

三娘湾游泳动物种类组成及群落结构分析

妙 星¹, 宋普庆¹, 刘世刚¹, 王 芮¹, 李 海¹, 王良明¹,
李 渊^{1,3}, 林龙山^{1,3}, 祝 茜²

(1. 自然资源部第三海洋研究所, 福建 厦门 361005; 2. 山东大学海洋学院, 山东 威海 264209;
3. 自然资源部海洋生态保护与修复重点实验室, 福建 厦门 361005)

[摘要] 广西三娘湾是中华白海豚(*Sousa chinensis*)的重要栖息海域, 为了解该海域游泳动物的种类组成情况, 于2011—2012年在该海域开展了秋季和春季两次调查, 用相对重要性指数、物种多样性指数、相对资源密度以及数量生物量比较曲线(ABC曲线)等指标分析了该区域的游泳动物种类组成特征和群落结构稳定性。结果表明: 该调查海域共鉴定游泳动物100种, 隶属15目41科72属(其中鱼类最多, 达65种), 优势种多为鳀科、鲱科及鲷科等小型鱼类; 两个季节多样性水平均不高, 分布上多为一些饵料鱼类, 种类组成小型化、低值化明显; 秋季及春季的资源密度分别为888.59 kg/km²和554.62 kg/km², 与南海北部大陆架区其余海域相似, 说明该海域资源水平不高, 处于过度开发状态; ABC曲线显示, 三娘湾海域秋季及春季的群落结构均受到一定程度扰动, 种类组成均以生长快、性成熟早的小个体物种为主。

[关键词] 三娘湾; 游泳动物; 种类组成; 群落结构稳定性; 中华白海豚

[中图分类号] Q 958.15

Analysis of Species Composition and Community Structure of Nekton in Sanniang Bay

MIAO Xing¹, SONG Puqing¹, LIU Shigang¹, WANG Rui¹, LI Hai¹, WANG Liangming¹,
LI Yuan^{1,3}, LIN Longshan^{1,3}, ZHU Qian²

(1. Third Institute of Oceanography, MNR, Xiamen 361005, China; 2. Ocean College, Shandong University, Weihai 264209, China; 3. Key Laboratory of Marine Ecological Conservation and Restoration, MNR, Xiamen 361005, China)

Abstract: Sanniang Bay is an important habitat area for the Chinese white dolphin(*Sousa chinensis*). In order to understand the species composition of the nekton in this area, based on the fixed-point survey data in Sanniang Bay, Guangxi, from November 2011 to March 2012, the index of relative importance(IRI), species diversity, relative resource density and Abundance Biomass Comparison(ABC) curve were used to analyze the species composition and evaluate the stability of community structure. The results showed that a total of 100 species was identified involving 4 classes, 15 orders, 41 families, 72 genera, and there were 65 fish species which was the largest number, accounting for 65%. The most dominant species were belonged to Engraulidae, Clupeidae and Leiognathae, while the diversity level of the autumn and spring was not high. The distribution of

[收稿日期] 2021-04-28

[基金项目] 自然资源部第三海洋研究所专项资金资助项目(海三科2011019); 国家海洋局公益项目(201105011); 全球变化与海气相互作用专项(GASI-02-SCS-YDspr/aut/sum); 钦州市海洋与渔业局项目(钦州三娘湾中华白海豚生存环境调查与评估)

[作者简介] 妙星(1983—), 男, 硕士, 助理研究员, 从事海洋生物种群生态学及渔业资源方向研究。通信作者: 祝茜(1966—), 男, 博士, 教授, 从事保护生物学方向研究。E-mail: qianzhu@sdu.edu.cn

<http://xuebaobangong.jmu.edu.cn/zkb>

the species was mostly small-sized forage species, which had a positive effect on the feeding of Chinese white dolphin. The resource densities in autumn and spring were 888.59 kg/km² and 554.62 kg/km² respectively, which were similar to the other areas of the northern shelf of the South China Sea. The ABC curve showed that the community structure of Sanniang Bay was disturbed to some extent in autumn and spring, and the species composition was dominated by *r*-selection species (small individual species with fast growth and early sexual maturity).

