

## 福建中部近海鱼类生态类群的季节变化

管伟<sup>1,2</sup>, 徐兆礼<sup>1\*</sup>, 严太亮<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090;

2. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

**摘要:** 为探究福建中部近海鱼类生态类群组成的季节变化, 采用非线性多维标度(NMDS)和相似性检验(ANOSIM)方法, 依据2009年冬季、2010年春季和夏季于福建中部近海3个航次的海洋综合调查资料, 对该海域鱼类的种类组成和生态类群结构进行分析。结果显示, 冬季出现鱼类40种, 生态类群以暖水种为主, 但暖温种比例为3个季节中最高(30%), 且暖温种占该季鱼类总质量和总尾数比例分别为17.65%和16.96%。春季出现鱼类39种, 生态类群以暖水种为主, 分别占该季鱼类总质量和总尾数的86.48%和94.52%。夏季出现鱼类61种, 暖水种占绝对优势(56种), 分别占该季鱼类总质量和总尾数的97.17%和99.35%。受浙闽沿岸流和台湾海峡暖流的交替影响, 从冬季到夏季物种更替率逐渐升高, 暖水种类数和数量密度不断上升, 并伴随着河口种消失、外海种出现。此现象与冷、暖水团交替影响这一海域时, 鱼类进行相应的产卵、索饵及越冬洄游等有关。研究表明, 福建中部近海鱼类生态类群和种类组成的季节变化可能由水团不断变化所导致。

**关键词:** 鱼类; 生态类群; 水团; 非线性多维标度排序; 福建中部近海

**中图分类号:** S 931.1

**文献标志码:** A

福建中部近海位于台湾海峡中部的西侧。在中国近海海域, 台湾海峡中部近海位于中国东、黄海和南海两个不同海流系统的交汇处。受北方浙闽沿岸流和南方台湾海峡暖流交汇和季节变化的影响<sup>[1]</sup>, 该海域鱼类生态类群组成也呈现出不同季节的变化。

国内学者对于东南沿海生态类群种类组成、渔业资源分布等均有研究。如徐兆礼<sup>[2]</sup>研究了兴化湾和闽江口春夏季鱼类区系特征; 沈长春<sup>[3]</sup>研究了福建三沙湾鱼类群落组成特征及其多样性。但上述研究多集中于对河口、海湾鱼类生态类群, 或资源产量的研究, 而并非研究不同季节水团对于不同生态类群鱼类的影响。国际上关于水团对鱼类影响的研究也较多, Klimley等<sup>[4]</sup>利用卫星图像研究了加利福尼亚湾内爱巴霍戈达海山海域中、上层鱼类随水团变化的迁徙与洄游特性; Williams等<sup>[5]</sup>研究了20°~35°S澳大利亚大

陆坡底层鱼类的群落结构与水团的关系等。但未见水团与鱼类生态类群季节变化关系的报道。

基于福建中部近海水团交汇海域环境的季节敏感性, 本研究依据2009年冬季和2010年春、夏季在福建中部近海水团季节变化关键海域鱼类调查所得资料, 分析鱼类生态类群的季节演替和变化特征, 并以此考察鱼类群落季节变化与环境变化耦合过程。通过分析该海域冬、春、夏3季鱼类生态类群组成变化, 包括不同生态类群种类数、数量密度变化, 了解鱼类生态类群季节演替与水团季节变化之间的关系。

### 1 材料与amp;方法

#### 1.1 调查海域与采样方法

分别于2009年12月, 2010年4月和8月于福建中部近海(24°55'~25°13' N, 119°11'~119°32' E)进

收稿日期: 2016-04-01 修回日期: 2016-10-14

资助项目: 国家自然科学基金(41176131); 海洋公益性行业科研专项(201305027)

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

行了3个航次的海洋综合调查,选取了鱼类相关数据,每航次各设置12个监测站位(图1)。调查船租用闽长渔4412#,使用单拖网(宽×高=7.5 m×3.5 m),网目范围为2.5~12.0 cm,囊网网目3~6 cm。拖曳时间0.5 h,平均拖速2.5 kn,根据《海洋水产资源调查手册》<sup>[6]</sup>进行调查。鱼类鉴定参考《福建鱼类志》<sup>[7]</sup>,按照分类阶元逐级鉴定到种,进行物种的质量、尾数统计和生物学测定等。

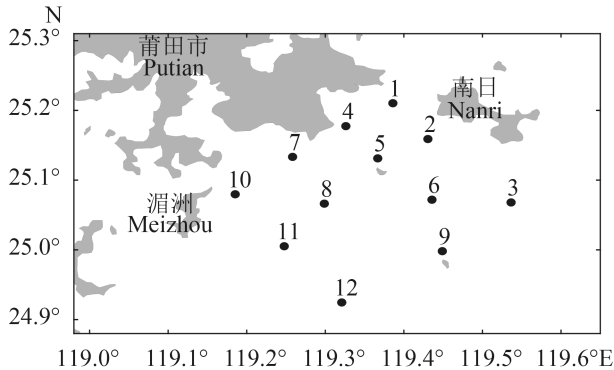


图1 调查站位分布

Fig. 1 Locating of sampling stations

## 1.2 数据处理方法

鱼类资源密度估算采用扫海面积法<sup>[6]</sup>,计算各种类质量和尾数密度:

$$\rho_i = C_i / (a \times q)$$

式中,  $\rho_i$ 为第*i*种鱼类质量密度或尾数密度(质量密度:  $\text{kg}/\text{km}^2$ ; 尾数密度:  $10^3$ 尾/ $\text{km}^2$ );  $C_i$ 为第*i*种鱼类单位时间内的质量或尾数(质量:  $\text{kg}/\text{h}$ ; 尾数: 尾/h);  $a$ 为单位时间内的扫海面积( $\text{km}^2/\text{h}$ ),其值为网口宽度(km, 本网具为0.0075 km)×拖曳距离(km);  $q$ 为网具捕获率(即可捕系数,  $q=1$ -逃逸率),根据本网具参数、质量和尾数,逃逸率取0.5<sup>[8]</sup>。

参照田明诚等<sup>[9]</sup>对鱼类适温类型的分析方法,及《东海鱼类志》<sup>[10]</sup>《福建鱼类志》<sup>[7]</sup>等专著和文献<sup>[2]</sup>,确定调查海域鱼类的生态属性。

物种更替率(alternation fraction,  $A$ )计算方法:

$$A (\%) = \left( 1 - \frac{c}{a+b-c} \right) \times 100$$

式中,  $a$ 、 $b$ 分别为相邻季节的物种数;  $c$ 为相邻季节共有的物种数<sup>[11]</sup>。

累积优势度曲线(dominance curve, K-dominance)是物种资源密度占总密度的累加值排序曲线,其排序顺序为鱼类质量(尾数)密度百分比由高及低,能够直观地反映群落物种质量密度或

