

文章编号: 1674-5566(2024)04-0946-14

DOI: 10.12024/jsou.20240404475

## 菲律宾海夏季仔稚鱼表层分布及其与环境因子的关系

吕莉欣<sup>1</sup>, 赵恒权<sup>1</sup>, 钟俊生<sup>1</sup>, 王晓东<sup>1</sup>, 叶旭昌<sup>2</sup>, 刘志良<sup>3</sup>

(1. 上海海洋大学 海洋动物系统分类与进化上海高校重点实验室, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 海洋生物资源与管理学院, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 船舶管理中心, 上海 201306)

**摘要:** 为了探究菲律宾海夏季仔稚鱼表层分布及其与环境因子的关系, 于2022年夏季在菲律宾海(11°N~19°N、129°E~138°E)设置了50个采样站位, 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。共采集到仔稚鱼38 159尾, 隶属14目21科56种。日间采集优势种为黄鳍金枪鱼和银灰半棱鲷, 夜间采集优势种为银灰半棱鲷, 昼夜共同优势种为银灰半棱鲷, 占采集样本总数的97.05%。各站位仔稚鱼的总平均密度为292.43 ind./1 000 m<sup>3</sup>, 日间采集的平均密度为17.61 ind./1 000 m<sup>3</sup>, 夜间采集的平均密度为526.54 ind./1 000 m<sup>3</sup>, 昼夜密度分布存在显著差异, 密度较高的站位主要分布在15°N附近海域, 且均为夜间采集。典型相关分析(Canonical correlation analysis, CCA)表明, 影响仔稚鱼分布的环境因子从强到弱依次为海表面盐度(Sea surface salinity, SSS)、海表面温度(Sea surface temperature, SST)和溶解氧(Dissolved oxygen, DO), 优势种银灰半棱鲷的分布主要受SSS和DO的影响。研究表明, 菲律宾海夏季仔稚鱼的种类组成丰富, 表层分布不均匀, 昼夜分布差异显著。本研究可为菲律宾海渔业资源评估、保护与利用提供科学依据。

**关键词:** 仔稚鱼; 种类组成; 昼夜分布; 菲律宾海

**中图分类号:** S 932.4 **文献标志码:** A

西太平洋拥有许多环礁、岛群和海山<sup>[1-2]</sup>, 复杂的地理环境形成了西太平洋独特的水文特征和海流模式<sup>[3]</sup>。该海域有水温高、盐度低的北赤道流(North equatorial current, NEC), 高温、高盐的黑潮(Kuroshio current, KC)和棉兰老流(Mindanao current, MC)等洋流<sup>[4-6]</sup>。西太平洋海表面温度(Sea surface temperature, SST)高于28℃, 是全球海洋中最大的暖水体, 被称为西太平洋暖池(Western Pacific warm pool, WPWP), 其表层是典型的高温、低盐、寡营养、低生产力海域<sup>[7-9]</sup>。有研究<sup>[10-12]</sup>表明, 西太平洋海域是全球海洋生物的种源中心, 具有较高的物种多样性。

仔稚鱼是海洋浮游生物群落的重要组成部分, 在海洋食物网中起着关键作用。目前对于西太平洋渔业资源的研究主要集中在中西太平洋金枪鱼围网渔业、金枪鱼时空分布及其与环境因

子的关系<sup>[13-18]</sup>、西太平洋浮游动物的种类组成、分布与环境因子的关系<sup>[19-21]</sup>等方面, 研究表明洋流、纬度、盐度、温度和叶绿素a质量浓度都会影响浮游动物的分布。而对于仔稚鱼的研究主要包括形态发育<sup>[22-23]</sup>、种类组成<sup>[24]</sup>、空间分布<sup>[25-26]</sup>和食性<sup>[27-29]</sup>等方面, 也有部分研究探讨了仔稚鱼与温度的关系<sup>[30-31]</sup>。但以上研究大多集中于高纬度亲潮海区和过渡带海区, 且研究对象多为单种或单科鱼类, 关于菲律宾海的仔稚鱼研究甚少, 仅见于杜志鹏<sup>[32]</sup>对西太平洋仔稚鱼群落结构与环境因子的研究, 以及FANG等<sup>[33]</sup>对菲律宾海仔稚鱼空间分布和季节变化的研究。为探究菲律宾海夏季仔稚鱼表层分布及其与环境因子的关系, 本研究基于2022年8—9月在菲律宾海开展仔稚鱼表层水平拖网调查, 探讨了仔稚鱼种类组成、表层分布及其与环境因子的关系, 以为菲律宾海

收稿日期: 2024-04-03 修回日期: 2024-05-21

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFC2804003); 农业农村部全球渔业资源调查监测评估(公海渔业资源综合科学调查)专项(D-8025-23-002)

作者简介: 吕莉欣(1997—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水生生物学。E-mail: 193018004@qq.com

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

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

仔稚鱼生态学研究提供基础数据,为该海域渔业资源评估、保护与利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查方法

2022年8月15日至9月9日,“淞航”号远洋渔业资源调查船(3 000 t)在菲律宾海(11°N~19°N、129°E~138°E)设置了50个采样站位(图1),使

用大型仔稚鱼网(口径1.3 m,网目0.5 mm),以平均2 kn的船速,表层水平拖网20 min(以网口不露出水面为准),采集仔稚鱼样本。用机械式网口流量计(HYDRO-BIOS438110)记录每网流量值。采集到的样本用5%的福尔马林溶液固定,常温保存<sup>[34]</sup>。仔稚鱼调查和分析方法参照GB/T 12763.6—2007《海洋调查规范第6部分:海洋生物调查》<sup>[35]</sup>。

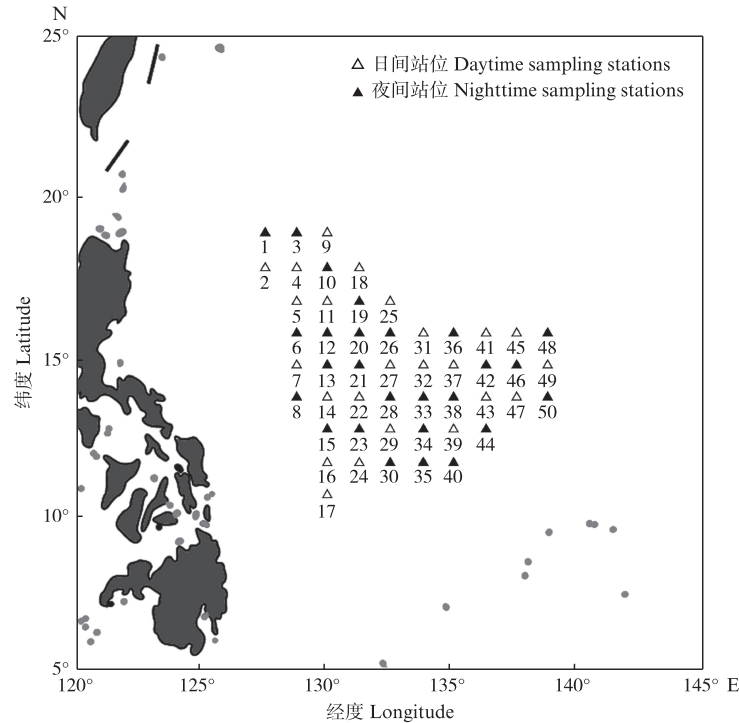


图1 采样站位图

Fig. 1 Sampling stations

### 1.2 样本处理与鉴定

在Olympus SZX7解剖镜下,挑选出仔稚鱼,参考相关专著<sup>[36-41]</sup>及台湾鱼类资料库(<https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/fishquer.php>)进行物种鉴定。并进行个体计数、体长测量以及记录发育阶段。参照KENDALL等<sup>[42]</sup>的仔稚鱼发育阶段分期标准划分发育阶段。物种学名参照《拉汉世界鱼类系统名典》<sup>[43]</sup>,科名参照《Fishes of the World》第五版<sup>[44]</sup>的分类系统排序。

