

广西钦州湾海域游泳动物群落种类组成及多样性研究

莫珍妮, 赖廷和, 何斌源, 刘昕明, 李 梦, 李英花, 宁秋云

(广西壮族自治区海洋研究院, 广西 南宁 530022)

摘要:根据2015—2016年连续两年对钦州湾进行的拖网调查资料,对钦州湾游泳动物群落的多样性现状进行了初步分析。结果表明,2015、2016年游泳动物调查渔获物种类均为55种;两年共同渔获物优势种($IRI \geq 200$)有5种,分别是钝齿蝠(*Charybdis hellerii*)、近缘新对虾(*Metapenaeus affinis*)、周氏新对虾(*Metapenaeus joyneri*)、亨氏仿对虾(*Parapenaeopsis hungerfordi*)和口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*),优势种类个体呈现小型化和低龄化趋势,渔获物种类和现存资源较历史数据有衰减的趋势;Shannon-Wiener指数(H')、丰富度指数(D)和均匀度指数(J')变化不显著,但站位间差异明显;2016年较2015年调查游泳生物的生物量和资源密度有所回升,但多样性水平均低于北部湾及南海北部大陆架浅海海域的多样性水平。

关键词:海洋生物学;游泳动物;资源密度;优势种;多样性;钦州湾

DOI: 10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2020. 02. 007

中图分类号:P735

文献标识码:A

文章编号:2095-4972(2020)02-0206-08

海湾是人类从事经济活动的基地,是陆地与海洋相互作用的过渡区域,极易受到环境变化的影响,也是陆-海生态系统的敏感地带^[1],同时又是海洋生物的重要繁育场所和维持生物多样性的关键区域^[2],尤其对游泳动物类群变化影响极大。游泳动物处于海洋食物链的顶端,在海洋生态系统中占据重要地位;同时,它还是人类获取动物蛋白质的重要来源,是海洋渔业的主要利用对象^[3]。

近年来,随着《广西北部湾经济区发展规划》^[4]的实施,以能源、石化等为首的重大临海工业项目陆续建成投产或开工建设,使得社会经济快速发展、海洋资源有效开发利用的同时,也造成了部分海域环境污染、海洋生态破坏、渔业资源受损等问题,尤以钦州湾为重灾区。广西防城港核电厂东临钦州湾,其营运期间,产生的温排水、余氯排放将使周边海域生态系统受到较大扰动。针对该海域游泳动物群落现状,本研究拟利用2015—2016年开展的防城港核电水域生物资源调查数据,分析钦州湾游泳动物群落结构及多样性,为系统开展钦州湾渔业资源的管理与修复提供基础信息。

1 材料与方法

1.1 生境概括

钦州湾位于北部湾沿岸湾顶中部,在 $21^{\circ}33'20'' \sim 21^{\circ}54'30''N, 108^{\circ}28'20'' \sim 108^{\circ}45'30''E$ 之间。由内湾(茅尾海)、外湾(钦州湾)以及连接两湾的潮汐通道构成,中间狭窄、两端宽阔,是一个半封闭的天然海湾^[5]。全湾岸线长度为511.65 km,海域面积为1 910.07 km²。钦州湾潮汐为正规全日潮类型,气候主要受季风环流影响,气温年差较大,热量丰富,雨量集中^[6]。调查海域钦州湾的溶解氧含量较高,硫化物、重金属的含量较低,均优于一类海水标准;表征有机污染程度的化学需氧量、挥发酚含量基本满足一类海水标准;无机氮和无机磷在分布上可能受河流输入和临港工业排污等的影响,均呈现出湾内高、湾外低,近岸高、远岸低的分布规律。

1.2 站位布设和采样分析方法

本研究于2015年8月和2016年8月,连续两年对钦州湾6个站位及企沙西南、竹山西南海域各一个站位进行拖网采样调查研究(图1)。站位选择以防城港核电监测站位为依据,钦州湾S1~S6站位位于防城港核电站附近海域;竹山西南D2站位位

于中越交界的北仑河口海域,离核电厂较远;企沙西南 D1 站位位于核电厂和北仑河口之间,从而形成 6 个核电厂邻近站位与 2 个对照站位的监测格局。采样按照《海洋生物生态调查技术规程》^[7] 要求使用单船有翼单囊拖网,网具网体长度为 7 m,网口高 1.5 m,宽 3.2 m,囊网网目为 15 mm,每站拖拽时间

为 15 min,平均拖速约为 3 n mile/h。渔获样品分类、标记后用塑料样品袋盛装,放入装有冰块的泡沫箱中临时保存,然后带回实验室进行分析鉴定,海上取样及室内分析方法均按《海洋调查规范》^[8] 进行;鱼类生态类型判别主要依据《南海鱼类志》^[9]、《广西北部湾海洋硬骨鱼类图鉴》^[10] 等。

