

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

鞠佳丽, 王小谷, 吴尘艳, 钟俊生

The relationship between species composition of fish larvae and juveniles and main environment factors in the northern South China Sea in summer

JU Jiali, WANG Xiaogu, WU Chenyan, ZHONG Junsheng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20220403811>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[杭州湾北部水域仔稚鱼组成的月度及年间比较](#)

Monthly and annual comparison of fish larvae and juveniles composition in the north of Hangzhou Bay

上海海洋大学学报. 2017, 26(1): 103 <https://doi.org/10.12024/jsou.20160401748>

[长江口及其邻近海域仔鱼的生态学研究](#)

The ecological study of fish larvae in the Yangtze River Estuary and adjacent waters

上海海洋大学学报. 2017, 26(5): 733 <https://doi.org/10.12024/jsou.20170301964>

[潮汐对长江口南支仔稚鱼种类组成及密度影响](#)

Effect of tide on the species composition and density of the fish larvae and juveniles community in southern branch of Yangtze River estuary

上海海洋大学学报. 2020, 29(6): 855 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190302569>

[长江口南支仔稚鱼数量随潮汐变化的研究](#)

The study on the amount changes of fish larvae during flood and ebb in the south branch of Yangtze River Estuary

上海海洋大学学报. 2018, 27(2): 250 <https://doi.org/10.12024/jsou.20170301994>

[长江口南支水域刀鲚仔稚鱼资源量的年度变化](#)

Annual variation of the resources of *Coilia nasus* larvae and juveniles in the southern branch of the Yangtze River estuary

上海海洋大学学报. 2021, 30(5): 828 <https://doi.org/10.12024/jsou.20200403023>

文章编号: 1674-5566(2023)01-0190-13

DOI:10.12024/jsou.20220403811

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

鞠佳丽¹, 王小谷², 吴尘艳¹, 钟俊生^{1,3}

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 自然资源部第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012; 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: 基于 2012 年夏季在南海北部海域设置的 23 个站位, 以 WP2 浮游生物网(网口内径 57 cm, 网长 271 cm, 网目 200 μm) 进行垂直拖网采集的样本, 研究仔稚鱼的种类组成、数量分布, 分析南海北部海域水文特征与仔稚鱼分布的相关关系。研究共采集仔稚鱼 230 尾, 隶属 11 目 33 科 77 种, 其中 8 种鉴定到科, 23 种鉴定到属, 46 种鉴定到种。鲈形目(Perciformes) 种类最多, 有 16 科 24 种, 占调查海域仔稚鱼种类数的 31.17%。其次是灯笼鱼目(Mycetophiformes) 和巨口鱼目(Stomiiformes), 分别为 1 科 18 种和 4 科 12 种。灯笼鱼科(Mycetophidae)、巨口光灯鱼科(Phosichthyidae)、钻光鱼科(Gonostomatidae) 的仔稚鱼数量约占仔稚鱼总捕获量的 50%。各站位间仔稚鱼种类数的变化, 与丰富度指数的变化趋势较为一致。总体而言, 粤东海域和琼东海域的仔稚鱼群落结构相对稳定。夏季南海北部琼东沿岸上升流海区、珠江冲淡水海区以及西沙群岛近岸海区仔稚鱼丰度相对较高。典型相关性分析(CCA) 结果表明, 南海北部仔稚鱼的数量分布与海表面温度(SST) 和叶绿素 a 质量浓度(Chl. a) 密切相关。聚类分析结果显示, 仔稚鱼群落可划分为 2 个群组, 大洋组和近海组。

关键词: 南海北部; 仔稚鱼; 种类组成; 数量分布; 上升流; 珠江冲淡水

中图分类号: S 932.4

文献标志码: A

仔稚鱼时期是鱼类发育早期的浮游生活阶段。在此阶段海洋环境的任何细微变化, 都可能对仔稚鱼的生长发育产生致命的影响^[1]。许多研究^[2-3] 已探明仔稚鱼的群落组成、时空分布与海洋环境相关。

南海是西太平洋最大的半封闭边缘海, 也是受东南亚季风影响的核心区域, 其地理位置特殊, 与吕宋海峡、民都洛海峡、台湾海峡、卡里马塔海峡等海域相连通^[4-5]。夏季, 在西南季风的驱使下, 南海北部陆架海域形成季节性的沿岸上升流, 主要包括粤东沿岸上升流和琼东沿岸上升流^[6]。上升流能将含有丰富营养盐的低温深层水运送至表层, 从而使沿岸上升流海区的表层水也具有深层水的低温、高盐等特征^[7]。已有研究^[8] 表明, 全球海洋近 20% 的渔业捕捞量, 与仅占全球海洋表面积 1% 的沿岸上升流密切相关。因此, 开展沿岸上升流海区仔稚鱼资源的调查研

究, 有利于促进该海域鱼类资源的保护、合理开发与利用。除上升流之外, 高营养盐的珠江口冲淡水也对南海北部水域的生态特征产生重要影响^[9]。

目前对南海北部海域仔稚鱼的调查研究工作, 已经取得一定进展。20 世纪六十年代, 南海水产研究所在南海北部调查中, 对金线鱼(*Nemipterus virgatus*) 等重要经济鱼种的仔稚鱼进行了相关研究^[10]; 周美玉等^[11] 基于北部湾鱼类浮游生物的综合调查, 共鉴定出 153 个类群; 李开枝等^[12] 在南海北部有关鱼类浮游生物的调查报告中, 报道了 95 种鱼卵、仔稚鱼, 并揭示了该区域鱼类浮游生物多样性和丰度的季节变化; 肖瑜璋等^[13] 研究了珠江口的鱼类浮游生物, 共鉴定出 109 个类群; 侯刚等^[14] 结合形态学鉴定技术和 DNA 条形码技术鉴定了南海北部的鱼类浮游生物, 共鉴定出 213 个仔稚鱼类群; 王九江等^[15] 在

收稿日期: 2022-04-07 修回日期: 2022-05-16

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC0304105)

作者简介: 鞠佳丽(1997—), 女, 硕士研究生, 研究方向为仔稚鱼资源学。E-mail: jujiali625@126.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>

大亚湾鱼卵、仔稚鱼种群的调查中,研究了其特征与环境因子的相关性,共鉴定了鱼卵、仔稚鱼 27 个类群。但过往研究主要集中在南海近海的鱼类早期资源调查,结合珠江口冲淡水、上升流与仔稚鱼资源关系的大尺度调查研究相对较少,仅 HUANG 等^[16]和 CHEN 等^[17]结合相关水文特征对仔稚鱼资源进行了研究。本研究基于南海北部海域仔稚鱼调查,探讨种类组成与环境因子的关系,探究南海北部海域水文特征与仔稚鱼群聚的关系,旨在为南海北部鱼类早期资源的保护提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 调查方法

2012 年夏季 7 月和 9 月在南海北部海域 (110°E ~ 120°E, 16°N ~ 22°N) 设置 23 个采样站位 (7 月琼东海域 10 个站位、9 月粤东海域 13 个站位), 见图 1。按照中国海洋综合调查与评价专项的《海洋调查规范 第 6 部分: 海洋生物调查》

(GB/T 12763.6—2007) 规范, 采用装有机械式流量计 (HYDRO-BIOS) 的 WP2 浮游生物网 (网口内径 57 cm, 网长 271 cm, 网目 200 μm) 自水深 200 m 处到表层进行垂直拖网。样本采用体积分数为 5% 甲醛溶液保存。

1.2 卫星遥感资料

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*) 等环境参数均来自卫星遥感资料。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/>)。

