

闽南渔场主要游泳动物时空生态位特征及其影响因素

李袁源 宋普庆 付树森 谢世君 李渊 林龙山

SPATIO-TEMPORAL NICHE CHARACTERISTICS AND INFLUENCING FACTORS OF MAJOR NEKTON SPECIES IN MINNAN FISHING GROUND

LI Yuan-Yuan, SONG Pu-Qing, FU Shu-Sen, XIE Shi-Jun, LI Yuan, LIN Long-Shan

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2022.2021.0364>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

洞庭湖鱼类的群落结构及其时空动态

SPATIO-TEMPORAL VARIATIONS OF FISH ASSEMBLAGES IN THE DONGTING LAKE

水生生物学报. 2019, 43(S1): 42-48 <https://doi.org/10.7541/2019.165>

浙南近海头足类种类组成及生态位分析

ANALYSIS ON SPECIES COMPOSITION AND ECOLOGICAL NICHE OF CEPHALOPOD IN THE COASTAL AREA OF SOUTH ZHEJIANG

水生生物学报. 2021, 45(2): 428-435 <https://doi.org/10.7541/2021.2018.262>

长湖浮游植物优势种季节演替及生态位分析

SEASONAL SUCCESSION AND ECOLOGICAL NICHE ANALYSIS OF THE DOMINANT SPECIES OF PHYTOPLANKTON IN CHANGHU LAKE

水生生物学报. 2020, 44(3): 612-621 <https://doi.org/10.7541/2020.075>

鄱阳湖不同水文期浮游生物群落结构特征和影响因素及水质评价

COMMUNITY STRUCTURE AND THE WATER QUALITY DURING DIFFERENT HYDROLOGICAL PERIODS IN POYANG LAKE

水生生物学报. 2021, 45(5): 1093-1103 <https://doi.org/10.7541/2021.2020.148>

鲢淀浮游动物群落特征及水质评价

THE CHARACTERISTICS OF ZOOPLANKTON COMMUNITY AND WATER QUALITY IN THE SHIHOUDIAN LAKE

水生生物学报. 2020, 44(6): 1313-1321 <https://doi.org/10.7541/2020.152>

太平湖浮游动物动态演替与环境因子的相关性研究

THE RESEARCH OF DYNAMIC SUCCESSION OF ZOOPLANKTON AND ITS CORRELATION WITH ENVIRONMENTAL FACTORS IN TAIPING LAKE

水生生物学报. 2017, 41(3): 700-711 <https://doi.org/10.7541/2017.88>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2022.2021.0364

闽南渔场主要游泳动物时空生态位特征及其影响因素

李袁源^{1,2} 宋普庆¹ 付树森^{1,2} 谢世君¹ 李渊¹ 林龙山¹

(1. 自然资源部第三海洋研究所, 厦门 361000; 2. 上海海洋大学, 上海 200000)

摘要: 根据2019—2021年在闽南渔场进行的秋季、冬季、春季和夏季四个航次定点底拖网调查资料, 利用相对重要性指数、种群聚集强度、生态位宽度、生态位重叠及冗余分析对主要游泳动物时空生态位特征及其影响因素进行研究。结果表明, (1)调查海域共鉴定出游泳动物214种, 主要优势种有18种, 优势种存在明显的季节更替现象; 夏季优势种的丛生指数和平均拥挤度较高, 春季较低; (2)在时间维度上, 须赤虾(*Metapenaeposis barbata* De Haan)生态位宽度最大(0.99), 7组种对时间生态位重叠值等于1.00; 在空间维度上, 带鱼(*Trachurus japonicus* Temminck & Schlegel)生态位宽度最大(2.57), 空间生态位重叠值超过0.6的种类占71.3%; 在时空维度上, 带鱼生态位宽度最大(2.45), 鹿斑仰口鲷(*Leiognathus ruconius* Hamilton)与赤鼻棱鳀(*Thrissa kammalensis* Bleeker)时空生态位重叠值最大(0.94); (3)冗余分析表明, 底层温度和底层盐度是影响闽南渔场主要游泳动物时空生态位特征的重要环境因子。文章为闽南渔场渔业资源保护提供基础资料和技术支撑。

关键词: 闽南渔场; 主要游泳动物; 聚集强度; 时空生态位; 冗余分析

中图分类号: S932.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2023)04-0684-09



闽南渔场(116°00'E—119°30'E, 22°00'N—24°30'N)位于台湾海峡南部, 为我国东南海域重要的上升流渔场, 是鱼类、虾类、蟹类和头足类等游泳动物的产卵、索饵和越冬主要场所^[1]。近年来, 由于环境污染、气候变化和过度捕捞等导致闽南渔场渔业资源衰退, 游泳动物种群数量、洄游分布和生物群落结构等发生显著变化^[2]。

生态位作为现代生态学重要理论之一, 在研究生物群落结构、种间关系和生物多样性等方面有重要作用^[3]。生态位宽度和其重叠值可以解释物种分布的差异, 用来研究物种对资源空间的利用程度、物种间竞争力, 还可以结合冗余分析比较不同物种对环境的适应能力^[4]。在近海海域生境退化, 捕捞压力持续增长的情况下, 开展物种组成与海洋环境的生态关联分析对了解游泳动物群落结构形成过程及其机制研究有着重要作用, 能够有效地为渔业资源合理化利用和海域生态的恢复重建提供有价值的参考^[5]。目前闽南渔场游泳动物优势种群聚特征的变化、时空生态位和物种与环境因子相

关研究较少, 仅有蔡建堤等^[6]对闽南渔场游泳动物优势种种群聚集特性进行相关探究。因此本文通过研究闽南渔场主要游泳动物时空生态位特征, 了解该海域渔业资源现状, 确定闽南渔场游泳动物的种群特征、种群间关系和认识环境变化下生物群落更替特征, 为闽南渔场渔业资源保护提供基础资料和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 调查站位与区域

本研究于2019年秋季(10月)、冬季(12月)、2020年春季(4月)和2021年夏季(8月)在闽南渔场海域开展12个站位的底拖网渔业生物资源调查(图1)。调查范围位于闽南渔场区域, 范围为117°50'E—118°52'E, 23°30'N—23°48'N。

利用单囊底拖网(渔船功率220 kW, 网口长32 m, 网长25 m, 囊网网目20 mm)开展海上渔业资源调查取样。依据《海洋渔业资源调查规范》(SC/T9403-2012)相关的要求, 在每个调查站位拖网1h, 拖速控

收稿日期: 2021-12-02; 修订日期: 2022-09-09

基金项目: 台湾海峡海洋生态环境变化及其对自然变异与人类活动的响应(海三科2019018)资助 [Supported by Changes in the Marine Ecological Environment of the Taiwan Strait and Its Response to Natural Variation and Human Activities (HSK2019018)]