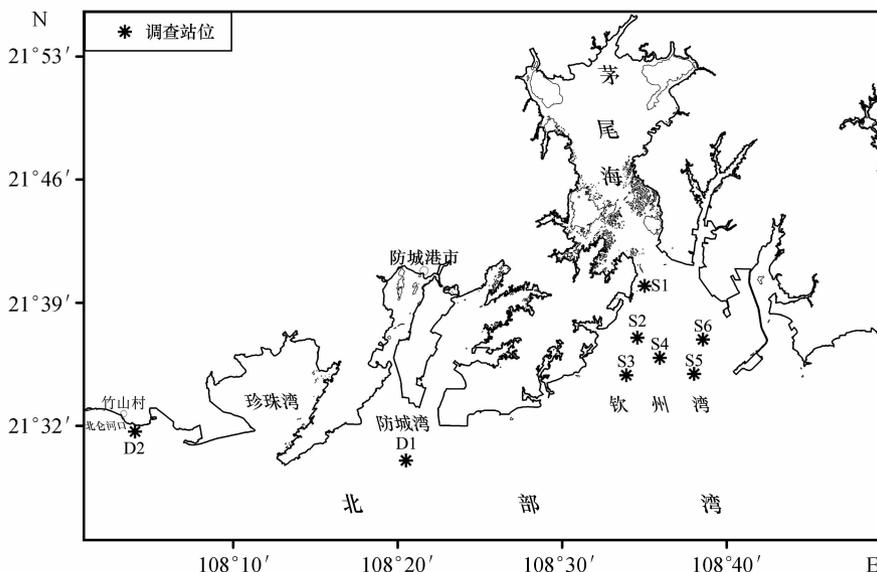


图 1 采样站位示意图

Fig. 1 Map of sampling stations

1.3 数据分析

1.3.1 渔获物优势种 渔获物优势种分析采用 Pinkas (1971) 的相对重要性指数 IRI 计算公式^[11]:

$$IRI = (N + W) \cdot F \quad (1)$$

式(1)中: N 为某种类的尾数占总渔获尾数的百分比; W 为某种类的质量占总渔获质量的百分比; F 为某种类在调查中的出现频率。

1.3.2 资源密度 资源密度 D 按下式计算^[12]:

$$D = C / (q \cdot A) \quad (2)$$

式(2)中: C (kg/h 或 ind./h)为渔获物密度指数,即每小时取样面积内的生物量(kg)或尾数(ind.); q 为网具捕获率,在此取与底拖网相同数值 0.5; A (km²/h)为网具每小时扫海面积(km²)。

1.3.3 群落多样性指数 游泳动物群落多样性指数采用以下指数计算^[13-15]:

Shannon-Wiener 指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad (3)$$

Pielou 均匀度指数:

$$J' = H' / \log_2 S \quad (4)$$

Margalef 物种丰富度指数:

$$D = (S - 1) / \log_2 N \quad (5)$$

式(3~5)中: S 为种类总数; N 为所在群落的所有物种的个体数之和; P_i 为调查中第 i 种渔获物的个数占样品渔获个数的比例。

2 结果与讨论

2.1 种类组成

2015 年钦州湾拖网定点调查捕获游泳动物共鉴定出 55 种[图 2(a)],其中鱼类 31 种,占总种数的 56.4%;虾类 11 种,占 20.0%;蟹类 11 种,占 20.0%;头足类 1 种,占 1.8%;口足类 1 种,占 1.8%。作为对照海区的企沙西南海域捕获游泳动物 20 种,鱼类居多,共 15 种,占 75.0%;竹山西南海域共鉴定游泳动物 16 种,鱼类 13 种,占 81.3%。

2016 年钦州湾拖网定点调查捕获游泳动物 55 种[图 2(b)],其中鱼类 35 种,占总种数的 56.4%;虾类 13 种,占 23.6%;蟹类 8 种,占 14.5%;口足类 2 种,占 3.6%;头足类 1 种,占 1.8%。企沙西南海域捕获游泳动物 17 种,鱼类居多,共 10 种,占 58.8%;竹山西南海域共鉴定游泳动物 8 种,鱼类 5 种,占 62.5%。