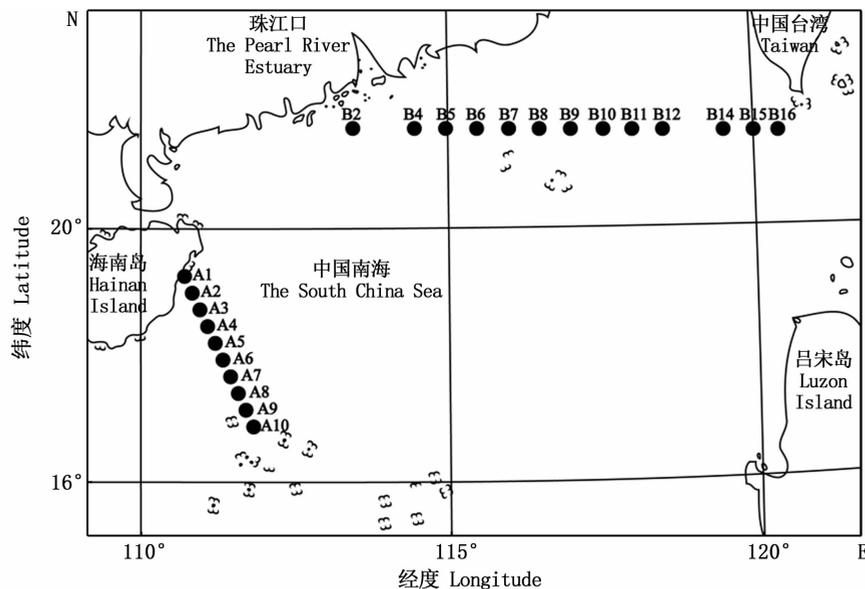


图 1 南海北部调查站位图

Fig. 1 Sampling stations in the northern South China Sea

1.3 样品分析

在 AXIO Zoom. V16 体视显微镜下对仔稚鱼样品进行物种鉴定、个体计数及其体长测量工作, 参考《中国近海鱼卵与仔鱼》和《日本产稚鱼图鉴》等进行物种鉴定。鱼类学名主要参照世界海洋生物物种登记库 (Wo RMS, <http://www.marinespecies.org>), 中文名主要参照《拉汉世界鱼

类系统名典》, 鱼类分类系统参照《Fishes of the World》第五版和《中国海洋及河口鱼类系统检索》。对调查海域所采集的仔稚鱼按照生态类型进行划分, 根据适温类型可划分为暖水性鱼类 (Warm water species)、暖温性鱼类 (Warm temperate species)^[18]; 根据栖息水层可划分为中上层鱼类和底层、近底层鱼类^[19]。

1.4 数据分析

仔稚鱼的丰度(G)标准化为每 100 m³ 的个体数量(ind./100 m³):

$$G = N / [(S \times L \times C) \times 100] \quad (1)$$

式中: N 为每次拖网所采集到的仔稚鱼个体数, ind.; S 为网口面积,m²; L 为流量计转数; C 为流量计校正系数, $C = 0.3$ 。

Shannon-Wiener 多样性指数(H')^[20]、Pielou 均匀度指数(J')^[21]和 Margalef 丰富度指数(D)^[22]分别用于计算物种多样性和均匀度:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i) \quad (2)$$

$$J' = \frac{H'}{\ln S} \quad (3)$$

$$D = \frac{S-1}{\ln N} \quad (4)$$

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

应用典型相关分析(Canonical correspondence analysis, CCA)来分析仔稚鱼的丰度与海表面温度、海表面盐度和叶绿素 a 质量浓度的关系。以 Ocean Data View4、Excel 2016、PRIMER 6.0 以及 Canoco 5.0 完成数据分析及作图。

2 结果

2.1 种类组成

本研究共采集到仔稚鱼 230 尾, 隶属 11 目

33 科 77 种(表 1)。其中 8 种鉴定到科, 23 种鉴定到属, 46 种鉴定到种。鲈形目(Perciformes)种类最多, 有 16 科 24 种, 占调查海域仔稚鱼总种类数的 31.17%。其次是灯笼鱼目(Myctophiformes)和巨口鱼目(Stomiiformes), 分别有 1 科 18 种和 4 科 12 种。灯笼鱼目个体数最多, 占总个体数的 37.39%, 其次是鲈形目(30.43%)和巨口鱼目(15.22%)。灯笼鱼科(Myctophidae)、巨口光灯笼鱼科(Phosichthyidae)、钻光鱼科(Gonostomatidae)的仔稚鱼数量约占仔稚鱼总捕获量的 50%。琼东海域采集到仔稚鱼 106 尾, 隶属 10 目 24 科 43 种。其中灯笼鱼目种类最多, 有 1 科 15 种。其次是鲈形目和巨口鱼目, 分别有 10 科 13 种和 3 科 9 种。粤东海域采集到仔稚鱼 124 尾, 隶属 6 目 19 科 47 种。其中鲈形目种类最多, 有 11 科 15 种。其次是灯笼鱼目和巨口鱼目, 分别有 1 科 8 种和 3 科 6 种。

2.2 丰度

南海北部仔稚鱼平均丰度为 15.71 ind./100 m³。其中, 粤东海域仔稚鱼隶属 19 科 47 种, 平均丰度为 13.13 ind./100 m³。琼东海域仔稚鱼隶属 24 科 43 种, 平均丰度为 19.08 ind./100 m³。仔稚鱼的水平分布显示出较大的站间差异($P < 0.05$), 其中 B4 站点丰度最高, 达 51.09 ind./100 m³, B7 站丰度最低, 为 1.65 ind./100 m³(图 2)。

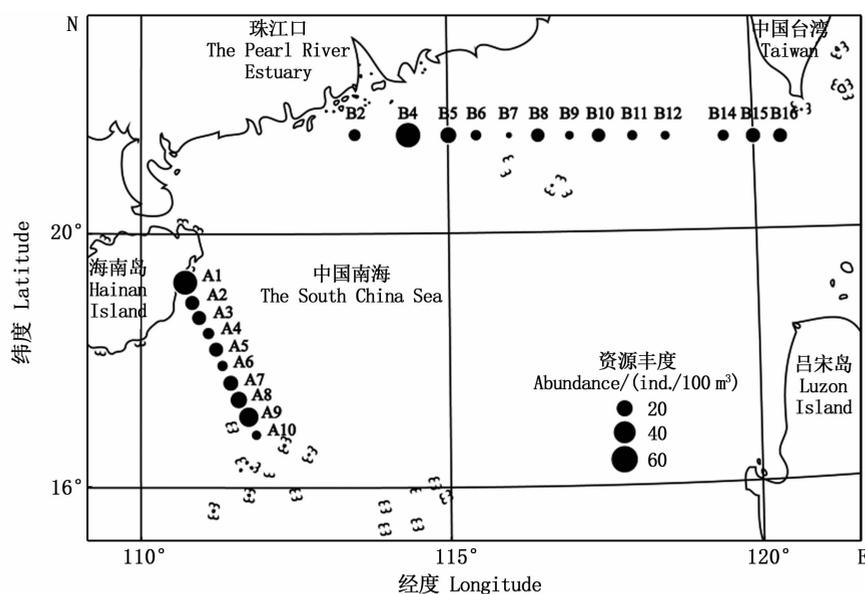


图 2 南海北部仔稚鱼丰度分布图

Fig. 2 Abundances of fish larvae and juveniles in the northern South China Sea

表 1 南海北部海域仔稚鱼的种类组成
 Tab. 1 Species composition of fish larvae and juveniles in the northern South China Sea

