

苏北浅滩沙脊潮沟地形对鱼类分布格局的影响

严太亮^{1,2}, 徐兆礼^{1*}, 陈佳杰¹, 阙江龙¹

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;

2. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 为研究苏北浅滩沙脊潮沟海域地形特征对鱼类群落分布格局的影响, 根据2011年5月(春)和2010年11月(秋)在苏北浅滩中部海域渔业资源调查的资料, 采用方差贡献和回归分析的方法, 通过对中部海域沙脊潮沟处鱼类生物学特征、资源密度、优势种相对重要性指数以及优势种对鱼类总数量的贡献的分析, 讨论苏北浅滩沙脊潮沟地形对鱼类分布格局的影响。结果显示, 鱼类空间分布差异与潮沟系统的地形地貌有关, 春季潮沟外侧海域是小黄鱼、鲢等洄游性鱼类的渔场, 潮沟海域是洄游性鲢和方氏锦鲈的渔场位置, 沙脊海域是赤鼻棱鲈等非洄游性鱼的渔场。秋季鱼类空间分布仅与潮沟系统沙脊地形相关, 沙脊海域主要是大银鱼的索饵场和越冬场。鱼类数量季节变化还与鱼类产卵洄游和生长相关。春季重量密度(16.08 kg/km²)大于秋季(10.74 kg/km²), 而秋季尾数密度(16.3×10³ 尾/km²)大于春季(5.36×10³ 尾/km²)。春季鱼类规格较大, 与部分成鱼具有到这一海域进行产卵洄游的习性有关, 而秋季同种鱼则以幼体居多, 且优势种个体小, 与秋季部分鱼类幼鱼在此处索饵和育幼有关。总体上, 苏北浅滩沙脊潮沟海域特有地形, 使得这一海域春季是鱼类的产卵场, 夏秋季是育幼场, 因而在渔业上具有重要的意义。

关键词: 苏北浅滩; 沙脊潮沟; 鱼类; 资源密度; 优势种; 渔场

中图分类号: S 931.1

文献标志码: A

苏北浅滩位于黄海西南部, 水域面积广阔, 渔业资源丰富。在潮流的作用下形成了特有的沙脊潮沟生态系统, 饵料丰富, 是鱼类产卵和索饵的良好场所。

浅滩生态系统位于陆地与海洋2大生态系统的交汇区域, 受到多方面因素的影响, 具有环境因子复杂多变等特点^[1]。在国外, 关于浅滩鱼类的研究有很多, 如Rountree等^[2]研究了新泽西沼泽河附近海湾浅滩鱼类的栖息地以及鱼类的产卵环境。Loewen等^[3]对阿拉斯加科迪亚克岛海湾鱼类的季节性分布和鱼类栖息地特征作了研究; Repečka等^[4]研究了立陶宛波罗的海海岸带浅滩鱼类的组成及其物种多样性。在国内, 苏北浅滩的鱼类研究主要集中于南部海域, 如徐捷

等^[5-6]研究了鱼类资源密度季节变化特征和生态类群; 刘磊等^[7]研究了仔稚鱼的分布。苏北浅滩中部区域水团主要受东海传入的前进潮波与南黄海旋转潮波这2个水流控制, 由于2大潮波辐合和辐散, 造成水流缓慢或静止, 形成“二分水现象”, 造成典型的沙脊潮沟地形, 因而有关这一海域潮沟系统对海洋生态系统影响的研究特别引人注目。康伟等^[8]研究了苏北浅滩辐射沙洲海域浮游植物的分布特征; 田丰歌等^[9]分别对苏北浅滩大丰水域春夏2个季节浮游动物的生态特征进行比较; 阙江龙等^[10]以苏北浅滩潮流和沙脊潮沟地形为背景, 研究其对虾类分布的影响。龚小玲等^[11]研究了长江口九段沙湿地潮沟鱼类的组成及其多样性; 金斌松^[12]研究了长江口盐沼潮沟

收稿日期: 2015-06-09 修回日期: 2016-05-05

资助项目: 国家自然科学基金(41176131); 国家重点基础研究发展计划(2010CB428705)

通信作者: 徐兆礼, E-mail: xiaomin1957@126.com

鱼类多样性的时空分布格局。但关于苏北浅滩中部潮沟系统海域沙脊潮沟地形条件对鱼类时空分布影响的研究未见公开报道。

本研究针对2011年5月(春季, 以下简称5月)和2010年11月(秋季, 以下简称11月)在苏北浅滩中部海域特有的沙脊潮沟地形所得的鱼类调查资料, 研究该区域的鱼类组成以及分布特征, 为海洋资源管理和政策的制定提供一定的依据。

1 材料与方 法

1.1 调查地点与采样方 法

2011年5月和2010年11月在苏北浅滩大丰海域(32°44'~33°23'N、120°54'~121°38'E)进行了2个航次的渔业资源调查。以苏大渔13056#为调查船, 设置29个拖网站位, 采用单船有袖多囊拖网[18.0 m(周长)×15.0 m(网长)], 网目范围2.0~12 cm, 每网拖曳0.5 h, 平均拖速2.5 kn, 根据《海洋水产资源调查手册》^[13]进行调查。其中, 1、3、6、9、11、14、15、16、19、20、21号位于潮沟内, 平均水深为13.6 m; 2、5、8、10、13、18、24、25、26、27、28、29号位于沙脊上, 平均水深为4.7 m; 其他站位位于沙脊内侧近岸海域, 由于沙脊的阻挡, 不予以划分(图1)。对渔获物中鱼类进行生物学测定, 依据性腺成熟与否区分成鱼和幼鱼^[14], 并分别对其体质量、体长和尾数进行统计。

1.2 数据处理方 法

鱼类资源密度根据扫海面积法^[15]计算, 主要是用来计算各站位物种的重量密度和尾数

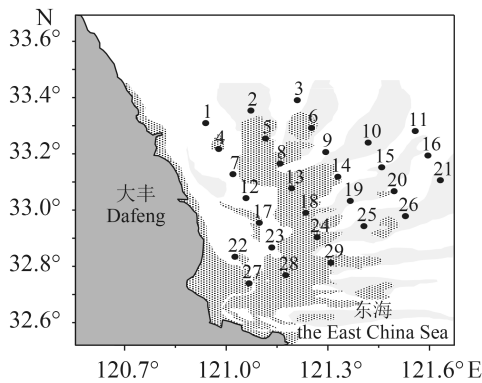


图 1 调查站位分布

Fig. 1 Sampling station

密度:

$$\rho_i=C_i/(a_iq)$$

式中, ρ_i 为第*i*站的鱼类资源密度(重量, kg/km²; 尾数, 10³尾/km²); C_i 为第*i*站每小时拖网渔获物中鱼类数量(重量, kg/h; 尾数, 尾/h); a_i 为第*i*站的网具每小时扫海面积(km²/h); q 为网具捕获率(可捕系数, $q=1-$ 逃逸率), 依据本拖网网具, 重量和尾数逃逸率取0.5^[16]。

