

台湾海峡游泳动物种类组成及其多样性

宋普庆¹ 张 静² 林龙山^{1*} 许章程¹ 朱小明³

1 (国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361005)

2 (集美大学水产学院, 厦门 361012)

3 (厦门大学海洋与环境学院, 厦门 361005)

摘要: 根据2006–2007年在台湾海峡进行的四个季度航次定点底拖网调查资料, 分析了台湾海峡游泳动物的种类组成、数量分布、优势种和多样性等特征。结果表明, 调查海域共鉴定出游泳动物373种, 其中鱼类273种, 甲壳类81种, 头足类19种; 渔获物组成以鱼类为主, 占渔获物总重量的65.6%, 其次为甲壳类和头足类, 分别占21.1%和13.3%, 所有调查站位游泳动物的年平均生物量密度指数为24.91 kg/h, 主要优势种类为带鱼(*Trichiurus japonicus*)、拥剑梭子蟹(*Portunus haanii*)、二长棘鲷(*Parargyrops edita*)、龙头鱼(*Harpadon nehereus*)、竹筴鱼(*Trachurus japonicus*)、火枪乌贼(*Loligo beka*)等。对多样性的分析显示, 台湾海峡游泳动物物种多样性指数(H')变化范围为1.45–3.21, 平均为2.47, 其中秋季最高, 夏季最低, 且呈现南高北低的特点。与历史资料相比, 目前台湾海峡游泳动物种类数明显减少, 尤其是闽东和闽南—台湾浅滩海域表现最为突出; 优势种类个体呈现小型化和低龄化趋势, 表明台湾海峡游泳动物资源衰退明显。

关键词: 台湾海峡, 游泳动物, 优势种, 物种多样性

Nekton species composition and biodiversity in Taiwan Strait

Puqing Song¹, Jing Zhang², Longshan Lin^{1*}, Zhangcheng Xu¹, Xiaoming Zhu³

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

2 Fisheries College of Jimei University, Xiamen, Fujian 361012

3 College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005

Abstract: Based on four bottom trawl surveys (2006–2007) in the Taiwan Strait, nekton species composition, biomass and density distribution, dominant species, and community characteristics were analyzed. We recorded 373 nektonic species including 273 fish species, 81 crustaceans and 19 cephalopods. The mean biomass density index of the study area was estimated to be 24.91 kg/h with fish species, crustacean species and cephalopod species accounting for 65.6%, 21.1% and 13.3% of the total, respectively. Dominant species included *Trichiurus japonicus*, *Portunus haanii*, *Parargyrops edita*, *Harpadon nehereus*, *Trachurus japonicus* and *Loligo beka*. Shannon-Wiener diversity indices (H') ranged from 1.45 to 3.21, with an average of 2.47 and were higher in autumn and winter than in spring and summer. Compared with historical data, nekton resources are obviously declining, with species richness decreasing especially in the Minnan-Taiwan Bank area. Dominant species also exhibited a preponderance of smaller size and age classes compared to historical data.

Key words: Taiwan Strait, nekton, dominant species, biodiversity

游泳动物(nekton)在海洋生态系统中有着重要的地位, 很多种类是海洋生态系统中的高级消费者, 是人类蛋白质的重要来源(沈国英和施并章, 2002)。台湾海峡位于东海与南海的过渡区, 地处热

带和亚热带, 自然环境优越, 渔业资源丰富, 是我国重要的渔场之一(卢振彬等, 1999, 2006; 戴泉水等, 2004)。有关该海域游泳动物种类组成和物种多样性情况有过几次调查和报道(卢振彬和戴泉水,

收稿日期: 2011-08-15; 接受日期: 2011-11-01

基金项目: 国家海洋专项资助项目(908-02-01-02; 908-02-04-01), 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)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: linlsh2005@126.com

2002; 卢振彬, 2005; 戴天元, 2005; 林龙山等, 2005), 然而随着过度捕捞等原因, 台湾海峡渔业资源结构发生了很大的变化, 主要经济种类资源衰退, 捕捞产量连续多年超过可持续开发量, 渔获个体呈现低龄化、小型化, 渔业资源已从经济学捕捞过度转变为生物学捕捞过度(戴泉水等, 2005; 黄培民, 2006)。针对这些变化, 有必要对台湾海峡游泳动物种类组成及其多样性进行更为深入研究。本文根据2006–2007年在台湾海峡进行的底拖网调查数据, 分析了最近时期台湾海峡游泳动物的种类组成、数量分布、优势种类和物种多样性特征等, 并与历史资料相比, 探讨了台湾海峡游泳动物种类组成和物种多样性的变动趋势, 以期台湾海峡渔业资源的可持续利用及渔业管理提供依据。

1 材料方法

1.1 站位布设及采样分析方法

2006年8月(夏季)、2006年12月至2007年2月(冬

季)、2007年4月(春季)、2007年10–11月(秋季)在台湾海峡6个断面(连江、莆田、泉州、厦门、东山、汕尾)17个站点进行了4个航次的单拖网定点调查(图1), 网具尺寸为53 m×36 m (总长×上纲长), 网囊网目为20 mm。每站拖曳30–60 min, 拖速2.5–3.2 kn。渔获样品到甲板后, 若渔获物总重量在30–40 kg以下时, 全部取样分析; 大于40 kg时, 从中挑出大型的和稀有的标本后, 随机取出20 kg渔获物进行分析。样品扎好标签后进行速冻保存, 带回实验室后鉴定和分析, 样品均鉴定到种, 长度测量精确到1 mm, 重量精确到0.1 g。