种 Species	数量百分比 Percentage in numbers/%	适温属性 Temperature adaptation	栖息水层 Habitat water layer	出现海域 Occurrence	
				粤东海域 Sea areas of eastern Guangdong	琼东海域 Sea areas of eastern Hainan
鳗鲡目 Anguilliformes					
蛇鳗科 Ophichthyidae					
蛇鳗科未定种 Ophichthyidae sp.	0.43				+
巨口鱼目 Stomiiformes					
钻光鱼科 Gonostomatidae					
大西洋钻光鱼 <i>Gonostoma atlanticum</i>	0.43	暖水性	中层	+	
圆罩鱼属未定种 <i>Cyclothone</i> sp.	3.48			+	
褶胸鱼科 Sternoptychidae					
穆氏暗光鱼 <i>Maurollicus muelleri</i>	0.43	暖水性	中层		+
巨口光灯鱼科 Phosichthyidae					
卵圆颌光鱼 <i>Ichthyococcus ovatus</i>	0.43		中下层		+
狭串光鱼 <i>Vinciguerria attenuata</i>	0.43	暖水性	中下层	+	
茨串光鱼 <i>Vinciguerria lucetia</i>	0.43		中下层	+	
智利串光鱼 <i>Vinciguerria nimbaria</i>	5.22	暖水性	中下层	+	+
强串光鱼 <i>Vinciguerria poweriae</i>	1.30	暖水性	中层	+	+
串光鱼属未定种 <i>Vinciguerria</i> sp.	1.30			+	+
巨口鱼科 Stomiidae					
星衫鱼属未定种 <i>Astronesthes</i> sp.	0.43			+	
蝰鱼属未定种 <i>Chauliodus</i> sp.	0.43			+	
奇棘鱼 <i>Idiacanthus fasciola</i>	0.87	暖水性	中层		+
仙女鱼目 Aulopiformes					
狗母鱼科 Synodontidae					
褐狗母鱼 <i>Synodus fuscus</i>	0.43		中上层		+
杂斑狗母鱼 <i>Synodus variegatus</i>	0.43	暖水性	中下层	+	
长蛇鲭 <i>Saurida elongata</i>	0.43	暖温性	中下层		+
鳄蛇鲭 <i>Saurida wanieso</i>	0.43	暖水性	底层		+
蛇鲭属未定种 <i>Saurida</i> sp.	0.43			+	
大头狗母鱼 <i>Trachinocephalus myops</i>	0.43	暖水性	中上层		+
裸蜥鱼科 Paralepididae					
长裸蜥鱼 <i>Lestidium prolixum</i>	0.87	暖水性	底层	+	
裸蜥鱼属未定种 <i>Lestidium</i> sp.	0.43			+	
长胸柱蜥鱼 <i>Sudis atrox</i>	0.43		中下层	+	
珠目鱼科 Scopelarchidae					
根室珠目鱼 <i>Scopelarchus guentheri</i>	1.30	暖水性	中层	+	
灯笼鱼目 Myctophiformes					
灯笼鱼科 Myctophidae					
七星底灯鱼 <i>Benthosema pterotum</i>	0.87	暖水性	中上层	+	
耀眼底灯鱼 <i>Benthosema suborbitale</i>	1.30	暖水性	中上层	+	+
角灯鱼属未定种 1 <i>Ceraloscopelus</i> sp. 1	1.30				+
角灯鱼属未定种 2 <i>Ceraloscopelus</i> sp. 2	0.43			+	
汤氏角灯鱼 <i>Ceratoscopelus townsendi</i>	5.22	暖水性	中上层	+	+
眶灯鱼属未定种 <i>Diaphus</i> sp.	8.70			+	
大西洋明灯鱼 <i>Diogenichthys atlanticus</i>	5.65	暖水性	中上层	+	+
朗明灯鱼 <i>Diogenichthys laternatus</i>	3.04	暖水性		+	+
壮灯鱼属未定种 <i>Hygophum</i> sp.	0.87			+	
炬灯鱼属未定种 <i>Lampadena</i> sp.	2.17			+	
珍灯鱼属未定种 <i>Lampanyctus</i> sp.	3.48			+	
后灯笼鱼属未定种 <i>Metelectrona</i> sp.	1.30			+	
粗鳞灯笼鱼 <i>Myctophum asperum</i>	0.87	暖水性	中层	+	
泰勒灯鱼 <i>Tarletonbeania taylora</i>	0.43		中下层	+	
泰勒灯鱼属未定种 <i>Tarletonbeania</i> sp.	0.43			+	

续表 1

种 Species	数量百分比 Percentage in numbers/%	适温属性 Temperature adaptation	栖息水层 Habitat water layer	出现海域 Occurrence	
				粤东海域 Sea areas of eastern Guangdong	琼东海域 Sea areas of eastern Hainan
加利福尼亚标灯鱼 <i>Symbolophorus californiensis</i>	0.87	暖水性	中上层		+
标灯鱼属未定种 <i>Symbolophorus</i> sp.	0.43			+	+
灯笼鱼科未定种 Myctophidae sp.	0.87				+
鳕形目 Gadiformes					
犀鲑科 Bregmacerotidae					
大西洋犀鲑 <i>Bregmaceros atlanticus</i>	3.48	暖水性	中层	+	+
麦氏犀鲑 <i>Bregmaceros maclellandi</i>	0.43	暖水性	中上层	+	
日本犀鲑 <i>Bregmaceros japonicus</i>	0.43		中上层		+
犀鲑属未定种 <i>Bregmaceros</i> sp.	0.87			+	
颌针鱼目 Beloniformes					
鳊科 Hemiramphidae					
白鳍飞鳊 <i>Oxyporhamphus micropterus</i>	0.43		中上层		+
金眼鲷目 Beryciformes					
全鳞鱼科 Holocentridae					
锯鳞鱼属未定种 <i>Myripristis</i> sp.	0.87			+	
鲉形目 Scorpaeniformes					
鲷科 Platycephalidae					
鲷鱼 <i>Platycephalus indicus</i>	0.43	暖水性	中上层		+
鲷科未定种 <i>Platycephalidae</i> sp.	0.43				+
平鲉科 Sebastidae					
光滑平鲉 <i>Sebastes levis</i>	0.87	暖水性	底层		+
鲈形目 Perciformes					
鳄齿鱼科 Champsodontidae					
短鳄齿鱼 <i>Champsodon snyderi</i>	1.30	暖水性	中上层		+
鲷科 Callionymidae					
本氏鲷 <i>Callionymus beniteguri</i>	0.87	暖温性	底层		+
李氏斜棘鲷 <i>Callionymus curvicornis</i>	0.43	暖温性	底层		+
鲷科未定种 <i>Callionymidae</i> sp.	0.43				+
鲭科 Scombridae					
斑点马鲛 <i>Scomberomorus guttatus</i>	6.09	暖水性	中上层	+	
裸狐鲣 <i>Gymnosarda unicolor</i>	1.74	暖水性	中上层	+	+
蛇鲭科 Gempylidae					
三棘若蛇鲭 <i>Nealotus tripes</i>	0.43	暖水性	中上层	+	
鸡笼鲷科 Drepaneidae					
斑点鸡笼鲷 <i>Drepane punctata</i>	0.43	暖水性			+
眼镜鱼科 Menidae					
眼镜鱼 <i>Mene maculata</i>	0.87	暖水性	底层		+
笛鲷科 Lutjanidae					
笛鲷属未定种 <i>Lutjanus</i> sp.	0.43			+	
裸颊鲷科 Lethrinidae					
线棘裸颊鲷 <i>Lethrinus genivittatus</i>	1.30	暖水性	中上层	+	+
刺尾鱼科 Acanthuridae					
鼻鱼属未定种 <i>Naso</i> sp.	0.43			+	
谐鱼科 Emmelichthyidae					
史氏谐鱼 <i>Emmelichthys struhsakeri</i>	3.91	暖水性	底层		+
鲷科 Sparidae					
真鲷 <i>Pagrus major</i>	3.04	暖温性	底层	+	+
发光鲷科 Acropomatidae					
日本尖牙鲈 <i>Synagrops japonicus</i>	0.43	暖水性	底层	+	
菲律宾尖牙鲈 <i>Synagrops philippinensis</i>	1.30	暖水性	底层		+