从年度变化来看,两年度调查钦州湾游泳动物

种类数目不变,其中各类群的种类变化也不大,但对照海域游泳动物种类数目有所减少,鱼类种数在拖

网渔获中处优势地位,虾类第二,蟹类第三。

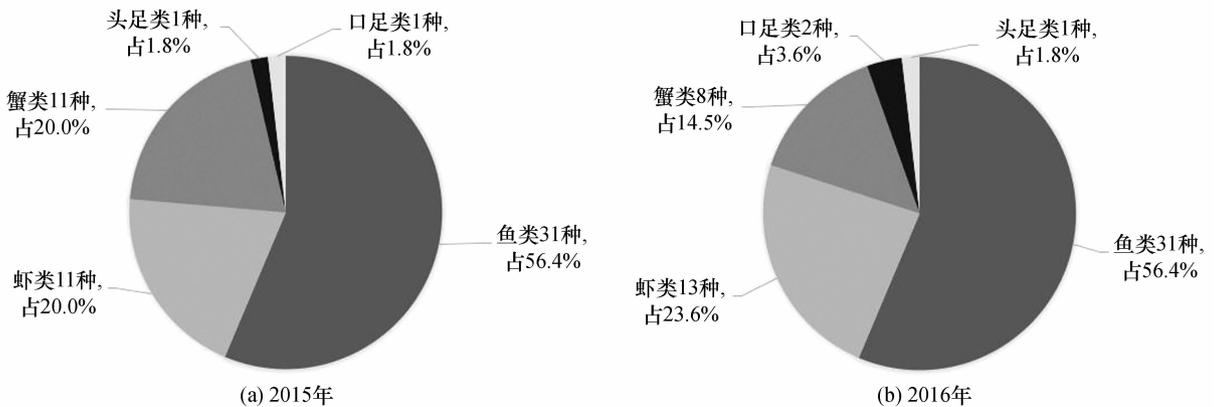


图2 钦州湾调查游泳动物种类组成

Fig. 2 Species composition of nektons in Qinzhou Bay

2.2 资源密度分布

2015年钦州湾游泳动物平均尾数密度为30 344 ind./km²,其中虾类平均达到13 381 ind./km²,蟹类8 548 ind./km²,鱼类为4 757 ind./km²,口足类为3 601 ind./km²,头足类仅57 ind./km²,分别占总量的44.1%、28.2%、15.7%、11.9%和0.2%。游泳动物平均生物量为309.694 kg/km²,其中蟹类达123.298 kg/km²,鱼类为89.881 kg/km²,虾类为58.083 kg/km²,口足类为36.141 kg/km²,头足类仅2.290 kg/km²,分别占总量的39.8%、29.0%、18.8%、11.7%和0.7%。对照站位企沙西南海域和竹山南部海域的密度分别为41 507 ind./km²和106 011 ind./km²,生物量分别为442.380 kg/km²和732.160 kg/km²,密度及生物量均高于钦州湾大多数站位水平,以鱼类为绝对优势类群。

2016年钦州湾游泳动物平均尾数密度为101 248 ind./km²,其中鱼类达到44 792 ind./km²,虾类为33 397 ind./km²,蟹类18 493 ind./km²,口足类为4 438 ind./km²,头足类仅127 ind./km²,分别占总量的44.2%、33.0%、18.3%、4.4%、0.1%。游泳动物平均生物量为738.909 kg/km²,其中鱼类达326.081 kg/km²,蟹类为234.856 kg/km²,虾类为150.274 kg/km²,口足类为25.740 kg/km²,头足类仅1.958 kg/km²,分别占总量的44.1%、31.8%、20.3%、3.5%、0.3%。企沙西南海域和竹山南部海域的密度分别为39 379 ind./km²和25 457 ind./km²,生物量分别为411.827 kg/km²和72.941 kg/km²,两个站位的密度均低于钦州湾所有站位的密度水平,生物量水平偏低,其中鱼类的绝对优势地

位显著。

综合两年度调查数据来看,2016年钦州湾游泳动物平均尾数密度是2015年3倍多,平均生物量密度略大于2015年,而对照海域游泳动物的密度及生物量均有所降低。整个调查区以鱼类资源密度最大。从资源密度分布来看(图3),钦州湾湾外大部分站位资源密度均较高,但总体来说,钦州湾游泳动物资源密度分布极不均匀。

2.3 群落结构

由于生境状况的差异,游泳生物优势种组成具有明显的季节变化特征,因此将游泳生物相对重要性指数IRI作为衡量的指标,来确定各游泳生物种类在群落中的重要性^[12]。综合出现率、渔获尾数和重量,计算得出2015年钦州湾游泳动物的相对重要性IRI指数(表1),以IRI≥200为群落优势种划分的判断指标,该次调查游泳动物优势种为钝齿螯(Charybdis hellerii)、口虾蛄(Oratosquilla oratoria)、周氏新对虾(Metapenaeus joyneri)、强壮菱蟹(Parthenope validus)、近缘新对虾(Metapenaeus affinis)、亨氏仿对虾(Parapenaeopsis hungerfordi)、条纹叫姑鱼(Johnius fasciatus)、斑鲷(Konosirus punctatus)和黄魮(Dasyatis bennetti),蟹类、口足类和虾类等甲壳纲动物优势度极为显著。在企沙西南海域,游泳动物群落优势种较为分散,鲷(Terapon theraps)、条马鲷(Equulites rivulatus)、黑边布氏鲷(Eubleekeria splendens)、真赤鲷(Pagrus major)、及达副叶鲷(Alepes djedaba)、斑条魮(Sphyaena jello)、远海梭子蟹(Portunus pelagicus)、日本枪乌贼(Loligo japonica)、棕斑兔头鲷(Lagocephalus spadiceus)、日本囊对虾