作者简介: 李袁源(1997—), 女, 硕士; 研究方向为海洋生物与生态学。E-mail: liyuanyuan@tio.org.cn

通信作者: 林龙山(1974—), 男, 博士; 研究方向为海洋生物与生态学。E-mail: linlongshan@tio.org.cn

制在3 kn左右。在起网结束后利用便携式CTD(德国SST公司SDA-48M)测定各站位的底层水温、底层盐度和水深等环境因子。在海上调查取样后,现场计测渔获量并取样;在室内对样本进行种类鉴定、计数和生物学测定,以时间为单位将生物量和丰度数据进行标准化处理^[7],转换为生物量(g/h)和丰度(ind./h),鱼类、头足类和甲壳类可捕系数均设定为0.5^[8]。物种鉴定主要参考《福建鱼类志(上、下卷)》《中国海洋动物图集(第六册)》《中国动物志(头足纲)》等。

1.2 数据统计分析

优势种和优势种的聚集强度 渔获物优势种分析采用Pinkas的相对重要性指数IRI计算公式^[9]:

$$IRI = (N + W) \times F \times 10^4 \quad (1)$$

式中, N 和 W 分别为某种类占总渔获量的个体数量百分比和个体重量百分比, F 为某种类在调查中被捕获的站位数与总调查站位数之比。此次研究参考刘金虎等^[10]在闽东近海的渔业资源调查,若 $IRI \geq 500$,则该物种为优势种;若 $IRI < 500$ 且 $IRI \geq 100$,则该物种为主要种;若 $IRI < 100$ 且 $IRI \geq 10$,则该物种为一般种;若 $IRI > 10$,则该物种为偶见种^[11]。

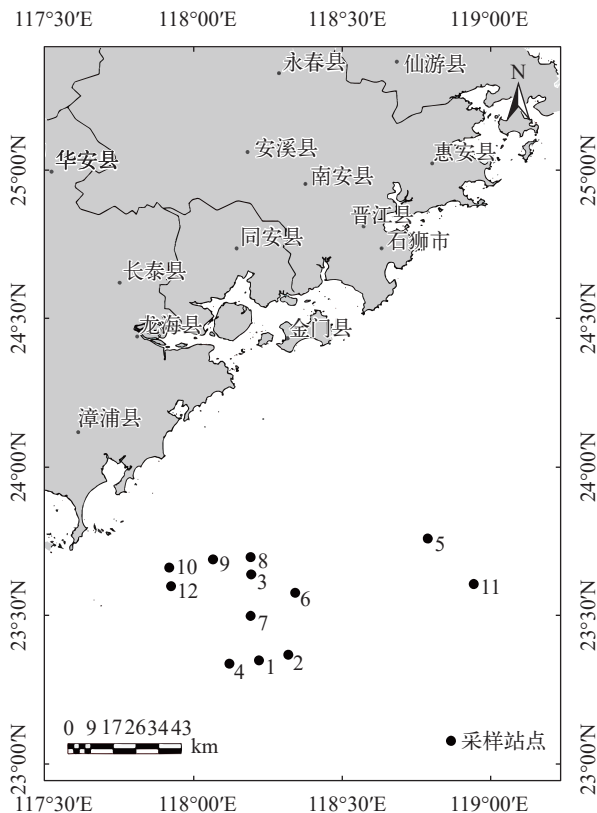


图1 闽南渔场游泳动物资源调查海区及站位

Fig. 1 Survey region and stations of nekton resource in Minnan Fishing Ground

优势种的聚集强度指标选取丛生指数和平均拥挤度,丛生指数反映种群分布趋势(当 $I < 0$ 时,均匀分布;当 $I = 0$ 时,随机分布;当 $I > 0$ 时,集群分布),平均拥挤度反映种群空间分布均衡性^[12],其值为正时,说明该种空间格局聚集程度较大,正值数值越大,则聚集强度越高。优势种聚集强度^[13, 14]使用以下公式计算:

$$\text{丛生指数(Clumping index)}: I = \frac{S^2}{x} - 1 \quad (2)$$

$$\text{平均拥挤度(Mean crowding)}: x^* = \frac{S^2}{x} - 1 + x \quad (3)$$

式中, x 为某种类的渔获尾数平均数, S^2 为方差。

生态位 生态位宽度值用Shannon-Wiener公式^[13]:

$$B_i = -\sum_{j=1}^r (P_{ij} \ln P_{ij}) \quad (4)$$

生态位重叠指数用Pinaka公式^[15]:

$$Q_{ik} = \sum_{j=1}^r (P_{ij} \cdot P_{kj}) / \sqrt{\sum_{j=1}^r P_{ij}^2 \cdot \sum_{j=1}^r P_{kj}^2} \quad (5)$$

式中, $P_{ij} = n_{ij} / N_{ij}$,为种 i 在第 j 个资源状态下的个体数占该种所有个体数的比例,其中 j 在计算时间生态位宽度、时间生态位重叠时, j 表示某个调查航次; j 在计算空间生态位宽度、空间生态位重叠时, j 表示某个调查站位, r 为总站位数。 Q_{ik} 大小表示重叠程度的大小,其值介于0—1,当 $Q_{ik} > 0.6$ 时,视为显著重叠^[16, 17]。本文用R 4.0.3软件的“spaa”包计算生态位宽度值和生态位重叠指数。

物种与环境多元分析 选取四个季节的优势种作为闽南渔场主要游泳动物,运用R 4.0.3软件的“vegan”包对闽南渔场主要游泳动物与环境因子底层温度、底层盐度、水深、经纬度之间的关系进行分析及排序图绘制,其中对环境因子进行 \log_{10} 的数据变换,对物种数据进行“Hellinger”转化。以探究影响该海域主要游泳动物分布的环境因素。首先使用降趋势对应分析(Detrended correspondence analysis, DCA)判断适合的分析方法,如果排序轴最大值超过4,单峰模型比较合适;如果小于3,线性模型比较合适;介于3—4,单峰模型和线性模型均可。本次研究四个季节DCA第1排序轴均小于3,因此采用冗余分析(Redundancy analysis, RDA)解析物种与环境因子之间的关系,以此判断各环境因子对群落结构的影响^[18]。利用方差膨胀因子分析,对所有环境因子进行共线性分析,结果表明所有的变量都小于10,无共线环境因子^[18]。RDA分析将物

种和环境因子反映在同一个二维排序图上,图中箭头表示环境因子,箭头连线的长度表示该环境因子与样本分布间相关程度的大小;箭头连线和排序轴的夹角及箭头连线之间的夹角表示相关性,锐角表示成正相关关系,钝角则表示成负相关关系;箭头所指方向表示群落分析指标或环境因子的变化趋势^[19]。

