

大亚湾鱼类群落嵌套分布格局

王腾^① 孙涛^{①②} 肖雅元^① 刘永^① 李纯厚^{①*} 陈得仿^{①②} 李鸿^③

① 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业农村部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东省渔业生态环境重点实验室 广州 510300; ② 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海海洋大学 上海 201306; ③ 湖南省水产科学研究所 长沙 410153

摘要: 为保护大亚湾渔业资源, 2015年4月(春季)、8月(夏季)、10月(秋季)和12月(冬季)对大亚湾进行了4航次底拖网渔业资源调查, 结合距最近大陆距离、距最近大岛距离、水深、水温、盐度、叶绿素a、总氮、总磷、鱼类的最大体长和捕捞努力量(CPUE)这些参数, 研究了大亚湾鱼类的群聚特征。结果表明, 大亚湾鱼类呈嵌套分布格局, 鱼类最大体长对嵌套格局的形成具有显著影响; 大亚湾鱼类群落嵌套格局的形成支持选择性迁入假说; 大亚湾鱼类全年与四季的嵌套最友好位点均在湾口杨梅坑和大辣甲北部海域, 此两海域为大亚湾鱼类的主要群聚区, 大辣甲北部海域是鱼类的产卵场繁殖区, 杨梅坑海域是鱼类的主要育肥区, 均应优先进行保护和管理, 是开展大亚湾鱼类增殖放流的最适宜海域。

关键词: 大亚湾; 群聚; 嵌套分析; 增殖放流

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2019) 03-327-12

Nested Distribution Patterns of Fish Assemblages in Daya Bay

WANG Teng^① SUN Tao^{①②} XIAO Ya-Yuan^① LIU Yong^①
LI Chun-Hou^{①*} CHEN De-Fang^{①②} LI Hong^③

① *South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences; Key Laboratory of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Guangdong Provincial Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment, Guangzhou 510300;*

② *National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306;*

③ *Hunan Fisheries Science Institute, Changsha 410153, China*

Abstract: Daya Bay is a provincial aquatic resources nature reserve, which is not only rich in biological resources, but also an important spawning and feeding ground for many economic fishes (Fig. 1). In order to protect the fishery resources of Daya Bay, four otter trawl surveys of fishery resources were conducted in

基金项目 公益性行业(农业)科研专项(No. 201403008), 中国水产科学研究院南海水产研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(No. 2016TS35);

* 通讯作者, E-mail: chunhou@scsfri.ac.cn;

第一作者介绍 王腾, 男, 助理研究员; 研究方向: 海洋鱼类保护生物学; E-mail: wt3074589@163.com。

收稿日期: 2018-08-22, 修回日期: 2019-03-03 DOI: 10.13859/j.cjz.201903003

April (spring), August (summer), October (autumn) and December (winter). Combining distance to the nearest mainland, distance to the nearest larger island, water depth, water temperature, salinity, chlorophyll a, total nitrogen, total phosphorus, maximum standard length of fish and catch per unit of effort, we discussed the nested patterns of fish assemblages in Daya Bay and its influencing factors (Appendix, Table 1). The result showed that the community composition of fishes in Daya Bay was significantly nested. The maximum standard length was significantly associated with their nested matrix ranks (Table 3), indicated that selective colonization was the main driver of nestedness of fishes in Daya Bay. All year round, the fish in Daya Bay tend to choose to inhabit the sea areas of Yangmeikeng and northern Dalajia Island (Table 2). This suggested that the sea areas of Yangmeikeng and northern Dalajia Island were the main distribution areas of fish. The Yangmeikeng was the main fattening area of fish, and the sea area of northern Dalajia Island was the fish spawning ground, both sea areas should pay prior attention to protection and management, moreover, both were the most suitable sites for fishery stock enhancement.

Key words: Daya Bay; Community aggregation; Nestedness analysis; Stock enhancement

大亚湾位于珠江口东侧,由深圳大鹏半岛、惠阳南部沿海及惠东平海半岛三面环绕形成,是广东沿海中部一个典型的亚热带溺谷型海湾,湾内分布有中央列岛、港口列岛及辣甲列岛等大小 50 余个岛屿、礁石(广东省海岛资源综合调查大队 1993)。大亚湾生物资源丰富,生境多样,是众多经济鱼类的产卵、索饵和育肥场所,也是生物多样性保护良好的海湾之一。广东省人民政府于 1985 年批准设立大亚湾水产资源自然保护区(国家海洋局第三海洋研究所 1990)。大亚湾曾分布有鱼类 320 种(徐恭昭 1989,李娜娜等 2011a),近年来,由于过度捕捞、环境污染、气候变化等原因,大亚湾渔业资源出现了严重衰退(刘爱霞 2017),鱼类优势种由 20 世纪 80 年代的带鱼(*Lepturacanthus* sp.)、银鲷(*Pampus argenteus*)等优质鱼更替为小型和低值的小沙丁鱼(*Sardinella* sp.)、小公鱼(*Stolephorus* sp.)和二长棘鲷(*Parargyrops edita*)幼鱼(王雪辉等 2010)。

增殖放流是恢复渔业资源最直接、最有效的方法,在国内外得到了广泛应用。广东省人民政府高度重视大亚湾鱼类资源的修复,曾多次开展增殖放流活动,但资源恢复并不理想,效果不佳。在影响鱼类增殖放流效果的众多因

素中,放流区域的选择被认为是最为关键的影响因素(Daniels et al. 2010),理想的放流区域为鱼类群聚性最高的区域。

自然群落结构的群聚规律是群落生态学研究的基础性问题之一(Wang et al. 2011, Braoudakis et al. 2016)。嵌套模型是研究群聚规律最广泛使用的方法(Ulrich et al. 2009),也是研究群落形成机制的重要工具(Lindo et al. 2008, Florencio et al. 2011)。嵌套指小群聚物种是大群聚物种结构的组成单元,研究人员常采用零模型来检验自然群落群聚结构的形成是否存在随机性(Ulrich et al. 2007, Baker et al. 2011)。嵌套格局遍布于自然界的所有生物类群中,如兽类(Patterson et al. 1991)、鸟类(Blake et al 1991)、鱼类(McLain et al. 1999)、昆虫(Patterson 1990)、植物(Honnay et al. 1999)、微生物(Dobson et al. 1992)等。根据群落物种的嵌套程度,可将其分为三种类型:完全嵌套、显著嵌套和不嵌套(Wright et al. 1997)。完全嵌套结构是小群聚的物种完全包含于大群聚中。

