

• 研究报告 •

南沙群岛西南部和北部湾口海域鱼类物种多样性

李 渊^{1,3} 张 静^{2,3} 张 然¹ 宋普庆¹ 钟指挥¹ 王燕平¹ 林龙山^{1*}

1 (国家海洋局第三海洋研究所海洋生物与生态实验室, 福建厦门 361005)

2 (集美大学水产学院, 福建厦门 361021)

3 (福建省海洋渔业资源与生态环境重点实验室, 福建厦门 361021)

摘要: 根据2012–2013年南沙群岛西南部和北部湾口海域春秋两个航次的调查资料, 分析了该海域鱼类种类组成、相对重要性指数和物种多样性等特征。结果表明, 两个航次调查共鉴定鱼类504种, 隶属于2纲31目129科294属; 其中北部湾口海域出现鱼类301种, 南沙群岛西南部海域出现鱼类357种。优势种数量较少, 多以中小型鱼类为主, 且季节间变化较大。春季多样性指数高于秋季, 这主要是因为春季出现的大量鱼类为补充群体, 而许多种类在秋季有向较深海区移动的趋势; 南沙群岛西南部海域多样性指数高于北部湾口海域, 这主要是由于南沙群岛西南部海域受水温和洋流的影响较大造成的。更替指数和迁移指数显示, 秋季鱼类群落结构稳定性要低于春季, 而且两个季节的鱼类群落结构都偏离平衡状态, 主要是由鱼类的洄游和不同适温性鱼类的迁入迁出造成的。综合来看, 南沙群岛西南部海域鱼类物种多样性和群落结构稳定性均高于北部湾口海域, 在努力控制资源可捕量范围的同时, 可合理开发南海中南部海域的渔业资源。

关键词: 南海; 鱼类群落结构; 相对重要性指数; 更替指数; 迁移指数

Fish diversity in southwestern seas of Nansha Islands and the mouth of Beibu Bay

Yuan Li^{1,3}, Jing Zhang^{2,3}, Ran Zhang¹, Puqing Song¹, Zhihui Zhong¹, Yanping Wang¹, Longshan Lin^{1*}1 *Laboratory of Marine Biology and Ecology, Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen, Fujian 361005*2 *Fisheries College, Jimei University, Xiamen, Fujian 361021*3 *Fujian Provincial Key Laboratory of Marine Fishery Resources and Eco-environment, Xiamen, Fujian 361021*

Abstract: Based on fixed-point survey data in southwestern seas of Nansha Islands and the mouth of Beibu Bay in the spring and autumn of 2012 and 2013, we calculated the composition of fish species, index of relative importance (*IRI*) of each species, Margalef richness index (*D*), Shannon-Wiener diversity index (*H'*), Pielou evenness index (*J'*), replacement index and migration index of the fish community. Results showed that a total of 504 species were identified involving 2 classes, 31 orders, 129 families, and 294 genera in the surveyed areas. There were 301 fish species in the mouth of Beibu Bay and 357 species in southwestern seas of Nansha Islands. The number of dominant species in autumn was higher than that in spring, and the number in the southwestern seas of Nansha Islands (SS) was higher than that of the mouth of Beibu Bay (SN), with an obvious seasonal fluctuation. All diversity indexes during the spring survey were higher than those of the autumn survey because of recruitment in spring and the movement of fish species to the deep sea in autumn. However, all diversity indexes of SS were higher than that of SN due to the larger effects of sea temperature and currents in the southwestern seas of Nansha Islands. Results of the replacement index and migration index showed that the fish community structure in autumn was less stable than that in spring and the community structure in the both seasons deviated from equilibrium because of fish migration and immigration and emigration of fishes with different thermophily. The integrated results showed that the species diversity and stability of fish community structure of SS were greater than those of SN. The fishery allowable catch should

收稿日期: 2015-07-12; 接受日期: 2015-10-13

基金项目: 全球变化与海气相互作用专项(GASI-02-SCS-YSWspr, GASI-02-SCS-YSWaut)和福建省海洋渔业资源与生态环境重点实验室开放基金

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: linlongshan@tio.org.cn

be controlled in a reasonable range and the fishery resources of the central and southern South China Sea should be exploited reasonably under the national supported policies. The stability of fisheries in the South China Sea is based on the high species diversity, therefore, it is also important to protect the diversity of species.

Key words: South China Sea; fish community structure; index of relative importance (*IRI*); replacement index (*AI*); migration index (*MI*)

南海位于东亚大陆最南端、西太平洋边缘,属于热带海域。常年的高温气候、复杂的水文和地貌共同孕育了南海鱼类高度的物种多样性,同时这里也是世界海洋动物区系多样性最高的海区之一(马彩华等, 2006)。由于生产力和其他条件的限制,南海渔业资源开发多局限于南海北部海域,甚至出现过度捕捞状态,而南海中南部海域一直未得到充分开发和利用(贾晓平等, 2004; 马彩华等, 2006; 邱永松等, 2008)。鱼类在整个渔业资源结构中占据举足轻重的地位,但过去对南海鱼类的研究也主要集中在北部大陆架(邱永松, 1988, 1990; 王雪辉等, 2013)、北部湾(孙典荣和林昭进, 2004; 孙冬芳等, 2010; 王雪辉等, 2010, 2012)和一些珊瑚礁海域(李永振等, 2003, 2004, 2011; 李永振和陈丕茂, 2004; 陈国宝等, 2007); 对北部湾口和南沙群岛西南部海域的调查资料相对较少,仅涉及经济鱼类的组成、渔业生物学和资源状况等(中国科学院南沙综合科学考察队和中国水产科学研究院南海水产研究所, 1996; 陈丕茂, 2003; 钟智辉等, 2005; 黄梓荣, 2005); 而同步调查或准同步调查的资料更是尚未见报道。为此,本文根据2012–2013年秋季和春季在北部湾口和南沙群岛西南部海域开展的准同步调查资料,对两个调查海域出现的鱼类物种多样性进行分析和研究,以期为了解南海鱼类物种多样性提供科学依据,并为我国开发利用和管理南海渔业资源提供决策参考。