根据Pinkas等^[17]的相对重要性指数(IRI)来确定鱼类优势种:

$$IRI=(N+W)\times F$$

式中, $N(\%)$ 为某一种鱼类的尾数占鱼类总尾数的百分比; $W(\%)$ 为某一种鱼类的重量占鱼类总重量的百分比; $F(\%)$ 为某一种鱼类的出现站位数占调查总站位数的百分比。

通过参考采用的方差贡献、回归分析的方法^[18], 从2个方面对鱼类数量变化的动力学进行分析, 一是以鱼类的种类组成和资源密度为因变量分析沙脊潮沟处鱼类的数量变化; 二是以鱼类总重量或总尾数为因变量, 各优势种的重量或尾数为自变量, 分析优势种对鱼类总数量变化的影响, 从而判定该水域主要鱼类的渔场位置。

2 结果

2.1 鱼类平均密度和种群结构

该调查水域5月和11月鱼类重量密度分别为16.08和10.74 kg/km², 尾数密度为5.36×10³和1.63×10⁴尾/km²(图2-a)。

5月和11月调查水域鱼类平均体质量分别为14.76和8.33 g(图2-b), 平均体长为12.58和9.16 cm(图2-c)。5月的平均幼体比为26.45%, 11月的平均幼体比为18.33%(图2-d)。5月, 方氏锦鳎(*Pholis fangi*)的幼体比达到了89.55%, 长吻红舌鳎(*Cynoglossus lighti*)的幼体比为66.67%, 而鲢(*Miichthys miiuy*)的幼体比为1.38%, 小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)的幼体比为0%; 11月, 大银鱼(*Protosalanx chinensis*)的幼体比为1.97%, 而鲢和方氏锦鳎的幼体比都达到了100%(表1)。

2.2 鱼类重量密度的空间分布特征

5月, 鱼类重量密度最高值位于调查海域外侧的16号站位, 其密度值为89.9 kg/km²(图3)。相邻的11和21号站位, 重量密度值也相对较高, 这些外侧站位的鱼类组成主要包括赤鼻棱鲷

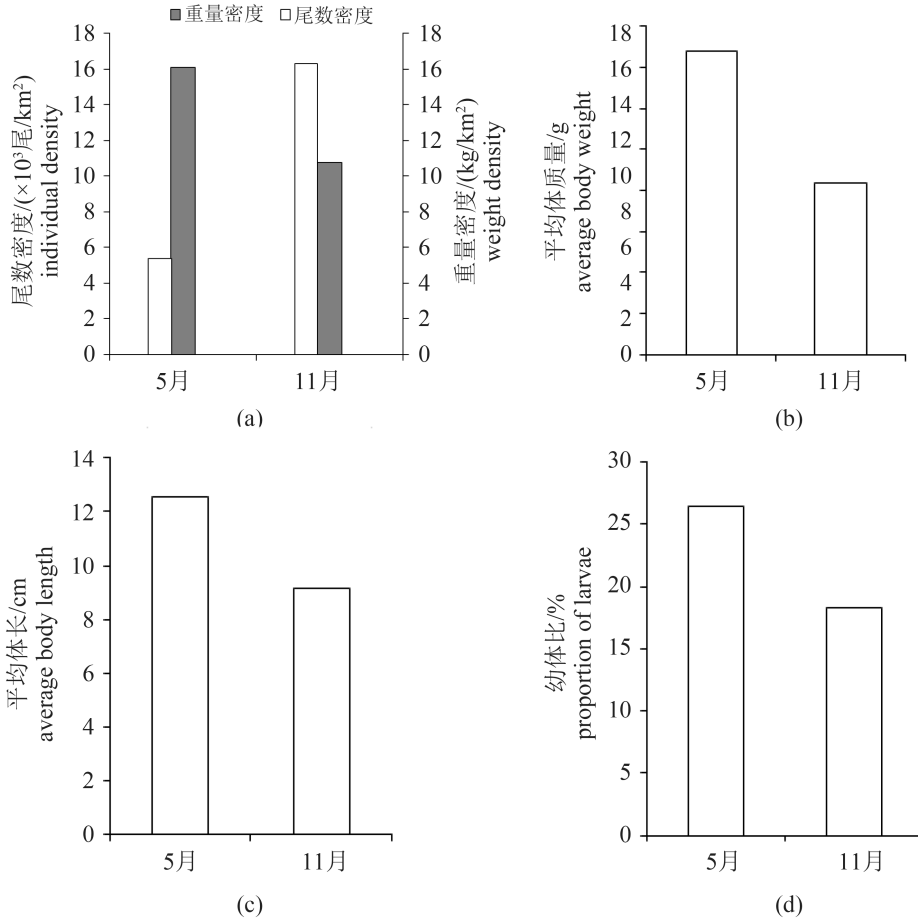


图 2 鱼类季节生物学特征

Fig. 2 Biological characteristics of fishes

(*Thryssa kammalensis*)、鲩、小带鱼(*Eupleurogrammus muticus*)和小黄鱼，多是洄游性鱼类。重量密度其次的海域位于调查海域中部潮沟地

区，鱼类组成较丰富，主要站位包括3、9和19号站位，最高值位于偏中部海域的9号站位，密度值为60.0 kg/km²(图3)，该3个站位的鱼类主要由

表 1 鱼类优势种生态特征

Tab. 1 Ecological characteristic of the main dominant species

时间 time	优势种 dominant species	重量密度/(kg/km ²) weight density	尾数密度/(10 ³ 尾/km ²) individual density	W/%	N/%	IRI	幼体比/% proportion of larvae
5月	方氏锦鲷 <i>P. fangi</i>	2.80	3.44	17.40	64.13	7871.4	89.55
	赤鼻棱鲷 <i>T. kammalensis</i>	4.76	0.58	29.58	10.83	2090.4	0.00
	鲩 <i>M. miiuy</i>	1.68	0.44	10.47	8.13	1282.6	21.38
	长吻红舌鲷 <i>C. lighti</i>	1.18	0.07	7.36	1.29	178.9	66.67
	小黄鱼 <i>L. polyactis</i>	1.30	0.014	8.11	0.27	57.8	0.00
11月	大银鱼 <i>P. chinensis</i>	6.68	14.02	62.24	86.02	13 292	1.97
	尖海龙 <i>S. acus</i>	0.20	0.81	1.88	4.98	590.7	0.00
	康氏小公鱼 <i>S. commersonii</i>	0.34	0.56	3.13	3.43	566.2	27.93
	方氏锦鲷 <i>P. fangi</i>	0.43	0.28	4.00	1.74	237.5	100.00
	鲩 <i>M. miiuy</i>	0.19	0.25	1.73	1.51	145.4	100.00

