

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*

刘金虎¹ 李毅² 曹亮¹ 许莉莉^{1,3} 窦硕增^{1,3①}

(1. 中国科学院海洋生态与环境科学重点实验室 青岛 266071; 2. 华能霞浦核电有限公司 宁德 352100;
3. 中国科学院大学 北京 100049)

摘要 采用底拖网方法调查研究了闽东近海春季(5月)和秋季(10月)游泳动物群落组成、生物多样性、资源密度及时空分布格局等问题。调查中出现游泳动物 70 种(鱼类 47 种, 甲壳类 18 种, 头足类 5 种), 隶属于 15 目 40 科 64 属, 以鲈形目种类最多(25 种)。鱼类是主要游泳动物群落, 春季鱼类个体数和重量分别占总渔获的 66.4%和 72.3%, 甲壳类分别占比 33.4%和 26.9%, 头足类分别占比 0.2%和 0.8%; 秋季, 上述三个类群在总渔获中的占比分别为 56.6%和 60.4%、42.0%和 37.8%以及 1.4%和 1.8%。春季优势种包括红狼牙鰕虎鱼(*Odontamblyopus rubicundus*)、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、孔鰕虎鱼(*Trypauchen vagina*)等 10 种, 秋季优势种为龙头鱼(*Harpadon nehereus*)、三疣梭子蟹、六指马鲛(*Polynemus sextarius*)等 7 种; 两个季节共有优势种包括三疣梭子蟹、日本蟳(*Charybdis japonica*)、龙头鱼、棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)和六丝钝尾鰕虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*) 5 种。秋季的生物多样性指数和均匀度指数高于春季。春季平均资源密度为 $1013.7\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $10.2 \times 10^4\text{ind}/\text{km}^2$, 高于秋季的平均值($899.0\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $6.6 \times 10^4\text{ind}/\text{km}^2$)。总体而言, 鱼类是闽东近海主要的游泳动物类群, 其资源密度从近岸向外海呈降低趋势, 春季的资源密度高值出现在闽东外海中部水域, 秋季高值则出现在南部的闽江口等水域; 其春季的优势种种类多于秋季, 存在一定程度季节性更替现象。

关键词 游泳动物; 群落结构; 优势种; 生物多样性; 资源密度; 闽东近海

中图分类号 Q958; S932 **doi:** 10.11693/hyh20200100017

福建沿海有闽江、九龙江等众多河流输入, 与台湾暖流等交汇于此, 为渔业生物提供了丰富的饵料基础; 众多的河口和海湾曾为多种渔业生物提供了栖息地, 形成了重要优良渔场(戴泉水等, 2005; 黄良敏, 2011)。目前, 闽东等近海渔场面临捕捞压力大和生境退化等多压力, 近海渔业生产力下降, 鱼类生活史、种群数量、洄游分布和生物群落结构等发生显著变化, 主要表现为游泳动物种类剧减, 物种多样性降低, 群落和优势种更替明显, 种群小型化问题显著(戴泉水等, 2005; 刘勇等, 2006; 沈长春, 2011)。20 世

纪 80 年代, 闽东近海记录的游泳动物超过 300 种, 优势种包括大黄鱼、带鱼、银鲳等众多优质经济鱼类。但是, 近年来的调查中出现的游泳动物为 100 种左右, 优势种为龙头鱼、鰕虎鱼类等低质小型底层鱼类, 传统种群资源衰退严重(戴泉水等, 2005; 林龙山等, 2005; 叶孙忠等, 2018)。而核电厂的陆续建设和运营也对近海渔业资源与生态环境造成潜在影响。开展该海域渔业资源及生态要素调查, 对了解该海域渔业资源现状、认识环境变化下生物群落更替特征和制定合理的资源管理与养护措施具有重要意义。

* 国家自然科学基金委员会“创新研究群体科学基金”资助项目, 40821004 号, 41121064 号。刘金虎, 博士, 助理研究员, E-mail: liujinhu@qdio.ac.cn

通信作者: 窦硕增, 博士生导师, 研究员, E-mail: szdou@qdio.ac.cn

收稿日期: 2020-01-14, 收修改稿日期: 2020-03-17

近年来,一些学者开展了福建沿海游泳动物或渔业生物群落特征及资源现状的相关研究。调查海域包括七星列岛、三沙湾、闽江口、东山湾、台湾海峡和九龙江口等海域(戴泉水等, 2005; 黄良敏, 2011; 张会军, 2013; 张静等, 2013; 顾洪静, 2014; 张春草, 2017; 叶孙忠等, 2018)。研究内容涉及渔业生物种类组成、数量分布、群落结构、生物多样性、资源密度空间分布、资源承载力评估等。相关研究多局限于特定的小尺度渔业水域。本研究以沿岸有多个在建或已运营的核电厂的我国传统渔场——闽东渔场为调查水域, 研究游泳动物群落结构特征、资源量和生物多样性时空分布格局, 以期评价该水域环境变化下渔业资源变动特征和资源养护管理决策提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 调查站位与区域

于 2017 年春季(5 月)和秋季(10 月)在闽东近海开展定点渔业生物资源调查。调查范围位于闽东及台湾浅滩北部的部分区域, 范围为 $119^{\circ}44'—121^{\circ}21'E$, $25^{\circ}43'—27^{\circ}19'N$ 。调查共设计断面 8 条, 底拖网站位 29 个(图 1)。

