

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2012.01060

东山湾及其邻近海域鱼类物种分类多样性

林龙山¹, 王燕平², 李渊², 张静³, 高天翔²

1. 国家海洋局 第三海洋研究所, 福建 厦门 361005;

2. 中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003;

3. 集美大学 水产学院, 福建 厦门 361021

摘要: 根据 2009 年 11 月至 2010 年 8 月东山湾及其邻近海域鱼类调查资料, 系统分析了其鱼类物种组成, 计算了该海域的分类阶元包涵指数($TINCL_i$)、分类多样性指数(Δ^+ 和 $\wedge^+$)以及各物种的相对重要性指数(IRI), 并对东山湾海域物种季节变化进行了探讨。结果显示, 东山湾共记录鱼类 114 种, 分属 15 目 57 科 87 属, 以鲈形目种类占绝对优势。分类阶元包涵指数分析结果显示, 东山湾及其邻近海域鱼类种类组成中, 其目、科、属所分别拥有的(科、属、种)、(属、种)和(种)的平均数目分别为(3.80、5.40、7.60)、(1.42、2.00)和(1.41), 均低于东海陆架区、大亚湾、东沙群岛, 说明东山湾海域的鱼类多样性比其余海域高, 种类组成较为分散。使用 PRIMER 5.2 软件计算的平均分类差异指数 Δ^+ 和分类差异变异指数 $\wedge^+$ 分别为 65.8 和 129.5, 其中 Δ^+ 均高于其余 3 个海域, 说明东山湾海域鱼类的亲缘关系比其余 3 个海域要远, 而且分布不均匀。相对重要性指数分析结果显示, 当采用 IRI>1 000 标准定义优势种时, 秋季的优势种有 3 种, 冬季只有 1 种, 春季有 2 种, 夏季最多有 4 种, 说明不同季节的优势鱼种存在较大变化, 主要鱼种季节更替明显。本研究在种以上的分类阶元分析了东山湾及其周边海域的鱼类组成及其分布特点, 为东山湾鱼类资源的可持续开发、利用和保护提供了重要的参考依据。

关键词: 分类阶元包涵指数; 分类多样性; 相对重要性指数; 东山湾

中图分类号: S93

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2012)06-1060-08

东山湾位于台湾海峡南口西岸, 海域总面积 247.89 km², 其中水域面积 155.5 km², 是闽南最大的海湾。该湾三面为山丘环抱, 呈不规则的梨形伸入陆地, 南与台湾海峡水相连, 北有漳江水注入, 其间还有塔屿等大小岛屿屏障, 是个半封闭型的海湾^[1]。同时以其优越的地理位置、复杂的底形地貌, 独特的生态环境, 成为鱼类栖息、繁衍和生长的优良场所, 在不同的季节中多种鱼类在此集聚成群, 进行生殖、索饵肥育等活动, 为东山湾近岸捕捞渔业生产提供了优良的条件^[2]。

以往对东山湾海洋生物资源的调查研究主要集中在浮游生物种类组成和数量分布^[3]、珊瑚种类

分类多样性研究^[4]以及各类滩涂蛤蜊的养殖技术^[5-7], 针对鱼类方面的研究仅见鱼类食物网研究^[8], 尚未见关于鱼类物种分类多样性研究报道。本研究根据东山湾及其邻近海域 2009–2010 年 4 个季度的定点渔业资源调查和主要环境因子资料, 探讨东山湾及其邻近海域鱼类物种分类多样性状况、季度变化及环境因子对鱼类分布的影响, 以为该海域鱼类资源量评估及其资源的开发、利用和保护提供参考。

1 材料与方法

1.1 调查区域及站位设置

国家海洋局第三海洋研究所于 2009 年 11 月、

收稿日期: 2011-10-20; 修订日期: 2011-12-05.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41176117); 国家海洋局第三海洋研究所基本科研业务费专项资金资助项目(海三科 2010016); 国家海洋公益性行业科研专项经费资助项目(201105012).

作者简介: 林龙山(1974-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事鱼类生物学和生态学研究. E-mail: linlsh@sh163.net

通信作者: 高天翔, 教授. E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn

2010 年 2 月、5 月和 8 月 4 个季度月在东山湾及其周围海域进行了 4 个航次调查, 共设 16 个调查站位(图 1)。根据本项目研究需要, 调查站位在湾内和湾外均有设置, 其中湾内站位 5 个(站号 1-5), 湾外站位 11 个(站号 6-16)。

1.2 数据采集

租用调查船为有翼单囊底拖网船, 网衣网口拉紧周长 31 m, 网衣长度 35 m, 网口高度 2.8 m, 囊网网目 20 mm, 扫海宽度 14 m。

根据调查范围内水域底质具体情况和周围环境, 每站位拖网时间在 40 min 左右, 拖网速度平均为 2.83 kn, 拖网时间为拖网曳纲停止投放和拖网着底、曳纲拉紧受力时起至起网绞车开始收曳纲为止计算。