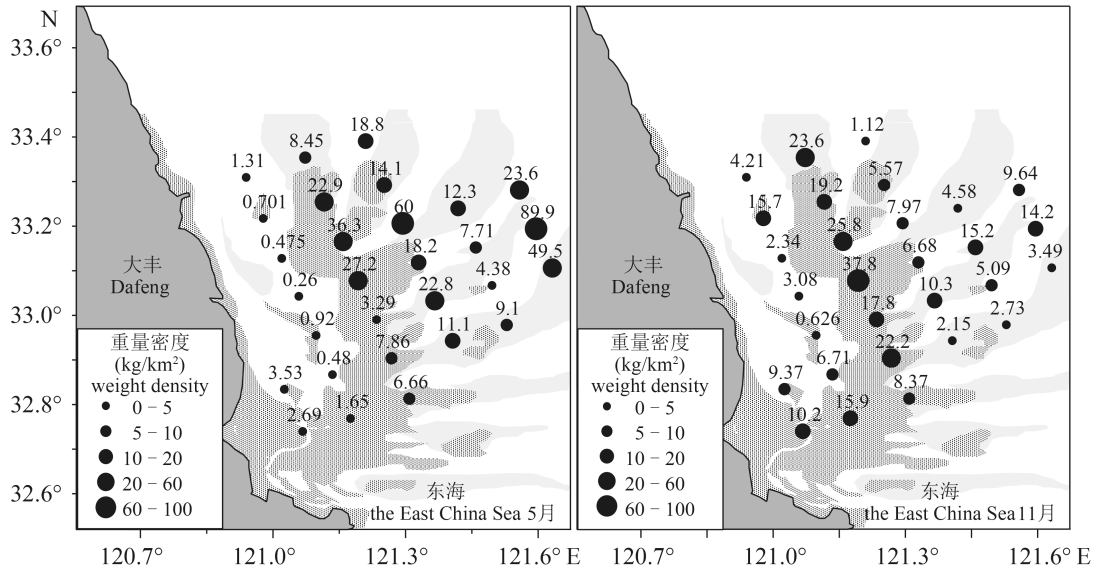


图3 苏北浅滩中部海域鱼类重量密度分布

Fig. 3 Distribution of fish by weight density in Northern Jiangsu shoal

方氏锦鲷、小带鱼和鲢组成, 出现了洄游性鱼类。位于调查海域中部沙脊处的5、8、13号站位, 相对于其他沙脊处站位, 鱼类重量偏高, 主要是由赤鼻棱鲷组成, 但并没有洄游性鱼类出现。这一海域鱼类的重量密度显示出由里向外逐渐增高的特征。

11月, 鱼类重量密度值相对较高, 几乎都位于海域中部的沙脊处, 主要包括2、8、13、24号站位, 在13站位时, 鱼类重量密度值达到最大(37.8 kg/km²)(图3)。主要由大银鱼组成, 但是方氏锦鲷、尖海龙(*Syngnathus acus*)、康氏小公鱼(*Stolephorus commersonii*)、鲢也有分布。与春季不同, 秋季重量密度分布显示出沙脊处最高, 向两侧逐渐降低的特征。

2.3 鱼类尾数密度的空间分布特征

5月, 鱼类尾数密度最高值位于调查海域中部潮沟处的9号站位, 其密度值为5.85×10⁴尾/km², 相邻的6号站位尾数密度值次之(1.40×10⁴尾/km²), 主要由方氏锦鲷、小带鱼和鲢组成, 有洄游性鱼类出现。其次, 位于潮沟外侧的16和21号站位尾数密度分别为8.47×10³和5.86×10³尾/km², 主要包括赤鼻棱鲷、鲢、小黄鱼和小带鱼, 多为洄游性鱼类。与此同时, 位于沙脊处的5、8、13和24站位, 尾数平均密度值为5.93×10³尾/km², 鱼类多为成年赤鼻棱鲷, 但没有出现洄游性鱼类(图4)。其海域的尾数密度特征显示出海域中部潮沟处

最多、外海次之, 且外侧海域大于近岸海域的现象。

11月, 尾数最大值出现在中部海域沙脊处的13号站位, 其密度值为6.30×10⁴尾/km², 主要由大银鱼组成。且位于海域中部沙脊处尾数密度均相对较高, 其中, 8号站位鱼类尾数密度值为5.0×10⁴尾/km²; 位于海域南部的24号站位, 鱼类密度值也达到了4.57×10⁴尾/km²(图4), 鱼类种类均由大银鱼、尖海龙、康氏小公鱼、鲢等组成, 但大银鱼占大多数。其鱼类总尾数密度特征和重量密度相同, 均显示出在沙脊处最高, 两侧逐渐降低。

2.4 主要鱼类的生态特征指数

选择IRI最高的前5种鱼类作为该季节的主要种, 其中, 5月的主要种为方氏锦鲷、赤鼻棱鲷、鲢、长吻红舌鲷和小黄鱼。11月主要鱼类包括大银鱼、尖海龙、康氏小公鱼、方氏锦鲷和鲢。

5月, 赤鼻棱鲷和方氏锦鲷是大丰海域鱼类最重要的物种, 赤鼻棱鲷的重量密度为4.76 kg/km², 重量百分比为29.58%。方氏锦鲷的尾数密度为3.44×10³尾/km², 尾数百分比为64.13%, 约占总尾数的三分之二, 且方氏锦鲷的IRI为7871.4, 明显大于其他优势种, 赤鼻棱鲷为2090.4, 鲢为1282.6, 而长吻红舌鲷和小黄鱼的IRI<1000。依据个体生物学特征测定的幼体比例结果显示, 方氏锦鲷的幼体比为89.55%, 而赤鼻棱鲷都是由