2 结果

2.1 种类组成

秋季、冬季、春季和夏季四个航次共有游泳动物种类214种,隶属于17目80科128属。其中鱼类12目65科100属144种;甲壳类2目11科22属56种,其中虾类14种,蟹类36种,虾蛄类6种;头足类3目3科4属14种(表1)。

秋季游泳动物种类数有115种,冬季有112种,春季、夏季略少分别有94种和71种。在四个季节都出现的种类有16种,三个季节出现的种类有30种,而仅在1个季节出现的种类有113种,因此该海域的渔获种类以季节性洄游种类为主。

2.2 优势种组成及其聚集强度

四个季节种类数不相同,优势种也不同,其中秋季8种、冬季7种、春季8种和夏季3种(表2)。秋季的优势种拥剑梭子蟹(*Portunus argentatus* Milne-Edwards)和花斑蛇鲻(*Saurida undosquamis* Richardson)丛生指数均较高,空间聚集特征明显,两种优势种丛生指数均超过30,集中聚集区主要在调查区域西南部。冬季的优势种鹿斑仰口鲷(*Leiognathus ruficonius* Hamilton)、拥剑梭子蟹和火枪乌贼(*Loligo beka* Sasaki)丛生指数较高,其中火枪乌贼最高为441.839,平均拥挤度也最大为457.939,故其空间聚集特征明显,其分布也较为集中。而春季各优势种丛生指数较其他季节均低,只有带鱼(*Trichiurus lepturus* Linnaeus)和竹荚鱼(*Trachurus japonicus* Temminck & Schlegel)丛生指数超过5,但二长棘犁

齿鲷(*Eyvynnis cardinalis* Lacepède)平均拥挤度最大,尾数最多,集中分布在调查海域南部。夏季三个优势种竹荚鱼、二长棘犁齿鲷和蓝圆鲹(*Decapterus maruadsi* Temminck & Schlegel)丛生指数和平均拥挤度相对于其他季节较高,其中二长棘犁齿鲷丛生指数最高为611.407,平均拥挤度亦最大为642.683,则其空间聚集特征明显,分布相较于其他种更集中。总体而言,夏季优势种丛生指数最高,春季较低;同时夏季优势种的平均拥挤度最高,春季较低(表2)。

2.3 时空生态位

闽南渔场调查海域四个季节主要游泳动物共有18种。根据各物种的丰度,计算得出主要游泳动物的时间生态位宽度、空间生态位宽度和时空生态位宽度(表3)。闽南渔场四个季节主要游泳动物的时间生态位宽度值范围为0.05—0.99,均值为0.53,其中时间生态位宽度最高的种类为须赤虾(*Metapenaeopsis barbata* De Haan; 0.99),花斑蛇鲻时间生态位宽度最低(0.02);空间生态位宽度值范围为2.08—2.57,均值为2.34,其中空间生态位宽度最高的种类为带鱼(2.57),黄吻棱鲷空间生态位宽度最低(*Thrissa vitirostris* Gilchrist & Thompson; 2.08);时空生态位宽度值范围为0.06—2.45,均值为1.34,其中时空生态位宽度最高种类为带鱼(2.45),淡鳍兔头鲷时空生态位宽度最低(*Lagocephalus wheeleri* Abe, Tabeta & Kitahama; 0.06)。

通过时间和空间生态位,得出闽南渔场调查海域四个季节各优势种间生态位重叠值(表4)。时间生态位重叠值超过0.60的种类共有46组(其中重叠值超过0.90的18组),占26.9%,其中重叠值达到1.00的有7对。大头狗母鱼(*Trachinocephalus myops* Forster)与花斑蛇鲻、淡鳍兔头鲷;黄吻棱鲷与赤鼻棱鲷(*Thrissa kammalensis* Bleeker)、二长棘犁齿鲷与竹荚鱼、蓝圆鲹;竹荚鱼与蓝圆鲹重叠值均达到1.00。空间生态位重叠值超过0.60的种类共有122组占71.3%,其中重叠值超过0.90的有4组分别为拥剑梭子蟹和剑尖枪乌贼(*Loligo edulis* Hoyle) (0.92)、花斑蛇鲻和日本绯鲤(*Upeneus Japonicus* Houttuyn; 0.90)、须赤虾和双斑蟳(*Charybdis bimaculate* Miers; 0.94)和赤鼻棱鲷和鹿斑仰口鲷(0.90)。时空生态位重叠值超过0.60的种类有30组占17.5%,重叠值超过0.90的有1组为鹿斑仰口鲷和赤鼻棱鲷(0.94;表5)。

2.4 环境对主要游泳动物分布的影响

闽南渔场四个季节主要游泳动物与环境因子的RDA分析结果显示,第一排序轴的特征值为0.341,物种与环境因子的相关系数为0.914;第二排

表1 各季节游泳动物种类数

Tab. 1 Composition of nekton in each season

类群Taxas	2019年	2019年	2020年	2021年	总种类数Total number of species
	秋季 Autumn	冬季 Winter	春季 Spring	夏季 Summer	
鱼类 Fishes	78	70	54	43	144
虾类 Shrimps	11	9	3	4	14
蟹类 Crabs	16	15	27	16	36
虾蛄类 Mantis shrimps	4	5	4	3	6
头足类 Cephalopods	6	13	7	5	14
总种类数 Total number of species	115	112	94	71	214

序轴的特征值为0.180, 物种与环境因子的相关系数为0.931, 蒙特卡洛置换检验结果显示两排序轴呈现极显著差异($F=31.5$, $P=0.001$), 两个排序轴共解释了四个季节主要游泳动物分布54.47%的变异。如图2所示, 第一排序轴与水深呈较大正相关, 而与底层盐度呈较大负相关; 第二排序轴与底层温度和经度呈较大正相关, 而与纬度呈较大负相关。

3 讨论

3.1 优势种的季节变化及群聚特征

在本研究中, 调查海域共鉴定出游泳动物214种, 秋、冬季种类数相对较高, 夏季较低。各季节间种类更替明显, 该海域的游泳动物以季节性洄游种类为主。此次该海域调查共鉴定鱼类138种, 相较于戴泉水等^[20]对该海域历史调查呈现出优势种从底层鱼类如花斑蛇鲭、大头狗母鱼等向中上层鱼类如赤鼻棱鲷、竹荚鱼等更替现象。优势种

存在一定程度的季节性更替, 秋季优势种主要为甲壳类和头足类(拥剑梭子蟹和剑尖枪乌贼), 而冬季、春季和夏季优势种则主要以鱼类为主, 冬季为赤鼻棱鲷和鹿斑仰口鲷, 春季为带鱼和二长棘犁齿鲷, 夏季为竹荚鱼、二长棘犁齿鲷和蓝圆鲹。