### 1.3 数据处理与分析

仔稚鱼的密度标准化为每1 000 m<sup>3</sup>海水中仔稚鱼个体数量,根据以下公式计算仔稚鱼密度*D*(单位为ind./m<sup>3</sup>):

$$D = \frac{N}{S \times L \times C \times 1000} \quad (1)$$

式中:*N*为每次拖网所采集到的样本数,ind.;*S*为网口面积,m<sup>2</sup>;*L*为流量计转数;*C*为流量计校正值(*C*=0.3)。

运用相对重要性指数(Index of relative importance, IRI)计算并分析仔稚鱼的优劣势度<sup>[45-46]</sup>,计算公式如下:

$$I_{IRI} = N \times F \times 10^4 \quad (2)$$

式中:*I<sub>IRI</sub>*为相对重要性指数IRI;*N*为某种样本数占样本总数的百分比;*F*为某种样本的出现频率。定义IRI≥1 000为优势种;100≤IRI<1 000为重要种;10≤IRI<100为常见种<sup>[47]</sup>。

菲律宾海夏季的海表面温度(SST)数据、海表面盐度(Sea surface salinity, SSS)数据和溶解氧(Dissolved oxygen, DO)数据为现场CTD(SBE 19plus)仪器的实测数据。本研究利用Ocean Data View 5.6.5软件绘制采样站位图和环境因子

表层分布图,应用 ArcMap 10.8.1 软件和 Adobe Illustrator CC 2023 软件绘制仔稚鱼密度分布图,并使用 Canoco 5.0 软件进行仔稚鱼与环境因子的典型相关分析(Canonical correlation analysis, CCA),其他数据处理通过 IBM Statistics SPSS 26 软件和 Excel 2019 软件完成。

## 2 结果

### 2.1 环境因子

菲律宾海夏季各采样站位 SST 为 29.66~30.60 °C, 平均水温 30.14 °C, 符合西太平洋暖池的水温特征, 不同站位之间 SST 略有不同; SSS 数据显示, 菲律宾海夏季 SSS 均较高, 15°N 附近海域 SSS 高于其他海域; 其中盐度最高的站位是 St. 37, 为 34.65, 盐度最低的站位是 St. 10, 为 33.80; 根据 DO (mmol/m<sup>3</sup>) 的实测数据, Sts. 1、4、8、9、11、16、18、21 站位的 DO 含量较低, 其余站位 DO 含量均较高(图 2)。

### 2.2 种类及发育阶段组成

本研究共采集到仔稚鱼 38 159 尾, 隶属 14 目 21 科 56 种(表 1)。其中 37 种鉴定到种, 12 种鉴定到科, 7 种鉴定到属。鲭科(Scombridae)最多, 为 9 种, 占采集物种总数的 16.07%; 其次为灯笼鱼科(Myctophidae) 8 种; 飞鱼科(Exocoetidae) 6 种, 鲷科(Coryphaenidae)、蛇鲭科(Gempylidae)、旗鱼科(Istiophoridae)各 4 种, 鳀科(Engraulidae)、鲷科(Echeneidae)各 3 种, 鲈科(Carangidae) 2 种, 其余科均仅为 1 种。通过 IRI 值计算分析, 菲律宾海夏季日间采集的仔稚鱼优势种为黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)和银灰半棱鲷(*Encrasicholina punctifer*), 重要种为大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)、蛇鲭(*Gempylus serpens*)和长鳍虹灯鱼(*Bolinichthys longipes*); 夜间采集的仔

稚鱼优势种为银灰半棱鲷, 大眼金枪鱼和黄鳍金枪鱼为常见种; 昼夜共同优势种为银灰半棱鲷, 占采集样本总数的 97.05%(表 2)。发育阶段组成方面(Sts. 2、9、24、27、30、37 因未采集到仔稚鱼, 不作分析), 后弯曲期仔鱼的数量最多, 占样本总数的 59.65%; 其次是弯曲期仔鱼, 占样本总数的 35.03%; 前弯曲期仔鱼占样本总数的 5.24%; 稚鱼的数量最少, 仅占样本总数的 0.08%(图 3)。

### 2.3 密度分布

菲律宾海夏季各站位仔稚鱼的平均密度为 292.43 ind./1 000 m<sup>3</sup>, St. 26 站位的仔稚鱼密度最高, 为 10 720.58 ind./1 000 m<sup>3</sup>; 除 Sts. 2、9、24、27、30、37 站位未采集到仔稚鱼外, St. 18 站位的仔稚鱼密度最低, 为 0.29 ind./1 000 m<sup>3</sup>; 密度较高的站位(Sts. 13、20、21、26、33、36、48)主要分布在 15°N 附近海域(图 4), 主要为优势种银灰半棱鲷, 尤其是在 St. 26 站位采集到的银灰半棱鲷占到了银灰半棱鲷总尾数的 75.08%。按采样时间归类, 日间采集的平均密度为 17.61 ind./1 000 m<sup>3</sup>, 夜间采集的平均密度为 526.54 ind./1 000 m<sup>3</sup>, 对昼夜密度进行独立样本 *T* 检验(为削弱极端值的影响, 对密度数据进行对数转换), 显示昼夜密度分布存在显著差异( $P=0.004<0.05$ )。

### 2.4 优势种密度分布

优势种银灰半棱鲷的平均密度为 282.04 ind./1 000 m<sup>3</sup>。Sts. 13、21、26、36 站位出现的银灰半棱鲷密度高于平均值, 且均为夜间采集; 优势种银灰半棱鲷的昼夜密度独立样本 *T* 检验结果显示, 该物种昼夜密度分布存在显著差异( $P=0.001<0.05$ ), 是菲律宾海夏季仔稚鱼昼夜分布的主要贡献者。日间优势种黄鳍金枪鱼的平均密度为 3.34 ind./1 000 m<sup>3</sup>, 密度较高的站位为 Sts. 25、36、41、47、49 等(图 5)。此外, 日间重要种大眼金枪鱼、蛇鲭和长鳍虹灯鱼的平均密度分别为 2.81、0.54 和 0.47 ind./1 000 m<sup>3</sup>。