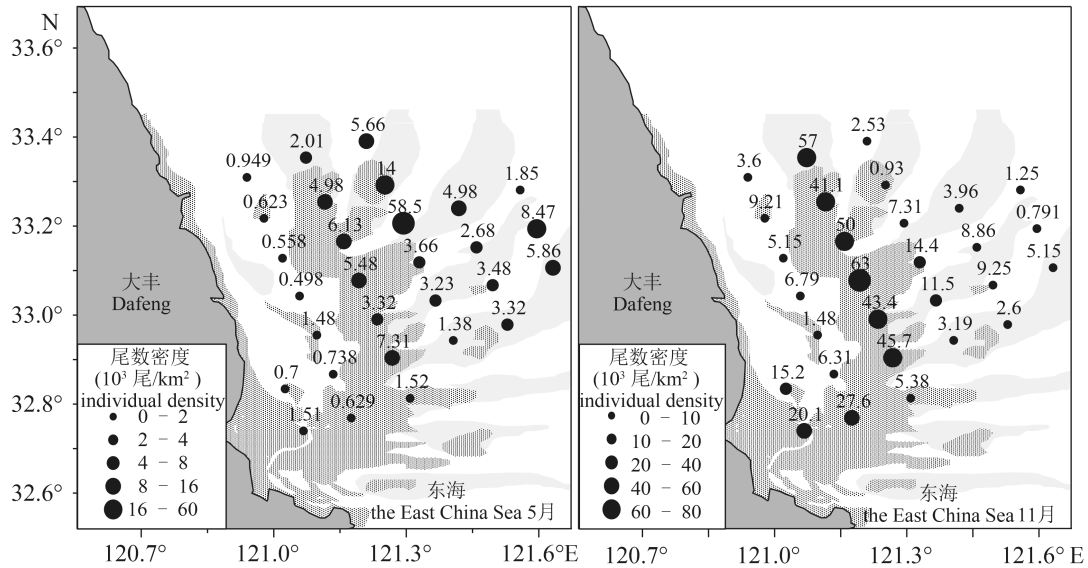


图4 苏北浅滩中部海域鱼类尾数密度分布

Fig. 4 Distribution of fish by individual density in Northern Jiangsu shoal

成鱼构成，鳁的幼体比为21.38%，小黄鱼都是成年鱼(表1)。

11月，大银鱼是大丰海域最重要的鱼类物种，其重量密度为6.68 kg/km²，尾数密度为14.02×10³尾/km²。其中，重量密度占总重量的62.24%，尾数比更是达到86.02%，其IRI(13 292)明显高于其他物种。通过个体生物学测定显示，大银鱼的幼体比为1.97%，成年鱼占有绝对的优势。而方氏锦鲷和鳁的幼体比均为100%，全部由幼鱼组成(表1)。

2.5 优势种数量对鱼类总数的贡献

本研究按照相对重要性指数IRI≥1000作为该季节的优势种(表1)。其中，5月优势种是赤鼻棱鳁、方氏锦鲷和鳁，11月优势种只有大银鱼。同时，根据显著性P>0.05作为评判各优势种密度

对总密度的显著性标准。

5月，与总重量密度变化明显相关的优势种为赤鼻棱鳁、方氏锦鲷和鳁，其中主要是赤鼻棱鳁和方氏锦鲷，赤鼻棱鳁重量的贡献率β高达0.71，其次是方氏锦鲷，贡献率为0.52，它们对总重量都有较大的贡献。在尾数密度方面，方氏锦鲷对总尾数有明显的贡献，尾数贡献值β为0.99。鳁虽然尾数较少，贡献率仅为0.06，但由于个体特征，重量贡献率达到了0.25(表2)。

11月，总重量密度和总尾数密度仅与大银鱼相关，且贡献率β值分别高达0.91和0.99(表2)。

2.6 主要优势种和洄游性鱼类的空间分布

5月鱼类重量优势种为赤鼻棱鳁，尾数优势种为方氏锦鲷，而11月均为大银鱼(图5，6)。5月重量优势种赤鼻棱鳁与鱼类总密度平面分布特征

表2 主要优势种密度对总密度的贡献

Tab. 2 Contribution of the main dominant species to total weight and individual density of fishes

时间 time	优势种 dominant species	重量 weight			尾数 individual		
		β	t	P	β	t	P
5月	赤鼻棱鳁 <i>T. kammalensis</i>	0.71	7.06	0.00	0.13	8.74	0.00
	方氏锦鲷 <i>P. fangi</i>	0.52	5.17	0.00	0.99	65.67	0.00
	鳁 <i>M. miuy</i>	0.25	2.14	0.02	0.06	4.01	0.00
11月	大银鱼 <i>P. chinensis</i>	0.91	11.24	0.00	0.99	254.4	0.00

注: β. 标准回归系数; t. t检验值; P. 显著性

Notes: β. regression coefficient; t. t value; P. significance

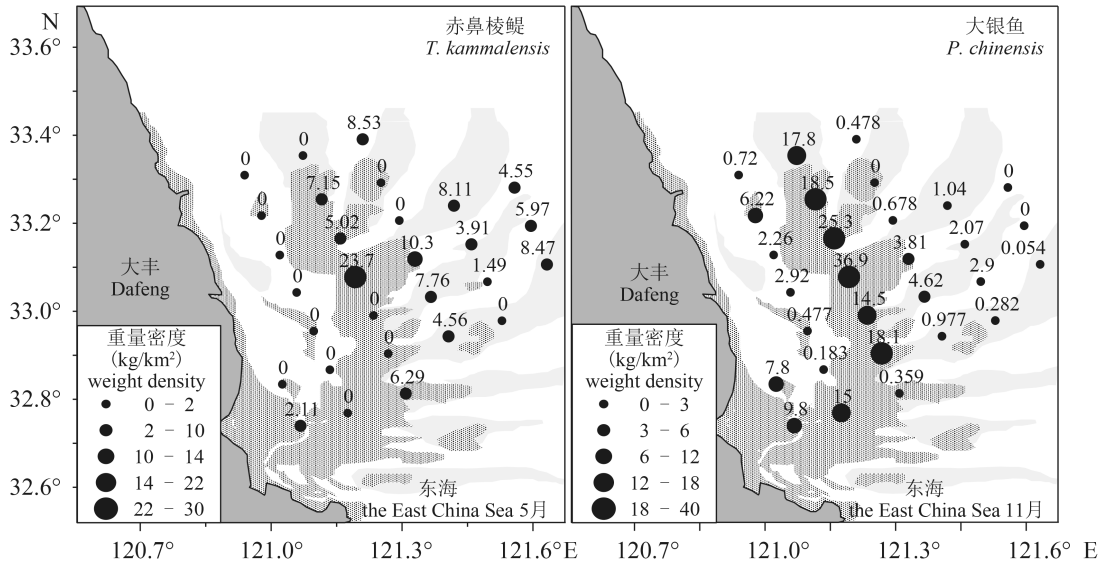


图5 苏北浅滩中部海域鱼类主要优势种重量密度分布

Fig. 5 Distribution of the main dominant species of fishes by weight density in Northern Jiangsu shoal