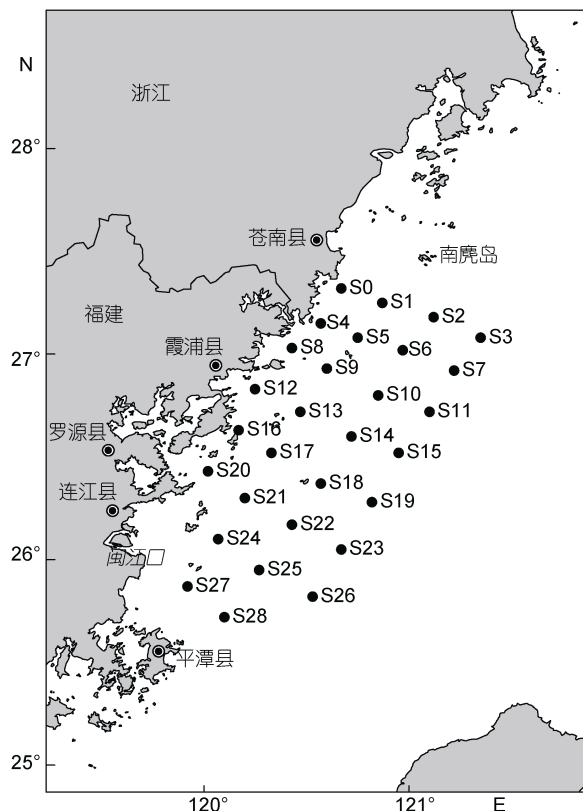


图 1 闽东近海游泳动物调查海区及站位

Fig.1 Sampling sites of the fishery survey in the eastern coastal waters of Fujian Province

利用单囊底拖网(渔船功率 220kW, 网口长 32m, 网长 25m, 囊网网目 20mm)开展海上调查取样。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 2.0kn。同时调查各站位的现场表层水温、盐度、水深等环境因子。拖网结束后, 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。

1.2 数据统计分析

利用相对重要性指数(Index of relative importance, IRI)判定优势物种(Pianka, 1971):

$$IRI=(W+N) \times F, \quad (1)$$

式中, W 为物种在各站位的渔获中的重量百分比, N 为个体数量百分比, F 为出现频率。IRI>500 为优势种, $100 \leq IRI < 500$ 为重要种, $10 \leq IRI < 100$ 为常见种。

利用 Shannon-wiener 指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J')评价各站位的生物多样性(个体数生物多样性和重量生物多样性):

$$H'=-\sum P_i \ln P_i, \quad P_i=N_i/N \text{ 或 } P_i=W_i/W, \quad (2)$$

$$J'=H'/H'_{\max}, \quad H'_{\max}=\ln S, \quad (3)$$

式(2)和式(3)中, H' 为物种多样性指数, $H'_{\max}$ 为最大物种多样性指数, S 为总物种数, N_i 或 W_i 为第 i 物种的生物个体数量或重量, N 或 W 为所有物种的个体数量或重量总和, P_i 为第 i 物种占有所有物种的个体数量或重量百分比。

单位捕捞努力量渔获量(catch per unit effort, CPUE)为每小时单位网次的总渔获量[ind 或 kg/(net·h)], 据此计算生物资源密度 D (ind/km² 或 kg/km²):

$$D=C/(a \times q), \quad (4)$$

式(4)中, C 为每小时渔获量(ind 或 kg/h), a 为每小时扫海面积(km²), q 为可捕系数。头足类、甲壳类和鱼类的可捕系数分别取 0.5、0.8 和 0.7(林龙山等, 2012)。

2 结果

2.1 种类组成

春、秋季调查中, 共出现游泳动物 70 种, 隶属于 15 目 40 科 64 属(见附录)。其中, 头足类 3 目 4 科 4 属 5 种, 占总捕获物种数的 7.1%; 甲壳类 2 目 9 科 15 属 18 种, 占 25.7%; 鱼类 10 目 27 科 45 属 47 种, 占 67.1%。大多数为定居性种。

甲壳类包括十足目种类 18 种和口足目 1 种(口虾蛄)。十足目中出现对虾科 4 种和梭子蟹科 3 种, 其他科种类数较少。软骨鱼纲中仅出现孔鳐 1 种, 45 种硬骨鱼类主要有鲈形目鱼类(25 种), 以石首鱼科(6 种)和鰕虎鱼科(5 种)鱼类居多; 鲱形目有 7 种, 其他目的

鱼种数较少。

春季渔获中出现 56 种, 隶属于 13 目 32 科 51 属, 包括头足类 4 种、甲壳动物 16 种和鱼类 36 种。秋季出现 59 种, 隶属 15 目 35 科 56 属, 包括头足类 5 种、甲壳动物 14 种和鱼类 40 种。

2.2 优势种组成

春季, 各物种 IRI 值范围为 1—5263, 优势种有红狼牙鰕虎鱼(*Odontamblyopus rubicundus*)、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、孔鰕虎鱼(*Trypauchen vagina*)、绿鳍鱼(*Chelidonichthys kumu*)、龙头鱼(*Harpadon nehereus*)、棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)、日本鲷(*Charybdis japonica*)、葛氏长臂虾(*Palaemon gravieri*)、脊尾白虾(*Exopalaemon carinoida*)、六丝钝尾鰕虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*)10 种。秋季, 各物种的 IRI 范围为 1—4623, 优势种包括龙头鱼、三

疣梭子蟹、六指马鲛(*Polynemus sextarius*)、口虾蛄、日本鲷、棘头梅童鱼、六丝钝尾鰕虎鱼 7 种(见附录)。

在春、秋两季中, 三疣梭子蟹、日本鲷、龙头鱼、棘头梅童鱼和六丝钝尾鰕虎鱼均为优势种。

2.3 生物个体数量与重量组成

春季, 鱼类、甲壳类和头足类个体数量分别占总渔获个体数量的 66.4%、33.4%和 0.2%, 其个体重量分别占总渔获重量的 72.3%、26.9%和 0.8%。秋季, 三个生物类群在总渔获个体数量中的占比分别为 56.6%、42.0%和 1.4%, 个体重量占比分别为 60.4%、37.8%和 1.8% (表 1)。

春季 10 种优势种占总个体数量的 79.8%和总渔获生物重量的 74.1%, 秋季 7 种优势种的占比分别为 63.9%和 69.2%。整体上, 春季优势度较秋季更为集中(图 2, 表 1)。

表 1 春、秋季渔获物中各游泳动物类群及优势种的个体数量与重量占比
Tab.1 Individual and weight percentage of nekton groups and dominant species of the total catches