1.3 分类阶元包涵指数

为表征各分类阶元上鱼类组成间的多样性, 利用了分类阶元包涵指数 $TINCL_i$ 。 $TINCL_i$ 可以

分析各阶层鱼类种类分布的集中程度, 解释鱼类物种之间的亲缘关系。 $TINCL_i$ 值越大, 表示更多的种(属、科、目)级阶元类群数目归属于属(科、目)级分类阶元, 说明鱼类在该分类阶元的种类分布越集中, 亲缘关系越近^[9]。

分类阶元包涵指数

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

(1)

式中, 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^[9]。

1.4 分类学多样性指数

分类学多样性指数主要包括分类多样性指数 Δ 、分类差异指数 Δ^* 、平均分类差异指数 Δ^+ 和分类差异变异指数 Δ^+ 。在只有种类组成时, 分类学多样性指数可用平均分类差异指数 Δ^+ 和分类差异变异指数 Δ^+ 来表示^[10-11]。

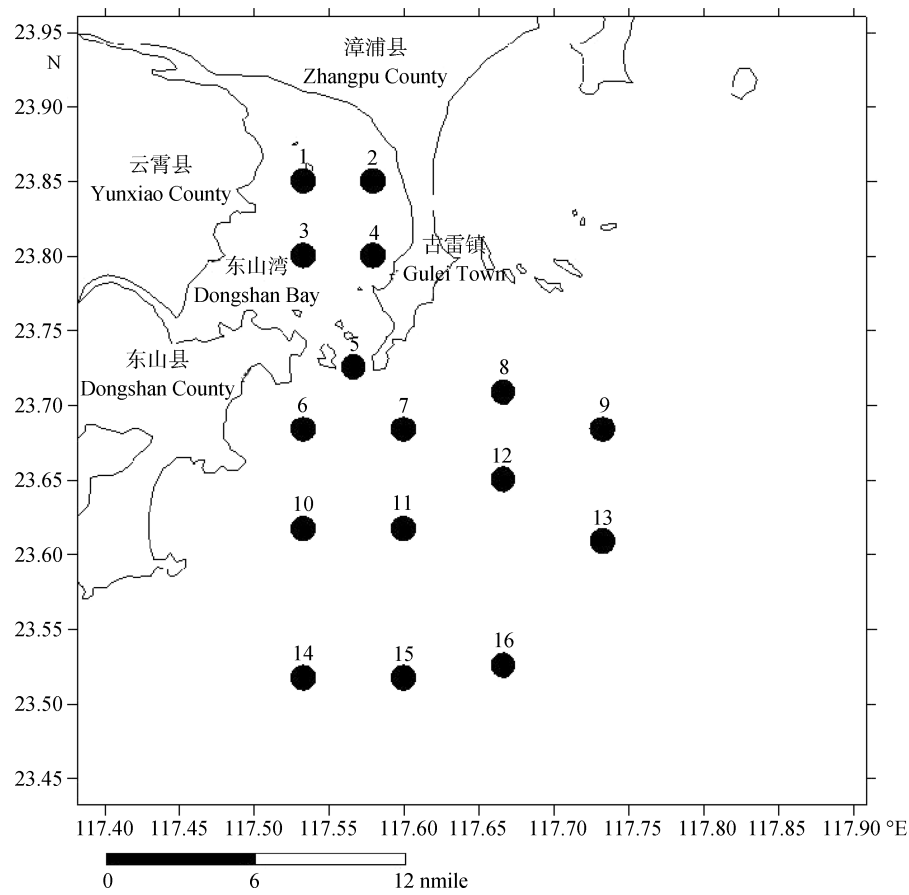


图 1 东山湾及其邻近海域调查站位
Fig.1 Survey stations in Dongshan Bay and adjacent sea areas

平均分类差异指数(average taxonomic distinctness index):^[12]

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

分类差异变异指数(variation in taxonomic distinctness index):^[12]

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

平均分类差异指数 Δ^+ 是对群落中优势种与常见种权重的最简化处理,是群落中随意选择的任意两个种类之间平均分类等级路径的长度,其平均值不受样本大小和取样性质的影响^[11,13-15]。分类差异变异指数 $\wedge^+$ 值为与 Δ^+ 偏离程度的理论平均值,反映鱼类组成亲缘关系分布的均匀程度,当其物种数较少时, $\wedge^+$ 值甚至可以很小^[16-17]。其中, ω_{ij} 为第*i*和*j*个种类在分类系统树中的路径长度,*S*为种类数^[10],不同分类等级间加权路径长度的权重设置(表 1)。由于鱼类均隶属脊索动物门,实际上在计算时只运用到纲、目、科、属、种 5 个水平。 Δ^+ 和 $\wedge^+$ 由 PRIMER 5.2 软件包的 TAXDTEST 求得^[18]。