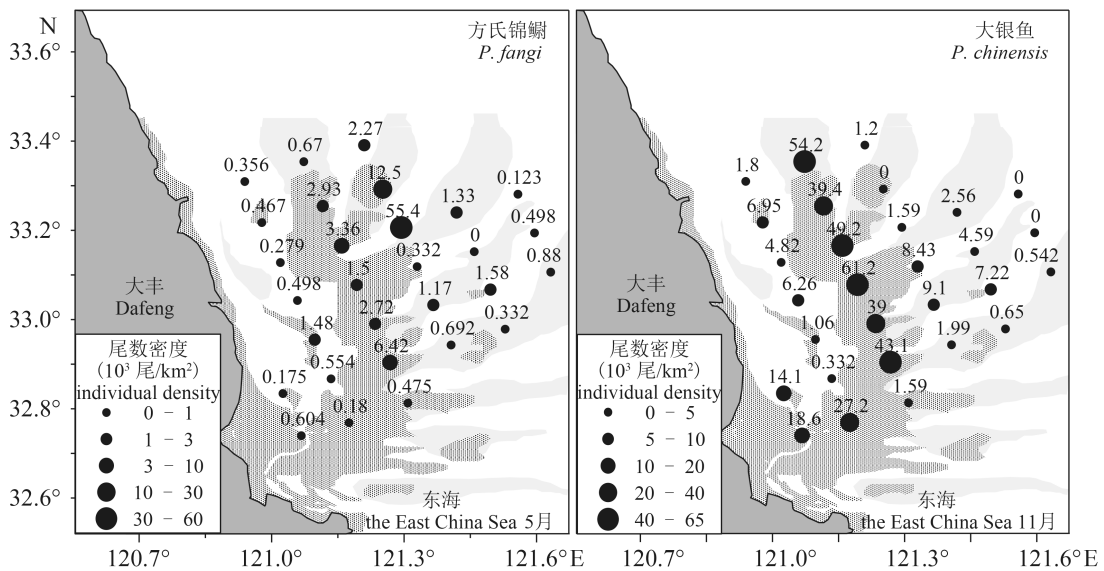


图6 苏北浅滩中部海域鱼类主要优势种尾数密度分布

Fig. 6 Distribution of the main dominant species of fishes by individual density in Northern Jiangsu shoal

不是很明显,但在3、13和16号站位有所体现;尾数优势种方氏锦鲷与鱼类总密度平面分布特征相似,均在6、9号站位密度最大,其他站位分布均匀。11月重量和尾数优势种大银鱼与鱼类总密度平面分布基本相同,主要分布在中部海域的5、8和13号站位。

春季是洄游性鱼类产卵的季节,苏北浅滩大丰海域南接吕泗渔场,渔业资源丰富,其中包含许多洄游性鱼类。在本次调查中,主要洄游性鱼类包括小黄鱼、小带鱼和鲞(图7)。其中

小黄鱼仅在调查海域外侧潮沟处的11和21号站位出现;小带鱼在调查海域外侧的16号站位和海域中部的9、19和25号站位均有分布,且大都位于潮沟处;鲞分布较为广泛,主要位于海域外侧和潮沟海域。11月,鱼类的优势种为大银鱼,且每个站位都有分布,在中部沙脊处分布最为集中。

