

DOI: 10.12264/JFSC2023-0298

闽南渔场沿海仔稚鱼时空分布特征及影响因子

余伟^{1,2}, 徐春燕², 钟俊生³, 沈长春², 吴同晋^{1,2}, 蔡建堤², 刘勇², 马超², 庄之栋², 谢少卿²

1. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;
2. 福建省水产研究所, 福建省海洋生物增殖与高值化利用重点实验室, 福建 厦门 361013;
3. 上海海洋大学, 环境 DNA 技术与水生态健康评估工程中心, 上海 201306

摘要: 为探明闽南渔场沿海仔稚鱼时空分布特征及与环境因子的相关关系, 根据 2022 年 5 月(春季)、2022 年 11 月(秋季)、2023 年 2 月(冬季)以及 2023 年 7 月(夏季)开展的 4 个航次仔稚鱼调查资料, 研究该海域仔稚鱼的种类组成、数量分布、群落结构和多样性, 探讨闽南渔场海域的水文特征与仔稚鱼分布的相关关系。结果显示: (1) 4 个航次共采集仔稚鱼 1114 尾, 隶属于 9 目 40 科 87 种, 其中鲈形目(Perciformes)数量最多, 占研究海域仔稚鱼总数量的 65.26%; 夏季仔稚鱼丰度最高, 种类数最多, 秋季仔稚鱼丰度最低, 种类数最少; 各季度间优势种差异明显, 无公共优势种。(2) 闽南渔场沿海仔稚鱼群落的组成各季节存在显著差异, 春-夏、夏-秋、秋-冬和冬-春的季节物种更替率依次为 88.46%、98.15%、100.00%、92.11%。多样性分析结果显示, 仔稚鱼 Margalef 丰富度指数(D)和 Shannon-Wiener 多样性指数(H')均夏季最高, 但 Pielou 均匀度指数(J')冬季最高。(3) 仔稚鱼群落结构相似性分析表明, 春季、夏季和冬季各站位仔稚鱼群落划分明显, 春季仔稚鱼群落可分为近岸类群和近海类群 2 个群组, 夏季和冬季仔稚鱼群落均可分为近岸类群、近海 I 类群和近海 II 类群 3 个群组。(4) 仔稚鱼时空分布与环境因子的相关性分析表明, 不同站位间盐度变化和季节间的温度变化是影响仔稚鱼时空分布的主要原因。本研究结果可为研究闽南渔场渔业资源的补充机制及制定渔业资源养护与管理措施提供科学依据。

关键词: 仔稚鱼; 种类组成; 时空分布; 闽南渔场; 环境因子

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2024)03-0316-16

仔稚鱼是鱼类的早期发育阶段^[1], 是鱼类发育周期中形态、生态、生理变化显著的时期, 死亡率也较其他时期高^[2]。仔稚鱼作为鱼类种群补充的重要来源^[3], 其种类组成和数量分布是评估渔业资源可持续性的重要指标之一^[4]。水体环境特征(如温度、盐度、pH、溶解氧)的变化会影响仔稚鱼的分布和多样性^[5], 在同时受陆地和海洋影响的沿海地区, 环境因素对仔稚鱼群落结构的影响更为显著和复杂^[6]。

目前, 国内外关于仔稚鱼的研究报道较多^[6-12], 主要包括仔稚鱼种类组成、群落结构、时空分布及

其与环境因子的相关关系等。严峻等^[10]研究了浙江舟山近海仔稚鱼 4 个季度群落结构的动态变化, 结果表明仔稚鱼的分布与温度和盐度相关性显著。叶燕如^[11]对台湾海峡仔稚鱼多样性的研究表明, 在浙闽沿岸流主导的台湾海峡北部水域, 仔稚鱼丰度与表层叶绿素和表层溶解氧呈正相关。Do 等^[6]对越南北部河口仔稚鱼的研究发现, 淡水、海水鱼类仔稚鱼分布与环境因子(电导率、温度、pH、深度、岸边距离和浊度)呈负相关。Meinert 等^[12]对墨西哥仔稚鱼群落丰富度和多样性的研究中发现, 盐度和海平面高度是仔稚鱼分布影响最大的海洋条件。

收稿日期: 2023-12-28; 修订日期: 2024-02-28.

基金项目: 农业农村部中央渔业发展补助资金“近岸渔业资源综合科学调查专项”。

作者简介: 余伟(1999-), 男, 硕士研究生, 研究方向为仔稚鱼生态学. E-mail: 243890386@qq.com

通信作者: 徐春燕, 女, 助理研究员, 研究方向为渔业资源生物学及生态学. E-mail: xuchunyan218@126.com

闽南渔场位于台湾海峡南部,是我国东海重要的上升流渔场^[5],初级生产力高,饵料丰富,是许多鱼类产卵、索饵、越冬的重要场所^[13]。目前,闽南渔场仔稚鱼的研究主要集中于海湾^[14-15]及河口^[16-17],而有关沿海水域仔稚鱼群落结构及其与环境因子相关关系的研究鲜有报道。本研究基于2022年5月至2023年7月在闽南渔场沿海水域开展的4个季度仔稚鱼调查,分析了仔稚鱼的种类组成、时空分布、群落结构等,探讨了闽南渔场沿海水域仔稚鱼分布与环境因子的相关关系,旨在进一步了解闽南渔场仔稚鱼分布现状,

为今后早期渔业资源的养护及渔业资源的可持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查时间和地点

在闽南渔场沿岸水域设置21个调查站位(图1),调查范围为23°15'00"N~24°30'00"N, 117°10'00"E~119°00'00"E,结合站位的位置和水域的水文环境,大致分为近岸区、近海区。分别于2022年5月、2022年11月、2023年2月、2023年7月开展春季、秋季、冬季和夏季4个航次的仔稚鱼调查。

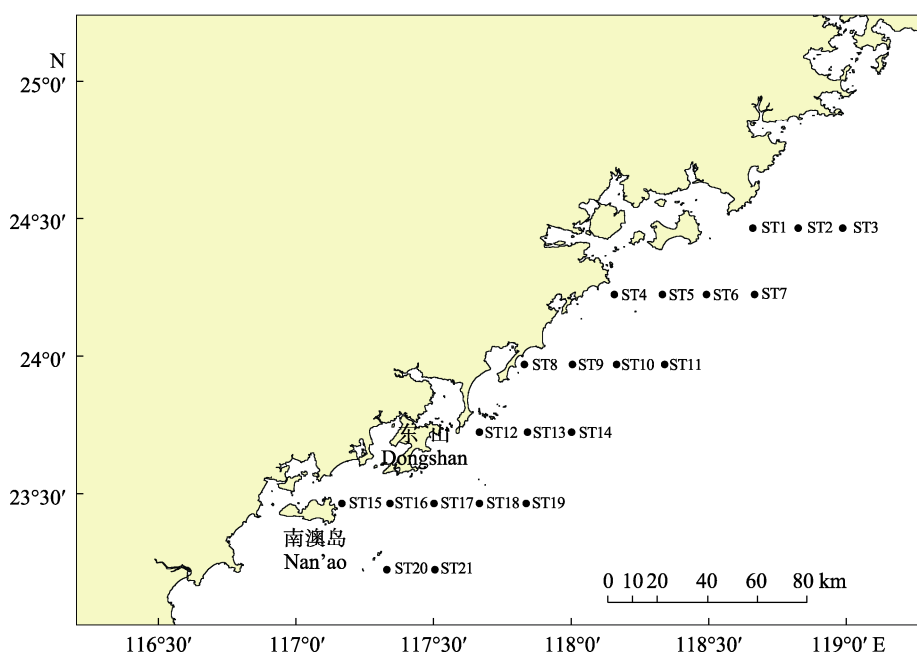


图1 闽南渔场沿海仔稚鱼采样站位图

Fig. 1 The sampling stations of fish larvae and juveniles in coastal waters of Minnan fishing ground

1.2 样品的采集与分析

仔稚鱼样品的采集按照《海洋调查规范 6: 海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007)^[18]进行。利用系有流量计(HYDRO-BIOS 438110, 德国)的大型浮游生物网(网口面积0.5 m², 网口直径80 cm, 网长280 cm)进行表层水平拖网采样,每站拖曳10 min, 拖速约为2 kn。采集的样品用5%的福尔马林溶液现场固定,带回实验室分析。

从采集的样品中逐一挑选出仔稚鱼个体,在Olympus SZX16体式显微镜下进行种类鉴定和计

数。物种鉴定主要参考《日本产稚鱼图鉴》^[19]、《中国近海及其邻近海域鱼卵与仔稚鱼》^[20]和《南海仔稚鱼图鉴》^[21]。中文名和鱼类分类系统主要参考《中国海洋及河口鱼类系统检索》^[22]。仔稚鱼的适温性和生态类型划分主要参考《福建省渔业资源》^[23]。

1.3 环境数据

基于仔稚鱼营浮游生活、主要分布于表层的特征,研究采用表层的相关环境数据,所使用的海表面温度(sea surface temperature, SST)、海表面盐度(sea surface salinities, SSS)和叶绿素a质量浓