本研究以大亚湾 2015 年的 4 航次底拖网调查数据为基础,运用嵌套模型探讨鱼类的群落结构,解析鱼类群落结构的动态变化特征,阐述鱼类栖息地生境因素及生活史特征对嵌套结构的影响,以揭示鱼类的群聚特征,为大亚湾

鱼类的保护, 尤其是科学开展鱼类的增殖放流提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

于 2015 年 4 月 (春季)、8 月 (夏季)、10 月 (秋季) 及 12 月 (冬季) 对大亚湾 (114°29'42" ~ 114°49'42" E, 22°31'12" ~ 22°50'00" N) 进行了 4 航次底拖网渔业资源调查, 共设置 13 个调查位点 (图 1), 其中 D1 ~ D9 号为全年季节性调查位点, D10 ~ D13 号为根据实际调查情况而进行的补充位点。本研究的目的是为了评估最适放流生境, 大辣甲周边海域处于人工鱼礁区和珊瑚礁区 (陈丕茂等 2013), 此区域对鱼类集聚作用明显 (李娜娜等 2011b), 因此样

点布设重点覆盖大辣甲周边海域。为更好地对比分析, 湾内设置了 D1、D10、D11 三个位点, 湾外设置了 D9 位点。渔业资源调查参照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007) 和《海洋渔业资源调查规范》(SC/T9403-2012) 的方法进行。执行海上调查任务的调查船为“粤惠湾渔 16009”, 发动机功率 135 kW, 船长 15.5 m, 船宽 5.6 m, 排水量 50 t。采样网具为底拖网, 网长 4.8 m, 网口宽 2.6 m, 网口高 0.4 m, 网目 3 cm × 3 cm。拖网的平均拖速约为 3 kn (1 kn = 1 n mile/h = 1.852 km/h, n mile 为海里), 拖网时长约为 0.5 h。大部分渔获物进行现场测量, 获得体长、体重等生物学数据; 对于部分不能完成现场测量的渔获物, 则冰冻后带回实验室进行处理。

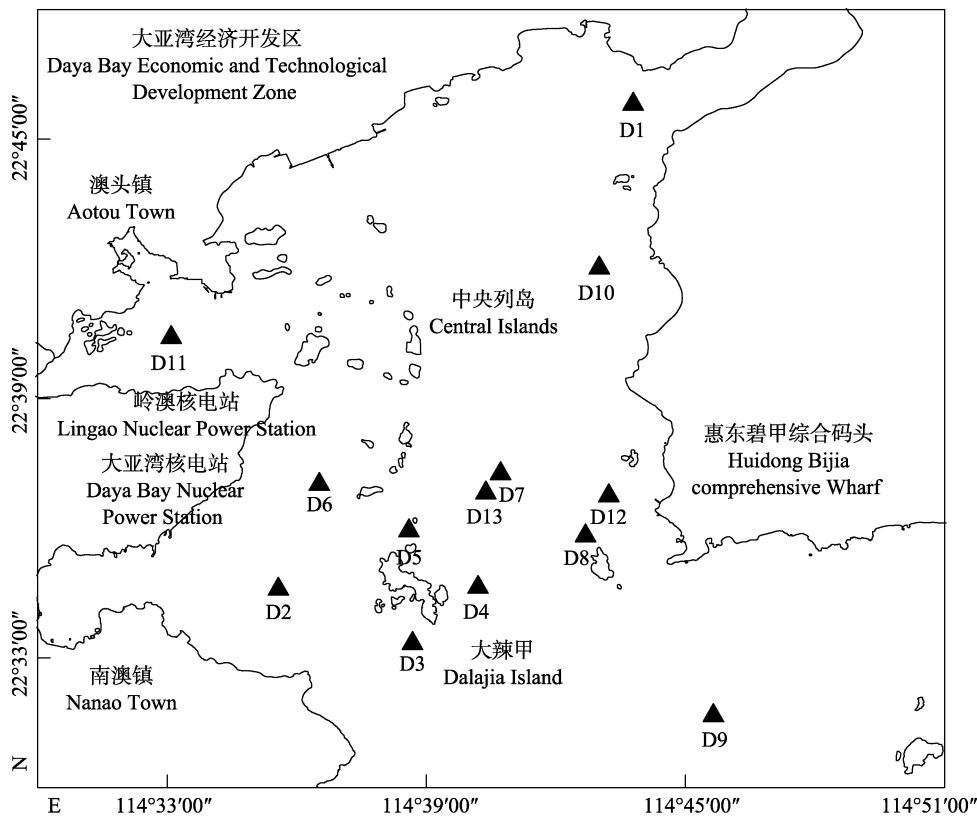


图 1 大亚湾渔业资源调查站位分布图

Fig. 1 The site map of the Daya Bay fishery resources survey station

三角形为调查站位点; D1 ~ D13 为站位编号。

Triangle indicates the sampling sites, D1 - D13 is the sites code.

1.2 栖息地、生活史和捕捞努力量

栖息地特征变量包括距最近大陆距离、距最近大岛距离、水深、水温、盐度、叶绿素 a、总氮和总磷。其中，“最近大岛”定义为与被测位点距离最近的最大岛屿，本研究的最大岛屿为大辣甲。距最近大陆距离和距最近大岛距离反映鱼类从栖息位点迁入时至少需要跨越的最近直线距离 (Dennis et al. 2012)。鱼类的生活史特征变量为鱼类的最大体长，鱼类相关特征因子为捕捞努力量 (catch per unit of effort, CPUE)。鱼类物种最大体长为全球最大的鱼类数据库 FishBase (www.fishbase.de) 上能够获取的物种最大体长，不能获取的采用实测最大体长。捕捞努力量定义为每千米渔获物尾数。

1.3 数据处理与分析

本研究根据 4 个航次的底拖网渔获物数据，以鱼类物种出现与未出现 (1/0) 组成原始数据矩阵进行嵌套分析。原始数据矩阵横坐标为物种，纵坐标为样点，将样点按照所含有的物种数从上至下递减排列，物种所出现在样点中的次数从左至右递减排列，分别进行春、夏、秋、冬和全年鱼类嵌套分析。嵌套分析采用 Rodríguez-Gironés 等 (2006) 设计的 BINMATNEST (binary matrix nestedness temperature calculator) 软件，该软件基于计算矩阵温度 T 的方法来量化嵌套程度。矩阵温度即矩阵系统的紊乱程度，反应所分析矩阵相对完全嵌套矩阵的偏离程度。因此，矩阵的温度越低，矩阵的嵌套程度越高。当 $T = 0$ °C 时，表示完全嵌套；当 $T = 100$ °C 时，表示完全随机。分析时“BINMATNEST”会对矩阵进行最大化排列 (maximal packing)，即将物种的出现 (occurrence) 格尽可能地排在矩阵左上角，并计算矩阵温度。与此同时，软件自带的零模型 (null model) 会随机产生 1 000 个矩阵用于对输入矩阵进行显著性检验。零模型 null model 3 根据原矩阵中对应行、列的出现可能性平均值决定单元格的出现可能性，已被证实能有效控制被动采样对嵌套的显著性影响 (Rodríguez-