Keywords: Sanniang Bay; nekton; species composition; community structure-stability; Chinese white dolphin (*Sousa chinensis*)

0 引言

三娘湾位于广西壮族自治区钦州市南部^[1], 处于钦江和大风江两河口之间, 受河流淡水输入影响较大, 海湾较浅, 自然条件优越。由于湾内藻类、鱼类和虾类等海洋生物丰富且种类繁多, 因而三娘湾成为广西海洋渔业作业的主要渔场之一, 同时也为中华白海豚 (*Sousa chinensis*) 提供了较为优质的饵料环境, 是北部湾中华白海豚重要的栖息海域之一^[2-5]。三娘湾所处地区为亚热带, 鱼类组成主要以暖水性为主, 且该海域内鱼类的洄游区域为北部湾, 属于湾内洄游^[6]。一般来说, 三娘湾的海洋生物资源具有发育速度快、繁殖力强及怀卵量多等特征^[7]。针对其研究也较为丰富, 包括游泳动物种类组成^[8]、物种多样性^[9-10]、群落结构^[11]、重要经济鱼种的生物学特征^[12-13]、水质与环境污染等方面^[14], 但对游泳动物种类组成的研究报道相对较少, 同时也缺乏对该区域一些重要经济鱼类及头足类等游泳动物的相关研究。因此, 本文利用 2011 年秋季及 2012 年春季在三娘湾海域进行的两个航次的底拖网调查资料, 对该海域游泳动物的种类组成、多样性、资源密度及群落结构稳定性进行初步分析, 期望为该海域渔业资源的管理利用以及中华白海豚的保护提供基础信息。

1 材料与方法

1.1 调查站位及采样方法

本研究于 2011 年 11 月和 2012 年 3 月进行了两个航次的游泳动物调查。依据具体海域水深, 以及滩涂养殖和流刺网较多的实际情况设置 12 个站位 (见图 1), 力求能覆盖三娘湾沿岸海域和河口流域。调查船为广西桂钦渔 24022 号渔船, 为有翼单囊底拖网船, 渔船功率 48 kW, 渔船吨位 2 t, 底拖网网衣网口拉紧周长 24 m, 网衣长度 12 m, 网口高度 1.0 m, 囊网网目 20 mm, 每站拖曳时间均标准到 1 h, 平均拖速 3 kn。调查操作严格按照《海洋调查规范》^[15] 进行。

1.2 数据处理

1.2.1 相对重要性指数

游泳动物分析鉴定主要依据 Nelson (第四版)^[16] 和成庆泰等分类系统标准^[17]。优势种分析采用 Pinkas^[18] 的相对重要性指数 I (index of relative importance, IRI) 公式进行计算: $I = (N + W) \times F \times 10\,000$ 。其中: N 为某种类占总渔获尾数的比例; W 为某种类占总渔获量的质量比; F 为某种类出现的站位数与总调查站位数之比。该调查海域属北部湾范畴, 因此 IRI 参考文献 [18-19] 的划分标准: 若 $I \geq 500$, 则该物种为优势种; 若 $500 > I \geq 100$, 则该物种为主要种; 若 $100 > I \geq 10$, 则该物种为一般种; 若 $I < 10$, 则该物种为偶见种。

1.2.2 多样性指数

应用 Margalef 物种丰富度指数 (D)、Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、Pielou 均匀度指数 (J')

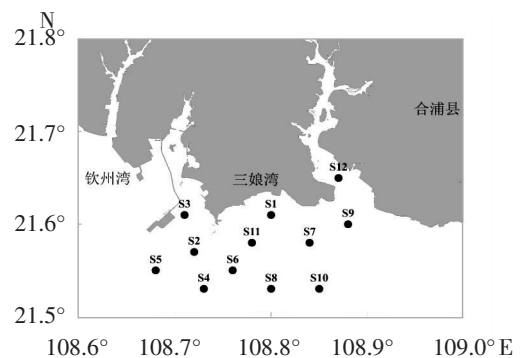


图 1 广西三娘湾游泳动物调查站位图

Fig.1 The investigation stations of nekton in Sanniang Bay, Guangxi

对三娘湾海域的游泳动物物种多样性进行分析测定^[20-22]。具体计算公式为: $D = (S - 1)/\ln(Q)$, $H' = - \sum P_i \ln P_i$, $J' = H'/\ln(S)$ 。其中: S 为种类总数, Q 为总的尾数, P_i 为第 i 种渔获物占样品总渔获量的质量比。本次调查由于不同种类及同种类不同个体差异较大, 因此, 采用渔获质量来计算种类多样性指数, 这样, 结果更接近种类间能量的分布。

1.2.3 相对资源密度估算

调查海域的资源密度(质量和尾数) 计算公式^[23]为: $P = C/(q \times A)$ 。其中: P —资源密度(以单位面积内的渔获质量计: kg/km^2 , 以单位面积内的渔获尾数计: ind/km^2); C —每小时取样面积内的渔获质量(kg)或尾数(ind); A —网具每小时扫海面积(km^2); q —网具捕获率, 底栖鱼类、虾类、蟹类 q 取 0.8, 中上层鱼类(鲱形目、鲈形目的鲹科、鲭亚目、鲷亚目) q 取 0.3, 底层鱼类 q 取 0.5。