表 1 不同分类等级多样性权重值

Tab.1 The branch weight on species in each taxonomic level

分类等级* taxon level*	ω_{ij} 含义-物种的亲缘关系 relationships amongst species	路径长度的权重* ω_{ij} branch weight*
种 Species	物种属于一属	16.667
属 Genus	物种属于一科不同属	33.333
科 Family	物种属于一目不同科	50
目 Order	物种属于一纲不同目	66.667
纲 Class	物种属于一门不同纲	83.333

*数据引自李圣法^[19]

*Data are cited from Li^[19]

2 结果与分析

2.1 种类组成及生态类型

4 次调查共采集到鱼类 114 种, 分属 15 目 57 科 81 属, 其中软骨鱼类 4 目 6 科 6 属, 硬骨鱼类 11 目 51 科 75 属(表 2)。其中, 以鲈形目(Perciformes) 鱼类最多, 分属 24 科 48 种, 占鱼种总数的 42.11%。从科级分类来看, 以鲱科(Clupeidae)鱼类最多, 共 8 种; 其次为鲷科(Tetraodontidae)和石首鱼科(Sciaenidae), 各 6 种; 其余各科均在 5 种及以下。

统计分析结果显示, 东山湾及其邻近海域所有鱼种均属暖水性和暖温性鱼类, 并以暖水性鱼

1.5 相对重要性指数

在海洋鱼类群落中, 由于鱼类物种分布的季节性洄游, 会导致鱼类群落结构差异较大。本研究采用 Pinkas^[20]的相对重要性指数(IRI)对东山湾鱼类的优势种进行判别分析:

$$IRI = (N + W) \times F$$
 (4)

式中, *N* 为某一种类的尾数占总尾数的百分比; *W* 为某一种类的质量占总质量的百分比; *F* 为某一种类出现的站数占调查总站数的百分比。该指数结合个体数、体重组成和出现频率等信息, 已广泛应用于鱼类摄食生态和群落优势种成分的研究中^[21]。

东山湾与大亚湾在地理位置上较近, 其鱼类在群落中的相对重要性采用王雪辉等^[21]的划分标准: 若 IRI>1 000, 则该物种为优势种; 若 1 000>IRI>100, 则该物种为重要种; 若 100>IRI>10, 则该物种为常见种; 若 10>IRI>1, 则该物种为一般种; 若 IRI<1, 则该物种为少有种。

类占优势, 有 76 种, 占总鱼种数的 66.67%; 暖温性鱼类 38 种, 占鱼种总数的 33.33%。没有发现冷水性和冷温性鱼种。在 114 种鱼类中, 以底层鱼类最多, 为 58 种, 占总数的 50.88%; 其次为近底层和中上层, 分别为 31 和 23 种, 占总数的 27.19%和 20.18%; 岩礁性鱼类有 2 种, 占 1.75%。

2.2 分类阶元包涵指数

应用分类阶元包涵指数 TINCL_{*i*} 分析东山湾及其邻近海域鱼类组成, 以解释其物种在各个分类阶元的分布以及物种之间的亲缘关系。结果显示, 东山湾及其邻近海域鱼类组成中, 其目、科、

表 2 东山湾及其邻近海域鱼类组成中目、科、属和种等不同分类阶元组成
Tab. 2 Compositions of order, family, genus and species of fishes in Dongshan Bay and adjacent areas

纲 Class	目 Order	科 Family	属 Genus	种 species
		数量(比例) No.(%)	数量(比例) No.(%)	数量(比例) No.(%)
软骨鱼纲 Elasmobranchii	须鲨目 Orectolobiformes	1 (1.75)	1 (1.23)	1 (0.88)
	鳐形目 Rajiformes	2 (3.51)	2 (2.47)	4 (3.51)
	鲼形目 Myliobatiformes	2 (3.51)	2 (2.47)	5 (4.39)
	电鳐目 Torpediniformes	1 (1.75)	1 (1.23)	1 (0.88)
硬骨鱼纲 Osteichthyes	鲱形目 Clupeiformes	3 (5.26)	6 (7.41)	10 (8.77)
	仙鱼目 Aulopiformes	1 (1.75)	2 (2.47)	2 (1.75)
	鳗鲡目 Anguilliformes	6 (10.53)	7 (8.64)	7 (6.14)
	鲛形目 Anguilliformes	2 (3.51)	2 (2.47)	3 (2.63)
	鲻形目 Mugiliformes	3 (5.26)	4 (4.94)	4 (3.51)
	鲈形目 Perciformes	24 (42.11)	34 (43.21)	48 (42.11)
	鲉形目 Scorpaeniformes	4 (7.02)	6 (7.41)	8 (7.02)
	鲷形目 Pleuronectiformes	3 (5.26)	4 (6.17)	8 (7.89)
	鲹形目 Tetraodontiformes	4 (5.26)	6 (7.41)	9 (7.89)
	鮫鱈目 Lophiiformes	1 (1.75)	1 (1.23)	2 (1.75)
	海龙目 Syngnathiformes	1 (1.75)	1 (1.23)	1 (0.88)
合计 total		15	57	114

