

北部湾口海域鱼类分类多样性的初步探讨

李 渊^{1,4}, 王燕平¹, 张 静^{2,4}, 李 军², 晏 磊³, 张 鹏³, 林龙山¹

(1. 国家海洋局第三海洋研究所海洋生态与生物实验室, 福建 厦门 361005; 2. 集美大学水产学院, 福建 厦门 361021;

3. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300;

4. 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年在北部湾口海域秋、春两个航次的调查数据,系统地分析了调查海域鱼类种类组成,并分别计算该海域鱼类的相对重要性指数(IRI)、分类阶元包涵指数($TINCL_i$)及分类多样性指数(Δ^+ 和 Λ^+)。结果显示,此次调查共捕获鱼类26目100科195属301种,其中以鲈形目鱼类占据绝对优势,两个季节同时被捕获鱼类75种。秋季优势种类数明显低于春季,且均以中小型鱼类为主,种类更替现象明显。 $TINCL_i$ 研究结果表明,研究海域鱼类种类组成目、科、属所分别拥有的(科、属、种)、(属、种)和(种)的平均数目分别为(3.85、7.50、11.58)、(1.95、3.01)和(1.54),在种级水平上,该海域的鱼类分类多样性较低,分布相对集中,亲缘关系较近。北部湾口海域的 Δ^+ 和 Λ^+ 值分别为46.34和47.82,相比较于黄渤海、东海和南沙群岛西南部海域,其 Δ^+ 值最接近于北部湾,表明二者间鱼类的亲缘关系比较近;但在大尺度范围内,该海域 Δ^+ 值并未表现出明显随纬度变化的规律。

关键词:海洋生物学;鱼类;分类阶元包涵指数($TINCL_i$);分类多样性;相对重要性指数(IRI);北部湾口

DOI:10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2016. 02. 012

中图分类号: P735

文献标识码: A

文章编号: 2095-4972 (2016)02-0229-07

北部湾口海域位于北部湾以南,是北部湾南向出口外的广阔海域,平均水深约200 m,渔场面积约为 $4 \times 10^4 \text{ km}^2$,属于热带海域^[1-2]。该海域与北部湾海底大陆架的地质地貌状况相类似,水深在80~200 m海域的渔业资源生产力较高,属于典型的多种类渔业资源海域^[3]。近年来,许多学者对南海生物多样性进行了研究^[4-6],为南海海洋生物保护提供了宝贵的资料,而针对北部湾口海域的研究相对较少,研究主要集中在经济鱼类生物学特征^[2-3, 7-8]、渔业资源调查及动态分析^[9-11]等方面。有关南海鱼类分类多样性的研究多集中于南海北部陆架区^[12]、北部湾海域^[13]、珊瑚礁区域^[14-15]以及南沙群岛西南部陆架海域^[16],而北部湾口海域鱼类分类多样性的相关研究仍处于空白状态。

本研究根据2012~2013年秋、春两个航次北部

湾口的调查数据,探讨了该海域鱼类分类多样性现状,分析了季节变化对鱼类分布的影响,同时与不同海域的相关研究结果进行对比,以期为北部湾口海域渔业资源的开发、利用和保护提供参考。

1 材料和方法

1.1 站位设置及样品采集

2012年9~10月(秋季)和2013年3~4月(春季)在北部湾口海域进行了2个航次的底拖网调查,共设11个调查站位(图1)。调查船只为渔船“桂北渔60011”,渔船总吨位为300 t,总长36.8 m,型宽6.8 m,型深3.8 m,主机功率441 kW。作业网具为单囊底拖网,网口宽度为37.7 m,网口拉紧周长为80.8 m,网衣长度为59.5 m,网囊网目为40 mm。

此次研究综合考虑了预设站位与实际站位海域

收稿日期:2015-10-12

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

作者简介:李渊(1985~),男,助理研究员;E-mail:liyuan@tio.org.cn

通讯作者:林龙山(1974~),男,研究员;E-mail:linlongshan@tio.org.cn

水文、底质等环境因素,对每个站位进行了长约 1 h 的拖网调查,平均拖网速度为 5.6 km/h. 采样方法、样品的保存与分析均严格按照《海洋调查规范》^[17] 进行,所捕获鱼类主要依据 Nelson(2006) 的分类系统标准^[18] 进行分类鉴定.