1.2.4 数量生物量比较曲线

数量生物量比较曲线(abundance biomass comparison curve, 简称 ABC 曲线)是在同一坐标系中通过比较生物量优势度曲线和数量优势度曲线的分布来分析群落受到干扰的状况。该方法在先前的研究中广泛应用于中国沿岸海域, 用以判定生物群落所受的扰动程度。如果生物量优势度曲线在数量优势度曲线之上, 则群落稳定; 若两条曲线相交, 则群落受到中等程度干扰; 若数量优势度曲线在生物量优势度曲线之上, 则群落受到严重干扰^[24]。

2 结果

2.1 种类组成

两个季节调查共鉴定游泳动物 100 种, 隶属 15 目 41 科 72 属(见表 1)。

表1 三娘湾海域渔获物种类的数量组成及其占比
Tab.1 Species composition and proportion in the Sanniang Bay

纲 Class	目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species
辐鳍鱼纲 Actinopterygii	鲱形目 Clupeiformes	2(4.88%)	5(6.94%)	11(11.00%)
	鳗鲡目 Anguilliformes	2(4.88%)	2(2.78%)	2(2.00%)
	鲶形目 Siluriformes	1(2.44%)	1(1.39%)	1(1.00%)
	鲴形目 Mugiliformes	1(2.44%)	2(2.78%)	3(3.00%)
	鲛鰩目 Lophiiformes	1(2.44%)	1(1.39%)	1(1.00%)
	鲈形目 Perciformes	14(34.15%)	34(47.22%)	39(39.00%)
	鲉形目 Scorpaeniformes	2(4.88%)	2(2.78%)	2(2.00%)
	鲷形目 Pleuronectiformes	2(4.88%)	2(2.78%)	4(4.00%)
	鲑形目 Tetraodontiformes	2(4.88%)	2(2.78%)	2(2.00%)
软甲纲 Malacostraca	十足目 Decapoda	9(21.95%)	15(20.83%)	27(27.00%)
	口足目 Stomatopoda	1(2.44%)	2(2.78%)	2(2.00%)
头足纲 Cephalopoda	枪形目 Myopsida	1(2.44%)	1(1.39%)	2(2.00%)
	乌贼目 Sepiida	1(2.44%)	1(1.39%)	1(1.00%)
	八腕目 Octopoda	1(2.44%)	1(1.39%)	2(2.00%)
肢口纲 Merostomata	剑尾目 Xiphosura	1(2.44%)	1(1.39%)	1(1.00%)
合计 Total	15	41	72	100

由表 1 可见, 两季节捕获鱼类 9 目 27 科 51 属 65 种, 有中华海鲶(*Arius sinensis*)、中颌棱鳀(*Thryssa mystax*)、印度鳎鱼(*Ilisha indica*)、细纹鳎(*Leiognathus berbis*)及短吻鳎(*Leiognathus brevirostris*)等, 占游泳动物总数的 65.00%; 甲壳类 2 目 10 科 17 属 29 种, 有周氏新对虾

(*Metapenaeus joyneri*)、近缘新对虾(*Metapenaeus affinis*)、须赤虾(*Metapenaeopsis barbata*)、日本蟳(*Charybdis japonica*)及口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)等,占游泳动物总数的 29.00%;头足类 3 目 3 科 3 属 5 种,有杜氏枪乌贼(*Loligo duvaucelii*)、柏氏四盘耳乌贼(*Euprymna berryi*)及短蛸(*Octopus ocellatus*)等,占游泳动物种类的 5.00%;肢口类 1 种,为中华鲎(*Tachypleus tridentatus*),占游泳动物总数的 1.00%。秋季所捕获的游泳动物种类数(75 种)要多于春季(58 种),且两个季节共有的种类数为 33 种,主要为梭鳃类、虾虎鱼类、对虾类、梭子蟹类、头足类等。

2.2 优势种

该海域秋季共捕获游泳动物 75 种。其中:优势种共 7 种,占总种类数 9.33%,主要为中颌梭鳃、细纹鳃、印度鳃鱼、中华海鲶等;主要种有 7 种(9.33%),主要为二长棘犁齿鲷(*Evynnis cardinalis*)、口虾蛄、周氏新对虾、日本蟳等;一般种有 18 种(24.00%),主要为鹰爪虾(*Trachypenaeus curvirostris*)、矛形梭子蟹(*Portunus hastatoides*)、康氏小公鱼(*Stolephorus commersonnii*)、短蛸等;其余均为偶见种,共 43 种(57.33%),主要为斑鲷(*Konosirus punctatus*)、棕斑腹刺鲷(*Gastrophysus spadiceus*)、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、矛尾虾虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)等。