(*Marsupenaeus japonicus*)、亨氏仿对虾、斑头舌鲷 (*Cynoglossus puncticeps*) 和黑棘鲷 (*Acanthopagrus schlegelii*) 等 13 个种为优势种群;竹山南部海域以条马鲷、斑鲈、鹿斑仰口鲷 (*Secutor ruconius*)、及达副叶鲈、刀额新对虾 (*Metapenaeus ensis*)、真赤鲷、日本

囊对虾、长鳍蓝子鱼 (*Siganus canaliculatus*)、黄鳍棘鲷 (*Acanthopagrus latus*)、二长棘犁齿鲷 (*Evynnis cardinalis*)、李氏鲷 (*Callionymus richardsoni*) 和多鳞鱧 (*Sillago sihama*) 等 12 个种优势较为明显。

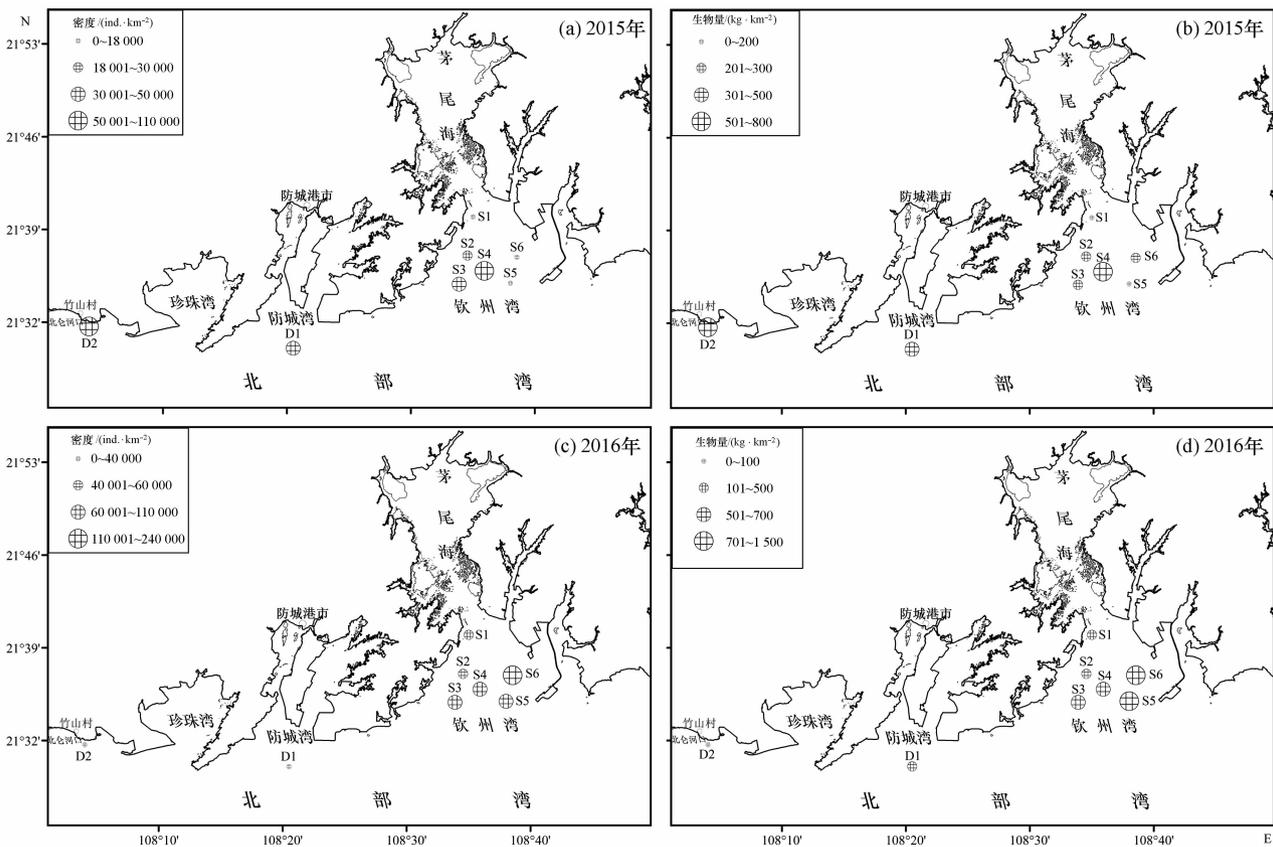


图 3 2015、2016 年游泳动物资源密度分布

Fig. 3 Density distributions of nekton resources in 2015 and 2016

表 1 2015 年主要游泳动物相对重要性指数

Tab. 1 IRI of important nekton species in 2015

种类	出现率/%	密度/(ind. · km ⁻²)	密度占比/%	生物量/(kg · km ⁻²)	生物量占比/%	IRI
钝齿鲷	100.0	31 386	17.24	413.040	22.23	3 946.77
口虾蛄	100.0	21 607	11.87	216.849	11.67	2 353.76
周氏新对虾	66.7	46 852	25.73	164.103	8.83	2 304.36
强壮菱蟹	66.7	14 783	8.12	241.631	13.00	1 408.25
近缘新对虾	83.3	17 172	9.43	125.451	6.75	1 348.58
亨氏仿对虾	100.0	10 803	5.93	19.323	1.04	697.37
条纹叫姑鱼	66.7	7 051	3.87	115.855	6.23	673.83
斑鲈	33.3	7 051	3.87	125.802	6.77	354.76
黄魮	33.3	227	0.12	116.422	6.27	213.01