尾数密度百分比<sup>[12]</sup>。

非线性多维标度排序(NMDS)以各站位鱼类尾数密度为指标,站位为样本,采用PRIMER 5.0软件<sup>[13]</sup>,为平衡稀有种对相似性分析的干扰,分析前首先剔除出现率低的种类,建立相似性矩阵。并在此基础上进行排序。NMDS分析结果以胁强系数(stress)作为评判标准,当stress < 0.2时,认为可以用NMDS的二维点图表示,该图形有一定的解释意义;当stress < 0.1时,认为该排序是一个好的排序;而当stress < 0.05时,则认为该排序结果具有很好的代表性<sup>[13]</sup>。

相似性检验(ANOSIM)是在相似性矩阵的基础上,按照相似性系数的大小,计算各相似性系数对应的秩,以秩来表示不同站位间的相似程度。群落所有站位相似性系数的秩的均值间差异用*R*值表示。当*R*值接近0时,表示群落内各站位与群落间各站位的相似性程度高,当*R*值接近1时,表明群落内各站位的相似性明显高于群落间各站位的相似性<sup>[13]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 鱼类的种类及生态类群组成

福建中部近海共出现鱼类88种,其中春季39种,夏季61种,冬季40种。春、夏季之间物种更替率为70.5%,冬、春季物种更替率为53.7%。

福建中部近海鱼类共出现近海暖水种、沿岸暖水种、沿岸暖温种、近海暖温种、河口暖温种、外海暖水种6个生态类群。其中近海暖水种有34种,以带鱼(*Trichiurus lepturus*)、大黄鱼(*Larimichthys crocea*)为代表;沿岸暖水种有34种,主要包括龙头鱼(*Harpadon nehereus*)、黑斑多指马鲛(*Polydactylus sextarius*)等;沿岸暖温种有6种,以短吻三线舌鳎(*Cynoglossus abbreviatus*)为代表;近海暖温种有7种,以小黄鱼(*L. polyactis*)为代表;河口暖温种有3种,为凤鲚(*Coilia mystus*)、棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)等;外海暖水种有4种,以日本鲭(*Scomber japonicus*)为代表(表1)。

### 2.2 各生态类群种类数百分比的季节特征

冬季沿岸暖水种占绝对优势,比例高达45%,近海暖水种也占有相当的比例(25%)。沿岸暖温种(12.50%)、近海暖温种(10.00%)和河口暖温种(7.50%)比例均较低(图2)。

春季沿岸暖水种类数比例较冬季略有下降(38.46%),近海暖水种比例则有上升(30.77%)。近海暖温种比例(17.95%)在春季超过沿岸暖温种(7.69%),河口暖温种比例(5.13%)稍有降低(图2)。

夏季沿岸暖水种(42.62%)与近海暖水种(42.62%)种类数百分比均有上升,且近海暖水种的上升幅度较大。沿岸暖温种(6.56%)和近海暖水种(1.64%)比例均有下降。外海暖水种(6.56%)

替代河口暖温种出现在福建中部近海(图2)。

### 2.3 生态类群数量密度的季节变化

质量密度方面,冬季近海暖水种比例最高(51.96%),沿岸暖水种比例也较高(30.39%),它们在冬季鱼类质量密度中占绝对优势。春季与冬季相似,近海暖水种比例最高(47.20%),沿岸暖水种次之(39.28%),它们在春季占有绝对优势。夏季最主要的两种生态类群也为近海暖水

表1 鱼类种类组成与生态类群

Tab. 1 Species composition and eco-groups

物种 species	春季 spring		夏季 summer		冬季 winter		生态类群 ecological group
	质量密度/ (kg/km <sup>2</sup> ) mass density	尾数密度/ (10 <sup>3</sup> 尾/km <sup>2</sup> ) individual density	质量密度/ (kg/km <sup>2</sup> ) mass density	尾数密度/ (10 <sup>3</sup> 尾/km <sup>2</sup> ) individual density	质量密度/ (kg/km <sup>2</sup> ) mass density	尾数密度/ (10 <sup>3</sup> 尾/km <sup>2</sup> ) individual density	
斑鳍鲷 <i>Scorpaena neglecta</i>	0.12	11.61			2.29	23.59	□, △
斑头舌鲷 <i>Cynoglossus puncticeps</i>			8.24	689.95			■, △
斑鲛 <i>Raja kenoei</i>			36.58	238.96			■, △
赤鼻棱鲷 <i>Thryssa kammalensis</i>	4.12	198.78	1.58	83.73			■, △
赤鲉 <i>Dasyatis akajei</i>	24.21	26.98	9.97	57.50	62.58	299.59	■, △
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	155.26	6478.26	65.48	2812.45	1.57	188.24	■, ▼
大黄鱼 <i>Larimichthys crocea</i>	14.38	163.25					■, ▼
大头白姑鱼 <i>Argyrosomus macrocephalus</i>	0.53	22.50					■, ▼
带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	21.81	472.90	44.28	486.58			■, ▼
杜氏棱鲷 <i>Thryssa dussumieri</i>			1.15	69.23			■, △
短棘银鲈 <i>Gerres lucidus</i>					0.64	16.36	■, △
短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i>			6.85	33.84			■, ▼
短吻三线舌鲷 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>	0.25	25.71	4.52	1152.19	8.38	323.29	□, △
短吻丝鲈 <i>Alectis ciliaris</i>			4.89	18.75			■, △
多鳞鳢 <i>Sillago sihama</i>	2.50	7.78	49.66	8925.65	6.14	161.90	■, △
鳄鲷 <i>Cociella crocodila</i>			1.52	74.99			□, △
二长棘鲷 <i>Parargyrops edita</i>			147.25	5175.19			■, ▼
绯鲷 <i>Callionymus beniteguri</i>			0.79	154.83			■, △
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	1.77	91.69			3.44	351.97	□, ▲
桂皮斑鲆 <i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>			2.12	429.42			■, ▼
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	0.63	1.98	91.83	975.56	0.15	21.95	■, ▼
汉氏棱鲷 <i>Thryssa hamiltonii</i>			2.13	34.61			■, ▼
何氏鲛 <i>Raja hollandi</i>	23.49	48.74			42.43	96.32	□, ▼
褐菖鲷 <i>Sebastes marmoratus</i>	0.80	29.65	0.62	159.99	7.33	295.79	■, △
横带髯鲷 <i>Hapalogenys mucronatus</i>					1.24	21.95	■, △