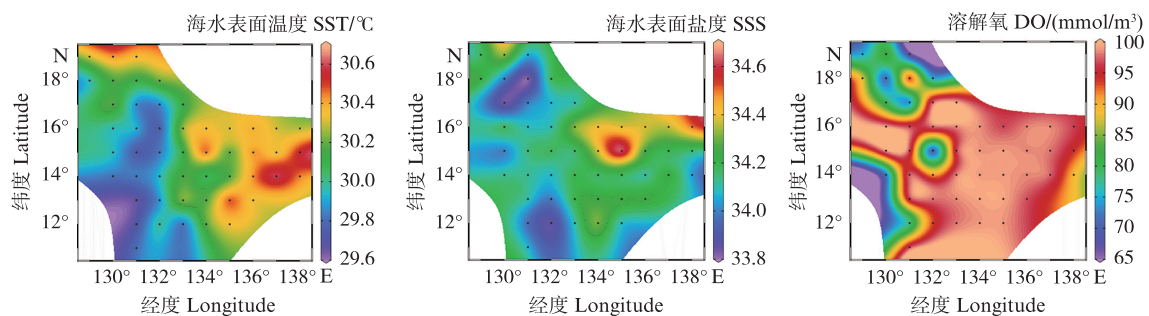


图 2 环境因子表层分布图

Fig. 2 Surface distribution of environmental factors

表 1 仔稚鱼种类组成  
Tab. 1 Species composition of fish larvae and juveniles

种类 Species	尾数百分比 Percentage/%	体长范围 Standard length/mm	发育阶段 Developmental Stage
鳗鲡目 Anguilliformes			
糯鳗科 Congridae			
白穴美体鳗 <i>Ariosoma shiroanago</i> (S1)	+	102.80~178.91	Post
鲱形目 Clupeiformes			
鳀科 Engraulidae			
银灰半棱鳀 <i>Encrasicholina punctifer</i> (S3)	97.05	3.12~40.90	Pre~J
日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i> (S4)	0.19	2.78~8.02	Pre~Post
小鳀属 sp. <i>Anchoa</i> sp.(S2)	+	14.95~15.39	Post
鲱科 Clupeidae			
鲱科 sp. <i>Clupeidae</i> sp.(S5)	0.12	2.62~4.78	Pre、F
巨口鱼目 Stomiiformes			
钻光鱼科 Gonostomatidae			
东方双光鱼 <i>Diplophos orientalis</i> (S6)	+	34.93~42.32	J
圆罩鱼属 sp. <i>Cyclothone</i> sp.(S7)	0.01	4.47~6.01	Pre、Post
仙女鱼目 Aulopiformes			
仙女鱼科 Aulopidae			
仙女鱼科 sp. <i>Aulopidae</i> sp.(S8)	0.01	3.39~4.40	Pre
灯笼鱼目 Myctophiformes			
新灯笼鱼科 Neoscopelidae			
小鳍新灯鱼 <i>Neoscopelus microchir</i> (S9)	+	3.91~4.21	Pre、F
灯笼鱼科 Myctophidae			
后光虹灯鱼 <i>Bolinichthys distofax</i> (S10)	+	4.80~6.03	Post
长鳍虹灯鱼 <i>Bolinichthys longipes</i> (S11)	0.13	2.78~5.59	Pre~Post
发光炬灯鱼 <i>Lampadena luminosa</i> (S13)	0.02	4.75~5.91	Pre、F
尾光炬灯鱼 <i>Lampadena urophaos urophaos</i> (S14)	0.02	3.58~4.85	Pre、F
埃氏标灯鱼 <i>Symbolophorus evermanni</i> (S16)	0.01	20.28~28.53	J
壮灯鱼属 sp. <i>Hygophum</i> sp.(S12)	+	4.93	F
炬灯鱼属 sp. <i>Lampadena</i> sp.(S15)	+	3.04~4.21	Pre
灯笼鱼科 sp. <i>Myctophidae</i> sp.(S17)	0.01	3.48~19.23	Pre~Post
鼬鲷目 Ophidiiformes			
鼬鲷科 Ophidiidae			
尼氏花须鼬鲷 <i>Brotulotaenia neilseni</i> (S18)	+	6.83	Pre
钩头鱼目 Kurtiformes			
天竺鲷科 Apogonidae			
天竺鲷科 sp. <i>Apogonidae</i> sp.(S26)	+	3.53	Pre
颌针鱼目 Beloniformes			
飞鱼科 Exocoetidae			
阿氏须唇飞鱼 <i>Cheilopogon abei</i> (S19)	0.03	2.87~9.67	F、Post
红斑须唇飞鱼 <i>Cheilopogon atrisignis</i> (S20)	+	95.39	J
白鳍须唇飞鱼 <i>Cheilopogon unicolor</i> (S21)	+	17.99~23.86	J
黑鳍飞鳅 <i>Oxyporhamphuscon vexus</i> (S22)	+	3.95~17.89	Post
白鳍飞鳅 <i>Oxyporhamphus Micropterus micropterus</i> (S23)	0.03	3.81~7.10	Post
飞鱼科 sp. <i>Exocoetidae</i> sp.(S24)	+	4.23	Post
鲈形目 Carangiformes			
麒麟科 Coryphaenidae			
棘麒麟 <i>Coryphaena equiselis</i> (S27)	0.07	2.55~5.01	Pre、F

·续表 1·

种类 Species	尾数百分比 Percentage/%	体长范围 Standard length/mm	发育阶段 Developmental Stage
鲱鳅 <i>Coryphaena hippurus</i> (S28)	0.05	2.68~5.61	Pre~Post
鲱鳅属 sp. <i>Coryphaena</i> sp.(S29)	0.03	2.14~4.96	Pre、F
鲱鳅科 sp. <i>Coryphaenidae</i> sp.(S30)	+	3.69~3.71	Pre
鲷科 Echeneidae			
鲷 <i>Echeneis naucrates</i> (S31)	+	5.25	Post
虱鲷 <i>Phtheichthys lineatus</i> (S32)	+	8.76~11.34	Post
短鲷 <i>Remora remora</i> (S33)	+	23.66	J
鲈科 Carangidae			
凹肩鲈属 sp. <i>Selar</i> sp.(S34)	+	2.13~2.33	Pre
鲈科 sp. <i>Carangidae</i> sp.(S35)	+	4.72	Post
旗鱼目 Istiophoriformes			
旗鱼科 Istiophoridae			
印度枪鱼 <i>Istiompax indica</i> (S50)	+	5.75	Post
小吻四鳍旗鱼 <i>Tetrapturus angustirostris</i> (S51)	0.02	3.38~11.96	Pre~Post
红肉四鳍旗鱼 <i>Tetrapturus audax</i> (S52)	+	5.29	Post
旗鱼科 sp. <i>Istiophoridae</i> sp.(S53)	+	2.92~3.11	Pre、F
海龙目 Syngnathiformes			
海龙科 Syngnathidae			
笔状多环海龙 <i>Hippichthys penicillus</i> (S25)	+	35.71	J
鲭形目 Scombriformes			
蛇鲭科 Gempylidae			
蛇鲭 <i>Gempylus serpens</i> (S37)	0.15	2.55~6.74	Pre~Post
无耙蛇鲭 <i>Nesiarchus nasutus</i> (S38)	+	3.55~5.49	Pre、F
棘鳞蛇鲭 <i>Ruvettus pretiosus</i> (S39)	+	5.09	F
蛇鲭科 sp. <i>Gempylidae</i> sp.(S40)	+	2.55~2.77	Pre
鲭科 Scombridae			
鲣 <i>Katsuwonus pelamis</i> (S41)	0.19	2.87~7.48	Pre~Post
澳洲鲭 <i>Scomber australasicus</i> (S42)	+	2.07~2.47	Pre
长鳍金枪鱼 <i>Thunnus alalunga</i> (S43)	0.01	3.64~5.77	Pre~Post
黄鳍金枪鱼 <i>Thunnus albacares</i> (S44)	0.91	2.09~8.61	Pre~Post
大眼金枪鱼 <i>Thunnus obesus</i> (S45)	0.72	2.15~7.02	Pre~Post
东方金枪鱼 <i>Thunnus orientalis</i> (S46)	+	3.03~5.14	Pre、F
青干金枪鱼 <i>Thunnus tonggol</i> (S47)	0.05	1.85~7.06	Pre、Post
金枪鱼属 sp. <i>Thunnus</i> sp.(S48)	0.02	2.35~5.39	Pre、F
鲭科 sp. <i>Scombridae</i> sp.(S49)	+	2.42~5.04	Pre、F
双鳍鲷科 Nomeidae			
巴氏方头鲷 <i>Cubiceps baxteri</i> (S54)	+	3.50~4.26	F、Post
鲈形目 Perciformes			
乌鲂科 Bramidae			
小鳞乌鲂 <i>Brama orcinii</i> (S36)	+	5.89	Post
鲉形目 Tetraodontiformes			
拟三棘鲉科 Triacanthodidae			
拟三棘鲉科 sp. <i>Triacanthodidae</i> sp.(S55)	+	3.21	Pre
三棘鲉科 Triacanthidae			
三棘鲉科 sp. <i>Triacanthidae</i> sp.(S56)	+	3.55~4.11	F、Post

注: Pre. 前弯曲期; F. 弯曲期; Post. 后弯曲期; J. 稚鱼期; +. 尾数百分比<0.01%; 括号中为种名简称, 用于典型相关分析(CCA)。

Notes: Pre. Pre-flexion; F. Flexion; Post. Post-flexion; J. Juvenile; +. Percentage<0.01%; Species name is abbreviated in parentheses for Canonical Correlation Analysis(CCA).