海上取样以及室内分析方法均按《海洋调查规范》(GB/T 12763.6–2007)和我国近海海洋综合调查与评价专项《海洋生物生态调查技术规程》进行, 鱼类适温性和生态类型判别依据《福建省渔业资源》的记载资料。

1.2 数据处理

用单位捕捞努力量渔获量(catch per unit effort,

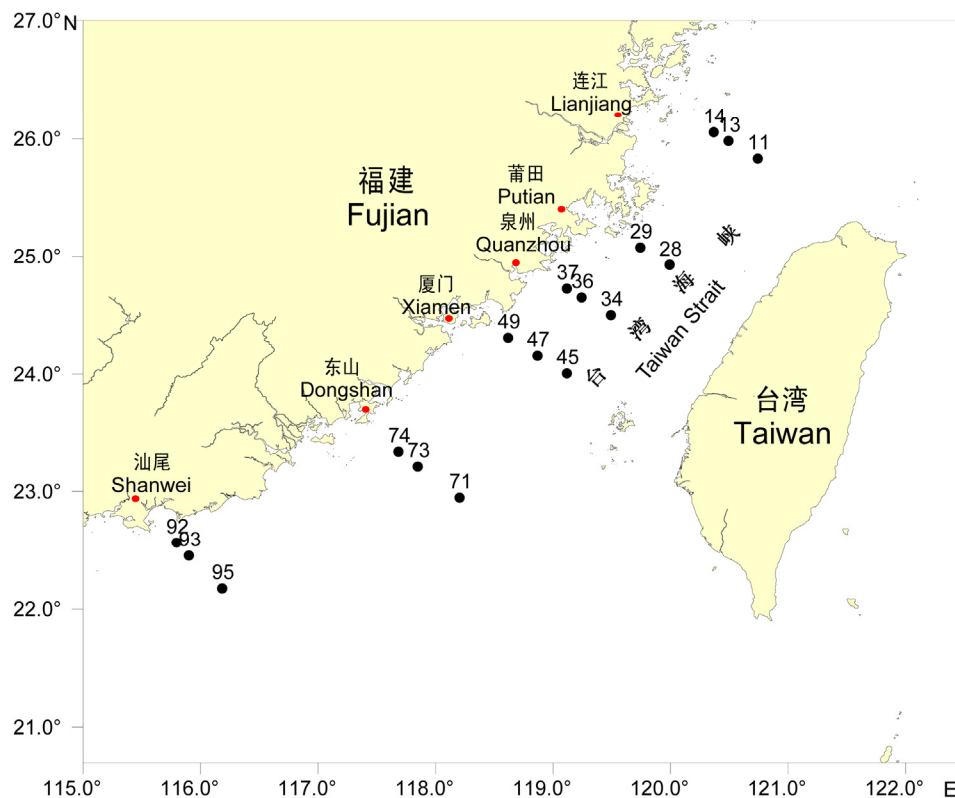


图1 台湾海峡游泳动物调查站位
Fig. 1 Investigation stations of the nekton in Taiwan Strait

CPUE)对每一站的渔获物进行标准化,并作为生物量密度指数,本文将每一次作业投入的捕捞努力量的单位取1 h,按渔获物重量计算CPUE的单位为kg/h,按渔获物尾数计算CPUE的单位为ind./h。渔获物重量或尾数占3%以上的种类为本文所述的优势种。

用Shannon-Wiener多样性指数(H')、均匀度指数(J')和物种丰富度指数(D)对该海域游泳动物多样性进行分析(Ludwig & Reynolds, 1988; 马克平, 1994)。计算公式为:

Shannon-Wiener多样性指数:

$$H' = -\sum P_i \ln P_i \quad (1)$$

Margalef物种丰富度指数(D):

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

Pielou均匀度指数(J'):

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

式中, P_i 为各个调查站位第*i*种渔获物的重量在总渔获物重量中所占的比例, S 为各个调查站位的种类

数, N 为各个调查站位的渔获物尾数。

2 结果

2.1 种类组成

2006年8月至2007年11月在台湾海峡拖网调查中,共鉴定游泳动物373种,隶属于23目109科212属(表1)。其中鱼类18目85科173属273种(软骨鱼类3目6科8属11种,硬骨鱼类15目79科165属262种),鱼类种类数占总种类数的73.2%;甲壳类2目20科33属81种,占总种类数的21.7%;头足类3目4科6属19种,占总种类数的5.1%。在273种鱼类中,以鲈形目的种类最多,有40科76属125种,占鱼类总种类数的45.8%,占游泳动物总种类数的33.5%。

从季节变化来看,秋季游泳动物种类数最多,有232种;其次是冬季,有208种;再其次是夏季,有203种;最少的是春季,只有170种。这种季节变化主要是由于鱼类种类的增减造成的,而甲壳类和头足类的种类数季节间变化不大。

表1 2006–2007年调查到的台湾海峡游泳动物的种类组成
Table 1 Species composition of nekton in Taiwan Strait in 2006–2007