同比,2016 年调查中显示钦州湾海区游泳动物优势种为 9 种(表 2),分别为皮氏叫姑鱼(*Johnius belengerii*)、钝齿鲷、亨氏仿对虾、近缘新对虾、日本囊对虾、香港鲷(*Charybdis hongkongensis*)、周氏新对虾、口虾蛄和伍氏平虾蛄(*Erugosquilla woodmasoni*),虾类和蟹类等甲壳纲动物优势度极为显著。在企沙西南海域,游泳动物群落优势种群则较为集中,条马鲷、日本囊对虾、亨氏仿对虾、尾纹双边鱼(*Ambassis urotaenia*)、鹿斑仰口鲷、李氏鲷、鲷、真赤鲷、及达副叶鲔、斑头舌鲷、长钩须鲷(*Paraplagusia bilineata*)和高体斑鲆(*Pseudorhombus elevatus*)等 12 个种均为优势种群;竹山南部海域优势种为刀额新

对虾、日本囊对虾、康氏侧带小公鱼(*Stolephorus commersonii*)、短吻鲷(*Leiognathus brevirostris*)、条马鲷、长鳍蓝子鱼和斑条鲆。

综合来看,钝齿鲷、近缘新对虾、周氏新对虾、亨氏仿对虾和口虾蛄为钦州湾海域两年共有的优势种,有较高且较为稳定的优势地位,而对照海域居前的优势种以鱼类为主,其他类群不突出。因此,本研究海区渔获优势种以小型鱼类、虾类和蟹类为主,其大多生命周期较短,生长速度快,属沿岸性种类,且不少种类当年春季繁殖,生长至夏、秋季便可成为捕捞对象。

表 2 2016 年主要游泳动物相对重要性指数

Tab.2 IRI of important nekton species in 2016

种类	出现率/%	密度/(ind. · km ⁻²)	密度占比/%	生物量/(kg · km ⁻²)	生物量占比/%	IRI
皮氏叫姑鱼	100.00	211 118	34.75	801.18	18.07	5 282.39
钝齿鲷	100.00	93 834	15.45	1 213.53	27.37	4 281.83
亨氏仿对虾	100.00	123 526	20.33	273.52	6.17	2 650.33
近缘新对虾	66.67	24 541	4.04	261.16	5.89	662.02
日本囊对虾	83.33	15 613	2.57	188.57	4.25	568.63
香港鲷	83.33	12 561	2.07	83.32	1.88	328.91
周氏新对虾	83.33	16 734	2.75	29.61	0.67	285.22
口虾蛄	83.33	8 565	1.41	75.43	1.70	259.27
伍氏平虾蛄	50.00	18 064	2.97	79.01	1.78	237.79

2.4 群落结构特征

2015 年调查海域的游泳动物 Shannon-Wiener 指数在 1.679 ~ 3.258 范围内[图 4(a)],平均

2.823;Margalef 丰富度指数介于 1.633 ~ 3.611 之间,均值为 2.565;Pielou 均匀度指数范围在 0.441 ~ 0.770,平均为 0.650。