3 讨论

3.1 苏北浅滩沙脊海域鱼类季节变化特征

密度和幼体比是影响苏北浅滩鱼类季节变

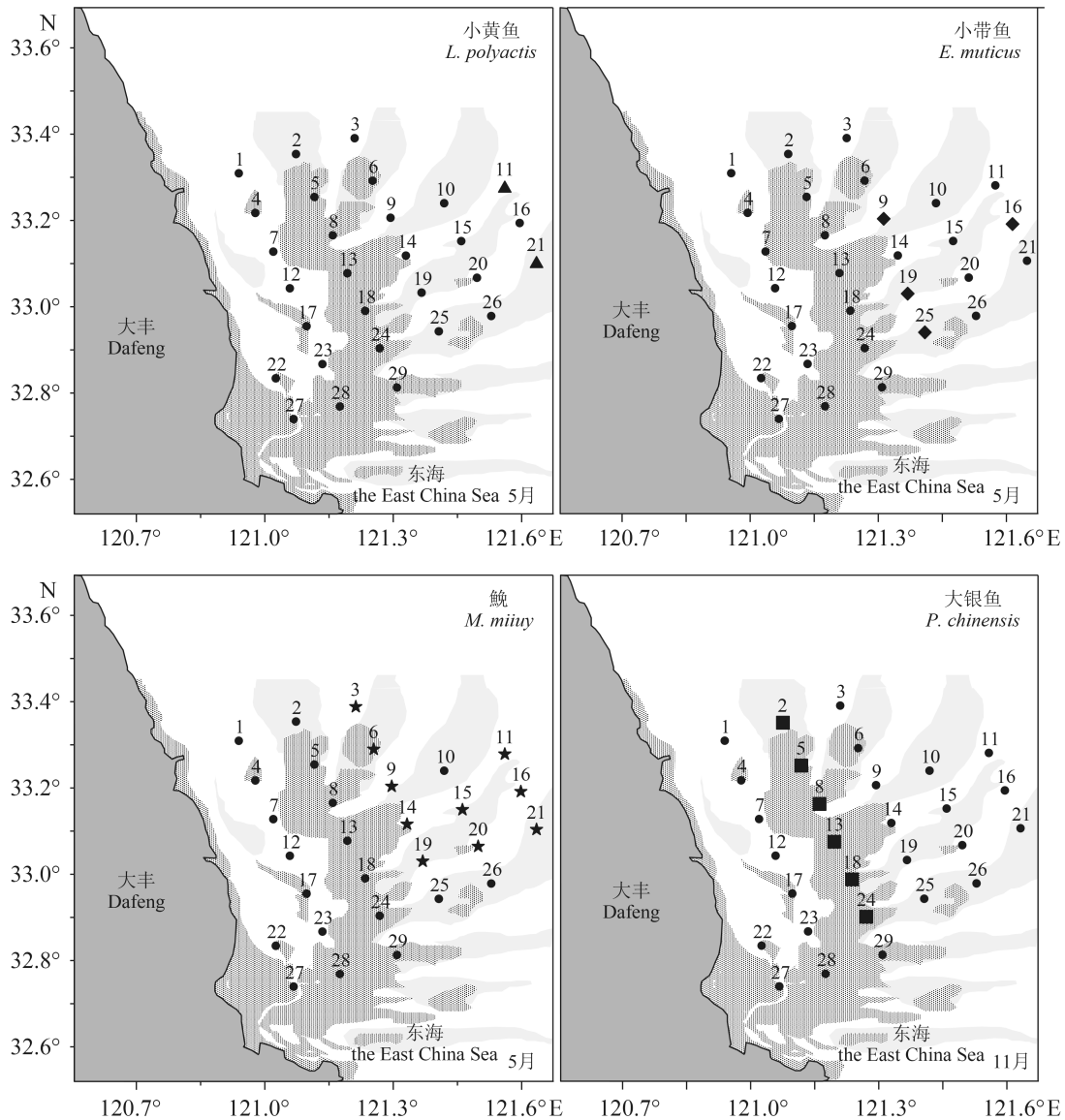


图 7 洄游性鱼类的站位分布

注：▲. 小黄鱼出现的站位；◆. 小带鱼出现的站位；前两图中●. 没有鱼类出现的站位；★. 鱼类出现较多的站位；■. 大银鱼出现较多的站位；后两图中●. 鱼类相对少量, 即可忽略的站位

Fig. 7 Position distribution of migratory fish

Notes: ▲. stations of *L. polyactis* occurred; ◆. stations of *E. muticus* occurred; the first two figures ●. stations of no fishes occurred; ★. stations of more *M. miuy* occurred; ■. stations of more *P. chinensis* occurred; the last two figures ●. stations of less fishes occurred

化的2个重要指标。其中, 5月鱼类重量密度大于11月, 而11月鱼类尾数密度大于5月; 除优势种以外, 5月幼体比小, 成年鱼居多, 11月鱼类幼体比较高, 主要以幼鱼为主。这些特征与渔业资源种类洄游和生长的季节变化相关。

于雯雯等^[19]和钟霞铭等^[20]研究发现, 5月水温适合小带鱼、小黄鱼、鲹在这一季节产卵, 而产卵场以成年鱼居多。通过春季鱼类的产卵、发育和生长, 当年产卵孵化的幼体长成幼鱼。

以同种鱼比较可以看出, 5月鲹的幼体比为21.38%, 而11月鲹的幼体比达到了100%(表1)。此外, 5月赤鼻棱鲷和小黄鱼的幼体比为0%, 以成年鱼居多。而11月方氏锦鲷的幼体比达到了100%, 且11月优势种大银鱼本身就是小规格鱼种。

综上所述, 5月鱼类平均体质量、体长均大于11月, 5月多以成年鱼为主, 其中多为洄游性鱼类; 11月, 同种鱼以幼鱼为主, 鱼类多为小规

格鱼种,从而一定程度上造成鱼类规格季节性的差异。

3.2 苏北浅滩沙脊潮沟地形对渔业资源分布的影响

苏北浅滩地势较高的为沙脊,地势较低的为潮沟。沙脊和潮沟相间分布,沙脊宽度由外海向中心逐渐变宽,潮沟则由外海向中心逐渐变窄变浅,以辐射状向外伸展,称为辐射沙洲。渔业资源的分布与辐射沙洲特有的地形相关,也与鱼类的产卵行为和索饵行为特征密切相关。一般而言,潮沟处主要是洄游性鱼类的产卵场和索饵场,沙脊处主要是地方性鱼类的索饵场。

潮沟外侧鱼类数量较高与成年洄游性鱼类的产卵行为密不可分。产卵前,洄游性鱼类生活在海域外侧宽敞水域,产卵时游向潮沟水域接受水流刺激进行排卵,产卵后又回到海域外侧宽敞水域。因此,在苏北浅滩外侧宽敞水域,5月鱼类主要由鳊、小黄鱼和小带鱼等这些洄游性鱼类组成,鱼类密度值较高,且分布较为广泛,其中鳊占有很大的比例(图7)。在潮沟处,仍有部分成年鳊在此产卵,导致鱼类重量密度较高,以9号站位表现明显(图4),而在沙脊海域并没有洄游性鱼类的出现。

沙脊潮沟处鱼类数量较高与鱼类索饵密切相关。同步调查发现,沙脊潮沟处浮游动物饵料丰富,为地方性优势种鱼类创造了优越的索饵环境。5月,方氏锦鲈和赤鼻棱鲢是主要优势种;11月,大银鱼是主要优势种。方氏锦鲈为近岸小型底层鱼类,幼鱼以捕食浮游动物为主。而大银鱼和赤鼻棱鲢均属河口性鱼类,成年鱼以捕食浮游动物和小型鱼虾为主。根据田丰歌等^[9]对苏北浅滩大丰水域浮游动物生态特征的研究,苏北浅滩水域春季浮游动物资源极为丰富,沙脊潮沟数量远高于外海,也高于近岸其他邻近水域,可为产卵期的各种鱼类及其仔稚鱼提供丰富饵料。因此出现了方氏锦鲈幼鱼在潮沟处分布广泛而大银鱼和赤鼻棱鲢在沙脊海域数量较多的现象。

在大丰沿岸,由于当地苏北浅滩特有的地形特征,尽管在沿岸一带也有潮沟,但由于沿岸潮沟外侧有宽阔的沙脊阻挡,阻断了部分鱼类洄游的通道,使得位于沙脊和沿岸之间深槽中的鱼类数量较少,导致多数鱼类不能越过沙脊,这也是

本调查海域西部鱼类数量较少的原因(图3,4)。

综上所述,5月沙脊潮沟鱼类组成差异明显。潮沟处主要是洄游性鱼类产卵场,也是方氏锦鲈幼鱼索饵的最佳环境;沙脊处主要是赤鼻棱鲢的索饵场,并且出现近岸水域鱼类数量小于海域外侧的现象。11月沙脊处鱼类特征明显,是大银鱼的索饵场。

3.3 优势种的季节变化

春秋季鱼类优势种差异主要体现在鱼类种类和生态特征上。5月,方氏锦鲈、赤鼻棱鲢、鳊为该季节的优势种,而11月的优势种为大银鱼。其次,优势种的生态特征也是造成季节性差异的另一主要原因。

5月,鱼类主要优势种为方氏锦鲈、赤鼻棱鲢,最后是鳊、长吻红舌鲷和小带鱼等经济性鱼类。方氏锦鲈的幼体比为89.55%,而鳊、小黄鱼、赤鼻棱鲢几乎都是产卵群体成体。其中鳊、小黄鱼为洄游性鱼类。赤鼻棱鲢和方氏锦鲈为地方栖息性鱼类,根据朱耀光^[21]对福建沿海的鲷科鱼类研究,赤鼻棱鲢个体较小,其生命周期短,世代更新快,生长迅速,分布广泛,产卵期一般在6~7月。而方氏锦鲈常生活在潮沟的裂缝中,平均体长很小。