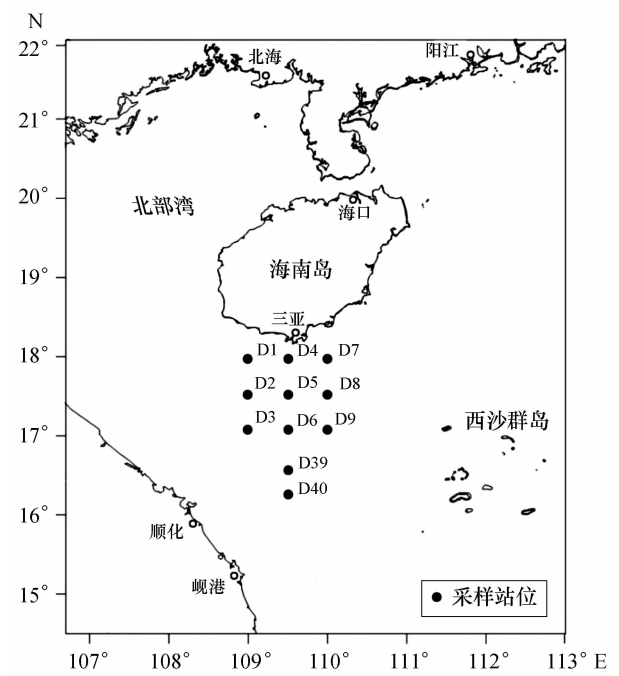


图 1 北部湾口海域调查站位

Fig. 1 Surveyed stations in the mouth of Beibu Bay

1.2 相对重要性指数

本研究采用 Pinkas(1971) 提出的相对重要性指数(*IRI*)^[19] 比较分析北部湾口海域秋、春两季鱼类的优势种:

$$IRI = (N + W) \times F \tag{1}$$

式(1)中 *N* 表示某一种鱼类的尾数占鱼类总尾数的占比(%); *W* 表示某一种鱼类的质量占鱼类总质量的占比(%); *F* 表示某一种鱼类出现的站位数 占所有调查站位数的占比(%),也即出现频率. 现如今, *IRI* 已经广泛应用于鱼类群落优势种的研究之中^[20].

采用陈国宝等(2007) 的划分标准^[21] 对鱼类在群落中的 *IRI* 进行定义: *IRI* > 500, 该鱼种为优势种;

100 < *IRI* < 500, 该鱼种为常见种; 10 < *IRI* < 100, 该鱼种为一般种; *IRI* < 10, 该鱼种为少见种.

1.3 分类阶元包涵指数

本研究采用分类阶元包含指数(*TINCL_i*) 来表征各分类阶元上的鱼类组成的多样性, 该指数可以用来比较分析不同分类阶层中鱼类分布的集中差异, 以解释不同鱼类间的亲缘远近关系. 其中 *TINCL_i* 值越小, 表明有较少的种(属、科) 级分类阶元类群归属于属(科、目) 级分类阶元, 即鱼类在该分类阶元中的种类分布越分散, 亲缘关系越远.

$$TINCL_i = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} C_{kj}, (k < i) \tag{2}$$

式(2)中 *N_i* 表示第 *i* 级分类阶元的数目, *C_{kj}* 为第 *j* 个 *k* 级分类阶元的数目^[12].

1.4 分类学多样性指数

分类学多样性指数^[22] 主要是指分类多样性指数(Δ)、分类差异指数(Δ^*)、平均分类差异指数(Δ^+) 以及分类差异变异指数(Λ^+). 在只有种类组成的情况下, 分类学多样性指数可以用 Δ^+ 和 Λ^+ 两个指数进行表达^[23-24].