优势种聚集特征与种群生境条件和生物学特性等有关^[6]。生殖活动是影响种群聚集的重要因素, 如拥剑梭子蟹在闽南渔场的繁殖高峰期2—4月和10—11月^[21], 因此在春季和秋季拥剑梭子蟹是调查中的优势种类, 但是其平均拥挤度秋季明显高于春季, 这可能是由于秋季适宜拥剑梭子蟹产卵的环境条件更为集中, 种群分布密集, 种群聚集强度较大, 而春季拥剑梭子蟹分布更加均匀, 这与丛生指数反映的分布趋势相一致。生活习性也会影响种群聚集强度。如二长棘犁齿鲷为季节性洄游鱼类, 冬季存在越冬洄游现象, 夏季产卵后亲鱼和一些当年生幼鱼在调查海域集中索饵^[22—24], 呈现

表2 各季节游泳动物优势种及其聚集强度

Tab. 2 Dominant species of nekton in different seasons and their aggregation intensity

季节Season	优势种 Dominant species	相对重要指数 Index of relative importance (IRI)	尾数百分比 Percentage of number (N%)	个体重量比 Percentage of weight (W%)	丛生指数 Index of cluster (J)	平均拥挤度 Average crowding (x*)
2019年秋季Autumn	拥剑梭子蟹 <i>Portunus argentatus</i>	2170	8.49	13.21	33.377	71.307
	剑尖枪乌贼 <i>Loligo edulis</i>	1758	7.26	10.31	19.301	39.601
	花斑蛇鲭 <i>Saurida undosquamis</i>	1078	7.34	3.44	44.631	73.701
	大头狗母鱼 <i>Trachinocephalus myops</i>	1046	4.86	6.35	5.142	15.072
	日本绯鲤 <i>Upeneus Japonicus</i>	1016	8.16	4.54	16.025	42.695
	淡鳔兔头鲷 <i>Lagocephalu wheeleri</i>	853	2.37	6.78	4.048	8.188
	须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i>	819	6.53	1.66	6.279	30.869
	二长棘犁齿鲷 <i>Evynnis cardinalis</i>	669	2.94	7.09	6.081	13.281
2019年冬季Winter	赤鼻棱鲷 <i>Thrissa kammalensis</i>	3594	15.65	20.29	7.297	30.987
	鹿斑仰口鲷 <i>Leiognathus ruconius</i>	2292	13.45	11.39	49.099	92.179
	拥剑梭子蟹 <i>Portunus argentatus</i>	1333	5.34	9.10	33.165	49.585
	黄吻棱鲷 <i>Thrissa vitirostris</i>	900	7.64	4.05	2.466	21.766
	火枪乌贼 <i>Loligo beka</i>	680	5.29	3.56	441.839	457.939
	须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i>	678	5.02	4.76	1.888	16.668
	带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	633	3.56	2.77	1.635	12.175
2020年春季Spring	带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	2509	1.00	24.67	5.060	13.350
	二长棘犁齿鲷 <i>Evynnis cardinalis</i>	2323	14.70	8.53	3.792	20.932
	竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	1335	7.81	6.56	5.251	17.581
	刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i>	1105	5.27	7.62	4.267	12.597
	双斑蟳 <i>Charybdis bimaculata</i>	953	7.91	1.63	3.054	15.914
	拥剑梭子蟹 <i>Portunus argentatus</i>	685	2.31	4.54	0.026	3.886
	须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i>	646	5.69	0.77	1.296	11.726
2021年夏季Summer	真蛸 <i>Octopus vulgaris</i>	612	2.96	4.83	0.357	4.557
	竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	2602	10.85	15.17	227.886	257.251
	二长棘犁齿鲷 <i>Evynnis cardinalis</i>	1866	11.56	7.10	611.407	642.683
	蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	997	4.45	5.51	250.677	262.727

表3 主要游泳动物生态位宽度

Tab. 3 Niche width of major nekton species

编号 Number	主要游泳动物 Major nekton species	时间生态位 Nt	空间生态位 Ns	时空生态位 Nsp
1	拥剑梭子蟹 <i>Portunus argentatus</i>	0.95	2.54	2.41
2	剑尖枪乌贼 <i>Loligo edulis</i>	0.85	2.55	2.16
3	花斑蛇鲭 <i>Saurida undosquamis</i>	0.02	2.20	0.04
4	大头狗母鱼 <i>Trachinocephalus myops</i>	0.23	2.34	0.54
5	日本绯鲤 <i>Upeneus japonicus</i>	0.69	2.34	1.61
6	淡鳍兔头鲷 <i>Lagocephalu wheeleri</i>	0.26	2.16	0.06
7	须赤虾 <i>Metapenaeposis barbata</i>	0.99	2.43	2.41
8	二长棘犁齿鲷 <i>Eyynniss cardinalis</i>	0.20	2.46	2.43
9	赤鼻棱鲷 <i>Thrissa kammalensis</i>	0.05	2.42	0.12
10	鹿斑仰口鲷 <i>Leiognathus ruconius</i>	0.51	2.33	1.19
11	黄吻棱鲷 <i>Thrissa vitiostriis</i>	0.09	2.08	0.19
12	火枪乌贼 <i>Loligo beka</i>	0.97	2.18	2.29
13	带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	0.98	2.57	2.45
14	竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	0.09	2.39	0.22
15	刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i>	0.82	2.25	1.85
16	双斑蟳 <i>Charybdis bimaculata</i>	0.71	2.50	1.83
17	真蛸 <i>Octopus vulgaris</i>	0.96	2.20	2.11
18	蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	0.07	2.17	0.15

注: 同列数据肩标不同小写字母差异显著($P < 0.05$)

Note: Nt is the temporal niche; Ns is the spatial niche; Nsp is the spatio-temporal niche

出夏季种群聚集强度最大。栖息环境对种群聚集特性有重要影响。如火枪乌贼的适温范围为8—25℃^[25], 在温度偏低的冬季海域分布数量较多, 种群分布较密集, 故在冬季种群聚集强度最大。

3.2 时空生态位

时间生态位宽度值是物种在调查海域出现时间的度量值^[26]。闽南渔场海域四个季节中须赤虾、拥剑梭子蟹均出现, 故时间生态位宽度最高。而花斑蛇鲭时间生态位宽度最低, 则因为其只在秋季为优势种且数量较少。空间生态位宽度值是物种空间分布范围的度量值^[27]。本研究中带鱼的空间生态位最高, 其次为剑尖枪乌贼和拥剑梭子蟹, 这些种类在闽南渔场海域空间分布范围较广且均