优势种/生物类群	春季		秋季	
	个体数量比 <i>N</i> (%)	个体重量比 <i>W</i> (%)	个体数量比 <i>N</i> (%)	个体重量比 <i>W</i> (%)
三疣梭子蟹	9.4	14.0	18.2	25.5
日本鲷	4.6	1.7	5.0	3.5
龙头鱼	3.6	8.9	22.1	24.1
棘头梅童鱼	3.3	4.7	2.5	3.5
六丝钝尾鰕虎鱼	4.1	1.1	3.6	1.6
红狼牙鰕虎鱼	26.3	28.2	—	—
孔鰕虎鱼	11.6	10.5	—	—
绿鳍鱼	9.1	2.0	—	—
葛氏长臂虾	4.7	0.8	—	—
脊尾白虾	3.1	2.2	—	—
六指马鲛	—	—	7.2	6.4
口虾蛄	—	—	5.3	4.6
优势种合计	79.8	74.1	63.9	69.2
头足类	0.2	0.8	1.4	1.8
甲壳类	33.4	26.9	42.0	37.8
鱼类	66.4	72.3	56.6	60.4

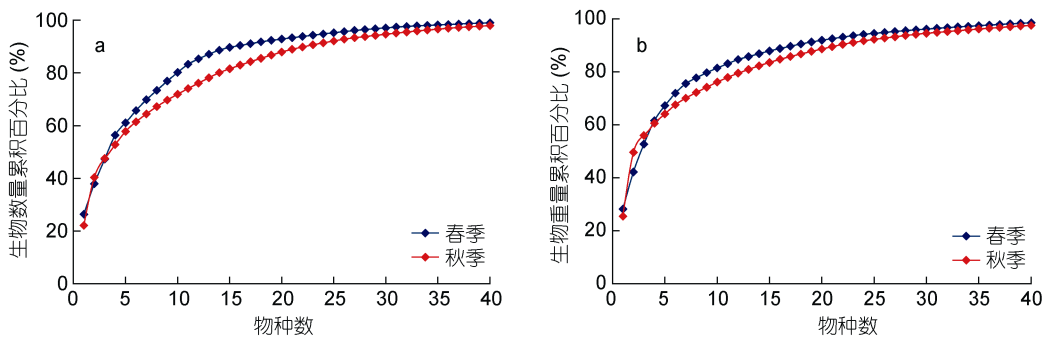
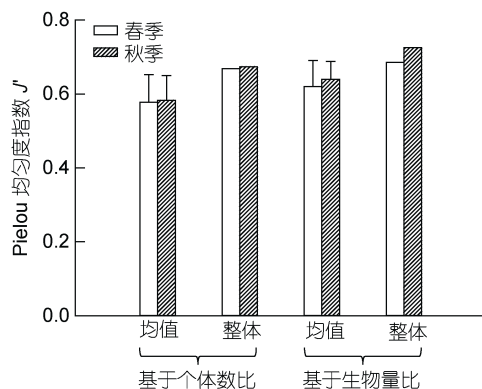


图 2 闽东近海春、秋季游泳动物群落的生物个体数量(a)和重量(b)优势度曲线

Fig.2 Accumulative percentage curves of individuals (a) and weight (b) of the nekton in the eastern coastal waters of Fujian Province

2.4 生物多样性

2.4.1 季节性差异 基于生物个体数组成分析, 春季, 整个调查海域的生物多样性指数(H')为 2.69, 均匀度指数(J')为 0.67; 各站位 H' 和 J' 值范围分别为



1.37—2.88 和 0.34—0.72, 均值分别为 2.33 和 0.58。秋季, 整个海域 H' 值为 2.75, J' 值为 0.67; 各站位 H' 和 J' 范围为 1.58—2.83 和 0.39—0.69, 均值分别为 2.38 和 0.58 (图 3)。

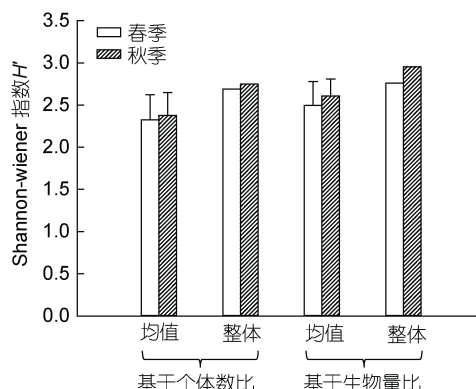


图 3 闽东近海春、秋季游泳动物群落的生物多样性指数(H')与均匀度指数(J')的季节性差异

Fig.3 Seasonal variation of biodiversity index (H') and evenness index (J') of the nekton community in the eastern coastal waters of Fujian Province

基于生物重量组成分析, 春季, 整个调查海域的生物多样性指数(H')为 2.76、均匀度指数(J')为 0.69; 各站位 H' 和 J' 值分别为 1.80—2.93 和 0.45—0.73, 均值分别为 2.50 和 0.62。秋季, 整个海域 H' 值为 2.96, J' 值为 0.72; 各站位 H' 和 J' 范围为 2.04—3.02 和 0.50—0.74, 均值分别为 2.61 和 0.64 (图 3)。

整体上, 基于生物重量的 H' 和 J' 值高于基于个体数的计算值; 两种计算情境下, H' 和 J' 值在秋季均高于春季。

2.4.2 地理分布差异 各站位的生物多样性指数(H')和均匀性指数(J')如图 4 所示。

以各站基于个体数的 H' 和 J' 分布为例, 春季, S2 站位的 H' 最高(2.88), S5 的 H' 最低(1.37)。全部站位中, S2—S3、S14 和 S20—S21 的生物多样性水平相对较高($H' > 2.50$), 主要分布于星仔岛东北以及三沙湾西洋岛附近海域。秋季, S2 的 H' 最高(2.83), S10 的 H' 最低(1.58), 高值站位主要分散于 26.5°N 以北水域(图 4a)。

春、秋两季的生物多样性最高值均位于闽浙交界的星仔岛东北海域(S2)。另外, 春季, 五个站位(S3、S10、S14、S25 和 S28)的 H' 明显高于秋季($\Delta H > 0.2$); 秋季, 七个站位(S5—S7、S11、S13、S17 和 S26)的 H' 明显高于春季。