在分类多样性指数中, Δ^+ 表示群落中随机选择的两个种类间平均分类等级路径的长度, 是对群落中存在的优势种和常见种类进行的最简化处理, 而且其平均值大小不受样本数量和取样性质的影响, 从而可以解决依赖物种数目的海域鱼类多样性鉴定方法^[24]. Λ^+ 值是指偏离 Δ^+ 程度的理论平均值, 可以用来反映鱼类种类组成亲缘关系分布的均匀程度, 在物种数较少时, 可能发生 Λ^+ 值偏小的情况^[25].

$$\Delta^+ = (\sum \sum_{i < j} \omega_{ij}) / [S(S - 1) / 2] \tag{3}$$

$$\Lambda^+ = \sum \sum_{i < j} (\omega_{ij} - \Delta^+)^2 / [S(S - 1) / 2] \tag{4}$$

式(3、4)中 ω_{ij} 表示第 *i* 个和第 *j* 个种类在分类系统树中的路径长度, *S* 表示种类数, 对于不同分类等级间加权路径长度的权重设置如表 1 所示. Δ^+ 和 Λ^+ 由 PRIMER 5.2 软件包的 TAXDTEST 求得. 在计算鱼类分类多样性指数的时候, 只运用到纲、目、科、属、种 5 个等级.

表 1 不同等级分类多样性权重值^[26]

Tab. 1 Branch weight on the taxonomic diversity in different level

分类等级	ω_{ij} 含义-物种的亲缘关系	路径长度的权重
种	物种属于一属	16.667
属	物种属于一科不同属	33.333
科	物种属于一目不同科	50.000
目	物种属于一纲不同目	66.667
纲	物种属于一门不同纲	83.333

2 结果与讨论

2.1 种类组成

北部湾口海域秋、春两个航次共捕获鱼类 301 种,隶属于 26 目 100 科 195 属,其中软骨鱼类 6 目 9 科 9 属 14 种,占总捕获鱼类种类的 4.65%,如阿里拟角鲨(*Squaliolus aliae*)、黑线银鲛(*Chimaera phantasma*)、尖嘴魮(*Dasyatis zugei*)等. 辐鳍鱼纲 20 目 91 科 186 属 287 种,占总捕获鱼类种类的 95.35%,如棕斑兔头鲈(*Lagocephalus spadiceus*)、横带髯鲷(*Hapalogenys muc-*

onatus)、竹荚鱼(*Trachurus japonicus*)等(表 2). 其中鲈形目占绝对优势,为 37 科 63 属 107 种,占全部种类数的 35.55%,如白鲧(*Ephippus orbis*)、短棘鲷(*Leiognathus equulus*)、刺鲧(*Psenopsis anomala*)等.

春季在北部湾口共捕获鱼类 201 种,秋季共捕获鱼类 175 种,其中春秋两个季节均在该海域被捕获的鱼类有 75 种,如黑斑双鳍电鲯(*Narcine maculata*)、网纹裸胸鲿(*Gymnothorax reticularis*)、肩斑狗母鱼(*Synodus hoshinonis*)等.

表 2 北部湾口海域鱼类种类组成中不同分类阶元的构成及其所占比例
Tab.2 Composition and percentage of different taxonomic levels on fishes species in the mouth of Beibu Bay

纲	目	数量(占比/%)		
		科	属	种
软骨鱼纲	银鲛目	1(1.00)	1(0.51)	1(0.33)
	真鲨目	2(2.00)	2(1.03)	4(1.33)
	角鲨目	2(2.00)	2(1.03)	2(0.66)
	电鲯目	1(1.00)	1(0.51)	1(0.33)
	鲯目	1(1.00)	1(0.51)	4(1.33)
	鲛目	2(2.00)	2(1.03)	2(0.66)
辐鳍鱼纲	鳗鲡目	6(6.00)	14(7.18)	17(5.65)
	鲱形目	3(3.00)	4(2.05)	5(1.66)
	水珍鱼目	2(2.00)	2(1.03)	2(0.66)
	巨口鱼目	4(4.00)	13(6.67)	18(5.98)
	辨鱼目	1(1.00)	1(0.51)	1(0.33)
	仙女鱼目	2(2.00)	3(1.54)	10(3.32)
	灯笼鱼目	1(1.00)	8(4.10)	17(5.65)
	月鱼目	1(1.00)	1(0.51)	1(0.33)
	须鲷目	1(1.00)	1(0.51)	1(0.33)
	鲳形目	2(2.00)	3(1.54)	4(1.33)
	魮鲷目	1(1.00)	4(2.05)	4(1.33)
	鲛鲷目	4(4.00)	6(3.08)	9(2.99)
	金眼鲷目	3(3.00)	4(2.05)	5(1.66)
	奇金眼鲷目	1(1.00)	1(0.51)	1(0.33)
	海鲂目	3(3.00)	5(2.56)	5(1.66)
	刺鱼目	1(1.00)	1(0.51)	2(0.66)
	鲉形目	8(8.00)	29(14.87)	43(14.29)
	鲈形目	37(37.00)	63(32.31)	107(35.55)
	鲷形目	7(7.00)	15(7.69)	23(7.64)
	鲹形目	4(4.00)	9(4.62)	12(3.99)
合计	26	100	195	301