Gironés et al. 2006, Moore et al. 2007)。

序列相关性分析采用 Spearman 分析嵌套结构的影响因素 (Schouten et al. 2007)。BINMATNEST 最大化排列产生的行、列序列称为嵌套序列 (nested ranking)，将嵌套序列分别与各栖息地参数和物种生活史特征参数进行 Spearman 相关性分析，检验分析嵌套格局的影响因子，使用 SPSS 19.0 进行各项统计分析。

2 结果

2.1 鱼类组成

全年均调查的 9 个位点共捕获鱼类 115 种，隶属于 10 目 47 科 (附录)。其中，夏季出现的种类数最多，为 66 种；冬季和春季次之，分别为 42 种和 40 种；秋季最少，为 38 种。各季节的渔获物均以鲈形目鱼类最多，共计 73 种，夏季 37 种，冬季 29 种，秋季 23 种，春季 21 种。大亚湾 4 季都出现的鱼类有 9 种，分别为卵鲷 (*Solea ovata*)、短吻鲷 (*Leiognathus brevis*)、少鳞鳉 (*Sillago japonica*)、细条天竺鱼 (*Apogonichthys lineatus*)、眼瓣沟虾虎鱼 (*Oxyurichthys ophthalmonema*)、犬牙细棘虾虎鱼 (*Acentrogobius caninus*)、皮氏叫姑鱼 (*Johnius belengerii*)、长丝虾虎鱼 (*Cryptocentrus filifer*) 和拟矛尾虾虎鱼 (*Parachaeturichthys polynema*)。仅在一个季节出现的鱼类有 70 种。各位点鱼类物种丰度从 29 至 54 种不等。

2.2 栖息地和生活史特征

9 个调查位点，距最近大陆距离 1.38 ~ 7.39 km、距最近大岛距离 1.14 ~ 15.31 km。各位点的平均捕捞努力量在 7.66 ~ 157.36 尾/km 之间 (表 1)，各物种的捕捞努力量在 0.0070 ~ 26.083 3 尾/km 之间，最大体长在 69 ~ 215 4 mm 之间 (附录)。

2.3 大亚湾鱼类群落嵌套结构

大亚湾鱼类群落结构呈现显著的嵌套格局。秋季 ($T = 42.5$ °C, $P < 0.01$)、冬季 ($T = 41.2$ °C, $P < 0.01$) 和全年 ($T = 45.4$ °C, $P <$

表 1 大亚湾 9 个采样位点的特征参数

Table 1 Characteristic parameters of the 9 sampling sites in the Daya Bay

站位 Sampling sites	距最近大陆 距离 Distance to the nearest mainland (km)	距最近大 岛距离 Distance to the nearest larger island (km)	物种数 Number of species	捕捞努力量 (尾/km) Catch per unit of effort, CPUE (ind/km)	水深 Water depth (m)	水温 Water temperature (°C)	盐度 Salinity	叶绿素 a Chlorophyll a (mg/m ³)	总氮 Total nitrogen (mg/L)	总磷 Total phosphorus (mg/L)	嵌套序列 Nested matrix rank
D2	4.17	4.38	53	51.44	14.05	23.11	35.12	1.93	0.16	0.008	1
D5	7.39	1.14	47	157.36	14.42	23.23	35.03	1.62	0.12	0.007	2
D6	3.33	4.15	48	64.36	12.69	23.71	35.01	2.69	0.16	0.010	3
D7	5.40	5.44	49	89.82	12.5	23.61	34.94	1.07	0.14	0.009	4
D8	2.71	5.90	51	122.81	14.28	23.16	35.00	1.30	0.15	0.008	5
D4	7.32	1.48	45	98.26	16.06	22.70	35.06	1.60	0.16	0.008	6
D3	5.05	1.56	43	59.67	16.75	22.94	34.93	1.62	0.17	0.009	7
D1	1.38	15.31	30	25.46	5.625	23.70	32.25	2.96	0.07	0.004	8
D9	5.92	7.95	29	7.66	20.03	23.33	33.04	0.64	0.13	0.004	9

0.01) 的嵌套最友好位点均处于 D2 和 D5, 而春季 ($T = 41.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P < 0.01$) D5 为最友好位点, 夏季 ($T = 37.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P < 0.01$) 群聚进一步发生变动, 最友好位点在 D2 和湾口的 D8 (表 2)。

表 2 大亚湾四季和全年取样站位的嵌套排序

Table 2 The nesting order of sampling sites of the four seasons and the whole year in Daya Bay

站位 Sampling sites	全年 Annual	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
D1	8	10	8	9	9
D2	1	4	2	1	2
D3	7	9	4	3	7
D4	6	3	9	4	6
D5	2	1	10	2	1
D6	3	6	3	5	8
D7	4	2	5	7	5
D8	5	5	1	6	4
D9	9	8	11	8	10
D10		7	7	11	
D11					3
D12					11
D13		11	6	10	

大亚湾全年的嵌套序列表明, 异质性位点为 D1、D2、D8 和 D9。在调查到的 115 种鱼类中, 二长棘鲷 (*P. edita*)、黄鳍马面鲀 (*N. tessellates*)、拟矛尾虾虎鱼 (*P. polynema*)、勒氏短须石首鱼 (*S. russelli*) 等 4 种鱼类在 9 个位点均有分布。眼瓣沟虾虎鱼 (*O. ophthalmonema*)、长丝虾虎鱼 (*C. filifer*)、大鳞鳞鲷 (*O. macrolepis*)、鹿斑鲷 (*I. ruconius*)、中线天竺鲷 (*A. kallopterus*)、皮氏叫姑鱼 (*J. belengerii*)、圆鳞斑鲆 (*P. levisquamis*)、李氏鲷 (*C. richardsoni*)、纤羊舌鲆 (*A. tenuis*)、斑头舌鲷 (*C. puncticeps*)、黄斑鲷 (*L. bindus*)、多齿蛇鲷 (*S. tumbil*)、尖尾鳎 (*U. lepturus*)、海鳎 (*M. cinereus*)、大眼白姑鱼 (*A. macrophthalmus*)、青石斑鱼 (*E. awoara*)、红狼牙虾虎鱼 (*O. rubicundus*)、触角沟虾虎鱼 (*O. tentacularis*)、列牙鲷 (*P. quadrilineatus*)、黄泽小沙丁鱼 (*Sardinella lemuru*)、六带拟鲈 (*P. sexfasciata*)、绿斑细棘虾虎鱼 (*A. chlorosigmatoides*)、黑尾小沙丁鱼 (*S. melanura*)、龙头鱼 (*H. nehereus*)、多鳞鱧 (*S. sihama*)、半线天竺鲷 (*A. semilineatus*)、多鳞短额鲆 (*E. multisquama*)、金钱鱼 (*S. argus*)、棘线鲷 (*G. scaber*)、长棘鲷 (*L. fasciatus*)、截