均匀性指数 J' 的地理分布与生物多样性指数 H' 的变化趋势基本一致(图 4b)。基于生物重量的 H' 和 J' 与基于个体数的 H' 和 J' 的地理分布趋势基本一致(图 4c, d)。

2.5 单位捕捞努力量渔获量(CPUE)

春季, 各站位游泳动物的重量 CPUE 为 11.4—29.2kg/net (均值 24.4kg/net), 个体数 CPUE 为 1629—3731ind/net (均值 2485ind/net)。其中, 鱼类的平均 CPUE 为 17.64kg/net (72.3%)和 1649ind/net (66.4%), 甲壳类为 6.55kg/net (26.9%)和 829ind/net (33.4%), 头足类为 0.20kg/net (0.8%)和 7ind/net (0.2%; 附录)。十种优势种的生物重量和个体数量 CPUE 分别占总 CPUE 的 74.1%和 79.8%。整体上, 中部水域的个体数量 CPUE 高于南部和北部, 由近岸向外海呈降低趋势, 在福宁湾(S13)、三沙湾(S17—S18)和星仔岛附近海域(S5)高于 3500ind/net, 但重量 CPUE 分布无明显趋势特征(图 5a, c)。

秋季, 各站位游泳动物的重量 CPUE 为 8.3—36.3kg/net (均值 21.9kg/net); 个体数 CPUE 为 531—2593ind/net (1621ind/net)。其中, 鱼类的平均 CPUE 分别为 13.2kg/net (60.4%)和 916ind/net (56.6%), 甲壳类分别为 8.28kg/net (37.8%)和 680ind/net (42.0%), 头足类分别为 0.40kg/net (1.8%)和 23ind/net (1.4%; 附录)。7 个优势种的重量和个体数 CPUE 分别占总 CPUE 的 69.2%和 63.9%。个体数 CPUE 高值出现在北部的晴川湾、星仔岛(S5)以及南部的闽江口海域(S24—S28), 低值出现在中部的福宁湾、三沙湾及其外海站位(S12—S16; 图 5b)。重量 CPUE 整体上呈南、北部水域高于中部水域和由近岸向外海呈降低趋势, 高值出现在马祖列岛以南

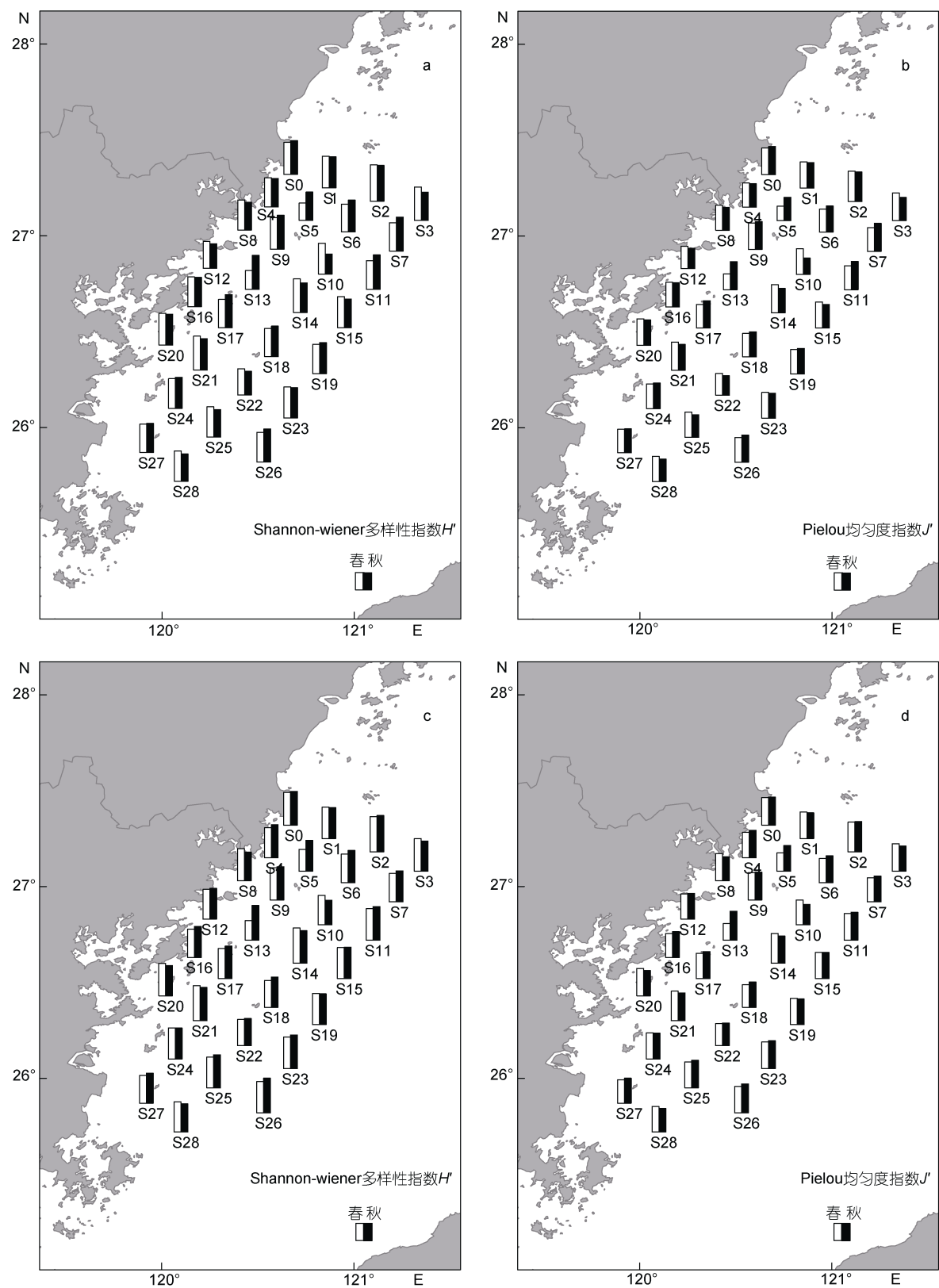


图 4 闽东近海游泳动物群落的 H' 和 J' 的时空分布

Fig.4 Spatio-temporal distribution of the H' and J' of the nekton community in the eastern coastal waters of Fujian Province
注: a 和 b: 基于生物个体数分析; c 和 d: 基于生物重量分析