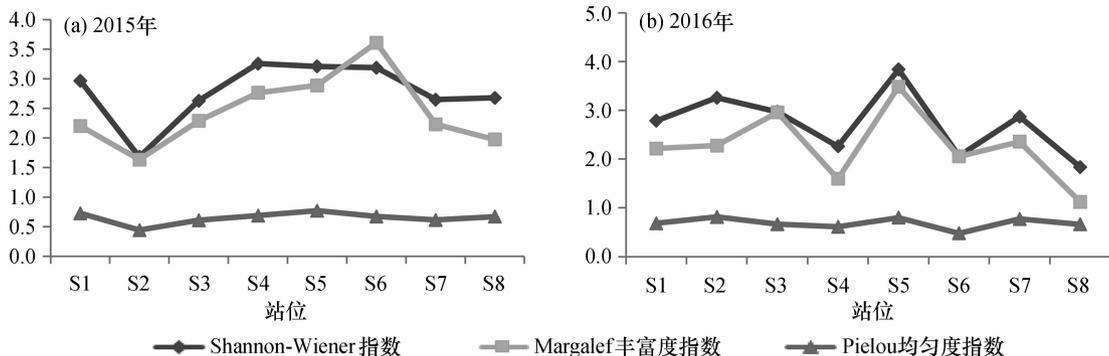


图 4 游泳动物多样性指数变化

Fig. 4 Changes of nekton diversity indexes

2016 年调查海域的游泳动物 Shannon-Wiener 指数在 2.063 ~ 3.837 范围内[图 4(b)],平均 2.611;丰富度指数介于 1.595 ~ 3.485 之间,均值为

2.112;Pielou 均匀度指数范围在 0.477 ~ 0.815,平均为 0.666。

综合两年度调查来看,Margalef 丰富度指数的

波动范围最大,与 Shannon-Wiener 指数相同,其中 2015 年调查的平均值高于 2016 年,变化范围也略小于 2016 年,而 Pielou 均匀度指数则表现相反。从整体来看,钦州湾海域靠外站位的种类多样性程度较高,企沙西南海域和竹山南部海域游泳动物多样性稍低于钦州湾监测区的靠外站位,但稍高于靠内站位。

2.5 区系组成特征与生态类型

调查水域地处亚热带,从适温性看,该海域鱼类区系组成全部为暖水性和暖温性种,没有出现冷水性种类。其中,两年捕获的 49 种鱼类渔获物中,以暖水性种类占绝对优势,为 34 种,占 69.4%,暖温性种为 15 种,占 30.6%;这表明本次调查海域的鱼类区系具有热带和亚热带的特征。从生态类型的分布看,底层鱼类最多,有 32 种,占 65.3%;其次为中上层鱼类,有 11 种,占 22.4%,中下层鱼类种类有 5 种,占 10.2%,近底层鱼类 1 种。虾蟹类、头足类和口足类种类基本以暖水性和暖温性种类为主,其中暖水性种类,虾类 13 种,蟹类 12 种,头足 1 种,多数种类栖息习性为河口型、近岸型和浅海型。

总的来看,钦州湾渔获种类区系组成以暖水性和暖温性为主,甲壳类主要以广温广盐性种类为主,栖息习性以底层种类占绝对优势。

2.6 讨论

2.6.1 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^[16],其中,盐度、水温和底质的影响最为重要。综合两年调查发现,钦州湾游泳动物种类组成以鱼类和甲壳类为主,头足类及口足类所占比例小。结合同年该海域其他调查显示,2016 年渔获数量有较大上升,可能从“厄尔尼诺现象促进海洋生物繁荣”的推断得到支撑。李菲萍(2011)等分析得出海洋捕捞产量增长率随着厄尔尼诺的强度增加而增加,也随着厄尔尼诺持续季度的增加而增加^[17],这也与吴志强(2000)等分析闽南—台湾浅滩渔场中上层鱼类资源状况时提出鱼类产量的波动可能与厄尔尼诺现象强度及其持续时间有关的观点^[18]一致。同时,李耀先(2001)等认为厄尔尼诺发生时,哈得莱环流的异常增强造成了副热带高压的增强,从而使得广西前汛期降水偏多^[19],而李冠军(2007)等的研究结果发现北部湾渔业资源量的波动受沿海陆地降雨量年际变化的影响很大^[20]。对比相邻海域调查来看,企沙南部海域及竹山南部海域各 1 个站位调查的游泳动物物种数相对较少,资源密度较低。近年来,沿海工业化城镇化进程加快,临海工业项目纷纷落成,回顾该海区历史调

查数据,本次调查游泳动物的相对资源密度较 2009 年钦州湾夏季(8 月)调查结果偏低。同时,根据 2009—2010 年北部湾东北部海域游泳生物资源夏季的调查数据进行对比发现,钦州湾水域游泳动物物种相对较少,2015 年资源密度较其偏低,2016 年小幅回升后则高于其平均生物量水平(622.514 kg/km^2)^[21]。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^[16],但钦州湾海域渔业资源呈现衰退的趋势是有据可依的。

在适温性上看,钦州湾渔获以暖水性和暖温性为绝对优势。这可能是钦州湾夏季水温南高北低,冬季水温差异较小,水温垂向梯度小,适于对温度要求范围比较广的游泳动物栖息。从生态类型看,内湾、沿岸性种类绝大多数属地方性种群,分布范围很广,大多数种类在北部湾沿海均有分布。整个生命过程的主要阶段包括索饵生长和生殖活动等,均在沿岸、内湾水域度过,不作长距离洄游。