纲 Class	目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species
软骨鱼纲 Chondrichthyes	真鲨目 Carcharhiniiformes	1	3	4
	鳐形目 Rajiformes	3	3	3
	鲼形目 Myliobatiformes	2	2	4
硬骨鱼纲 Osteichthyes	鼠鱗目 Gonorhynchiformes	1	1	1
	鲱形目 Clupeiformes	2	8	13
	灯笼鱼目 Myctophiformes	2	5	7
	鳗鲡目 Anguilliformes	6	8	13
	鲑形目 Siluriformes	2	2	2
	颌针鱼目 Beloniformes	1	1	1
	鳕形目 Gadiformes	2	2	3
	月鱼目 Lampridiformes	1	1	1
	刺鱼目 Gasterosteiformes	3	4	6
	鲻形目 Mugiliformes	3	5	6
	鲈形目 Perciformes	40	76	125
	鲉形目 Scorpaeniformes	7	22	30
	蝶形目 Pleuronectiformes	4	21	42
	鲷形目 Tetraodontiformes	3	7	9
	鮫鱈目 Lophiiformes	2	2	3
甲壳纲 Crustacea	十足目 Decapoda	19	32	74
	口足目 Stomatopoda	1	1	7
头足纲 Cephalopoda	枪形目 Teuthoidea	1	2	5
	乌贼目 Sepioidea	2	3	8
	八腕目 Octopoda	1	1	6

273种鱼类中,从适温性来看,暖水性种最多,有214种,占总鱼种数的78.4%;其次为暖温性种,有58种,占21.2%;冷温性种仅出现1种,为虫鲈(*Eopsetta grigorjewi*),系在秋季连江断面捕获;无冷水性种,这表明该调查海域鱼类区系属于热带和亚热带特征。从生态类型来看,底层鱼类最多,有152种,占55.5%;近底层鱼类有61种,占22.3%;中上层鱼类有42种,占15.3%;岩礁鱼类最少,有19种,占6.9%。

从各调查断面种类分布来看,游泳动物种类数最多的是泉州断面,有210种;其次是汕尾断面和厦门断面,分别为174种和173种;再其次为东山断面和连江断面,分别为145种和133种;最少的是莆田断面,只有128种。就鱼类而言,暖水性种自北向南递增,而暖温性种自北向南递减,在连江断面,暖水性种占64.5%,暖温性种占34.2%,而在泉州断面暖水性种比例上升到77.7%,暖温性种比例降低到22.3%,在调查海区最南部的汕尾断面,暖水性种所占比例最大,达88.0%,暖温性种所占比例最小,为12.0%。

2.2 数量分布

台湾海峡游泳动物年平均每小时渔获物重量(CPUE)为24.91 kg/h。渔获物以鱼类为主,占总重量的65.6%,其次为甲壳动物,占21.1%,头足类最少,占13.3%。所有调查站位中年平均CPUE在40 kg/h以上的占17.6%,20 kg/h以下的占50%。总体来看,高CPUE区位于闽江、晋江、九龙江等陆地入海径流河口附近海域,这些海域饵料丰富,受浙闽沿岸流和北上暖流交替影响,是游泳动物产卵和索饵的主要场所,因此种类丰富,产量较大。

其中,厦门断面渔获物重量较高,构成此高值区的主要渔获物是竹筴鱼(*Trachurus japonicus*)、二长棘鲷(*Parargyrops edita*)、拥剑梭子蟹(*Portunus haanii*)、小管枪乌贼(*Loligo oshimai*)等,尤其以竹筴鱼的渔获物重量最大,在春季其中一网次的CPUE高达38.88 kg/h。此外,年平均CPUE超过30 kg/h的站位还有连江断面的11号站和莆田断面的29号站,其主要渔获物为龙头鱼(*Harpadon nehereus*)、叫姑鱼(*Johnius grypotus*)、带鱼(*Trichiurus japonicus*)、黄鲫(*Setipinna taty*)、口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)等。东山断面和汕尾断面渔获量较低,各站位CPUE均在20 kg/h以下,CPUE最低的站位在汕尾断面的

92号站,仅有13.95 kg/h。各断面年平均CPUE分别为连江26.49 kg/h,莆田29.42 kg/h,泉州26.24 kg/h,厦门28.21 kg/h,东山18.26 kg/h,汕尾20.82 kg/h(图2)。

游泳动物年平均尾数密度为2,201 ind./h,其中鱼类为1,314 ind./h,占59.7%,甲壳类为691 ind./h,占31.4%,头足类为196 ind./h,占8.9%。各断面尾数密度大小差异较大,总体来看以莆田断面的密度最高,其中29号站高达6,611 ind./h,主要种类为小型种类鹿斑鲷(*Secuter ruconius*),其他超过3,000 ind./h的站位还包括厦门断面的47号站、汕尾断面的93、95号站和莆田断面的28号站,主要种类是竹筴鱼、长蛇鲻(*Saurida elongata*)、银光梭子蟹(*Portunus argentatus*)、火枪乌贼(*Loligo beka*)等。

2.3 主要优势种类

调查结果显示,台湾海峡游泳动物渔获物重量最高的是带鱼,占渔获物总重量的8.8%,其次是拥剑梭子蟹、二长棘鲷、龙头鱼、竹筴鱼和火枪乌贼等,渔获物重量所占比例均在3%以上。渔获物尾数最多的是银光梭子蟹,其次为竹筴鱼、鹿斑鲷、二