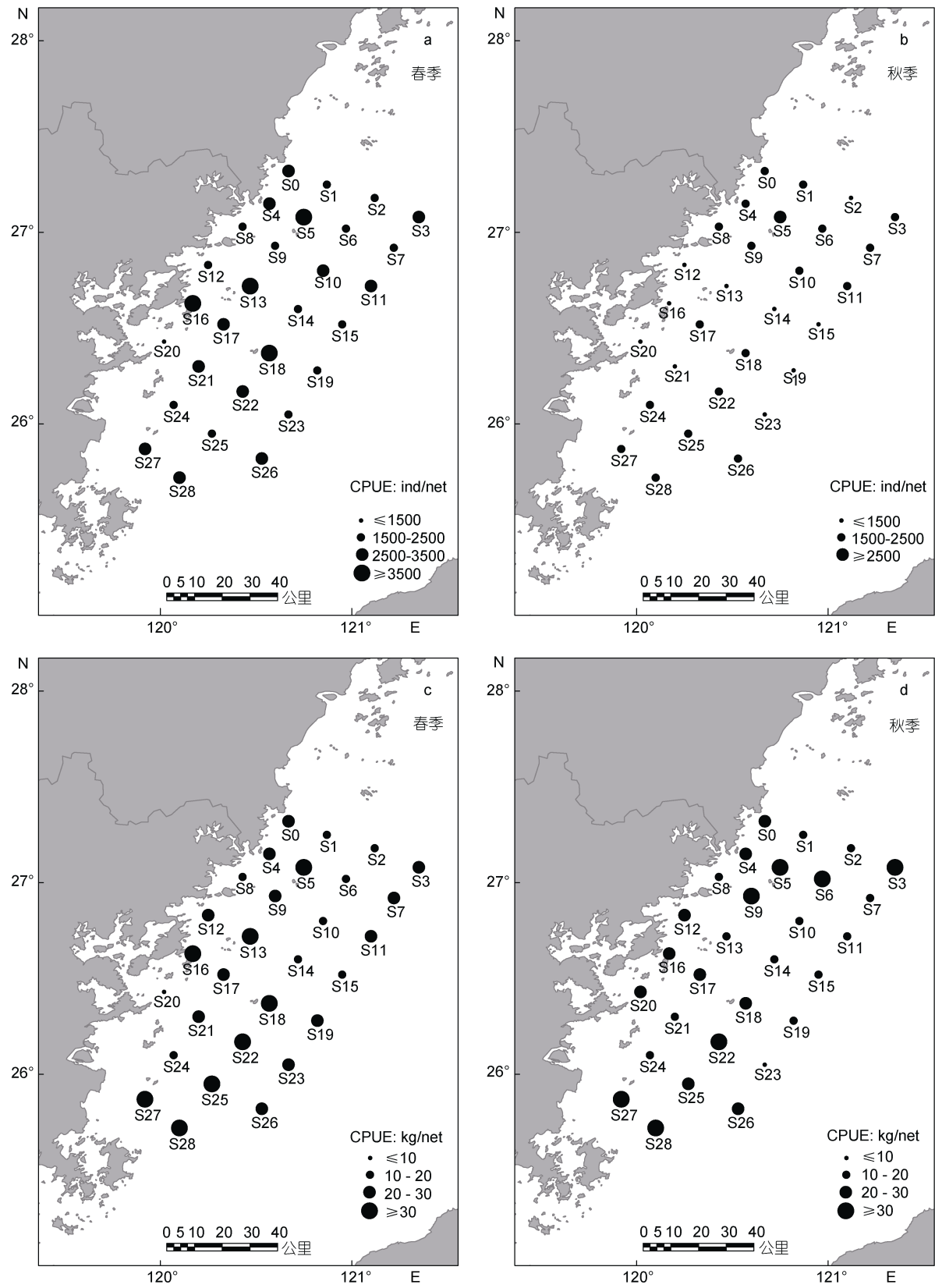


图 5 闽东近海春、秋季游泳动物 CPUE 的时空分布

Fig.5 Spatio-temporal distribution in CPUE of the nekton in the eastern coastal waters of Fujian Province
注: a 和 b 分别为春、秋季的个体数 CPUE; c 和 d 分别为春、秋季重量 CPUE

(S22)、闽江口东南(S27—S28)以及星仔岛(S3, S5—S9)附近海域(图 5d)。

整体上, 春季各站位生物的重量 CPUE 与秋季相近, 但其个体数 CPUE 显著高于秋季。

2.6 资源密度

春季, 各站位游泳动物的资源密度为 436.9—1673.2kg/km² (均值 1013.7kg/km²) 和 5.5×10⁴—15.7×10⁴ind/km² (10.2×10⁴ind/km²)。其中, 鱼类的资源密度为 756.6kg/km² (占总资源密度 74.6%, 下同) 和 7.1×10⁴ind/km² (69.2%), 甲壳类为 245.1kg/km² (24.2%) 和 3.1×10⁴ind/km² (30.4%), 头足类为 12.0kg/km² (1.2%)和 390ind/km² (0.4%)。而 10 种优势物

种的资源密度为 749.7kg/km² (73.9%)和 8.2×10⁴ind/km² (80.3%; 表 2, 附录)。

秋季, 各站位游泳动物的资源密度 334.1—1485.3kg/km² (899.0kg/km²)和 2.2×10⁴—10.5×10⁴ind/km² (6.6×10⁴ind/km²)。其中, 鱼类的资源密度为 565.7kg/km² (62.9%)和 4.0×10⁴ind/km² (59.8%), 甲壳类为 309.7kg/km² (34.5%)和 2.5×10⁴ind/km² (38.1%), 头足类为 23.6kg/km² (2.6%)和 1368ind/km² (2.1%)。而 7 种优势物种的资源密度为 610.4kg/km² (67.7%) 和 4.2×10⁴ ind/km² (63.3%)。