1 材料和方法

1.1 调查区域和样品鉴定

2012年9–10月(秋季)和2013年3–4月(春季)在南海进行了2个航次的底拖网调查,共设31个调查站位(表1)。为了比较南海调查海域内南北鱼类物种多样性差异,将调查海域分为北部湾口海域(SN, 包括11个站位,范围为16°15'–18°00' N, 109°00'–110°00' E)和南沙群岛西南部海域(SS, 包括20个站

表1 南海调查站位经纬度

Table 1 Longitude and latitude of surveyed stations in South China Sea

站位 Stations	经度 Longitude (E)	纬度 Latitude (N)
北部湾口海域 The mouth of Beibu Bay (SN)		
D1	109°00'	18°00'
D2	109°00'	17°30'
D3	109°00'	17°00'
D4	109°30'	18°00'
D5	109°30'	17°30'
D6	109°30'	17°00'
D7	110°00'	18°00'
D8	110°00'	17°30'
D9	110°00'	17°00'
D39	109°30'	16°30'
D40	109°30'	16°15'
南沙群岛西南部海域 Southwestern seas of Nansha Islands (SS)		
D10	109°00'	9°00'
D11	109°00'	8°30'
D12	109°00'	8°00'
D15	109°25'	7°00'
D18	109°25'	6°30'
D21	109°30'	6°00'
D25	109°30'	5°30'
D26	110°00'	5°30'
D27	110°30'	5°30'
D28	111°00'	5°30'
D29	111°30'	5°30'
D30	112°00'	5°30'
D31	109°40'	5°30'
D32	110°00'	5°15'
D33	110°15'	5°15'
D34	110°30'	5°15'
D35	111°00'	5°15'
D36	111°30'	5°15'
D37	109°00'	6°00'
D38	109°30'	5°15'

位,范围为5°15'–9°00' N, 109°00'–112°00' E),调查时间为准同步调查。

调查船为“桂北渔60011”,单囊底拖网网衣长

度为59.5 m, 网口拉紧周长为80.8 m, 网口宽度为37.7 m, 网囊网目为40 mm。根据调查范围内海域底质情况和周围水文环境, 每站拖网1次, 时间为1 h, 平均拖网速度为5.6 km/h。采样及样品分析严格按照《海洋调查规范》(GB/T12763.6-2007)进行。鱼类的分类鉴定主要依据Nelson (2006)和成庆泰等(1962)的分类系统标准。

1.2 多样性分析

根据南海调查数据, 采用相对重要性指数(*IRI*) (Wilhm, 1968)、Margalef种类丰富度指数(*D*) (Pinkas, 1971)、Shannon-Wiener种类多样性指数(*H'*)以及Pielou均匀度指数(*J'*) (Ludwig & Reynolds, 1988; 马克平, 1994)对该海域鱼类种类及其多样性进行分析; 采用群落更替指数(*AI*)和迁移指数(*MI*) (张静等, 2013)对鱼类不同季节或不同海域间群体相似性和更替现象进行分析。Wilhm (1968)认为不同种类及同种类个体差异较大, 故采用渔获重量代替个体数来计算鱼类多样性指数, 这种结果会更接近种类间能量的分布, 各指数计算公式如下:

相对重要性指数:

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

式中, *N*为某种类的尾数占总渔获尾数的百分比; *W*为某种类的重量占总渔获重量的百分比; *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。采用陈国宝等(2007)和江艳娥等(2009)的*IRI*范围划分标准: 若 $IRI \geq 500$, 则该物种为优势种; 若 $500 > IRI \geq 100$, 则该物种为主要种; 若 $100 > IRI \geq 10$, 则该物种为一般种; 若 $IRI < 10$, 则该物种为少见种。

Margalef种类丰富度指数:

$$D = (S - 1) / \ln Q \quad (2)$$

Shannon-Wiener种类多样性指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (3)$$

Pielou均匀度指数:

$$J' = H' / \ln S \quad (4)$$

式中, *S*为种类数, *Q*为尾数, P_i 为第*i*种渔获物重量占总渔获重量的比例。

更替指数(*AI*)和迁移指数(*MI*):

$$AI = (C + B) / (A - R) \times 100\% \quad (5)$$

$$MI = (C - B) / (A - R) \times 100\% \quad (6)$$

式中, *A*为各季节实际物种数; *C*为本季新迁入物种数; *B*为本季将迁出物种数; *R*为全年均出现的定居种数。*AI*反映了物种更替导致群落稳定性降低的节律, 其值越大则表示群落稳定性越小。*MI*为研究系统外迁入与迁出种的两种成分在群落中的相对比例, 当 $C > B$ 时, *MI*为正, 表示迁入种多于迁出种, 当 C 接近于 B 时, *MI*为零, 表示群落动态平衡。