春季共捕获游泳动物 58 种。其中:优势种共 4 种(6.90%),分别为中颌梭鳃、短吻鳃、康氏小公鱼、项斑项鳃(*Nuchequula nuchalis*);主要种共 7 种(12.69%),主要为眶棘双边鱼(*Ambassis gymnocephalus*)、前鳞骨鲷(*Osteomugil ophuyseni*)、叫姑鱼(*Johnius grypotus*)、近缘新对虾等;一般种共 23 种(39.66%),主要为中华虎头蟹(*Orithyia sinica*)、斑鲷、远海梭子蟹(*Portunus pelagicus*)、隆线强蟹(*Eucrate crenata*)等;偶见种共 24 种(41.38%),主要为硬头骨鲷(*Osteomugil strongylocephalus*)、锐齿蟳(*Charybdis acuta*)、白条钝虾虎鱼(*Amblygobius albimaculatus*)、柏氏四盘耳乌贼等。

春秋季主要渔获种类的相对重要性指数计算结果见表 2。

2.3 资源密度变化

依据资源密度估算公式计算,三娘湾调查海域秋季游泳动物质量相对资源密度(888.49 kg/km²)高于春季(554.62 kg/km²)(见表 3)。秋季质量相对资源密度最高的为鱼类(734.79 kg/km²),其次为蟹类(49.16 kg/km²)、虾类(47.77 kg/km²),而后分别为口足类、头足类及其他种类;春季质量相对资源密度最高的同样为鱼类,达 421.92 kg/km²,其次为蟹类 103.23 kg/km²,接着依次为虾类、头足类及口足类。尾数相对资源密度,同样为秋季(179 429 ind/km²)高于春季(93 619 ind/km²)。秋季尾数相对资源密度同样以鱼类为最高(151 464 ind/km²),其次为虾类(16 579 ind/km²),接着依次为蟹类、口足类、头足类及其他种类;春季尾数相对资源密度最高的同样为鱼类(86 712 ind/km²),而后依次为虾类、蟹类、口足类及头足类。

2.4 物种多样性

调查结果显示,秋季各站位 Margalef 种类丰富度指数 D 为 1.64 ~ 4.10,平均为 2.75;Shannon-Wiener 多样性指数 H' 为 1.06 ~ 2.68,平均为 1.93;Pielou 均匀度指数 J' 为 0.36 ~ 0.85,平均为 0.67。春季各站位 Margalef 种类丰富度指数 D 为 1.69 ~ 3.79,平均为 2.79;Shannon-Wiener 多样性指数 H' 为 0.92 ~ 2.69,平均为 1.89;Pielou 均匀度指数 J' 为 0.33 ~ 0.95,平均为 0.23。从平面分布来看,秋

表 2 三娘湾海域主要种类的相对重要性指数
Tab. 2 IRI of main fishery species
in the Sanniang Bay

季节 Season	种名 Species	IRI
秋季 Autumn	中颌梭鳃 <i>T. mystax</i>	3280.83
	细纹鳃 <i>L. brevirostris</i>	2372.88
	印度鳃鱼 <i>I. indica</i>	1253.09
	中华海鲶 <i>A. sinensis</i>	1189.44
	项斑项鳃 <i>N. nuchalis</i>	976.50
	鹿斑鳃 <i>S. ruconius</i>	779.73
	短吻鳃 <i>L. brevirostris</i>	592.66
春季 Spring	中颌梭鳃 <i>T. mystax</i>	4979.87
	短吻鳃 <i>L. brevirostris</i>	1723.98
	康氏小公鱼 <i>S. commersonnii</i>	672.63
	项斑项鳃 <i>N. nuchalis</i>	669.84

季站位的多样性指数与春季站位差异不显著; 春秋两季 $H' < 2$ 的站位占总站位数分别为 66.67% 和 50%, 表明该海域物种多样性指数整体不高 (见图 2)。

表 3 三娘湾海域各类群相对资源密度
Tab. 3 The relative resource density of different groups in Sanniang Bay

类群 Group	秋季 Autumn		春季 Spring	
	$A/(\text{kg} \cdot \text{km}^{-2})$	$B/(\text{ind} \cdot \text{km}^{-2})$	$A/(\text{kg} \cdot \text{km}^{-2})$	$B/(\text{ind} \cdot \text{km}^{-2})$
鱼类 Fish	734.79	151 464	421.92	86 712
虾类 Decapod	47.77	16 579	24.02	3 754
蟹类 Crab	49.16	6 663	103.23	2 815
口足类 Stomatopod	36.51	4 160	3.38	150
头足类 Cephalopod	20.26	532	2.07	188
其他种类 Other species	0.02	31		
合计 Total	888.49	179 429	554.62	93619

说明: A —质量相对资源密度; B —尾数相对资源密度。
Notes: A —weight relative resource density; B —individual relative resource intensity.