· 续表1 ·

物种 species	春季 spring		夏季 summer		冬季 winter		生态类群 ecological group
	质量密度/ (kg/km <sup>2</sup> ) mass density	尾数密度/ (10 <sup>3</sup> 尾/km <sup>2</sup> ) individual density	质量密度/ (kg/km <sup>2</sup> ) mass density	尾数密度/ (10 <sup>3</sup> 尾/km <sup>2</sup> ) individual density	质量密度/ (kg/km <sup>2</sup> ) mass density	尾数密度/ (10 <sup>3</sup> 尾/km <sup>2</sup> ) individual density	
横纹东方鲀 <i>Takifugu oblongus</i>	25.97	77.97	84.88	8212.42	29.74	1645.2	■, ▼
黄斑篮子鱼 <i>Siganus oramin</i>					0.34	21.60	■, △
油鲷 <i>Sphyræna pinguis</i>			51.49	14.18			■, ▼
刺鲷 <i>Psenopsis anomala</i>			8.84	251.43			■, ▼
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	4.17	94.27			3.56	199.78	□, ▲
尖头黄鳍牙鲷 <i>Chrysochir aureus</i>	3.44	56.97			3.65	358.66	□, ▼
尖头斜齿鲨 <i>Rhizoprionodon acutus</i>			18.19	245.46			■, ▽
尾鳐 <i>Uroconger lepturus</i>			0.53	34.61			■, ▼
尖吻蛇鳐 <i>Ophichthus apicalis</i>					0.60	15.43	■, ▼
尖嘴鲷 <i>Dasyatis zugei</i>	31.37	5.57	31.35	194.75	236.1	668.38	■, ▼
金色小沙丁鱼 <i>Sardinella aurita</i>			8.75	214.29			■, ▼
孔虾虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>	14.47	1647.48	0.22	19.35	6.62	977.33	■, △
拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>	0.98	219.35	0.77	157.47	1.38	383.37	■, △
莱氏舌鳎 <i>Cynoglossus lachneri</i>					0.37	21.60	□, △
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>			46.94	1636.17			■, △
鳎 <i>Ilisha elongata</i>	1.83	23.22					■, ▼
镰鲷 <i>Pampus echinogaster</i>			22.78	326.79			■, ▼
林氏团扇鲷 <i>Platyrhina limbookengi</i>			11.60	37.50			■, ▼
鳞鳍叫姑鱼 <i>Johnius distinctus</i>	0.42	0.27	1.47	172.49			■, △
鳞烟管鱼 <i>Fistularia petimba</i>			0.11	20.00			■, ▽
六斑刺鲀 <i>Diodon holocanthus</i>			2.37	25.57			■, △
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	1.78	423.64	2.53	928.16	0.17	87.16	■, △
黑斑多指马鲛 <i>Polydactylus sextarius</i>			771.77	148 596.9	4.59	346.25	■, △
龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i>	175.19	3716.35	19.65	276.75	11.35	8415.2	■, △
鹿斑蝠 <i>Leiognathus ruconius</i>			47.65	3135.48			■, ▼
马来斑鲆 <i>Pseudorhombus malayanus</i>			1.18	34.61			■, ▼
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>					0.34	43.20	□, ▲
木叶鲷 <i>Pleuronichthys cornutus</i>	0.67	11.25					□, ▼
拟矛尾虾虎鱼 <i>Parachaeturichthys polynema</i>	0.15	11.25	1.41	25.65			■, △
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	11.36	617.46	233.96	8859.52	59.58	4053.1	■, △
平鲷 <i>Rhabdosargus sarba</i>			19.19	417.24			■, △
日本单鳍电鳐 <i>Narke japonica</i>	9.97	31.10			9.73	2248.8	□, ▼
日本鲭 <i>Scomber japonicus</i>			1.75	25.57			■, ▽
日本燕鲷 <i>Gymnura japonica</i>			56.60	20.00	11.12	21.60	□, △

· 续表1 ·

物种 species	春季 spring		夏季 summer		冬季 winter		生态类群 ecological group
	质量密度/ (kg/km <sup>2</sup> ) mass density	尾数密度/ (10 <sup>3</sup> 尾/km <sup>2</sup> ) individual density	质量密度/ (kg/km <sup>2</sup> ) mass density	尾数密度/ (10 <sup>3</sup> 尾/km <sup>2</sup> ) individual density	质量密度/ (kg/km <sup>2</sup> ) mass density	尾数密度/ (10 <sup>3</sup> 尾/km <sup>2</sup> ) individual density	
条纹躄鱼 <i>Antennarius striatus</i>			6.96	178.62			■, ▼
少鳞舌鲷 <i>Cynoglossus oligolepis</i>	12.33	393.89	25.73	798.79	1.72	38.26	■, ▼
少鳞鳕 <i>Sillago japonica</i>					3.73	194.38	■, ▼
食蟹豆齿鳗 <i>Pisodonophis cancrivorus</i>			2.88	45.56	0.98	21.60	■, △
双斑燕魮 <i>Gymnura bimaculata</i>	14.96	12.44			9.57	21.60	□, ▼
丝背细鳞鲷 <i>Stephanolepis cirrifer</i>			2.22	182.97			■, ▼
四线天竺鲷 <i>Apogon quadrifasciatus</i>					0.31	33.75	■, △
素尾鹰鲷 <i>Goniistius quadricornis</i>	0.33	11.25					■, ▼
条尾绯鲤 <i>Upeneus bensasi</i>			212.79	13 582.53			■, ▼
条纹斑竹鲨 <i>Chiloscyllium plagiosum</i>			2.77	20.00			■, △
乌鲔 <i>Parastromateus niger</i>			24.84	613.59			■, ▼
五眼斑鲆 <i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>			11.73	3258.68			■, ▼
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>			8.00	34.61			■, ▼
小头栉孔虾虎鱼 <i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	0.79	5.94	0.32	20.00	0.18	111.66	■, △
棘绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys spinosus</i>	0.62	96.64					■, △
银姑鱼 <i>Pennahia argentatus</i>	21.14	122.83	97.33	479.34	8.88	183.59	■, ▼
印度鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	0.25	1.59	2.88	159.99	1.64	57.76	■, △
中国魮 <i>Dasyatis sinensis</i>	7.14	21.84	1.67	18.75			□, ▼
月腹刺鲷 <i>Gastrophysus lunaris</i>			28.36	1154.45			■, ▼
长颌棱鲷 <i>Thryssa setirostris</i>	0.21	11.61					■, △
长棘银鲈 <i>Gerres filamentosus</i>			1.35	20.00			■, △
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>			112.66	2241.56			■, △
中国鲷 <i>Pampus chinensis</i>					0.15	19.28	■, △
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	0.76	11.61					□, ▼
中颌棱鲷 <i>Thryssa mystax</i>					0.34	15.43	■, △
中华小公鱼 <i>Anchoviella chinensis</i>					0.19	19.28	■, ▼
大西洋竹筴鱼 <i>Trachurus trachurus</i>	0.27	11.61	42.00	1469.14			■, ▼
紫斑舌鲷 <i>Cynoglossus purpleomaculatus</i>	15.16	441.46	6.78	169.99	1.27	32.38	□, △
紫雀鲷 <i>Pomacentrus violascens</i>					0.30	16.87	■, ▼