11月,大银鱼的重量密度值和尾数密度值占有绝对的优势。根据朱成德^[22]对太湖大银鱼生长和繁殖的初步研究,大银鱼为一年生的定居性小型鱼类,一般在12月至次年3月产卵,其生长较为迅速,寿命只有1年多^[23-24],成年鱼以捕食小型鱼虾为主。阙江龙等^[10]对苏北浅滩沙脊潮沟地形和潮流对虾分布的影响研究表明,秋季,在沙脊处,虾的数量最多,从而为大银鱼索饵创造了优越条件。

3.4 主要优势种数量对总数量分布的贡献

优势种的生态特征以及习性是影响渔场形成的重要因素,其主要体现在优势种对总数量的贡献以及平面分布的季节变化特征上。

5月,鱼类优势种中方氏锦鲈的尾数密度贡献率为0.99,且主要集中在潮沟海域(图6);赤鼻棱鲢的重量贡献值为0.71,贡献率最高,主要分布在沙脊处和海域外侧(图5)。与春季鱼类总数量的分布基本一致。11月,大银鱼的重量百分比为62.24%,尾数百分比为86.02%,出现率为89.66%,均占据绝对优势。大银鱼由于体型较小,使其

对总重量的贡献(0.91)不及对总尾数的贡献(0.99)高。此外,由于沙脊潮沟地形的影响,沙脊处浮游动物和小型鱼虾数量较高,使得大银鱼在沙脊处分布密集,与11月鱼类总数量的分布情况基本一致。由此说明了鱼类总数量的分布与优势种的分布密切相关。

3.5 苏北浅滩不同习性鱼类渔场位置特征

洄游性鱼类的分布特征显示出鱼类的渔场位置所在。春季苏北浅滩洄游性鱼类主要包括鲢、小黄鱼和小带鱼。小黄鱼仅在外侧海域出现,小带鱼在海域外侧和潮沟处都有分布,但在潮沟处分布较为密集,鲢在海域外侧和潮沟处分布密集,且分布广泛(图7),说明外侧海域是小黄鱼、小带鱼和鲢的渔场所在,而中部潮沟海域主要是小带鱼和鲢的渔场位置,并且是鲢的产卵渔场。

苏北浅滩地方性鱼类在鱼类总数量中占有绝对的优势。春秋两季地方性鱼类主要包括方氏锦鲷、赤鼻棱鳀和大银鱼。其中,方氏锦鲷绝大多数出现在海域中部潮沟处,赤鼻棱鳀和大银鱼主要分布在沙脊处(图5, 6),说明了潮沟海域是方氏锦鲷的渔场水域,而沙脊水域主要是赤鼻棱鳀和大银鱼的渔场水域。

综上所述,苏北浅滩外侧海域是洄游性鱼类的渔场水域,潮沟海域主要是洄游性小带鱼和鲢以及方氏锦鲷的渔场位置,而沙脊海域主要是赤鼻棱鳀和大银鱼这2种地方性鱼类的渔场。

感谢康伟、柏育材、田丰歌、沈晓民等在上海样品采集、论文构思和写作过程中提供的帮助。

参考文献:

- [1] 凌申. 江苏东部沿海滩涂生态经济建设的思考[J]. 生态经济, 2001(12): 122-124.
Ling S. Ecological economy of the seabeach and the sustainable along the seacoast in eastern Jiangsu[J]. Ecological Economy, 2001(12): 122-124 (in Chinese).
- [2] Rountree R A, Able K W. Nocturnal fish use of New Jersey marsh creek and adjacent bay shoal habitats[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1997, 44(6): 703-711.
- [3] Loewen M, Foy R. Seasonal distribution abundance and habitat characteristics of pelagic fish in embayments of Kodiak Island, Alaska[C]. Washington D C: American Association for the Advancement of Science, 2005.
- [4] Repečka R, Stankus S, Ložys L. Species composition and abundance of fish in shallow waters of the Lithuanian coastal zone in the Baltic Sea[J]. Acta Zoologica Lituanica, 2003, 13(2): 158-166.
- [5] 徐捷, 王晨, 徐兆礼, 等. 苏北浅滩南部海域鱼类资源密度季节变化特征[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(1): 108-116.
Xu J, Wang C, Xu Z L, *et al.* On the seasonal quantitative changes of the fish resources in the south area of northern Jiangsu shoal[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(1): 108-116 (in Chinese).
- [6] 徐捷, 孙岳, 徐兆礼. 吕泗渔场沿岸海域春夏季鱼类生态类群[J]. 应用生态学报, 2014, 25(1): 243-250.
Xu J, Sun Y, Xu Z L. Fish assembles in the coastal water of Lusi fishing ground during spring and summer[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(1): 243-250 (in Chinese).
- [7] 刘磊, 郭仲仁, 汤晓鸿, 等. 苏北浅滩生态监控区仔稚鱼的分布[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(5): 546-552.
Liu L, Guo Z R, Tang X H, *et al.* Abundance distribution of fish larvae and juveniles in shoal-water areas along the northern coast of Jiangsu Province[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2009, 18(5): 546-552 (in Chinese).
- [8] 康伟, 孙岳, 徐兆礼, 等. 苏北浅滩辐射沙洲海域浮游植物分布特征[J]. 应用与环境生物学报, 2013, 19(5): 727-733.
Kang W, Sun Y, Xu Z L, *et al.* Distribution of phytoplankton in radial sand ridge area in north Jiangsu shoal[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2013, 19(5): 727-733 (in Chinese).
- [9] 田丰歌, 徐兆礼. 春夏季苏北浅滩大丰水域浮游动物生态特征[J]. 海洋环境科学, 2011, 30(3): 316-320.
Tian F G, Xu Z L. Ecological characters of zooplankton in middle area of Subei Shoal in spring and summer[J]. Marine Environmental Science, 2011, 30(3): 316-320 (in Chinese).
- [10] 阙江龙, 柯昶, 徐兆礼, 等. 苏北浅滩沙脊潮沟地形和潮流对虾类分布的影响[J]. 生态学杂志, 2013, 32(3): 661-667.
Que J L, Ke C, Xu Z L, *et al.* Effects of topography and tidal current of sand ridge and tidal creek system in North Jiangsu shoal of East China on the distribution of

