

厦门同安湾定置网捕获鱼类的多样性及营养级特征

廖建基 郑新庆 杜建国* 陈 彬 马志远 胡文佳

(国家海洋局第三海洋研究所, 福建厦门 361005)

摘要: 利用2012年4月至2013年3月在同安湾进行的定置网渔业资源调查资料, 探讨了该海域鱼类多样性及平均营养级特征。结果表明, 周年逐月共鉴定鱼类112种, 隶属于15目53科88属。渔获物组成以沿岸小型底层鱼类为主, 其中中上层鱼类15种, 中下层鱼类18种, 底层鱼类79种; 暖水性种类84种, 暖温性种类28种, 亚热带动物区系特征明显; 杂食性鱼类8种, 低级肉食性鱼类71种, 中级肉食性鱼类30种, 高级肉食性鱼类3种, 以低级肉食性鱼类为主。中华海鲢(*Tachysurus sinensis*)是夏、秋、冬三季的优势种, 六指马鲛(*Polydactylus sextarius*)、锯脊塘鳢(*Butis koilomatodon*)和髯须鰕虎鱼(*Tridentiger barbatus*)是春、冬两季的优势种。重量和尾数多样性指数最高值均在11月, 分别为3.26和3.29; 最低值均在2月, 分别为1.78和1.77。鱼类种类存在明显的季节更替现象, 其月更替率6月最低, 为40.1%; 3月最高, 达68.6%。鱼类平均营养级也存在明显的季节变化, 其中3月最低, 为3.02; 1月最高, 为3.92; 周年平均营养级为3.52。与2003年调查资料相比, 鱼类种类数明显减少, 鱼类组成和优势种发生了很大的变化, 导致变化的主要原因可能是过度捕捞、栖息地破坏和环境污染等。

关键词: 海湾, 生物多样性, 海洋食物网, 营养级

Biodiversity and trophic level characteristics of fishes captured by set nets in Tong'an Bay, Xiamen

Jianji Liao, Xinqing Zheng, Jianguo Du*, Bin Chen, Zhiyuan Ma, Wenjia Hu

Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen, Fujian 361005

Abstract: The diversity and trophic levels of fish species in Tong'an Bay were described based on monthly set net fishing surveys from April 2012 to March 2013. A total of 112 species belonging to 88 genera, 53 families and 15 orders were recorded. According to their habitat strata, the fishes were grouped into 3 types, among them 15 species were pelagic, 18 near demersal, and 79 demersal. According to adaptation to temperature, the fishes were divided into 2 types, 84 species were warm water and the other 28 were warm-temperate species. In terms of food habits, there were 4 types, of which 8 species were omnivores, 71 lower carnivorous, 30 middle carnivorous and 3 higher carnivorous. *Tachysurus sinensis* was the dominant species in summer, autumn and winter, while *Polydactylus sextarius*, *Butis koilomatodon* and *Tridentiger barbatus* were the dominant species in spring and winter. The highest body mass and individual Shannon-Wiener diversity index were 3.26 and 3.29 in November, and the lowest values were 1.78 and 1.77 in February, respectively. The fish community showed distinct seasonal changes, with the lowest monthly change rate of fishes of 40.1% in June, and the highest was 68.6% in March. The mean trophic level also showed significant changes, the minimum was 3.02 in March, the maximum was 3.92 in January, and the average mean trophic level was 3.52. Comparing our data set with previous data from 2003–2004, we found that the species number, species composition and the dominant species in Tong'an Bay all changed significantly. Overfishing, habitat loss and environmental pollution were identified as main factors causing the decline in fish diversity in Tong'an Bay.

Key words: bay, biodiversity, marine food web, trophic level

收稿日期: 2014-03-12; 接受日期: 2014-09-15

基金项目: 国家自然科学基金(31101902)、国家海洋局第三海洋研究所基本科研业务费专项资金(海三科 2011006)、福建省自然科学基金(2012J05074)、海洋公益性行业科研专项经费项目(201305030-4)

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

河口和海湾是近岸典型的海洋生态系统, 以其独特的地理位置和水动力条件为海洋生物的生存和繁衍提供了有利环境, 是鱼类、虾蟹类等海洋生物产卵、育幼和索饵的场所, 对人类的生存和发展具有重要的价值(Hobbie, 2000)。然而, 随着全球气候的变化和城市化进程的不断推进, 海湾的生态环境遭到了严重的破坏, 引起了污染、富营养化、关键生境萎缩和生物多样性降低等一系列环境和生态问题, 为海湾生态安全带来了严峻挑战(余兴光等, 2012)。

同安湾位于厦门岛的北侧, 水域面积41.25 km², 初级生产力水平及溶解氧含量均较高, 适宜海洋生物栖息繁衍(中国海湾志编纂委员会, 1993), 且其岸线曲折, 水质肥沃, 物种丰富多样, 是一些经济鱼类、虾类和蟹类的产卵场(杜建国等, 2012), 也是传统的定置网和流刺网作业海区(厦门渔业志编委会, 1995)。定置网对近海生活的稚、幼鱼资源造成极大威胁, 对湾内成鱼资源的破坏也比较严重。虽然张雅芝等(2009)和黄良敏等(2006)采用定置网和流刺网研究过该海域的鱼类组成情况。但近年来同安湾海域的生态环境发生了很大变化, 这些变化势必会影响到该海域的鱼类多样性。因此, 本文根据2012年4月至2013年3月周年逐月的定置网调查资料, 结合历史文献, 分析同安湾鱼类的物种多样性、营养级现状及其变化情况, 以期同安湾海洋生物多样性的有效保护和管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究方法