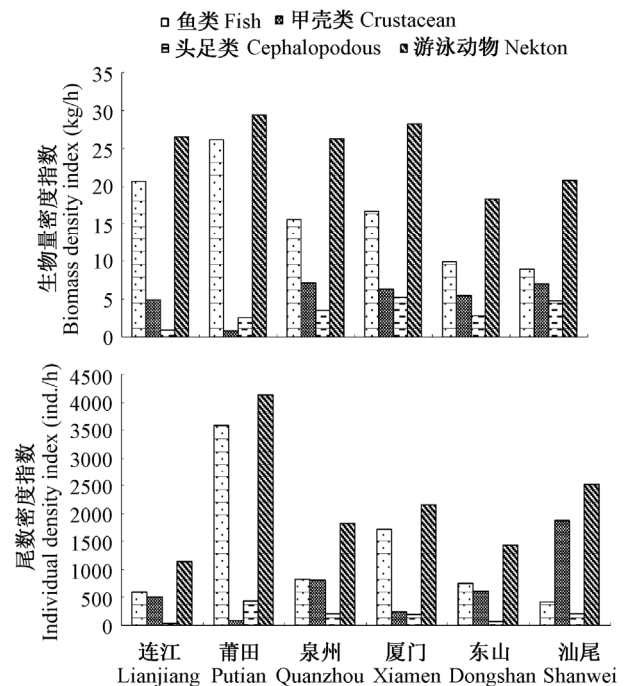


图2 台湾海峡不同断面游泳动物平均生物量密度指数和尾数密度指数
Fig. 2 The composition of the mean biomass density index and individual density index of nekton in different sections of Taiwan Strait

长棘鲷和七星底灯鱼(*Benthoosema pterotum*), 渔获物尾数所占比例均在3%以上。各季节优势种的种类组成变化明显(表2), 没有稳定的优势种, 相对而言, 带鱼、拥剑梭子蟹、二长棘鲷、龙头鱼、竹筴鱼和火枪乌贼的优势较为突出。其中, 春季优势种有9种, 竹筴鱼无论是渔获物重量还是尾数均排第一位; 夏季优势种有11种, 带鱼渔获物重量排第一, 鹿斑鳐渔获物尾数排第一; 秋季优势种有15种, 带鱼渔获物重量排第一, 银光梭子蟹渔获物尾数排第一; 冬季优势种有12种, 龙头鱼渔获物重量排第一, 拥剑梭子蟹渔获物尾数排第一。

2.4 多样性特征

不同站位Shannon-Wiener多样性指数(H')、物种丰富度指数(D)和均匀度指数(J')变化很大, 从断面来看整体呈现南高北低的趋势, 在泉州以南海域3

种指数都明显高于以北海域。其中, H' 和 D 都是在泉州断面最高, 莆田断面最低; J' 在断面间的波动范围不大, 最高值出现在东山断面, 最低值在连江断面(表3)。

从季节变化来看, Shannon-Wiener多样性指数(H')变化范围是1.45–3.21, 全年平均为2.47, 各季节平均值范围是2.32–2.64, 秋季最高, 夏季最低(表4); 各季节游泳动物 H' 平面分布亦不同, 春季多样性指数较高的区域在莆田、泉州附近海域以及东山、汕尾近海海域, 低值区域在连江附近海域; 夏季高值区域在泉州、厦门附近海域, 低值区域在莆田附近海域; 秋季多样性指数平均值升高, 大部分站位多样性指数在2.50–3.00之间, 其中泉州、东山、汕尾附近海域相对较高, 连江、莆田附近海域相对较低; 冬季多样性指数有所回落, 大部分站位多样

表2 2006–2007年调查中台湾海峡各季节游泳动物优势种类组成(>3%)

Table 2 The composition of dominant species (>3%) in four seasons in Taiwan Strait

季节 Season	优势种 Dominant species	
	重量比例 Weight percent	尾数比例 Individual percent
春季 Spring	竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i> (20.76%)	竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i> (42.85%)
	二长棘鲷 <i>Parargyrops edita</i> (11.70%)	二长棘鲷 <i>Parargyrops edita</i> (24.03%)
	火枪乌贼 <i>Loligo beka</i> (9.38%)	银光梭子蟹 <i>Portunus argentatus</i> (4.99%)
	长蛇鲭 <i>Saurida elongata</i> (5.48%)	火枪乌贼 <i>Loligo beka</i> (4.15%)
	龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i> (4.34%)	须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i> (3.00%)
	条尾绯鲤 <i>Upeneus bensasi</i> (3.63%)	
夏季 Summer	大头狗母鱼 <i>Trachinocephalus myops</i> (3.30%)	鹿斑鳐 <i>Secuter ruconius</i> (28.59%)
	带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i> (19.35%)	麦氏犀鳕 <i>Bregmaceros maclellandii</i> (14.28%)
	拥剑梭子蟹 <i>Portunus haanii</i> (11.27%)	四线天竺鲷 <i>Apogon quadrifasciatus</i> (4.78%)
	二长棘鲷 <i>Parargyrops edita</i> (6.67%)	粗纹鳐 <i>Leiognathus lineolatus</i> (4.24%)
	大头狗母鱼 <i>Trachinocephalus myops</i> (4.53%)	带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i> (4.24%)
	金乌贼 <i>Sepia esculenta</i> (3.96%)	拥剑梭子蟹 <i>Portunus haanii</i> (3.58%)
秋季 Autumn	长蛇鲭 <i>Saurida elongata</i> (3.41%)	
	黄鲫 <i>Setipinna taty</i> (3.13%)	
	带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i> (6.93%)	银光梭子蟹 <i>Portunus argentatus</i> (16.88%)
	小管枪乌贼 <i>Loligo oshimai</i> (6.11%)	七星底灯鱼 <i>Benthoosema pterotum</i> (10.96%)
	二长棘鲷 <i>Parargyrops edita</i> (5.82%)	矛形梭子蟹 <i>Portunus hastatoides</i> (9.05%)
	龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i> (5.78%)	小管枪乌贼 <i>Loligo oshimai</i> (6.31%)
	六指马鲛 <i>Polydactylus sextarius</i> (5.39%)	带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i> (6.03%)
	黄魮 <i>Dasyatis bennetti</i> (4.44%)	鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i> (5.56%)
	拥剑梭子蟹 <i>Portunus haanii</i> (4.31%)	须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i> (5.42%)
	刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i> (4.07%)	
冬季 Winter	棕斑腹刺鲀 <i>Gastrophysus spadiceus</i> (3.91%)	
	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i> (3.35%)	
	龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i> (7.54%)	拥剑梭子蟹 <i>Portunus haanii</i> (11.93%)
	火枪乌贼 <i>Loligo beka</i> (6.68%)	火枪乌贼 <i>Loligo beka</i> (7.98%)
	叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i> (6.21%)	中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i> (7.51%)
	拥剑梭子蟹 <i>Portunus haanii</i> (5.94%)	口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i> (6.39%)
	口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i> (5.74%)	须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i> (4.36%)
	带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i> (4.69%)	鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i> (4.36%)
	拟目乌贼 <i>Sepia lycidas</i> (3.74%)	哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i> (3.86%)
	湾鳀 <i>Wak Sinai</i> (3.07%)	叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i> (3.01%)