2.2 相对重要性指数

依据 2012 ~2013 年在北部湾口海域进行的两个航次调查结果,分别计算两季节所获鱼类物种的 *IRI*. 结果显示不同季节鱼类的优势种和常见种差异较大(表 3),优势种仅发光鲷(*Acropoma japonicum*)同时出现在两个季节,而常见种则有 3 种,分别为短尾大眼鲷(*Priacanthus macracanthus*)、弓背鳄齿鱼(*Champsodon atridorsalis*)和细羊舌鲆(*Arnoglossus tenuis*).

秋季优势种有 4 种,为发光鲷、竹荚鱼、黄鳍马面鲀(*Thamnaconus hypargyreus*)和蓝圆鲹(*Decapterus maruadsi*). 常见种有 7 种,为尖牙鲈(*Synagrops japonicus*)、短尾大眼鲷、灰软鱼(*Malakichthys gri-*

seus)等. 一般种有 25 种,为二长棘鲷(*Eivynn timerianalis*)、海鳗(*Muraenesox cinereus*)、黑鲷(*Lophio-*
mus setigerus)等. 少见种 139 种,主要为凹鳍鲷(*Ku-*
mococius rodericensis)、燕赤鲷(*Chelidoperca hirundi-*
nacea)、宝刀鱼(*Chirocentrus dorab*)等.

春季优势种有 3 种,为发光鲷、带鱼(*Trichiurus lepturus*)和条尾绯鲤(*Upeneus japonicus*). 常见种有 14 种,为深水金线鱼(*Nemipterus bathybius*)、弓背鳄齿鱼、多齿蛇鲻(*Saurida tumbil*)等. 一般种有 36 种,为脂眼凹肩鲹(*Selar crumenophthalmus*)、叉斑狗母鱼(*Synodus macrops*)、双棘石斑鱼(*Epinephelus dia-*
canthus)等.

表 3 北部湾口海域主要鱼类相对重要性指数

秋季		春季	
种名	<i>IRI</i>	种名	<i>IRI</i>
发光鲷(<i>A. japonicum</i>)	2 675	竹荚鱼(<i>T. japonicus</i>)	5 490
带鱼(<i>T. lepturus</i>)	970	发光鲷(<i>A. japonicum</i>)	2 043
条尾绯鲤(<i>U. japonicus</i>)	528	蓝圆鲹(<i>D. maruadsi</i>)	1 709
深水金线鱼(<i>N. bathybius</i>)	406	黄鳍马面鲀(<i>T. hypargyreus</i>)	576
弓背鳄齿鱼(<i>C. atridorsalis</i>)	314	尖牙鲈(<i>S. japonicus</i>)	325
多齿蛇鲻(<i>S. tumbil</i>)	309	短尾大眼鲷(<i>P. macracanthus</i>)	267
南非鳄齿鱼(<i>Champsodon capensis</i>)	267	灰软鱼(<i>M. griseus</i>)	233
蓝圆鲹(<i>D. maruadsi</i>)	222	细羊舌鲆(<i>A. tenuis</i>)	171
短尾大眼鲷(<i>P. macracanthus</i>)	216	刺鲳(<i>P. anomala</i>)	118
印度无齿鲷(<i>Ariomma indica</i>)	166	弓背鳄齿鱼(<i>C. atridorsalis</i>)	110
棕斑兔头鲀(<i>L. spadiceus</i>)	145	鲹(<i>Katsuwonus pelamis</i>)	108
斑鳍天竺鲷(<i>Apogon carinatus</i>)	131		
乌鲷(<i>Parastromateus niger</i>)	126		
细羊舌鲆(<i>A. tenuis</i>)	115		
菲律宾尖牙鲈(<i>Synagrops philippinensis</i>)	114		
花斑蛇鲻(<i>Saurida undosquamis</i>)	113		
竹荚鱼(<i>T. japonicus</i>)	110		