度(chlorophyll a concentration, Chl a)等环境参数均来卫星遥感资料。海表面温度和叶绿素 a 质量浓度等数据来自美国国家航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)官方网站(<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>), 海表面盐度数据来源于法国瓦尔数据中心(Centre Aval de Traitement des Données SMOS, CATDS)官方网站(<http://www.salinityremotesensing.ifremer.fr/>)。

1.4 数据处理

1.4.1 仔稚鱼密度 单位体积海水中仔稚鱼的分布密度计算公式如下^[18]:

$$G=N/(S \times L \times C) \quad (1)$$

式中, G 为单位体积海水中仔稚鱼个体数, 单位为 ind/m^3 ; N 为全网仔稚鱼个体数, 单位为 ind ; S 为网口面积, 单位为 m^2 ; L 为流量计转数; C 为流量计校正系数($C=0.3$)。

1.4.2 优势种及种类更替率 采用 Pinkas 相对重要性指数(index of relative importance, IRI)确定仔稚鱼的优势种类, IRI 计算公式为^[24]:

$$\text{IRI}=(N\% \times F\%) \times 10000 \quad (2)$$

式中, $N\%$ 指某种仔稚鱼尾数占仔稚鱼总尾数的百分比; $F\%$ 指某种仔稚鱼出现站位的频率。本研究将 IRI 大于 100 的种类确立为优势种^[25]。

使用种类组成更替率(R)来衡量仔稚鱼种类组成的季节更替情况, 其公式为^[26]:

$$R=(a+b-2c)/(a+b-c) \times 100\% \quad (3)$$

式中, a 和 b 分别表示相邻两个季节的物种的种类数, c 为两个季节共有物种的种类数。

1.4.3 多样性指数 采用 Margalef 丰富度指数^[27]、Shannon-Wiener 多样性指数^[28]、Pielou 均匀度指数^[29]分析仔稚鱼多样性变化特征。

Margalef 种类丰富度指数为

$$D=(S-1)/\ln N \quad (4)$$

Shannon-Wiener 种类多样性指数为

$$H'=-\sum P_i \ln P_i \quad (5)$$

Pielou 均匀度指数为

$$J'=H'/\ln S \quad (6)$$

式中, S 为仔稚鱼种类数; P_i 为第 i 种仔稚鱼个体数占总个体数的比例; N 为仔稚鱼总个体数。

1.4.4 群聚结构分析 采用 Primer 6.0 软件进行等级聚类分析(CLUSTER)前, 对鱼类丰度数据进

行二次方根的处理, 消除极端值对分析的影响, 采用类平均法进行聚类并作树状图, 在此基础上进行非线性多维标度排序分析(NMDS); 应用相似性检验(ANOSIM)非参数多元分析方法检验群落之间的差异显著性; 应用相似性百分比法(SIMPER)分析鱼种对样本组内相似性和组间差异性的贡献率; 用胁迫系数(stress)对 NMDS 结果进行衡量, 值越小表明其代表性越好^[30]。

1.4.5 环境因子分析 利用 Arcgis10.8、Excel 等软件绘制站位图以及仔稚鱼资源密度分布图, 运用 IBM SPSS Statistics 25 计算仔稚鱼与环境因子的皮尔逊相关性系数。

2 结果与分析

2.1 种类及数量组成

4 个季度调查共采集仔稚鱼 1114 尾, 经形态鉴定, 隶属于 9 目 40 科 87 种(表 1), 8 种鉴定到科, 17 种鉴定到属, 61 种鉴定到种, 未能鉴定 1 种。其中鲈形目(Perciformes)种类最多, 共有 24 科 54 种, 其次为鲹形目(Pleuronectiformes), 共 5 科 9 种。不同季节间仔稚鱼种类数和数量差异明显, 春-夏、夏-秋、秋-冬和冬-春的种间更替率依次为 88.46%、98.15%、100%、92.11%。各季节出现的仔稚鱼种类数呈现夏季>春季>冬季>秋季(图 2), 仔稚鱼数量呈现夏季>冬季>春季>秋季(图 3)。

其中, 春季仔稚鱼数量占比在前 5 位种类依次是角鲆属未定种(*Asterorhombus* sp.)、拟矛尾虾虎鱼(*Parachaeturichthys polynema*)、日本鳀(*Engraulis japonicus*)、银姑鱼(*Pennahia argentata*)和大头狗母鱼(*Trachiocephalus myops*); 夏季数量较多的种类依次是日本金线鱼(*Nemipterus Japonicus*)、舌虾虎鱼(*Glossogobius giuris*)、小沙丁鱼属未定种 1 (*Sardinella* sp.1)、银灰半棱鳀(*Encrasicholina punctifer*)和虾虎鱼科未定种 1 (*Gobiidae* sp.1); 秋季以康氏侧带小公鱼(*Stolephorus commersonnii*)和麦氏犀鲂(*Bregmaceros maclellandii*)数量较多; 冬季日本鲭(*Scomber japonicas*)、花鲈(*Lateolabrax maculates*)、前鳞龟鲛(*Chelion affinis*)、绿鳍鱼(*Chelidonichthys kumu*)

表 1 闽南渔场沿海仔稚鱼种类、亲体适温性及生态类型
Tab. 1 Larvae and juvenile fish species, parent body temperature and ecological types
in coastal waters of Minnan fishing ground

种类 species	出现季节 seasons	适温性 temperature adaptation	生态类型 ecological type
鳗鲡目 Anguilliformes			
蛇鳗科 Ophichthyidae			
蛇鳗属未定种 <i>Ophichthus</i> sp.	Sum	WW	D
新鳗科 Neenchelyidae			
新鳗属未定种 <i>Neenchelys</i> sp.	Sum	WW	D
鲱形目 Clupeiformes			
鲱科 Clupeidae			
斑鲚 <i>Konosirus punctatus</i>	Spr	WW	P
小沙丁鱼属未定种 1 <i>Sardinella</i> sp.1	Sum	WW	P
小沙丁鱼属未定种 2 <i>Sardinella</i> sp.2	Sum	WW	P
脂眼鲱 <i>Etrumeus teres</i>	Win	WW	P
鲱科 Engraulidae			
日本鲱 <i>Engraulis japonicus</i>	Spr	WW	P
黄鲫 <i>Setipinna tenuifilis</i>	Spr	WW	P
侧带小公鱼属未定种 <i>Stolephorus</i> sp.	Spr	WW	P
康氏侧带小公鱼 <i>Stolephorus commersonii</i>	Aut	WW	P
银灰半棱鲱 <i>Encrasicholina punctifer</i>	Sum	WW	P
仙女鱼目 Aulopiformes			
狗母鱼科 Synodontidae			
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	Spr, Sum, Win	WT	D
大头狗母鱼 <i>Trachiocephalus myops</i>	Spr	WW	D
花斑蛇鲻 <i>Saurida undosquamis</i>	Sum	WW	D
鳕形目 Gadiformes			
犀鳕科 Brehmacerotidae			
麦氏犀鳕 <i>Bregmaceros maclellandii</i>	Sum, Aut	WW	P
鲷形目 Mugiliformes			
鲷科 Mugilidae			
鲃 <i>Liza haematocheila</i>	Spr	WW	D
长鳍莫鲷 <i>Moolgarda cunnesius</i>	Sum	WW	D
前鳞龟鲃 <i>Chelion affinis</i>	Win	WW	D
鲈形目 Scorpaeniformes			
鲷科 Platycephalidae			
鲷科未定种 <i>Platycephalidae</i> sp.	Spr	WW	D
大眼鲷属未定种 <i>Suggrundus</i> sp.	Sum		
鲂鮄科 Triglidae			
绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>	Win	WW	D
平鲈科 Sebastidae			
褐菖鲈 <i>Sebastes marmoratus</i>	Win	WW	R
鲈形目 Perciformes			
花鲈科 Lateolabracidae			
花鲈 <i>Lateolabrax maculates</i>	Win	WT	

(待续 to be continued)

(续表 1 Tab. 1 continued)