2012年4月至2013年3月, 在每月的大潮日(农历初一和十五左右)采用定船定人定点的方式, 采集厦门市翔安区同安湾琼头村渔民的定置网渔获物(图1), 网目尺寸为25 mm。样品速冻保存, 带回实验室鉴定及分析。鱼类样品的种类鉴定、称重、计数及生物学测量均按照《海洋调查规范第6部分: 海洋生物调查》(GB12763.6-2007)的有关规定进行。中文名参考《拉汉世界鱼类系统名典》(伍汉霖等, 2012), 拉丁名参考鱼类生物学资料库FishBase (<http://www.fishbase.org/>)。海水表层水温以采样当天厦门海洋环境预报台发布的数据为准, 鱼类适温性、生态类型及食性判别依据《福建省渔业资源》(福建省渔业区划办公室, 1988)的记载资料。

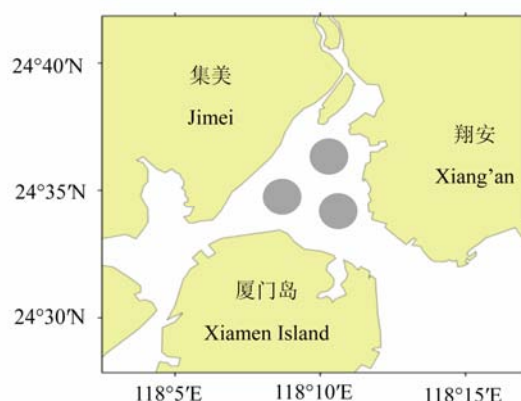


图1 同安湾定置网采样站位图

Fig. 1 Sampling sites of set nets in Tong'an Bay

1.2 鱼类群落多样性分析

鱼类优势种的优势度用相对多度(RD)表示(胡海霞等, 2003)

$$RD = N_i/N \times 100\% \quad (1)$$

相对多度等级划分: 10%以上为优势种, 1-10%为常见种, 1%以下为偶见种。

鱼类群落多样性分析采用以下公式(Ludwig & Reynolds, 1988; 马克平, 1994):

Shannon-Wiener多样性指数(H'):

$$H' = -\sum P_i \ln P_i \quad (2)$$

Pielou均匀度指数(J'):

$$J' = H' / \ln S \quad (3)$$

Margalef物种丰富度指数(SR):

$$SR = (S-1) \ln N \quad (4)$$

上述公式中, N 为总个体数, P_i 为*i*种类的生物量(尾数)占总生物量(或总尾数)的百分比, S 为鱼类种数。为便于与其他海湾数据对比, 本研究多样性指数分别采用重量百分比和尾数百分比计算。

逐月分析种类的更替情况, 种类数更替率(A)计算公式如下(张其永和张雅芝, 1983):

$$A = (\text{种类数增补率} + \text{种类数减失率}) / 2 \quad (5)$$

公式中种类数增补率为新增种类数占总种类数的百分比, 种类数减失率为消失种类数占总种类数的百分比。

1.3 鱼类平均营养级计算

鱼类平均营养级分析采用以下公式(Pauly *et al.*, 1998):

$$\overline{TL}_k = \sum_{i=1}^m TL_i Y_{ik} / Y_k \quad (6)$$

式中 TL_i 为*i*生物的营养级, Y_{ik} 表示*i*种类在*k*月的生物量, Y_k 表示*k*月所有种类的总生物量。

2 结果

2.1 种类组成

本次调查共鉴定112种鱼类(附表1), 隶属于15目53科88属(表1), 除4种软骨鱼外, 其余均为硬骨鱼。硬骨鱼中以鲈形目种类最多, 共有65种, 占所获鱼类总种数的58.04%, 其次为鲹形目10种、鳗鲡目8种、鲉形目6种、鲱形目6种、鲷形目4种, 其余各目种类较少, 在1–3种之间。

渔获物组成以近岸小型鱼类为主, 按其生活习性类型划分, 以底层鱼类种数最多, 为79种, 占总种数的70.54%; 中下层鱼类18种; 中上层鱼类15种。鱼类的亚热带动物区系特征明显, 以暖水性种类为主, 为84种, 占总种数的75.00%; 暖温性种类28种, 占25.00%; 未出现冷温性和冷水性鱼类。按鱼类食性划分, 杂食性有8种, 占7.14%; 低级肉食性有71种, 占63.39%; 中级肉食性有30种, 占26.79%; 高级肉食性有3种, 占2.68%, 本次调查以低级肉食性鱼类为主。