表2 仔稚鱼相对重要性指数  
Tab. 2 Index of relative importance of fish larvae and juveniles

种类 Species	相对重要性指数 IRI		
	总 Total	昼 Day	夜 Night
白穴美体鳗 <i>Ariosoma shiroanago</i>	0.01		0.02
银灰半棱鯷 <i>Encrasicholina punctifer</i>	6 559.34	1 167.34	8 711.38
日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	4.53	16.76	4.75
小鳀属 <i>Anchoa</i> sp.	0.01		0.02
鲱科 <i>Clupeidae</i> sp.	1.18	0.56	1.81
东方双光鱼 <i>Diplphos orientalis</i>	0.02		0.04
圆罩鱼属 <i>Cyclothone</i> sp.	0.04		0.08
仙女鱼科 <i>Aulopidae</i> sp.	0.06		0.12
小鳍新灯鱼 <i>Neoscopelus microchir</i>	0.02	0.56	0.01
后光虹灯鱼 <i>Bolinichthys distofax</i>	0.03	3.35	
长鳍虹灯鱼 <i>Bolinichthys longipes</i>	2.88	164.21	0.33
发光炬灯鱼 <i>Lampadena luminosa</i>	0.17	4.47	0.08
尾光炬灯鱼 <i>Lampadena urophaos urophaos</i>	0.24	5.59	0.12
埃氏标灯鱼 <i>Symbolophorus evermanni</i>	0.10		0.21
壮灯鱼属 <i>Hygophum</i> sp.	0.01	0.56	
炬灯鱼属 <i>Lampadena</i> sp.	0.02	0.56	0.01
灯笼鱼科 <i>Myctophidae</i> sp.	0.08	4.47	0.01
尼氏花须鼬鳐 <i>Brotulotaenia neilseni</i>	0.01	0.56	
天竺鲷科 <i>Apogonidae</i> sp.	0.01		0.01
阿氏须唇飞鱼 <i>Cheilopogon abei</i>	0.46	6.70	0.36
红斑须唇飞鱼 <i>Cheilopogon atrisignis</i>	0.01		0.01
白鳍须唇飞鱼 <i>Cheilopogon unicolor</i>	0.01		0.02
黑鳍飞鳧 <i>Oxyporhamphus convexus</i>	0.05	0.56	0.04
白鳍飞鳧 <i>Oxyporhamphus micropterus micropterus</i>	0.21	0.56	0.28
飞鱼科 <i>Exocoetidae</i> sp.	0.01		0.01
棘麒麟 <i>Coryphaena equiselis</i>	1.91	67.02	0.68
麒麟 <i>Coryphaena hippurus</i>	0.94	25.13	0.46
麒麟属 <i>Coryphaena</i> sp.	0.34	18.43	0.04
麒麟科 <i>Coryphaenidae</i> sp.	0.01	1.12	
鲷 <i>Echeneis naucrates</i>	0.01		0.01
虱鲷 <i>Phtheichthys lineatus</i>	0.01		0.02
短鲷 <i>Remora remora</i>	0.01		0.01
凹肩鲷属 <i>Selar</i> sp.	0.01		0.02
鲷科 <i>Carangidae</i> sp.	0.01		0.01
印度枪鱼 <i>Istiompax indica</i>	0.01	0.56	
小吻四鳍旗鱼 <i>Tetrapturus angustirostri</i>	0.15	15.64	
红肉四鳍旗鱼 <i>Tetrapturus audax</i>	0.01	0.56	
旗鱼科 <i>Istiophoridae</i> sp.	0.05	2.23	0.01
笔状多环海龙 <i>Hippichthys penicillus</i>	0.01		0.01
蛇鲭 <i>Gempylus serpens</i>	4.70	251.34	0.68
无耙蛇鲭 <i>Nesiarchus nasutus</i>	0.05	0.56	0.04
棘鳞蛇鲭 <i>Ruwettus pretiosus</i>	0.01		0.01
蛇鲭科 <i>Gempylidae</i> sp.	0.03	3.35	
鲹 <i>Katsuwonus pelamis</i>	3.77	3.35	5.67
澳洲鲭 <i>Scomber australasicus</i>	0.02		0.04

·续表2·

种类 Species	相对重要性指数 IRI		
	总 Total	昼 Day	夜 Night
长鳍金枪鱼 <i>Thunnus alalunga</i>	0.04		0.08
黄鳍金枪鱼 <i>Thunnus albacares</i>	47.42	1 271.78	21.74
大眼金枪鱼 <i>Thunnus obesus</i>	37.47	983.02	17.73
东方金枪鱼 <i>Thunnus orientalis</i>	0.05		0.09
青干金枪鱼 <i>Thunnus tonggol</i>	0.45	2.23	0.53
金枪鱼属 <i>Thunnus</i> sp.	0.13	13.40	
鲭科 Scombridae sp.	0.03		0.06
巴氏方头鲳 <i>Cubiceps baxteri</i>	0.02		0.04
小鳞乌鲂 <i>Brama orcin</i>	0.01	0.56	
拟三棘鲷科 Triacanthodidae sp.	0.01	0.56	
三棘鲷科 Triacanthidae sp.	0.02		0.04

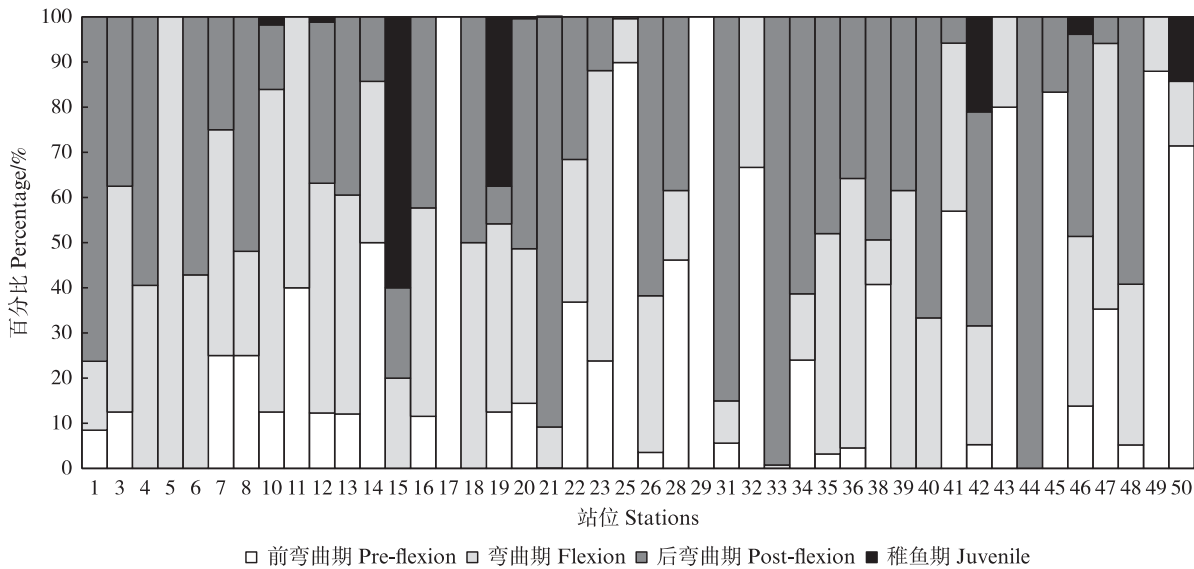


Fig. 3 Composition of developmental stages of fish larvae and juveniles

2.5 优势种发育阶段和体长组成

本研究采集到银灰半棱鲷共 37 033 尾, 体长为 3.12~40.90 mm, 日间 7.00~8.00 mm 仔鱼占比最高, 为 34.75%, 夜间 6.00~7.00 mm 仔鱼占比最高, 为 24.89%; 发育阶段组成昼夜无明显差异, 后弯曲期仔鱼数量最多, 其次是弯曲期和前弯曲期仔鱼, 稚鱼数量最少。日间优势种黄鳍金枪鱼共采集到 348 尾, 体长为 2.09~8.61 mm, 日间优势体长为 3.00~4.00 mm, 占 38.16%, 夜间优势体长为 4.00~5.00 mm, 占 43.97%; 发育阶段组成方面, 昼夜均是前弯曲期>弯曲期>后弯曲期, 其中日间前弯曲期仔鱼数量显著高于弯曲期和后弯曲期仔鱼, 占 77.29%, 夜间前弯曲期和弯曲期仔鱼占比分别为 44.68% 和 39.72% (图 6)。

2.6 典型相关分析

对仔稚鱼密度和 3 种环境因子 (SST、DO、SSS) 进行典型相关性分析, 将仔稚鱼密度数据进行平方根处理, 采用去除趋势对应分析 (Detrended correspondence analysis, DCA) 进行排序, 本研究排序轴长度为 5.4, 故选择典型相关分析 (CCA)。结果显示, 环境因子对菲律宾海夏季仔稚鱼分布的影响程度从强到弱依次为 SSS、SST、DO, 两排序轴特征值分别为 0.18、0.03。环境因子相关性分别为 0.55、0.29。蒙特卡洛结果显示, 第一排序轴不呈现显著差异 ( $F=1.4, P=0.556 > 0.05$ ); 所有排序轴均不呈现显著差异 ( $F=0.6, P=0.812 > 0.05$ )。优势种银灰半棱鲷 (S3) 的分布主要受 SSS 和 DO 的影响, 且与 SSS 呈正相关 (图 7)。