匀。空间生态位宽度最低为淡鳍兔头鲷和黄吻棱鲷, 则这两种优势种空间分布相对分散。时空生态位宽度值是反映物种对环境适应性及资源利用广泛性的度量值^[28]。此次研究中只有带鱼时空生态位宽度最高, 其次为二长棘犁齿鲷, 二者为洄游性鱼类, 虽在各季节均有分布, 季节变化对二者生物量影响不大, 集群特征不明显, 因此他们环境适应性较强, 资源利用广泛性较大。花斑蛇鲭和淡鳍兔头鲷秋季在闽南渔场海域广泛分布, 而在冬季洄游离开该海域, 故它们的时空生态位较低。

生态位重叠反映的是同一生境内物种资源需求的相似性, 生态位重叠显著, 表明种对间的资源需求相近^[29]。时间生态位重叠反映出不同物种对资源利用在时间维度上的相似程度^[26]。调查结果表明, 闽南渔场四个季节优势种中26.9%的种对时间生态位重叠指数超过了0.6, 则说明闽南渔场海域部分种类间在对资源利用的时间选择上较接近。空间生态位重叠反映出不同物种对资源利用在空间维度上的相似程度^[30]。闽南渔场空间生态位重叠值超过0.60的种对占71.3%, 表明该海域四个季节优势种种间在空间分布上比较相似, 这可能与某些种类的生态习性相关, 存在食物或栖息空间的竞争关系, 另一方面, 可能是因为本研究调查区域较小。时空生态位重叠则反映了物种间在时间和空间上分布的相似程度^[31]。此次调查中重叠值超过0.60的种对占17.5%, 而超过0.90的仅有赤鼻棱鲷与鹿斑仰口鲷。其中赤鼻棱鲷与鹿斑仰口鲷时间生态位重叠值达到1.00, 二者空间生态位重叠值为0.90, 其时空生态位重叠值达0.94, 表明二者不仅在对资源利用的时间选择上接近, 在空间分布上也均在中上层水域。此外赤鼻棱鲷与鹿斑仰口鲷的食性也较为相似, 均以摄食多毛类、桡足类等为主, 二者间可能存在一定的竞争关系^[32, 33]。种间联结理论认为, 物种的正联结是由于一个物种依赖于另一个物种, 或者由于在异质的环境内几个物种对环境条件有相似的适应和反应; 相反, 负联结是二者在竞争资源中互相排斥或环境需求的不相似性^[34]。本研究中各种对间较低的时空重叠率是由于竞争排斥还是由于对环境的适应性差异造成的, 还需要进一步的研究。

3.3 环境对物种分布的影响

温度直接影响游泳动物的繁殖、发育和生存等生命活动, 盐度则是影响鱼类发育的重要环境因子之一^[35]。冗余分析结果显示, 闽南渔场四个季节第一排序轴反映了底层盐度的变化对物种分布有直接影响, 与物种分布呈现出较大负相关; 第二排

表 4 主要游泳动物的时间生态位重叠值(对角线上)和空间生态位重叠值(对角线下)

Tab. 4 Overlapping values of temporal niche (above the main diagonal) and spatial niche of major nekton species (under the main diagonal)

主要游泳动物 Major nekton species	生态位重叠 Niche overlap																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1		0.89	0.49	0.51	0.77	0.49	0.85	0.88	0.09	0.17	0.10	0.80	0.81	0.87	0.53	0.70	0.36	0.88
2	0.92		0.82	0.84	0.98	0.83	0.96	0.58	0.04	0.18	0.05	0.52	0.53	0.57	0.35	0.45	0.54	0.58
3	0.79	0.77		1.00	0.93	1.00	0.81	0.02	0.01	0.17	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.63	0.01
4	0.69	0.67	0.81		0.94	1.00	0.83	0.04	0.04	0.20	0.05	0.06	0.05	0.02	0.03	0.02	0.63	0.04
5	0.78	0.76	0.90	0.81		0.93	0.94	0.38	0.03	0.18	0.04	0.35	0.35	0.37	0.22	0.29	0.59	0.38
6	0.54	0.66	0.26	0.43	0.41		0.82	0.02	0.07	0.23	0.08	0.05	0.03	0.00	0.03	0.00	0.64	0.01
7	0.89	0.89	0.66	0.71	0.71	0.68		0.51	0.19	0.32	0.20	0.59	0.59	0.50	0.50	0.54	0.73	0.51
8	0.84	0.79	0.72	0.65	0.68	0.59	0.80		0.00	0.00	0.00	0.86	0.89	1.00	0.58	0.79	0.03	1.00
9	0.73	0.75	0.58	0.75	0.65	0.69	0.88	0.74		0.99	1.00	0.44	0.17	0.00	0.03	0.00	0.18	0.00
10	0.65	0.66	0.53	0.76	0.62	0.59	0.78	0.65	0.95		0.99	0.45	0.18	0.00	0.05	0.02	0.30	0.00
11	0.59	0.57	0.40	0.45	0.44	0.51	0.72	0.58	0.77	0.70		0.44	0.17	0.00	0.03	0.00	0.19	0.00
12	0.72	0.72	0.60	0.64	0.68	0.63	0.83	0.55	0.75	0.61	0.58		0.95	0.86	0.71	0.83	0.29	0.86
13	0.74	0.77	0.47	0.63	0.54	0.83	0.84	0.75	0.88	0.80	0.79	0.73		0.89	0.86	0.96	0.38	0.88
14	0.83	0.84	0.70	0.67	0.70	0.76	0.84	0.74	0.77	0.68	0.64	0.78	0.78		0.57	0.78	0.01	1.00
15	0.68	0.72	0.41	0.61	0.55	0.85	0.82	0.63	0.76	0.62	0.57	0.81	0.84	0.78		0.96	0.65	0.56
16	0.82	0.87	0.58	0.73	0.65	0.74	0.94	0.76	0.87	0.79	0.64	0.72	0.85	0.77	0.86		0.48	0.77
17	0.63	0.64	0.40	0.51	0.38	0.64	0.77	0.62	0.69	0.52	0.67	0.63	0.72	0.72	0.85	0.76		0.01
18	0.65	0.78	0.57	0.59	0.66	0.83	0.72	0.58	0.73	0.62	0.52	0.71	0.73	0.86	0.81	0.77	0.63	