注: ■.暖水种; □.暖温种; ▲.河口种; △.沿岸种; ▼.近海种; ▽.外海种; 空白处表示该物种在该季节未出现

Notes: ■. warm-water species; □. warm-temperature species; ▲. estuarine species; △. coastal species; ▼. nearshore species; ▽. offshore species; the blank means the species not presented in this season

种和沿岸暖水种, 但沿岸暖水种比例最高(53.12%), 近海暖水种次之(43.17%)(图3-a)。

尾数密度方面, 冬季沿岸暖水种比例(69.49%)

占绝对优势, 近海暖水种比例(13.35%)较低, 与近海暖温种比例(12.35%)相当, 河口暖温种(2.70%)和沿岸暖温种比例(1.91%)均较低。春

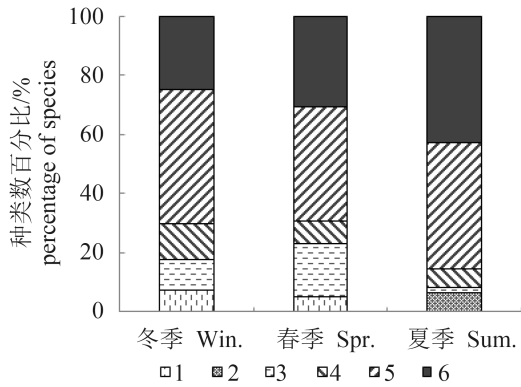


图2 各季节不同生态类群种类数百分比

注: 1.近海暖水种; 2.沿岸暖水种; 3.沿岸暖温种; 4.近海暖温种; 5.外海暖水种; 6.河口暖温种, 下同

Fig. 2 Variation of each eco-group species percentage in different seasons

Notes: 1. nearshore warm-water species; 2. coastal warm-water species; 3. coastal warm-temperature species; 4. nearshore warm-temperature species; 5. offshore warm-water species; 6. estuarine warm-temperature species, the same below

季, 近海暖水种比例仍为最高(49.72%), 沿岸暖水种比例次之(44.80%), 沿岸暖温种较冬季有所上升(3.06%), 近海暖温种(1.24%)和河口暖温种(1.19%)都有所下降。夏季沿岸暖水种比例(79.14%)远高于其他生态类群, 近海暖水种比例则下降至19.88%, 沿岸暖温种、外海暖水种和近海暖温种比例很小(图3-b)。

2.4 累积优势度曲线

累积优势度曲线反映了优势种个体数量增长随着种类数增长占总种类数比例的变化关系。福建中部近海鱼类质量累积优势度曲线上趋势

势较平缓, 其中冬季鱼类质量累积优势度曲线上最快(图4)。在物种排序35%以后, 各季节质量优势度累积曲线上上升趋势较为一致。春、夏、冬三季鱼类质量最高单种分别为龙头鱼、黑斑多指马鲛和尖嘴鲷, 所占百分比分别为29.14%、29.70%和32.33%, 冬季最高, 但各季节差距较小。

尾数累积优势度曲线上斜率较大, 尤以夏季最为明显。夏季物种排序仅为14.51%时, 尾数累积优势度已达90.99%。各季节鱼类尾数最高单种分别为黄鲫、黑斑多指马鲛和龙头鱼, 所占百分比分别为37.42%、58.77%和37.32%, 夏季鱼类尾数密度最高单种优势最为明显, 因而优势种最为突出。

2.5 福建中部近海鱼类的聚类、排序结果

根据3个航次各站位对鱼类数量密度做NMDS排序, 冬、春季站位聚为一组, 夏季12个站位单独聚为一类。说明夏季鱼类生态类群组成与冬、春季具有显著差异(图5)。可以将调查海域鱼类分为冬、春季组和夏季组。且NMDS分析结果的胁强系数为0.17, 说明将夏季与冬、春季鱼类生态类群划分为两组具有一定的解释意义。ANOSIM检验结果R值为0.84(P<0.01), 表明两群落间的生态类群组成差异极为显著。

3 讨论

3.1 从鱼类群落格局的季节变化分析海洋环境的差异

调查海域冬、春、夏季鱼类可以分为两个

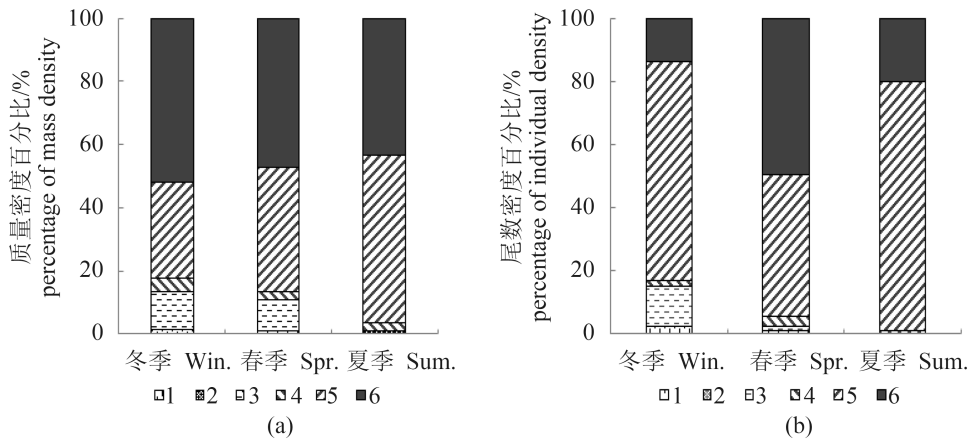


图3 各鱼类生态类群质量密度(a)和尾数密度(b)百分比

Fig. 3 Percentage of mass density (a) and individual density (b) in each eco-groups