表3 台湾海峡不同断面游泳动物多样性指数

Table 3 The horizontal distribution of the biodiversity of nekton in Taiwan Strait

断面 Section	多样性指数		物种丰富度指数		均匀度指数	
	Shannon-Wiener diversity index (<i>H'</i>)		Margalef richness index (<i>D</i>)		Pielou evenness index (<i>J'</i>)	
	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range
连江 Lianjiang	2.19±0.34	1.68–2.74	1.77±0.37	1.24–2.01	0.61±0.07	0.50–0.76
莆田 Putian	2.16±0.45	1.45–2.57	1.59±0.50	0.88–2.42	0.63±0.14	0.39–0.81
泉州 Quanzhou	2.66±0.31	1.92–2.96	2.46±0.72	1.55–3.60	0.68±0.07	0.57–0.75
厦门 Xiamen	2.49±0.32	1.61–2.85	2.09±0.35	1.47–2.67	0.67±0.10	0.38–0.79
东山 Dongshan	2.59±0.41	1.80–3.12	1.97±0.78	0.77–3.07	0.71±0.06	0.62–0.81
汕尾 Shanwei	2.61±0.37	1.73–3.21	2.09±0.63	1.27–3.03	0.70±0.09	0.50–0.82

表4 台湾海峡不同季节游泳动物多样性指数

Table 4 The seasonal variation of the biodiversity of nekton in Taiwan Strait

季节 Season	多样性指数		物种丰富度指数		均匀度指数	
	Shannon-Wiener diversity index (<i>H'</i>)		Margalef richness index (<i>D</i>)		Pielou evenness index (<i>J'</i>)	
	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range
春季 Spring	2.34±0.38	1.61–2.79	1.61±0.39	1.06–2.67	0.69±0.11	0.39–0.81
夏季 Summer	2.32±0.51	1.45–3.21	1.83±0.53	0.77–2.71	0.65±0.12	0.38–0.82
秋季 Autumn	2.64±0.30	2.19–3.11	2.52±0.62	1.69–3.60	0.66±0.05	0.60–0.77
冬季 Winter	2.58±0.31	1.92–2.99	2.11±0.56	1.09–3.07	0.69±0.08	0.52–0.80

性指数在2.10–2.50之间, 泉州海域相对较高, 在2.40–2.80之间, 连江较低, 在1.60–2.20之间。

物种丰富度指数(*D*)变化范围相对较大, 从0.77到3.60, 全年平均为2.91, 各季节的平均值在1.91–2.52之间, 其中秋季最高, 其他依次为冬季、夏季和春季。均匀度指数(*J'*)范围为0.38–0.82, 全年平均为0.67, 各季节的平均值在0.65–0.69之间, 春季和冬季较高, 夏季最低。

3 讨论

3.1 种类组成特点

游泳动物种类组成受海洋环境多因子的长期影响, 其中, 水温、盐度和水系的影响最为重要, 台湾海峡还常年受到多种水系相互消长的影响, 形成了这一海区游泳动物种类组成结构的特色。本调查结果表明, 台湾海峡游泳动物组成以鱼类为主, 甲壳类和头足类所占比例较少。在生态类型上鱼类以底层、近底层鱼类为主。

从适温性上看, 暖水性鱼类自北而南递增, 而暖温性种自北而南递减。这与台湾海峡西北部春季受闽浙沿岸流影响, 表层水温年差较大; 而东南部终年受黑潮支稍的影响, 表层水温年差较小, 因此鱼类适温性组成受季节变化影响明显, 随着温度的升高, 暖水性种所占比例增加明显。

从生态类型来看, 台湾海峡游泳动物多数属于中小型的沿岸类型和近海类型, 这些种类大多只作短距离的南北洄游或深浅洄游, 如黄鲫、白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)、康氏小公鱼(*Stolephorus commersonii*)、银鲳(*Pampus argenteus*)、二长棘鲷、长蛇鲻、大头狗母鱼等, 个体较大型的外海类型较少, 这可能与本海域渔业资源捕捞过度以及生态环境遭受破坏有关。近年来, 随着捕捞强度的增加及海洋环境的破坏, 台湾海峡渔业资源结构已经发生了很大的变化, 本研究中有268种游泳动物的渔获物重量占比在0.1%以下, 这些种类数占所有游泳动物总种类数的72%, 这说明台湾海峡渔获物经济价值低、小型的稀有种类越来越多。