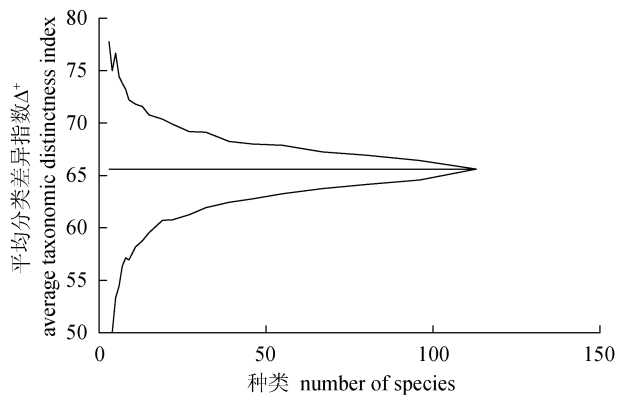


图 2 东山湾及其邻近海域鱼类的平均分类差异指数 Δ^+
Fig.2 The average taxonomic distinctness of fish species in Dongshan Bay and adjacent areas

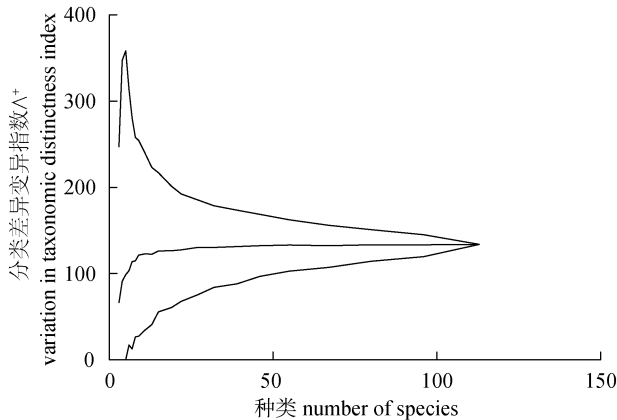


图 3 东山湾及其邻近海域鱼类的分类差异变异指数 Λ^+
Fig.3 The variation in taxonomic distinctness of fish species in Dongshan Bay and adjacent areas

属所分别拥有的(科、属、种)、(属、种)和(种)的平均数目分别为(3.80、5.40、7.60)、(1.42、2.00)和(1.43)。

2.3 鱼类分类多样性指数

分类学多样性指数结果显示, 东山湾海域鱼类种类组成的 Δ^+ 值为 65.8, Λ^+ 值为 129.5。图 2 和图 3 中特定的种数均对应着两点, 为该海域鱼类物种数在最小阶元和最大阶元的分类多样性的值。在该范围内, Δ^+ 值越大表明生物或群落间的亲缘关系越远, Λ^+ 值越大表明生物或群落间的分类地位关系均匀程度越不均匀, 图中虚线所示表明其理论平均值不会随着鱼类种类数目的变化而变化, 而分类差异变异指数 Λ^+ 只有在种类数很小时才出现值偏小的情况。

2.4 季节变化

东山湾鱼类种类数量季节变化分析结果(图 4)显示, 鱼类种类数以春夏季最高(均为 60 种), 秋季最低(41 种)。这可能与该海域地处亚热带地区有关, 其鱼类组成均为暖水性和暖温性鱼类, 对季节变化不敏感。

2.5 东山湾鱼类优势种

根据 4 个航次调查结果, 对东山湾海域各季节鱼类相对重要性指数进行排序分析。表 3 为不

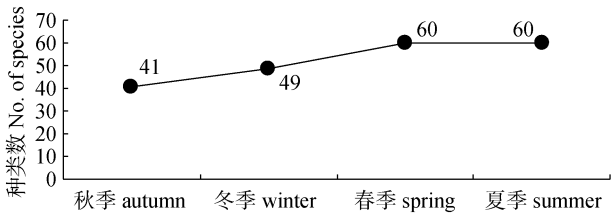


图 4 东山湾及其邻近海域鱼类种类数量的季节变化
Fig.4 Seasonal change of species in Dongshan Bay and adjacent areas