续表 1

种 Species	数量百分比 Percentage in numbers/%	适温属性 Temperature adaptation	栖息水层 Habitat water layer	出现海域 Occurrence	
				粤东海域 Sea areas of eastern Guangdong	琼东海域 Sea areas of eastern Hainan
鹦嘴鱼科 Scaridae					
鹦嘴鱼属未定种 <i>Scarus</i> sp.	0.43				+
虾虎鱼科 Gobiidae				+	
裸头虾虎鱼属未定种 <i>Chaenogobius</i> sp.	0.43				+
虾虎鱼科未定种 1 <i>Gobiidae</i> sp. 1	0.43				+
虾虎鱼科未定种 2 <i>Gobiidae</i> sp. 2	2.17				+
虾虎鱼科未定种 3 <i>Gobiidae</i> sp. 3	0.43			+	
虾虎鱼科未定种 4 <i>Gobiidae</i> sp. 4	1.30			+	
塘鳢科 Eleotridae					
塘鳢属未定种 <i>Eleotris</i> sp.	0.87			+	
蠕鳢科 Microdesmidae					
鳍塘鳢属未定种 <i>Ptereletris</i> sp.	0.87			+	
鲽形目 Pleuroneciformes					
牙鲆科 Paralichthyidae					
五眼斑鲆 <i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	0.87	暖水性	底层		+
鲆科 Bothidae					
细羊舌鲆 <i>Arnoglossus tenuis</i>	0.87	暖水性	底层		+
鲉形目 Tetraodoniformes					
鲉科 Tetraodontidae					
黄鳍多纪鲉 <i>Takifugu xanthopterus</i>	0.87	暖温性	底层		+

2.3 聚类分析

聚类分析研究结果显示,采样站位在 1.95% 的水平上相似,根据地理位置和地形,可划分为 2 个群组:大洋组和近海组(图 3)。大洋组包括站位 A4、A5、A6、A7、A8、B5、B6、B7、B8、B9、B10、B11、B12、B14、B15 和 B16;近海组包括站位 A1、A2、A3、A9、A10、B2 和 B4。大洋组多为栖息在水

深较深或深海海域的鱼类,其中灯笼鱼目数量最多,占该组仔稚鱼总捕获量的 50.00%,眶灯鱼属未定种(*Diaphus* sp.)是大洋组中数量最多的种类。近海组中鲈形目数量最多,占该组仔稚鱼总捕获量的 56.06%,史氏谐鱼(*Emmelichthys struhsakeri*)是近海组中数量最多的种类。

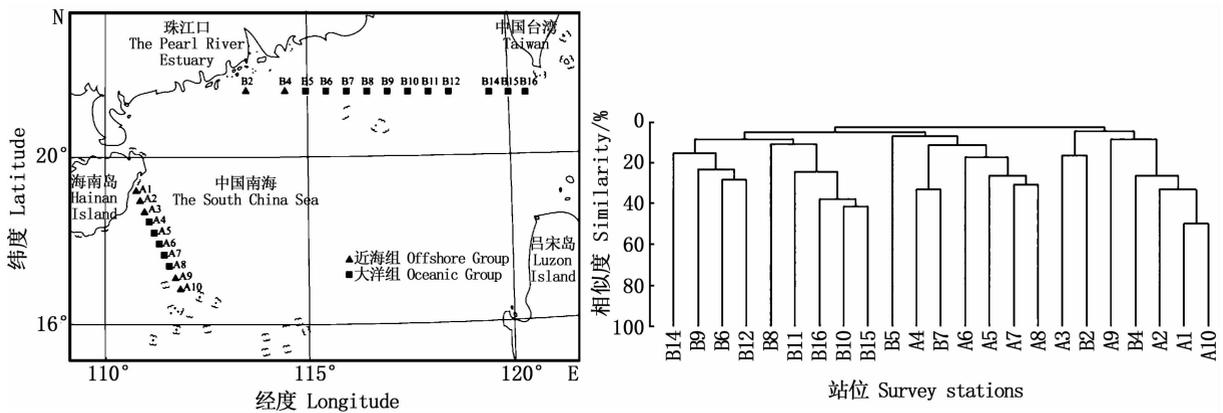


图 3 南海北部海域仔稚鱼调查站位聚类分析图

Fig.3 Group average clustering based on fish larvae and juveniles species among the sampled stations in the northern South China Sea

2.4 生物多样性特征

各站间仔稚鱼种类数的变化,与 Margalef 丰富度指数的变化趋势较为一致。在粤东海域, B10 站位仔稚鱼的 Margalef 丰富度指数和 Shannon-Wiener 多样性指数最高, B7 站位 Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数最低。在琼东海域, A8 站位仔稚鱼的 Margalef 丰富度指数和 Shannon-Wiener 多样性指数最高, A10 站位 Shannon-Wiener 多样性指数和 Margalef

丰富度指数最低(表 2)。大洋组 Margalef 丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数的平均值均略高于近海组,而仔稚鱼平均丰度低于近海组(表 3)。各站位间仔稚鱼的 Margalef 丰富度指数和 Shannon-Wiener 多样性指数的变化较明显,而除 B7 站位外各站位间 Pielou 均匀度指数的变化相差并不大。总体而言,粤东海域和琼东海域的仔稚鱼群落结构相对稳定。

表 2 各站物种数量、仔稚鱼丰度和生物多样性指数

Tab. 2 Number of species, abundance of fish larvae and juveniles, and biodiversity index at each station

站位 Station	纬度 Latitude/(°N)	经度 Longitude/(°E)	种类数 Number of species	丰度 Abundance/(ind./100 m ³)	<i>D</i>	<i>J'</i>	<i>H'</i>
A1	19.249 1	110.810 2	5	49.18	2.23	0.97	1.56
A2	19.002 5	110.998 3	10	15.04	3.18	0.99	2.28
A3	18.750 0	111.120 0	7	19.07	2.73	0.97	1.89
A4	18.498 3	111.248 3	4	10.64	1.86	1.26	1.75
A5	18.250 0	111.371 7	7	14.68	2.50	0.97	1.89
A6	18.001 7	111.496 7	5	7.25	2.06	0.96	1.55
A7	17.751 7	111.625 0	5	17.24	1.74	0.84	1.36
A8	17.501 5	111.749 0	12	21.71	3.97	0.96	2.39
A9	17.250 0	111.846 7	12	30.35	3.67	0.88	2.18
A10	17.001 7	111.998 3	3	5.63	1.12	0.92	1.01
B2	21.499 0	113.501 0	3	9.95	1.03	1.00	1.10
B4	21.500 7	114.500 2	4	51.09	1.54	0.92	1.28
B5	21.498 2	115.002 3	4	19.54	1.44	1.20	1.67
B6	21.501 3	115.499 5	3	7.52	1.82	1.00	1.10
B7	21.500 7	115.998 7	1	1.65	0.00	0.00	0.00
B8	21.528 2	116.498 8	12	13.41	3.07	0.81	2.01
B9	21.506 7	116.996 8	5	4.57	2.23	1.21	1.95
B10	21.503 2	117.500 2	13	13.25	4.01	0.94	2.42
B11	21.508 7	117.996 8	6	6.65	2.40	1.07	1.91
B12	21.503 7	118.499 0	4	4.89	1.86	1.16	1.61
B14	21.503 7	119.500 3	6	8.40	2.28	0.94	1.68
B15	21.503 7	120.002 0	7	15.52	2.73	0.97	1.89
B16	21.482 8	120.426 0	9	14.18	3.03	0.94	2.07