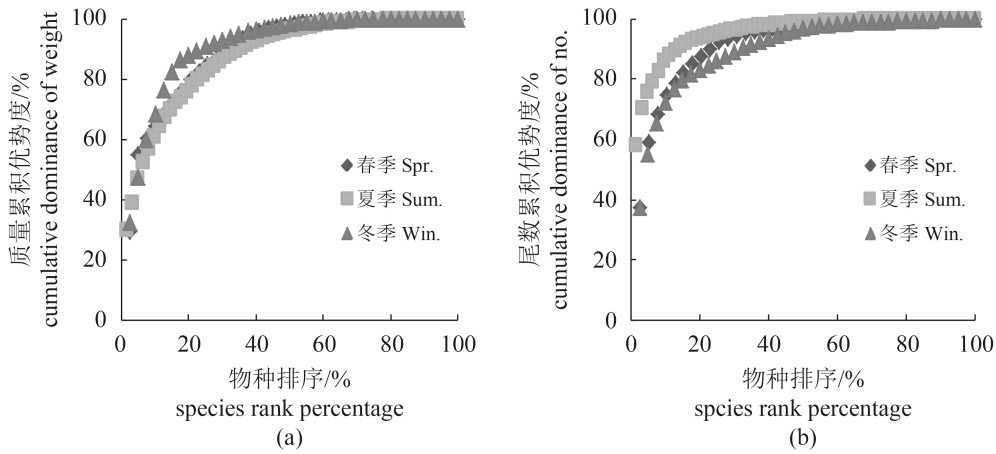


图 4 质量(a)和尾数(b)累积优势度曲线

Fig. 4 K-dominance curves in biomass (a) and individual (b)

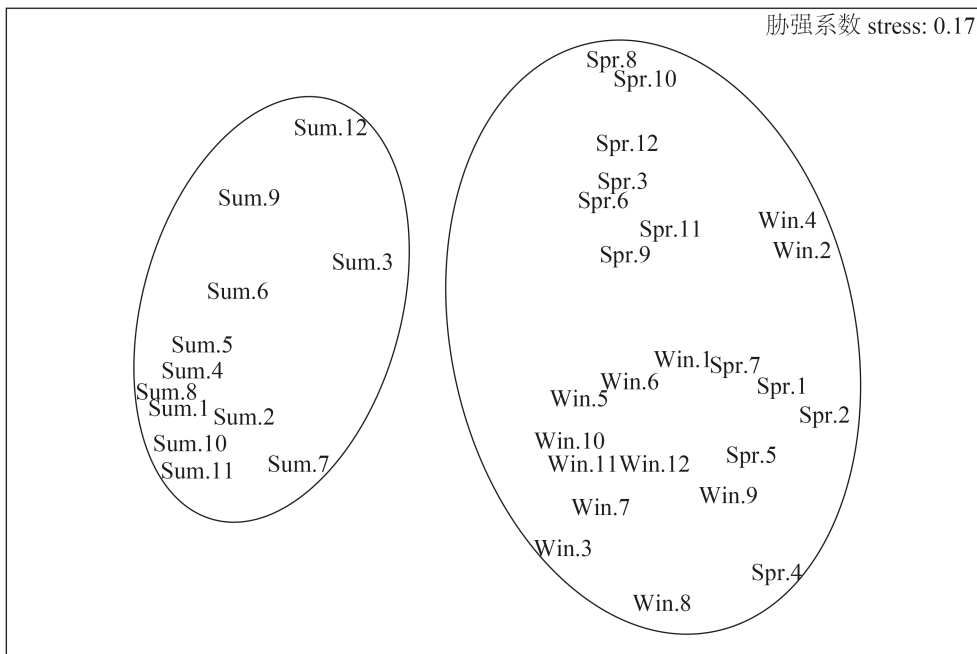


图 5 非参数多变量标序(NMDS)图

Fig. 5 Ordination of non-metric multidimensional scaling (NMDS)

不同群落(图5), 其中冬、春季鱼类可以合并为一个群组, 夏季为一个群组。推测冬、春季和夏季当地海域分别处于两个不同的环境格局。

冬、春季鱼类生态类群种类组成以出现较高比例的暖温种为特征。这一群组虽以暖水种为主, 但暖温种类数比例也高达30%以上, 且暖温种无论是冬季还是春季都仍占有一定比例(图2, 图3)。夏季鱼类生态类群组成以暖水种在种类数、数量密度等方面占据绝对优势, 暖温种在调查海域几乎消失为特征, 这与冬、春季时暖

水种和暖温种在种类数与数量密度上仍占有一定的比例明显不同。这些生态类群组成的差异可能成为区分冬、春季与夏季鱼类群落的依据。

鱼类的生态习性是鱼类与其栖息的环境长期相互作用形成的结果。分析海洋鱼类群落中不同鱼类种类组成的季节变化, 可以了解当地海洋环境特征<sup>[14]</sup>。在福建中部沿岸, 随着冬、春季向夏季过渡, 鱼类的暖水种占总种类数、数量密度都逐渐上升, 这些生态特征可能预示着台湾海峡中西部近海鱼类生存的海洋环境从

冬、春季到夏季有从量变到质变的变化<sup>[15-17]</sup>,影响鱼类群落季节交替,冬、春季以暖温性气候带环境影响的鱼类生态类群群落为主,夏季则以典型的亚热带暖水性鱼类生态类群群落为主。

### 3.2 从生态类群种类组成的季节变化分析海洋环境季节划分的格局

通过对各季节不同生态类群种类组成百分比变化的分析(图2),结果显示调查海域冬、春、夏季暖水种类数比例都高于暖温种。这与我国高纬度海域冬、春季暖温种种类数高于暖水种的特点不同<sup>[18-19]</sup>。同时,冬、春季暖温种种类数占总种类数比例相对较高,夏季暖温种种类数很少。不同生态类群的种类组成变化特征与影响该海域的水团季节变化具有一定的响应关系。

冬、春季,鱼类生态类群组成变化不大,暖温种种类数比例均高于夏季,冬、春季分别为30%和30.77%(图2)。然而,作为典型的亚热带海域<sup>[20]</sup>,冬、春季调查海域鱼类生态类群组成仍以暖水种生态类群的鱼类为主。一方面反映出调查海域虽受暖温性沿岸水团影响<sup>[21]</sup>,但总体上仍然属于亚热带气候的环境格局,这与东海北部沿岸鱼类组成在冬、春季以暖温种居多的格局明显不同<sup>[22]</sup>。暖温性沿岸水团由冬季至春季逐渐减弱的趋势成为影响不同鱼类生态类群组成的关键。另一方面也反映出这一时期调查海域环境对鱼类生态类群的变化影响不大,说明台湾海峡中部海域控制海洋环境的要素在这两个季节总体上没有发生根本的变化。