尾白姑鱼(*P. anea*)、中华单角鲀(*M. chinensis*)、短棘鲻(*L. equulus*)、短棘银鲈(*G. lucidus*)、杂食豆齿鳗(*P. boro*)、日本须鲷(*P. japonica*)、斑点多纪鲀(*T. poecilonotus*)、线纹鳗鲡(*P. lineatus*)、杜氏叫姑鱼(*J. dussumieri*)、刺鲳(*P. anomala*)、弓斑东方鲀(*T. ocellatus*)、棘头梅童鱼(*C. lucidus*)、尖吻鲷(*T. oxyrhynchus*)、黄鳍鲷(*A. latus*)、胡椒鲷(*P. pictus*)、大眼鲷(*S. meerdervoortii*)、大甲鲈(*M. cordyla*)、中国鲷(*P. chinensis*)、横带髯鲷(*H. mucronatus*)等 49 种鱼类呈现异质性分布。

2.4 嵌套因素分析结果

Partial Spearman 秩相关分析显示(表 3), 栖息地特征变量与嵌套序列均未显示出相关性, 鱼类的最大体长和捕捞努力量(物种)均与嵌套序列有显著性相关(最大体长: $r = 0.297, P < 0.01$; 捕捞努力量: $r = -0.941, P < 0.01$), 而捕捞努力量(位点)与位点的嵌套序列未显示出相关性($r = -0.500, P = 0.170$)。

3 讨论

3.1 大亚湾鱼类嵌套分析的适宜性

目前, 嵌套分析已成为生物地理学物种发

生方式的主流研究方法(Ulrich et al. 2009), 广泛应用于斑块化生境、破碎化生境的群落物种组成和分布格局研究(Fleishman et al. 2002, Greve et al. 2005), 在对海洋群岛(Greve et al. 2005, Dennis et al. 2012)、陆桥岛屿(Wang et al. 2010, 2012)和生境斑块(Hill et al. 2011)等领域的研究均取得了丰硕成果。嵌套结构已被证实是岛屿生物群落组成的普遍规律。本研究位点均处在大亚湾海域, 并无任何的生境地理隔离。河流和珊瑚礁生境的有关鱼类嵌套分析表明, 嵌套分析也适宜于连续生境水域的物种研究(Taylor et al. 2001, Ibarra et al. 2005, McLain et al. 1999)。本研究表明大亚湾海域鱼类群聚呈现显著嵌套分布格局, 广布种广泛分布于各位点, 如二长棘鲷、黄鳍马面鲀等, 异质性物种则分布于嵌套序列的靠前位点, 如鳞烟管鱼等。本研究展现了嵌套分析的普适性规律(Ulrich et al. 2009)。

3.2 大亚湾鱼类群聚嵌套格局成因

解释嵌套格局成因的假说主要有 4 种:(1) 选择性迁入(selective colonization), 物种迁移能力千差万别, 迁移能力强的物种能够占领更多的岛屿, 而迁移能力差的物种则只能生活于

表 3 大亚湾站位及鱼类嵌套影响因素 partial Spearman 秩相关分析结果

Table 3 The results of partial Spearman rank correlation of influence on nestedness for sampling sites and species in Daya Bay

嵌套序列 Nested code	物种嵌套序列 Nested rank for species		位点嵌套序列 Nested rank for sites	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
最大体长 Maximum standard length (mm)	0.297	< 0.01		
捕捞努力量(物种)(尾/km) Catch per unit of effort, CPUE (species) (ind/km)	- 0.941	< 0.01		
距最近大陆距离 Distance to the nearest mainland (km)			- 0.100	0.798
距最近大岛距离 Distance to the nearest larger island (km)			0.500	0.170
捕捞努力量(位点)(尾/km) Catch per unit of effort, CPUE (sites) (ind/km)			- 0.500	0.170
水深 Water depth (m)			- 0.333	0.381
水温 Water temperature (°C)			0.017	0.966
盐度 Salinity			- 0.800	0.010
叶绿素 aChlorophyll a (mg/m ³)			- 0.317	0.406
总氮 Total nitrogen (mg/L)			- 0.117	0.765
总磷 Total phosphorus (mg/L)			- 0.467	0.205

面积较大的岛屿上, 此处的竞争和灭绝率相对较低 (Cook et al. 1995)。因此, 大岛屿则物种丰富多样, 小岛屿一般只生存迁移能力强的物种, 从而构成嵌套。(2) 选择性灭绝 (selective extinction), 物种的分布与岛屿的面积密切相关, 对有最小面积要求大的物种, 或者种群较小的物种, 灭绝的风险就会增大, 这样物种就有可能有序地从不适宜的小岛屿生境中消失 (Patterson 1987, 1990), 从而形成嵌套结构。

(3) 生境嵌套 (habitat nestedness), 岛屿生境对物种的分布具有重要影响, 岛屿群落的物种嵌套是生境嵌套的结果 (Cook et al. 1995)。

(4) 被动抽样 (passive sampling), 物种的丰度在不同的岛屿生境中差异较大, 丰度大的物种被抽中的概率大, 丰度小的物种被抽中的概率小。这样, 在小面积的抽样中, 丰度大的物种出现率高, 丰度小的物种则不易出现, 只有进行大面积抽样, 才有可能也出现一些丰度小的物种 (Cutler 1994), 经过一系列不同取样面积的自然组合, 从而形成嵌套结构。