单因素方差分析表明, 台湾海峡游泳动物渔获物重量分布存在明显的季节变动($F=3.976, P=0.023 < 0.05$), 而断面间差异不明显($F=0.237, P=0.941 > 0.05$)。相对来说以莆田和厦门较丰富, 连江较贫乏, 但是在冬季连江断面的渔获物重量却是最高, 分析其主要原因系龙头鱼的集中分布所致, 在春、夏、秋三个季节, 游泳动物渔获物重量高值区逐渐向北移动, 这种渔获物重量分布区域的变动与主要种类的生长繁殖特性及洄游习性有关, 多数经济种类洄游趋势大致是春夏季自南向北进行索饵洄游, 秋冬则自北向南作越冬和产卵洄游。此外, 游泳动物各

个类群的集中分布区域亦不相同, 鱼类在莆田分布较多, 甲壳类和头足类在汕尾、厦门、泉州分布较集中。

3.2 与其他调查资料的对比

为了便于进行对比, 我们将此次调查的6个断面的站位按闽东、闽中、闽南-台湾浅滩三个渔场进行重新划分, 其中, 11、13、14站属于闽东渔场, 28、29、34、36、37站属于闽中渔场, 其余站位属于闽南-台湾浅滩渔场。通过对比可以发现, 台湾海峡游泳动物种类数、渔获物CPUE和优势种组成上都发生了明显的变化(表5)。种类数下降明显, 尤其是闽东和闽南-台湾浅滩海域。渔获物CPUE与上世纪七、八十年代相比下降幅度很大, 与2000-2001年的数据相比也略有下降, 但是在闽东和闽中海域却有所增加, 这可能是因为1995年以来我国近海实行夏季休渔制度, 使得资源状况有所好转, 也有可能是在两次调查的站位设置及采样方法有所不同而造成, 2000-2001年设置的调查站位离岸相对较远, 采样方法除了拖网还有定置网和围网。游泳动物由于游动能力较强, 采样的偶然性及站位设置和采样

方法的不同很可能造成调查结果的差异, 但是台湾海峡游泳动物资源衰退是不争的事实, 卢振彬(2002)和戴天元(2005)对台湾海峡游泳动物资源量和最大可持续产量的估算都表明台湾海峡游泳动物处于捕捞过度状态, 某些底层和近底层主要经济种类出现资源衰退, 生物学特征也发生了变化。

在1997-1999年间进行的台湾海峡夏秋两季的游泳动物调查中, 渔获物平均尾数密度最多的鱼种为发光鲷和七星底灯鱼, 分别达404 ind./h和110 ind./h(林龙山等, 2005), 本调查中, 夏秋两季平均尾数密度最多的鱼种为鹿斑鲷和银光梭子蟹, 由此可见, 目前台湾海峡生物资源有向生命周期短、营养级较低的小型鱼类、虾蟹类、头足类转变的趋势。过去单拖作业主要渔获的鲆鲽类、鲷类、鲨鱼类、魴类、鲷类等底层和优质近底层品种, 不但种类数越来越少, 数量也大不如前, 大黄鱼(*Larimichthys croceus*)、真鲷(*Pagrus major*)等经济价值高的种类, 在80年代还是主要捕捞对象, 现在都已近乎绝迹。由历史调查资料可知, 从20世纪70年代开始, 福建近海主要的渔获种类及其在总渔获量中所占

表5 台湾海峡游泳动物种类组成和数量现状及与历史资料的对比
Table 5 The comparison of nekton resource between present and historic data

区域 Region	调查时间 Investigation time	种类 Species	每小时渔获物重量 CPUE(kg/h)	优势种 Dominant species
闽东 Eastern coast of Fujian	2006-2007	133	26.49	龙头鱼(<i>Harpadon nehereus</i>)、口虾蛄(<i>Oratosquilla oratoria</i>)、尖嘴魴(<i>Dasyatis zugei</i>)、叫姑鱼(<i>Johnius belengerii</i>)、黄鲫(<i>Setipinna taty</i>)
	2000-2001*	239	15.81	棕斑腹刺鲀(<i>Gastrophysus spadiceus</i>)、口虾蛄(<i>Oratosquilla oratoria</i>)、刺鲳(<i>Psenopsis anomala</i>)、白姑鱼(<i>Argyrosomus argentatus</i>)
	1989-1990*	-	65.27	带鱼(<i>Trichiurus japonicus</i>)、短尾大眼鲷(<i>Priacanthus macracanthus</i>)、竹筴鱼(<i>Trachurus japonicus</i>)
闽中 Central coast of Fujian	2006-2007	248	27.83	带鱼(<i>Trichiurus japonicus</i>)、刺鲳(<i>Psenopsis anomala</i>)、灰鲳(<i>Pampus cinereus</i>)、叫姑鱼(<i>Johnius belengerii</i>)、六指马鲛(<i>Polydactylus sextarius</i>)、小管枪乌贼(<i>Loligo oshimai</i>)、棕斑腹刺鲀(<i>Gastrophysus spadiceus</i>)、锈斑鲷(<i>Charybdis feriatius</i>)
	2000-2001*	245	17.34	带鱼(<i>Trichiurus japonicus</i>)、口虾蛄(<i>Oratosquilla oratoria</i>)、哈氏仿对虾(<i>Parapenaopsis hardwickii</i>)、龙头鱼(<i>Harpadon nehereus</i>)、发光鲷(<i>Acropoma japonicum</i>)
	1982*	-	42.24	白姑鱼(<i>Argyrosomus argentatus</i>)、带鱼(<i>Trichiurus japonicus</i>)、丁氏鲷(<i>Wak tingi</i>)
闽南- 台湾浅滩 Southern Fujian and Taiwan bank	2006-2007	273	22.43	二长棘鲷(<i>Parargyrops edita</i>)、竹筴鱼(<i>Trachurus japonicus</i>)、长蛇鲷(<i>Saurida elongata</i>)、大头狗母鱼(<i>Trachinocephalus myops</i>)、绿布氏筋鱼(<i>Bleekeria anguilliviridis</i>)、拥剑梭子蟹(<i>Portunus haanii</i>)
	2000-2001*	365	45.46	中国枪乌贼(<i>Loligo chinensis</i>)、拥剑梭子蟹(<i>Portunus haanii</i>)、大头狗母鱼(<i>Trachinocephalus myops</i>)、条尾绯鲤(<i>Upeneus bensasi</i>)
	1977*	-	794.79	乔氏台雅鱼(<i>Daya jordani</i>)、二长棘鲷(<i>Parargyrops edita</i>)、金带细鲷(<i>Selaroides leptolepis</i>)、长蛇鲷(<i>Saurida elongata</i>)

*引自戴泉水等(2005)

*from Dai et al., 2005

表6 几种主要经济鱼类的体长变化

Table 6 Length variation of some principle species

种类 Species	年份 Year	长度范围 Range (mm)	优势体长组 Dominant range (mm)
带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i>	2006–2007	45–460	200–240
	1994*	107–532	211–260
	1976*	118–669	231–270
二长棘鲷 <i>Parargyrops edita</i>	2006–2007	30–180	90–110
	1994*	33–155	91–110
	1976*	30–180	91–120
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	2006–2007	45–202	110–130
	1994*	65–216	111–150
	1982*	67–258	121–150
条尾绯鲤 <i>Upeneus bensasi</i>	2006–2007	30–130	80–110
	1994*	75–163	91–120
	1976*	81–172	101–120

*历史数据来源于卢振彬等(1999)

*from Lu *et al.*, 1999

比例的变化相当大,总的趋势是长生命周期向短生命周期、高营养层次向低营养层次、高质向低质、大中小型向中小型种类变化,优势种的优势度由高向低变化。种间数量交替明显,而且交替的周期趋短,频率加快。同一种类中,渔获个体明显趋向小型化、低龄化,在20世纪80年代,鲷鱼、竹筴鱼、大头狗母鱼等主要种类平均年龄在1.5–2龄之间(卢振彬等,1999),而目前捕获的多为当龄鱼,平均体重、优势体长也下降明显(表6),表明该海域海洋生态平衡失调、资源衰退。

在本次渔获的273种鱼类中,有19种在《福建鱼类志》中没有记载,而在《南海鱼类志》或《台湾鱼类志》中有记载。分析这些鱼类的分布范围发现,有些原本应该分布在南海或台湾外海暖水中的种类,如红花斑狗母鱼(*Synodus rubomarmoratus*)、鳗鳞鲷(*Ophidion muraenolenis*)、杜氏鳎(*Leiognathus dussumieri*)、基岛鳎(*Bathycallionymus kaianus*)、眼斑豹鲷(*Pardachirus pavoninus*)等,却出现在本调查海域中,这可能是因为气候变暖,致使一些暖水性种类分布范围向北延伸。

3.3 多样性特征

台湾海峡游泳动物多样性呈现南高北低的特点,Shannon-Wiener多样性指数(H')和物种丰富度指数(D)的季节变化趋势表现为秋冬高、春夏低,均匀度指数(J')的季节变化和在各个断面的变化都不大,表明环境条件的改变对均匀度的影响不明显,这种现象在其他游泳动物群落的研究中也同样存在(朱

鑫华等,1994;刘勇等,2006)。在调查海域北部,多样性指数、丰富度指数和均匀度指数都最低,而该海域渔获量却较高,表明在该海域游泳动物群聚优势度较为明显。已有研究表明,大陆架海域的群落多样性随着水深的增加而增加,在大陆架边缘海域达到最高,然后沿着斜坡逐渐下降(Jay, 1996; Gaertner *et al.*, 1998; Connell & Lincoln-Smith, 1999; Magnussen, 2002; Mueter & Norcross, 2002)。费鸿年等(1981)在研究南海北部大陆架底层鱼类群落的多样性特征时发现,鱼类群落多样性的区域变化除了与水深有关外,还与海域温度等环境因素有关。李圣法等(2007)在研究东海中部鱼类群落多样性的季节变化时指出,群落多样性的变化是由各调查月份主要种类的优势度不同引起的,同时与鱼类的繁殖生长以及人为捕捞有着密切的关系。本研究通过检验水深、表层水温和表层盐度与3种多样性特征指数的关系时发现,在四个季节中,只有冬季生物多样性指数与表层水温呈显著相关($P=0.034 < 0.05$),其余季节各个指数与3种因子都没有相关性,这可能与底拖网渔获物与表层因子关系不密切有关,也可能与捕捞的干扰造成多样性的变化有关系。春夏季是很多游泳动物的产卵季节,这些种类的幼鱼比例较高,但是渔获量较低,同时还受到捕捞的压力,使得多样性指数降低;到了秋季,随着游泳动物的生长使得渔获量增大,多样性指数也有所增大;但是由于人类的捕捞,有选择性的捕捞了主要种类,主要种类的比例下降,群落中各种类的分布趋于均