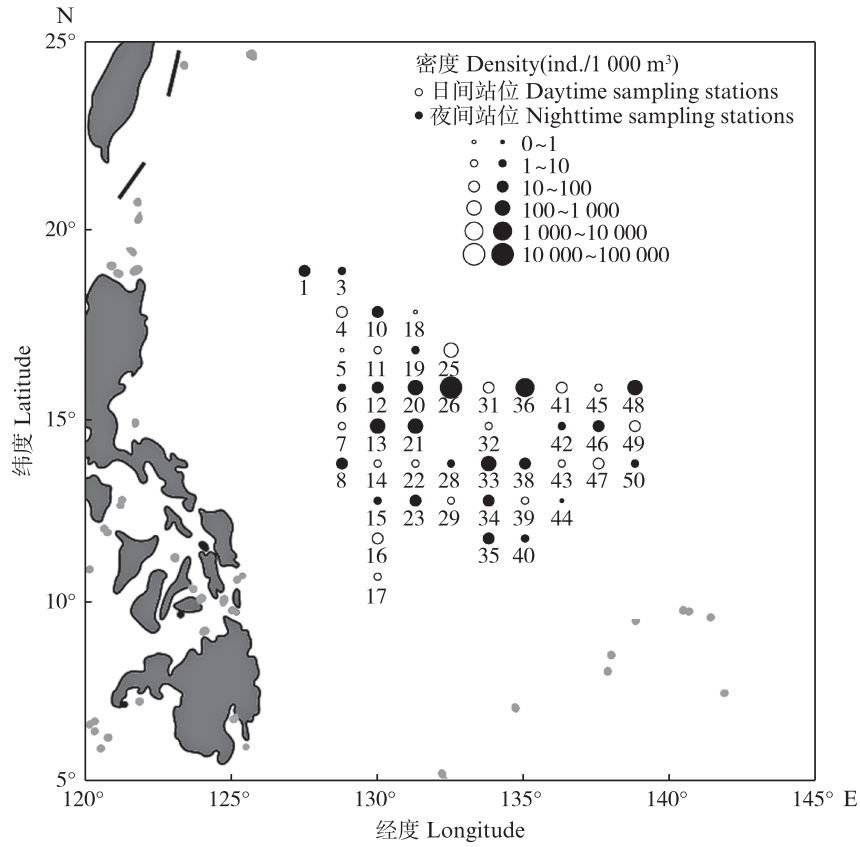


图4 仔稚鱼密度分布图

Fig. 4 Density distribution of fish larvae and juveniles

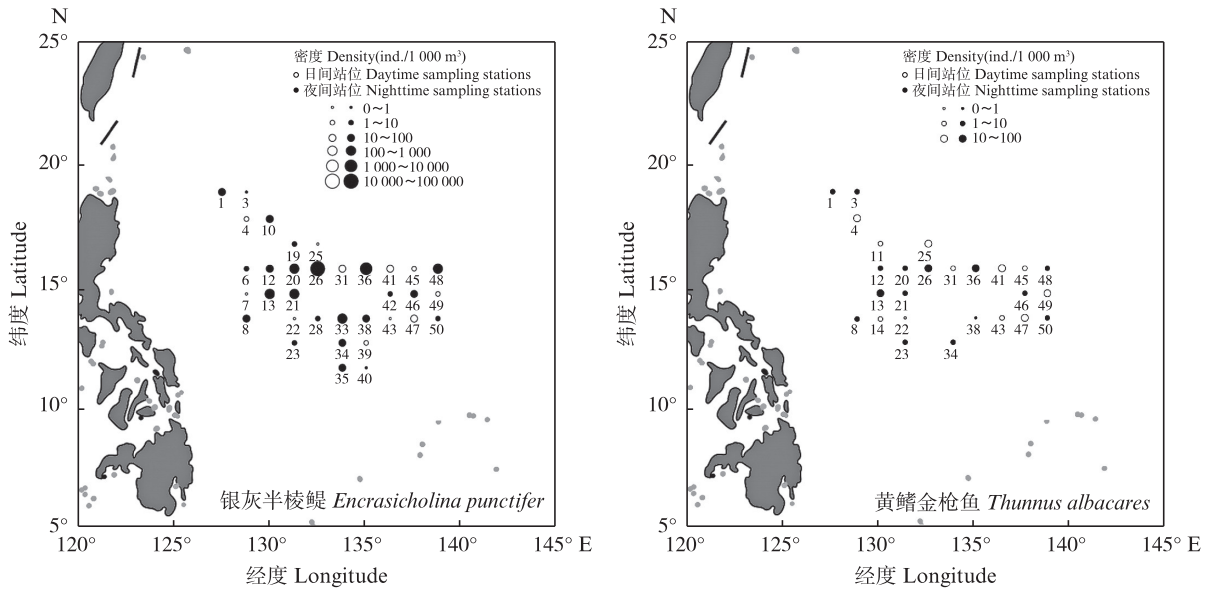


图5 优势种密度分布图

Fig. 5 Density distribution of dominant species



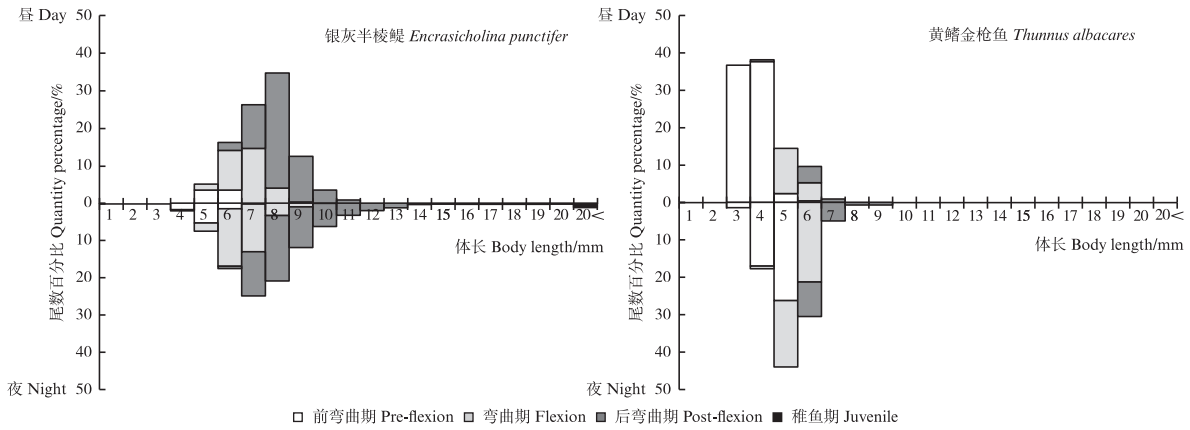
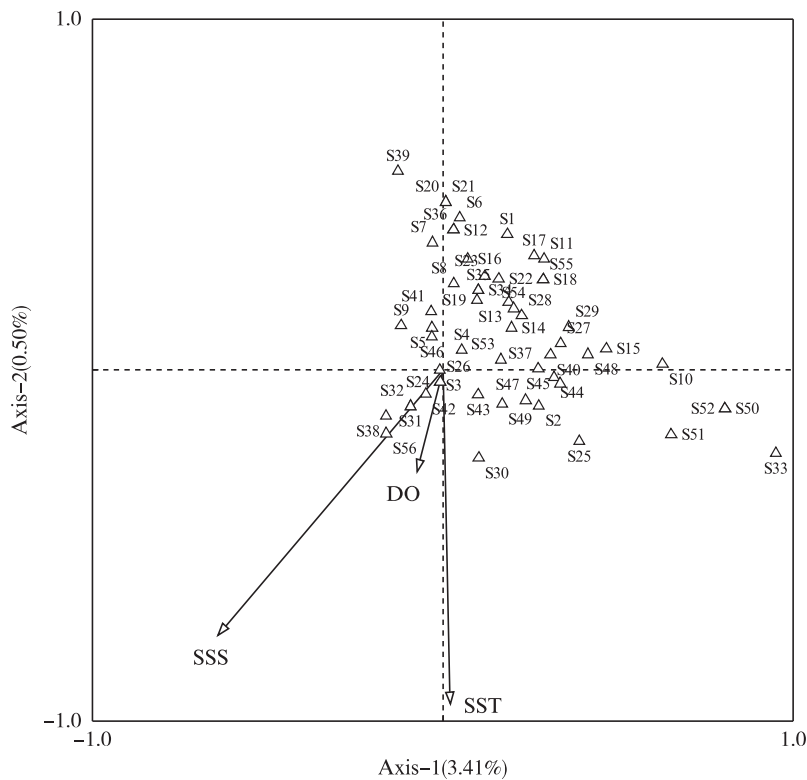


图6 优势种发育阶段和体长组成  
 Fig. 6 Developmental stages and body length composition of dominant species



种名参考表1中简称。  
 Species names refer to abbreviation in Tab.1.