同季节的东山湾鱼类 IRI>100 的物种。结果显示,不同季节鱼种优势差异较大,主要鱼种季节更替明显。其中,林氏团扇鲷(*Platyrrhina limboonkengi*)为周年性的重要种类,日本单鳍电鲷(*Narke japonica*)、鹿斑鲷(*Leiognathus ruconius*)、叫姑鱼(*Johnius grypotus*)为 3 个季节共有的重要种类,其他主要种类均于各季节交替出现。

秋季出现的鱼类共有 41 种,其中优势种有 3 种,分别为日本单鳍电鲷、林氏团扇鲷和黄鲫

(*Setipinna taty*), 占总种类数的 7.32%。重要种有 5 种,分别为鹿斑鲷、中国团扇鲷(*Platyrrhina sinensis*)、日本燕鲷(*Gymnura japonica*)、条纹斑竹鲨(*Chiloscyllium plagiosum*)和杜氏棱鲛(*Thrissa dussumieri*), 占总种类数的 12.20%。冬季出现的鱼类共有 49 种,其中优势种只有鹿斑鲷 1 种, 占总种类数的 2.04%。重要种有 7 种,分别为林氏团扇鲷、黄鲷(*Dasyatis bennetti*)、日本单鳍电鲷、横纹东方鲀(*Takifugu oblongus*)、褐菖鲉(*Sebastiscus marmoratus*)、叫姑鱼和龙头鱼(*Harpadon nehereus*), 占总种类数的 14.29%。春季出现的鱼类共有 60 种,其中优势种有 2 种,分别为二长棘犁齿鲷(*Evynnis cardinalis*)和叫姑鱼, 占总种类数的 3.33%。重要种有 12 种,分别为鹿斑鲷、长蛇鲷(*Saurida elongata*)、中颌棱鲛(*Thryssa mystax*)、六指马鲛(*Polydactylus sextarius*)、尖嘴鲷(*Dasyatis zugei*)、斑鲷(*Raja kenoei*)和多鳞鳢(*Sillago sihama*)

表 3 东山湾及其邻近海域主要渔业资源种类优势度
Tab.3 Dominance index of main fishery species in Dongshan Bay and adjacent areas

秋季 autumn		冬季 winter		春季 spring		夏季 summer	
种名 species	IRI	种名 species	IRI	种名 species	IRI	种名 species	IRI
日本单鳍电鲷 <i>N. japonica</i>	7388	鹿斑鲷 <i>L. ruconius</i>	3502	二长棘犁齿鲷 <i>E. cardinalis</i>	2085	二长棘犁齿鲷 <i>E. cardinalis</i>	3493
林氏团扇鲷 <i>P. limboonkengi</i>	2564	林氏团扇鲷 <i>P. limboonkengi</i>	772	叫姑鱼 <i>J. grypotus</i>	1202	条尾绯鲤 <i>U. bensasi</i>	1524
黄鲫 <i>S. taty</i>	1255	黄鲷 <i>D. bennetti</i>	482	鹿斑鲷 <i>L. ruconius</i>	891	短尾大眼鲷 <i>P. macracanthus</i>	1364
鹿斑鲷 <i>L. ruconius</i>	972	日本单鳍电鲷 <i>N. japonica</i>	424	长蛇鲷 <i>S. elongata</i>	768	叫姑鱼 <i>J. grypotus</i>	1291
中国团扇鲷 <i>P. sinensis</i>	369	横纹东方鲀 <i>T. oblongus</i>	409	林氏团扇鲷 <i>P. limboonkengi</i>	742	竹筴鱼 <i>T. japonicus</i>	702
日本燕鲷 <i>G. japonica</i>	133	褐菖鲉 <i>S. marmoratus</i>	293	中颌棱鲛 <i>T. mystax</i>	694	黄斑篮子鱼 <i>S. punctatus</i>	577
条纹斑竹鲨 <i>C. plagiosum</i>	112	叫姑鱼 <i>J. grypotus</i>	281	六指马鲛 <i>P. sextarius</i>	583	林氏团扇鲷 <i>P. limboonkengi</i>	478
杜氏棱鲛 <i>T. dussumieri</i>	101	龙头鱼 <i>H. nehereus</i>	162	日本单鳍电鲷 <i>N. japonica</i>	356	六指马鲛 <i>P. sextarius</i>	463
				尖嘴鲷 <i>D. zugei</i>	294	白姑鱼 <i>P. argentatus</i>	309
				黄鲷 <i>D. bennetti</i>	130	金线鱼 <i>N. virgatus</i>	144
				横纹东方鲀 <i>T. oblongus</i>	120	中国团扇鲷 <i>P. sinensis</i>	141
				斑鲷 <i>R. kenoei</i>	117	日本单鳍电鲷 <i>N. japonica</i>	141
				龙头鱼 <i>H. nehereus</i>	109		
				多鳞鳢 <i>S. sihama</i>	102		