种类 species	出现季节 seasons	适温性 temperature adaptation	生态类型 ecological type
后颌鱼科 Opistognathidae			
后颌鱼科未定种 Opistognathidae sp.	Sum		
鳉科 Sillaginidae			
少鳞鳉 <i>Sillago japonica</i>	Spr, Sum	WW	ND
多鳞鳉 <i>Sillago sihama</i>	Spr, Sum	WW	ND
天竺鲷科 Apogonidae			
四线天竺鲷 <i>Apogon quadrifasciatus</i>	Sum	WW	R
条纹天竺鲷 <i>Apogon striatus</i>	Sum	WW	R
天竺鲷属未定种 <i>Apogon</i> sp.	Sum	WW	R
细条天竺鲷 <i>Jaydia lineata</i>	Sum	WW	R
鲙科 Carangidae			
蓝圆鲙 <i>Decapterus maruadsi</i>	Spr, Sum, Win	WT	P
及达副叶鲙 <i>Alepes djedaba</i>	Sum	WW	P
克氏副叶鲙 <i>Alepes kleinii</i>	Sum	WW	P
大甲鲙 <i>Megalaspis cordyla</i>	Sum	WW	P
鲙科未定种 Carangidae sp.	Win	WW	P
鲷科 Leiognathidae			
鹿斑鲷 <i>Secutor ruconius</i>	Sum	WW	ND
细纹鲷 <i>Leiognathus berbis</i>	Sum	WW	ND
鲷科 Sparidae			
黑棘鲷 <i>Acanthopagrus schlegelii</i>	Spr, Win	WT	D
鲷科未定种 Sparidae sp.	Spr, Sum		
真鲷 <i>Pagrosomus major</i>	Win	WW	D
银鲈科 Gerreidae			
长棘银鲈 <i>Gerres filamentosus</i>	Sum	WW	ND
银鲈属未定种 <i>Gerres</i> sp.	Spr, Sum	WW	ND
石首鱼科 Sciaenidae			
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	Spr, Win	WT	ND
银姑鱼 <i>Pennahia argentata</i>	Spr, Sum	WW	ND
羊鱼科 Mullidae			
条尾绯鲤 <i>Upeneus japonicus</i>	Spr, Sum	WW	ND
鲷科 Terapontidae			
列牙鲷 <i>Pelates quadrilineatus</i>	Spr, Sum	WW	ND
雀鲷科 Pomacentridae			
六线豆娘鱼 <i>Abudefduf sexfasciatus</i>	Spr		
隆头鱼科 Labridae			
颈鳍鱼属未定种 <i>Iniistius</i> sp.	Spr	WW	R
云斑海猪鱼 <i>Halichoeres nigrescens</i>	Sum	WW	D
鹦嘴鱼科 Scaridae			
鹦嘴鱼科未定种 Scaridae sp.	Spr		

(待续 to be continued)

(续表 1 Tab. 1 continued)

种类 species	出现季节 seasons	适温性 temperature adaptation	生态类型 ecological type
鰺科 Blennidae			
矶鰺 <i>Parablennius yatabei</i>	Spr		R
肩鳃鰺属未定种 <i>Omobranchus</i> sp.	Sum		R
顶须鰺属未定种 <i>Scartella</i> sp.	Sum		R
拟鲈科 Pinguipedidae			
拟鲈属未定种 <i>Parapercis</i> sp.	Spr		
毛背鱼科 Trichonotidae			
丝鳍毛背鱼 <i>Trichonotus filamentosus</i>	Sum	WW	ND
毛背鱼 <i>Trichonotus setiger</i>	Spr	WW	ND
玉筋鱼科 Ammodytidae			
台湾玉筋鱼 <i>Bleekeria mitsukurii</i>	Spr	WW	
鲷科 Callionymidae			
长崎斜棘鲷 <i>Repomucenus huguenini</i>	Sum	WW	ND
塘鳢科 Eleotridae			
暗色沙塘鳢 <i>Odontobutis obscura</i>	Spr	WW	D
虾虎鱼科 Gobiidae			
裸身虾虎鱼属未定种 <i>Gymnogobius</i> sp.	Spr	WW	D
小口拟虾虎鱼 <i>Pseudogobius massgo</i>	Spr	WW	D
虾虎鱼科未定种 1 <i>Gobiidae</i> sp.1	Sum		D
舌虾虎鱼 <i>Glossogobius giuris</i>	Sum	WT	D
拟矛尾虾虎鱼 <i>Parachaeturichthys polynema</i>	Spr, Sum	WW	D
沟虾虎鱼属未定种 <i>Oxyurichthys</i> sp.	Sum	WW	D
孔虾虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>	Sum	WW	D
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	Spr, Sum	WT	D
虾虎鱼科未定种 2 <i>Gobiidae</i> sp.2	Sum		D
虾虎鱼科未定种 3 <i>Gobiidae</i> sp.3	Sum		D
长丝虾虎鱼 <i>Myersina filifer</i>	Spr, Sum	WW	D
金线鱼科 Scatophagidae			
伏氏眶棘鲈 <i>Scolopsis vosmeri</i>	Sum	WW	ND
日本金线鱼 <i>Nemipterus japonicus</i>	Sum	WW	D
深水金线鱼 <i>Nemipterus bathybius</i>	Spr	WW	
鲷科 Sphyraenidae			
斑条鲷 <i>Sphyraena jello</i>	Sum	WW	P
鲭科 Scombridae			
日本鲭 <i>Scomber japonicas</i>	Win	WT	P
鲔 <i>Euthynnus affinis</i>	Sum	WW	P
鲈形目 Pleuronectiformes			
鲈科 Pleuronectidae			
木叶鲈 <i>Pleuronichthys cornutus</i>	Win	WT	D

(待续 to be continued)

(续表 1 Tab. 1 continued)

种类 species	出现季节 seasons	适温性 temperature adaptation	生态类型 ecological type
鲆科 Bothidae			
多鳞短额鲆 <i>Engyprosopon multisquama</i>	Spr, Sum	WW	D
斑鲆属未定种 <i>Pseudorhombus</i> sp.	Sum	WW	D
角鲆属 sp. <i>Asterorhombus</i> sp.	Spr		D
舌鳎科 Cynoglossidae			
舌鳎属未定种 <i>Cynoglossus</i> sp.	Sum		D
焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i>	Spr	WT	D
牙鲆科 Paralichthyidae			
五眼斑鲆 <i>Paralichthys pentophthalmus</i>	Win	WW	D
鲷科 Soleidae			
日本钩嘴鲷 <i>Heteromycteris japonicus</i>	Spr	WT	
卵鲷 <i>Solea ovata</i>	Win	WW	D
鲈形目 Tetraodontiformes			
单棘鲈科 Monacanthidae			
中华单角鲈 <i>Monacanthus chinensis</i>	Sum	WW	ND
未定种 undefined	Sum		

注: Spr 为春季; Sum 为夏季; Aut 为秋季; Win 为冬季; WW 为暖水性; WT 为暖温性; D: 底层; ND: 近底层; P: 中上层; R: 岩礁。
Note: Spr means spring; Sum means summer; Aut means autumn; Win means winter; WW: warm-water-species; WT: warm-temperate-species; D: demersal; ND: near-demersal; P: pelagic; R: rocky.

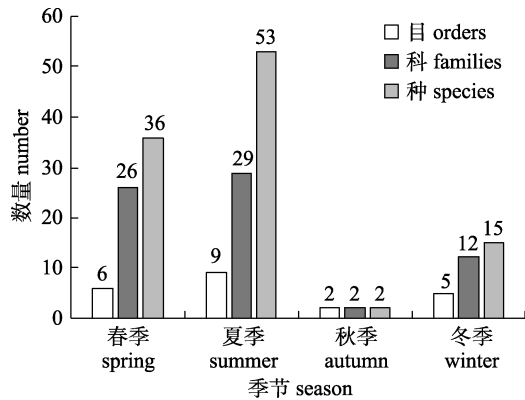


图 2 闽南渔场沿海各季度仔稚鱼目、科、种数量
Fig. 2 Number of orders, families and species of fish larvae and juveniles in coastal waters of Minnan fishing ground

和褐菖鲉(*Sebastiscus marmoratus*)等种类仔稚鱼数量较多(图 3)。

就生态类型而言, 闽南渔场沿岸水域以底层和近底层鱼类仔稚鱼为主, 如大头狗母鱼、长蛇鲻 (*Saurida elongata*)、银姑鱼、黑棘鲷 (*Acanthopagrus schlegelii*)、条尾绯鲤 (*Upeneus japonicus*)、列牙鲷(*Pelates quadrilineatus*)、角鲆属未定种等(表 1)。就适温性而言, 研究区域内仔

稚鱼以暖水性鱼类仔稚鱼为主, 如大头狗母鱼、银姑鱼、日本金线鱼、小沙丁鱼属未定种 1、银灰半棱鲷、康氏侧带小公鱼等(表 1)。

2.2 密度时空变化

仔稚鱼密度的季节性差异较大, 总体呈现夏季>冬季>春季>秋季的趋势(图 4)。春季航次仔稚鱼站位出现频率为 42.86%, 平均密度为 3.07 ind/100 m³。其中 3 号站位仔稚鱼密度最高, 为 45.01 ind/100 m³, 主要种类为角鲆属未定种、拟矛尾虾虎鱼、银姑鱼、大头狗母鱼及颈鳍鱼属未定种(*Iniistius* sp.)等。夏季航次仔稚鱼站位出现频率为 66.67%, 平均密度为 16.20 ind/100 m³。其中 21 号站位仔稚鱼密度最高, 为 170.64 ind/100 m³, 主要种类为日本金线鱼、舌虾虎鱼、小沙丁鱼属未定种 1、虾虎鱼科未定种 1 及花斑蛇鲻(*Saurida undosquamis*)等。秋季航次仔稚鱼站位出现频率仅为 9.52%, 只有两个站位采集到仔稚鱼, 平均密度为 0.06 ind/100 m³, 13 号站采集的仔稚鱼种类为康氏侧带小公鱼, 丰度为 0.6 ind/100 m³, 20 号站采集的仔稚鱼种类为麦氏犀鲂, 密度为