各站位游泳动物的资源密度的地理分布与其 CPUE 的地理分布特征类似。

表 2 闽东近海游泳动物资源密度与邻近海域资源密度的比较
Tab.2 Comparison in biomass density of the nekton in the eastern coastal waters of Fujian Province with those in its adjacent waters

资源密度		调查海域	文献来源
鱼类	全部类群		
春: 290.66; 0.8×10 ⁴ 秋: 309.69; 0.6×10 ⁴ 春: 327.57; 3.4×10 ⁵ 秋: 932.48; 9.9×10 ⁵	春: 366.66; 0.9×10 ⁴ 秋: 390.27; 1.1×10 ⁴ 春: 778.24 (扫海法) 秋: 1261.39 春: 553.60 (Δ-分布模型) 秋: 2569.11	东山湾	林龙山等, 2012
春: 471.53; 4.1×10 ⁴ 秋: 143.97; 0.4×10 ⁴ 春: 756.6; 7.1×10 ⁴ 秋: 565.7; 4.0×10 ⁴	春: 1013.7; 10.2×10 ⁴ 秋: 899.0; 6.6×10 ⁴	闽江口/九龙江口 九龙江口 闽东近海	黄良敏, 2011 杜建国等, 2012 本调查

注: 资源密度单位: 重量 kg/km²; 数量或尾数 ind/km²

3 讨论

本研究中, 春季和秋季调查共出现游泳动物 70 种, 生物种类数低于九龙江口等福建近海河口区的种类数, 与星仔岛、三沙湾等海域游泳动物种类数水平相近(黄良敏, 2011; 沈长春, 2011; 张静等, 2013; 顾洪静, 2014; 张春草, 2017)。河口区由于咸淡水交汇, 陆源营养盐输入丰富, 饵料基础条件优越, 游泳动物群落结构更复杂多样。特别是众多鲤形目鱼类和河口性鱼类喜欢聚集在河口区栖息或洄游, 提高了河口区的物种多样性。而本次的近海调查水域中河口区不多, 河口性鱼类出现较少, 可能导致游泳动物种类偏少。

游泳动物的资源密度呈由近岸至外海逐渐降低的趋势。本次调查共出现鱼类 47 种、甲壳类 18 种、头足类 5 种, 鱼类是主要的生物类群, 其群落组成、个体数或重量资源密度均超过游泳动物总量的 50%。

这一结果与南麂岛、七星列岛和东山湾等水域的调查结果类似(林龙山等, 2012; 晁文春, 2013; 何贤保等, 2013; 张春草, 2017; 叶孙忠等, 2018)。游泳动物群落以鱼类为主的现象可能与调查海域的营养条件有关, 鱼类食性更为复杂, 近海丰富的碎屑有机质、藻类及其他饵料生物可满足不同食性鱼类的摄食生长和繁衍生息。

春季、秋季调查中分别有 10 种、7 种优势种, 优势种存在一定程度的季节性更替, 这与其它相关研究结论相吻合(黄良敏, 2011; 张春草, 2017)。优势种存在季节性差异可能与游泳动物栖息、摄食与洄游习性等有关。例如, 六指马鲛是秋季特有的优势种, 未在春季出现。六指马鲛属底栖型鱼类, 夏季在河口区繁育, 秋季则常常向近、外海集群洄游索饵(何贤保等, 2013; 张春草, 2017)。葛氏长臂虾、脊尾白虾、孔鰕虎鱼、红狼牙鰕虎鱼和绿鳍鱼为春季优势种。其中, 红狼牙鰕

虎鱼在春季渔获中优势度最高。它们同属小型底层生物, 栖息于近岸水域, 主要摄食有机碎屑、小型无脊椎动物等(顾洪静, 2014)。春季, 在沿岸流和温度升高的作用下, 近岸饵料丰度升高, 为众多小型底栖型鱼虾类的产卵、育幼提供了良好的饵料条件。而龙头鱼和三疣梭子蟹是春、秋季的共有优势种, 其秋季资源量显著高于春季, 可能两者均在闽东近海水域生殖和索饵洄游。另外, 口虾蛄是春季的重要种, 同时是秋季优势种, 分布水域较广。本研究的调查水域中的游泳动物群落的生物多样性指数整体上高于东山湾(林龙山等, 2012; 叶孙忠等, 2018)和三沙湾(沈长春, 2011), 但低于闽江口、九龙江口及七星列岛海域(黄良敏, 2011; 顾洪静, 2014; 张春草, 2017), 与台湾海峡(林龙山等, 2005)的生物多样性处于同一水平上。

春季各站位的平均重量 CPUE 与秋季相近, 但其平均个体数 CPUE 显著高于秋季, 可能与该海域生物类群的生态类型组成相关。调查中出现的物种多为中小型底栖动物, 在闽东近海进行产卵和索饵育幼。春季(5—8 月)是主要繁殖期, 补充群体增多, 幼体比例高。此外, 春季调查中游泳动物资源密度高于东山湾、闽江口和九龙江口; 秋季资源密度高于东山湾, 但低于闽江口和九龙江口的资源密度(黄良敏, 2011; 杜建国等, 2012; 林龙山等, 2012)。游泳动物的资源密度分布受水陆交互作用、饵料基础、捕捞强度、栖息地功能、鱼类洄游, 甚至保护区的分布等诸多因素影响。秋季, 闽江口的高资源密度可能与河口区良好的饵料基础相关, 该结论与本研究资源密度分布结论基本一致。另外, 本研究中春季游泳动物资源密度较高可能反映了由于近年来伏季休渔等资源养护措施的积极开展与实施、近海渔业资源得到一定程度恢复这一现象。

4 结论

鱼类是闽东近海主要的游泳动物类群, 其种类数和资源量明显高于甲壳类和头足类; 游泳动物群落的优势种存在一定程度季节性更替现象, 春季(10 种)多于秋季(7 种), 两季共有优势 5 种; 近岸水域的