注: 该表编号对应物种同表 3

Note: Species corresponding to the table numbers are the same as those in Tab. 3

表 5 主要游泳动物的时空生态位重叠值

Tab. 5 Overlapping values of Spatio-temporal niche of major nekton species

主要游泳动物 Major nekton species	时空生态位重叠 Spatio-temporal niche overlap																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1		0.82	0.39	0.35	0.60	0.26	0.76	0.74	0.07	0.11	0.06	0.57	0.60	0.72	0.36	0.58	0.23	0.57
2			0.63	0.56	0.75	0.55	0.86	0.46	0.03	0.12	0.03	0.37	0.41	0.48	0.25	0.39	0.35	0.46
3				0.81	0.84	0.26	0.54	0.01	0.01	0.09	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.25	0.01
4					0.77	0.43	0.59	0.03	0.03	0.15	0.02	0.04	0.03	0.01	0.02	0.01	0.32	0.02
5						0.38	0.67	0.26	0.02	0.11	0.02	0.24	0.19	0.26	0.12	0.19	0.22	0.25
6							0.56	0.01	0.05	0.14	0.04	0.03	0.02	0.00	0.03	0.00	0.41	0.01
7								0.41	0.17	0.25	0.14	0.49	0.49	0.42	0.41	0.51	0.56	0.37
8									0.00	0.00	0.00	0.47	0.67	0.74	0.37	0.60	0.02	0.58
9										0.94	0.77	0.33	0.15	0.00	0.02	0.00	0.12	0.00
10											0.69	0.28	0.14	0.00	0.03	0.02	0.16	0.00
11												0.25	0.13	0.00	0.02	0.00	0.13	0.00
12													0.69	0.67	0.57	0.60	0.18	0.61
13														0.69	0.72	0.82	0.27	0.64
14															0.44	0.60	0.01	0.86
15																0.83	0.55	0.46
16																	0.37	0.59
17																		0.01
18																		

注: 该表编号对应物种同表 3

Note: Species corresponding to the table numbers are the same as those in Tab. 3

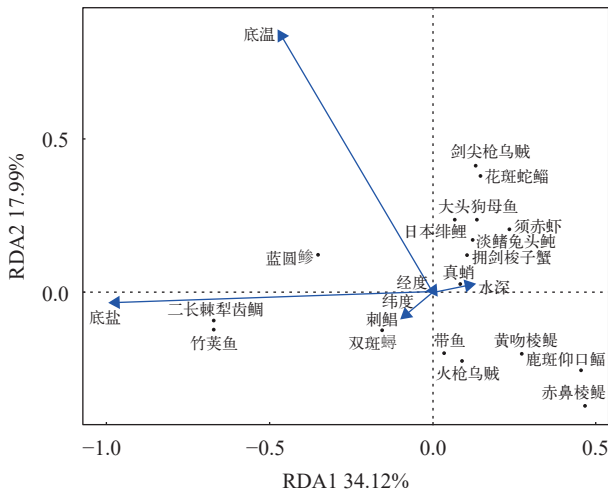


图2 闽南渔场四个季节主要游泳动物与环境因子的冗余分析
Fig. 2 Redundancy analysis of major nektons species and environmental factors in Minnan Fishing Ground in four seasons

序轴反映了底层温度的变化,是影响物种分布的重要因素,与物种分布呈现出较大正相关。RDA二维排序图所显示的物种分布模式可能反映了闽南渔场四个季节主要游泳动物对栖息环境的偏好和其生态习性的适应性^[36-38]。闽南渔场四个季节竹荚鱼、二长棘犁齿鲷与底层温度、底层盐度呈较大正相关,相对其他物种更偏好高盐环境,而鹿斑仰口鲷、赤鼻棱鲛与底层温度、底层盐度呈负相关,较其他物种更偏好栖息于低温低盐的环境。

时空生态位重叠反映种对间利用资源能力所表现的相似性,同时也反映出物种间的竞争关系,但是重叠值高并不意味着种间竞争一定激烈^[39]。如剑尖枪乌贼与花斑蛇鲭时空重叠值较高,但两者栖息环境和食性却有明显差异;剑尖枪乌贼常栖息于水域中层,而花斑蛇鲭则为近底层鱼类;剑尖枪乌贼胴长80 mm以上的个体以捕食鲆、鲈、沙丁鱼、鲱等的仔稚鱼为主,胴长50—70 mm的个体以捕食甲壳类为主,而花斑蛇鲭属游泳动物食性,主要摄食鱼类、长尾类、短尾类和口足类等^[40-43]。若要对该海域主要游泳动物时空生态位特征进一步探究,尚需长期跟踪与调查监测,同时扩大调查海域范围,开展营养结构研究,以便更好探究闽南渔场游泳动物种间关系和影响其时空生态位特征的关键因素。

参考文献:

- [1] Zhang Q Y, Zhang Y Z, Liu J F. Study on the fish fauna of the northern Taiwan Strait and its adjacent seas [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1986, **17**(2): 144-151. [张其永, 张雅芝, 刘家富. 台湾海峡北部及其附近海区鱼类区系研究 [J]. *海洋与湖沼*, 1986, **17**(2): 144-151.]
- [2] Lu Z B, Dai Q S, Yan Y M. An inquisition of fisheries resources management in Taiwan Strait and its adjacent waters [J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2000, **19**(2): 249-253. [卢振彬, 戴泉水, 颜尤明. 台湾海峡及其邻近海域渔业资源的管理 [J]. *台湾海峡*, 2000, **19**(2): 249-253.]
- [3] Polechová J, Storch D. Ecological Niche [M]. *Encyclopedia of Ecology*. Amsterdam: Elsevier, 2008: 1088-1097.
- [4] Qiu J J, Wang Y X, Li T J, et al. Study on the niche and differentiation of major nekton species in the Zhoushan Changbai Sea area [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, **38**(18): 6759-6767. [求锦津, 王咏雪, 李铁军, 等. 舟山长白海域主要游泳动物生态位及其分化研究 [J]. *生态学报*, 2018, **38**(18): 6759-6767.]
- [5] Yang L, Cao W Q, Lin Y S, et al. Preliminary study on feeding habits and trophic niche of nine economic fish species in Beibu Gulf in summer [J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2016, **35**(2): 66-75. [杨璐, 曹文清, 林元烧, 等. 夏季北部湾九种经济鱼类的食性类型及营养生态位初步研究 [J]. *热带海洋学报*, 2016, **35**(2): 66-75.]
- [6] Cai J D, Xu C Y, Ma C, et al. Population aggregation characteristics of the main dominant species of nekton in Minnan Fishing Ground [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, **41**(12): 4818-4826. [蔡建堤, 徐春燕, 马超, 等. 闽南渔场游泳动物优势种群聚集特性 [J]. *生态学报*, 2021, **41**(12): 4818-4826.]
- [7] Lü Z B, Li F, Wang B, et al. Community structure of fish resources in spring and autumn in the Yellow Sea off Shandong [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2011, **35**(5): 692-699. [吕振波, 李凡, 王波, 等. 黄海山东海域春、秋季鱼类群落结构 [J]. *水产学报*, 2011, **35**(5): 692-699.]
- [8] Ji M M, Tian K, Hu C Y, et al. Species composition and community diversity of nekton during spring and autumn in Sanmen Bay [J]. *Journal of Hydroecology*, 2016, **37**(2): 42-48. [冀萌萌, 田阔, 胡成业, 等. 三门湾春、秋季游泳动物群落组成及物种多样性研究 [J]. *水生生态学杂志*, 2016, **37**(2): 42-48.]
- [9] Pianka E R. Ecology of the agamid lizard *Amphibolurus isolepis* in western Australia [J]. *Copeia*, 1971, **1971**(3): 527.
- [10] Liu J H, Li Y, Cao L, et al. The tempo-spatial changes in community structure, biomass, and biodiversity of nekton in the eastern coastal waters of Fujian Province [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2020, **51**(4): 931-942. [刘金虎, 李毅, 曹亮, 等. 闽东近海游泳动物群落组成、资源量与生物多样性的时空格局研究 [J]. *海洋与湖沼*, 2020, **51**(4): 931-942.]
- [11] Wang X H, Li H, Li Y, et al. Nekton species composition and biodiversity in high seas of the Northwestern Pacific Ocean in autumn [J]. *Journal of Fisheries Research*, 2021, **43**(5): 443-450. [王雪华, 李海, 李渊, 等. 西北太平洋公海海域秋季灯光敷网渔获率及物种多样性 [J]. *渔业研究*, 2021, **43**(5): 443-450.]
- [12] Zhao Z M, Zhou X Y. Introduction to Ecology [M]. Chongqing: Chongqing Branch of Scientific and Technical Documents Publishing House, 1984. [赵志模, 周新