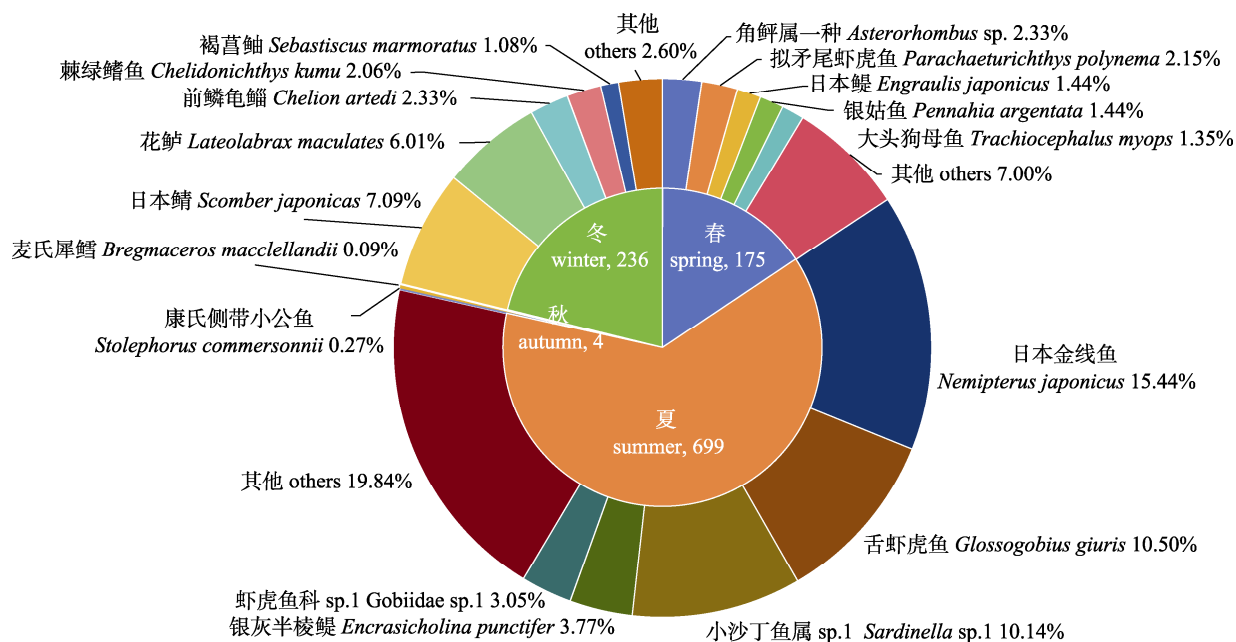


图 3 闽南渔场沿海各季度仔稚鱼主要种类

Fig. 3 Seasonal proportions of the main species of fish larval and juveniles in coastal waters of Minnan fishing ground

0.007 ind/100 m³。冬季航次仔稚鱼站位出现频率为 85.71%，平均密度为 4.7 ind/100 m³。其中 3 号站仔稚鱼密度最高，为 57.50 ind/100 m³，主要种类为日本鲭、绿鲳鱼与脂眼鲱(*Etrumeus teres*)。

2.3 优势种组成

按照相对重要性指数(IRI)大于 100 的原则，春季优势种为列牙鲷；夏季出现 5 种优势种：日本金线鱼、舌虾虎鱼、小沙丁鱼属未定种 1、银灰半棱鲷和虾虎鱼科未定种 1；秋季优势种为康氏侧带小公鱼和麦氏犀鲂；冬季出现 5 种优势种：日本鲭、花鲈、前鳞龟鲛、绿鲳鱼和褐菖鲈(表 2)。各季节优势种差异明显，未出现共有优势种。就生态类型而言，仔稚鱼优势种主要为底层和近底层鱼类，就适温性而言，主要为暖水性鱼类(表 1、表 2)。

2.4 物种多样性

如图 5 所示，3 个季节间平均种类丰富度指数(*D*)、均匀度指数(*J'*)、多样性指数(*H'*)季节性差异较大，季节间种类丰富度指数(*D*)变动范围为 0.42~0.86，均匀度指数(*J'*)变动范围为 0.27~0.48，多样性指数(*H'*)变动范围为 0.38~0.82。

2.5 群落结构分析

将闽南渔场沿海各站位采集的仔稚鱼尾数进

行换算后，进行相似性聚类分析和 NMDS 检验(为减少误差，不统计没有采集到仔稚鱼的站位)。结果显示，春季、夏季和冬季各站位点仔稚鱼群聚划分明显(秋季物种数太少，无法进行群聚划分)，春季仔稚鱼群落在 11.06%的相似性水平可分为 2 个群组：近岸类群和近海类群，夏季和冬季分别在 19.55%和 10.71%相似性水平上可划分为 3 个群组：近岸类群、近海 I 类群和近海 II 类群(图 6)。NMDS 分析结果与聚类分析一致，胁迫系数(stress)均小于 0.2，表示 NMDS 排序图具有好的代表性。单因素相似性分析(ANOSIM)检验表明，近海类群与近岸类群间群落结构存在极显著差异(春季 $R=0.422$, $P=0.01$ ；夏季 $R=0.336$, $P=0.01$ ；冬季 $R=0.556$, $P=0.01$)。

SIMPER 分析结果显示，春季近岸类群和近海类群内的平均相似度分别为 11.06%和 16.25%。近岸类群中多鳞短额鲆(*Engyprosopon multisquama*)和拟鲈属未定种(*Parapercis* sp.)两种仔稚鱼累计贡献率达到 100%；近海类群中列牙鲷、黑棘鲷、日本鳀和矶鲷(*Parablennius yatabei*)等 4 种仔稚鱼累计贡献率达到 90.00%。两群组平均相异度为 98.40%，拟鲈属未定种、多

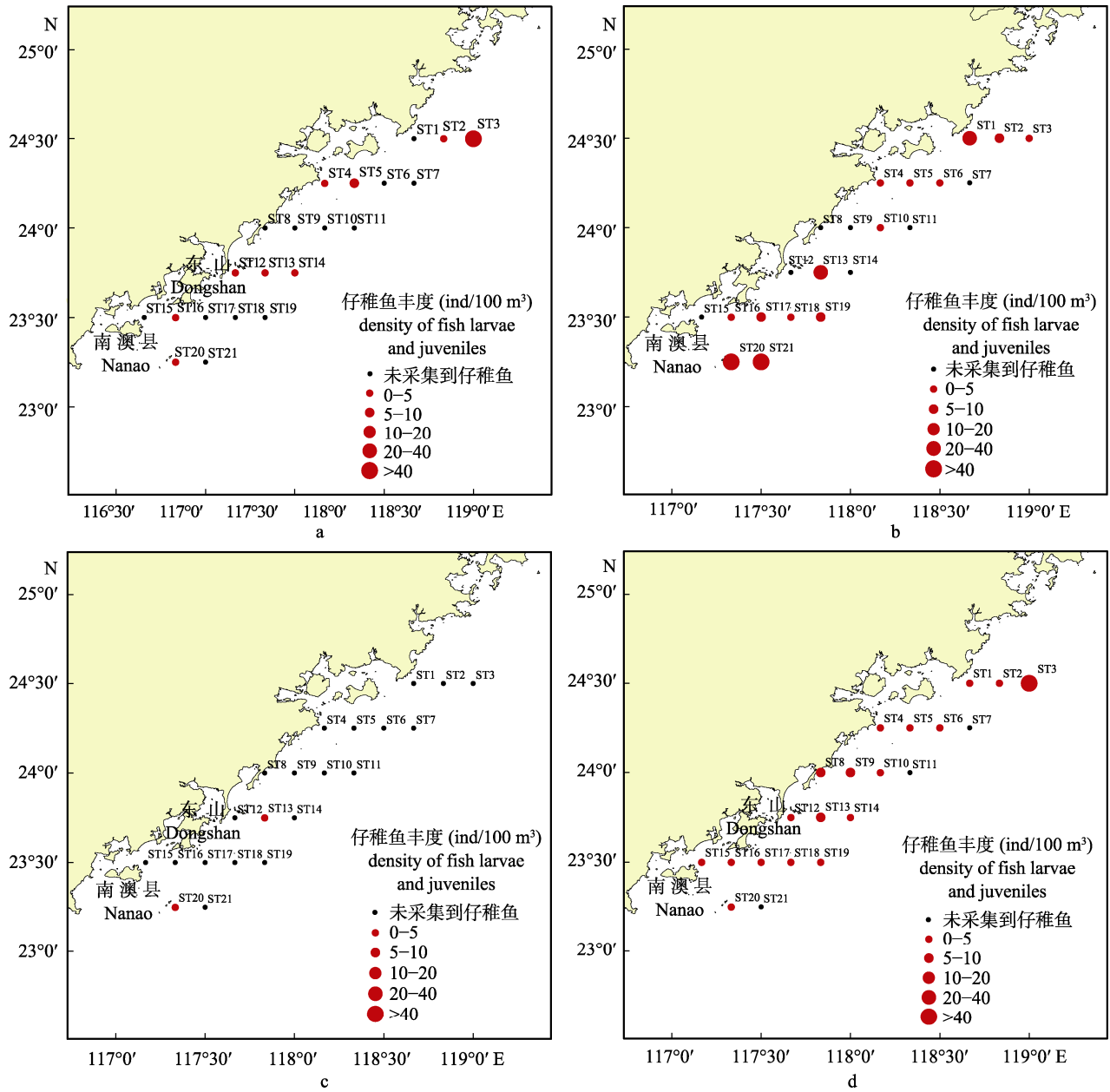


图 4 闽南渔场沿海各季度仔稚鱼密度分布

a. 春季; b. 夏季; c. 秋季; d. 冬季.