2 结果

2.1 鱼类种类组成

对南海调查海域春秋2个航次捕获的鱼类进行系统整理, 共鉴定出鱼类504种, 隶属于2纲31目129科294属(表2)。其中软骨鱼纲33种, 占全部出现种类的6.5%, 隶属于9目19科25属, 如阿里拟角鲨(*Squaliolus aliae*)、黑线银鲛(*Chimaera phantasma*)、及达尖犁头鳐(*Rhynchobatus djiddensis*)等; 辐鳍鱼纲22目110科269属471种, 占全部出现种类的93.5%, 如拟绿鳍马面鲀(*Thamnaconus modestoides*)、棕斑兔头鲀(*Lagocephalus spadiceus*)、青石斑鱼(*Epinephelus awoara*)等。在目级水平上, 鲈形目占绝对优势, 为45科89属158种, 占全部种类数的31.3%, 如白鲳(*Ephippus orbis*)、短棘鲷(*Leiognathus equulus*)、刺鲳(*Psenopsis anomala*)等。秋季出现鱼类288种, 春季出现鱼类374种, 两个季节均出现的种类有158种, 如鞍带拟鲈(*Parapercis muronis*)、斑鲳(*Okamejei kenojei*)、短尾大眼鲷(*Priacanthus macracanthus*)等。

北部湾口海域出现鱼类301种, 隶属于26目100科195属, 其中软骨鱼纲14种, 隶属于6目9科9属; 辐鳍鱼纲287种, 隶属于20目91科186属。南沙群岛西南部海域出现鱼类357种, 隶属于27目108科219属, 其中软骨鱼纲26种, 隶属于8目16科21属; 辐鳍鱼纲331种, 隶属于19目92科198属。同时出现在上述两个海域的鱼类有154种, 隶属于21目71科112属, 如黄鲛鰈(*Lophius litulon*)、蓝圆鲈(*Decapterus maruadsi*)、斑鳍光唇鲨(*Eridacnis radcliffei*)等。

2.2 相对重要性指数

秋季优势种有3种(1.0%), 分别为发光鲷(*Acropoma japonicum*)、竹荚鱼(*Trachurus japonicus*)和锯棘尖牙鲈(*Synagrops serratospinosus*) (表3)。主要种有7种(2.4%), 主要为蓝圆鲈、黄鳍马面鲀(*Thamnaconus hypargyreus*)、短尾大眼鲷等。一般

表2 南海调查海域鱼类种类组成及其所占比例

Table 2 Species composition and proportion in the surveyed areas of South China Sea

纲 Class	目 Order	数量 No. (%)			
		科 Family	属 Genus	种 Species	
软骨鱼纲 Elasmobranchii	银鲛目 Chimaeriformes	1 (0.8)	1 (0.3)	1 (0.2)	
	须鲨目 Orectolobiformes	1 (0.8)	1 (0.3)	1 (0.2)	
	真鲨目 Carcharhiniformes	3 (2.3)	6 (2.0)	8 (1.6)	
	六鳃鲨目 Hexanchiformes	1 (0.8)	1 (0.3)	1 (0.2)	
	角鲨目 Squaliformes	4 (3.1)	4 (1.4)	5 (1.0)	
	扁鲨目 Squatiniformes	1 (0.8)	1 (0.3)	2 (0.4)	
	电鳐目 Torpediniformes	1 (0.8)	1 (0.3)	1 (0.2)	
	鳐目 Rajiformes	3 (2.3)	5 (1.7)	9 (1.8)	
	鲛目 Myliobatiformes	4 (3.1)	5 (1.7)	5 (1.0)	
辐鳍鱼纲 Actinopterygii	鳗鲡目 Anguilliformes	6 (4.7)	18 (6.1)	34 (6.7)	
	鲱形目 Clupeiformes	3 (2.3)	4 (1.4)	5 (1.0)	
	鼠鲱目 Gonorynchiformes	1 (0.8)	1 (0.3)	1 (0.2)	
	水珍鱼目 Argentiniiformes	2 (1.6)	3 (1.0)	3 (0.6)	
	巨口鱼目 Stomiiformes	4 (3.1)	16 (5.4)	23 (4.6)	
	辫鱼目 Ateleopodiformes	1 (0.8)	1 (0.3)	1 (0.2)	
	仙女鱼目 Aulopiformes	3 (2.3)	5 (1.7)	18 (3.6)	
	灯笼鱼目 Myctophiformes	2 (1.6)	9 (3.1)	21 (4.2)	
	月鱼目 Lampriformes	1 (0.8)	1 (0.3)	1 (0.2)	
	须鳃目 Polymixiiformes	1 (0.8)	1 (0.3)	1 (0.2)	
	鳉形目 Gadiformes	3 (2.3)	8 (2.7)	16 (3.2)	
	鲷形目 Ophidiiformes	1 (0.8)	8 (2.7)	10 (2.0)	
	鮫形目 Lophiiformes	4 (3.1)	8 (2.7)	15 (3.0)	
	颌针鱼目 Beloniformes	1 (0.8)	1 (0.3)	1 (0.2)	
	金眼鲷目 Beryciformes	5 (3.9)	6 (2.0)	8 (1.6)	
	奇金眼鲷目 Stephanoberyciformes	1 (0.8)	1 (0.3)	1 (0.2)	
	海鲂目 Zeiformes	4 (3.1)	7 (2.4)	9 (1.8)	
	刺鱼目 Gasetrosteiformes	2 (1.6)	2 (0.7)	3 (0.6)	
	鲉形目 Scorpaeniformes	8 (6.2)	40 (13.6)	71 (14.1)	
	鲈形目 Perciformes	45 (34.9)	89 (30.3)	158 (31.3)	
	鲷形目 Pleuronectiformes	7 (5.4)	25 (8.5)	46 (9.1)	
	鲉形目 Tetraodontiformes	5 (3.9)	15 (5.1)	25 (5.0)	
	合计 Total	31	129	294	504

种 33 种 (11.5%), 主要有黑鮫 (Lophiomus setigerus)、单棘躄鱼 (Chaunax fimbriatus)、弓背鰐齿鱼 (Champsodon atridorsalis) 等。少见种 245 种, 占秋季所有出现种类的 85.1%, 主要有瑞氏红鲂鲷 (Satyrichthys rieffeli)、土佐湾楔花鮫 (Sphenanthias tosaensis)、燕赤鮫 (Chelidoperca hirundinacea) 等。