2.2 优势种

同安湾鱼类优势种季节变化见表2。春季(4–6

月)有7种; 夏季(7–9月)8种; 秋季(10–12月)7种; 冬季(1–3月)7种, 其中鰕虎鱼科4种, 占冬季优势种总数的57.14%。无四季均为优势种的鱼类, 中华海鲶(*Tachysurus sinensis*)在夏、秋、冬三季为优势种, 六指多指马鲛(*Polydactylus sextarius*)、锯脊塘鳢(*Butis koilomatodon*)、髯缟鰕虎鱼(*Tridentiger barbatus*)在两个季节为优势种。锯脊塘鳢虽全年均有出现, 但只有5月和8月为优势种, 其余各月均为常见种。

2.3 多样性指数

从表3可以看出, Shannon-Wiener尾数多样性指数(H')11月最高, 2月最低, 其余各月均在2.17–2.99之间。Pielou尾数均匀度指数(J')以6月和7月最高, 分别为0.72与0.68, 2月和8月最低。Margalef物种丰富度指数(SR)以11月和1月最高; 2月与8月最低。

重量多样性指数最高与最低的月份与尾数多样性指数一样, 分别为11月与2月, 分别为3.26与1.78; 重量均匀度指数则以7月和9月最高, 3月最低, 为0.39。

2.4 鱼类种类组成的月更替率

同安湾鱼类种类组成的月更替率3月份最高, 达到68.6%; 其次是8月份, 为60.5%; 6月份最低, 但也达到了40.1%; 其余月份在41.9–58.7%之间, 都较为接近, 总体而言, 冬季最大, 春季最低且基本保持不变, 夏季上升到秋季逐渐下降(图2)。同安湾鱼类种类的月更替现象比较明显。

2.5 平均营养级

同安湾鱼类平均营养级介于3.02–3.92之间(图3)。2012年4–11月较为平稳, 在3.5左右波动; 从12月开始呈明显上升趋势, 1月份达到最大, 2、3月份又呈下降趋势。同安湾全年平均营养级为3.52。

3 讨论

3.1 鱼类种类组成的季节变化

本研究结果表明, 除了冬季(1–3月)鱼类组成的月更替率变化与海水表面温度变化趋势相差较大外, 其余各月份均一致, 出现该现象的原因推测与鱼类的越冬行为和春季繁殖行为有较大关系。与10年前相比(黄良敏等, 2006), 各月更替率更大, 但变化范围小。

3.2 鱼类平均营养级变化

海洋平均营养级不仅能准确地反映渔获物及其营养层次的变化趋势, 而且能很好地指示海洋生

表1 同安湾定置网渔获物种类组成
Table 1 Catalogues of fish species captured by set nets in Tong'an Bay

	科 Family	属 Genus	种 Species
软骨鱼纲 Chondrichthyes			
须鲨目 Orectolobiformes	1	1	1
真鲨目 Carcharhiniformes	1	1	1
鳐形目 Rajiformes	1	1	1
鲼形目 Myliobatiformes	1	1	1
辐鳍鱼纲 Actinopterygii			
海鲢目 Elopiformes	1	1	1
鲱形目 Clupeiformes	2	4	6
仙女鱼目 Aulopiformes	1	2	2
鳗鲡目 Anguilliformes	4	6	8
鲇形目 Siluriformes	2	2	2
刺鱼目 Gasterosteiformes	1	1	1
鲱形目 Mugiliformes	1	3	3
鲈形目 Perciformes	28	51	65
鲉形目 Scorpaeniformes	2	4	4
鲹形目 Pleuronectiformes	4	7	10
鲷形目 Tetraodontiformes	3	3	6
合计 Total	53	88	112

表2 同安湾定置网渔获鱼类主要优势种的季节变化
Table 2 Seasonal variation of dominant fishes captured by set nets in Tong'an Bay

种类 Species	季节 Seasons				营养级 Trophic level
	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	*				4.1
中华海鲶 <i>Tachysurus sinensis</i>		*	*	*	3.9
棱鲛 <i>Liza carinata</i>			*		2.6
褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>		*			3.6
短吻鲷 <i>Leiognathus brevirostris</i>			*		3.0
短棘银鲈 <i>Gerres limbatus</i>			**		3.5
黄鳍棘鲷 <i>Acanthopagrus latus</i>	*				3.2
六指多指马鲛 <i>Polydactylus sextarius</i>		*		*	3.8
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i>		*			3.3
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>				*	3.3
圆口副绯鲤 <i>Parupeneus cyclostomus</i>		*			3.6
花鳍副海猪鱼 <i>Parajulis poecilepterus</i>			*		3.4
锯脊塘鳢 <i>Butis koilomatodon</i>	*	*			4.0
髯须鰕虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>	*			*	3.2
纹须鰕虎鱼 <i>T. trionocephalus</i>				*	3.3
斑纹舌鰕虎鱼 <i>Glossogobius olivaceus</i>		*			3.7
犬牙细棘鰕虎鱼 <i>Acentrogobius caninus</i>	*				3.5
斑尾复鰕虎鱼 <i>Synechogobius ommaturus</i>		*			3.5
触角沟鰕虎鱼 <i>Oxyurichthys tentacularis</i>			*		4.2
多须拟矛尾鰕虎鱼 <i>Parachaeturichthys polynema</i>				*	3.1
孔鰕虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>				*	3.5
褐蓝子鱼 <i>Siganus fuscescens</i>			*		2.3
鲷属-种 <i>Platycephalus</i> sp.1	*				3.6
卵鳎 <i>Solea ovata</i>	*				3.5