在影响鱼类群落分布的栖息地生境因素和生活史特征变量中, 反映灭绝倾向的最近大陆距离和距最近大岛距离与嵌套序列均无显著性相关, 并不能说明人类的干扰对其没有影响, 可能是海域区域尺度不够大, 影响差别不大, 导致结果无法表现出来, 因此不能排除大亚湾鱼类群落结构不支持选择性灭绝假说。反映鱼类游泳能力强弱的最大体长与嵌套序列成显著相关, 因此支持选择性迁入假说。捕捞努力量与物种的嵌套序列成显著正相关, 但是与位点的嵌套序列无相关性, 这说明大亚湾鱼类群落分布是非随机的, 而否定了被动抽样假说。

本研究认为大亚湾鱼类群落嵌套结构的形成机制符合选择性迁入假说。迁移能力弱的鱼类在小生境范围内生存, 迁移能力强的鱼类则占据更多适宜生境。这与河流生境中的鱼类研究结果一致, 上游的鱼类迁移到下游而形成嵌套, 支流的鱼类迁移到干流也形成嵌套 (Taylor et al. 2001, Ibarra et al. 2005, Miyazono

et al. 2016), 下游和干流都是生境较为丰富的地方, 同时存在生境嵌套假说, 本研究没有对生境进行研究, 但是可以推测鱼类聚集应该与生境相关联。

3.3 大亚湾鱼类群聚原因

四季的嵌套分布格局表明, 春季大亚湾鱼类主要群聚到大辣甲北部海域 D5 位点, 可能是鱼类洄游到 D5 进行繁殖。夏季鱼类群聚到 D2 和 D8 位点, 可能是鱼类繁殖过后开始至外海和杨梅坑海域进行育肥, D8 位于湾口, 夏季休渔结束, 外加湾外海水交换, 营养物质增多, 导致湾口处饵料丰富, 所以夏季除了 D2 外, D8 也有鱼类群聚。D2 位点主要位于杨梅坑海域, 此处遍布人工鱼礁, 生境多样, 适合多种鱼类栖息、觅食 (陈丕茂等 2013)。秋冬季鱼类群聚到 D2 和 D5 位点, 且到了冬季, 鱼类进一步集聚到 D5, 成为最适群聚位点, 为春季的繁殖做好准备。D5 远离陆地, 位于大亚湾的中央区和珊瑚礁区 (张元林等 1987), 珊瑚礁被誉为“海洋中的热带雨林”, 是地球上生物种类最丰富和生产力最高的生态系统之一, 鱼类在这一区域进行繁殖不仅适宜生境多样, 而且受人为干扰最小, 是非常理想的产卵场所, 这与王亮根等 (2018) 调查研究结果一致, 即这一区域的仔稚鱼和鱼卵的年平均密度较高, 也与鸟类选择最适繁殖小林地进行集聚较为相似 (Blake 1991)。李娜娜等 (2011b) 通过水声学研究表明, 大亚湾礁区鱼类密度比非礁区要高很多; 陈应华 (2009) 研究表明, 礁区内的渔获种类、资源密度和渔获率均高于同期对照位点, 本研究也刚好验证了上述研究, 鱼类选择在礁区进行群聚。在河流中, 鱼类洄游到上游产卵群聚是普遍存在的现象 (Chen et al. 2009), 在海洋中, 鱼类同样也存在产卵洄游。D2 和 D5 位点均为人工鱼礁区, 位于大辣甲周边海域, 大辣甲岛周边造礁石珊瑚覆盖率较高, 其造礁石珊瑚平均覆盖率多次记录高达 46.6%, 说明大辣甲岛周边海洋生态环境状况好 (张涛锂等 2018), 同时说明此区域生境丰富多样,

因此表明大亚湾鱼类群落嵌套结构的形成机制也可能符合栖息地生境嵌套假说。

3.4 大亚湾鱼类保护和管理

本研究分析了大亚湾全年和四季的鱼类群聚变化特征, 研究表明, 鱼类群聚成因是选择性迁入, 同时可能存在栖息地生境的双重筛选。分析揭示了杨梅坑和大辣甲北部海域是大亚湾鱼类的主要集聚区, 应优先进行保护和管理, 同时说明杨梅坑和大辣甲北部海域是大亚湾开展鱼类增殖放流的最适海域。根据我们对深圳市近 5 年的增殖放流调研表明, 深圳从 2013 年至今, 持续在杨梅坑海域(为鱼类集聚区)进行单一物种黑鲷的增殖放流, 并取得了一定的效果。根据我们对惠州市近年的增殖放流调研表明, 惠州从 2010 年至今, 增殖放流地点注重实际方便操作, 并没有选择在鱼类集聚区杨梅坑和大辣甲北部海域放流, 造成放流效果不显著。大辣甲北部海域的 D5 位点非常重要, 可能是鱼类的产卵场, 因此在春季应该重点对这一海域进行保护和管理, 既要严格限制这一区域的捕捞强度, 同时也要保护这一区域的特殊生境, 因为一般鱼类对产卵场生境都有较为苛刻的要求。

参 考 文 献

- Baker M A, Patterson B D. 2011. Patterns in the local assembly of Egyptian rodent faunas: Co-occurrence and nestedness. *Journal of Arid Environments*, 75(1): 14–19.
- Blake J G. 1991. Nested Subsets and the Distribution of Birds on Isolated Woodlots. *Conservation Biology*, 5(1): 58–66.
- Braoudakis G V, Jackson D A. 2016. Effect of lake size, isolation and top predator presence on nested fish community structure. *Journal of Biogeography*, 43(7): 1425–1435.
- Chen D, Xiong F, Wang K, et al. 2009. Status of research on Yangtze fish biology and fisheries. *Environmental Biology of Fishes*, 85(4): 337–357.
- Cook R R, Quinn J F. 1995. The influence of colonization in nested species subsets. *Oecologia*, 102(4): 413–424.
- Cutler A H. 1994. Nested biotas and biological conservation: metrics, mechanisms, and meaning of nestedness. *Landscape & Urban Planning*, 28(1): 73–82.
- Daniels H V, Watanabe W O. 2010. *Practical Flatfish Culture and Stock Enhancement*. New Jersey: Wiley & Sons, 357–358.
- Dennis R L H, Triantis K. 2012. Nestedness in island faunas: novel insights into island biogeography through butterfly community profiles of colonization ability and migration capacity. *Journal of Biogeography*, 39(8): 1412–1426.
- Dobson A P, Pacala S V, Roughgarden J D, et al. 1992. The parasites of *Anolis* lizards in the northern Lesser Antilles: I. Patterns of distribution and abundance. *Oecologia*, 91(1): 110.
- Fleishman E, Betrus C J, Blair R B, et al. 2002. Nestedness analysis and conservation planning: the importance of place, environment, and life history across taxonomic groups. *Oecologia*, 133(1): 78–89.
- Florencio M, Diazpaniagua C, Serrano L, et al. 2011. Spatio-temporal nested patterns in macroinvertebrate assemblages across a pond network with a wide hydroperiod range. *Oecologia*, 166(2): 469–483.
- Greve M, Gremmen N J M, Gaston K J, et al. 2005. Nestedness of Southern Ocean island biotas: ecological perspectives on a biogeographical conundrum. *Journal of Biogeography*, 32(1): 155–168.
- Hill J K, Gray M A, Khen C V, et al. 2011. Ecological impacts of tropical forest fragmentation: how consistent are patterns in species richness and nestedness? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 366(1582): 3265.
- Honnay O, Hermy M, Coppin P. 1999. Nested Plant Communities in Deciduous Forest Fragments: Species Relaxation or Nested Habitats? *Oikos*, 84(1): 119–129.
- Ibarra A A, Park Y S, Brosse S, et al. 2005. Nested patterns of spatial diversity revealed for fish assemblages in a west European river. *Ecology of Freshwater Fish*, 14(3): 233–242.
- Lindo Z, Winchester N N, Didham R K. 2008. Nested patterns of community assembly in the colonisation of artificial canopy habitats by oribatid mites. *Oikos*, 117(12): 1856–1864.
- McLain D K, Pratt A E. 1999. Nestedness of coral reef fish across a set of fringing reefs. *Oikos*, 85(1): 53–67.