2.6.2 种群结构变化 优势种在生态系统中占据重要地位,其变化能影响整个群落的数量变化和能量流动,同时也是海洋生态系统中的关键因子^[22]。据王雪辉(2010)等曾将北部湾按空间划分为 5 个群落进行分析表明,北部湾东北部沿岸海域的特征种类以鲷类、丽叶鲷(*Caranx kalla*)和二长棘犁齿鲷幼鱼等小型鱼类为主;海南岛西岸海域为典型的岩礁鱼类群落,以岩礁鱼类为该群落全年的优势种;北部湾中南部海域分布的是北部湾鱼类的主要群落,以发光鲷(*Acropoma japonicum*)、大头白姑鱼(*Pennahia macrocephalus*)、黄斑鲷(*Leiognathus bindus*)和竹荚鱼(*Trachurus japonicus*)为主;龙尾岛附近海域鱼类分布范围最小,特征种较为复杂,没有周年优势种;琼州海峡西侧海域仅在春季形成以黄斑鲷、带鱼(*Trichiurus japonicus*)幼鱼、二长棘鲷(即二长棘犁齿鲷)和黄带绯鲤(*Upeneus sulphureus*)等为特征种的鱼类群落^[23]。本次调查区域位于北部湾北部沿岸海域,调查发现该海域优势种类均以小型鱼类、虾类和蟹类为主,种类更替现象明显,结合调查分析,海域深度影响海域水体环境,不同环境因素对鱼类分布有明显的限制作用,因此在不同的水系和水深往往会分布不同的种类,从而形成了鱼类群落的优势特征^[20]。

2.6.3 群落多样性比较 南海鱼类多样性指数明显高于东海和黄海。这种现象与各海域所处的地理位置有密切关系,低纬度海域的物种多样性比高纬度海域高^[24]。由于受季节限制,两年调查均为夏

季,从群落多样性指数来看,总体呈现南高北低的特点,两个年度并没有太大差别,说明调查海区游泳动物群落大体上维持轻度至中度扰动的格局。群落多样性指数与对照站位相比,两个对照海域游泳动物多样性稍低于钦州湾监测区的靠外站位,但稍高于靠内站位;与北部湾海域和南海大陆架相比,低于北部湾东北部夏季的平均多样性水平(3.36)^[24],并且低于同季节南海北部大陆架海域的平均多样性水平(3.65)^[25],总体上处于较低水平。而夏季是很多游泳动物产卵的季节,渔获物中幼鱼比例会增高,但由于过度捕捞,违规拖网作业,已严重影响了游泳动物季节更替的过程,对幼鱼幼虾等生物资源破坏极大,使得渔获量降低,多样性指数降低;秋季来临,游泳动物经历了两季的生长和休渔期的休养生息使得渔获量增加,但同样也随着休渔期的结束,一些价值较高的经济种被有选择性地捕捞,造成生物种类比例改变,再随着捕捞压力增大,最终也将导致多样性指数降低。因此,应加强钦州湾生态环境、生物资源繁殖保护,依据游泳生物群落的变化规律,控制过度捕捞,加强敏感典型海洋生态系统及优势种群监测,促使其渔业资源总体价值和游泳动物多样性的提高。

2.6.4 人为因素影响 随着高强度的经济开发建设和大型临海工业园的密集布局,极大地改变了钦州湾海域的自然属性。其中,防城港核电厂围填海

建设永久改变钦州湾海域水动力环境,长期影响水体交换能力及环境质量。核电厂排水明渠从厂区延伸至钦州湾西航道边缘,温排水排放在水动力的作用下使环境水体水温有不同程度的上升,其近区温升呈伴岸窄带型分布,夏季热效应对渔业资源的影响比其他季节更为明显。鱼类多为变温动物,温度变化对鱼类生命活动过程影响很大;同时温度过高还会造成甲壳类死亡。根据2015、2016年调查水域各站位监测数据,夏季海水表层温度较高,但温排水引起的温升对鱼类生长的影响仅局限于钦州湾西侧核电厂温排水排放口附近3℃温升海域,且鱼类本身可以感受到极其细微的水温变化,对超过其适温范围的水体具有回避反应,能进行适温洄游。

3 结论

海洋生物物种的生态健康程度,是评价海洋承载力及生态环境风险等级的重要指标之一。综合2015—2016年钦州湾拖网调查数据分析,虽然调查海区渔获物种类和现存资源较历史数据有所衰减,游泳动物群落呈现轻度至中度扰动的格局,但总体上暂无发现显著影响。因此,保障后续连续定位监测力度,紧密跟踪自然变化和核电站温排水影响产生的生物累积效应,加强水域生态环境的监测保护,合理开发利用海洋资源,对促进钦州湾海域渔业资源可持续发展至关重要。

参考文献:

- [1] 焦念志. 海湾生态过程与持续发展[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 1-3.
- [2] 王栋, 孙娟, 王永雄. 我国海岸带生态现状研究进展[J]. 北京水产, 2007(4): 1-4.
- [3] 沈国英, 施并章. 海洋生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 153-188.
- [4] 广西北部湾经济区规划建设管理委员会办公室. 广西北部湾经济区发展规划(2006—2020)[Z]. 广西: 广西人民出版社, 2008.
- [5] 董德信, 李谊纯, 陈宪云, 等. 大规模填海工程对钦州湾水动力环境的影响[J]. 广西科学, 2014, 21(4): 357-364.
- [6] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志第十二分册(广西海湾)[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- [7] 国家海洋局 908 专项办公室. 海洋生物生态调查技术规程[M]. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [8] 国家海洋局. 海洋调查规范 第6部分: 海洋生物调查: GB/T 12763. 6—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [9] 中国科学院动物研究所, 中国科学院海洋研究所, 上海水产学院. 南海鱼类志[M]. 北京: 科学出版社, 1962.
- [10] 赖廷和, 何斌源. 广西北部湾海洋硬骨鱼类图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [11] PINKAS L, OLIPHANT M S, IVERSON I L. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters[J]. California Department of Fish and Game Fish Bulletin, 1971, 152: 1-105.
- [12] 张静, 陈永俊, 张然, 等. 2008年夏季东山湾游泳动物种类的组成和多样性[J]. 应用海洋学学报, 2013, 32(2): 222-230.
- [13] LUDWIND J A, REYNOLDS J F. Statistical ecology[M]. New York: John Wiley & Sons, 1988: 263-287.
- [14] 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.
- [15] 国家海洋局. 海洋调查规范 第9部分: 海洋生态调查指南: GB/T 12763. 9—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [16] 宋普庆, 张静, 林龙山, 等. 台湾海峡游泳动物种类组成及其多样性[J]. 生物多样性, 2012, 20(1): 32-40.

- [17] 李菲萍, 吴志强, 钟志坚, 等. 厄尔尼诺现象对广西海洋捕捞产量的影响[J]. 海洋湖沼通报, 2011(3): 62-68.
- [18] 吴志强, 丘书院, 杨圣云. 闽南一台湾浅滩渔场中上层鱼类渔业分析[J]. 海洋湖沼通报, 2000(1): 36-40.
- [19] 李耀先, 梁隽攻, 李秀存, 等. 试论厄尔尼诺对广西气候异常影响的物理机制[J]. 广西气象, 2001, 22(1): 33-35.
- [20] 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, 2007, 3(1): 7-13.
- [21] 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.
- [22] 袁蔚文. 北部湾底层渔业资源的数量变动和种类更替[J]. 中国水产科学, 1995, 2(2): 57-65.
- [23] 王雪辉, 邱永松, 杜飞雁, 等. 北部湾鱼类群落格局及其与环境因子的关系[J]. 水产学报, 2010, 34(10): 1 579-1 586.
- [24] 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.
- [25] 江艳娥, 林昭进, 黄梓荣. 南海北部大陆架海域渔业生物多样性研究[J]. 南方水产, 2009, 5(5): 32-37.

Nekton species composition and biodiversity in Qinzhou Bay, Guangxi

MO Zhen-ni, LAI Ting-he, HE Bin-yuan, LIU Xin-ming, LI Meng, LI Ying-hua, NING Qiu-yun
(Guangxi Academy of Oceanography, Nanning 530022, China)

Abstract: Based on the bottom trawl surveys in Qinzhou Bay in 2015 and 2016, the structure of nekton communities in Qinzhou Bay was preliminarily analyzed. The results showed that there were totally 55 nekton species found by the surveys. The dominant species is defined when index of relative importance (*IRI*) is equal or larger than 200. Thus, they were *Charybdis hellerii*, *Metapenaeus affinis*, *Metapenaeus joyneri*, *Parapenaeopsis hungerfordi* and *Oratosquilla oratoria* in the surveys. The dominant species caught tended to be smaller and younger and the fish catches and standing crops tended to decline gradually in general compared with the historical data. Shannon-Wiener index (*H'*), Margalef index (*D*) and Pielou index (*J'*) change little in 2015 and 2016 though they differed from station to station. Moreover, the biomass and density of nekton were higher in 2016 than in 2015. However, the nekton diversities were lower than those in Beibu Gulf and in the shallow sea areas on the shelf of northern South China Sea.

Key words: marine biology; nekton; resource density; the dominant species; diversity; Qinzhou Bay

DOI: 10.3969/J. ISSN.2095-4972.2020.02.007

(责任编辑:肖 静)