表 3 南海北部近海组与大洋组生物多样性指数及丰度平均值

Tab. 3 Average of biodiversity index and abundance in the offshore group and oceanic group in the northern South China Sea

分组 Group	丰度 Abundance/(ind./100 m ³)	<i>D</i>	<i>J'</i>	<i>H'</i>
近海组 Offshore group	25.76 ± 18.38	2.21 ± 1.03	0.95 ± 0.04	1.61 ± 0.51
大洋组 Oceanic group	11.32 ± 5.76	2.31 ± 0.97	0.95 ± 0.29	1.70 ± 0.57

2.5 仔稚鱼与环境因子的关系

由 2012 年夏季海表面温度(SST)的平面分布图可以看出,夏季南海北部陆架区海表面温度存在着明显的低温区,主要分布于海南岛东部沿岸一带海域(图 4a),粤东沿岸 114°E ~ 120°E 区

域存在有明显的低温带(图 4b),其海表面温度普遍低于外海 2 ~ 3 °C。夏季南海北部的大部分研究区域海水温度都较高,最高温度为 30.1 °C,同时最低温度为 28.6 °C。夏季沿岸上升流海区常显现出低温、高盐两大特征。而在本研究调查海

域,琼东沿岸观察到异于周围海域的低温、高盐现象(图 4a、4c),表明调查期间琼东沿岸上升流的存在。此外,在西南季风的影响下,低盐度、高

叶绿素 a 质量浓度的珠江冲淡水(图 4d、4f)沿大陆架向东扩散,加强了陆源水的跨海岸输送。

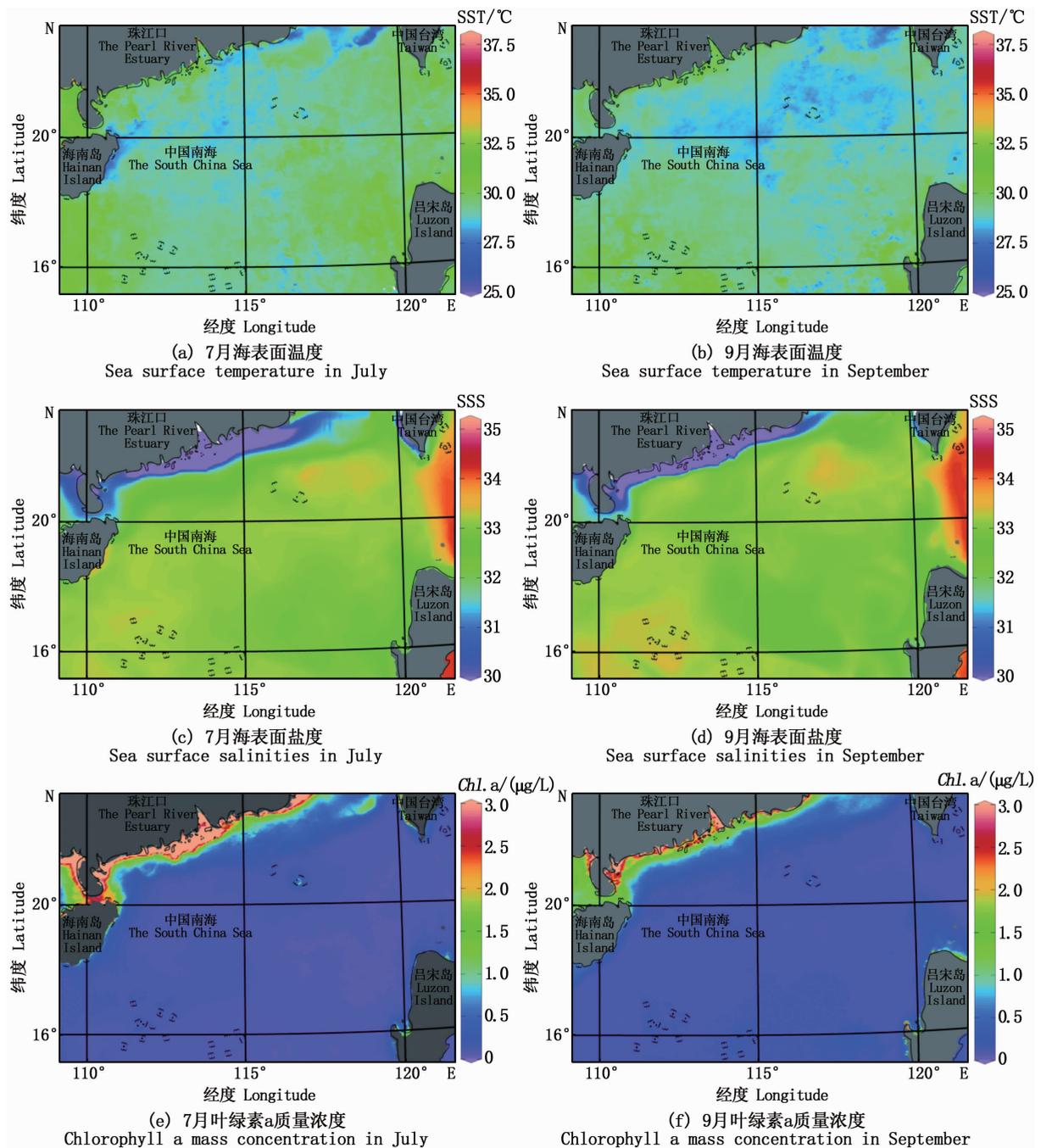


图 4 调查区域 2012 年 7、9 月海表面环境因子(温度、盐度和叶绿素 a 质量浓度)平面分布图

Fig. 4 The sea surface temperature(°C), sea surface salinities and chlorophyll a mass concentration (µg/L) at the depth of 5 m in July and September 2012

研究海域仔稚鱼的分布受海表面温度(SST)和叶绿素 a 质量浓度(Chl. a)影响较大(图 5)。CCA 第一排序轴的特征值为 0.500 7, CCA 第二

排序轴的特征值为 0.297 8, 各个物种与各个环境因子的相关性分析表明, CCA 第一排序轴与环境因子的相关性数值为 0.847 4, CCA 第二排序

轴与环境因子的相关性数值为 0.866 5。蒙特卡洛检验的结果显示,第一排序轴和第二排序轴均未呈现显著性差异($F = 1.9, P = 0.182 > 0.05$; $F = 1.2, P = 0.476 > 0.05$)。两个排序轴共解释了仔稚鱼种类组成 23.22% 的变异,其中,第一排序轴与叶绿素 a 质量浓度(*Chl. a*)及海表面盐度(SSS)呈较大正相关,而与海表面温度(SST)呈较大负相关。其中后灯笼鱼属未定种(*Metelectrona* sp.)、炬灯鱼属未定种(*Lampadena* sp.)、串光鱼属未定种(*Vinciguerria* sp.)主要受 *Chl. a*、SST 影响,环境因子与其分布呈正相关;圆罩鱼属未定种(*Cyclothone* sp.)主要受 SST、*Chl. a* 影响,与 *Chl. a* 呈正相关,与 SST 呈负相关;史氏谐鱼、真鲷(*Pagrus major*)、光滑平鲈(*Sebastes levis*)主要受 SST 影响,并与 SST 呈正相关。