Fig. 4 Density distribution of fish larvae and juveniles in each season in coastal waters of Minnan fishing ground
a. Spring; b. Summer; c. Autumn; d. Winter.

鳞短额鲷、台湾玉筋鱼(*Bleekeria mitsukurii*)、小口拟虾虎鱼(*Pseudogobius massgo*)和列牙鲷等 28 种仔稚鱼累计贡献率达到 90.00%。夏季 3 个类群内的平均相似度分别为 27.29%、32.22%和 27.83%。近岸类群中列牙鲷、小沙丁鱼属未定种 1、鹿斑鲷(*Secutor ruconius*)和及达副叶鲷(*Alepes djedaba*)4 种仔稚鱼累计贡献率达到 90.00%; 近

海 I 类群中虾虎鱼科未定种 1 贡献率达到 100%; 近海 II 类群中银灰半棱鲷、日本金线鱼和舌虾虎鱼等 10 种仔稚鱼贡献率达到 90.00%。近岸类群和近海 I 类群平均相异度为 88.25%; 近岸类群和近海 II 类群平均相异度为 85.61%; 近海 I 类群和近海 II 类群平均相异度为 95.81%。冬季 3 个类群内的平均相似度分别为 39.31%、13.58%和

55.28%。近岸类群中前鳞龟鲛、花鲈和黑棘鲷等 3 种仔稚鱼累计贡献率达到 90.00%; 近海类群 I 中脂眼鲱贡献率达到 100%; 近海类群 II 中褐菖鲉贡献率达到 91.33%。近岸类群与近海 I 类群平均相异度为 98.64%, 脂眼鲱、前鳞龟鲛、花鲈和日本鲭等 11 种仔稚鱼累计贡献率达到 90.00%; 近岸类群与近海 II 类群平均相异度为 86.77%, 褐菖鲉、花鲈、前鳞龟鲛、黑棘鲷和木叶鲷 (*Pleuronichthys cornutus*) 等 5 种仔稚鱼累计贡献率达到 90%; 近海 I 类群和近海 II 类群平均相异度为 93.63%, 脂眼鲱、褐菖鲉、日本鲭和卵鲷 (*Solea ovata*) 等 10 种仔稚鱼累计贡献率达到 90%。

表 2 闽南渔场沿海仔稚鱼优势种(IRI>100)
相对重要性指数
Tab. 2 Relative importance index (IRI) of fish larvae and juveniles in coastal waters of Minnan fishing ground (IRI>100)

种类 species	季节 season			
	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
列牙鲷 <i>Pelates quadrilineatus</i>	152			
日本金线鱼 <i>Nemipterus japonicus</i>		469		
舌虾虎鱼 <i>Glossogobius giuris</i>		462		
小沙丁鱼属未定种 1 <i>Sardinella</i> sp.1		159		
银灰半棱鲷 <i>Encrasicholina punctifer</i>		139		
虾虎鱼科未定种 1 <i>Gobiidae</i> sp.1		114		
康氏侧带小公鱼 <i>Stolephorus commersonnii</i>			357	
麦氏犀鲂 <i>Bregmaceros macclellandii</i>			119	
日本鲭 <i>Scomber japonicas</i>				946
花鲈 <i>Lateolabrax maculates</i>				472
前鳞龟鲛 <i>Chelion affinis</i>				186
绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>				159
褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>				145

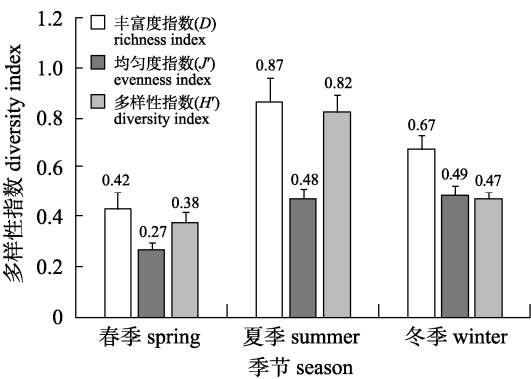


图 5 闽南渔场沿海各季度仔稚鱼多样性指数
秋季物种数太少, 多样性指数无法计算。

Fig. 5 Diversity index of fish larvae and juveniles in coastal waters of Minnan fishing ground
The number of species in autumn is too small to be counted for diversity.

2.6 仔稚鱼群落与环境因子的相关性分析

本研究中, 闽南渔场沿岸水域春、夏、秋、冬 4 个季节的平均水温分别为 21.62 ℃、28.04 ℃、21.35 ℃、15.57 ℃, 全年表层水温差异较大, 盐度与叶绿素 a 浓度变化相对较小。其中表层温度和叶绿素 a 浓度在夏季远远高于其他季节, 冬季的表层温度普遍低于春季和秋季, 叶绿素 a 浓度春季、秋季和冬季之间相差不大(表 3)。环境因子结合本研究聚类结果显示, 表层盐度近岸区域普遍低于近海区域站位。

运用皮尔逊相关性系数分析生物指数与环境因子的关系(表 4), 春季 Margalef 种类丰富度指数(D)和 Shannon-Wiener 种类多样性指数(H')与盐度呈负相关关系, Pielou 均匀度指数(J)与盐度不相关, 生物多样性指数与表层水温、叶绿素 a 浓度均不相关。夏季 Shannon-Wiener 种类多样性指数(H')与盐度呈负相关关系, 其余生物指数与环境因子均不相关, Margalef 种类丰富度指数(D)与盐度呈负相关关系, 其余生物指数与环境因子均不相关。由此可见, 盐度是影响闽南沿海水域仔稚鱼数量和种类分布的主要环境因子。

3 讨论

3.1 仔稚鱼种类组成及季节性变化

本研究在闽南渔场沿海开展春夏秋冬 4 个航次的仔稚鱼调查, 共鉴定仔稚鱼 1114 尾, 隶属于

9 目 40 科 87 种, 不同季节差异明显, 以夏季仔稚鱼种类和数量最多(699 尾 53 种)。闽南渔场沿海采集的仔稚鱼以暖温性和暖水性鱼类为主, 其中暖水性种占调查区域仔稚鱼全年总种类数的 80%,

因此暖水性种对闽南渔场沿岸水域仔稚鱼群落变化起主导地位。这与 20 世纪 90 年代陈必哲^[31]对福建海区大陆架鱼类区系的研究结果基本一致。根据调查结果, 优势种季节差异性较大, 该海区