资源密度相对高于外海水域, 可能与这些水域具有良好的饵料基础有关; 与福建近海其它水域研究结果相比, 闽东近海水域出现的游泳动物种类略低, 但其生物多样性、均匀度水平和平均资源密度均处于较高水平。随着人类对近海的开发利用进一步加剧, 近海渔业资源面临进一步的威胁。因此, 需要通过强化用海活动监督与环境监测, 合理规划、开发利用和保护河口、岛礁、浅海等功能区, 保护鱼类“三场一通道”, 改善渔业环境质量与功能; 或通过海洋牧场建设或其他资源增殖措施开展渔业资源管理和养护, 以保证近海渔业资源可持续发展和利用。

参 考 文 献

- 叶孙忠, 罗冬莲, 蔡建堤等, 2018. 东山湾渔业生物群落结构及生物量分布特征. 渔业研究, 40(5): 358—365
- 刘 勇, 李圣法, 程家骅, 2006. 东海、黄海鱼类群落结构的季节变化研究. 海洋学报, 28(4): 108—114
- 杜建国, 刘正华, 余兴光等, 2012. 九龙江口鱼类多样性和营养级分析. 热带海洋学报, 31(6): 76—82
- 何贤保, 章飞军, 林 利等, 2013. 南麂列岛岛礁区域鱼类种类组成和数量分布. 海洋与湖沼, 44(2): 453—460
- 沈长春, 2011. 福建三沙湾鱼类群落组成特征及其多样性. 海洋渔业, 33(3): 258—264
- 张 静, 徐思嘉, 李 渊等, 2013. 东山湾及其邻近海域鱼类群落结构分析. 中国海洋大学学报, 43(4): 51—57
- 张会军, 2013. 福建九龙江河口区鱼类资源现状研究. 厦门: 集美大学硕士学位论文
- 张春草, 2017. 七星列岛海域游泳动物群落特征及多样性研究. 舟山: 浙江海洋大学硕士学位论文
- 林龙山, 郑元甲, 马春艳, 2005. 台湾海峡夏秋季游泳动物资源分布及群落结构. 应用生态学报, 16(10): 1948—1951
- 林龙山, 赵贵根, 李 渊等, 2012. 东山湾及其邻近海域游泳动物多样性的分析. 水生生物学报, 36(6): 1119—1127
- 顾洪静, 2014. 福建九龙江口水域鱼类群落及其资源的研究. 厦门: 集美大学硕士学位论文
- 晁文春, 2013. 南麂列岛附近海域甲壳类群落结构与生物多样性分析. 舟山: 浙江海洋学院硕士学位论文
- 黄良敏, 2011. 闽江口和九龙江口及其邻近海域渔业资源现状与鱼类多样性. 青岛: 中国海洋大学博士学位论文, 18—20
- 戴泉水, 卢振彬, 戴天元等, 2005. 台湾海峡及其邻近海域游泳生物种类组成和资源现状. 水产学报, 29(2): 205—210
- Pianka E R, 1971. Ecology of the Agamid Lizard *Amphibolurus isolepis* in Western Australia. Copeia, 1971(3): 527—536

THE TEMPO-SPATIAL CHANGES IN COMMUNITY STRUCTURE, BIOMASS, AND BIODIVERSITY OF NEKTON IN THE EASTERN COASTAL WATERS OF FUJIAN PROVINCE

LIU Jin-Hu¹, LI Yi², CAO Liang¹, XU Li-Li^{1,3}, DOU Shuo-Zeng^{1,3}

(1. Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Huaneng-Xiapu Nuclear Power Co. Ltd., Ningde 352100, China; 3. The University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract Two fishery surveys were conducted to investigate the community structure, biodiversity, and biomass of the nekton in the eastern coastal waters of Fujian Province in May and October, 2017. A total of 70 species (47 fish, 18 crustaceans, and 5 cephalopods) were found in this region. Perciformes fish accounted for the largest number of species (25), followed by Stomatopoda (18), and Clupeiformes (7). Fish dominated the total catches both in individuals (66.4%) and in weight (72.3%) in the spring survey, whereas it accounted for 56.6% and 60.4% of the catches, respectively, in the autumn survey. Crustacean, both in the individuals and in weight, accounted for 33.36% and 26.87% of the total catches in spring, compared to 42.02% and 37.79% in autumn, respectively. Cephalopods only accounted for a minor part of the catches. Dominant species varied between the two seasons, with 10 species (*Odontamblyopus rubicundus*, *Portunus trituberculatus*, *Trypauchen vagina*, etc.) in May and seven species (*Harpadon nehereus*, *P. trituberculatus*, *Polynemus sextarius*, etc.) in October. Mean values of the biodiversity index (H' , 2.75 and 2.96 estimated by individuals and weight of the catches, respectively) and the evenness index (J' , 0.67 and 0.72) of the nekton community in the survey area in autumn were higher than those (H' , 2.69 and 2.76; J' , 0.67 and 0.69) in spring. Mean biomass density of the nekton (10.2×10^4 ind/km²) in May was higher than that in October (6.6×10^4 ind/km²), whereas those by catch weight were on the same level in May (1013.7 kg/km²) and in October (899.0 kg/km²). Overall, the biomass density of the nekton tended to decrease from the near-shore waters to the offshore waters, peaking in the central survey areas in May but in the southern survey areas in October. Seasonal replacement of dominant species occurred between spring (10 species in May) and autumn (7 species in October), in which five species were in common.

Key words nekton; community structure; dominant species; biodiversity; biomass density; the eastern coastal waters of Fujian Province

附录 闽东近海游泳动物群落组成、CPUE、资源密度及生物优势度
 Appendix Community structure, CPUE, biomass density and IRI of studied fishery species in the eastern coastal waters of Fujian Province