不同季节间物种更替率变化也说明这一点。在福建中部沿海,春、夏季间物种更替率高于冬、春季,说明春、夏季间调查海域鱼类物种组成相比冬、春季更替程度更高。这与夏季台湾暖流势力完全控制这一海域,水温上升<sup>[1]</sup>,导致暖水种大量出现密切相关。台湾暖流带来的高温、高盐海水,使得调查海域春、夏季平均温、盐度高于冬、春季,且沿岸径流增强带来的营养盐使得鱼类饵料丰度高于冬、春季<sup>[23-25]</sup>。受其影响,夏季成为福建中部近海鱼类种类数最高的季节,且生态类群组成及其种类数较冬、春季也有显著变化。其中近海暖水种比例上升至与沿岸暖水种同样水平(42.62%),且这两种生态类群比例占夏季总种类数的85.25%(图2),

并伴随外海暖水种的出现和河口暖温种的消失。由此可见,夏季台湾海峡中部沿岸海域的鱼类生态类群组成呈现出典型的亚热带鱼类区系特征,进一步证明台湾海峡暖流带来的外海暖流海水影响了夏季福建中部近海鱼类环境适应性格局。

### 3.3 生态类群数量密度季节变化与环境季节变化的关系

生态类群数量密度变化也显示出这一海域环境的亚热带特征。因为调查海域3个季节在数量密度上均为暖水种比例高于暖温种,冬、春季暖温种密度比例虽然较高,但暖水种数量仍占据主导地位(图3)。福建中部近海鱼类不同生态类群数量密度的高低变化,同样与季节交替带来的海洋环境变化相关。

冬、春季调查海域受东北季风的影响,浙闽沿岸海水的涌入使得沿岸海域水体具有低温、低盐的特征<sup>[17]</sup>。受其影响,冬、春季成为暖温种质量和尾数百分比最高的季节。河口暖温种在冬、春季质量密度和尾数密度中均占有一定的比例,而夏季台湾海峡暖流控制调查海域时未出现河口暖温种(图3),如典型的河口暖温种棘头梅童鱼仅在冬、春季出现(表1)。当春季东北季风势力减弱时,水温较低的沿岸水团逐渐衰退,同时,水温较高的台湾海峡暖流逐渐增强,在冷、暖水团的双重影响下,调查海域水体温、盐度相较于冬季均有上升<sup>[26-28]</sup>。从图3可见,虽然由于水温升高,暖温种尾数密度比例较冬季有所下降,但是由于个体规格较大,致使整个鱼类群体中,暖温种总质量密度与冬季仍然相近,而春季不同生态类群数量密度组成的高低特征伴随着由冬季向夏季过渡,表现出对当地海域水团的季节变化具有明显的响应关系。

夏季,随着高温、高盐的台湾海峡暖流的涌入,暖水性鱼类成为占据绝对优势的生态类群,且其质量密度和尾数密度百分比均为3个季节中最高,而暖温种数量密度比例降至全年最低水平(图3)。同时,夏季入海径流显著增强<sup>[29]</sup>,沿岸水域盐度较低,并携带丰富的营养物质,使得沿岸海域鱼类饵料丰富。受这些因素影响,沿岸暖水性鱼类成为夏季福建中部近海的优势群体。如典型的沿岸暖水种黑斑多指马



鲷,其质量和尾数累积优势度在夏季占有绝对优势(表1,图4)。此外外海暖水种的出现,进一步说明夏季外海海水的涌入改变了福建中部近海海域的水体环境。由此可见,调查海域鱼类生态类群数量密度已由冬季暖温性鱼类占有一定比例转变为夏季的暖水性鱼类占据绝对优势现象。这种变化趋势,与影响调查海域的水团演替的季节变化趋势一致。

### 3.4 鱼类洄游在种类组成季节变化中的作用

鱼类的洄游是由于环境影响和习性要求,出现的一种周期性、定向性和集群性的规律性游动<sup>[30]</sup>。影响福建中部近海的水团季节性运动,使得洄游性鱼类因越冬、产卵和索饵在调查海域内周期性地出现与消失,直接影响了调查海域鱼类的种类组成。

冬季,虽然调查海域受冷水团影响,但作为典型的亚热带海域,福建中部近海仍然为暖水性和暖温性鱼类共有的越冬场。如河口暖温种棘头梅童鱼,多栖息于低盐水域<sup>[31]</sup>,在调查海域中,冬、春季均有出现,而夏季由于外海海水的涌入,使得该种未在调查海域出现。这与黄良敏等<sup>[32]</sup>在闽江口及其附近海域对棘头梅童鱼资源进行研究时得出的结论一致。同时也说明冬、春季福建中部近海是棘头梅童鱼的越冬场。

春季,影响福建中部近海的水团处于由冷水团向暖水团的过渡阶段,水文条件多变。这使得一些经济鱼类仅在春季出现于调查海域,如近海暖水种大黄鱼(表1),在春季均为产卵的成鱼,而冬、夏季均未出现,说明了春季调查海域为大黄鱼的产卵场,这与大黄鱼产卵期为春、夏之交,福建沿海为其产卵场之一的结果较为一致<sup>[33]</sup>。另外,近海暖温种小黄鱼也仅在春季出现在调查海域,也为产卵期的成鱼。根据其在调查海域内的出现及消失规律可知,春季福建中部近海为小黄鱼的产卵场<sup>[34-35]</sup>。大、小黄鱼的季节性出现与消失,说明了春季福建中部近海是一些洄游性鱼类的产卵场。

夏季,调查海域温、盐度较高,且饵料丰富<sup>[23-24]</sup>,因而成为暖水性鱼类的索饵场,如蓝圆鲹、日本鲭、大西洋竹筴鱼均为暖水性中、上层洄游性经济鱼类<sup>[36]</sup>,这3种鱼类生活环境及习性相似,在夏季调查航次中均有出现(表1)。其中蓝圆鲹种群含有一定比例的幼体,且仅在夏季

出现,当夏季台湾海峡暖流成为影响调查海域的主要水团时,福建中部近海即为其产卵场与索饵场,这与以往的研究结果相吻合<sup>[37]</sup>。当夏季台湾海峡暖流涌入福建中部近海时,日本鲭也随水团出现在调查海域。大西洋竹筴鱼虽然在春季有少量出现,且幼鱼较多,但夏季数量密度大幅上升(表1)。这说明夏季大西洋竹筴鱼作为暖水性鱼类,它在福建中部近海的资源密度变化趋势与影响这一海域暖水团的强弱有关。同时也说明夏季福建中部近海为大多数暖水性鱼类的索饵场。

研究表明,福建中部近海鱼类种类组成除了与生态类群相关,还与鱼类洄游特征相关。洄游性鱼类及地方性鱼类对水团运动季节性变化的响应,成为影响调查海域鱼类种类组成的主要因素。

感谢沈晓民先生在本文撰写过程中的大力指导和帮助!