- 远. 生态学引论 [M]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1984.]
- [13] Shannon C E, Weaver W. The Mathematical Theory of Communication [M]. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
- [14] Li F, Xu B Q, Lü Z B, *et al.* Ecological niche of dominant species of fish assemblages in Laizhou Bay, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, **38**(14): 5195-5205. [李凡, 徐炳庆, 吕振波, 等. 莱州湾鱼类群落优势种生态位 [J]. 生态学报, 2018, **38**(14): 5195-5205.]
- [15] Pianka E R. The structure of lizard communities [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973(4): 53-74.
- [16] Charles K. Ecological Methodology [M]. New York: HarperCollins Publishers, 1984.
- [17] Wang Y Q, Wang J, Xue Y, *et al.* Width and overlap of spatial and temporal ecological niches for main fish species in the Yellow River Estuary [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2019, **26**(5): 938-948. [王雨群, 王晶, 薛莹, 等. 黄河口水域主要鱼种的时空生态位宽度和重叠 [J]. 中国水产科学, 2019, **26**(5): 938-948.]
- [18] Lepš J, Šmilauer P. Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [19] Lai J S. Numerical Ecology with R [M]. Beijing: Higher Education Press, 2014. [赖江山. 数量生态学: R语言的应用 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2014.]
- [20] Dai Q S, Lu Z B, Dai T Y, *et al.* Species composition of neuston and resources state of Taiwan Strait and its adjacent waters [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2005, **29**(2): 205-210. [戴泉水, 卢振彬, 戴天元, 等. 台湾海峡及其邻近海域游泳生物种类组成和资源现状 [J]. 水产学报, 2005, **29**(2): 205-210.]
- [21] Zhang Z L. The fisheries and biological characteristics of portunus (amphitrite) gladiator in south Fujian-Taiwan bank fishing ground [J]. *Marine Fisheries*, 1997, **19**(1): 17-21. [张壮丽. 闽南、台湾浅滩渔场拥剑梭子蟹渔业及其生物学特点 [J]. 海洋渔业, 1997, **19**(1): 17-21.]
- [22] Zhang Q Y, Zhang Y Z. Age and growth of red-fin pargo, *Parargyrops edita*, in south Fujian and Taiwan bank fishing ground [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1983, **7**(2): 131-143. [张其永, 张雅芝. 闽南—台湾浅滩二长棘鲷年龄和生长研究 [J]. 水产学报, 1983, **7**(2): 131-143.]
- [23] Zhang Q Y, Cai Z P. Population identification of red-fin pargo, *Parargyrops edita* Tanaka, in Taiwan strait and beibu gulf [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1983, **14**(6): 511-521. [张其永, 蔡泽平. 台湾海峡和北部湾二长棘鲷种群鉴别研究 [J]. 海洋与湖沼, 1983, **14**(6): 511-521.]
- [24] Ye S Z. The distribution in time and space of *Parargyrops edita* Tanaka population in Minnan-Taiwan bank fishing ground [J]. *Journal of Fujian Fisheries*, 2004, **26**(4): 36-39. [叶孙忠. 闽南—台湾浅滩渔场二长棘鲷群体数量的时空分布 [J]. 福建水产, 2004, **26**(4): 36-39.]
- [25] Shen C C, Liu Y. Quantity Distribution and Population Composition of *Loligo Beka* in the East China Sea [C]. Proceedings of the Fisheries Academic Forum and the 26th Academic Exchange Conference of the Aquatic Society of the Sixteen Provinces (Cities, Districts) in Southern China (next volume): Chongqing, 2010: 221-225 [沈长春, 刘勇. 东海区火枪乌贼数量分布及其群体组成 [C]. 中国南方十六省(市、区)水产学会渔业学术论坛暨第二十六次学术交流大会论文集(下册). 重庆, 2010: 221-225.]
- [26] Li R, Li S C, Tian R J. Structure and niche of spider community in vegetable field [J]. *Acta Arachnologica Sinica*, 2007, **16**(2): 116-120. [李锐, 李生才, 田瑞钧. 菜田蜘蛛群落组成及生态位分析 [J]. 蛛形学报, 2007, **16**(2): 116-120.]
- [27] Xu X Q, Zeng J N, Chen Q Z, *et al.* Spatial niches of dominant zooplankton species in Sanmen Bay, Zhejiang Province of East China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, **24**(3): 818-824. [徐晓群, 曾江宁, 陈全震, 等. 浙江三门湾浮游动物优势种空间生态位 [J]. 应用生态学报, 2013, **24**(3): 818-824.]
- [28] Yu Z H, Jin X S, Li X S. Analysis of ecological niche for major fish species in the central and southern Yellow Sea [J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2010, **31**(6): 1-8. [于振海, 金显仕, 李显森. 黄海中南部主要鱼种的生态位分析 [J]. 渔业科学进展, 2010, **31**(6): 1-8.]
- [29] Guo T Y, Xu R M. Study on trophic niche among the ectoparasites of rodent in Dongling Mountain in Beijing, China [J]. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 2002, **13**(4): 257-259. [郭天宇, 许荣满. 北京东灵山地区鼠类体外寄生虫营养生态位的研究 [J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2002, **13**(4): 257-259.]
- [30] Li X S, Yu Z H, Sun S, *et al.* Ecological niche breadth and niche overlap of dominant species of fish assemblage in Yangtze River Estuary and its adjacent waters [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, **24**(8): 2353-2359. [李显森, 于振海, 孙珊, 等. 长江口及其毗邻海域鱼类群落优势种的生态位宽度与重叠 [J]. 应用生态学报, 2013, **24**(8): 2353-2359.]
- [31] Liu K, Yu C G, Zheng J, *et al.* Analysis of functional groups characteristics and niche of major fish species in the coastal waters of Zhoushan Islands in spring and autumn [J]. *Journal of Zhejiang University (Science Edition)*, 2021, **48**(5): 592-605. [刘坤, 俞存根, 郑基, 等. 舟山群岛近岸海域春秋两季主要鱼类功能群特征及其生态位分析 [J]. 浙江大学学报(理学版), 2021, **48**(5): 592-605.]
- [32] Guo X W, Tang Q S. Consumption and ecological conversion efficiency of *Thrisa kammalensis* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2000, **24**(5): 422-427. [郭学武, 唐启升. 赤鼻棱鯧的摄食与生态转换效率 [J]. 水产学报, 2000, **24**(5): 422-427.]
- [33] Guo J H, Li J, Shen C, *et al.* Biological Parameter Estimation of the Minjiang Estuary *Cervus Sylvestris* [C]. The 2018 Annual Meeting of the Chinese Fisheries Society: Xi'an, 2018: 396. [郭峻宏, 李军, 沈忱, 等. 闽江口鹿斑仰口鲷的生物学参数估算 [C]. 2018年中国水产学会学术年会论文摘要集. 西安, 2018: 396.]
- [34] Xu M H, Liu M, Zhai D T, *et al.* A review of contents and methods used to analyze various aspects of plant interspecific associations [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016,