等, 占总种类数的 20.00%。夏季出现的鱼类共有 60 种, 其中优势种有 4 种, 包括二长棘犁齿鲷、条尾绯鲤(*Upeneus bensasi*)、短尾大眼鲷(*Priacanthus macracanthus*)和叫姑鱼, 占总种类数的 6.67%。重要种有 8 种, 分别为竹筴鱼(*Trachurus japonicus*)、黄斑篮子鱼(*Siganus punctatus*)、林氏团扇鲷、六指马鲛、白姑鱼(*Pennahia argentatus*)、金线鱼(*Nemipterus virgatus*)等, 占总种类数的 13.33%。

3 讨论

福建东山湾三面为山丘环抱, 口小腹大, 南与台湾海峡水相连, 北有漳江水注入, 是一个典型的亚热带河口海湾, 属于半封闭型海湾。东山湾口门宽度 3.75 km, 岸线长度 110.50 km^[1], 具体的海域水深情况如表 4 所示。由表 4 可知, 东山湾海水深度大部分在 0~5 m, 属于浅水区。这一地理因素一定程度上影响了该海区鱼类的生态类型。开阔的浅水区域海水温度适宜, 从而东山湾鱼类均为暖水性和暖温性鱼种, 不存在冷水性和冷温性鱼种。同时由于优越的水深优势, 使得此海域鱼类大多为底层鱼类和近底层鱼类, 中上层鱼类于岩礁性鱼类仅占不到总鱼种数的 1/4。

调查统计结果表明, 东山湾及其邻近海域所

获鱼类共有 15 目 57 科 81 属 114 种。与东海陆架^[19]、大亚湾^[9]和东沙群岛^[22]海域的分类阶元包涵指数对比结果显示(表 5), 东山湾海域各级分类阶元的包涵指数值除了科/目的值比东沙群岛大之外均低于其余 3 个海域, 说明东山湾海域鱼类较东海陆架区和大亚湾海域在各分类阶元的种类分布较分散, 分类的亲缘关系也较远, 其相应分类多样性也较高, 仅仅在科/目一级上比东沙群岛种类分布集中, 分类多样性较低。据研究, 鱼类的地理分布受水温和海流等环境因子的影响最大^[23], 东山湾及其邻近海域在不同阶元上多样性较高, 可能是因为湾内水较浅, 有岛礁和珊瑚礁分布, 同时受漳江水系、闽浙沿岸流和海峡高盐水^[24]的影响, 水文环境较为复杂, 为鱼类的多样性分布提供了条件。

迄今, 国内有一些有关鱼类分类多样性和分类差异性分析的报道, 如在黄、渤海^[13, 25]、长江口^[26]、东海陆架^[19]、大亚湾^[9]以及东沙群岛^[22]等。同样, 东山湾及其邻近海域鱼类组成差异性也可以用分类学多样性指数表示。本研究中将东山湾海域鱼类的平均分类差异指数 Δ^+ 值和分类差异变异指数 $\wedge^+$ 值与采用相同分类等级多样性权重值参照标准的东海陆架、东沙群岛、大亚湾的值进行比较(表 5), 结果显示, 东山湾海域鱼类平

表 4 东山湾及其邻近海域不同地形面积统计表
Tab. 4 The terrain area statistics of Dongshan Bay and adjacent areas

总面积 total area	滩涂面积 beach area	水深/m water depth				最大水深/m maximum depth
		0 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 20	>20	
247.89	92.36	117.20	22.10	11.12	5.11	36.00

表 5 东山湾及其邻近海域鱼类分类阶元包涵指数和鱼类分类多样性指数与东海陆架、大亚湾及东沙群岛的比较
Tab. 5 Comparisons of TINCL_i and indices taxonomic diversity of fish species between Dongshan Bay and adjacent areas and East China Sea continent shelf, Daya Bay as well as Dongsha islands

区域 area	纬度 latitude	鱼类物种数目(种) number of species	种/属 S/G	种/科 S/F	种/目 S/O	属/科 G/F	属/目 G/O	科/目 F/O	Δ^+	$\wedge^+$
东山湾 Dongshan Bay	23°30'–23°54'N	114	1.41	2.00	7.60	1.42	5.40	3.80	65.8	129.5
东海陆架 East China Sea continent shelf	26°00'–33°00'N	350	1.48	2.92	12.07	1.97	8.16	4.13	65.7	120.0
大亚湾 Daya Bay	22°30'–22°50'N	320	1.55	3.40	14.55	2.19	9.36	4.27	62.2	110.0
东沙群岛 Dongsha islands	20°33'–21°10'N	514	2.41	7.45	24.48	3.09	10.14	3.29	55.2	110.0

注: 表中 S、G、F、和 O 分别代表种、属、科和目。
Note: S, G, F and O stand for species, genus, family and order, respectively.