2.3 分类阶元包涵指数

分类阶元包涵指数 $TINCL_i$ 值越小,说明上一分类阶元所包含的下一分类阶元的均值越小,提示该群落的鱼类在这一分类阶元中分布越分散,种类间亲缘关系越远,分类多样性越高^[12]. 结果显示该海域鱼类物种组成中各分类阶元包含低级分类阶元的平均数目分别为(3.85、7.50、11.58)、(1.95、3.01)和(1.54). 同时与黄渤海^[20, 27]、东海^[26]、北部湾^[13]和南沙群岛西南部海域^[16]进行比较(表 4),并以此来解释各物种在各个分类阶元的分布以及各物种间的亲缘关系. 北部湾口海域各阶元的分类阶元包涵指数值除属/科一级外其余阶元均大于黄渤海海域,在种/属和种/科两个水平上较东海海域高而在其他

阶元上小于东海海域,在种/属、种/科和属/科水平上较南沙群岛西南部海域高而在其他阶元上小于南沙群岛西南部海域.

2.4 分类多样性指数

北部湾口海域鱼类分类多样性指数的 Δ^+ 值为 46.3(图 3), Λ^+ 值为 124.5(图 4). 两种分类包含指数均呈现出漏斗形,每个种类数均对应该海域鱼类物种数在最小阶元和最大阶元的两个分类多样性的值. 其中在最大和最小的阶元范围内, Δ^+ 值大小表示鱼类物种或群落间的亲缘关系的远近,值越大表明其亲缘关系越远, Λ^+ 值则用于表征物种或群落间物种组成的均匀程度,该值越小说明其均匀程度越高. 图中虚线代表其理论平均值,两指数值均呈

现出理论平均值一般不随种类数目增减而发生变化的趋势,只有 Δ^+ 值在种类数目很少时才会出现值明显偏小的情况.

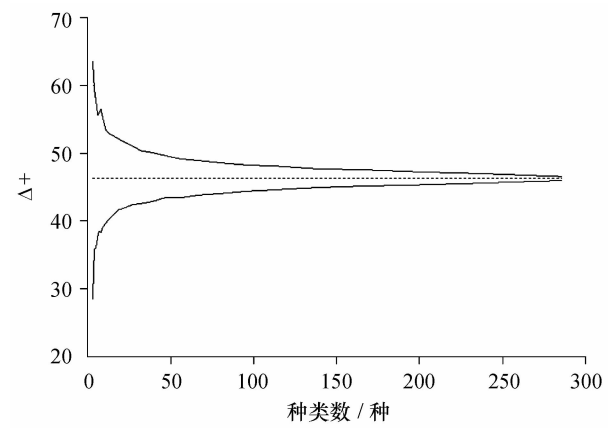


图3 北部湾口海域鱼类的平均分类差异指数 Δ^+
Fig. 3 Average taxonomic distinctness of fish species in the mouth of Beibu Bay

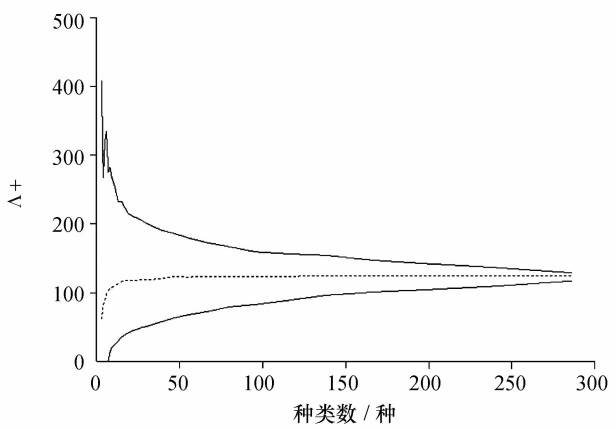


图4 北部湾口海域鱼类的分类差异变异指数 Λ^+
Fig. 4 Variation in taxonomic distinctness of fish species in the mouth of Beibu Bay