匀,此外,由于持续增大的捕捞压力使得生物种类和数量减少,最终也会导致多样性指数降低。

参考文献

- Connell SD, Lincoln-Smith MP (1999) Depth and the structure of assemblages of demersal fish: experimental trawling along a temperate coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **48**, 483–495.
- Dai QS (戴泉水), Lu ZB (卢振彬), Hong MJ (洪明进), Xiao FS (肖方森), Zhu JF (朱进福) (2004) Fauna composition of nekton and fishery resources in the southern waters of Taiwan Strait. *Journal of Fishery Sciences of China* (中国水产科学), **11**, 360–366. (in Chinese with English abstract)
- Dai QS (戴泉水), Lu ZB (卢振彬), Dai TY (戴天元), Xiao FS (肖方森), Lin FL (林法玲), Lin X (林晞) (2005) Species composition of nekton and resources state of Taiwan Strait and its adjacent waters. *Journal of Fisheries of China* (水产学报), **29**, 205–210. (in Chinese with English abstract)
- Dai TY (戴天元) (2005) Sustainable yield of fishery resources in the Taiwan Straits and its adjacent waters. *Marine Fisheries Research* (海洋水产研究), **26**(3), 1–8. (in Chinese with English abstract)
- Fei HN (费鸿年), He BQ (何宝全), Chen GM (陈国铭) (1981) Regional and seasonal changes of demersal fish diversity and dominant species in the continental shelf of northern South China Sea. *Journal of Fisheries of China* (水产学报), **5**(1), 1–20. (in Chinese)
- Fisheries Division Office of Fujian (福建省渔业区划办公室) (1988) *Fisheries Resources of Fujian Province* (福建省渔业资源). Fujian Science and Technology Press, Fuzhou. (in Chinese)
- Gaertner JC, Chessell D, Bertrand J (1998) Stability of spatial structures of demersal assemblages: a new approach. *Aquatic Living Resources*, **11**, 75–85.
- Huang PM (黄培民) (2006) Status analysis of the otter trawl fishery in Fujian Sea Area. *Journal of Fujian Fisheries* (福建水产), **2**, 16–18. (in Chinese with English abstract)
- Jay CV (1996) Distribution of bottom-trawl fish assemblages over the continental shelf and upper slope of the U.S. west coast, 1977–1992. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **53**, 1203–1225.
- Li SF (李圣法), Cheng JH (程家骅), Li CS (李长松), Li JS (李建生) (2007) Seasonal changes on fish community diversity in the middle part of the East China Sea. *Marine Fisheries* (海洋渔业), **27**, 113–119. (in Chinese with English abstract)
- Lin LS (林龙山), Zheng YJ (郑元甲), Ma CY (马春艳) (2005) Distribution of nekton stock density and its community structure in Taiwan Strait in summer and autumn. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **16**, 1948–1951. (in Chinese with English abstract)
- Liu Y (刘勇), Li SF (李圣法), Cheng JH (程家骅) (2006) A study on seasonal changes of the fish communities in the East China Sea and the Huanghai Sea. *Acta Oceanologica Sinica* (海洋学报), **18**(4), 108–114. (in Chinese with English abstract)
- Lu ZB (卢振彬), Dai QS (戴泉水), Zhu JF (朱进福), Yan YM (颜尤明) (1999) Change in structure of the fisheries resources and ecology of the major population in Fujian Offshore Waters. *Journal of Fujian Fisheries* (福建水产), **3**, 1–7. (in Chinese with English abstract)
- Lu ZB (卢振彬), Dai QS (戴泉水) (2002) Productivity and maximum sustainable yield of fishery resources in Taiwan Strait and its adjacent waters. *Journal of Fishery Sciences of China* (中国水产科学), **9**, 28–32. (in Chinese with English abstract)
- Lu ZB (卢振彬) (2005) Fish stock yield by various eco-groups in eastern Fujian fishing ground. *Journal of Fishery Sciences of China* (中国水产科学), **12**, 731–738. (in Chinese with English abstract)
- Lu ZB (卢振彬), Dai QS (戴泉水), Xiao FS (肖方森), Zhu JF (朱进福) (2006) The resources production of fish and its different ecological type in Minnan-Taiwan Bank fishing grounds. *Journal of Fisheries of China* (水产学报), **30**, 359–366. (in Chinese with English abstract)
- Ludwig JA, Reynolds JF (1988) *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Magnussen E (2002) Demersal fish assemblages of Faroe Bank: species composition, distribution, biomass spectrum and diversity. *Marine Ecology Progress Series*, **238**, 211–225.
- 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)). China Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese)
- Mueter FJ, Norcross BL (2002) Spatial and temporal patterns in the demersal fish community on the shelf and upper slope regions of the Gulf of Alaska. *Fishery Bulletin*, **100**, 559–581.
- Nelson JS (1976) *Fishes of the World*. John Wiley & Sons, New York.
- Shen GY (沈国英), Shi BZ (施并章) (2002) *Marine Ecology* (海洋生态学), 2nd edn. Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Zhu XH (朱鑫华), Wu HZ (吴鹤洲), Xu FS (徐凤山), Ye MZ (叶懋中), Zhao ZJ (赵紫晶) (1994) Study on nekton community diversity and correlation factors in Huanghai and Bohai area. *Acta Oceanologica Sinica* (海洋学报), **16**(3), 102–112. (in Chinese)

(责任编辑: 李新正 责任编辑: 闫文杰)