and its relationship with environmental factors in Daiqiyang spawning ground

FAN Ziwei^{1,2}, JIANG Rijin^{1,2*}, ZHANG Hongliang^{1,2}, CHEN Feng^{1,2},
YIN Rui^{1,2}, ZHANG Linlin^{1,2}, LIANG Jun^{1,2}

(1. Marine and Fisheries Research Institute, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316021, China;

2. Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Key Research Station for Fisheries Resources of Main Fishing Ground, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Key Research Station of Sustainable Utilization for Marine Fisheries Resources, Zhoushan 316021, China)

Abstract: The ichthyoplankton net was used to carry out the survey of fish eggs and larvae of Daiqiyang between May 2010 and February 2012. According to the investigation results, 1 042 fish eggs and 2 055 fish larvae were collected, which belonged to 10 orders 19 families 37 species. The dominant species of fish eggs were *Auxis thazard* and *Eupleurogrammus muticus* while fish larvae were *Liza haematocheilus*, *Engraulis japonicas* and *Stolephorus chinensis*. The average density of fish eggs in the surveyed areas was 8.40 ind./100 m³ while fish larvae was 14.85 ind./100 m³. The results of One-Way ANOVA showed that there were highly significant differences among the diversity index (H') in 4 seasons of spring and summer from 2010 to 2011, so were in the evenness index (J') and richness index (D). The CPUE of fish eggs and larvae showed uneven distribution, it was higher in spring and summer, but lowest in winter, which revealed that fish eggs and larvae resource density demonstrated a tendency of higher in the south stations and lower in the north stations. Pearson correlation analysis proved that the environmental factors most closely related to fish eggs and larvae were temperature, salinity and suspended matter. The results suggested that spring and summer were important seasons for fish spawning and Daiqiyang areas were important spawning and nursery grounds for pelagic fishes such as *E. japonicas*, *A. thazard* and *S. chinensis*.

Key words: fish eggs; fish larvae; seasonal variation; species composition; environmental factor

Corresponding author: JIANG Rijin. E-mail: jiangridge@163.com

Funding projects: National Key R&D Program of China(2018YFD0900904, 2017YFA0604904); Special Fund for the Key Research and Development Project of Zhejiang Province (2019C02056); Science and Technology Plan Project of Zhejiang Province (2017F50015); Natural Science Foundation of Zhejiang Province (LY17C190006)