2.5 讨论

北部湾口海域位于北部湾以南,且与北部湾海底大陆架的地质地貌状况相类似,属于典型的多种类渔业资源海域,存在良好的作业渔场^[1-2]. 本次调查共捕获 301 种鱼类,明显低于北部湾已报道种类数(626 种)^[13]. 在水文条件和气候因素相类似的海域内,调查频次和取样范围与物种的丰富度、种类数和多样性有密切关系^[28]. 本次调查仅进行了两个航次,拖网频次较少,调查海域仅局限于北部湾口的东北部海域,从而导致捕获的鱼类种类数仅为报道种类数的一半左右. 优势种在生态系统中具有重要的作用和地位,其变化会对整个群落的物种数量和能量流动产生一定的影响,同时也是生态系统中的关键因子^[16]. 本次调查显示该调查海域内秋季优势种类(包括优势种和常见种)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,暗示捕捞强度和结构可能严重影响了鱼类季节间的更替过程,导致种类组成发生明显改变^[10].

与黄海、渤海^[20,27]、东海^[26]、北部湾^[13]和南沙群岛西南部海域^[16]的 $TINCL_i$ 进行比较发现(表4),北部湾口海域的鱼类组成在种级分类阶元上有较高的 $TINCL_i$ 值,表明北部湾口海域的鱼类分类多样性较低,分布相对集中,亲缘关系较近. 常年较高的气温导致鱼类组成在种级分类阶元上分布较为集中,可能是造成该海域 $TINCL_i$ 值较高的一个原因;同时还可能与该海域多为暖水性鱼类,而黄、渤海和东海多为暖温性或冷温性鱼类组成特征相关,鱼类生态习性差异性较大可能导致分类多样性的较大差异. 此外,本次调查海域面积较小,捕获到的鱼类种类数量远低于实际存在的种类数,这也可能会对鱼类分类多样性结果产生一定的影响.

表4 不同海域鱼类分类阶元包涵指数和分类多样性指数的比较

Tab. 4 Comparisons of inclusion index at taxonomic level and taxonomic diversity index of fish species in different waters										
区域	纬度范围	鱼类物种数/种	种/属	种/科	种/目	属/科	属/目	科/目	Δ^+	Λ^+
黄海、渤海 ^[20,27]	33°00′~40°00′N	379	1.44	2.94	10.53	2.05	7.33	3.58	77.7	240.0
东海 ^[26]	26°00′~33°00′N	350	1.48	2.92	12.07	1.97	8.16	4.13	65.7	120.0
北部湾 ^[13]	17°00′~21°45′N	626	-	-	-	-	-	-	63.5	110.0
南沙群岛西南部海域 ^[16]	5°00′~11°00′N	297	1.44	2.70	14.85	1.87	10.30	5.50	65.8	110.0
北部湾口	16°15′~18°00′N	301	1.54	3.01	11.58	1.95	7.50	3.85	46.3	124.5

迄今为止,国内在河口^[28]、陆架区^[26]、内湾^[12-13]及珊瑚礁区^[14-15]等海域均有关于鱼类分类多样性的研究,本研究同样运用分类多样性指数来表征北部湾口海域鱼类组成差异性. 采用同一分类

等级多样性权重标准,将北部湾口海域鱼类分类多样性指数 Δ^+ 和 Λ^+ 值分别与黄海、渤海、东海、北部湾和南沙群岛西南部海域的鱼类分类多样性指数值进行比较(表4),有助于研究鱼类群落结构的稳定

性和空间变化. 五个不同海域鱼类的 Δ^+ 值变化趋势与传统物种多样性指数变化规律并不一致,可能是由于鱼类分类多样性指数只考虑物种的有无,而传统物种多样性指数同时考虑物种样本数量所致^[14-15]. 北部湾口海域的 Δ^+ 值最接近于北部湾,亲缘关系更为接近,这可能是因为北部湾口是北部湾向南的延伸,地质地貌状况相类似,而且水温和盐度的梯度变化较小,有着相似的生境,导致其分类多样性较为接近. 石赞荣等认为在大尺度范围内,低纬度海域的鱼类 Δ^+ 值一般较小,而珊瑚礁海域的 Δ^+ 值最小^[15]. 而本海域 Δ^+ 值并没有明显随纬度变化的规律,这一结果与前人对黄海^[20,27] 和东海陆架区^[26] 鱼类分类多样性的研究相类似. 这可能与本研究调查海域的尺度较小有关,也可能与该海域小生境如水深、盐度和水温等的叠加影响有关^[15].