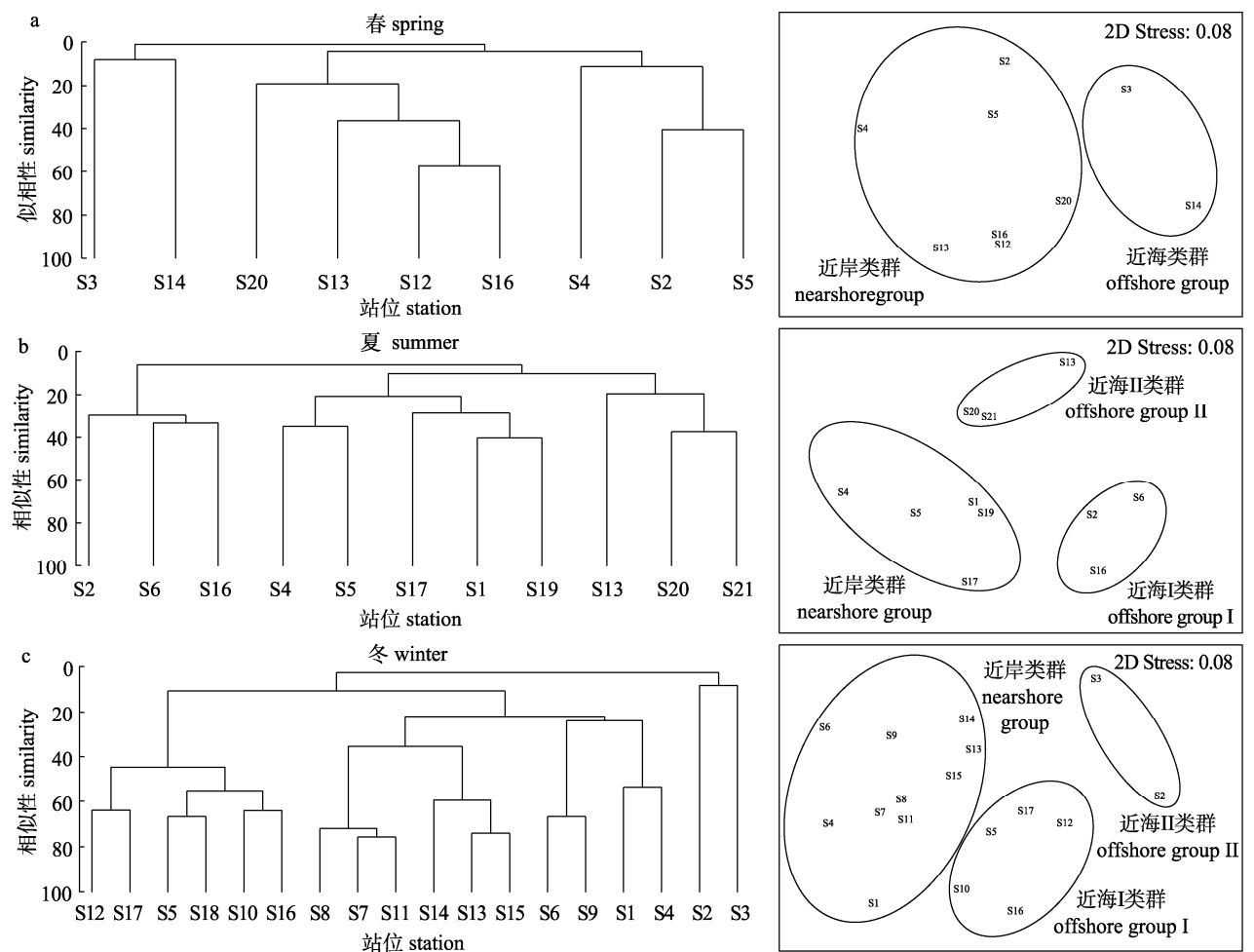


图 6 闽南渔场沿海仔稚鱼群落结构相似性聚类分析

a. 春季; b. 夏季; c. 冬季。秋季物种数太少, 无法进行仔稚鱼群落结构相似性分析。

Fig. 6 Cluster analysis based on the Bray-Curtis similarity of abundance at each sampling station in the coastal water of Minnan fishing ground

a. Spring; b. Summer; c. Winter. The amount of species in autumn is not enough for cluster analysis.

表 3 闽南渔场沿海环境因子范围

Tab. 3 Range of environmental factors in coastal waters of Minnan fishing grounds

环境因子 environmental factor	春 spring		夏 summer		秋 autumn		冬 winter	
	Ra	Av	Ra	Av	Ra	Av	Ra	Av
表层盐度/‰ SSS	33.78–34.29	34.16	33.20–34.40	34.03	30.10–34.40	33.43	31.70–34.40	32.86
表层温度/℃ SST	21.00–22.50	21.62	28.80–30.00	28.04	20.86–22.20	21.35	14.90–16.70	15.57
叶绿素 a/(μm/L) Chl a	0.80–3.32	2.13	0.80–12.2	3.08	1.34–3.04	2.39	0.71–3.50	2.54
水深/m depth	21.0–50.0	30.5	21.0–50.0	30.5	21.0–50.0	30.5	21.0–50.0	30.5

注: Ra 表示环境数据范围; Av 表示环境数据平均值。

Note: Ra means environmental data range; Av means average of environmental data.

表 4 生物指数与环境因子皮尔逊相关性系数

Tab. 4 Pearson correlation index between diversity of species indexes and environment factors

环境因子 environmental factor	春 spring			夏 summer			冬 winter		
	D	H'	J'	D	H'	J'	D	H'	J'
表层盐度/‰ SSS	-0.555**	-0.441*	-0.372	-0.158	-0.119*	-0.038	-0.076*	-0.125	-0.327
表层温度/℃ SST	-0.019	-0.076	-0.112	-0.388	-0.394	-0.396	-0.247	-0.127	-0.094
叶绿素 a/(μm/L) Chl a	-0.235	-0.103	0.01	-0.255	-0.223	-0.126	0.008	0.029	0.272

注: D 为 Margalef 种类丰富度指数; H' 为 Shannon-Wiener 种类多样性指数; J' 为 Pielou 均匀度指数; *表示在 0.05 水平显著相关; **表示在 0.01 水平显著相关; ***表示在 0.001 水平显著相关。

Notes: D means Margalef richness index; H' means Shannon-Wiener diversity index; J' means Pielou index of evenness. * indicates significant correlation at 0.05 level; ** indicates significant correlation at 0.01 level; *** indicates significant correlation at 0.001 level.

优势种以鳀科、小沙丁鱼属、日本鲭等典型的季节洄游性鱼类为主, 洄游物种的生殖、索饵等栖息活动是造成优势种在该水域季节性更替的主要原因。除日本鲭、花鲈外, 其余季节优势种均为经济价值较低的中小型鱼类, 同时非优势种与优势种的生物量差距偏大, 海区仔稚鱼整体丰度水平较低, 因此小型化和低营养化仍是该海区渔业资源近几年的发展趋势。

有关闽南渔场以及福建各相邻渔场仔稚鱼研究的报道极少, 江素菲^[32]于 1988 年 4—11 月(5 月和 10 月缺)在闽南—台湾浅滩渔场采用漂浮网进行鱼卵、仔稚鱼调查, 共获取仔稚鱼 346 尾 44 种, 种类和数量呈现夏季>春季>秋季的特征, 仔稚鱼主要种类同样为小型经济种类, 如条尾绯鲤、金色小沙丁鱼。叶燕如^[11]于 2017 年夏季在台湾海峡采获仔稚鱼 58 尾 32 种, 与本研究相比, 调查水域相同, 但其采用垂直拖网采样导致仔稚鱼数量较少且无明显优势种。2015 年徐春燕等^[33]于春夏季在闽中渔场采集仔稚鱼共 80 种, 夏季仔稚鱼数量、种类数和多样性远高于春季, 种类结构相对春季更稳定, 与本研究结果相似。调查方法、时间、频次、范围以及调查所用网具的不同均会导致所获仔稚鱼种类组成及优势种的差异。

3.2 闽南渔场沿海鱼类繁殖关键期和关键区域

春季和夏季是我国东南沿海多种鱼类产卵的重要时期^[14], 本研究也表明闽南渔场沿海仔稚鱼丰度高峰出现在夏季(7 月), 与江素菲^[32]在闽南—台湾浅滩渔场开展的表层仔稚鱼数量月变化的研究结果一致, 因此夏季应为闽南渔场沿岸水域仔稚鱼发育的关键期。根据本研究的调查数据, 夏

季仔稚鱼密集区出现在厦门湾口和东山湾口一带, 这可能与冲淡水增强有关, 厦门湾和东山湾分别与九龙江和漳江相连, 春、夏季节闽南沿海的集中降水增强了沿岸九龙江、漳江、东溪等冲淡水的范围^[34], 径流与海流交汇处有机物的增加使浮游动物生长加快, 为仔稚鱼的生长提供了丰富的食物。

本次调查冬季花鲈和日本鲭大量出现, 分别捕获日本鲭与花鲈 79 尾和 67 尾, 共占冬季捕获量的 61.8%。有研究表明, 花鲈在秋季与冬季达到性成熟并洄游至水位深、盐度高的水域产卵, 仔稚鱼在早春游到近岸低盐度区域索饵^[35], 日本鲭会在每年的 3—5 月自东海中南部越冬场到达东海中部或近岸产卵^[36]。此次在闽南沿岸水域的调查中日本鲭与花鲈这两种仔稚鱼均在冬季(2 月底)大量出现, 与浙江沿海水域日本鲭^[37]和花鲈^[38]的产卵周期相比, 日本鲭在闽南渔场的产卵时间稍早、花鲈的产卵周期延长, 分析主要原因可能是较高的水温影响了鱼类的繁殖活动。日本鲭在产卵和索饵时具有高度集群的特性^[36], 本次研究日本鲭只在冬季航次发现并在 ST3 站点集中分布, 密度达到 41 ind/100 m³, 因此可以推测冬季是该水域日本鲭的繁殖时期, 闽南渔场北部的 ST3 站点所在区域是日本鲭的主要产卵场。根据 1975—1977 年鱼卵、仔稚鱼的调查资料^[39], 闽南、粤东群系日本鲭产卵活动时间长, 产卵期从冬季 12 月份至翌年的夏初 6 月份, 春季 4、5 月间为产卵高峰, 这与本研究结果略有出入, 由于调查频次较少, 本研究春季航次未采集到日本鲭仔稚鱼, 而且由于缺乏日本鲭鱼卵相关数据, 该海域日本鲭

早期资源量补充规律仍有待于进一步研究。

3.3 仔稚鱼时空分布与环境因子的相关性

仔稚鱼的分布受成体繁殖习性与环境因子分布的共同影响^[10], 环境因素通过影响鱼类的生理和行为决定物种的丰度。闽南渔场沿海生态环境复杂, 浙闽沿岸流、台湾暖流和沿岸上升流等不同水团消长变化控制着该海域的水体性质, 水体温度年变化幅度较大, 季节性差异明显^[40]。本研究表明, 温度较高的夏季仔稚鱼种类和密度相对较高, 虽然物种丰度与温度并未呈现线性相关关系, 但不同季度仔稚鱼丰度明显不同, 说明调查水域中季节更替导致的温度变化是影响仔稚鱼的生长和聚集的原因之一, 杨均渊等^[24]对长江口崇明滩仔稚鱼组成多样性研究中指出季节间的温度变动是影响仔稚鱼群落变化的主要因素。从仔稚鱼分布图来看, 闽南渔场沿岸水域南部是仔稚鱼主要聚集区, 反映了仔稚鱼对高温的趋向性。有研究通过对比舟山近海仔稚鱼分布发现温度锋面偏高一侧仔稚鱼丰度高于偏低一侧, 仔稚鱼丰度高值区与水温转移趋势相同^[10], 这些都与本研究结果一致。

闽南渔场沿岸水域位于厦门—汕头海岸与台湾浅滩之间, 受陆地径流稀释以及上升流将深层富含营养物质的底层水带到浅表层的影响^[41], 海区表层盐度整体呈现近岸水域低、近海水域高的趋势, 这一趋势对调查水域仔稚鱼分布有着显著影响。河口和近岸类群鱼类在繁殖季节对低盐度存在趋向性^[14], 本研究仔稚鱼主要集中在靠近海岸的低盐区, 少量分布于远离海岸的高盐区, 皮尔逊相关性系数结果也说明了闽南渔场沿岸春季和夏季仔稚鱼生物多样性与盐度的变化显著性负相关, 这一结果与浙江舟山近海^[10]的研究相一致, 表明盐度是影响闽南沿岸水域仔稚鱼空间聚集和生长的主要因素。

参考文献:

- [1] Yin M C. Advances and studies on early life history of fish[J]. Journal of Fisheries of China, 1991, 15(4): 348-358. [殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展[J]. 水产学报, 1991, 15(4): 348-358.]
- [2] Wu C Y, Wang X G, Zhong J S, et al. Spatial patterns of larval and juvenile fish assemblages in an eddy area in the Western South China Sea[J]. Frontiers in Marine Science, 2022, 9: Article No.832817.
- [3] Houde E D. Fish early life dynamics and recruitment variability[J]. American Fisheries Society Symposium, 1987, 2: 17-29.
- [4] Purnomo P W, Afiati N, Jati O E. Abundance and diversity of fish larvae and juveniles in mangrove, estuary, and erosion zone on the west coast of Demak regency[J]. AACL Bioflux, 2020, 13(5): 3126-3134.
- [5] Li Y Y, Song P Q, Fu S S, et al. Spatio-temporal niche characteristics and influencing factors of major nekton species in Minnan fishing ground[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2023, 47(4): 684-692. [李袁源, 宋普庆, 付树森, 等. 闽南渔场主要游泳动物时空生态位特征及其影响因素[J]. 水生生物学报, 2023, 47(4): 684-692.]
- [6] Do A N T, Tran H D. Potential application of artificial neural networks for analyzing the occurrences of fish larvae and juveniles in an estuary in northern Vietnam[J]. Aquatic Ecology, 2023, 57(4): 813-831.
- [7] Guyah N, Webber M, Prospere K. An assessment of the larval fish diversity within a coastal marine reserve: Larval fish diversity within a marine reserve[J]. Regional Studies in Marine Science, 2021, 43: 101655.
- [8] Patrick P, Weidberg N F, Goschen W S, et al. Larval fish assemblage structure at coastal fronts and the influence of environmental variability[J]. Frontiers in Ecology and Evolution, 2021, 9: 684502.
- [9] Han Q P, Shan X J, Chen Y L, et al. Health assessment system of the spawning ground in Shandong inshore waters[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2022, 29(1): 79-90. [韩青鹏, 单秀娟, 陈云龙, 等. 山东近海产卵场健康状况评价体系[J]. 中国水产科学, 2022, 29(1): 79-90.]
- [10] Yan J, Xu Z J, Li T J, et al. Spatiotemporal dynamics of larvae and juveniles in Zhoushan coastal waters and their relationship with environmental factors[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2023, 54(3): 799-810. [严峻, 徐志进, 李铁军, 等. 浙江舟山近海仔稚鱼时空动态变化及与环境因子的关系[J]. 海洋与湖沼, 2023, 54(3): 799-810.]
- [11] Ye Y R. Study on the diversity of fish eggs and larvae in Fujian coastal waters[D]. Xiamen: Xiamen University, 2020. [叶燕如. 福建近海鱼卵、仔稚鱼多样性研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2020.]
- [12] Meinert C R, Clausen-Sparks K, Cornic M, et al. Taxonomic richness and diversity of larval fish assemblages in the oceanic gulf of Mexico: Links to oceanographic conditions[J]. Frontiers in Marine Science, 2020, 7: 579-595.

- [13] Lin Y S. Rich Minnan fishing ground[J]. *Ocean Development and Management*, 1988, 5(4): 78-79. [林亚顺. 富饶的闽南渔场[J]. *海洋与海岸带开发*, 1988, 5(4): 78-79.]
- [14] Zheng H D. Abundance distribution of fish eggs and larvae and its relation with environmental factors in spring and summer in Dongshan Bay, Fujian[J]. *Journal of Applied Oceanography*, 2016, 35(1): 87-94. [郑惠东. 福建东山湾春、夏季鱼卵和仔稚鱼丰度分布特征及其与环境因子的关系[J]. *应用海洋学学报*, 2016, 35(1): 87-94.]
- [15] Xu C Y, Zhuang Z D, Ma C, et al. Molecular identification of fish larvae and juveniles based on CO I and 16S rRNA barcoding in Xiamen coastal areas[J]. *Journal of Fisheries Research*, 2021, 43(5): 451-460. [徐春燕, 庄之栋, 马超, 等. 基于 COI 和 16S rRNA 基因片段鉴定厦门海域的仔稚鱼[J]. *渔业研究*, 2021, 43(5): 451-460.]
- [16] Lin N, Shen C C, Zhong J S. Study on the diversity and migration mechanism of fish larvae and juveniles in Jiulong River Estuary[J]. *Marine Fisheries*, 2010, 32(1): 66-72. [林楠, 沈长春, 钟俊生. 九龙江口仔稚鱼多样性及其漂流模式的探讨[J]. *海洋渔业*, 2010, 32(1): 66-72.]
- [17] Lin N, Shen C C, Zhong J S. Species composition and seasonal variation of fish larvae and juveniles in Jiulong River Estuary[J]. *South China Fisheries Science*, 2009, 5(4): 1-8. [林楠, 沈长春, 钟俊生. 九龙江口仔、稚鱼种类组成和季节变化[J]. *南方水产*, 2009, 5(4): 1-8.]
- [18] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 12763.6—2007 Specifications for oceanographic survey—Part 6: Marine biological survey[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007. [中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12763.6—2007 海洋调查规范第6部分: 海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.]
- [19] Okiyama M. An atlas of early stage fishes in Japan[M]. The 2nd edition. Tokyo: Tokai University Press, 2014. [冲山宗雄. 日本产稚鱼图鉴[M]. 第2版. 东京: 东海大学出版社, 2014.]
- [20] Wan R J, Zhang R Z. Fish eggs, larvae and juveniles in the offshore waters of China and their adjacent waters[M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Press, 2016. [万瑞景, 张仁斋. 中国近海及其邻近海域鱼卵与仔稚鱼[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2016.]
- [21] Hou G, Zhang H. Illustrations of fish Larvae and Juvenile in the South China Sea[M]. Qingdao: China Ocean University Press, 2021. [侯刚, 张辉. 南海仔稚鱼图鉴[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2021.]
- [22] Wu H L, Zhong J S. Key to marine and estuarial fishes of China[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2021. [伍汉霖, 钟俊生. 中国海洋及河口鱼类系统检索[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021.]
- [23] Fujian Provincial Fishery Regional Planning Office. Fishery resources in Fujian Province[M]. Fuzhou: Fujian Science & Technology Publishing House, 1988. [福建省渔业区划办公室. 福建省渔业资源[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1988.]
- [24] Yang J Y, Chen J H, Zhong J S, et al. Species composition and diversity of fish larvae and juveniles in the water area of Chongming Dongtan, Yangtze River Estuary[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2023, 32(4): 829-840. [杨钧渊, 陈锦辉, 钟俊生, 等. 长江口崇明东滩水域仔稚鱼种类组成及多样性[J]. *上海海洋大学学报*, 2023, 32(4): 829-840.]
- [25] Chen Y J. Studies of fish species diversity and ecological fauna in Taiwan Strait[D]. Xiamen: Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, 2014. [陈永俊. 台湾海峡鱼类物种多样性及生态区系的研究[D]. 厦门: 国家海洋局第三海洋研究所, 2014.]
- [26] Qiu K C, Zhang R L, Chao M, et al. Spatiotemporal variations in cluster structure of fish eggs, larvae, and juveniles in the Sanmen Bay, Zhejiang, East China Sea[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2022, 53(3): 684-696. [邱科程, 张荣良, 晁敏, 等. 浙江三门湾鱼卵、仔稚鱼群聚结构时空变化研究[J]. *海洋与湖沼*, 2022, 53(3): 684-696.]
- [27] Margalef R. Composición específica del fitoplancton de la costa catalano-levantina (Mediterrá neoccidental) en 1962-1967[J]. *Investigación Pesquera*, 1969, 33(1): 345-380.
- [28] Wilhm J L. Use of biomass units in Shannon's formula[J]. *Ecology*, 1968, 49(1): 153-156.
- [29] Pielou E C. The measurement of diversity in different types of biological collections[J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1966, 13(1): 131-144.
- [30] Khalaf M A, Kochzius M. Changes in trophic community structure of shore fishes at an industrial site in the Gulf of Aqaba, Red Sea[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2002, 239: 287-299.
- [31] Chen B Z. Research on the fish fauna of the continental shelf in Fujian sea area[J]. *Journal of Fujian Fisheries*, 1990, 12(1): 12-15. [陈必哲. 福建海区大陆架鱼类区系的研究[J]. *福建水产*, 1990, 12(1): 12-15.]
- [32] Jiang S F. Studies on the ecology of pelagic fish eggs and larvae in Minnan-Taiwan bank fishing ground[C]/Hong H S, Qiu S Y, Ruan W Q, et al. Minnan-Taiwan Bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study. Beijing: Science Press,

- 1991: 531-540. [江素菲. 闽南-台湾浅滩渔场表层鱼卵和仔稚鱼的生态研究[C]/洪华生, 丘书院, 阮五崎, 等. 闽南-台湾浅滩渔场上升流区生态系研究. 北京: 科学出版社, 1991: 531-540.]
- [33] Xu C Y, Shen C C, Cai J D, et al. Species composition and quantity distribution of fish larvae and juveniles in coastal area of Minzhong fishery in spring and summer[J]. Journal of Fujian Fisheries, 2015, 37(6): 452-459. [徐春燕, 沈长春, 蔡建堤, 等. 闽中渔场近岸海域春、夏季仔稚鱼种类组成与数量分布[J]. 福建水产, 2015, 37(6): 452-459.]
- [34] Liang J S, Wang Y. Characters of precipitation change in rainy seasons (May-June) in the last hundred years in coastal Fujian[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1997, 16(4): 415-419. [梁金树, 王岩. 福建沿海近百年雨季总降水量的变化特征[J]. 台湾海峡, 1997, 16(4): 415-419.]
- [35] Peng B B, Zhao F, Wang S K, et al. Habitat traits of *Lateolabrax japonicus* in different subhabitats of Yangtze River Estuary[J]. South China Fisheries Science, 2021, 17(4): 1-8. [彭彪彪, 赵峰, 王思凯, 等. 中国花鲈在长江口不同亚生境中的栖息特征[J]. 南方水产科学, 2021, 17(4): 1-8.]
- [36] Li J S, Yan L P, Zhang H. Study on the inter-decadal changes of resources and population structure of *Scomber japonicus* in the East China Sea and Yellow Sea[J]. Marine Fisheries, 2023, 45(5): 513-521. [李建生, 严利平, 张辉. 东黄海日本鲭资源和群体结构的年代际变化研究[J]. 海洋渔业, 2023, 45(5): 513-521.]
- [37] Ye S, Ma W, Chen W F, et al. Distribution and influencing factors of Pacific chub mackerel *Scomber japonicus* resources in southern offshore waters of Zhejiang Province in spring and summer[J]. Fisheries Science, 2023, 42(3): 395-403. [叶深, 马稳, 陈伟峰, 等. 春、夏季浙江南部近海日本鲭资源分布特征及其环境影响因子[J]. 水产科学, 2023, 42(3): 395-403.]
- [38] Sun G Y, Zhu Y Y, Zhou Z L, et al. the reproductive biology of *Lateolabrax japonicus* in the Yangtze River Estuar and Zhejiang offshore waters[J]. Journal of Fisheries of China, 1994, 18(1): 18-23. [孙帼英, 朱云云, 周忠良, 等. 长江口及浙江沿海花鲈的繁殖生物学[J]. 水产学报, 1994, 18(1): 18-23.]
- [39] Fisheries Bureau of the Ministry of Agriculture of Animal Husbandry and Fisheries, the East China Sea Fishing Area Command Headquarters of the Ministry of Agriculture of Animal Husbandry and Fisheries. Fishery resources investigation on division of the East China Sea[M]. Shanghai: East China Normal University Press, 1987. [农牧渔业部水产局, 农牧渔业部东海渔区指挥部. 东海区渔业资源调查和区划[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1987.]
- [40] Zhou Y, Chen F, Sun G H, et al. Foraminiferal distribution in surface sediments of the northwestern Taiwan strait and its response to the coastal upwelling current[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2015, 35(1): 111-119. [周洋, 陈芳, 孙桂华, 等. 台湾海峡西北部表层沉积物中有孔虫分布对沿岸上升流存在的响应[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2015, 35(1): 111-119.]
- [41] Weng X C, Zhang Q L, Yan T Z, et al. Analysis of water masses in the middle and nor-thern Taiwan strait in spring and summer[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1992, 23(3): 235-244. [翁学传, 张启龙, 颜廷壮, 等. 台湾海峡中、北部海域春、夏季水团分析[J]. 海洋与湖沼, 1992, 23(3): 235-244.]

Spatial and temporal distribution characteristics and analysis of influencing factors of fish larvae and juveniles along the coast of Minnan fishing grounds

YU Wei^{1,2}, XU Chunyan², ZHONG Junsheng³, SHEN Changchun², WU Tongjin^{1,2}, CAI Jiandi², LIU Yong², MA Chao², ZHUANG Zhidong², XIE Shaoqing²

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

2. Key Laboratory of Cultivation and High-value Utilization of Marine Organisms in Fujian Province, Fujian Fisheries Research Institute, Xiamen 361013, China;

3. Engineering Research Center of Environment DNA and Ecological Water Health Assessment, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: To identify the composition and diversity of fish larvae and juveniles in the coastal waters of the Minnan fishing grounds, the species composition and quantity distribution of fish larvae and juveniles, as well as the relationship between the hydrological characteristics of the waters of the fishing grounds in Minnan and the distribution of fish larvae and juveniles, were studied. Ecological research data were obtained for the larvae and juveniles studied in four voyages carried out in May 2022 (spring), November 2022 (autumn), February 2023 (winter), and July 2023 (summer). It was found that: (1) a total of 1114 fish larvae and juveniles were collected on 4 voyages, belonging to 9 orders, 40 families, and 87 species, of which the number of Perciformes was the largest, accounting for 65.26% of the total number of fish larvae and juveniles in the study area. The abundance of fish larvae and juveniles and the number of species were the highest in summer, and the abundance of fish larvae and juveniles and the number of species were the lowest in autumn. The dominant species in each quarter were obvious, and there were no common dominant species. (2) There are significant differences in the composition of the fish larvae and juvenile clusters in the Minnan fishing grounds. The species replacement rates in the four seasons were 88.46%, 98.15%, 100.00%, and 92.11%, respectively. The results of the diversity analysis show that the richness index (D) and the Shannon-Wiener diversity index (H') were the highest in the summer, but the Pielou evenness index (J') was highest in the winter. (3) Analysis of the similarity of the assemblages of fish larvae and juveniles showed that the assemblages of fish larvae and juveniles in spring, summer, and winter were obvious. During spring, fish larvae and juveniles can be divided into two groups: nearshore and offshore. In summer and winter, the fish larvae and juveniles can be divided into three groups: the nearshore group, the offshore group I, and the offshore group II. (4) Analysis of the correlation between spatial and temporal distribution and environmental factors of the fish larvae and juveniles revealed that the changes in salinity between different stations and the temperature changes between seasons are the main factors that affect spatial and temporal distribution. The results of this study provide a scientific basis for studying the replenishment mechanism of fishery resources in the Minnan fishing grounds and formulating measures for the conservation and management of fishery resources.

Key words: fish larvae and juveniles; species composition; spatial and temporal distribution; Minnan fish grounds; environmental factor

Corresponding author: XU Chunyan. E-mail: xuchunyan218@126.com