表3 2012–2013年各月同安湾鱼类群落多样性指数
Table 3 Species diversities of fishes in Tong'an Bay during 2012 and 2013

指数 Index	采样月份 Sampling month											
	2012										2013	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
鱼类种数 Species (S)	32	30	17	25	17	27	36	40	33	38	14	30
总尾数 Individuals (N)	110	281	36	61	118	107	236	194	157	156	74	276
尾数多样性指数 Individual Shannon-Wiener diversity index (<i>H'</i>)	3.18	2.85	2.59	2.81	2.17	2.99	2.90	3.29	2.96	2.97	1.77	2.77
尾数均匀度指数 Individual Pielou's evenness index (<i>J'</i>)	0.67	0.51	0.72	0.68	0.46	0.64	0.53	0.63	0.59	0.59	0.41	0.49
丰富度指数 Margalef richness index (<i>SR</i>)	6.59	5.14	4.46	5.84	3.35	5.56	6.41	7.40	6.33	7.33	3.02	5.16
重量多样性指数 Body mass Shannon-Wiener diversity index (<i>H'</i>)	1.96	2.75	2.14	2.75	2.33	2.93	2.69	3.26	2.76	2.45	1.78	2.21
重量均匀度指数 Weight Pielou's evenness index (<i>J'</i>)	0.42	0.49	0.60	0.67	0.49	0.63	0.49	0.62	0.55	0.48	0.41	0.39

态系统完整性和生物多样性给人们所提供的产品和服务功能, 可以作为评价海洋生态系统多样性和健康程度的指标(Convention on Biological Diversity, 2004; Branch *et al.*, 2010; Pauly, 2013)。近几十年来过度捕捞已经使大型高价值捕食性鱼类的资源衰竭, 导致渔获物的平均营养级降低, 同时供人们消费的渔获物总量也相应减少(European Environment Agency, 2007)。

就年平均营养级而言, 本文研究结果与邻近的

厦门东海域平均营养级3.50(黄良敏等, 2008)及九龙江口平均营养级3.55(杜建国等, 2012)非常接近。同安湾鱼类月平均营养级在调查期间发生3次较大的波动, 2012年12月的平均营养级仅为3.11, 原因是渔获物中, 体型较小且营养级仅为2.30的褐蓝子鱼(*Siganus fuscescens*)与仅为2.60的棱鲛(*Liza carinata*)总生物量百分比占到该月总生物量的10.54%与20.78%。2013年3月平均营养级也较低, 为3.02, 原因是渔获物中上层鱼类的质量与数量比例均较



图2 同安湾鱼类种类的月更替率

Fig. 2 Monthly change rate of fishes captured in Tong'an Bay

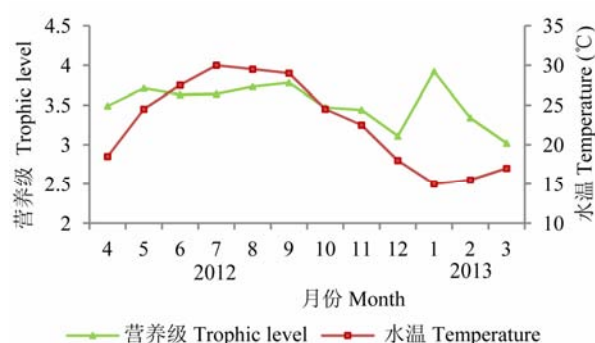


图3 同安湾鱼类营养级的月变化

Fig. 3 Monthly changes of fishes trophic levels in Tong'an Bay

高。其中, 营养级为2.10的鲻(*Mugil cephalus*)总生物量占到了该月的30.72%。2013年1月的平均营养级最高, 为3.92, 原因是营养级为4.50的斑条鲆(*Sphyræna jello*)与营养级为3.90的中华海鲶生物量分别占到了该月渔获量的24.72%与28.24%, 从而导致该月的平均营养级显著高于全年平均营养级。

3.3 鱼类多样性变化原因

我国近海渔业资源在20世纪90年代中期进入衰退期, 渔业活动导致了鱼类生物量减少、种类消失、群落结构改变, 个体出现低龄化、小型化的态势(唐启升, 2012; 中国海洋可持续发展的生态环境问题与政策研究课题组, 2013)。与2003–2004年该海域的定置张网研究结果相比(黄良敏等, 2006), 本研究的适捕鱼类种数少了130种, 未出现鼠鳎目、灯笼鱼目、银汉鱼目、颌针鱼目、鲱形目、海蛾鱼目和鮫鰈目鱼类; 而软骨鱼类中出现了真鲨目与鳐形目鱼类, 硬骨鱼类中出现了仙女鱼目种类; 两次调查的共有种为92种。与2010–2011年邻近海域九龙江