均分类差异指数 Δ^+ 值(65.8)高于其余 3 个海域,表明东山湾海域鱼类分类多样性比其余 3 个海域高,也就是说东山湾鱼类组成之间的亲缘关系较其他 3 个海域远,这与分类阶元包涵指数的分析结果一致。同时,东山湾海域的 Δ^+ 值与东海陆架区(65.7)最为接近,这可能是由于东山湾与东海陆架区有相似海洋生态环境,都有广阔的浅水区域,从而使得两海区可以分布的物种形态和亲缘关系较接近。虽然东山湾与大亚湾地理位置上最为接近,但东山湾海域的平均分类差异指数值远远大于大亚湾(62.2),其分类多样性相应也较高。这可能是由于东山湾地处海峡区域,南与台湾海峡水相连,北有漳江水注入,从而形成了多样性高的生态特点,而大亚湾海域为半封闭的海域,海水的盐度梯度变化较小。另外,东山湾海域鱼类组成的 Δ^+ 值高于较低纬度的东沙群岛海域(55.2),这符合在大尺度上,海洋鱼类的 Δ^+ 值基本呈现梯度分布的规律,并且东沙群岛海域多为珊瑚礁鱼类,其活动范围相对较窄,使得整个海域鱼类的分类多样性较低。此外,东山湾海域鱼类组成的分类差异变异指数 Δ^+ 高于东海陆架区(120.0)、大亚湾(110.0)和东沙群岛海域(110.0),说明东山湾海域鱼类分布较不均匀。

从鱼类种类的季节变化来看,鱼类种类数量在春、夏季节较秋、冬季节多,而且由夏季到秋季鱼种数量变化梯度最大,鱼类组成均为暖水性和暖温性鱼类。究其原因,可能是因为东山湾地处亚热带地区,春季鱼类由于生殖洄游返回湾内,从而使得东山湾春季鱼类种数较多;而且东山湾位于闽南一台湾浅滩渔场沿岸上升流区的西侧,夏季在湾口附近也有类似低温、高盐水出现,尤其是 8 月份,浮游动物总生物量很高^[27],从而利于鱼类索饵,鱼群聚集,使得鱼种数较多。从不同季节优势种和重要种组成来看,不同季节鱼种优势差异较大,主要鱼种季节更替明显。冬、春季鱼类优势种较少,而夏、秋季节优势种比较多。而对于不同季节的重要种类,秋、冬季节比春、秋季节少很多,其变化趋势与鱼类种类的季节组成相同。由此可知,季节变化对鱼类的季节优势

度组成有重要影响。

此外,通过分类多样性指数研究还能够了解由于人类活动自然扰动对生物多样性的影响程度^[16]。已有研究结果表明,一般情况下,物种较丰富的群落比物种较少的群落具有更宽的平均分类学范围^[28]。因此,用分类学多样性指数来衡量东山湾及其周边海域鱼类群落结构的变化具有十分重要的意义,本次调查研究全面地掌握了东山湾及其周边海域鱼类存在和分布情况,为渔业资源可持续开发、利用和保护提供了重要的理论依据。

参考文献:

- [1] 中国海湾志编委会. 中国海湾志[M]. 北京: 海洋出版社, 1994.
- [2] 颜尤明, 戴泉水, 卢振彬. 东山岛附近海域鱼类资源结构及其合理利用的研究[J]. 福建水产, 1990(3): 32-39.
- [3] 郑惠东. 福建东山湾浮游动物的种类组成与数量分布特点[J]. 福建水产, 2009(2): 11-17.
- [4] 李秀保, 练健生, 黄晖, 等. 福建东山海域石珊瑚种类多样性及其空间分布[J]. 台湾海峡, 2010, 29(1): 5-11.
- [5] 王万东. 东山湾云霄海区波纹巴非蛤生态习性和增殖技术[J]. 渔业现代化, 2007, 34(4): 33-37.
- [6] 王万东. 东山湾云霄海区泥蚶生态习性和养殖技术[J]. 养殖与饲料, 2008(1): 18-20.
- [7] 张水波. 东山湾云霄海区波纹巴非蛤增殖技术[J]. 福建农业, 2009(6): 32-33.
- [8] 张雅芝, 李福振, 刘向阳, 等. 东山湾鱼类食物网研究[J]. 台湾海峡, 1994, 13(1): 52-61.
- [9] 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): 125-133.
- [10] Clarke K R, Warwick R M. A taxonomic distinctness index and its statistical properties[J]. J Appl Ecol, 1998, 35(4): 523-531.
- [11] Clarke K R, Warwick R M. A further biodiversity index applicable to species list: variation in taxonomic distinctness[J]. Mar Ecol Prog Ser, 2001, 216: 265-278.
- [12] Ludwig J A, Reynolds J F. Statistical Ecology [M]. New York: John Wiley & Sons, 1988.
- [13] 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, 2005, 35(1): 25-28.
- [14] 李明德. 鱼类分类学[M]. 北京: 海洋出版社, 1998.
- [15] 李永振, 史赞荣, 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.
- [16] 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.