图7 仔稚鱼与环境因子的CCA排序图  
 Fig. 7 CCA ordination plots of fish larvae and juveniles and environmental factors

### 3 讨论

#### 3.1 仔稚鱼的物种组成与昼夜分布

本研究采用大型仔稚鱼网采集到的仔稚鱼总尾数远高于杜志鹏<sup>[32]</sup>(2 649尾)和FANG等<sup>[33]</sup>(882尾)的研究结果,体现了网具及拖网方式差异能取得不同的结果。优势种为银灰半棱鲷,也是西太平洋热带海域仔稚鱼中的主要优势物种,而

SASSA等<sup>[24]</sup>对西北太平洋黑潮水域中层鱼类仔鱼冬末分布的研究中优势种为纤钻光鱼(*Sigmops gracilis*),深海鲑(*Bathylagus ochotensis*),日本背灯鱼(*Notoscopelus japonicus*),眶灯鱼属 sp. (*Diaphus* sp.)和粗鳞灯笼鱼(*Myctophum asperum*),表明不同水层优势种存在较大差异。

本研究在菲律宾海 15°N 附近海域采集到的仔稚鱼数量最多,占总数的 85.82%。仔稚鱼密度

较高的站位主要分布在 $15^{\circ}\text{N}$ 附近海域(图4),且均为夜间采样,与杜志鹏等<sup>[32]</sup>研究结果一致。菲律宾海夏季仔稚鱼密度分布存在明显的昼夜差异,夜间采样站位的仔稚鱼密度普遍高于白天(图4)。MILLER等<sup>[48]</sup>的研究表明大多数海洋鱼类仔稚鱼的垂直移动现象开始于弯曲期,本研究的优势种银灰半棱鲉的后弯曲期仔鱼数量最多,其次为弯曲期仔鱼(图6),且昼夜密度分布存在显著差异,夜间采样站位密度明显高于白天(图5),银灰半棱鲉是否存在昼夜垂直移动现象,将作为一个未来的考证课题进行进一步探讨。石肖飞等<sup>[14,49]</sup>研究表明,以中上层鱼类、头足类、甲壳类等为捕食对象的金枪鱼属(*Thunnus*)鱼类具有昼夜垂直移动和摄食习性,是否与银灰半棱鲉之间存在捕食关系,从而出现黄鳍金枪鱼和大眼金枪鱼的昼夜垂直移动现象,也有待进一步探讨。

### 3.2 环境因子对仔稚鱼表层分布的影响

海洋环境的变化对鱼类的多样性有着至关重要的影响,鱼类对栖息地的选择深受环境因子的影响,因此塑造出不同的仔稚鱼空间分布格局<sup>[50-52]</sup>。本研究结果显示,夏季菲律宾海表层仔稚鱼分布受到SST、SSS、DO的影响。温度能直接影响仔稚鱼生长发育<sup>[53]</sup>。较高的SST有利于刺激鱼类性腺的发育和成熟,适宜的温度可以促进仔稚鱼的生长,从而改变它们的产卵量、产卵时间和群体补充数量<sup>[54]</sup>。RAMOS等<sup>[55]</sup>的研究表明,河口地区季节更替导致的温度变化对仔稚鱼群落有显著影响。本研究中,棘鳞蛇鲭(*Ruvettus pretiosus*, S39)的分布与温度呈现显著的负相关(图7)。

盐度对鱼类的生长发育有着相当重要的影响,盐度的变化不仅会影响仔稚鱼渗透压的调节、肠道酶的活性、基因的表达,还会影响鱼类的性腺发育、胚胎孵化、呼吸代谢、免疫防御等生理活动<sup>[56]</sup>。此外,不同鱼类对盐度的适应性有所差别,这也在一定程度上影响了鱼类的空间分布格局。李建生等<sup>[57]</sup>的研究结果显示,长江口不同水体中仔稚鱼数量与水体的平均盐度有明显的正相关性。本研究发现在菲律宾海 $15^{\circ}\text{N}$ 附近海域存在一个SSS较高的海域,这个高盐度区域在调查海域呈现“带状分布”(图2),结合密度分布可知,仔稚鱼密度较高的站位主要分布在 $15^{\circ}\text{N}$ 附近海域(图4),王心茹<sup>[58]</sup>在对太平洋盐度时空变化

的研究中发现,SSS最大值的变化主要与经向平流有关。

DO对水生生物至关重要,王九江等<sup>[59]</sup>和肖瑜璋等<sup>[60]</sup>的研究表明,溶解氧与仔稚鱼的丰度呈现显著正相关。结合DO表层分布和仔稚鱼密度分布分析发现,本研究中DO含量较低的站位,仔稚鱼密度也相对较低(图2、4)。西太平洋具有复杂的三维海洋环流系统,ZENIMOTO等<sup>[61]</sup>研究发现,日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)仔鱼的迁移可能与北赤道流分叉点(North equatorial current bifurcation)的纬度有关。本研究调查海域处于北赤道流(NEC)、黑潮(KC)和棉兰老流(MC)分叉区,仔稚鱼分布与洋流影响方面也有待进一步深入讨论。

### 参考文献:

- [1] MORATO T, HOYLE S D, ALLAIN V, et al. Seamounts are hotspots of pelagic biodiversity in the open ocean [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2010, 107(21): 9707-9711.
- [2] ALLAIN V, FERNANDEZ E, HOYLE S D, et al. Interaction between coastal and oceanic ecosystems of the western and central pacific ocean through predator-prey relationship studies [J]. PLoS One, 2012, 7(5): e36701.
- [3] 胡石建, 胡敦欣. 西太平洋暖池研究综述 [J]. 海洋科学集刊, 2016(51): 37-48.  
HU S J, HU D X. Review on Western Pacific warm pool study [J]. Studia Marina Sinica, 2016(51): 37-48.
- [4] HUANG Y, ZHANG L L, WANG F J, et al. Interannual variations of the North Equatorial Current/Undercurrent from mooring array observations [J]. Frontiers in Marine Science, 2022, 9: 979442.
- [5] DUAN J, CHEN Z H, WU L X. Projected changes of the low-latitude north-western Pacific wind-driven circulation under global warming [J]. Geophysical Research Letters, 2017, 44(10): 4976-4984.
- [6] LIU D N, WANG F, ZHU J, et al. Impact of assimilation of moored velocity data on low-frequency current estimation in Northwestern Tropical Pacific [J]. Journal of Geophysical Research: Oceans, 2020, 125 (9) : e2019JC015829.
- [7] MESSIÉ M, RADENAC M H. Seasonal variability of the surface chlorophyll in the western tropical Pacific from SeaWiFS data [J]. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 2006, 53 (10) : 1581-1600.
- [8] KAWAHATA H, NISHIMURA A, GAGAN M K. Seasonal change in foraminiferal production in the western