### 参考文献:

- [1] 翁学传,张启龙,颜廷壮,等.台湾海峡中、北部海域春、夏季水团分析[J].海洋与湖沼,1992,23(3):235-244.  
Weng X C, Zhang Q L, Yan T Z, et al. Analysis of water masses in the middle and Northern Taiwan Strait in spring and summer[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1992, 23(3): 234-244 (in Chinese).
- [2] 徐兆礼.兴化湾和闽江口海域春夏季鱼类区系特征[J].生物多样性,2011,19(1):79-84.  
Xu Z L. Comparison of fish fauna of two different waters (Minjiang Estuary and Xinghua Bay) of the East China Sea during spring and summer[J]. *Biodiversity Science*, 2011, 19(1): 79-84 (in Chinese).
- [3] 沈长春.福建三沙湾鱼类群落组成特征及其多样性[J].海洋渔业,2011,33(3):258-264.  
Shen C C. Fish community composition and diversity in Sansha Bay of Fujian[J]. *Marine Fisheries*, 2011, 33(3): 258-264 (in Chinese).
- [4] Klimley A P, Butler S B. Immigration and emigration of a pelagic fish assemblage to seamounts in the Gulf of California related to water mass movements using satellite imagery[J]. *Marine Ecology-Progress Series*,

- 1988, 49: 11-20.
- [ 5 ] Williams A, Koslow J A, Last P R. Diversity, density and community structure of the demersal fish fauna of the continental slope off Western Australia (20 to 35° S)[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2001, 212: 247-263.
- [ 6 ] 黄海水产研究所. 海洋水产资源调查手册[M]. 第2版. 上海: 上海科学技术出版社, 1981.  
Yellow Sea Fisheries Research Institute. Survey Manual for Marine Aquatic Resources[M]. 2th ed. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1981 (in Chinese).
- [ 7 ] 《福建鱼类志》编写组. 福建鱼类志[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1984.  
“Fishes of Fujian Province” Editorial Subcommittee. The Fishes of Fujian Province[M]. Fuzhou: Fujian Science And Technology Press, 1984 (in Chinese).
- [ 8 ] 黄洪亮, 王明彦, 徐宝生, 等. 东海区拖网网囊网目选择性研究[J]. *水产学报*, 2005, 29(2): 232-237.  
Huang H L, Wang M Y, Xu B S, *et al.* Study on selectivity of mesh size of cod-end of trawl in the East China Sea region[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2005, 29(2): 232-237 (in Chinese).
- [ 9 ] 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 (in Chinese).
- [10] 朱元鼎, 张春霖, 成庆泰. 东海鱼类志[M]. 北京: 科学出版社, 1963.  
Zhu Y D, Zhang C L, Cheng Q T. Fish Fauna of the East China Sea[M]. Beijing: Science Press, 1963 (in Chinese).
- [11] 徐佳奕, 徐兆礼. 三沙湾浮游动物生态类群演替特征[J]. *生态学报*, 2013, 33(5): 1413-1424.  
Xu J Y, Xu Z L. Seasonal succession of zooplankton in Sansha Bay, Fujian[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(5): 1413-1424 (in Chinese).
- [12] Clarke K R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure[J]. *Australian Ecology*, 1993, 18(1): 117-143.
- [13] Khalaf M A, Kochzius M. Changes in trophic community structure of shore fishes at an industrial site in the Gulf of Aqaba, Red Sea[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2002, 239: 287-299.
- [14] Harrison T D, Whitfield A K. A multi-metric fish index to assess the environmental condition of estuaries[J]. *Journal of Fish Biology*, 2004, 65(3): 683-710.
- [15] 黄荣祥. 台湾海峡中、北部海域温、盐度特征[J]. *海洋科学*, 1989, (6): 33-38.  
Huang R X. Characteristics of water temperature and salinity in north central Taiwan Strait[J]. *Marine Sciences*, 1989(6): 33-38 (in Chinese).
- [16] 洪启明. 台湾海峡西部海域温、盐、密度的年变化[J]. *海洋预报*, 1990, 7(3): 8-14.  
Hong Q M. Annual variation in temperature, salinity and density of sea waters west of Taiwan Strait[J]. *Marine Forecasts*, 1990, 7(3): 8-14 (in Chinese).
- [17] 肖晖, 蔡淑惠. 台湾海峡西部海域温、盐度分布特征[J]. *台湾海峡*, 1988, 7(3): 227-234.  
Xiao H, Cai S H. Distribution characters of sea temperature and salinity in Western Taiwan Strait[J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 1988, 7(3): 227-234 (in Chinese).
- [18] 徐宾铎, 曾慧慧, 薛莹, 等. 胶州湾近岸浅水区鱼类群落结构及多样性[J]. *生态学报*, 2013, 33(10): 3074-3082.  
Xu B D, Zeng H H, Xue Y, *et al.* Community structure and species diversity of fish assemblage in the coastal waters of Jiaozhou Bay[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(10): 3074-3082 (in Chinese).
- [19] 吕振波, 徐炳庆, 李凡, 等. 2006年春、秋季黄海山东海域鱼类资源结构与数量分布[J]. *中国水产科学*, 2011, 18(6): 1335-1342.  
Lv Z B, Xu B Q, Li F, *et al.* Structure and distribution of fish resources in the Yellow Sea off Shandong during spring and autumn 2006[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, 18(6): 1335-1342 (in Chinese).
- [20] Chen S J, Yao S Y. Division of hydroclimatic area over China seas II. Cluster analysis and fuzzy ISODATA[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1994, 13(2): 213-224.
- [21] 张彩云, 商少凌, 陈德文, 等. 冬季浙闽沿岸水分布的短期变动与风的关系初探[J]. *遥感学报*, 2005, 9(4): 452-458.  
Zhang C Y, Shang S L, Chen D W, *et al.* Short-term variability of the distribution of Zhe-Min coastal water and wind forcing during winter monsoon in the Taiwan Strait[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2005, 9(4): 452-