口的定置张网研究结果相比(常国芳等, 2013), 本研究适捕鱼类减少57种。以上结果表明: 同安湾海域鱼类物种数显著减少, 优势种变化较大, 但这种变化在一定程度上也可能是由于采样方式的不同造成的。另外, 在与当地渔民的访谈中, 我们得知近10年来鱼类种类及其产量的减少是显著的。1997年以来实际渔获量和捕捞量均超过了估算的最大持续产量和最大可持续捕捞量, 过多的渔业船只导致海洋捕捞产量逐年下降(卢振彬, 2000; 黄良敏等, 2008)。此外, 除定置网、流刺网作业方式对经济幼鱼造成毁灭式捕捞外, 渔具的现代化和捕捞技术的逐步改良也使得捕捞强度逐年增大, 超过了资源的补充能力, 使鱼类群落结构发生改变。

栖息环境的变化也会影响到鱼类多样性。近些年来, 同安湾东溪、西溪和官浔溪河水汇入湾内并携带大量泥沙入海, 使得湾内主要的沉积物类型变为砂–粉砂–粘土、粘土质砂和粉砂质粘土。另外, 大量人工海岸设施的兴建、沿岸围垦工程的建设, 加之海上过度养殖、以及一些规划性不强的开发利用, 均促使海湾水动力减缓和淤浅, 造成一些生物种类的资源量减少, 导致若干传统渔业减产, 甚至形不成渔汛。

环境污染也能引起鱼类生物多样性改变。2002–2011年水质监测结果表明, 同安湾处于N高P低的富营养状态, 氮磷比趋势不够稳定, 海水中的活性磷酸盐和无机氮含量这两个反映海水富营养化的指标有所下降, 但近两年来氮磷含量又明显回升, 养殖污染所占比例并不大, 陆源排污、海岸工程施工、海上船舶污染以及陆地河流入海仍是造成海域污染的主要来源(张丽玉, 2013)。2003年出现的对环境敏感的种类, 如大西洋犀鳐(*Bregmaceros atlanticus*)、低海龙(*Hippichthys heptagonus*)和紫锯雀鲷(*Neopomacentrus violascens*)等在2012年未见出现。

参考文献

- Branch TA, Watson R, Fulton EA, Jennings S, McGilliard CR, Publico GT, Daniel RD, Tracey SR (2010) The trophic fingerprint of marine fisheries. *Nature*, **468**, 431–435.
- Chang GF (常国芳), Huang LM (黄良敏), Li J (李军), Wang JQ (王家樵), Zhang HJ (张会军), Zhang YZ (张雅芝) (2013) Study on fish community structure of set-net catches in Jiulong River Estuary, Fujian. *Journal of Shanghai Ocean University* (上海海洋大学学报), **22**, 295–305. (in Chinese)