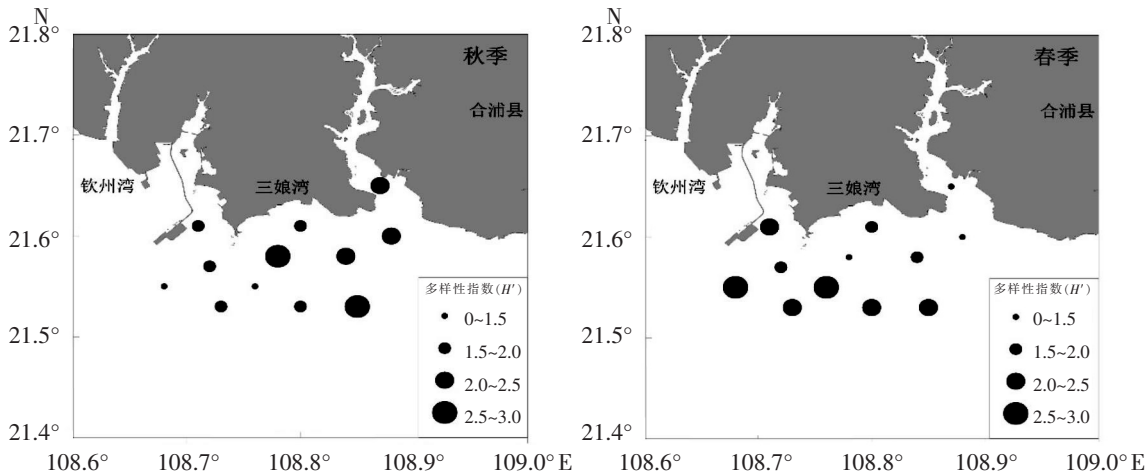


图 2 三娘湾海域游泳动物多样性指数 (H') 分布
Fig.2 The diversity indices (H') distribution of nekton species in Sanniang Bay

2.5 ABC 曲线

如图 3 所示, 两个季节的数量优势度曲线均位于生物量优势度曲线之上, 且两个季节 ABC 曲线的 W_s 统计值 (W -statistic) 均小于 0, 表明两个季节的群落结构均受到一定程度的干扰。春季的数量与生物量曲线相差较秋季的远, 表明春季物种的平均体型较小, 且群落受扰动程度较大。