- 458 (in Chinese).
- [22] 杨纪明, 田明诚. 鱼类的种类和区系[J]. 现代渔业信息, 1999, 14(5): 12-14, 6.  
Yang J M, Tian M C. Species and fauna of fishes[J]. Modern Fisheries Information, 1999, 14(5): 12-14, 6 (in Chinese).
- [23] 田丰歌, 徐兆礼. 福建中部近海浮游动物数量分布与水团变化的关系[J]. 生态学报, 2012, 32(4): 1097-1104.  
Tian F G, Xu Z L. Relating the distribution of zooplankton abundance in the coastal waters of central Fujian Province to the seasonal variation of water masses[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(4): 1097-1104 (in Chinese).
- [24] 阙江龙, 徐兆礼, 陈佳杰. 台湾海峡中部近海虾类数量和优势种分布特征[J]. 中国水产科学, 2014, 21(6): 1211-1219.  
Que J L, Xu Z L, Chen J J. Shrimp density and dominant species in onshore waters of the Central Taiwan Strait[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2014, 21(6): 1211-1219 (in Chinese).
- [25] 杜庆红, 冯季芳. 南日岛周围海域浮游植物的分布[J]. 台湾海峡, 1996, 15(3): 280-285.  
Du Q H, Feng J F. Distribution of phytoplankton in waters around Nanri Island[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1996, 15(3): 280-285 (in Chinese).
- [26] Huang Z Q, Ji W D. The cluster analysis of the water masses in western Taiwan Strait from hydrologic and chemical factors[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1994, 13(4): 501-517.
- [27] 许金电, 黄奖, 邱云, 等. 浙闽沿岸水的空间结构特征及生消过程[J]. 热带海洋学报, 2015, 34(1): 1-7.  
Xu J D, Huang J, Qiu Y, et al. Spatial structure characteristics of Zhejiang and Fujian coastal water and their evolution[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2015, 34(1): 1-7 (in Chinese).
- [28] 蔡清海. 闽中渔场的温、盐跃层分布与亚硝酸盐的层化现象[J]. 热带海洋学报, 1991, 10(2): 33-40.  
Cai Q H. The distribution of thermocline and halocline and subnitrate stratification in the fishing ground of central Fujian[J]. Tropic Oceanology, 1991, 10(2): 33-40 (in Chinese).
- [29] 肖晖, 郭小钢, 吴日升. 台湾海峡水文特征研究概述[J]. 台湾海峡, 2002, 21(1): 126-138.  
Xiao H, Guo X G, Wu R S. Summarization of studies on hydrographic characteristics in Taiwan Strait[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2002, 21(1): 126-138 (in Chinese).
- [30] 陈新军. 渔业资源与渔场学[M]. 第2版. 北京: 海洋出版社, 2014.  
Chen X J. Fishery Resource Biology and Fishing[M]. 2th ed. Beijing: Ocean Press, 2014 (in Chinese).
- [31] 何宝全, 李辉权. 珠江河口棘头梅童鱼的资源评估[J]. 水产学报, 1988, 12(2): 125-134.  
He B Q, Li H Q. Stock assessment of *Collichthys lucidus* in Pearl river estuary[J]. Journal of Fisheries of China, 1988, 12(2): 125-134 (in Chinese).
- [32] 黄良敏, 李军, 谢仰杰, 等. 闽江口及其附近海域棘头梅童鱼资源的研究[J]. 台湾海峡, 2010, 29(2): 250-256.  
Huang L M, Li J, Xie Y J, et al. Study of the *Collichthys lucidus* fisheries resources of the Minjiang Estuary and its adjacent water[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2010, 29(2): 250-256 (in Chinese).
- [33] 徐兆礼, 陈佳杰. 东黄海大黄鱼洄游路线的研究[J]. 水产学报, 2011, 35(3): 429-437.  
Xu Z L, Chen J J. Analysis of migratory route of *Larimichthys crocea* the East China Sea and Yellow Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(3): 429-437 (in Chinese).
- [34] 陈佳杰, 徐兆礼, 陈雪忠. 我国沿海小黄鱼渔场的空间格局[J]. 水产学报, 2010, 34(2): 236-244.  
Chen J J, Xu Z L, Chen X Z. The spatial distribution pattern of fishing ground for small yellow croaker in China Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(2): 236-244 (in Chinese).
- [35] 徐兆礼, 陈佳杰. 小黄鱼洄游路线分析[J]. 中国水产科学, 2009, 16(6): 931-940.  
Xu Z L, Chen J J. Analysis on migratory routine of *Larimichthys polyactis*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(6): 931-940 (in Chinese).
- [36] 郑元甲, 陈雪忠, 程家华, 等. 东海大陆架生物资源与环境[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003.  
Zheng Y J, Chen X Z, Cheng J H, et al. The East China Sea continental shelf, biological resources and the environment[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2003 (in Chinese).
- [37] 方水美, 杨圣云. 闽南-台湾浅滩渔场蓝圆鲹和鲈鱼群聚空间分布的研究[J]. 台湾海峡, 2006, 25(3): 374-380.  
Fang S M, Yang S Y. Studies on spatial distribution of round scad and common mackerel communities in Minnan-Taiwan Bank fishing ground[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2006, 25(3): 374-380 (in Chinese).

## Seasonal variation of ecological groups of fish in the coastal waters of central Fujian Province

GUAN Wei<sup>1,2</sup>, XU Zhaoli<sup>1\*</sup>, YAN Tailiang<sup>1</sup>

(1. 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:** In order to explore the seasonal variation of the eco-groups in the coastal waters of central Fujian Province, we conducted three comprehensive marine surveys during December 2009 and April and August 2010, and the species composition and eco-groups were discussed by using non-metric multidimensional scaling (NMDS) and analysis of similarity (ANOSIM). The results showed that a total of 40 species was identified in winter, warm-water-species were the dominate eco-groups. But the ratio of warm-temperature-species were the highest (30%) among three seasons, and accounting for 17.65% and 16.96% of the biomass and individual density respectively. There were 39 species of fish in spring, and eco-groups are still dominated by warm-water-species. The biomass and individual density of the warm-water-species accounted for 86.48% and 94.52% of the total amount respectively. In summer, fish species accounted for 61, and warm-water-species appeared in large number by 55 species, accounting for 97.17% and 99.35% of the biomass and individual density respectively. Affected by Zhejiang-Fujian coastal water and Taiwan Strait warm current water alternately, species turnover rate and the number and density of warm water species were increased gradually, and accompanied by the estuarine species replaced by coastal species from winter to summer. The phenomenon was related to fish spawning, feeding and wintering migration, when Zhejiang-Fujian coastal water and Taiwan Strait warm current water occupied this area. It is concluded that the seasonal variation of eco-groups and species compositions in the coastal waters of central Fujian Province may be affected by the changes of water masses.

**Key words:** fish; ecological groups; water mass; ordination of non-metric multidimensional scaling; coastal waters of central Fujian Province

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

**Funding projects:** National Natural Science Foundation of China (41176131); Marine Research Special Foundation for Public Welfare Projects (201305027)