- with English abstract)
- Compiling Committee of Records of China Bays (中国海湾志编纂委员会) (1993) *Records of China Bays, 8th Fascicule* (中国海湾志第八分册). China Ocean Press, Beijing. (in Chinese)
- Compiling Committee of Records of Fishery of Xiamen (厦门渔业志编委会) (1995) *Records of Fishery of Xiamen* (厦门渔业志). Lujiang Press, Xiamen. (in Chinese)
- Convention on Biological Diversity (CBD) (2004) Provisional Indicators for Assessing Progress Towards the 2010 Biodiversity Target. <http://www.cbd.int/doc/decisions/cop-07/full/cop-07-dec-en.pdf>. (accessed September 2009)
- Du JG (杜建国), Liu ZH (刘正华), Yu XG (余兴光), Xu ZC (许章程), Hu WJ (胡文佳), Chen B (陈彬), Ma ZY (马志远), Lin JL (林金兰) (2012) Fish species diversity and trophic level in the Jiulong Estuary. *Journal of Tropical Oceanography* (热带海洋学报), **31**, 76–82. (in Chinese with English abstract)
- European Environment Agency (EEA) (2007) Halting the loss of biodiversity by 2010: proposal for a first set of indicators to monitor progress in Europe. http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_11. (accessed September 2009)
- Fisheries Division Office of Fujian (福建省渔业区划办公室) (1988) *Fishery Resources of Fujian Province* (福建省渔业资源). Fujian Science and Technology Press, Fuzhou. (in Chinese)
- Hobbie JE (2000) *Estuarine Science: A Synthetic Approach to Research and Practice*. Island Press, Washington, D. C.
- Hu HX (胡海霞), Fu LP (傅罗平), Xiang SJ (向孙军) (2003) Preliminary study on diversity of fishes in Hongmenchong Brook of Hunan Province. *Sichuan Journal of Zoology* (四川动物), **22**, 226–229. (in Chinese with English abstract)
- Huang LM (黄良敏), Zhang YZ (张雅芝), Yao SS (姚舒栓) (2006) Study on fish compositions and monthly alternations of species by stake net from Xiamen eastern waters. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), **25**, 510–520. (in Chinese with English abstract)
- Huang LM (黄良敏), Zhang YZ (张雅芝), Pan JJ (潘佳佳), Cui YX (崔裕侠), Wu YJ (吴亚娟) (2008) Food web of fish in Xiamen eastern waters. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), **27**, 64–73. (in Chinese with English abstract)
- Lu ZB (卢振彬) (2000) Estimation on fishery resources in Xiamen coastal waters. *Tropic Oceanology* (热带海洋), **19**(2), 51–56. (in Chinese with English abstract)
- Ludwig JA, Reynolds JF (1988) *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Ma KP (马克平) (1994) The measurement of community diversity. In: *Principles and Methodologies of Biodiversity Studies* (生物多样性研究的原理与方法) (eds Qian YQ (钱迎倩), Ma KP (马克平)). Chinese Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese)
- Pauly D, Christense V, Dalgaard J, Froese R, Torres F (1998) Fishing down marine food webs. *Science*, **279**, 860–863.
- Pauly D (2013) Does catch reflect abundance? Yes, it is a crucial signal. *Nature*, **494**, 303–305.
- Tang QS (唐启升) (2012) *Regional Oceanography of China Seas: Fisheries Oceanography* (中国区域海洋学: 渔业海洋学). China Ocean Press, Beijing. (in Chinese)
- Task Force on Ecosystem Issues and Policy Options Addressing the Sustainable Development of China's Ocean and Coasts (中国海洋可持续发展的生态环境问题与政策研究课题组) (2013) *Ecosystem Issues and Policy Options Addressing the Sustainable Development of China's Ocean and Coasts* (中国海洋可持续发展的生态环境问题与政策研究). Chinese Environmental Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Wu HL (伍汉霖), Shao KT (邵广昭), Lai CF (赖春福), Chong DH (庄棣华), Lin PL (林沛立) (2012) *Latin-Chinese Dictionary of Fish Names by Classification System* (拉汉世界鱼类系统名典). The Sueichan Press, Keelung. (in Chinese)
- Yu XG (余兴光), Liu ZH (刘正华), Ma ZY (马志远) (2012) *Ecological Environmental Status and Ecological Management in Jiulongjiang Estuary* (九龙江河口生态环境状况与生态系统管理). China Ocean Press, Beijing. (in Chinese)
- Zhang YZ (张雅芝), Huang LM (黄良敏) (2009) A study on fish species diversity and community structure in eastern waters of Xiamen. *Journal of Tropical Oceanography* (热带海洋学报), **28**(2), 66–76. (in Chinese with English abstract)
- Zhang QY (张其永), Zhang YZ (张雅芝) (1983) Stomach contents of *Parargyrops edita* in Minnan-Taiwan grounds. *Acta Oceanologica Sinica* (海洋学报), **5**, 349–362. (in Chinese with English abstract)
- Zhang LY (张丽玉) (2013) Analysis and evaluation on water quality of Tong'an Bay in recent decade. *Environmental Science and Management* (环境科学与管理), **38**, 70–73. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 高天翔 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附表1 2012–2013年同安湾定置网渔获鱼类种类名录

Table S1 The list of fishes captured by set nets in Tong'an Bay during 2012 and 2013
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2014-051-1.pdf>

附表1 2012–2013年同安湾定置网渔获鱼类种类名录

Table S1 The list of fishes captured by set nets in Tong'an Bay during 2012 and 2013

种类 Species	采样月份 Sampling month												适温性	生态型	食性	营养级
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	Temperature	Habit	Feeding	Trophic level
条纹斑竹鲨 <i>Chiloscyllium plagiosum</i>										+			■	底层	中	4.0
尖头斜齿鲨 <i>Scoliodon laticaudus</i>						++							■	底层	低	3.8
中国团扇鳐 <i>Platyrrhina sinensis</i>									+				★	底层	低	3.5
赤魮 <i>Dasyatis akajei</i>	+												★	底层	低	3.8
蜥海鲢 <i>Elops saurus</i>							+	+					■	中上	中	4.0
网纹裸胸鳔 <i>Gymnothorax reticularis</i>	++												■	底层	中	4.0
匀斑裸胸鳔 <i>G. reevesii</i>									+				■	底层	中	4.0
尖吻蛇鳐 <i>Ophichthus apicalis</i>					++								■	底层	低	3.7
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	++	++	+++	++	++	+	++			+		++	■	底层	中	4.1
褐海鳗 <i>M. bagio</i>									+				■	底层	中	4.0
尖尾鳗 <i>Uroconger lepturus</i>				++		+	++			+	++		■	底层	低	3.5
尼氏颌吻鳗 <i>Gnathophis nystromi nystromi</i>												+	■	底层	高	5.1
食蟹豆齿鳗 <i>Pisodonophis cancrivorus</i>		++	++										■	底层	低	3.8
中华小沙丁鱼 <i>Sardinella aurita</i>								++		++			■	中上	低	3.4
斑鲹 <i>Konosirus punctatus</i>	++			++				++	+	++			★	中上	杂	2.9
康氏侧带小公鱼 <i>Stolephorus commersonnii</i>									+				■	中上	低	3.1
赤鼻棱鲷 <i>Thryssa kammalensis</i>								++					■	中上	低	3.1
汉氏棱鲷 <i>T. hamiltonii</i>		+				+				+		+	■	中上	低	3.5
黄吻棱鲷 <i>T. vitirostris</i>										++			■	中上	低	3.3
中华海鲶 <i>Tachysurus sinensis</i>	+				+++		+++	++	++	+++		++	■	底层	中	3.9
线纹鳗鲶 <i>Plotosus lineatus</i>	+											+	■	底层	低	3.5
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>										+			■	中下	中	4.2
长体蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>						++	++		++	+			★	底层	中	4.4
棱鲛 <i>Liza carinata</i>	++	+	++	++				++	+++	+		++	■	底层	杂	2.6
鲷 <i>Mugil cephalus</i>							++		++			++	■	底层	杂	2.1
前鳞鲷 <i>Moolgarda cunnesius</i>	+					+++			++	++			■	底层	杂	2.4
莫氏海马 <i>Hippocampus mohnikei</i>		+											★	底层	低	3.8
褐菖鲉 <i>Sebastiscus marmoratus</i>				+++				++	++	+	++		★	底层	低	3.6