- equatorial Pacific warm pool: evidence from sediment trap experiments [J]. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 2002, 49(13/14): 2783-2800.
- [9] 陈卓, 孙军, 张桂成. 2016年秋季热带西太平洋网采浮游植物群落结构[J]. *海洋科学*, 2018, 42(7): 114-130.  
CHEN Z, SUN J, ZHANG G C. Netz-phytoplankton community structure of the tropical Western Pacific Ocean in summer 2016[J]. *Marine Sciences*, 2018, 42(7): 114-130.
- [10] BRIGGS J C. The marine east indies: diversity and speciation [J]. *Journal of Biogeography*, 2005, 32(9): 1517-1522.
- [11] 林茂, 王春光, 王彦国, 等. 西太平洋浮游动物种类多样性[J]. *生物多样性*, 2011, 19(6): 646-654.  
LIN M, WANG C G, WANG Y G, et al. Zooplanktonic diversity in the western Pacific [J]. *Biodiversity Science*, 2011, 19(6): 646-654.
- [12] TITTENSOR D P, MORA C, JETZ W, et al. Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa [J]. *Nature*, 2010, 466(7310): 1098-1101.
- [13] 汪伟松, 唐未, 龚一赫, 等. 基于MaxEnt模型模拟中西太平洋鳀自由鱼群栖息地的研究[J]. *南方水产科学*, 2023, 19(5): 11-21.  
WANG W S, TANG W, GONG Y H, et al. Modeling habitat of skipjack tuna of free swimming school in Western and Central Pacific Ocean based on MaxEnt model [J]. *South China Fisheries Science*, 2023, 19(5): 11-21.
- [14] 石肖飞, 武孝慈, 王佚兮, 等. 热带中西太平洋海域大眼金枪鱼摄食生态学[J]. *海洋渔业*, 2023, 45(1): 49-59.  
SHI X F, WU X C, WANG Y X, et al. Feeding ecology of *Thunnus obesus* in the tropical Western and Central Pacific Ocean [J]. *Marine Fisheries*, 2023, 45(1): 49-59.
- [15] 张聪, 周为峰, 唐峰华, 等. 基于机器学习的中西太平洋黄鳍金枪鱼渔场预报模型[J]. *农业工程学报*, 2022, 38(15): 330-338.  
ZHANG C, ZHOU W F, TANG F H, et al. Forecasting models for yellowfin tuna fishing ground in the central and western Pacific based on machine learning [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2022, 38(15): 330-338.
- [16] 杨胜龙, 范秀梅, 吴祖立, 等. 基于GAM模型研究水温垂直结构对热带中西太平洋黄鳍金枪鱼渔获率的影响[J]. *海洋学报*, 2021, 43(4): 46-54.  
YANG S L, FAN X M, WU Z L, et al. Analysis of the influence of the vertical structure of water temperature on the catch rate of yellowfin tuna in the tropical central and western Pacific based on the GAM model [J]. *Haiyang Xuebao*, 2021, 43(4): 46-54.
- [17] 赵蓁, 孙奥燃, 张春玲, 等. 中西太平洋围网黄鳍金枪鱼渔场分布与溶解氧垂直结构的关系[J]. *中国农业科技导报*, 2022, 24(4): 193-202.  
ZHAO Z, SUN A R, ZHANG C L, et al. Relationship between fishing grounds of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) and dissolved oxygen in the western and central Pacific [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2022, 24(4): 193-202.
- [18] 周为峰, 陈亮亮, 崔雪森, 等. 异常气候下温跃层及时空因子对中西太平洋黄鳍金枪鱼渔场分布的影响[J]. *中国农业科技导报*, 2021, 23(10): 192-201.  
ZHOU W F, CHEN L L, CUI X S, et al. Effects of thermocline and space-time factors on yellowfin tuna fishing ground distribution in the central and western Pacific in abnormal climate [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2021, 23(10): 192-201.
- [19] 付菲雨, 卜心宇, 沈盎绿, 等. 西北太平洋亚热带海域浮游动物种类组成与分布[J]. *应用生态学报*, 2022, 33(2): 544-550.  
FU F Y, BU X Y, SHEN A L, et al. Composition and distribution of zooplankton species in the subtropical areas of the Northwestern Pacific Ocean [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2022, 33(2): 544-550.
- [20] 辛全栋, 李向阳, 肖雪艳, 等. 西北太平洋海域表层浮游动物群落结构与其环境因子的关系[J]. *宁波大学学报(理工版)*, 2023, 36(2): 23-30.  
XIN Q D, LI X Y, XIAO X Y, et al. Community structure of zooplankton and its relationship with environmental factors in the surface waters of the Northwest Pacific Ocean [J]. *Journal of Ningbo University (NSEE)*, 2023, 36(2): 23-30.
- [21] 付菲雨, 韩霏武, 方舟, 等. 西北太平洋春、冬季浮游动物优势种水平分布与影响因素的关系[J]. *大连海洋大学学报*, 2022, 37(3): 489-496.  
FU F Y, HAN P W, FANG Z, et al. Distribution and relationship with influential factors of dominant zooplankton species in the Northwest Pacific Ocean in spring and winter [J]. *Journal of Dalian Ocean University*, 2022, 37(3): 489-496.
- [22] 万瑞景, 卞晓东. 缪氏暗光鱼早期发育形态[J]. *水产学报*, 2012, 36(7): 1065-1072.  
WAN R J, BIAN X D. Morphological development of early stages of *Maurollicus muelleri* (Gmelin, 1788) [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2012, 36(7): 1065-1072.
- [23] YANAGIMOTO T, CHOW S. Small juveniles of *Beryx mollis* (Teleostei: Berycidae) collected by a mid-water trawl in the West Mariana Ridge, western North Pacific [J]. *Aquatic Animals*, 2020, AA2020: AA2020-7.
- [24] SASSA C, KAWAGUCHI K, MORI K. Late winter larval mesopelagic fish assemblage in the Kuroshio waters of the western North Pacific [J]. *Fisheries Oceanography*, 2004, 13(2): 121-133.

- [25] WATANABE H, SASSA C, ISHIDA M. Late winter vertical distribution of mesopelagic fish larvae in the Kuroshio current region of the western North Pacific [J]. Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography, 2010, 74(3): 153-158.
- [26] SASSA C, KAWAGUCHI K, HIROTA Y, et al. Distribution depth of the transforming stage larvae of myctophid fishes in the subtropical-tropical waters of the western North Pacific [J]. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 2007, 54 (12): 2181-2193.
- [27] WATANABE H, KAWAGUCHI K, HAYASHI A. Feeding habits of juvenile surface-migratory myctophid fishes (family Myctophidae) in the Kuroshio region of the western North Pacific [J]. Marine Ecology Progress Series, 2002, 236: 263-272.
- [28] WATANABE H, KAWAGUCHI K. Decadal change in the diets of the surface migratory myctophid fish *Myctophum nitidulum* in the Kuroshio region of the western North Pacific: Predation on sardine larvae by myctophids [J]. Fisheries Science, 2003, 69(4): 716-721.
- [29] TAKAGI K, YATSU A, ITOH H, et al. Comparison of feeding habits of myctophid fishes and juvenile small epipelagic fishes in the western North Pacific [J]. Marine Biology, 2009, 156(4): 641-659.
- [30] TAKASUKA A, OOZEKI Y, KUBOTA H. Multi-species regime shifts reflected in spawning temperature optima of small pelagic fish in the western North Pacific [J]. Marine Ecology Progress Series, 2008, 360: 211-217.
- [31] ITOH S, YASUDA I, NISHIKAWA H, et al. Transport and environmental temperature variability of eggs and larvae of the Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) and Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in the western North Pacific estimated via numerical particle-tracking experiments [J]. Fisheries Oceanography, 2009, 18 (2): 118-133.
- [32] 杜志鹏. 西太平洋仔稚鱼群落结构及其与环境因子的相关性研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2023.
- DU Z P. Study on the community structure of fish larvae and juveniles in the western Pacific Ocean and its correlation with environmental factors [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2023.
- [33] FANG C, WANG X G, SUN D, et al. Spatial distribution and seasonal variation of fish larvae in the upper 200 m of the Philippine Sea [J]. Frontiers in Marine Science, 2023, 10: 1110980.
- [34] 鞠佳丽, 王小谷, 吴尘艳, 等. 南海北部海域夏季仔稚鱼种类组成和主要环境因子的关系 [J]. 上海海洋大学学报, 2023, 32(1): 190-202.
- JU J L, WANG X G, WU C Y, et al. The relationship between species composition of fish larvae and juveniles and main environment factors in the northern South China Sea in summer [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2023, 32(1): 190-202.
- [35] 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, 2008.
- 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, 2008.
- [36] 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.
- 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 Publishers, 2016.
- [37] OKIYAMA M. An atlas of early stage fishes in Japan [M]. Tokyo: Donghai University Publishing Association, 2014.
- [38] 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.
- WU H L, ZHONG J S. Key to marine and estuarial fishes of China [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2021.
- [39] KONISHI Y, CHAYAKUL R, CHAMCHAN C, et al. Early stages of marine fishes in southeast Asian region [M]. Samut Prakan: Training Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, 2012.
- [40] LEIS J M, CARSON-EWART B M. The larvae of Indo-Pacific coastal fishes [M]. Leiden: Brill, 2004.
- [41] CARPENTER K E, NIEM V H. The living marine resources of the western central pacific [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1999.
- [42] KENDALL A W JR, AHLSTROM E H, MOSER H G. Early life history stages of fishes and their characters [M]// MOSER H G. Ontogeny and Systematics of Fishes. Lawrence: Allen Press, 1984.
- [43] 伍汉霖, 邵广昭, 赖春福, 等. 拉汉世界鱼类系统名典 [M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2017.
- WU H L, SHAO G Z, LAI C F, et al. Latin-Chinese dictionary of fish names by classification system [M]. Qingdao: China Ocean University Press, 2017.
- [44] NELSON J S, GRANDE T C, WILSON M V H. Fishes of the World [M]. 5th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2016.
- [45] 朱鑫华, 刘栋, 沙学绅. 长江口春季鱼类浮游生物群落结构与环境因子的关系 [J]. 海洋科学集刊, 2002(1): 169-179.
- ZHU X H, LIU D, SHA X S. Relationship between community structure of ichthyoplankton and environmental