- Miyazono S, Taylor C M. 2016. Fish species incidence patterns in naturally fragmented Chihuahuan Desert streams. *Ecology of Freshwater Fish*, 25(4): 545–552.
- Moore J E, Swihart R K. 2007. Toward ecologically explicit null models of nestedness. *Oecologia*, 152(4): 763.
- Patterson B D. 1987. The principle of nested subsets and its implications for biological conservation. *Conservation Biology*, 1(4): 323–334.
- Patterson B D. 1990. On the temporal development of nested subset patterns of species composition. *Oikos*, 59(3): 330.
- Patterson B D, Brown J H. 1991. Regionally nested patterns of species composition in granivorous rodent assemblages. *Journal of Biogeography*, 18(4): 395–402.
- Rodríguez-Gironés M A, Santamaría L. 2006. A new algorithm to calculate the nestedness temperature of presence-absence matrices. *Journal of Biogeography*, 33(5): 924–935.
- Schouten M A, Verweij P A, Barendregt A, et al. 2007. Nested assemblages of Orthoptera species in the Netherlands: the importance of habitat features and life-history traits. *Journal of Biogeography*, 34(11): 1938–1946.
- Taylor C M, Warren Jr M L. 2001. Dynamics in species composition of stream fish assemblages: environment variability and nested subsets. *Ecology*, 82(8): 2320–2330.
- Ulrich W, Gotelli N J. 2007. Disentangling community patterns of nestedness and species co-occurrence. *Oikos*, 116(12): 2053–2061.
- Ulrich W, Gotelli N J. 2009. A consumer's guide to nestedness analysis. *Oikos*, 118(1): 3–17.
- Wang Y, Bao Y, Yu M, et al. 2010. Biodiversity research: Nestedness for different reasons: the distributions of birds, lizards and small mammals on islands of an inundated lake. *Diversity & Distributions*, 16(5): 862–873.
- Wang Y, Chen S, Ding P. 2011. Testing multiple assembly rule models in avian communities on islands of an inundated lake, Zhejiang Province, China. *Journal of Biogeography*, 38(7): 1330–1344.
- Wang Y, Wang X, Ding P. 2012. Nestedness of snake assemblages on islands of an inundated lake. *Current Zoology*, 58(6): 828–836.
- Wright D H, Patterson B D, Mikkelsen G M, et al. 1997. A comparative analysis of nested subset patterns of species composition. *Oecologia*, 113(1): 1–20.
- 陈丕茂, 袁华荣, 贾晓平, 等. 2013. 大亚湾杨梅坑人工鱼礁区渔业资源变动初步研究. *南方水产科学*, 9(5): 100–108.
- 陈应华. 2009. 大亚湾大辣甲南人工鱼礁区的生态效应分析. 广州: 暨南大学博士学位论文.
- 广东省海岛资源综合调查大队. 1993. 大亚湾海岛资源综合调查报告. 广州: 广东科技出版社.
- 国家海洋局第三海洋研究所. 1990. 大亚湾海洋生态文集(II). 北京: 海洋出版社.
- 李娜娜, 陈国宝, 于杰, 等. 2011b. 大亚湾杨梅坑人工鱼礁水域生物资源量声学评估. *水产学报*, 35(11): 1640–1649.
- 李娜娜, 董丽娜, 李永振, 等. 2011a. 大亚湾海域鱼类分类多样性研究. *水产学报*, 35(6): 863–870.
- 刘爱霞. 2017. 休渔期前后大亚湾渔业资源变动初步研究. *海洋与渔业*, (2): 60–61.
- 王亮根, 李亚芳, 杜飞雁, 等. 2018. 大亚湾人工鱼礁区和岛礁区浮游动物群落特征及对仔稚鱼的影响. *南方水产科学*, 14(2): 41–50.
- 王雪辉, 杜飞雁, 邱永松, 等. 2010. 1980—2007年大亚湾鱼类物种多样性、区系特征和数量变化. *应用生态学报*, 21(9): 2403–2410.
- 徐恭昭. 1989. 大亚湾环境与资源. 合肥: 安徽科学技术出版社.
- 张涛锂, 练健生. 2018. 大亚湾造礁石珊瑚现状. *海洋与渔业*, (7): 104–105.
- 张元林, 邹仁林. 1987. 大亚湾浅水石珊瑚群落结构的研究. *热带海洋*, (1): 12–18.