- 36(24): 8224-8233. [徐满厚, 刘敏, 翟大彤, 等. 植物种间联结研究内容与方法评述 [J]. 生态学报, 2016, 36(24): 8224-8233.]
- [35] Shi B R. Studies on fish community diversity and community dynamics based on multivariate analysis in the Yangtze River Estuary [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2012. [史赞荣. 长江口鱼类群落多样性及基于多元排序方法群落动态的研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2012.]
- [36] Zhang L L, Jiang R J, Yin R, *et al.* Spatial niche and differentiation of major nekton species in Yueqing Bay, Zhejiang, China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2019, 30(11): 3911-3920. [张琳琳, 蒋日进, 印瑞, 等. 乐清湾主要游泳动物空间生态位及其分化 [J]. 应用生态学报, 2019, 30(11): 3911-3920.]
- [37] Tang Y B, Liao Y B, Shou L, *et al.* Intertidal zone of the Nanji Islands is a niche for dominant species of the macrobenthic community [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(2): 489-498. [汤雁滨, 廖一波, 寿鹿, 等. 南麂列岛潮间带大型底栖动物群落优势种生态位 [J]. 生态学报, 2016, 36(2): 489-498.]
- [38] Hu C Y, Shui Y Y, Tian K, *et al.* Functional group classification and niche identification of major fish species in the Qixing Islands Marine Reserve, Zhejiang Province [J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(2): 175-184. [胡成业, 水玉跃, 田阔, 等. 浙江七星列岛海洋特别保护区主要鱼类功能群划分及生态位分析 [J]. 生物多样性, 2016, 24(2): 175-184.]
- [39] Dong J R, Shui B N, Hu C Y, *et al.* Niche and interspecific association of the dominant fish in the south coastal waters of Wenzhou, China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2017, 28(5): 1699-1706. [董静瑞, 水柏年, 胡成业, 等. 温州南部沿岸海域主要鱼类的生态位及种间联结性 [J]. 应用生态学报, 2017, 28(5): 1699-1706.]
- [40] Ding T M, Song H T. Biological characteristics of *Loligo edulis* Hoyle in the East China Sea [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2000, 19(4): 371-374. [丁天明, 宋海棠. 东海剑尖枪乌贼生物学特征 [J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2000, 19(4): 371-374.]
- [41] Wang Y X. Fishery biological characteristics of swordtip squid *loligo edulis* in the southern part of the East China Sea [J]. *Marine Fisheries*, 2002, 24(4): 169-172. [王友喜. 东海南部剑尖枪乌贼渔业生物学特性 [J]. 海洋渔业, 2002, 24(4): 169-172.]
- [42] Ding T M, Xu K D. The quantity distribution and growth characteristics of *Loligo edulis* in the East China Sea [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2008, 27(2): 115-118. [宋海棠, 丁天明, 徐开达. 东海剑尖枪乌贼的数量分布和生长特性研究 [J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2008, 27(2): 115-118.]
- [43] Zhang P. Fishes in the Yangtze River Estuary [M]. Shanghai: Science Press, 2006: 286-288. [庄平. 长江口鱼类 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006: 286-288.]

SPATIO-TEMPORAL NICHE CHARACTERISTICS AND INFLUENCING FACTORS OF MAJOR NEKTON SPECIES IN MINNAN FISHING GROUND

LI Yuan-Yuan^{1,2}, SONG Pu-Qing¹, FU Shu-Sen^{1,2}, XIE Shi-Jun¹, LI Yuan¹ and LIN Long-Shan¹

(1. Third Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Xiamen 361000, China; 2. Shanghai Ocean University, Shanghai 200000, China)

Abstract: The spatio-temporal ecological niche characteristics and influencing factors of major nekton species was determined by the relative importance, aggregation intensity, niche width, niche overlap and redundancy analysis based on data from four voyage fixed bottom trawl surveys in October 2019 (autumn), December 2019 (winter), April 2020 (spring) and August 2021 (summer). The results of the study showed that: (1) 214 species of nekton were identified in the surveyed sea area, with 18 dominant species. There is an obvious seasonal turnover of dominant species, with higher aggregation intensity of dominant species in summer and lower in spring. (2) In the temporal dimension, *Metapenaeopsis barbata* had the largest ecotone width (0.99); the niche overlap of seven groups was equal to 1.00; in the spatial dimension, the niche width of *Trachurus japonicus* was the largest (2.57); the spatial niche overlap value of major nekton species exceeding 0.6 accounted for 71.3%; in the spatio-temporal dimension, *Trachurus japonicus* had the largest niche width (2.45) and *Leiognathus ruconius* Hamilton had the largest spatio-temporal niche overlap width (0.94) with *Thrissa kammalensis* Bleeker. (3) The redundancy analysis showed that bottom temperature and bottom salinity were the key factors affecting the spatio-temporal niche characteristics of the major nekton species in Minnan Fishing Ground.

Key words: Minnan Fishing Ground; Major nekton species; Aggregation intensity; Spatio-temporal niche; Redundancy analysis