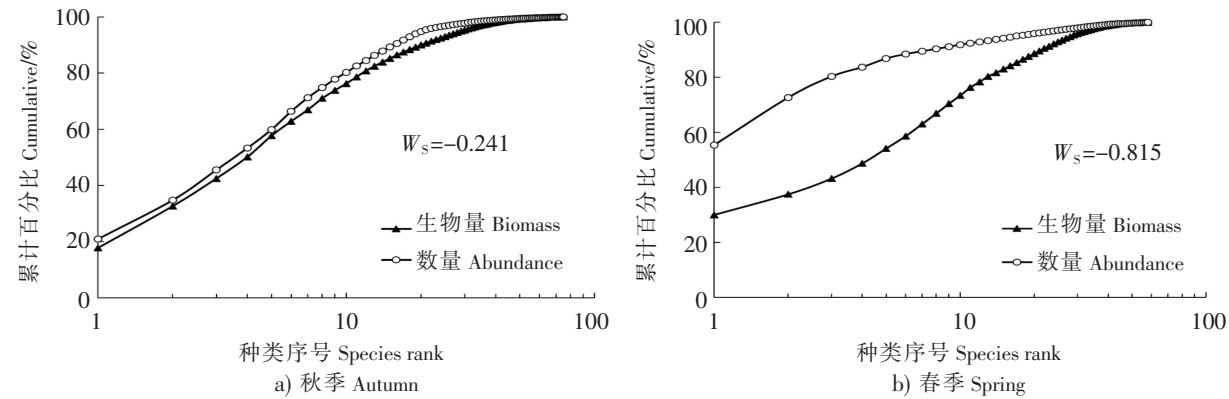


图 3 广西三娘湾海域游泳动物 ABC 曲线
Fig.3 ABC curves of nekton in Sanniang Bay, Guangxi

3 讨论

三娘湾海域处于北回归线以南,属于亚热带季风气候,夏秋季气温较高,冬春较为温暖,全年空气均较为湿润^[2],正是由于这些季节特性的变化,为多种海洋生物提供了适合的栖息环境和优质的繁育场所,同时也为中华白海豚的生存提供了良好的条件。游泳动物作为生态系统中最为重要的类群之一,其产量占水产品产量的 90% 左右,是人类食品中动物蛋白质的重要来源^[25]。而鱼类作为游泳动物中最大的一个类群,对食物网的上行和下行的控制效应均起到至关重要的作用^[26-27]。三娘湾作为广西沿岸海域重要渔场,同时也为中华白海豚的重要栖息海域,因此,针对该海域游泳动物的调查研究不仅对三娘湾渔业资源的开发利用具有重要意义,也对中华白海豚的保护具有重要作用。

3.1 种类组成分析

三娘湾南接北部湾,位于南海的西北部。南海为我国最大的边缘海,海域宽广,处于热带、亚热带,南海地貌的多样性造就了其海洋生物的多样化^[28]。已有研究表明,南海已报道有鱼类 2321 种、虾类 135 种、头足类 73 种^[29],其中南海北部大陆架以及北部湾东北部出现游泳动物种类数分别为 617 种、329 种和 300 种^[30-32]。本次在三娘湾海域调查,共鉴定游泳动物 100 种,隶属 15 目 41 科 72 属,远低于这两处出现的种类数,可能是由于本研究中的调查区域尺度较小,仅为沿岸河口区域,游泳动物的种类及数量无法与这两区域相比。然而,与近年来北部湾沿岸海域开展的其他渔业资源调查相比,本次调查记录到的游泳动物种类数(100 种)高于与三娘湾毗邻的钦州湾的游泳动物种类数(55 种)^[33],同时鱼类种类数(65 种)也远高于 2017—2018 年三娘湾中华白海豚栖息海域的鱼类种类数(35 种)^[3],且本研究中的调查时间要明显早于 2017—2018 年。进一步分析这两次种类数组成差异的原因可能有两点:一是这些研究所使用的船只马力、网衣规格和拖网时间均小于本研究所使用的;二是多年来北部湾的渔业资源长期处于过度捕捞状态^[7,34],加之气候变化和环境污染等原因^[35-37],使得沿岸海域渔业资源衰退更为严重^[32,34],当沿岸海域面临较大捕捞压力时,游泳动物的种类组成及生物多样性等均有可能改变,一些传统经济物种的优势地位可能会逐渐下降。本调查结果在一定程度上也反映出三娘湾沿岸海域渔业资源进一步衰退的趋势。

3.2 优势种及多样性水平分析

优势种为海洋生态系统中的关键因子,其物种数对维持生态系统的结构稳定性具有重要的意义。本次调查发现秋季和春季的优势种种数分别为 7 种和 4 种,主要为小型化、低值化的饵料鱼,与其他报道^[3,33]的中华白海豚栖息地游泳动物的优势种组成相似。该海域优势种的组成方式对栖息于此的中华白海豚的摄食、索饵等具有一定的积极作用,有利于其生存、栖息。从游泳动物的多样性变化来看,本调查的两个季节的多样性水平差异不大,总体上均呈现较低的水平,低于相邻的钦州湾海域的多样性水平^[3,33];但与同为中华白海豚重要栖息海域的江门海域相比,则多样性水平较为接近,均较低^[3,38]。三娘湾位于钦江和大风江两河口之间,水深较浅,受淡水输入影响较大^[2],且栖息于此的中华白海豚通常喜食鲱科、鳀科及石首鱼科等河口型物种。综上,该海域的游泳动物多样性水平较低,多分布生长速度较快的饵料鱼类,对中华白海豚的生存具有积极的作用。

3.3 资源水平及群落结构稳定性分析

渔业产量的变动受到气候变化和捕捞压力的双重影响^[39]。在人类活动及气候变化的影响下,河口区域海水中物理、化学及生物等性质均会发生一定改变^[40]。此外,众多研究^[31,41]也表明南海北部大陆架区渔业资源持续衰退,处于严重的过度捕捞状态。本研究中秋季及春季的资源密度分别为 888.59 kg/km² 和 554.62 kg/km²。莫珍妮等^[33]报道了钦州湾 2015 年及 2016 年夏季平均游泳动物资源密度为 679.15 kg/km²,与本研究的资源密度相近;郭亦玲^[38]报道了江门中华白海豚保护区秋季及春季游泳动物资源密度分别为 6816.693 kg/km²、2877.107 kg/km²,明显比本研究低;文献[41]报道了南海北部大陆架、北部湾等沿岸区域秋季(1054 kg/km²)及春季(1071 kg/km²)的资源水平,本研究与其相比处于较低水平。这一结果与通常认为的沿岸海域渔业资源密度和生产力水平较高的观点