- shrimps[J]. Chinese Journal of Ecology, 2013, 32(3): 661-667 (in Chinese).
- [11] 龚小玲, 张晓懿, 朱敏, 等. 长江口九段沙湿地潮沟鱼类组成及其多样性[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(4): 517-524.
- Gong X L, Zhang X Y, Zhu M, *et al.* Fish species composition and diversity in intertidal creek of Jiuduansha wetland in the Yangtze River estuary[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2011, 20(4): 517-524 (in Chinese).
- [12] 金斌松. 长江口盐沼潮沟鱼类多样性时空分布格局[D]. 上海: 复旦大学, 2010.
- Jin B S. Temporal and spatial distribution patterns of fish diversity in salt marsh creeks of the Yangtze River Estuary[D]. Shanghai: Fudan University, 2010 (in Chinese).
- [13] 黄海水产研究所. 海洋水产资源调查手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981.
- Yellow Sea Fisheries Research Institute. Survey Manual for Marine Aquatic Resources[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1981 (in Chinese).
- [14] 陈新军. 渔业资源与渔场学[M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 57-60.
- Chen X J. The Fishery Resources and Fishing Grounds[M]. Beijing: Ocean Press, 2004: 57-60 (in Chinese).
- [15] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- Zhan B Y. Fish Stock Assessment[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1995 (in Chinese).
- [16] 杨吝, 张旭丰, 谭永光, 等. 南海区拖网网囊最小网目尺寸选择性研究[J]. 中国水产科学, 2003, 10(4): 325-332.
- Yang L, Zhang X F, Tan Y G, *et al.* Selectivity study on minimum mesh size of bottom trawl codend in South China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2003, 10(4): 325-332 (in Chinese).
- [17] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters[J]. Fish Bulletin, 1971, 152: 1-105.
- [18] 徐兆礼. 夏秋季瓯江口海域鱼类数量的时空分布[J]. 动物学报, 2008, 54(6): 981-987.
- Xu Z L. Spatial-temporal distribution of fish density in the Oujiang estuary during summer and autumn[J]. Acta Zoologica Sinica, 2008, 54(6): 981-987 (in Chinese).
- [19] 于雯雯, 刘培廷, 汤建华, 等. 吕四渔场近岸产卵场鱼卵的种类组成与数量分布[J]. 南方水产科学, 2011, 7(5): 9-17.
- Yu W W, Liu P T, Tang J H, *et al.* Species composition and biomass distribution of fish eggs at inshore spawning site of Lusi fishing ground[J]. South China Fisheries Science, 2011, 7(5): 9-17 (in Chinese).
- [20] 仲霞铭, 张虎, 汤建华, 等. 江苏近岸海域小黄鱼时空分布特征[J]. 水产学报, 2011, 35(3): 238-246.
- Zhong X M, Zhang H, Tang J H, *et al.* Temporal and spatial distribution of *Larimichthys polyactis* resources in offshore areas of Jiangsu Province[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(2): 238-246 (in Chinese).
- [21] 朱耀光. 福建沿海的鳀科鱼类[J]. 福建水产, 1990(2): 1-8.
- Zhu Y G. Engarulidae fish in coastal Fujian[J]. Fujian Fisheries, 1990(2): 1-8 (in Chinese).
- [22] 朱成德. 太湖大银鱼生长与食性的初步研究[J]. 水产学报, 1985, 9(3): 275-287.
- Zhu C D. A preliminary study on growth and feeding habits of ice-fish in Taihu Lake[J]. Journal of Fisheries of China, 1985, 9(3): 275-287 (in Chinese).
- [23] 陈宁生. 太湖所产银鱼的初步研究[J]. 水生生物学集刊, 1956(2): 324-335.
- Chen N S. On the salangid fishes of Lake Taihu[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1956(2): 324-335 (in Chinese).
- [24] 张开翔, 庄大栋, 张立, 等. 洪泽湖所产大银鱼生物学及其增殖的研究[J]. 水产学报, 1981, 5(1): 29-39.
- Zhang K X, Zhuang D D, Zhang L, *et al.* On the *Protosalanx hyalocranius* and its propagation in Hongzehu[J]. Journal of Fisheries of China, 1981, 5(1): 29-39 (in Chinese).

Distribution pattern of fish community in Northern Jiangsu shoal in relation to bathymetry and tidal creek of sand ridge

YAN Tailiang^{1,2}, XU Zhaoli^{1*}, CHEN Jiajie¹, QUE Jianglong¹

(1. Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China;

2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Based on the data from scientific fishery investigation in the waters of middle Northern Jiangsu shoal in May 2011 and November 2010, respectively, using the methods of variance and regression, the effects of bathymetry of sand ridge and tidal channel on the distribution pattern of the fishes were studied, through the analysis of the fish shape features, fish density and the index of relative importance of dominant species and the contribution of dominant species to the total population. Spatially, the distribution patterns of fish were associated with the bathymetry of the tidal channel system. The outer water of the tidal channel in spring was dominated by marine species, including *Larimichthys polyactis* and *Michthys miiuy* which migrated to the waters for spawning. Inside the tidal channel, *Pholis fangi* was predominant migratory fish, *M. miiuy* was also found in the area. In the sand ridge, it was mostly composed of adult of *Thryssa kammalensis* and no migratory fishes are found. In autumn, the distribution of fish species is only associated with the terrain of the bathymetry of the tidal channel system, in which it is almost composed of *Protosalanx chinensis* for shield in autumn. The result also shows that seasonal variation in densities of fish was closely associated with the spawning and nursery of fish community. The density of fish in terms of weight in spring (16.08×10^3 ind/km²) was higher than that in autumn (10.74 kg/km²). However, the density in terms of individual in spring (5.36×10^3 ind/km²) was lower than that in autumn (16.3×10^3 ind/km²). Both average weight and body length of fish in spring were greater than those in autumn, which was probably associated with immigration of the adult of fish to the studied area to spawn during spring (e.g., spawning community of *L. polyactis* and *Eupleurogrammus muticus*). In autumn, it was mainly composed of foraging juveniles (e.g., *M. miiuy* and *P. fangi*), due to partial fishes' finding shelter and feed here. In general, because of the special terrain of North Jiangsu shoal, the sea area becomes the site of spawning in spring while the nursery field in summer and autumn, which is of great significance in fisheries.

Key words: Northern Jiangsu shoal; tidal current of sand ridge; fish; resource density; main dominant species; fishery

Corresponding author: XU Zhaoli. E-mail: xiaomin1957@126.com

Funding projects: National Natural Science Foundation of China (41176131); National Basic Research Program of China (2010CB428705)