附录 大亚湾鱼类生活史特征参数及种类-地点最大化排序嵌套矩阵

Appendix Life-history traits and maximally ranked species-habitat nested matrix of fishes in the Daya Bay

物种 Species	站位编号 Sites code										最大体长 Maximum standard length (mm)	捕捞努力量 (尾/km) Catch per unit of effort, CPUE (ind/km)	占据位 点数 Number of sites occupied	嵌套 序列 Nested matrix rank
	D2	D5	D6	D7	D8	D4	D3	D1	D9					
黄鳍马面鲀 <i>Thamnaconus hypargyreus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	178	26.083 3	9	1
二长棘鲷 <i>Parargyrops edita</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	262	10.423 8	9	2
拟矛尾虾虎鱼 <i>Paraechaeturichthys polynema</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	119	1.733 3	9	3
勒氏短须石首鱼 <i>Sciaena russelli</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	250	0.263 4	9	4
短吻鲷 <i>Leiognathus brevirostris</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	109	17.352 6	8	5
四线天竺鲷 <i>Apogon quadrifasciatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1		84	3.359 2	8	6
细条天竺鲷 <i>Apogonichthys lineatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1		69	2.759 1	8	7
眼瓣沟虾虎鱼 <i>Oxyurichthys ophthalmonema</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	131	1.338 2	8	8
少鳞鲷 <i>Sillago japonica</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	300	0.574 0	8	9
六指马鲛 <i>Polynemus sextarius</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	235	0.504 1	8	10
金线鱼 <i>Nemipterus virgatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1		350	0.494 6	8	11
长丝虾虎鱼 <i>Cryptocentrus filifer</i> *	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	119	0.345 6	8	12
卵鲷 <i>Solea ovata</i>	1	1	1	1	1	1	0	1	1		90	0.239 4	8	13
中线天竺鲷 <i>Apogon kallopterus</i>	1	1	0	1	1	1	1	0	1		124	2.358 6	7	14
南方鲷 <i>Callionymus meridionalis</i> *	1	1	1	1	1	1	1	0	0		144	1.963 3	7	15
犬牙细棘虾虎鱼 <i>Acentrogobius caninus</i> *	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	110	0.695 8	7	16
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	1	1	1	1	0	1	1	1	0		226	0.545 5	7	17
大鳞鲷 <i>Onigocia macrolepis</i> *	1	1	1	0	1	1	1	0	1		169	0.261 1	7	18
鹿斑鲷 <i>Leiognathus ruconius</i> *	1	1	1	1	0	1	1	0	1		72	0.223 5	7	19
日本红娘鱼 <i>Lepidotrigla japonica</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	0		163	0.170 0	7	20
黄斑篮子鱼 <i>Siganus oramin</i>	1	0	1	1	1	0	1	1	0		244	1.631 7	6	21
巴布亚沟虾虎鱼 <i>Oxyurichthys papuensis</i>	1	1	1	0	1	1	1	0	0		200	0.950 3	6	22
黄斑鲷 <i>Leiognathus bindus</i>	0	0	1	1	1	1	0	1	1		86	0.348 4	6	23
黑边天竺鲷 <i>Apogonichthys ellioti</i>	1	1	1	1	0	1	1	0	0		127	0.338 7	6	24
李氏鲷 <i>Callionymus richardsoni</i> *	1	0	1	0	1	1	0	1	1		124	0.236 3	6	25
圆鳞斑鲆 <i>Pseudorhombus levisquamis</i>	1	1	1	1	0	0	1	0	1		267	0.235 0	6	26
斑鲷 <i>Clupanodon punctatus</i>	1	1	1	1	1	0	0	1	0		263	0.198 3	6	27
纤羊舌鲆 <i>Arnoglossus tenuis</i> Gunther	1	1	0	0	1	1	1	0	1		100	0.179 7	6	28
双带天竺鲷 <i>Apogon taeniatus</i>	1	1	1	0	1	1	1	0	0		128	0.161 9	6	29
蓝圆鲷 <i>Decapterus maruadsi</i>	1	1	0	1	1	1	1	0	0		238	0.139 2	6	30
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	1	0	0	1	0	1	1	1	1		245	0.125 2	6	31
斑头舌鲷 <i>Cynoglossus puncticeps</i>	0	1	1	1	1	1	0	0	1		350	0.063 1	6	32
竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	0	1	1	1	1	1	0	0	0		578	0.182 1	5	33
多齿蛇鲷 <i>Saurida tumbil</i>	0	0	1	1	1	1	1	0	0		570	0.147 0	5	34
短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i>	1	0	1	0	1	1	1	0	0		300	0.103 7	5	35
长体舌鲷 <i>Cynoglossus lingua</i>	1	1	0	1	1	1	0	0	0		415	0.040 0	5	36
细鳞鲷 <i>Therapon jarbua</i>	0	1	1	1	1	0	0	0	0		309	0.594 2	4	37