种类 Species	采样月份 Sampling month												适温性 Temperature	生态型 Habit	食性 Feeding	营养级 Trophic level
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
日本鬼鲈 <i>Inimicus japonicus</i>	+	+										+	★	底层	中	4.2
褐斑鲷 <i>Platycephalus</i> sp.1	++	+++	++	++		++	+	++		+			★	底层	低	3.6
横带棘线鲷 <i>Grammoplites scaber</i>				++	+	++	+	++	++	++		++	■	底层	低	3.8
尾纹双边鱼 <i>Ambassis urotaenia</i>		++	++							++			■	中下	低	3.4
眶棘双边鱼 <i>A. gymnocephalus</i>								++	++				■	中上	中	3.9
花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	++	++					+	++			++		★	中下	低	3.4
布氏石斑鱼 <i>Epinephelus bleekeri</i>		+											■	中下	中	3.9
点带石斑鱼 <i>E. coioides</i>	+			++							++		■	中下	中	3.9
棕点石斑鱼 <i>E. fuscoguttatus</i>					+								■	中下	中	4.1
赤点石斑鱼 <i>E. akaara</i>					++	++							■	中下	中	4.0
横纹九棘鲈 <i>Cephalopholis boenak</i>					+								■	底层	中	4.2
宽条鹰天竺鲷 <i>Ostorhinchus fasciatus</i>						++		++	++				■	中下	低	3.6
多鳞鳢 <i>Sillago sihama</i>	++	+		++			+	++		++		++	★	底层	低	3.4
金带细鲷 <i>Selaroides leptolepis</i>							+						■	中上	低	3.5
蓝圆鲷 <i>Decapterus maruadsi</i>			++	++									★	中上	低	3.4
大甲鲷 <i>Megalaspis cordyla</i>						++							■	中上	中	4.4
克氏副叶鲷 <i>Alepes kleinii</i>						++				+			■	中上	低	3.5
短吻鲷 <i>Leiognathus brevirostris</i>	++	+	++	++	++		+		+++			+	■	中上	低	3.0
黄斑鲷 <i>Photopectoralis bindus</i>							++	+		+		++	■	中上	杂	2.5
鹿斑鲷 <i>Secutor ruconius</i>				++									■	上层	低	3.4
紫红笛鲷 <i>Lutjanus argentimaculatus</i>					+								■	底层	低	3.6
勒氏笛鲷 <i>L. russellii</i>								+	+	++	++	+	■	底层	中	4.3
短棘银鲈 <i>Gerres limbatus</i>	++	++				++	+++	+	+++			++	■	底层	低	3.5
长棘银鲈 <i>G. filamentosus</i>							++						■	底层	低	3.3
横带髯鲷 <i>Haplogeny mucronatus</i>								++					★	中下	中	4.1
裴氏金线鱼 <i>Nemipterus peronii</i>	+												■	底层	低	3.7
六齿金线鱼 <i>N. hexodon</i>							+	++	++				■	底层	中	3.9
黄缘金线鱼 <i>N. thosaporni</i>										++			■	底层	低	3.7
伏氏眶棘鲈 <i>Scolopsis vosmeri</i>						++		++					■	底层	低	3.5
平鲷 <i>Rhabdosargus sarba</i>	++			++					+				■	底层	低	3.4