目/科	种类	春季						秋季					
		CPUE			资源密度			CPUE			资源密度		
		W (kg/net)	N (ind/net)	N (ind/km ²)	W (kg/km ²)	N (ind/km ²)	IRI	W (kg/net)	N (ind/net)	N (ind/km ²)	W (kg/km ²)	N (ind/km ²)	IRI
头足类		0.20	7	12.0	390	390		0.40	22.76	23.6	1368		
八腕目 Octopoda													
蛸科 Octopodidae	短蛸 <i>Octopus ocellatus</i>	0.09	1	5.2	57	9	9	0.09	2	5.3	95	16	16
	长蛸 <i>Octopus variabilis</i>	0.06	1	3.7	33	4	4	0.10	1	6.0	62	13	13
乌贼目 Sepioidea													
耳乌贼科 Sepiolidae	双喙耳乌贼 <i>Sepioteuthis sepioirata</i>	<0.01	1	0.1	48	1	1	<0.01	1	0.1	54	2	2
乌贼科 Sepiidae	金乌贼 <i>Sepia esculenta</i>							0.05	0	3.1	29	5	5
枪形目 Teuthoidea													
枪乌贼科 Loliginidae	日本枪乌贼 <i>Loligo japonica</i>	0.05	4	3.0	255	21	21	0.16	19	9.6	1126	169	169
甲壳类		6.55	829	245.1	31103	680		8.28	309.7	25240			
十足目 Stomatopoda													
虾蛄科 Squillidae	口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	0.88	87	33.1	3275	492	492	1.01	85	37.8	3194	986	986
十足目 Decapoda													
玻璃虾科 Pasiphaeidae	细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	<0.01	8	0.1	301	10	10	0.01	14	0.3	509	54	54
长臂虾科 Palaemonidae	葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	0.21	118	7.7	4407	558	558	0.05	31	1.7	1166	169	169
	脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinoides</i>	0.53	77	20.0	2885	529	529	0.10	9	3.8	336	91	91
鼓虾科 Alpheidae	鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	0.03	11	1.0	407	42	42	0.01	1	0.2	54	2	2
	日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	0.02	13	0.7	478	46	46	0.07	21	2.6	802	119	119
	戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dalei</i>	0.14	44	5.2	1667	146	146	0.13	36	5.0	1353	156	156
对虾科 Penaeidae	周氏新对虾 <i>Metapenaeus joyneri</i>	0.22	38	8.2	1422	209	209	0.20	33	7.4	1223	231	231
	哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	0.10	12	3.7	460	50	50	0.27	49	10.3	1831	397	397
	中国明对虾 <i>Farfantepenaeus chinensis</i>	0.06	1	2.2	53	8	8						
管鞭虾科 Solenoceridae	中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>							0.07	22	2.7	843	171	171
	三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	3.41	233	128.0	8747	2339	2339	5.58	295	209.3	11069	4369	4369
梭子蟹科 Portunidae	红星梭子蟹 <i>Portunus sanguinolentus</i>							0.01	1	0.4	39	3	3
	矛形梭子蟹 <i>Portunus hastatoides</i>	0.04	8	1.4	283	27	27						
	日本蟳 <i>Charybdis japonica</i>	0.40	115	15.1	4301	627	627	0.76	81	28.6	3047	820	820
	锯缘青蟹 <i>Scylla serrata</i>	0.08	1	2.8	35	6	6						

续表

目/科	种类	春季						秋季					
		CPUE			资源密度			CPUE			资源密度		
		$\bar{W}$ (kg/net)	N (ind/net)	$\bar{W}$ (kg/km ²)	N (ind/km ²)	IRI		$\bar{W}$ (kg/net)	N (ind/net)	$\bar{W}$ (kg/km ²)	N (ind/km ²)	IRI	
长脚蟹科 Goneplacidae	隆线强蟹 <i>Eucrate crenata</i>	0.38	51	14.3	1912	312		0.01	1	0.4	49	3	
关公蟹科 Dorippidae	日本关公蟹 <i>Dorippe japonica</i>	0.06	12	2.2	443	44							
鱼类		17.64	1649	756.6	70657			13.23	916	565.7	39628		
鳐形目 Rajiformes													
鳐科 Rajidae	孔鳐 <i>Raja porosa</i>	1.38	3	59.0	121	159		0.55	1	23.5	47	27	
鲱形目 Clupeiformes													
鲱科 Clupeidae	青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	0.09	18	3.7	789	64							
	斑鰹 <i>Konosirus punctatus</i>	0.22	11	9.2	463	82							
	鲷 <i>Ilisha elongata</i>	0.27	17	11.4	720	116		0.39	24	16.6	1026	257	
鲷科 Engraulidae	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	0.25	12	10.9	506	105		0.04	5	1.9	207	23	
	凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	0.42	26	18.1	1113	230		0.31	20	13.1	838	189	
	康氏小公鱼 <i>Stolephorus commersonii</i>	0.04	8	1.5	343	15		0.06	7	2.6	301	22	
	赤鼻棱鲷 <i>Thrissa kammalensis</i>	0.08	12	3.3	508	41		0.04	7	1.6	290	26	
仙女鱼目 Aulopiformes													
狗母鱼科 Synodidae	叉斑狗母鱼 <i>Synodus macrops</i>	0.01	0	0.4	20	1							
	长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	0.05	1	2.3	40	5							
龙头鱼科	龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	2.17	89	93.2	3803	1076		5.29	358	226.6	15346	4623	
Harpodontidae													
鳗鲡目 Anguilliformes													
海鳗科 Muraenesocidae	海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	0.16	2	6.9	81	23		0.31	3	13.4	130	83	
康吉鳗科 Congridae	星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i>	0.04	1	1.6	40	4		0.07	2	3.0	105	18	
鲑形目 Siluriformes													
海鲶科 Ariidae	中华海鲶 <i>Arius sinensis</i>	0.03	5	1.2	195	10		0.02	5	0.9	225	20	
鲷形目 Mugiliformes													
鲷科 Sphyraenidae	油鲷 <i>Sphyraena pinguis</i>							0.01	6	0.3	242	11	
马鲛科 Polynemidae	六指马鲛 <i>Polynemus sextarius</i>							1.41	117	60.3	4995	1362	
鲈形目 Perciformes													
鲈科 Serranidae	花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>	0.06	1	2.4	43	7		0.21	3	8.9	136	51	
鲷科 Sillaginidae	多鳞鳕 <i>Nibea albiflora</i>	0.02	1	0.9	61	3							
鲷科 Scombridae	鲐鱼 <i>Scomber japonicus</i>							0.20	2	8.6	86	32	
鲷科 Carangidae	蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>							0.12	14	5.1	599	63	
	竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>							0.05	4	2.2	157	19	

[illegible]