相悖^[28,41]。造成该现象的主要原因可能是, 沿岸及河口区域长期以来均是人类活动、开发利用较多的海域, 其资源水平不可避免地早已处于衰退状态。根据本研究中两个季节的 ABC 曲线可知, 该海域的群落结构已受到一定程度的扰动且偏离平衡状态, 春季所遭受的扰动程度大于秋季, 种类组成均以生长快、性成熟早的小个体物种为主, 群落结构的稳定性与繁殖群体的迁移、补充群体的生长、过度捕捞及水域环境污染关系密切^[27]。

南海虽是世界上海洋生物多样性最高的海域之一, 较高的物种多样性使之成为渔业资源的重要宝库, 但南海北部的渔业资源早已充分开发, 资源结构已向小型化和低值化的饵料型种类转变^[8]。因此, 南海沿岸海域渔业资源的开发潜力有限。本研究区域大型高经济价值物种较少, 饵料鱼类较多, 这些饵料鱼类为中华白海豚的重要食物来源。合理引导渔民有序地对这些饵料鱼类进行开发利用, 既保护了资源的可持续利用, 又保护了中华白海豚栖息地生境条件, 从一定程度上也是对中华白海豚这一濒危物种的保护。

4 结论

广西三娘湾海域既是沿岸海域重要的渔业生产区域, 也是中华白海豚重要栖息海域, 因此, 该海域游泳动物的种类组成及资源水平对中华白海豚的索饵、生存等具有重要的影响。综合 2011—2012 年该海域秋季和春季两个航次的拖网数据, 发现种类分布上多为小型化、低值化的饵料鱼类, 多样性水平不高, 且资源处于一定的衰退状态, 群落结构受到了一定程度的扰动。因此, 在后续对三娘湾海域开发利用的同时, 应做好合理的引导与监督, 加大对该海域渔业资源的保护, 促进资源的可持续利用, 同时也能为中华白海豚的生存提供良好的栖息环境。

[参 考 文 献]

- [1] 闫士华. 广西三娘湾中华白海豚 (*Sousa chinensis* Osbeck, 1765) 的分布和种群数量调查 [D]. 威海: 山东大学, 2016.
- [2] PORTER L, WENSHI P. The importance of the Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) population of Sanniang Bay, Guangxi Province, P R China: recommendations for habitat protection [C] //Scientific Committee, International Whaling Commission. SC/58/SM18, 2006: 1-6.
- [3] 余敏航. 三娘湾中华白海豚潜在饵料鱼能量密度研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2019.
- [4] 张荔锋, 唐森铭. 中国沿海中华白海豚种群的分布区 [J]. 台湾海峡, 2008, 27(1): 79-86.
- [5] 农牧渔业部水产局. 南海区渔业资源调查和区划 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1989.
- [6] AOYAMA T. The demersal fish stocks and fisheries of the South China Sea [R]. Rome: FAO/UNDP, SCS/DEV/73/3, 1973: 5-67.
- [7] 孙典荣, 林昭进. 北部湾重要经济鱼类资源变动分析及保护对策探讨 [J]. 热带海洋学报, 2004, 23(2): 62-68.
- [8] 李渊, 张静, 张然, 等. 南沙群岛西南部海域和北部湾口海域底层游泳动物多样性 [J]. 中国水产科学, 2016, 23(1): 177-187.
- [9] 李渊, 张静, 张然, 等. 南沙群岛西南部和北部湾口海域鱼类物种多样性 [J]. 生物多样性, 2016, 24(2): 166-174.
- [10] 王雪辉, 邱永松, 杜飞雁, 等. 北部湾鱼类多样性及优势种的时空变化 [J]. 中国水产科学, 2011, 18(2): 427-436.
- [11] 刘维达. 南海北部陆架区游泳动物群落结构变动研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2011.
- [12] 李忠炉, 张文旋, 何雄波, 等. 南海北部湾秋季蓝圆鲀与竹筴鱼的摄食生态及食物竞争 [J]. 广东海洋大学学报, 2019, 39(3): 79-86.
- [13] 陈颖涵. 北部湾主要鱼类食性的初步研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 2013.
- [14] 杨斌, 鲁栋梁, 钟秋平, 等. 钦州湾近岸海域水质状况及富营养化分析 [J]. 中国环境监测, 2014(3): 60-64.
- [15] 国家质检总局, 国家标准化委员会. 海洋调查规范第 6 部分: 海洋生物调查 [S]. 北京: 中国标准出版社,