种类 Species	采样月份 Sampling month												适温性 Temperature	生态型 Habit	食性 Feeding	营养级 Trophic level
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
黄鳍棘鲷 <i>Acanthopagrus latus</i>	++	++	+++	++			+		+		++	++	■	底层	低	3.2
黑棘鲷 <i>A. schlegelii</i>									++				★	底层	低	3.2
二长棘鲷 <i>Parargyrops edita</i>		++											■	底层	低	3.4
四指马鲛 <i>Eleutheronema tetradactylum</i>										++			■	中下	中	4.4
六指多指马鲛 <i>Polydactylus sextarius</i>						+++	++	++	++	+++		+	■	中下	低	3.8
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i>				++	+++	++	+	++	++	++	++	++	■	中下	低	3.3
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>										+++			★	中下	低	3.3
勒氏枝鲷石首鱼 <i>Dendrophysa russelii</i>	++	++	++										■	底层	低	3.5
日本绯鲤 <i>Upeneus japonicus</i>								++		++			■	底层	低	3.6
圆口副绯鲤 <i>Parupeneus cyclostomus</i>						+++							■	底层	中	4.2
尖嘴蝴蝶鱼 <i>Chaetodon modestus</i>								++					■	中下	低	3.5
鲷 <i>Terapon theraps</i>				++		++							■	底层	低	3.5
四带牙鲷 <i>Pelates quadrilineatus</i>				++			+						■	底层	低	3.5
尖突吻鲷 <i>Rhynchopelates oxyrhynchus</i>	++	++								+			■	底层	低	3.6
蓝猪齿鱼 <i>Choerodon azurio</i>								+					■	底层	低	3.5
花鳍副海猪鱼 <i>Parajulis poecilepterus</i>								+++					■	中下	低	3.4
六带拟鲈 <i>Parapercis sexfasciata</i>								++		++	++		★	底层	低	3.4
日本鰺 <i>Uranoscopus japonicus</i>												+	■	底层	中	4.0
锯脊塘鳢 <i>Butis koilomatodon</i>	++	+++	++	++	+++	++	++	++	++	++	++	++	■	底层	中	4.0
纹缟鰕虎鱼 <i>Tridentiger trignocephalus</i>								++		++	+++		★	底层	低	3.3
髯缟鰕虎鱼 <i>T. barbatus</i>	+++	++	++	++	++	++	++			+	+++	++	★	底层	低	3.2
斑纹舌鰕虎鱼 <i>Glossogobius olivaceus</i>				++	+++		+	++	+	+		++	■	底层	低	3.7
犬牙细棘鰕虎鱼 <i>Acentrogobius caninus</i>	+++	++				++	++		++		++		■	底层	低	3.5
多须拟矛尾鰕虎鱼 <i>Parachaeturichthys polynema</i>							++					+++	■	底层	低	3.1
斑尾复鰕虎鱼 <i>Synechogobius ommaturus</i>		++		+++					+		++	++	★	底层	低	3.5
矛尾复鰕虎鱼 <i>S. hasta</i>	++												★	底层	低	3.0
触角沟鰕虎鱼 <i>Oxyurichthys tentacularis</i>				++			+		+++			++	■	底层	中	4.2
长丝犁突鰕虎鱼 <i>Myersina filifer</i>								++		++			★	底层	低	3.4
须鰕虎鱼 <i>Taenioides cirratus</i>			++										■	底层	中	3.9
鰕虎鱼 <i>T. anguillaris</i>			++										■	底层	中	4.0

种类 Species	采样月份 Sampling month												适温性 Temperature	生态型 Habit	食性 Feeding	营养级 Trophic level
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>							+						★	底层	低	3.8
孔鰕虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>	++	++				++	+	++	+	++		+++	■	底层	低	3.5
大弹涂鱼 <i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	++	++										++	■	底层	杂	2.0
金钱鱼 <i>Scatophagus argus</i>	++			++			+	+	+				■	底层	低	3.0
褐蓝子鱼 <i>Siganus fuscescens</i>	+				++	++	++	++	+++	++	++		■	底层	杂	2.3
斑条鲆 <i>Sphyræna jello</i>							+	+		++			■	中下	高	4.5
高鳍带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	++					++		++		++		++	■	中下	高	4.5
刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i>						+							★	中下	中	4.0
牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i>		++											★	底层	中	4.4
少牙斑鲆 <i>Pseudorhombus oligodon</i>		++		++	++		+						■	底层	中	4.2
木叶鲷 <i>Pleuronichthys cornutus</i>	++												■	底层	低	3.2
条鲷 <i>Zebrias zebra</i>						+		++					★	底层	低	3.5
东方宽箬鲷 <i>Brachirus orientalis</i>					+	++						++	■	底层	低	3.5
卵鲷 <i>Solea ovata</i>	+	++	+++	++						+			■	底层	低	3.5
短舌鲷 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>							+	+					★	底层	低	3.5
斑头舌鲷 <i>C. puncticeps</i>		++	++										■	底层	低	3.3
宽体舌鲷 <i>C. robustus</i>									+			+	★	底层	低	3.5
巨鳞舌鲷 <i>C. macrolepidotus</i>	+	++	++										■	底层	低	3.5
中华单角鲀 <i>Monacanthus chinensis</i>					+	++	+			+		+	■	底层	杂	2.6
暗色多纪鲀 <i>Takifugu obscurus</i>								+					■	底层	低	3.4
横纹多纪鲀 <i>T. oblongus</i>		+						++					■	底层	低	3.2
铅点多纪鲀 <i>T. alboplumbeus</i>								++					★	底层	低	3.3
黄鳍多纪鲀 <i>T. xanthopterus</i>			++										★	底层	低	3.4
凹鼻鲀 <i>Chelonodon patoca</i>		+											■	底层	低	3.1

+ 偶见种; ++ 常见种; +++ 优势种. ■ 暖水性; ★ 暖温性。

+ Occasional species. ++ Common species. +++ Dominant species. ■ Warm-water species. ★ Warm-temperate species.