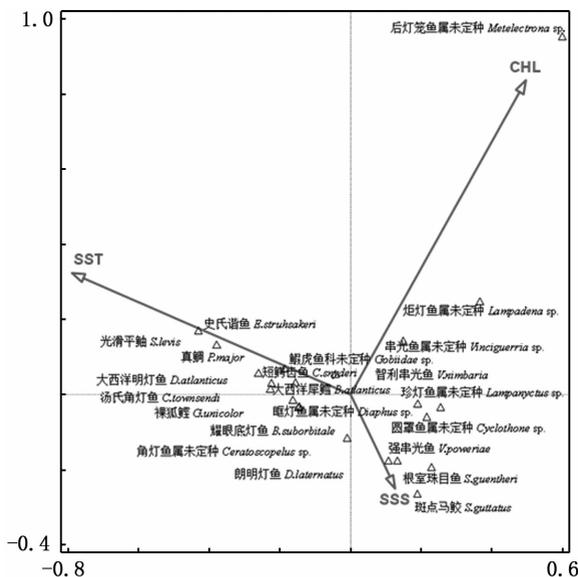


图 5 南海北部仔稚鱼与环境因子的 CCA 排序

Fig. 5 CCA biplot of species composition of survey stations and environmental factors in the northern South China Sea

3 讨论

3.1 水文环境对仔稚鱼种类组成的影响

南海是西太平洋最大的半封闭海,不仅地形复杂,而且与众多海域相连通,具有复杂的水文特征^[23],南海北部水团的性质和分布在很大程度上受到吕宋海峡水体交换以及黑潮入侵南海的影响^[24]。在夏季,南海西南季风的盛行,增强了黑潮主流的北上势力,削弱了黑潮分支对南海的

入侵^[25]。因此,南海北部近海海域主要受南海暖流影响^[16];近岸海域受南海暖流和珠江冲淡水的影响^[26-27];海南岛东部沿岸会受到季节性的沿岸上升流的影响^[28]。

本研究中,灯笼鱼科、巨口光灯鱼科、钻光鱼科的仔稚鱼数量约占总捕获量的 50%,该结果与以往的许多调查结果一致,这表明南海北部仔稚鱼的种类组成相对稳定^[16-17,29]。灯笼鱼科是一类在海洋中生物量很大的海洋鱼类,种类也十分的丰富(>230 种),其仔稚鱼在其他海域的调查中也占有很高的比例^[30]。

仔稚鱼的分布和物种组成还会受到水文条件、季节性季风驱动流和地理特征等因素的影响^[31-32]。已有研究^[33-34]表明鱼类早期资源的分布模式与水体的理化性质密切相关,在低温高盐的上升流海区,具有相对较高的仔稚鱼丰度。在本研究中,靠近琼东沿岸上升流海区的琼东海域 A1、A2、A3 站仔稚鱼丰度明显较高。靠近西沙群岛的 A8、A9 站出现较高的仔稚鱼丰度。可能是人类活动增加了水体营养丰富度所致^[35]。高永利等^[36]观察到在西沙群岛的各岛屿中,岛屿人口越多,水体中叶绿素 a 质量浓度和溶解无机氮含量越高,水体富营养化趋势越强。叶绿素 a 质量浓度通过影响浮游植物类群分布,从而也直接或间接地影响了仔稚鱼的分布^[37]。肖瑜璋等^[38]在珠江口水域鱼卵和仔稚鱼调查研究中发现,仔稚鱼个体数量和种类数与叶绿素 a 质量浓度含量均呈正相关。在具有高叶绿素 a 质量浓度的 B4、B5 站仔稚鱼丰度较高,则可能是受珠江口冲淡水影响。珠江冲淡水携带大量的营养盐,并且在夏季高温、强光照的作用下,浮游植物大量生长,浮游生物量也会增加,进一步丰富了该海域的鱼类饵料生物,为仔稚鱼的聚集栖息提供了良好的生存保障^[39]。

3.2 粤东海域、琼东海域及相似海域仔稚鱼资源的比较

粤东海域位于南海北部大陆架区,和琼东海域同处于热带季风影响区,从适温属性来看,两海域仔稚鱼具有明显的暖温带和亚热带特点,其中暖水性鱼类占绝对优势,其次是暖温性鱼类^[40]。粤东海域和琼东海域地理位置相近,生境相似,并且都受到台湾暖流的影响^[41]。本研究结果表明,两海域仔稚鱼共同种多达 11 种,其中暖

水性鱼类 10 种,暖温性鱼类 1 种。从栖息水层来看,两海域均为中上层鱼类居多。从丰度分布水平来看,琼东海域的仔稚鱼丰度略高于粤东海域,这可能是由于采样时正处于琼东沿岸上升流作用的强盛期。两海域物种多样性指数无显著性差异。总体而言,两海域水体交换频繁,联系密切,仔稚鱼资源均较为丰富。受地理位置及洋流影响,两海域仔稚鱼资源也具有一定的相似性。

以往珠江口仔稚鱼的调查研究中,捕获的仔稚鱼多为近岸种类和近海种类,以康氏小公鱼 (*Stolephorus commersonii*)、虾虎鱼科未定种 (*Gobiidae* sp.) 等为代表种类^[13,36]。本研究中粤东海域 B 断面跨越的空间尺度更大,因此在种类组成中大洋性鱼类更多,以眶灯鱼属未定种、大西洋明灯鱼 (*Diogenichthys atlanticus*) 等为代表种类。水深是影响鱼类群落结构变化的主要因素^[42],粤东海域 B 断面由西向东,随水深梯度的变化,各站位仔稚鱼呈现出由近海种类向大洋性种类变化的趋势。SU 等^[34]的研究发现,台湾东部仔鱼群落中大洋性鱼类居多,其中鲭科 (*Scombridae*) 和灯笼鱼科数量较多。这与粤东海域靠近台湾南部的 B14、B15、B16 站捕获的仔稚鱼种类具有一定的相似性。吴钟解等^[43]研究认为海南岛东南部珊瑚礁鱼类种类丰富,并且珊瑚礁鱼类的密度由南向北呈现逐渐递减的趋势。在本研究中琼东海域近海组站位 A1、A2、A3、A9、A10 站,聚集着丰富的珊瑚礁鱼类,包括鲷鱼 (*Platycephalus indicus*)、斑点鸡笼鲷 (*Drepane punctata*)、眼镜鱼 (*Mene maculata*) 等。

南海北部气候适宜,渔业资源丰富,然而随着经济的发展,由于过度捕捞及环境污染等人类活动,南海北部鱼类资源已逐渐衰退^[44]。由各站 Shannon-Wiener 多样性指数可以看出,人类活动已在一定程度上影响了粤东海域和琼东海域的生态环境^[45]。因此,须进一步提升渔政执法能力,加强对该海域的生态环境的监测和保护,保证南海渔业资源的可持续发展。

参考文献:

- [1] 万瑞景,孙珊. 黄、东海生态系统中鱼卵、仔稚幼鱼种类组成与数量分布[J]. 动物学报,2006,52(1): 28-45.
WAN R J, SUN S. The category composition and abundance of ichthyoplankton in the ecosystem of the Yellow Sea and the East China Sea[J]. Current Zoology, 2006, 52(1): 28-45.
- [2] 邱永松. 南海北部大陆架鱼类群落的区域性变化[J]. 水产学报,1988,12(4):303-313.
QIU Y S. The regional changes of fish community on the northern continental shelf of South China [J]. Journal of Fisheries of China, 1988, 12 (4): 303-313.
- [3] LI Z G, YE Z J, WAN R. Spatial and seasonal patterns of ichthyoplankton assemblages in the Haizhou Bay and its adjacent waters of China[J]. Journal of Ocean University of China, 2015, 14(6): 1041-1052.
- [4] 许婷,曹永港. 南海海洋环流季节变化的数值模拟研究[J]. 海岸工程,2017,36(1):62-71.
XU T, CAO Y G. Numerical simulation study on the seasonal variations of ocean circulations in the South China Sea[J]. Coastal Engineering, 2017, 36(1): 62-71.
- [5] 苏纪兰. 南海环流动力机制研究综述[J]. 海洋学报(中文版),2005,27(6):1-8.
SU J L. Overview of the South China Sea circulation and its dynamic[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2005, 27(6): 1-8.
- [6] 汪晟,经志友,齐义泉. 2013 年夏季琼东海域上升流观测研究[J]. 热带海洋学报,2016,35(2):40-49.
WANG Y, JING Z Y, QI Y Q. Coastal upwelling off eastern Hainan Island observed in the summer of 2013 [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2016, 35(2): 40-49.
- [7] 谢玲玲,张书文,赵辉. 琼东上升流研究概述[J]. 热带海洋学报,2012,31(4):35-41.
XIE L L, ZHANG S W, ZHAO H. Overview of studies on Qiongdong upwelling[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2012, 31(4): 35-41.
- [8] PAULY D, CHRISTENSEN V. Primary production required to sustain global fisheries[J]. Nature, 1995, 374: 255-257.
- [9] 杨阳,李锐祥,朱鹏利,等. 珠江冲淡水季节变化及动力成因[J]. 海洋通报,2014,33(1):36-44.
YANG Y, LI R Y, ZHU P L, et al. Seasonal variation of the Pearl River diluted water and its dynamical cause [J]. Marine Science Bulletin, 2014, 33(1): 36-44.
- [10] 中华人民共和国水产部南海水产研究所. 南海北部底拖网鱼类资源调查报告(海南岛以东)第一册[M]. 中华人民共和国水产部南海水产研究所,1966:9-29.
South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences. Survey report on bottom trawl fish resources in northern South China Sea (east of Hainan Island) Volume 1[M]. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, 1966:9-29.
- [11] 周美玉,林元烧,杨圣云,等. 北部湾鱼类浮游生物种类组成和数量分布[J]. 海洋学报(英文版),2011,30(1):94-105.
ZHOU M Y, LIN Y S, YANG S Y, et al. Composition and ecological distribution of ichthyoplankton in eastern Beibu Gulf[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2011, 30(1): 94-105.
- [12] 李开枝,尹建强,黄良民,等. 南海北部上层鱼类浮游生物多样性及丰度的季节变化[J]. 海洋学报(英文版),

- 2014, 33(12):145-154.
- LI K Z, YIN J Q, HUANG L M, et al. Seasonal variations in diversity and abundance of surface ichthyoplankton in the northern South China Sea [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2014, 33(12): 145-154.
- [13] 肖瑜璋,王蓉,郑琰晶,等. 珠江口鱼类浮游生物种类组成与数量分布[J]. *热带海洋学报*, 2013, 32(6): 80-87.
- XIAO Y Z, WANG R, ZHENG Y J, et al. Species composition and abundance distribution of ichthyoplankton in the Pearl River Estuary [J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2013, 32(6): 80-87.
- [14] 侯刚. 南海习见鱼类 DNA 条形码数据库与仔稚鱼种类鉴定研究[D]. 北京:中国科学院大学, 2017.
- HOU G. Studies on DNA barcoding and larvae identification of fishes in South China Sea [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2017.
- [15] 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.
- [16] HUANG D L, ZHANG X, JIANG Z J, et al. Seasonal fluctuations of ichthyoplankton assemblage in the northeastern South China Sea influenced by the Kuroshio intrusion [J]. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2017, 122(9): 7253-7266.
- [17] CHEN L C, LAN K W, CHANG Y, et al. Summer Assemblages and Biodiversity of Larval Fish Associated with Hydrography in the Northern South China Sea [J]. *Marine and Coastal Fisheries*, 2018, 10(5): 467-480.
- [18] 田明诚,孙宝龄,杨纪明. 渤海鱼类区系分析[J]. *海洋科学集刊*, 1993, (34): 157-167.
- TIAN M C, SUN B L, YANG J M. Analysis of the fish fauna of the BoHai sea [J]. *Studia Marina Sinica*, 1993, (34): 157-167.
- [19] 王小林. 海州湾及邻近海域鱼类群落结构的时空变化 [D]. 青岛:中国海洋大学, 2013: 9-15.
- WANG X L. Temporal and spatial variations of the fish community structure in Haizhou Bay and adjacent waters [D]. Qingdao: China Ocean University, 2013: 9-15.
- [20] WILHM J L. Use of biomass units in Shannon's formula [J]. *Ecology*, 1968, 49(1): 153-156.
- [21] PIELOU E C. The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections [J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1966, 13(1): 131-144.
- [22] MARGALEF R. Composición específica del fitoplancton de la costa catalano-levantina (Mediterráneo occidental) en 1962-1967 [J]. *Investigación Pesquera*, 1969, 33(1): 345-380.
- [23] 程国胜,孙佳东,姐婷婷,等. 2011 年夏季南海北部海区水团分析[J]. *热带海洋学报*, 2014, 33(3): 10-16.
- CHENG G S, SUN J D, ZU T T, et al. Analysis of water masses in the northern South China Sea in summer 2011 [J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2014, 33(3): 10-16.
- [24] NAN F, XUE H J, YU F. Kuroshio intrusion into the South China Sea: A review [J]. *Progress in Oceanography*, 2015, 137(2015): 314-333.
- [25] CHEN Y X, LIN S Q, WANG C S, et al. Response of size and trophic structure of zooplankton community to marine environmental conditions in the northern South China Sea in winter [J]. *Journal of Plankton Research*, 2020, 42(3): 378-393.
- [26] WANG X Z, WEI Y Q, WU C, et al. The profound influence of Kuroshio intrusion on microphytoplankton community in the northeastern South China Sea [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2020, 39(8): 79-87.
- [27] YIN K D, QIAN P Y, WU M C S, et al. Shift from P to N limitation of phytoplankton growth across the Pearl River estuarine plume during summer [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2001, 221(4): 17-28.
- [28] 许金电,蔡尚湛,宣莉莉,等. 2006 年夏季琼东、粤西沿岸上升流研究 [J]. *海洋学报(中文版)*, 2013, 35(4): 11-18.
- XU J D, CAI S Z, XUAN L L, et al. Study on coastal upwelling in eastern Hainan Island and western Guangdong in summer 2006 [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2013, 35(4): 11-18.
- [29] 袁梦,陈作志,张俊,等. 南海北部陆坡海域中层渔业生物群落结构特征 [J]. *南方水产科学*, 2018, 14(1): 85-91.
- YUAN M, CHEN Z Z, ZHANG J, et al. Community structure of mesopelagic fish species in northern slope of South China Sea [J]. *South China Fisheries Science*, 2018, 14(1): 85-91.
- [30] HSIEH H Y, Lo W T, LIU D C, et al. Influence of hydrographic features on larval fish distribution during the south-westerly monsoon in the waters of Taiwan, western North Pacific Ocean [J]. *Journal of Fish Biology*, 2010, 76(10): 2521-2539.
- [31] SABATES A, OLIVAR M P, SALAT, et al. Physical and biological processes controlling the distribution of fish larvae in the NW Mediterranean [J]. *Progress in Oceanography*, 2007, 74(2-3): 355-376.
- [32] CHEN W Y, LEE M A, LAN K W, et al. Distributions and assemblages of larval fish in the East China Sea during the northeasterly and southwesterly monsoon seasons of 2008 [J]. *Biogeosciences*, 2014, 11(3): 547-561.
- [33] LO W T, HSIEH H Y, WU L J, et al. Comparison of larval fish assemblages between during and after northeasterly monsoon in the waters around Taiwan, western North Pacific [J]. *Journal of Plankton Research*, 2010, 32(7): 1079-1095.
- [34] SU W C, LO W T, LIU D C, et al. Larval fish assemblages in the Kuroshio waters east of Taiwan during two distinct