通过鱼类物种的分类多样性研究可以了解生物多样性受到人类活动或者自然条件的变动的影响程度^[29]. 通常情况下物种数目较丰富的鱼类群落比物

种数目少的群落稳定,往往也会有较高的分类多样性^[30]. 近年来,北部湾口海域的主要经济鱼类由中小型的中上层鱼类代替了原来的大型的中下层和近地层鱼类,鱼类的群落结构受到一定的影响,同样会影响到鱼类种类的组成,该海域较低的鱼类分类多样性恰能证明这一结果. 因此,对于该海域渔业资源的开发应该受到更多的重视,制定相应的捕捞政策,降低捕捞强度,从而进一步保护该海域的生态系统、提高鱼类群落的稳定性,从而实现渔业资源开发利用的可持续性.

3 结论

北部湾口海域鱼类种类丰富,其中鲈形目占绝对优势,秋季优势种类数明显低于春季,且均以中小型鱼类为主,种类更替现象明显. 该海域的鱼类分类多样性较低,分布相对集中,亲缘关系较近,但在大尺度范围内,该海域平均分类差异指数并未表现出明显随纬度变化的规律.

参考文献:

- [1] 张显良,卢立群. 越南的渔业资源[J]. 国外水产,2003,1993(4): 39-43.
- [2] 李忠炉. 北部湾口海域细鳞鲷渔业生物学特性及开发保护策略初步研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2008.
- [3] 李忠炉,卢伙胜,甘喜萍,等. 北部湾口海域深水金线鱼生长和死亡研究[J]. 水产科学, 2009, 28(10): 556-562.
- [4] 陈清潮. 南海生物多样性的保护[J]. 生物多样性, 2011, 19(6): 834-836.
- [5] 李纯厚,贾晓平,杜飞雁,等. 南海北部生物多样性保护现状与研究进展[J]. 海洋水产研究, 2005, 26(3): 73-79.
- [6] 张莉. 论南海海洋生物的多样性保护[J]. 农业现代化研究, 2003, 24(3): 217-221.
- [7] 林文清. 北部湾口四种中上层鱼类耳石形态学、分布、生物学及资源评估[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2011.
- [8] 杜时强. 北部湾口眼镜鱼渔业生物学特征及其资源开发程度研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2012.
- [9] 王学锋,骆小丹,卢伙胜. 北部湾湾口海域主要渔业资源种类的动态分析[J]. 科技风, 2008(5): 71-71.
- [10] 邱永松,曾晓光,陈涛,等. 南海渔业资源与渔业管理[M]. 北京: 海洋出版社, 2008:115-179.
- [11] 贾晓平,李永振,邱永松,等. 南海专属经济区和大陆架渔业生态环境与渔业资源[M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 399-542.
- [12] 李娜娜,董丽娜,李永振,等. 大亚湾海域鱼类分类多样性研究[J]. 水产学报, 2011, 35(6): 863-870.
- [13] 孙冬芳,朱文聪,艾红,等. 北部湾海域鱼类物种分类多样性研究[J]. 广东农业科学, 2010, 37(6): 4-7.
- [14] 李永振,石赞荣,艾红,等. 南海珊瑚礁海域鱼类分类多样性大尺度分布格局[J]. 中国水产科学, 2011, 18(3): 619-628.
- [15] 史赞荣,李永振,卢伟华,等. 东沙群岛珊瑚礁海域鱼类物种分类多样性研究[J]. 南方水产, 2009, 5(2): 10-16.
- [16] 曾晓光,李娜娜,杨权,等. 南沙群岛西南部陆架海域鱼类分类的多样性[J]. 水产学报, 2012, 36(4): 592-600.
- [17] 国家海洋局. GB/T 12763.6—2007 海洋调查规范 第6部分:海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [18] Nelson J S. Fishes of the World [M]. 4. New York: John Wiley and Sons, Inc, 2006.
- [19] Pinkas E R. Ecology of the agamid lizard *Amphibolurus isolepis* in western Australia [J]. Copeia, 1971(3): 527-536.
- [20] 徐宾铎,任一平,叶振江,等. 青岛近岸水域鱼类群落分类学多样性的研究[J]. 中国海洋大学学报:自然科学版, 2005, 37(6): 907-910.
- [21] 陈国宝,李永振,陈新军. 南海主要珊瑚礁水域的鱼类物种多样性研究[J]. 生物多样性, 2007, 15(4): 373-381.
- [22] Clarke K R, Warwick R M. The taxonomic distinctness measure of biodiversity: weighting of step lengths between hierarchical levels [J]. Marine Ecology Progress Series, 1999,84: 21-29.
- [23] Clarke K R, Warwick R M. A taxonomic distinctness index and its statistical properties[J]. Journal of Applied Ecology, 1998,