春季优势种有 2 种 (0.5%), 为菲律宾尖牙鲈 (Synagrops philippinensis) 和深水金线鱼 (Nemipterus bathybius) (表 3)。主要种有 19 种 (5.1%), 如发光鲷、叉斑狗母鱼 (Synodus macrops)、多齿蛇鲻 (Saurida tumbil)、鹿儿岛水珍鱼 (Argentina kagoshimae) 等。

一般种 39 种 (10.4%), 主要有日本绯鲤 (Upeneus japonicus)、带鱼 (Trichiurus lepturus)、棘茄鱼 (Halieutaea stellata) 等。少见种 314 种, 占春季所有出现种类的 84.0%, 主要有乌鲳 (Parastromateus niger)、翼红娘鱼 (Lepidotrigla alata)、网纹裸胸鲳 (Gymnothorax reticularis) 等。

北部湾口海域优势种 3 种 (1.0%), 为竹荚鱼、发光鲷和蓝圆鲹。主要种有 7 种 (2.3%), 为灰软鱼 (Malakichthys griseus)、尖牙鲈 (Synagrops japonicus)、黄鳍马面鲀等 (表 3)。一般种 23 种 (7.6%), 有刺鲳、深水金线鱼、鲳 (Katsuwonus pelamis) 等。少见

表3 南海调查海域主要鱼类相对重要性指数

Table 3 Index of relative importance (IRI) of main fish species in the surveyed areas of South China Sea

秋季 Autumn		春季 Spring		北部湾口海域 The mouth of Beibu Bay		南沙群岛西南部海域 Southwestern seas of Nansha Islands	
种名 Species	IRI	种名 Species	IRI	种名 Species	IRI	种名 Species	IRI
锯棘尖牙鲈 <i>Synagrops serratospinosus</i>	1,826	菲律宾尖牙鲈 <i>Synagrops philippinensis</i>	893	竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	4,111	锯棘尖牙鲈 <i>Synagrops serratospinosus</i>	1,646
竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	1,084	深水金线鱼 <i>Nemipterus bathybius</i>	557	发光鲷 <i>Acropoma japonicum</i>	1,869	黄鳍马面鲈 <i>Thamnaconus hypargyreus</i>	382
发光鲷 <i>Acropoma japonicum</i>	555	发光鲷 <i>Acropoma japonicum</i>	493	蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	1,278	单棘躄鱼 <i>Chaunax fimbriatus</i>	273
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	426	叉斑狗母鱼 <i>Synodus macrops</i>	472	黄鳍马面鲈 <i>Thamnaconus hypargyreus</i>	460	深水金线鱼 <i>Nemipterus bathybius</i>	237
黄鳍马面鲈 <i>Thamnaconus hypargyreus</i>	233	多齿蛇鲭 <i>Saurida tumbil</i>	465	短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i>	225	高菱鲷 <i>Antigonia capros</i>	216
短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i>	198	长蛇鲭 <i>Saurida elongata</i>	315	带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	178	多齿蛇鲭 <i>Saurida tumbil</i>	213
尖牙鲈 <i>Synagrops japonicus</i>	168	鹿儿岛水珍鱼 <i>Argentina kagoshimae</i>	292	尖牙鲈 <i>Synagrops japonicus</i>	163	叉斑狗母鱼 <i>Synodus macrops</i>	208
密斑马面鲈 <i>Thamnaconus tessellatus</i>	161	短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i>	277	细羊舌鲆 <i>Arnoglossus tenuis</i>	134	菲律宾尖牙鲈 <i>Synagrops philippinensis</i>	207
灰软鱼 <i>Malakichthys griseus</i>	150	南非鳄齿鱼 <i>Champsodon capensis</i>	262	弓背鳄齿鱼 <i>Champsodon atridorsalis</i>	111	短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i>	196
日本绯鲤 <i>Upeneus japonicus</i>	124	弓背鳄齿鱼 <i>Champsodon atridorsalis</i>	251	灰软鱼 <i>Malakichthys griseus</i>	101	黑鲛鲷 <i>Lophiomus setigerus</i>	173
		土佐副眶棘鲈 <i>Parascloopsis tosenis</i>	232			弓背鳄齿鱼 <i>Champsodon atridorsalis</i>	119
		燕赤鲷 <i>Chelidoperca hirundinacea</i>	226			日本绯鲤 <i>Upeneus japonicus</i>	112
		单棘躄鱼 <i>Chaunax fimbriatus</i>	193			土佐副眶棘鲈 <i>Parascloopsis tosenis</i>	111
		黑鲛鲷 <i>Lophiomus setigerus</i>	173			燕赤鲷 <i>Chelidoperca hirundinacea</i>	107
		花斑蛇鲭 <i>Saurida undosquamis</i>	173			长蛇鲭 <i>Saurida elongata</i>	104
		何氏瓮鲷 <i>Okamejei hollandi</i>	145			大鳞拟棘鲆 <i>Citharoides macrolepis</i>	102
		绿尾低线鱼 <i>Chrionema chlorotaenia</i>	140			何氏瓮鲷 <i>Okamejei hollandi</i>	102
		大鳞拟棘鲆 <i>Citharoides macrolepis</i>	127				
		细羊舌鲆 <i>Arnoglossus tenuis</i>	116				
		胁谷软鱼 <i>Malakichthys wakiyae</i>	113				
		密斑马面鲈 <i>Thamnaconus tessellatus</i>	112				

种268种, 占出现种类数的89.0%, 主要为仙鲷鲷(*Siremba imberbis*)、日本骨鯧(*Ostichthys japonicus*)、红鳍圆鲹(*Decapterus russelli*)等。

南沙群岛西南部海域优势种1种(0.3%), 为锯棘尖牙鲈。主要种有16种(4.5%), 为密斑马面鲈(*Thamnaconus tessellatus*)、多齿蛇鲭、大鳞拟棘鲆(*Citharoides macrolepis*)等(表3)。一般种36种(10.1%), 有花斑蛇鲭(*Saurida undosquamis*)、短蛇鲭(*Rexea prometheoides*)、褐黄扁魮(*Urolophus aurantiacus*)等。少见种304种, 占总种类数的85.2%, 主要

为鰕鲷(*Cociella crocodila*)、印度无齿鲷(*Ariomma indicum*)、白点宽吻鲷(*Amblyrhynchotes honckenii*)等。

2.3 多样性指数

从季节分布来看(表4), Margalef种类丰富度指数(D)的波动范围最大, 为1.70–10.63, 春秋两季的平均值为5.45; 春季的平均值高于秋季, 秋季的变化范围略小于春季。Shannon-Wiener种类多样性指数(H')的变化范围为0.43–3.29, 春秋两季的平均值为2.37; 春季的平均值高于秋季, 但多样性指数的

表4 南海调查海域鱼类物种多样性指数的季节变化

Table 4 Seasonal changes of species diversity indices of fish in the surveyed areas of South China Sea

	Margalef丰富度指数 Margalef richness index (<i>D</i>)		Shannon-Wiener多样性指数 Shannon-Wiener diversity index (<i>H'</i>)		Pielou均匀度指数 Pielou evenness index (<i>J'</i>)	
	均值 Average	范围 Range	均值 Average	范围 Range	均值 Average	范围 Range
秋季 Autumn						
北部湾口海域 The mouth of Beibu Bay	4.25	1.70–6.44	1.89	0.65–2.98	0.54	0.35–0.79
南沙群岛西南部海域 Southwestern seas of Nansha Islands	5.23	3.00–7.83	2.29	0.43–2.92	0.68	0.12–0.88
调查海域 The surveyed seas	4.84	1.70–7.83	2.13	0.43–2.98	0.62	0.12–0.88
春季 Spring						
北部湾口海域 The mouth of Beibu Bay	5.41	2.15–8.74	2.43	1.21–3.29	0.72	0.53–0.88
南沙群岛西南部海域 Southwestern seas of Nansha Islands	6.40	4.26–10.60	2.68	1.75–3.29	0.70	0.50–0.84
调查海域 The surveyed seas	6.05	2.15–10.63	2.60	1.21–3.29	0.71	0.50–0.88
均值 Average	5.45		2.37		0.67	

变化范围明显小于秋季。均匀度指数(*J'*)的变化范围为0.12–0.88, 两季均值为0.67, 春季均值略高于秋季均值。从整体来看, 春季的物种多样性相关指数均高于秋季。

综合春秋两个季节调查数据来看, 北部湾口海域种类丰富度指数为4.83, 低于西南部海域(5.82); 南沙群岛西南部海域Shannon-Wiener种类多样性指数为2.49, 北部湾口海域略低, 为2.16; 南沙群岛西南部海域均匀度指数为0.69, 略高于北部湾口海域(0.63)。整体来看, 南沙群岛西南部海域的鱼类物种多样性相关指数均高于北部湾口海域。

2.4 群落更替和迁移指数

两个季节的鱼类种类都处于变动之中, 春季鱼类迁移指数为39.8%, 表明迁入种类数大于迁出种类数; 秋季鱼类迁移指数为-66.2%, 表明迁入种类数小于迁出种类数。两季迁移指数显示两季的鱼类群落结构明显偏离平衡状态。秋季鱼类更替指数为266.2%, 明显高于春季(160.2%), 表明秋季的鱼类群落稳定性要低于春季。两季的更替指数和迁移指数变化趋势一致(图1)。

北部湾口海域鱼类迁移指数为-38.1%, 表明迁入种类数小于迁出种类数; 南沙群岛西南部海域迁移指数为27.6%, 表明迁入种类数大于迁出种类数。南北两海域迁移指数显示, 两季的鱼类群落结构明显偏离平衡状态。北部湾口海域鱼类更替指数为238.1%, 明显高于南沙群岛西南部海域的172.4%,

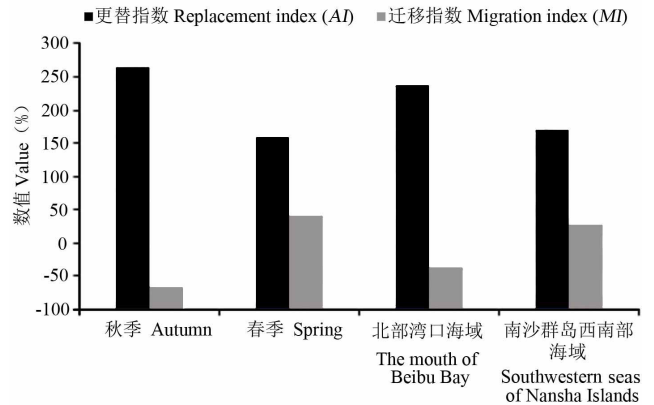


图1 南海调查海域鱼类群落更替指数(AI)和迁移指数(MI)
Fig. 1 Replacement index (AI) and migration index (MI) of fish community in the surveyed areas of South China Sea

表明其鱼类群落稳定性要低于南沙群岛西南部海域。南北两海域的更替指数和迁移指数变化趋势一致(图1)。

3 讨论

物种多样性的保护和持续利用是当今全球环境保护的热点之一, 其中就包括海洋鱼类的保护和持续利用。由于南海不同海域(包括大陆架外缘和大陆斜坡)的水文、地貌等环境条件存在较大差异, 从而形成了南海特有的物种多样性、优势种及区系特点, 在这片海域孕育了极其丰富的鱼类物种多样性(陈清潮, 1997; 马彩华等, 2006)。

表5 本次调查和相关海域鱼类种类比较

Table 5 Comparison of fish species in the surveyed seas with other related seas

海域 Areas	纲 Class	目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species	时间 Date	来源 Sources
本次调查海域 The surveyed seas	2	31	129	294	504	2012–2013	本研究 This study
北部湾口海域 The mouth of Beibu Bay	2	26	100	195	301	2012–2013	本研究 This study
南沙群岛西南部 Southwestern seas of Nansha Islands	2	27	108	219	357	2012–2013	本研究 This study
南海 South China Sea	3	35	236	822	2,321	已报道整理 Reported	Ma et al, 2006
北部湾 Beibu Bay	2	27	138	371	626	已报道整理 Reported	Sun et al, 2010
南海北部海域 The northern seas of South China Sea	–	–	–	–	650	1997–1999	Jia et al, 2004
北部湾 Beibu Bay	–	–	81	–	244	2001	Qiao et al, 2008
南海西南部海域 Southwestern seas of South China Sea	–	20	102	–	262	2006–2007	Wang et al, 2013
海南岛 Hainan Island	–	21	100	172	292	2006–2007	Sun et al, 2012

本航次调查共鉴定鱼类504种,南沙群岛西南部海域(357种)出现种类数高于北部湾口海域(301种),明显低于南海已报道的种类数(马彩华等, 2006),同时也低于南海北部海域1997–1999年进行679次拖网调查鉴定的种类数(贾晓平等, 2004)(表5)。主要原因是本次调查仅进行了2个航次的底拖网调查,拖网频次相对较少,且调查海域仅局限于适合底拖网的海域,对中上层和珊瑚礁鱼类取样有限。北部湾口海域鉴定鱼类数(301)明显低于同海域北部湾已报道种类数(孙冬芳等, 2010),而高于2001年北部湾(乔延龙等, 2008)、南海西南部海域(王雪辉等, 2013)和海南岛(孙典荣等, 2012)调查鉴定的鱼类数(表5)。1990–1993年的南沙群岛西南部大陆架调查(中国科学院南沙综合科学考察队和中国水产科学研究院南海水产研究所, 1996),在整理数据时将非经济鱼类以及幼鱼剔除,记录主要经济鱼类360余种,与本次南沙群岛西南部调查出现鱼类种类数(357种)基本一样,但当时出现的许多经济鱼类如灰石斑鱼(*Epinephelus heniochus*)、星斑裸颊鲷(*Lethrinus nebulosus*)、繁星鲆(*Bothus myriaster*)、黑纹条鲷(*Seriolina nigrofasciata*)、黄线紫鱼(*Pristipomoides multidens*)等在本次调查中甚至没有出现(表5),表明目前南沙群岛西南部海域的鱼类组成已发生较大变化。

优势种类在生态系统中占据重要地位,其变化能影响整个群落数量变化和能量流动,同时也是海洋生态系统中的关键因子(孙典荣等, 2012)。本次调查显示,该调查海域内秋季优势种(包括优势种和主要种)种类数明显低于春季,优势种类均以中

小型鱼类为主,并且种类更替现象明显,暗示捕捞结构和捕捞强度已经严重影响了鱼类季节间的更替过程,种类组成结构明显改变(邱永松等, 2008)。南沙群岛西南部海域鱼类优势种数量低于同期调查的北部湾口海域,而且明显低于北部湾(乔延龙等, 2008)和北部大陆架海域(江艳娥等, 2009),符合优势种数量随纬度降低而减少的变化趋势。

从南海调查海域鱼类物种多样性的季节特征(表4)来看, Margalef种类丰富度指数、Shannon-Wiener种类多样性指数和均匀度指数均表现为秋季低于春季,这可能与春季出现大量鱼类补充群体,而许多种类在秋季有向较深海区移动的趋势有关(邱永松等, 2008)。从南海调查海域游泳动物多样性的空间特征(表4)来看, Margalef种类丰富度指数、Shannon-Wiener种类多样性指数和均匀度指数变化趋势一致,表现为南沙群岛西南部海域高于北部湾口海域,这主要是由于南沙群岛西南部海域受水温、洋流、底质等的影响较大,导致种类变化较大,从而使多样性指数较高(邱永松等, 2008);而南沙群岛西南部海域纬度较低,更加稳定的生境,也是生物多样性较高的另一重要原因。由图1可以看出更替指数的变化与鱼类种类多样性的变化无明显的相关性,秋季鱼类的群落稳定性低于春季。春秋两季的北部湾口海域和南沙群岛西南部海域的鱼类均处于洄游频繁的时期,从而导致鱼类群落结构明显偏离平衡状态,同时从鱼类的适温性来看,不同季节不同海域的暖水性和暖温性鱼类频繁迁入迁出,同样是造成更替指数和迁移指数发生较大波动、群落结构偏离平衡的一个重要原因。

南海属于物种多样性较高的海区, 其海域生态多样性对鱼类生物学和渔业资源的分布趋势起着重要作用, 同时也决定了南海渔业的类型(马彩华等, 2006)。南海底层和近底层渔业资源的大多数鱼类都以地方性种群的形式各自分散栖息在不同的局域海域, 习性相近的种群又彼此混居, 可为捕捞提供多个可选择的作业场地和捕捞对象, 但同时也存在同一场地内多艘渔船轮番往复的扫荡式捕捞的可能。从本研究来看, 南沙西南部海域鱼类多样性和群落结构稳定性相较于北部湾口海域要好, 并且近年来对南海北部海域渔业资源的持续过度捕捞已导致北部海域渔业资源大幅衰退。为了逐步恢复北部渔业资源并充分利用整个南海海域渔业资源, 国家应采取支持政策和优惠措施引导渔民合理开发南海中南部海域的渔业资源, 以保障整个南海渔业的稳定发展。

参考文献

- Comprehensive Scientific Expedition Team of Chinese Academy of Sciences to Nansha Islands, South China Sea Fisheries Research Institute of Chinese Academy of Fishery Sciences (1996) Research Report on Bottom Trawl Fishery Resources Investigation in Southwestern Continental Shelf Sea Waters of Nansha Islands, pp. 1–57. China Ocean Press, Beijing. (in Chinese) [中国科学院南沙综合科学考察队, 中国水产科学研究院南海水产研究所 (1996) 南沙群岛西南部陆架海区底拖网渔业资源调查研究专集, pp. 1–57. 海洋出版社, 北京.]
- Chen GB, Li YZ, Chen XJ (2007) Species diversity of fishes in the coral reefs of South China Sea. *Biodiversity Science*, 15, 373–381. (in Chinese with English abstract) [陈国宝, 李永振, 陈新军 (2007) 南海主要珊瑚礁水域的鱼类物种多样性研究. *生物多样性*, 15, 373–381.]
- Chen PM (2003) Optimum catchable size of 17 fish species in southwestern continental shelf of Nansha Islands and optimum trawl mesh size for multiple fishes. *Journal of Fishery Sciences of China*, 10, 41–45. (in Chinese with English abstract) [陈丕茂 (2003) 南沙群岛西南部陆架17种鱼类最佳开捕规格和多鱼种拖网最佳网目尺寸. *中国水产科学*, 10, 41–45.]
- Chen QC (1997) Current status and prospects of marine biodiversity in China. *Chinese Biodiversity*, 5, 142–146. (in Chinese with English abstract) [陈清潮 (1997) 中国海洋生物多样性的现状和展望. *生物多样性*, 5, 142–146.]
- Cheng QT, Zhu YD, Zhang CL (1962) *Fishes of South China Sea*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [成庆泰, 朱元鼎, 张春霖 (1962) 南海鱼类志. 科学出版社, 北京.]
- Huang ZR (2005) Study of stock and management of *Nemipterus virgatus* in southwestern continental shelf of Nansha Islands. *South China Fisheries Science*, 1, 18–23. (in Chinese with English abstract) [黄梓荣 (2005) 南沙群岛西南陆架区金线鱼资源与管理的研究. *南方水产科学*, 1, 18–23.]
- Jia XP, Li YZ, Li CH, Qiu YS, Gan JL (2004) Environment and Fishery Resources in the Exclusive Economic Zone and the Continental Shelf of South China Sea, pp. 339–542. Science Press, Beijing. (in Chinese) [贾晓平, 李永振, 李纯厚, 邱永松, 甘居利 (2004) 南海专属经济区和大陆架渔业生态环境与渔业资源, 339–542. 科学出版社, 北京.]
- Jiang YE, Lin ZJ, Huang ZR (2009) Biodiversity of fishery resources in the continental shelf of northwestern South China Sea. *South China Fisheries Science*, 5, 32–37. (in Chinese with English abstract) [江艳娥, 林昭进, 黄梓荣 (2009) 南海北部大陆架区渔业生物多样性研究. *南方水产科学*, 5, 32–37.]
- Li YZ, Lin ZJ, Chen PM, Sun DR, Chen Y, Chen GB, Zhang XF (2003) Survey for coral reef fish resources in the center and north waters of the Nansha Islands. *Journal of Fisheries of China*, 27, 315–321. (in Chinese with English abstract) [李永振, 林昭进, 陈丕茂, 孙典荣, 陈炎, 陈国宝, 张旭丰 (2003) 南沙群岛中北部重要岛礁鱼类资源调查. *水产学报*, 27, 315–321.]
- Li YZ, Chen GB, Yuan WW (2004) Exploitive status quo and potential of coral reef fishery resources in Nansha Islands waters. *Journal of Tropical Oceanography*, 23, 69–75. (in Chinese with English abstract) [李永振, 陈国宝, 袁尉文 (2004) 南沙群岛海域岛礁鱼类资源的开发现状和开发潜力. *热带海洋学报*, 23, 69–75.]
- Li YZ, Chen PM (2004) Quantitative distribution of fish resources in main coral reef waters of Nansha Islands. *Journal of Fisheries of China*, 28, 651–656. (in Chinese with English abstract) [李永振, 陈丕茂 (2004) 南沙群岛重要珊瑚礁水域鱼类资源数量分布. *水产学报*, 28, 651–656.]
- Li YZ, Shi YR, Ai H, Dong LN, Li NN, Li X, Gao TX (2011) Large scale distribution patterns of taxonomic diversity of fish in coral reef waters, South China Sea. *Journal of Fishery Sciences of China*, 18, 619–628. (in Chinese with English abstract) [李永振, 史赟荣, 艾红, 董丽娜, 李娜娜, 李夏, 高天翔 (2011) 南海珊瑚礁海域鱼类分类多样性大尺度分布格局. *中国水产科学*, 18, 619–628.]
- Ludwig JA, Reynolds JF (1988) *Statistical Ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- Ma CH, You K, Li FQ, Zhang MZ (2006) A study on the relationship of the fish biodiversity and the faunal distribution in the South China Sea. *Periodical of Ocean University of China*, 36, 665–670. (in Chinese with English abstract) [马彩华, 游奎, 李凤岐, 张美昭 (2006) 南海鱼类生物多样性与区系分布. *中国海洋大学学报*, 36, 665–670.]
- Ma KP (1994) Measurement of biotic community diversity. I. α diversity (Part 1). *Chinese Biodiversity*, 2, 162–168. (in

- Chinese) [马克平 (1994) 生物群落多样性的测度方法. I. α 多样性的测度方法(上). 生物多样性, 2, 162–168.]
- Nelson JS (2006) *Fishes of the World*, 4th edn. John Wiley and Sons, New York.
- Pinkas ER (1971) Ecology of the agamid lizard *Amphibolurus isolepis* in Western Australia. *Copeia*, 3, 527–536.
- Qiao YL, Lin ZJ, Qiu YS (2008) Change of fishery species community structure during autumn and winter in Beibu Gulf. *Journal of Guangxi Normal University*, 26, 100–104. (in Chinese with English abstract) [乔延龙, 林昭进, 邱永松 (2008) 北部湾秋、冬季渔业生物群落结构特征的变化. 广西师范大学学报, 26, 100–104.]
- Qiu YS (1988) The regional changes of fish community on the northern continental shelf of South China Sea. *Journal of Fisheries of China*, 12, 303–311. (in Chinese with English abstract) [邱永松 (1988) 南海北部大陆架鱼类群落的区域性变化. 水产学报, 12, 303–311.]
- Qiu YS (1990) A preliminary analysis of fish species groups on the northern continental shelf of South China Sea. *Journal of Fisheries of China*, 14, 267–276. (in Chinese with English abstract) [邱永松 (1990) 南海北部大陆架鱼种组群初步分析. 水产学报, 14, 267–276.]
- Qiu YS, Zeng XG, Chen T, Wang YZ, Yuan WW (2008) *Fishery Resources and Management of South China Sea*, pp. 115–179, 202–208. China Ocean Press, Beijing. (in Chinese) [邱永松, 曾晓光, 陈涛, 王跃中, 袁蔚文 (2008) 南海渔业资源与渔业管理, 115–179, 202–208. 海洋出版社, 北京.]
- Sun DF, Zhu WC, Ai H, Li NN, Dong LN, Shi YR, Lu WH, Li XG, Li YZ (2010) Taxonomic diversity of fish species in Beibu Gulf. *Guangdong Agricultural Sciences*, 37, 4–7. (in Chinese with English abstract) [孙冬芳, 朱文聪, 艾红, 李娜娜, 董丽娜, 史赞荣, 卢伟华, 李希国, 李永振 (2010) 北部湾海域鱼类物种分类多样性研究. 广东农业科学, 37, 4–7.]
- Sun DR, Lin ZJ (2004) Variations of major commercial fish stocks and strategies for fishery management in Beibu Gulf. *Journal of Tropical Oceanography*, 23, 62–68. (in Chinese with English abstract) [孙典荣, 林昭进 (2004) 北部湾主要经济鱼类资源变动分析及保护对策探讨. 热带海洋学报, 23, 62–68.]
- Sun DR, Li Y, Wang XH (2012) Seasonal changes of species composition and diversity of fishes in coastal waters of Hainan Island, China. *South China Fisheries Science*, 8, 1–7. (in Chinese with English abstract) [孙典荣, 李渊, 王雪辉 (2012) 海南岛近岸海域鱼类物种组成和多样性的季节变动. 南方水产科学, 8, 1–7.]
- Wang XH, Qiu YS, Du FY, Lin ZJ, Sun DR, Huang SL (2010) Fish community pattern and its relation to environmental factors in the Beibu Gulf. *Journal of Fisheries of China*, 34, 1579–1586. (in Chinese with English abstract) [王雪辉, 邱永松, 杜飞雁, 林昭进, 孙典荣, 黄硕琳 (2010) 北部湾鱼类群落格局及其与环境因子的关系. 水产学报, 34, 1579–1586.]
- Wang XH, Qiu YS, Du FY, Lin ZJ, Sun DR, Huang SL (2012) Dynamics of demersal fish species diversity and biomass of dominant species in autumn in the Beibu Gulf, northwestern South China Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 32, 333–342. (in Chinese with English abstract) [王雪辉, 邱永松, 杜飞雁, 林昭进, 孙典荣, 黄硕琳 (2010) 北部湾秋季底层鱼类多样性和优势种数量的变动趋势. 生态学报, 32, 333–342.]
- Wang XH, Lin ZJ, Du FY, Qiu YS, Sun DR, Wang YZ, Liang X, Huang SL (2013) Fish species composition and community pattern in the continental shelf of northwestern South China Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 33, 2225–2235. (in Chinese with English abstract) [王雪辉, 林昭进, 杜飞雁, 邱永松, 孙典荣, 王跃中, 梁新, 黄硕琳 (2013) 南海西北部陆架区鱼类的种类组成与群落格局. 生态学报, 33, 2225–2235.]
- Wilhm JL (1968) Use of biomass units in Shannon's formula. *Ecology*, 49, 153–156.
- Zhang J, Xu SJ, Li Y, Gao TX, Song PQ, Lin LS (2013) Studies on fish community structure in Dongshan Bay and its adjacent areas. *Periodical of Ocean University of China*, 43, 51–57. (in Chinese with English abstract) [张静, 徐思嘉, 李渊, 高天翔, 宋普庆, 林龙山 (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, 51–57.]
- Zhong ZH, Chen ZZ, Liu GM (2005) Species composition and quantity dynamics of main economical fishes from bottom trawl in southwestern continental shelf of Nansha Islands. *Journal of Fishery Sciences of China*, 12, 796–800. (in Chinese with English abstract) [钟智辉, 陈作志, 刘桂茂 (2005) 南沙群岛西南陆架区底拖网主要经济渔获种类组成和数量变动. 中国水产科学, 12, 796–800.]

(责任编辑: 高天翔 责任编辑: 闫文杰)