- monsoon seasons[J]. *Bulletin of Marine Science*, 2011, 87(1): 13-29.
- [35] 袁梁英. 南海北部营养盐结构特征[D]. 厦门:厦门大学,2005.
- YUAN L Y. Distribution and Characteristics of Nutrients in the Northern South China Sea [D]. Xiamen: Xiamen University, 2005.
- [36] 高永利,黄晖,练健生,等. 西沙群岛礁栖鱼类物种多样性及其食性特征[J]. *生物多样性*,2014,22(5):618-623.
- GAO Y L, HUANG H, LIAN J S, et al. The species diversity and trophic structure of reef fishes in the waters of the Xisha Archipelago[J]. *Biodiversity Science*, 2014, 22(5): 618-623.
- [37] 孙强,洪娅岚,鹿凤. 珠江口邻域海洋初级生产力与人类活动相关性研究[J]. *科技创新与生产力*,2019,(3):12-15.
- SUN Q, HONG Y L, LU F, et al. A Study on the Correlation Between the Marine Primary Productivity of Pearl River Estuary and Human Activities [J]. *Technology innovation and productivity*, 2019, (3): 12-15.
- [38] 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(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(4):488-495.
- [39] 施玉珍,赵辉,王喜达,等. 珠江口海域营养盐和叶绿素 a 的时空分布特征[J]. *广东海洋大学学报*,2019,39(1): 56-65.
- SHI Y Z, ZHAO H, WANG X D, et al. Distribution Characteristics of Nutritive Salts and Chlorophyll a in the Pearl River Estuary [J]. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2019, 39(1): 56-65.
- [40] 孙典荣,李渊,林昭进,等. 海南岛近岸海域鱼类群落结构研究[J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*,2011,41(4):33-38.
- SUN D R, LI Y, LIN Z J, et al. Community structure of fish in the coastal waters of Hainan Island [J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2011, 41(4): 33-38.
- [41] 孙典荣,李渊,王雪辉. 海南岛近岸海域鱼类物种组成和多样性的季节变动[J]. *南方水产科学*,2012,8(1):1-7.
- SUN D R, LI Y, WANG X H. Seasonal changes of species composition and diversity of fishes in coastal waters of Hainan Island, China[J]. *South China Fisheries Science*, 2012, 8(1): 1-7.
- [42] 王雪辉,林昭进,杜飞雁,等. 南海西北部陆架区鱼类的种类组成与群落格局[J]. *生态学报*,2013,33(7):2225-2235.
- WANG X H, LIN Z J, DU F Y, et al. Fish species composition and community pattern in the continental shelf of northwestern South China Sea [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(7): 2225—2235.
- [43] 吴钟解,蔡泽富,陈石泉,等. 海南岛东岸、南岸浅水礁区近 10 年珊瑚礁鱼类种类分布及多样性探讨[J]. *水产学报*,2015,39(8):1203-1217.
- WU Z J, CAI Z F, CHEN S Q, et al. Species distribution and diversity of the coral reef fishes in the shallow reefs along the east and south coasts of Hainan Island [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2015, 39(8): 1203-1217.
- [44] 李纯厚,贾晓平,杜飞雁,等. 南海北部生物多样性保护现状与研究进展[J]. *海洋水产研究*,2005,26(3):73-79.
- LI C H, JIA X P, DU F Y, et al. Current status and advances for the biodiversity protection in the Northern area of the South China Sea [J]. *Marine Fisheries Research*, 2005, 26(3): 73-79.
- [45] 樊紫薇. 浙江中部近岸海域鱼卵、仔稚鱼群落结构特征研究[D]. 舟山:浙江海洋大学,2020:53-54.
- FAN Z W. A study on the structural characteristics of ichthyoplankton in the middle of Zhejiang Province coastal waters [D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2020: 53-54.

The relationship between species composition of fish larvae and juveniles and main environment factors in the northern South China Sea in summer

JU Jiali¹, WANG Xiaogu², WU Chenyan¹, ZHONG Junsheng^{1,3}

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. The Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Hangzhou 310012, Zhejiang China; 3. Engineering Research Center of Environmental DNA and Ecological Water Health Assessment, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The South China Sea is the largest semi-enclosed marginal sea in the Western Pacific. It is also a core area affected by the Southeast Asian monsoon. Due to its special geographic location, the hydrological characteristics are extremely complex in the northern South China Sea. In summer, driven by the southwest monsoon, there are seasonal coastal upwellings in the northern shelf of the South China Sea, which mainly include the coastal upwellings of East Guangdong and Qiongdong. In addition, the diluted water from the Pearl River Estuary with high nutrients also has an important impact on the ecological characteristics in the northern South China Sea. This study is based on the data collected from 23 stations set up in the northern South China Sea during summertime of 2012. The larval and juvenile fish samples were collected by the vertical trawl survey with WP2 plankton net (net diameter 57 cm, net length 271 cm, mesh 200 μm). The species composition and quantity distribution of larvae fish and juveniles were studied, and the association between them and environmental factors was investigated, and the correlation between the hydrological characteristics of the northern South China Sea and the distribution and assemblages of fish larvae and juveniles was analyzed. A total of 230 fish larvae and juveniles were collected, belonging to 11 orders, 33 families, and 77 species, of which 46 species were identified. The most diverse order was Perciformes, with 24 species in 16 families, accounting for 31.17% of the species of fish larvae and juveniles in the surveyed sea area. Followed by Myctophiformes and Stomiiformes, 18 species in 1 family and 12 species in 4 families, respectively. The fish larvae and juveniles of Myctophidae, Phosichthyidae and Gonostomatidae accounted for about 50% of the total catch of fish larvae and juveniles. These results are consistent with the results of many previous surveys, which indicates that the species composition of fish larvae and juveniles in the South China Sea has not changed much. The changes in the number of fish larvae and juveniles among the stations in the surveyed sea area are more consistent with the change trend of the richness index (D). In general, the fish larval and juvenile fish community structure in the surveyed sea area is relatively stable. In summer, abundance of fish larvae and juveniles was related to environmental factors, such as temperature, salinity, chlorophyll-a mass concentration. Three peaks of the abundance were found, in eastern Hainan Island, where the coastal upwelling occurred, the diluted water from the Pearl River, and coastal water of the Paracel Islands. At the same time, the canonical correlation analysis (CCA) results also showed that the temporal and spatial distribution of fish larvae and juveniles in the northern South China Sea is closely related to surface sea temperature (SST) and chlorophyll a (Chl. a) mass concentration. Cluster analysis showed that the fish larvae and juveniles assemblage could be divided into oceanic group and offshore group.

Key words: the northern South China Sea; fish larvae and juveniles; species composition; quantity distribution; upwelling; the diluted water of Pearl River