- 2007: 56-62.
- [16] NELSON J S. Fishes of the world [M]. 4th ed. New York: John Wiley and Sons, 2006.
- [17] 成庆泰, 朱元鼎, 张春霖. 南海鱼类志 [M]. 北京: 科学出版社, 1962: 1-1184.
- [18] PINKAS L, OLIPHANT M S, IVERSON I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters [J]. California Department of Fish and Game's Fish Bulletin, 1971, 152(1): 11-46.
- [19] 陈国宝, 李永振, 陈新军. 南海主要珊瑚礁水域的鱼类物种多样性研究 [J]. 生物多样性, 2007, 15(4): 373-381.
- [20] WILHAM J L. Use of biomass units in Shannon's formula [J]. Ecology, 1968, 49(1): 153-156.
- [21] LUDWIG J A, REYNOLDS J F. Statistical Ecology [M]. New York: John Wiley and Sons, 1988.
- [22] 马克平. 生物多样性研究的原理与方法 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 134-145.
- [23] 詹秉义. 渔业资源评估 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 257-260.
- [24] WARWICK R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities [J]. Marine Biology, 1986, 92(4): 557-562.
- [25] FAO. The state of world fisheries and aquaculture [M]. Rome: FAO, 2020.
- [26] 李因强, 陈国宝. 我国海洋鱼类群落研究现状 [J]. 现代渔业信息, 2008, 23(1): 16-21.
- [27] 王良明, 李渊, 张静, 等. 南沙群岛西南部海域鱼类群落结构分析 [J]. 中国海洋大学学报 (自然科学版), 2017, 47(3): 58-65.
- [28] 邱永松, 曾晓光, 陈涛, 等. 南海渔业资源与渔业管理 [M]. 北京: 海洋出版社, 2008: 115-179, 202-208.
- [29] 马彩华, 游奎, 李凤岐, 等. 南海鱼类生物多样性与区系分布 [J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(4): 665-670.
- [30] 江艳娥, 林昭进, 黄梓荣. 南海北部大陆架区渔业生物多样性研究 [J]. 南方水产, 2009, 5(5): 32-37.
- [31] 乔延龙, 林昭进, 邱永松. 北部湾秋、冬季渔业生物群落结构特征的变化 [J]. 广西师范大学学报, 2008, 26(1): 100-104.
- [32] 袁华荣, 陈丕茂, 贾晓平, 等. 北部湾东北部游泳生物资源现状 [J]. 南方水产科学, 2011, 7(3): 31-38.
- [33] 莫珍妮, 赖廷和, 何斌源, 等. 广西钦州湾海域游泳动物群落种类组成及多样性研究 [J]. 应用海洋学报, 2020, 39(2): 206-213.
- [34] 孙典荣. 北部湾渔业资源与渔业可持续发展研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
- [35] 李寇军, 邱永松, 王跃中. 自然环境变动对北部湾渔业资源的影响 [J]. 南方水产科学, 2007, 3(1): 7-13.
- [36] 王雪辉, 邱永松, 杜飞雁, 等. 捕捞和气候变化在南海北部湾口鱼类长期种类演替和种群动态的作用 [J]. 海洋学报 (中文版), 2019, 38(10): 1-8.
- [37] 韦金胜. 北部湾海洋渔业资源衰退深层问题及可持续发展对策 [J]. 广西水产科学, 2006, 16(2): 9-14.
- [38] 郭亦玲. 广东省江门市海域中华白海豚 (*Sousa chinensis*) 种群数量及其饵料资源的调查 [D]. 威海: 山东大学, 2017.
- [39] QIU Y S, LIN Z J, WANG Y Z. Responses of fish production to fishing and climate variability in the northern South China Sea [J]. Progress in Oceanography, 2010, 85(3/4): 197-212.
- [40] 鲍红艳. 溶解态和颗粒态陆源有机质在典型河流和河口的来源、迁移和转化 [D]. 上海: 华东师范大学, 2013.
- [41] 贾晓平, 李永振, 李纯厚, 等. 南海专属经济区和大陆架渔业生态环境与渔业资源 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 339-542.

(责任编辑 朱雪莲 英文审校 黄力行)