- factors in the estuary of Changjiang river in spring [J]. *Studia Marina Sinica*, 2002(1): 169-179.
- [46] PINKAS L, OLIPHANT M S, IVERSON I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters [M]. Sacramento: State of California, Department of Fish and Games, 1971: 11-46.
- [47] 程济生, 俞连福. 黄、东海冬季底层鱼类群落结构及多样性变化[J]. *水产学报*, 2004, 28(1): 29-34.  
CHENG J S, YU L F. The change of structure and diversity of demersal fish communities in the Yellow Sea and East China Sea in winter [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2004, 28(1): 29-34.
- [48] MILLER B S, KENDALL A W JR. Early life history of marine fishes [M]. Berkeley: University of California Press, 2009.
- [49] 石肖飞, 王啸, 王佚兮, 等. 热带中西太平洋海域黄鳍金枪鱼的摄食生物学特性[J]. *南方水产科学*, 2022, 18(1): 43-51.  
SHI X F, WANG X, WANG Y X, et al. Feeding biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in tropical central and western Pacific Ocean [J]. *South China Fisheries Science*, 2022, 18(1): 43-51.
- [50] HE Y F, WANG J W, LEK S, et al. Structure of endemic fish assemblages in the upper Yangtze River Basin [J]. *River Research and Applications*, 2011, 27(1): 59-75.
- [51] TRUMPICKAS J, MANDRAK N E, RICCIARDI A. Nearshore fish assemblages associated with introduced predatory fishes in lakes [J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2011, 21(4): 338-347.
- [52] 林小植, 李冬梅, 刘焕章, 等. 广东韩江潮州江段鱼类多样性及季节变化[J]. *生物多样性*, 2016, 24(2): 185-194.  
LIN X Z, LI D M, LIU H Z, et al. Fish species diversity and its seasonal variations in the Chaozhou section of Hanjiang River, Guangdong Province [J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(2): 185-194.
- [53] 饶元英, 钟俊生, 刘欢, 等. 长江口南支水域刀鲚仔稚鱼资源量的年度变化[J]. *上海海洋大学学报*, 2021, 30(5): 828-836.  
RAO Y Y, ZHONG J S, LIU H, et al. Annual variation of the resources of *Coilia nasus* larvae and juveniles in the southern branch of the Yangtze River estuary [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2021, 30(5): 828-836.
- [54] 柳昊, 张文超, 李文甲, 等. 黄海中部夏季鳀鱼卵、仔稚鱼分布与早期生长特征[J]. *上海海洋大学学报*, 2024, 33(1): 172-185.  
LIU H, ZHANG W C, LI W J, et al. Distribution and early growth characteristics of anchovy eggs, larvae and juveniles in the central Yellow Sea in summer [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2024, 33(1): 172-185.
- [55] RAMOS S, COWEN R K, RÉ P, et al. Temporal and spatial distributions of larval fish assemblages in the Lima estuary (Portugal) [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2006, 66(1/2): 303-314.
- [56] 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.  
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.
- [57] 李建生, 凌建忠, 胡芬. 长江口邻近水域仔稚鱼分层群聚特征分析[J]. *南方水产科学*, 2021, 17(3): 102-107  
LI J S, LING J Z, HU F. Analysis on characteristics of stratified clustering of larvae and juveniles in adjacent waters of Yangtze River Estuary [J]. *South China Fisheries Science*, 2021, 17(3): 102-107.
- [58] 王心茹. 太平洋盐度的时空变化及气候效应[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2022.  
WANG X R. Temporal and spatial variation of salinity in the Pacific Ocean and climatic effects [D]. Qingdao: Qingdao University of Science & Technology, 2022.
- [59] 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.
- [60] 肖瑜璋, 王蓉, 欧强, 等. 春季珠江口水域鱼卵和仔稚鱼的分布及其与环境因子的关系[J]. *台湾海峡*, 2010, 29(4): 488-495.  
XIAO Y Z, WANG R, OU Q, et al. Relationship between abundance distribution of fish eggs, larvae and juveniles and environmental factors in the Pearl River Estuary waters in spring [J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2010, 29(4): 488-495.
- [61] ZENIMOTO K, KITAGAWA T, MIYAZAKI S, et al. The effects of seasonal and interannual variability of oceanic structure in the western Pacific North Equatorial Current on larval transport of the Japanese eel *Anguilla japonica* [J]. *Journal of Fish Biology*, 2009, 74(9): 1878-1890.

## Surface distribution of fish larvae and juveniles and its relationship with environmental factors in the Philippine Sea in summer

LYU Lixin<sup>1</sup>, ZHAO Hengquan<sup>1</sup>, ZHONG Junsheng<sup>1</sup>, WANG Xiaodong<sup>1</sup>, YE Xuchang<sup>2</sup>, LIU Zhiliang<sup>3</sup>

(1. Shanghai Universities Key Laboratory of Marine Animal Taxonomy and Evolution, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. College of Marine Living Resource Sciences and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Research Vessel Management Center, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** In order to investigate the relationship between the surface distribution of fish larvae and juveniles and environmental factors in the Philippine Sea in summer, surface horizontal trawl surveys were conducted with large larvae and juvenile fish nets (diameter 1.3 m, mesh 0.5 mm) at 50 sampling stations in the Philippine Sea (11°N-19°N, 129°E-138°E) during the summer of 2022. A total of 38 159 fish larvae and juveniles, belonging to 14 orders, 21 families, and 56 species were collected. The dominant species in the daytime collection were *Thunnus albacares* and *Encrasicholina punctifer*, while the dominant species in the nighttime collection was *Encrasicholina punctifer*, so the co-dominant species was *Encrasicholina punctifer*, which accounted for 97.05% of the total number of samples collected. The total mean density of fish larvae and juveniles at each station was 292.43 ind./1 000 m<sup>3</sup>, with a mean density of 17.61 ind./1 000 m<sup>3</sup> collected during the daytime and 526.54 ind./1 000 m<sup>3</sup> collected during the nighttime, indicating significant differences in diel distribution. The stations with higher densities were mainly located in the sea near 15°N, and all sample were collected at night. Canonical correlation analysis showed that the environmental factors affecting the distribution of fish larvae and juveniles were, in descending order, sea surface salinity, sea surface temperature, and dissolved oxygen. The distribution of the dominant species *Encrasicholina punctifer* was mainly influenced by sea surface salinity and dissolved oxygen. The study shows that the fish larvae and juveniles in the Philippine Sea have a rich species composition with uneven surface distribution and significant differences in diel distribution. This study can provide a scientific basis for the assessment, conservation and utilization of fishery resources in the Philippine Sea.

**Key words:** fish larvae and juveniles; species composition; diel distribution; Philippine Sea