续附录

物种 Species	站位编号 Sites code									最大体长 Maximum standard length (mm)	捕捞努力量 (尾/km) Catch per unit of effort, CPUE (ind/km)	占据位 点数 Number of sites occupied	嵌套 序列 Nested matrix rank
	D2	D5	D6	D7	D8	D4	D3	D1	D9				
及达叶鲔 <i>Caranx djeddaba</i>	1	0	0	0	0	1	1	0	1	318	0.270 4	4	38
丝鳍鲷 <i>Elates ransonnetii</i> *	1	1	1	0	0	0	1	0	0	220	0.112 2	4	39
花鲳 <i>Clupanodon thrissa</i>	1	1	1	0	0	0	0	1	0	282	0.094 5	4	40
尖尾鳎 <i>Uroconger lepturus</i>	1	1	0	0	1	0	1	0	0	514	0.070 4	4	41
密沟圆鲷 <i>Sphaeroides pachygaster</i>	1	0	1	0	1	0	1	0	0	462	0.047 3	4	42
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	1	0	0	1	0	1	0	1	0	2 154	0.047 0	4	43
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	0	1	1	0	0	0	0	1	0	400	0.199 3	3	44
褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	1	0	1	0	0	0	1	0	0	300	0.111 6	3	45
黑鲷 <i>Acanthopagrus schlegelii</i>	1	0	0	1	0	1	0	0	0	500	0.046 5	3	46
红狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>	0	0	0	0	1	1	0	1	0	218	0.045 3	3	47
大眼白姑鱼 <i>Argyrosomus macrophthalmus</i>	0	1	1	0	0	0	1	0	0	230	0.044 3	3	48
短尾小沙丁鱼 <i>Sardinella sindensis</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	170	0.043 0	3	49
列牙鲷 <i>Pelates quadrilineatus</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	1	252	0.039 7	3	50
沙带鱼 <i>Lepturacanthus savala</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1 000	0.039 2	3	51
触角沟虾虎鱼 <i>Oxyurichthys tentacularis</i>	1	0	0	0	0	1	1	0	0	133	0.034 2	3	52
青石斑鱼 <i>Epinephelus awoara</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	1	485	0.029 0	3	53
长体鲳 <i>Thyrsoidea macrurus</i>	0	0	1	1	0	0	0	1	0	398	0.026 8	3	54
鲷 <i>Therapon theraps</i> *	0	0	0	0	0	0	0	1	1	338	0.359 3	2	55
条尾绯鲤 <i>Upeneus bensasi</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	157	0.205 3	2	56
黄泽小沙丁鱼 <i>Sardinella lemuru</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	230	0.173 7	2	57
平鲷 <i>Rhabdosargus sarba</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	660	0.107 2	2	58
青缙鲷 <i>Crossorhombus azureus</i> *	0	0	0	1	1	0	0	0	0	153	0.101 8	2	59
长体蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	500	0.091 5	2	60
绿斑细棘虾虎鱼 <i>Acentrogobius chlorosigmatoides</i> *	1	1	0	0	0	0	0	0	0	101	0.065 6	2	61
小头左鲆 <i>Laeops parviceps</i> *	0	0	0	1	0	0	0	0	1	122	0.061 1	2	62
食蟹豆齿鳗 <i>Pisodonophis cancrivorus</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1 080	0.059 0	2	63
团头叫姑鱼 <i>Johnius amblycephalus</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	250	0.033 5	2	64
长鳍盲蛇鳗 <i>Scarabaeus sacer</i> *	0	0	0	1	1	0	0	0	0	273	0.032 1	2	65
长棘银鲈 <i>Gerres filamentosus</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	275	0.030 5	2	66
粒突鳞鲷 <i>Onigocia tuberculatus</i> *	1	0	0	1	0	0	0	0	0	149	0.029 6	2	67
六带拟鲈 <i>Parapercis sexfasciata</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	120	0.026 9	2	68
灰鳍棘鲷 <i>Acanthopagrus berda</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	716	0.026 7	2	69
木叶鲷 <i>Pleuronichthys cornutus</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	389	0.023 7	2	70
星点东方鲷 <i>Fugu niphobles</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	124	0.019 9	2	71
婆罗舌鳎 <i>Cynoglossus borneensis</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	450	0.018 7	2	72
黄鲫 <i>Setipinna tenuifilis</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	220	0.017 5	2	73
黑尾小沙丁鱼 <i>Sardinella melanura</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	203	0.016 7	2	74
斜带髯鲷 <i>Hapalogenys nitens</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	400	0.015 6	2	75
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	170	0.128 6	1	76

续附录

物种 Species	站位编号 Sites code									最大体长 Maximum standard length (mm)	捕捞努力量 (尾/km) Catch per unit of effort, CPUE (ind/km)	占据位 点数 Number of sites occupied	嵌套 序列 Nested matrix rank
	D2	D5	D6	D7	D8	D4	D3	D1	D9				
龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	344	0.109 1	1	77
金钱鱼 <i>Scatophagus argus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	325	0.098 7	1	78
半线天竺鲷 <i>Apogon semilineatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	91	0.043 6	1	79
斑点多纪鲷 <i>Takifugu poecilonotus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	200	0.037 5	1	80
大头白姑鱼 <i>Argyrosomus macrocephalus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	230	0.031 4	1	81
多鳞鱚 <i>Sillago sihama</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	310	0.028 1	1	82
日本须鲷 <i>Paraplagusia japonica</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	350	0.025 0	1	83
线纹鳗鲡 <i>Plotosus lineatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	298	0.021 7	1	84
长棘鲷 <i>Leiognathus fasciatus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	174	0.018 7	1	85
前肛鳗 <i>Dysomma anguillaris</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	520	0.018 1	1	86
短尾突吻鳗 <i>Rhynchocymba sivicola</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	650	0.018 1	1	86
短棘银鲈 <i>Gerres lucidus</i> *	0	0	0	0	0	0	0	0	1	125	0.016 9	1	88
短棘鲷 <i>Leiognathus equulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	220	0.016 8	1	88
孔虾虎 <i>Trypauchen vagina</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	185	0.016 2	1	90
截尾白姑鱼 <i>Pennahia anea</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	300	0.014 5	1	91
中华单角鲷 <i>Monacanthus chinensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	312	0.014 5	1	92
尖吻鲷 <i>Therapon oxyrhynchus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	250	0.012 5	1	93
眼斑拟鲈 <i>Parapercis ommatumata</i> *	0	0	0	0	1	0	0	0	0	116	0.012 5	1	93
大眼鲷 <i>Suggrundus meerdervoortii</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	164	0.012 5	1	93
大黄鱼 <i>Larimichthys crocea</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	800	0.010 9	1	96
棘线鲷 <i>Grammoplites scaber</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	255	0.010 9	1	96
胡椒鲷 <i>Plectorhinchus pictus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	677	0.010 7	1	96
横带髯鲷 <i>Hapaloyenys mucronatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	201	0.010 6	0	99
约氏笛鲷 <i>Lutjanus johni</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	836	0.010 3	1	100
刺鲷 <i>Psenopsis anomala</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	211	0.010 3	1	100
弓斑东方鲷 <i>Takifugu ocellatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	150	0.009 4	1	102
杂食豆齿鳗 <i>Pisodonophis boro</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1 000	0.009 2	1	103
鳞烟管鱼 <i>Fistularia petimba</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	165	0.009 1	1	103
中国鲷 <i>Pampus chinensis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	293	0.008 9	1	105
大甲鲈 <i>Megalaspis cordyla</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	688	0.008 6	1	106
斑鳍白姑鱼 <i>Pennahia pawak</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	220	0.008 6	1	106
褐色裸胸鲷 <i>Gymnothorax boschi</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	986	0.007 5	1	108
舌虾虎鱼 <i>Glossogobius giuris</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	500	0.007 5	1	108
黄鳍鲷 <i>Acanthopagrus latus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	383	0.007 5	1	108
大头狗母鱼 <i>Trachinocephalus myops</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	349	0.007 4	1	108
杜氏叫姑鱼 <i>Johnius dussumieri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	344	0.007 2	1	112
多鳞短额鲷 <i>Engyprosonon multisquama</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	106	0.007 2	1	112
鳗鲡 <i>Plotosus anguillaris</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	299	0.007 0	1	114
海龙 <i>Syngnathus sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	204	0.007 0	1	114

* 表示鱼类最大体长取自渔获数据，未标示的表示最大体长从 FishBase 数据库获取；1/0 分别表示鱼类物种出现与未出现。

* indicates that the maximum standard length of the fish is taken from the catch data, unlabeled indicates maximum standard length obtained from FishBase; 1/0 indicates the presence or absence of fish species.