35(4) : 523-531.

[24] Clarke K R, Warwick R M. A further biodiversity index applicable to species list: variation in taxonomic distinctness[J]. Marine Ecology Progress Series, 2001,216: 265-278.

[25] Graham N A J, McClanahan T R, Letourneur Y, et al. Anthropogenic stressors, inter-specific competition and ENSO effects on a Mauritian coral reef [J]. Environmental Biology of Fishes, 2007, 78(1) : 57-69.

[26] 李圣法. 东海大陆架鱼类群落生态学研究—空间格局及其多样性性[D]. 上海: 华东师范大学, 2005.

[27] 徐宾铎, 金显仕, 梁振林. 对黄、渤海鱼类等级多样性的推算[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2005, 35(1) : 25-28.

[28] 张衡, 陆健. 鱼类多样性估算方法在长江口的应用[J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2007(2) : 11-22.

[29] David M, Julie L, Tomasini J A, et al. Assessment of coastal lagoon quality with taxonomic diversity indices of fish, zoobenthos and macrophyte communities[J]. Hydrobiologia, 2005, 550(1) : 121-130.

[30] Warwick R M, Clarke K R. Taxonomic distinctness and environmental assessment[J]. Journal of Applied Ecology, 1998, 35(4) : 532-543.

Preliminary study on taxonomic diversity of fish species in the mouth of Beibu Bay

LI Yuan^{1,4}, WANG Yan-ping¹, ZHANG Jing^{2,4}, LI Jun², YAN Lei³, ZHANG Peng³, LIN Long-shan¹

(1. Laboratory of Marine Biology and Ecology, Third Institute of Oceanography, SOA,

Xiamen 361005, China; 2. Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021, China;

3. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;

4. Fujian Provincial Key Laboratory of Marine Fishery Resources and Eco-environment, Xiamen 361021, China)

Abstract:Based on the data collected from two bottom trawl surveys in spring and autumn respectively in the mouth of Beibu Bay from 2012 to 2013, we systematically analyzed the species composition of fish in the survey sea area, and calculated the index of relative importance (*IRI*), inclusion index at taxonomic level (*TINCL_i*) and taxonomic diversity index (Δ^+ and Λ^+). The results showed that there were 301 fish species in 195 genera, 100 families, and 26 orders, among them Perciformes was dominate species, and 75 fish species were found in both two surveys. The number of dominant species in autumn was significantly less than that in spring, indicating a remarkable seasonal changes of dominate species. Most dominant species were small and medium sized fish. Analysis of the inclusion index at taxonomic level showed that the average numbers of (families, genera, species), (genera, species) and (species) per order, family and genus in the mouth of Beibu Bay were (3.85, 7.50, 11.58), (1.95, 3.01) and (1.54), respectively. The taxonomic diversity of fish species was relatively low in the species level, the distribution was relatively centralized and the genetic relationship was relatively close. The values of Δ^+ and Λ^+ in the mouth of Beibu Bay were 46.34 and 47.82, respectively. The value of Δ^+ was closer to that in Beibu Bay, compared with those in Yellow Sea and Bohai Sea, East China Sea and the waters of southwestern Nansha Islands. It indicated that the genetic relationship between fish species in the mouth of Beibu Bay and Beibu Bay was closer. However, obvious changes of Δ^+ value with latitude were not found in this sea area under large scale distribution patterns.

Key words:marine biology; fish; inclusion index at taxonomic level (*TINCL_i*); taxonomic diversity; index of relative importance (*IRI*); the mouth of Beibu Bay

DOI:10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2016. 02. 012

(责任编辑:方建勇)