- [17] Graham N A J, McClanahan T R, Yuek Letourneur, et al. Anthropogenic stressors, inter-specific competition and ENSO effects on a Mauritian coral reef[J]. *Envir Biol Fishes*. 2007, 78(4): 57-69.
- [18] Clarke K R, Warwick R M. Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation[M]. 2nd Edition. PRIMPER-E:Plymouth, 2001.
- [19] 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[D]. 上海: 华东师范大学, 2005.
- [20] Pinkas E R. Ecology of the agamid lizard *Amphibolurus isolepis* in western Australia[J]. *Copeia*, 1971, 3: 527-536.
- [21] 王雪辉, 杜飞雁, 邱永松, 等. 1980-2007 年大亚湾鱼类物种多样性、区系特征和数量变化[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(9): 2403-2410.
- [22] 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.
- [23] 上海市水产研究所鱼类研究室海水组. 东海大陆架边缘海区底层鱼类区系特征的初步研究[J]. *水产科技情报*, 1976(3): 6-8.
- [24] 林景宏, 陈瑞祥, 戴燕玉, 等. 东山湾浮游动物的生态[J]. *台湾海峡*, 1991, 10(3): 205-211.
- [25] 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*, 2005, 37(6): 907-910.
- [26] 张衡, 陆健. 鱼类多样性估算方法在长江口中的应用[J]. *华东师范大学学报*, 2007(2): 11-22.
- [27] 朱长寿, 万伟龙, 陈栩, 等. 福建东山湾浮游动物的种类组成和分布特点[J]. *热带海洋*, 1993, 12(3): 10-16.
- [28] Warwick R M, Clarke K R. Taxonomic distinctness and environmental assessment[J]. *J Appl Ecol*, 1998, 35(4): 532-5431.

Taxonomic diversity of fish species in Dongshan Bay, China and adjacent areas

LIN Longshan¹, WANG Yanping², LI Yuan², ZHANG Jing³, GAO Tianxiang²

1. Third Institute of Oceanography, The State Ocean Administration, Xiamen 361005, China;

2. Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

3. Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021, China

Abstract: Within this research, fish species data were collected by four bottom trawl surveys within the coastal waters of Dongshan Bay, China and adjacent areas from November 2009 to August 2010. The inclusion index at the taxonomic level (TINCL_i), taxonomic diversity (Δ^+ and Λ^+) and the index of relative importance (IRI) were calculated. The characteristics of fish community structure and seasonal variation within this sea were in addition analyzed. The results showed that 114 fish species involving 15 orders, 57 families and 81 genera were identified in Dongshan Bay and adjacent areas, with Perciformes comprising the major order. Analysis by the inclusion index at the taxonomic level showed that the average numbers of (families, genera, species), (genera, species) and (species) per order, family and genus were (3.80, 5.40, 7.60), (1.42, 2.00) and (1.41), respectively. Compared to the East China Sea Continent Shelf, Daya Bay and Dongsha Islands, results for Dongshan Bay and adjacent areas were far lower and the species composition more dispersed. The values indicated that taxonomic diversity within Dongshan Bay and adjacent areas was higher than for other seas. PRIMER 5.2 was used to test the average taxonomic distinctness (Δ^+) and the variation in taxonomic distinctness (Λ^+) of Dongshan Bay and adjacent areas. The average taxonomic distinctness (Δ^+) was 65.8 and the variation in taxonomic distinctness (Λ^+) was 129.5. When comparing the Δ^+ with those of the other three seas, the genetic relationship of the composition of fish species in Dongshan Bay and adjacent areas was more distant than that of the other three seas, and had an uneven distribution. The results of the index analyses of relative importance showed that there were three dominant species occurring in autumn and one, two and four in winter, spring and summer, respectively, whose IRI indexes were higher than 1000. The results indicated that the dominant fish species changed according to the different seasons. The composition of fish species at the species level was analyzed in the research, and these data can provide references for sustainable development, utilization and conservation within Dongshan Bay and adjacent areas.

Key words: inclusion index at taxonomic level; taxonomic diversity; index of relative importance; Dongshan Bay

Corresponding author: GAO Tianxiang. E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn