

doi: 10.12131/20180037

• 综述 •

南海外海大洋性渔业资源调查评估进展

张俊^{1,2}, 邱永松¹, 陈作志¹, 张鹏¹, 张魁¹,
范江涛¹, 陈国宝¹, 蔡研聪¹, 孙铭帅¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业农村部外海渔业开发重点实验室, 广东省渔业生态环境重点实验室, 广东广州 510300; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 南海深水区蕴藏着丰富的大洋性渔业资源。当前, 南海北部近海渔业资源被过度捕捞, 外海大洋性渔业资源却尚未充分利用, 南海大洋性渔业资源评估资料不足成为限制外海渔业研究和合理利用的瓶颈之一。为进一步掌握南海外海渔业资源潜力、渔场和渔汛等信息, 2011 年以来, 中国水产科学研究院南海水产研究所对南海大洋性渔业资源作了持续调查, 获得了大量基础资料、重要研究结果和重大发现, 首次采用渔业声学并结合灯光罩网同步开展大洋性中上层鱼类资源调查, 基于渔业声学-灯光罩网方法评估了主要大洋性渔业类群的资源量和分布, 探捕到多处大型渔场并证实了南海大洋性渔业资源巨大的开发潜力等。文章主要报道了近年来中国在南海外海大洋性渔业资源调查评估领域的最新阶段性研究成果, 总结了存在的问题和未来的研究方向。

关键词: 大洋性渔业资源; 渔业声学; 灯光罩网; 资源评估; 南海

中图分类号: S 932.4

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2018)06-0118-10

Advances in pelagic fishery resources survey and assessment in open South China Sea

ZHANG Jun^{1,2}, QIU Yongsong¹, CHEN Zuozhi¹, ZHANG Peng¹, ZHANG Kui¹,
FAN Jiangtao¹, CHEN Guobao¹, CAI Yancong¹, SUN Mingshuai¹

(1. Key Laboratory of Open-Sea Fishery Development, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Guangdong Provincial Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: There are abundant pelagic fishery resources in the deep sea of the South China Sea (SCS). However, since the fishery resources in the coastal and shelf area of northern SCS have long been overfished, the pelagic fishery resources in that area have not been utilized adequately. Lack in assessment for pelagic stocks limits the rational use of the pelagic fisheries resources. In order to obtain the information of exploring potential, fishing ground and catching season of pelagic fisheries resources, the South China Sea Fisheries Research Institute has been carrying out continuous pelagic fishery resources surveys in the vast deep sea area of SCS since 2011. In spring 2011, for the first time, fisheries acoustics detection and light-falling sampling were synchronously used to investigate pelagic fishery resources in the deep sea of SCS. Based on the acoustics-light falling net sampling technique, the abundance and

收稿日期: 2018-03-06; 修回日期: 2018-07-02

资助项目: 国家重点研发计划 (2018YFC1406502); 农业农村部财政专项项目 (NFZX2018); 广东省促进经济发展专项 (GDME-2018E004); 国家科技支撑计划项目 (2013BAD13B06)

作者简介: 张俊 (1984—), 男, 博士研究生, 助理研究员, 从事海洋渔业资源调查评估和渔业声学研究。E-mail: zhangjun@scsfri.ac.cn

通信作者: 陈作志 (1978—), 男, 博士, 研究员, 从事渔业资源和海洋生态研究。E-mail: zzchen2000@163.com

distribution of the major category of fishery stocks were evaluated. Many large fishing grounds were discovered, which confirms great exploring potential of pelagic fisheries resources in the deep sea of SCS. This paper reviews the latest results in the assessment of pelagic fisheries resources in the deep sea of SCS, and summarizes the existing problems and future research direction.

Key words: pelagic fishery resources; fishery acoustics; light falling-net; stock assessment; South China Sea

南海外海大洋性渔业资源是指栖息于南海大陆斜坡和南海海盆海域的中上层渔业资源。当前,南海北部近海渔业资源因过度利用而严重衰退,亟须降低捕捞强度,但是中国在南海的捕捞强度95%以上主要集中于北部近海,尤其是100 m以浅海域,对渔业资源造成巨大压力,而目前南海外海大洋性渔业资源却利用不足,如何推动南海大洋性渔业资源的利用是需要解决的重要课题^[1-3]。

历史上,中国曾断断续续对南海大洋性渔业资源作过几次调查,如1974—1976年的西、中沙和南沙北部海域大洋性鱼类资源调查^①、1997—2000年的南海专属经济区和大陆架渔业资源及其栖息环境调查、2010—2013年的南海深水渔业资源延绳钓调查等,为发展南海大洋性渔业积累了重要资料^[4-7]。总体上南海大洋性渔业资源调查评估工作还很薄弱,如缺乏全面、系统、连续的资料,主要经济鱼类的资源量、分布、渔场不清等,难以为中国南海大洋性渔业资源的可持续利用和深层次的科学研究提供有力的科技支撑。南海周边国家、地区和渔业组织也曾对南海局部海域的大洋性渔业资源作过调查,同样存在上述问题,且近年来未见其关于南海大洋性渔业资源调查评估的公开报道^[8-10]。针对中国南海大洋性渔业资源调查研究不足的状况,2011年以来中国水产科学研究院南海水产研究所采用渔业声学并结合灯光罩网、延绳钓、中层拖网等多种手段,对南海大洋性渔业资源作了较全面的连续调查,获得了极具价值的基础资料和研究结果(表1)。本文主要介绍近年来中国在南海外海大洋性渔业资源调查评估领域的最新阶段性研究成果,以期为中国南海大洋性渔业资源的有效利用、管理和保护提供参考。

1 南海外海大洋性渔业资源调查评估新进展

1.1 南海外海大洋性渔业资源声学-灯光罩网评估技术的提出和完善

20世纪70年代中期,中国水产科学研究院南海水产研究所在执行西、中沙、南沙北部大洋性鱼类资源调查期间,不但捕捞到黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)的密集区,还首次捕捞到大洋性头足类鳶乌贼(*Sthenoteuthis oualaniensis*)群体,发现鳶乌贼的密集区和渔期大体与黄鳍金

枪鱼一致,认为鳶乌贼集群可作为黄鳍金枪鱼集群的生物指标^①。当时近海渔业资源还较为丰富,且没有探索出卓有成效的捕捞鳶乌贼的方法,研究建议进行金枪鱼延绳钓作业时兼作鳶乌贼资源开发,但不宜作为单独渔业。2000年春季中国大陆首次采用渔业声学并结合中层拖网采样调查了南海大洋性中上层鱼类,评估了鳶乌贼、细鳞圆鲂(*Decapterus macarellus*)、蓝圆鲂(*D. maruadsi*)等种类的资源量及分布^[4-6]。南海周边其他国家和地区也采用渔业声学方法评估过南海大洋性中上层鱼类,采样方式包括流刺网、延绳钓、鱿鱼钓等^[9-11]。这些工作为应用渔业声学方法评估南海大洋性鱼类提供了重要参考,但是也存在一些基础共性问题。1)研究未测定或未能恰当地测定主要渔业类群的声学目标强度(target strength, TS)。由于TS是渔业资源声学评估的关键参数,TS及其变化的不确定性会导致评估结果的不确定性^[12-13]。2)采样网具捕获的渔获物组成与声学映像记录的实际种类组成差别大,并不适合作为分配鱼类声学积分值和计算资源量的依据。南海外海中上层鱼类多次探捕试验表明,中层拖网很难有效捕获金枪鱼属(*Thunnus*)的大型金枪鱼[黄鳍金枪鱼、大目金枪鱼(*T. obesus*)、长鳍金枪鱼(*T. alalunga*)等]、鳶乌贼、鲷类(bonitos)[舵鲷属(*Auxis*)、鲷属(*Katsuwonus*)、狐鲷属(*Sarda*)等]、鲷类(Carangid)[圆鲂属(*Decapterus*)、鲷属(*Caranx*)、凹肩鲷属(*Selar*)等]等主要经济鱼类;而延绳钓、流刺网和鱿钓具有很强的选择性,同样难于获取渔业资源声学评估所需要的鱼类种类组成信息。

2011年中国水产科学研究院南海水产研究所首次在南沙海域采用渔业声学并结合灯光罩网同步开展大洋性中上层鱼类资源调查(表1),分析了鳶乌贼的空间分布、密度、TS等信息,取得了较好的效果^[14],之后便开始常态化地采用渔业声学灯光罩网结合的方法调查和评估南海大洋性中上层渔业资源。

灯光罩网是1990年才在华南沿海出现的一种新型、高效渔具,主捕鱿鱼等中上层趋光性种类,其效率是拖网和刺网无法比拟的,其渔获物更能反映实际的鱼类种类组成,目前已是南海外海捕捞中上层种类的主要作业方式^[15]。根据南海大洋性鱼类调查实践和渔业生产实际,笔者认为杨权等^[14]提出的采用渔业声学-灯光罩网相结合的技术作为

① 国家水产总局南海水产研究所. 西、中沙、南海北部海域大洋性鱼类资源调查报告(内部交流)[R]. 广州, 1978: 1-87.

表1 2011—2017年南海水产研究所执行的南海外海大洋性渔业资源调查

Tab.1 Surveys carried out by South China Sea Fishery Research Institute on pelagic fishery resources in open South China Sea during 2011–2017

调查区域 survey area	调查季节 survey season	调查方法 survey method	调查船 survey vessel
南沙群岛海域 113~116°E 9~12°N Nansha area	2011年春季	渔业声学, 灯光罩网	桂防渔“96886”
南海中南部 110~116°E 6~18°N south-central SCS	2012年春季	渔业声学, 中层拖网和延绳钓	“南锋”号
南海中南部 109~118°E 5~16°N south-central SCS	2012年秋季	渔业声学, 灯光罩网	桂北渔“80208”
	2013年春季	渔业声学, 灯光罩网	桂北渔“80208”
南沙群岛海域 109~118°E 4~12°N Nansha area	2013年春季	渔业声学, 中层和底层拖网	“南锋”号
	2013年夏季	渔业声学, 中层和底层拖网	“南锋”号
	2013年秋季	渔业声学, 中层和底层拖网	“南锋”号
	2013年冬季	渔业声学, 中层和底层拖网	“南锋”号
中、西沙群岛海域 110~118°E 12~18°N Zhongsha and Xisha area	2014年春季	渔业声学, 中层拖网	“南锋”号
	2014年夏季	渔业声学, 灯光罩网	桂北渔“80209”
	2014年秋季	渔业声学, 中层拖网	“南锋”号
	2014年冬季	渔业声学, 中层拖网	“南锋”号
南海北部外海 112~120°E 18~22°N north open SCS	2015年春季	渔业声学, 灯光罩网	桂北渔“80209”
	2015年夏季	渔业声学, 中层拖网	“南锋”号
	2015年秋季	渔业声学, 灯光罩网	桂北渔“80209”
	2015年冬季	渔业声学, 中层拖网	“南锋”号
南海中、西部上升流和南沙北部渔场 111~118°E 9~15°N midwest upwelling and north Nansha fishing ground	2016年春季	渔业声学, 中层拖网	“南锋”号
		渔业声学, 灯光罩网	桂北渔“80208”
	2016年秋季	渔业声学, 中层拖网	“南锋”号
		渔业声学, 灯光罩网	桂北渔“80208”
	2017年春季	渔业声学, 中层拖网	“南锋”号
		渔业声学, 灯光罩网	桂北渔“80208”
	2017年秋季	渔业声学, 中层拖网	“南锋”号
		渔业声学, 灯光罩网	桂北渔“80208”

南海大洋性渔业资源调查评估和监测的基本方法切实可行, 笔者团队在后续调查中从以下 3 个方面对这一技术做了进一步完善。

1) 通过分析灯光罩网渔获物组成, 基于主要鱼类的分类、体型特征和鳔的结构, 将南海外海主要大洋性鱼类归为 4 个评估类群, 分别是鸢乌贼、大型金枪鱼(黄鳍金枪鱼、大目金枪鱼、长鳍金枪鱼等)、鲹类[鲹(*K. pelamis*)、圆舵鲹(*A. tapeinosoma*)、扁舵鲹(*A. thazard*)等]和鲷类[细鳞圆鲷(*D. macarellus*)、长体圆鲷(*D. macrosoma*)、无斑圆鲷(*D. kurroides*)等], 以简化鱼类 TS 和资源评估技术的研

究工作^[16-19]。

2) 以现场测定法研究了以上 4 个类群代表种类(鸢乌贼、黄鳍金枪鱼、鲹和细鳞圆鲷)的 TS, 包括单体 TS 的组成、分布和变化特征及其随鱼类密度的变化趋势, 并得到 TS 与体长(胴长或叉长)的数学方程, 为声学评估资源量提供了关键参数(表 2)^[20-22]。

3) 研究了渔业资源声学评估的辅助技术, 如背景噪声剔除、鸢乌贼趋光性导致的罩网渔获物中其比例过高的修正及其与声学积分值分配、声学散射层昼夜垂直移动对上层渔业资源评估的影响及修正等, 然后基于多种鱼类声

表2 鳶乌贼、黄鳍金枪鱼、鯷和细鳞圆鲹的目标强度与个体长度关系的数学公式

Tab.2 Mathematical formula of target strength and individual length for *S. oualaniensis*, *T. albacares*, *K. pelamis* and *D. macarellus*

种类 species	频率/kHz frequency	数学公式 mathematical formula
黄鳍金枪鱼 <i>T. albacares</i>	70	TS=20log ₁₀ FL-68.64 (FL: 34-46 cm, \overline{FL} =41)
	120	TS=20log ₁₀ FL-70.28 (FL: 34-46 cm, \overline{FL} =41)
鳶乌贼 <i>S. oualaniensis</i>	70	TS=19.16log ₁₀ ML-77.84 (ML: 7.5~25 cm)
	120	TS=26.68log ₁₀ ML-88.00 (ML: 7.5~25 cm)
鯷鱼 <i>K. pelamis</i>	70	TS=20log ₁₀ FL-81.60 (FL: 26-49 cm, \overline{FL} =35)
	120	TS=20log ₁₀ FL-85.08 (FL: 26-49 cm, \overline{FL} =35)
细鳞圆鲹 <i>D. macarellus</i>	120	TS=20log ₁₀ FL-72.89 (FL: 8.2~25 cm, \overline{FL} =35)

注: ML、FL 和 \overline{FL} 分别表示胴长、叉长和平均叉长

Note: ML, FL and \overline{FL} indicate mantle length, fork length and mean fork length.

学评估原理评估了主要渔业类群的资源量及分布, 并根据新的研究结果对渔业声学-灯光罩网评估技术进行补充、更新或修订, 使之不断完善^[23-27]。

1.2 南海外海主要大洋性渔业类群的资源量及分布评估

基于 2013—2016 年南海外海渔业资源声学和灯光罩网调查数据, 评估了大型金枪鱼、鳶乌贼、鯷类、鲹类和日本乌鲂 (*Brama japonica*) 等 5 个渔业类群的资源量和分布 (表 3)。囿于海况, 如夏季台风多发而冬季东北季风盛行,

没有同步采集到声学 and 生物学数据, 不评估资源量。春季海况最好, 2013—2015 年的春季调查基本完全覆盖南海外海海域, 所评估的该季节南海外海大型金枪鱼、鳶乌贼、鯷类、鲹类和日本乌鲂的资源量分别是 22.8×10⁴ t、457×10⁴ t、85×10⁴ t、54.3×10⁴ t 和 27.4×10⁴ t (表 3, 图 1)。

1.2.1 大型金枪鱼资源 南海大型金枪鱼主要包括黄鳍金枪鱼、大目金枪鱼、长鳍金枪鱼等, 经济价值最高。目前中国大陆没有金枪鱼延绳钓渔船在南海生产, 而大型金枪鱼主要由灯光罩网渔船在捕捞鳶乌贼时兼捕获得。从渔获

表3 2013—2015年南海外海大型金枪鱼、鳶乌贼、鯷类、鲹类、日本乌鲂的资源量

Tab.3 Biomass of large tuna, *S. oualaniensis*, bonitos, carangids and *B. japonica* in open SCS during 2013-2015

×10⁴ t

调查海域 survey area	季节 season	大型金枪鱼 large tuna	鳶乌贼 <i>S. oualaniensis</i>	鯷类 bonitos	鲹类 carangids	日本乌鲂 <i>B. japonica</i>
2013年南沙 Nansha area in 2013	春季	8.5	137	29.5	21.2	-
	夏季	-	-	-	-	-
	秋季	12.5	127	35.6	17.0	-
	冬季	-	-	-	-	-
2014年中、西沙 Zhongsha and Xisha area in 2014	春季	13.1	143	23.6	12.7	-
	夏季	4.5	128	29.8	29.8	-
	秋季	-	-	-	-	-
	冬季	-	-	-	-	-
2015年北部外海 north SCS in 2015	春季	1.2	177	31.9	20.3	27.4
	夏季	-	-	-	-	-
	秋季	9.4	122	50.1	5.9	49.3
	冬季	-	-	-	-	-
2016年南海中、西部上升流和南沙北部渔场 midwest upwelling and north Nansha fishing ground in 2016	春季	15.2	261	12.2	68.8	12.5
	秋季	3.48	215	45.1	32.2	22.8

注: - 没有同步采集声学 and 灯光罩网数据, 不评估资源量

Note: -. The data of acoustics and light falling-net were not collected synchronously, and biomass was not estimated.

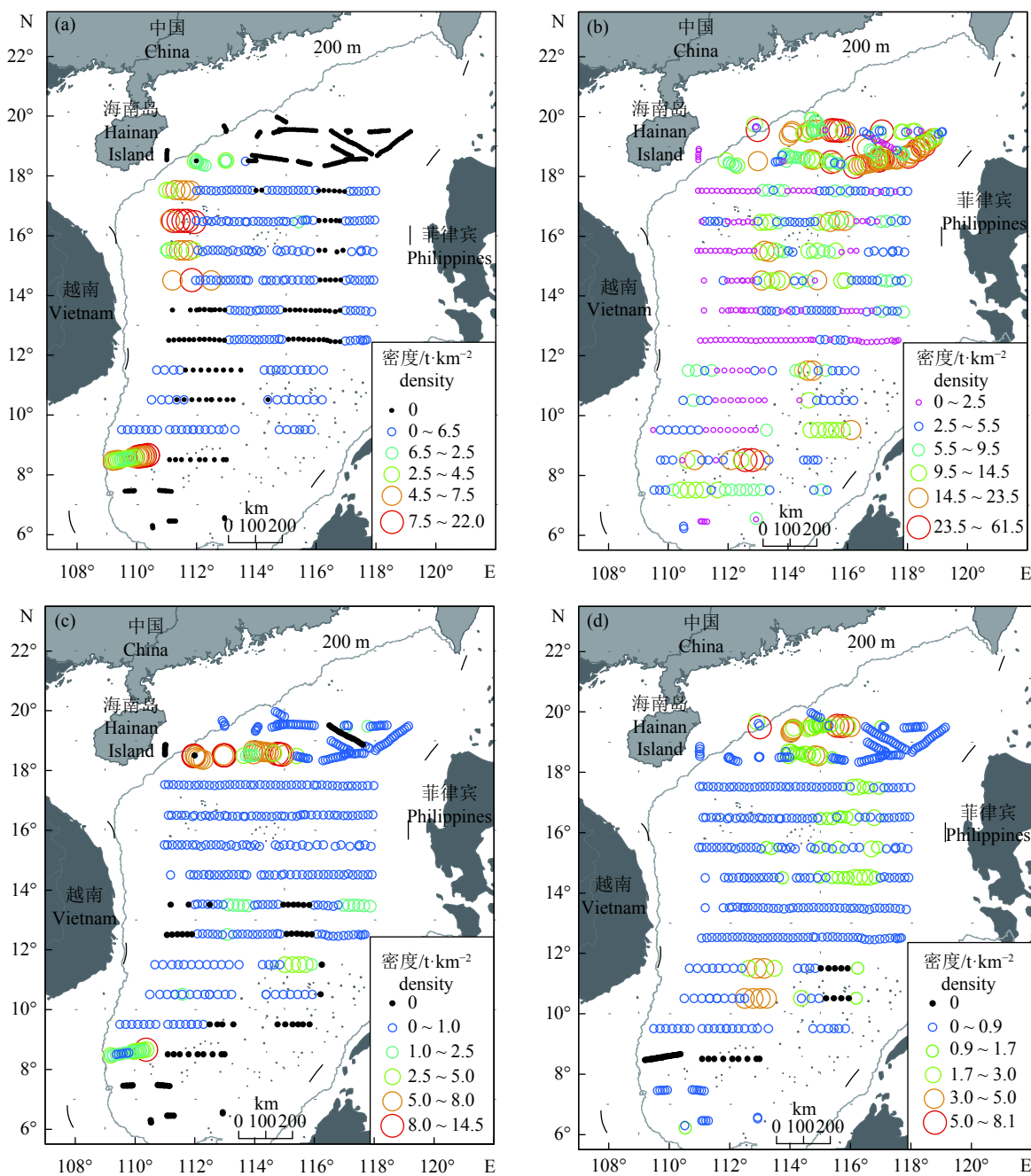


图1 2013—2015年春季南海外海大型金枪鱼 (a)、鳶乌贼 (b)、鰹类 (c) 和鲹类 (d) 的资源密度
航线空白位置表示未探测

Fig.1 Stock density distribution of large tuna (a), *S. oualensis* (b), bonitos (c) and carangids (d) in spring in 2013-2015
Blank areas indicate no survey.

物数量看, 黄鳍金枪鱼幼鱼比例非常高, 除 2014 年秋季和 2015 年春季外, 黄鳍金枪鱼幼鱼比例都在 90% 以上; 而 2017 年春季和秋季在南海中沙、西沙上升流渔场和南沙北部渔场所捕获的大型金枪鱼全部为黄鳍金枪鱼幼鱼。从渔获物湿质量看, 黄鳍金枪鱼幼鱼和成鱼所占比例明显高于大目金枪鱼成鱼和幼鱼。大型金枪鱼幼鱼之所以占比高, 除自然群体中幼鱼比例高于成鱼外, 也可能与灯光罩网更容易捕获幼鱼有关。

大型金枪鱼在南海外海分布广泛, 主要分布于 9°N~16°N 之间即南海中西部上升流区 (图 2); 春季密集区位于中沙、西沙的西北部和南沙中西部。南海外海大型金枪鱼的分布存在明显的季节和空间差异, 如 2015 年春季南海北部外海渔业资源调查期间, 调查组仅在海南岛东南部捕获 1 尾大型金枪鱼, 而 2015 年秋季发现大型金枪鱼在北部外海分布广泛且秋季资源量也远高于春季, 其原因可能是大型金枪鱼春季主要洄游经过南海北部外海海域, 而秋季则

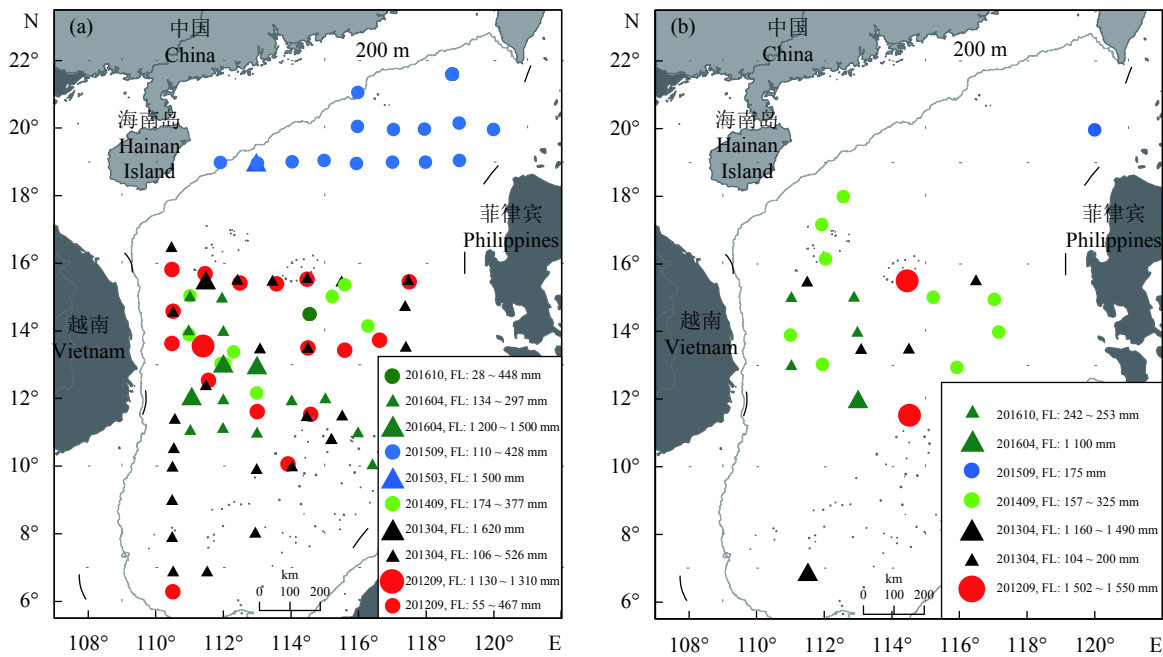


图2 2012—2016年南海外海灯光罩网黄鳍金枪鱼 (a) 和大目金枪鱼 (b) 渔获物分布区域

FL. 叉长

Fig.2 Distribution of *T. albacares* (a) and *T. obesus* (b) caught by light falling-net in open SCS during 2012–2016

FL. fork length

停留在该海域索饵 (表 3, 图 2)。2016 年南海中西部上升流渔场和南沙北部渔场渔业资源调查显示, 春季该海域大型金枪鱼分布广泛, 高密度区位于 11.5°N 断面, 且调查组采集到 12 尾体质量 50 kg 以上的大型金枪鱼成鱼; 而秋季大型金枪鱼分布范围明显缩小, 高密度区位于中西部上升流渔场的中西部海域。

目前南海大型金枪鱼资源已接近充分开发, 主要被越南、中国台湾省和菲律宾的渔船所利用, 其中越南处于优势地位, 而中国大陆的捕捞份额几乎为零, 但中国大陆省区可以通过发展金枪鱼渔业争取相应的捕捞份额^[2,28]。由于距离南海大型金枪鱼渔场遥远, 中国大陆延绳钓船独立捕捞大型金枪鱼难以获得盈利。冯波等^[7]建议采用延绳钓船与灯光罩网船组队, 以联合作业方式捕捞大型金枪鱼, 渔获物均由延绳钓船进行加工保鲜以提高金枪鱼售价, 但联合作业成本高昂; 张鹏等^[16]研究表明, 金枪鱼延绳钓和灯光罩网的渔场分布恰好一致且作业时间没有冲突, 认为相比发展专业钓船或其他作业类型渔船而言, 可通过对现有灯光罩网船进行适当改造, 中国南海沿海省区利用罩网渔船开展延绳钓兼作的优势明显。

1.2.2 鳶乌贼资源 鳶乌贼广泛分布于南海外海, 是目前南海最重要的大洋性渔业种类, 主要为灯光罩网捕捞 (表 3, 图 1-b)。2013—2014 年南海中南部海域, 春季鳶乌贼密集区主要分布于 13.0°N、15.0°N、17.0°N 断面的中部及南沙

中东部, 而秋季密集区有东移趋势; 春季和秋季鳶乌贼在该海域均存在产卵群体, 但密集度不高。

2015 年南海北部外海, 春季鳶乌贼资源量及其平均密度均高于秋季, 在春季和秋季其东南部均为高密度区。与其他年份春季南海中南部相比, 2015 年春季南海北部外海鳶乌贼资源量密度普遍较高, 并分布大量正在产卵和即将产卵的密集群体, 因此, 初步判定南海北部外海是鳶乌贼春季重要产卵场和渔场之一。经 2015 年调查组在该渔场探捕之后, 春季到此渔场作业的中国大陆灯光罩网渔船数量有较大增幅。

2016 年春季南海中、西部上升流渔场鳶乌贼平均资源量密度低于南沙中北部渔场, 而秋季前者则高于后者 (图 3)。2016 年春季, 鳶乌贼主要密集区包括中、西部上升流渔场 13.5°N 断面东部、11.5°N 断面西部和 10.5°N 断面, 以及南沙中北部渔场 9.5°N 的中部和 10.5°N 断面 (图 3)。2016 年秋季, 鳶乌贼主要密集区包括中、西部上升流渔场 13.5°N 断面东部、12.5°N 和 10.5°N 断面东西部和 11.5°N 断面, 以及南沙中北部渔场 10.5°N 和 9.5°N 断面中部和 11.5°N 断面 (图 3)。

1.2.3 鯷类资源 鯷类即传统小型金枪鱼, 属鲭科, 广泛分布于南海外海, 集群性强、种类丰富, 以圆舵鯷、扁舵鯷、鲭 (*Euthynnus yaito*) 和鯷为主, 是南海外海大型灯光罩网渔业的重要捕捞对象 (表 3, 图 1-c)。2012 年秋季中、西

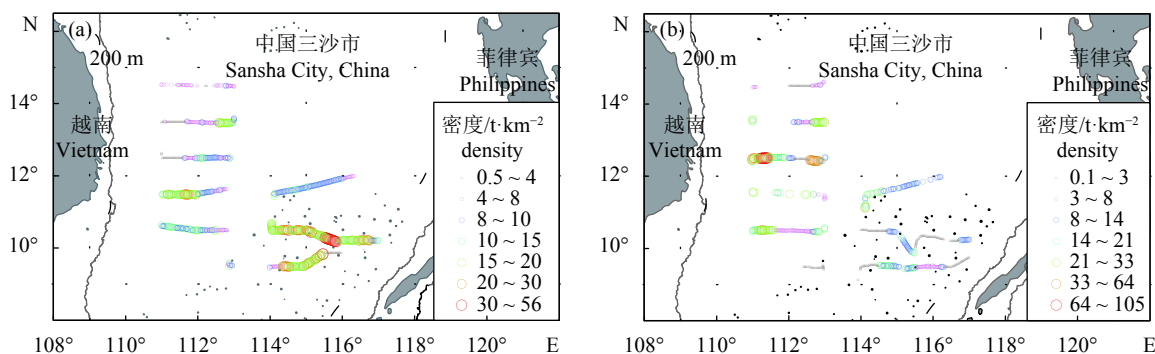


图3 2016年春季(a)和秋季(b)南海中西部上升流渔场和南沙中北部渔场鳶乌贼资源密度

沿走航路径部分位置空白表示未进行声学探测;后图同此

Fig.3 Biomass density of *S. oualaniensis* in midwest upwelling and north-central Nansha fishing ground in SCS in spring (a) and autumn (b) in 2016

Blank areas along navigation transect indicate no survey. The same case in the following figures.

沙海域渔业资源调查期间鳀类渔获量最高每晚约15 t。2013年南沙海域,春季鳀类资源量为 29.5×10^4 t, $110^\circ\text{E} \sim 111.5^\circ\text{E}$ 、 8.5°N 和 $115^\circ\text{E} \sim 115.5^\circ\text{E}$ 、 11.5°N 海域密度最高;秋季鳀类分布范围小于春季,但其密集度高于春季, 11.5°N 断面是主要高密度区。2014年中、西沙海域,春季资源量为 23.6×10^4 t,没有明显高密度区;夏季鳀类资源量为 29.8×10^4 t,圆舵鳀和扁舵鳀的比例最高, $111.5^\circ\text{E} \sim 117^\circ\text{E}$ 、 14.5°N 和 $113^\circ\text{E} \sim 117^\circ\text{E}$ 、 15.5°N 海域是高密度区。

2015年南海北部外海,春季鳀类资源量 31.9×10^4 t,以圆舵鳀、扁舵鳀和鳀为主, 18.5°N 中西部海域是高密度区,最高网产12 t;秋季鳀类资源量为 50.1×10^4 t,以圆舵鳀、鳀和扁舵鳀为主,密度普遍高于春季,高密度区位于 $111^\circ\text{E} \sim 112^\circ\text{E}$ 、 18.5°N 和 $111.5^\circ\text{E} \sim 117^\circ\text{E}$ 、 $19.5^\circ\text{N} \sim 21.0^\circ\text{N}$ 海域,最高网产5.5 t。2016年春季,中、西部上升流渔场和南沙中北部渔场鳀类密集区包括 10.5°N 断面的中部、永暑礁附近海域和 117°E 、 10.5°N 附近海域;2016秋季,中部上升流渔场和南沙中北部渔场鳀类密集区包括中、西部

上升流渔场的中西部和南沙中北部渔场的东部海域(图4)。

1.2.4 鳀类资源 南海外海鳀科鱼类种类比较丰富,如蓝圆鳀、长体圆鳀、细鳞圆鳀等,分布广泛,是目前中国大陆南海外海大型灯光罩网渔业重要捕捞对象,其中细鳞圆鳀和长体圆鳀是最重要的经济鳀科种类。

2013年南沙海域,春季和秋季鳀类资源量分别为 21.2×10^4 t和 17.0×10^4 t,细鳞圆鳀和长体圆鳀资源量最丰富;春季鳀类密度高值区主要位于 10.5°N 和 11.5°N 断面中部,而秋季其高值区主要位于 8.5°N 断面西部。2014年中、西沙海域,春季鳀类资源量为 12.7×10^4 t,仅是夏季的42.6%,其高值区位于 $14.5^\circ\text{N} \sim 17.5^\circ\text{N}$ 断面中东部;夏季高值区主要位于 $115.5^\circ\text{E} \sim 117^\circ\text{E}$ 、 14.5°N 和 $112^\circ\text{E} \sim 114^\circ\text{E}$ 及 $115^\circ\text{E} \sim 117^\circ\text{E}$ 、 16.5°N 海域;春季和夏季细鳞圆鳀是最丰富的种类。

2015年南海北部外海,春季鳀类资源量是 20.3×10^4 t,高值区位于 $113.00^\circ\text{E} \sim 116.00^\circ\text{E}$ 、 $18.50^\circ\text{N} \sim 19.50^\circ\text{N}$ 海域;秋季鳀类资源量是 5.90×10^4 t,细鳞圆鳀为绝对优势种类。2016年中、西部上升流渔场和南沙中北部渔场,春季和秋

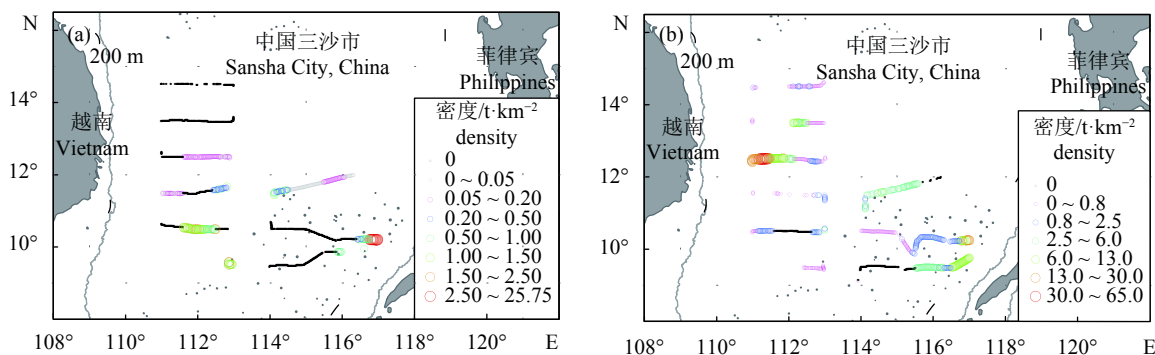


图4 2016年春季(a)和秋季(b)南海中西部上升流渔场和南沙中北部渔场鳀类资源密度

Fig.4 Biomass density of bonitos in midwest upwelling and north-central Nansha fishing ground in SCS in spring (a) and autumn (b) in 2016

季鲈类的资源量分别为 68.8×10^4 t 和 32.1×10^4 t (图 5)。春季, 中、西部上升流海域是鲈类主要分布区, 在该海域调查组发现多处大个体的细鳞圆鲈集群, 许多个体行将产卵 (图 5)。笔者认为产卵洄游是鲈类资源量时空波动的主要原因^[29]。

1.2.5 日本乌鲂资源 日本乌鲂隶属鲈形目乌鲂科乌鲂属, 是大洋性上层鱼类, 主要分布在北太平洋亚热带至亚寒带海域, 属于高度洄游性鱼类, 集群性强, 是南海外海灯光罩网渔业的常见渔获物。因捕获样品少, 2012—2014 年南海中南部渔业资源调查没有将其列为主要渔业种类进行资源量评估。

2015 年南海北部外海调查发现, 日本乌鲂在该海域不但分布广泛, 且渔获可观, 因此, 首次将其作为主要评估对象之一。结果显示, 南海北部外海 2015 年春季和秋季日本乌鲂资源量分别为 27.4×10^4 t 和 49.3×10^4 t, 其中秋季最高网产 210 kg。笔者分析认为日本乌鲂可能是南海潜在重要大洋性渔业资源。

2016 年南海中、西部上升流渔场和南沙中北部渔场春季和秋季日本乌鲂资源量分别为 12.5×10^4 t 和 22.8×10^4 t,

中、西部上升流海域是主要分布区。2016 年春季, 日本乌鲂集中分布于中、西上升流区的中北部海域, 并发现大型个体日本乌鲂集群。2016 年秋季, 日本乌鲂分布范围比春季略加广泛。2016 年日本乌鲂在南海中、西部上升流渔场和南沙中北部渔场的分布范围和资源量均低于 2015 年南海北部外海 (图 6)。

2 总结与展望

2.1 中国南海外海大洋性渔业资源调查的主要成果

近年来, 中国水产科学研究院南海水产研究所综合采用多种手段, 对南海外海大洋性渔业资源作了较全面的调查, 取得了大量极具科研价值的基础数据和研究成果。通过大面积渔业声学调查、现场实验和数据深入分析, 渔业声学-灯光罩网评估技术成为目前南海大洋性渔业资源调查和监测的基本手段, 为南海外海渔业资源评估和监测提供了技术支撑。鸢乌贼、金枪鱼、鲣类、鲈类和日本乌鲂等主要大洋性鱼类群的资源量、分布和渔业潜力的初步评

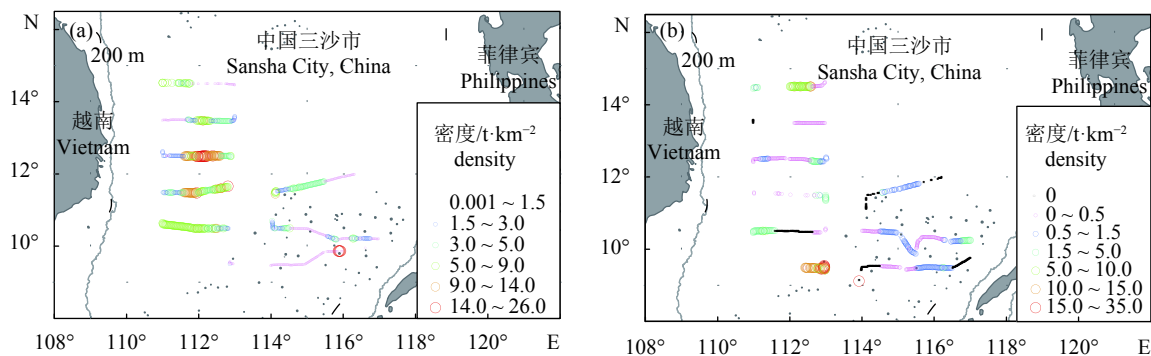


图5 2016年春季(a)和秋季(b)南海中西部上升流渔场和南沙中北部渔场鲈类资源密度

Fig.5 Biomass density of carangids in midwest upwelling and north-central Nansha fishing ground in SCS in spring (a) and autumn (b) in 2016

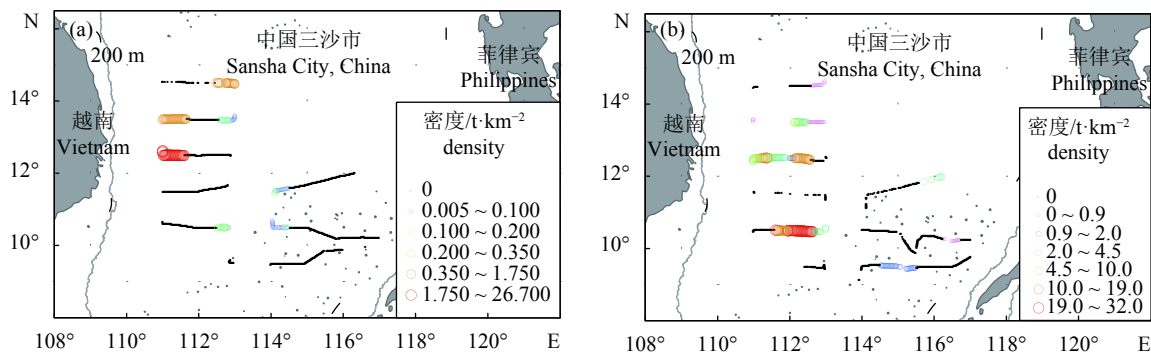


图6 2016年春季(a)和秋季(b)南海北部外海日本乌鲂资源密度

Fig.6 Biomass density distribution of *B. japonica* in open sea of north SCS fishing ground in spring (a) and autumn (b) in 2016

估结果不但确认了南海大洋性渔业资源丰富的现存资源量和巨大的开发潜力,也为发展外海渔业和研究资源变动提供了新的依据和参考。

2.2 问题、未来研究方向和建议

2.2.1 TS 渔业资源声学评估具有快捷、高效、环境友好等优点,是国际上评估渔业资源(尤其是中上层渔业资源)的主要方法之一^[30-31]。但渔业声学在中国南海,特别是外海的应用时间较短,资料积累和技术储备尚很薄弱,如目前TS的研究还仅限于鳓乌贼、黄鳍金枪鱼、鲣、细鳞圆鲹等几种渔业典型种类,其研究方法亦主要限于现场测定。因此,TS研究的种类和方法亟需扩展以提高资源评估精度,如利用现场法、受控法或模型法对南海大洋性重要鱼类的TS作对比研究^[32-33]。

2.2.2 灯光罩网的选择性 灯光罩网渔获物是南海大洋性渔业资源声学评估中映像分析和积分值分配的主要参考,因此,渔获物在多大程度上反映种类的实际组成直接影响声学评估的精度。由于不同鱼类趋光行为的差异、罩网网目尺寸和作业深度等因素的共同影响,灯光罩网的选择性研究成为难点^[34]。目前仅通过对声学映像、积分值和资源密度等进行研究后初步确定了渔获物中鳓乌贼数量百分比的修正系数,后继工作需要综合利用侧扫声纳、水下摄像系统、光谱辐射计等设备,并通过合理的海上试验,对鱼类的趋光特性和罩网的选择性作深入研究^[35]。

2.2.3 声学映像的频差判别 频差判别技术是利用相同目标对不同频率声波的回波信号差异进行鱼种判别^[36]。对鳓乌贼和鲣鱼集群的体积反向散射强度(volume backscattering strength, S_v)的初步研究表明,同一种类集群不同频率的 S_v 间存在显著的线性关系,而该线性关系在不同种类集群之间存在显著差异;同时 S_v 差值会随资源密度、光诱时间、水深等因素变化而变化。目前,不同种类的频差值与渔获物中其数量比例和平均长度之间的数学模型仍处于研究阶段,尚无法直接用于评估主要渔业种类的资源量和分布。声学映像的频差判别仍将是今后一段时间内南海渔业声学研究的重点内容之一。

2.2.4 加大科研投入,聚焦基础科学问题 由于渔业资源特征会随季节、环境、气候等因子改变而动态变化,为掌握渔业资源的整体状况和变动规律,渔业资源调查工作需要长期持续进行,而对南海外海大洋性渔业资源调查很少,特别是国家层面支持的系统调查更是屈指可数,因此,中国对南海外海大洋性渔业资源调查数据积累不连续和不系统问题凸显,使得外海渔业生产存在一定的盲目性。在需要长时间序列数据为基础的关键技术和科学问题方面,如渔情预报分析技术,主要渔业类群渔场位置、变动规律及形成机制,主要经济种类种群的数量、分布、洄

游路线、产卵场及变动规律等问题^[37-41],亟需加大科研投入,持续进行专项调查与研究。

2.2.5 构建覆盖中国重要渔业水域的常规调查和监测体系

渔业资源调查是一项基础性公益工作,是渔业主管部门的主要职责之一。渔业资源监测调查评估结果对合理开发和利用海洋渔业资源、科学预测渔业资源发展趋势、制定合理捕捞限额、争取捕捞配额是不可或缺的。鉴于中国尚未建立起以渔业资源调查为基础的渔业管理体系,建议以南海为试点,建立起覆盖中国重要渔业水域的常规调查和监测技术体系;坚持“常规监测和定点监测并行、科学勘查和生产探捕并重、监测调查和评估分析并进”的工作思路,每5年开展一次渔业资源全面调查,常年开展监测和评估,重点调查主要渔业对象、濒危物种、水产种质等重要渔业资源和经济生物的渔场、产卵场、江河入海口等重要渔业水域,以了解和掌握中国管辖海域范围内渔业资源状况,提升中国在南海周边国家中渔业资源研究领域的话语权。

2.2.6 构建南海外海渔船生产监测平台

南海渔业生产的数据信息,如总产量、各经济鱼类产量、作业时间和海域等重要信息,是实现有效渔业管理的基础依据,也是研究渔业资源现状、渔场渔情特征和主要经济鱼类迁徙规律的重要资料。但是由于缺乏有效的数据统计和整合平台,目前这些信息尚未得到有效利用。因此,笔者建议立即着手构建南海外海渔船生产监测平台,规范而系统地收集和统计渔船生产信息,充分发挥渔业生产数据时间连续性好、渔场针对性强、渔情时效性高的特点,并通过对专业调查数据的综合和分析,为研究南海大洋性渔业资源的现状、变化动态、渔场渔汛等提供依据,促进大洋性渔业的开发利用。

参考文献:

- [1] 张鹏,杨齐,张旭丰,等.南海金枪鱼和鳓乌贼资源开发现状及前景[J].南方水产,2010,6(1):68-74.
- [2] 邱永松,张鹏.南海大洋性渔业资源开发利用对策建议[C]//广东海洋湖沼学会,广东海洋学会,中国海洋学会热带海洋分会.热带海洋科学学术研讨会暨第八届广东海洋湖沼学会、第七届广东海洋学会会员代表大会论文及摘要汇编.湛江:中国海洋学会,2013:199-203.
- [3] 张魁,廖宝超,许友伟,等.基于渔业统计数据的南海区渔业资源可捕量评估[J].海洋学报,2017,39(8):25-33.
- [4] 贾晓平,李永振,邱永松,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,2004:1-674.
- [5] 李永振,陈国宝,赵宪勇,等.南海北部海域小型非经济鱼类资源声学评估[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2005,35(2):206-212.
- [6] 陈国宝,李永振,赵宪勇,等.南海5类重要经济鱼类资源声学

- 评估[J]. 海洋学报(中文版), 2006, 28(2): 128-134.
- [7] 冯波, 李忠炉, 侯刚. 南海深水延绳钓探捕渔获组成与数量分布[J]. 热带海洋学报, 2015, 34(1): 64-70.
- [8] CHU T V. Assessment of relative abundance of fishes caught by gillnet in Vietnamese waters, proceedings of the SEAFDEC seminar on fishery resources in the South China Sea, Area IV : Vietnamese Waters[R]. Bangkok, Thailand: Southeast Asian Fisheries Development Center, 2001: 10-28.
- [9] ZHANG Y. Fisheries acoustic studies on the purpleback flying squid resource in the South China Sea[D]. Taipei: National Taiwan University, 2005: 1-93.
- [10] FAO. Report of first workshop on the assessment of fishery stock status in South and Southeast Asia[R]. Rome: FAO, 2010: 1-30.
- [11] LABE L L. Catch rate of oceanic squid by jigging method in the South China Sea Area III: Western Philippines: Proceedings of the SEAFDEC Seminar on Fishery Resources in the South China Sea, Area III: Western Philippines, July 13-15, 1999[R]. Bangkok, Thailand: Southeast Asian Fisheries Development Center 1999: 19-31.
- [12] SIMMONDS J, MACLENNAN D N. Fisheries acoustics: theory and practice[M]. New York: Wiley, 2005: 1-379.
- [13] GASTAUER S, SCOULDING B, PARSONS M. Estimates of variability of goldband snapper target strength and biomass in three fishing regions within the Northern Demersal Scalefish Fishery (Western Australia)[J]. Fish Res, 2017, 193: 250-262.
- [14] 杨权, 李永振, 张鹏, 等. 基于灯光罩网法的南海鸢乌贼声学评估技术研究[J]. 水产学报, 2013, 37(7): 1032-1039.
- [15] 杨吝, 张旭丰, 谭永光, 等. 南海北部灯光罩网渔获组成及其对渔业资源的影响[J]. 南方水产, 2009, 5(4): 41-46.
- [16] 张鹏, 陈森, 李杰, 等. 灯光罩网渔船兼作金枪鱼延绳钓捕捞试验[J]. 南方水产科学, 2016, 12(4): 110-116.
- [17] 晏磊, 张鹏, 杨吝, 等. 2011年春季南海中南部海域灯光罩网渔业渔获组成的初步分析[J]. 南方水产科学, 2014, 10(3): 97-103.
- [18] 陈森, 张鹏, 晏磊, 等. 南海新建钢质罩网渔船渔获组成及渔场分析[J]. 南方水产科学, 2015, 11(5): 125-131.
- [19] 张衡, 吴祖立, 周为峰, 等. 南海南沙群岛灯光罩网渔场金枪鱼科渔获种类、渔获率及其峰值期[J]. 海洋渔业, 2016, 38(2): 140-148.
- [20] CHEN G B, ZHANG J, YU J, et al. Hydroacoustic scattering characteristics and biomass assessment of the purpleback flying squid [*Sthenoteuthis oualaniensis*, (Lesson, 1830)] from the deep-water area of the South China Sea[J]. J Appl Ichthyol, 2013, 29(6): 1447-1452.
- [21] 刘世刚. 基于灯光罩网法的南海黄鳍金枪鱼声学评估技术研究[D]. 大连: 大连海洋大学, 2015: 1-41.
- [22] ZHANG J, CHEN Z Z, CHEN G B, et al. Hydroacoustic studies on the commercially important squid *Sthenoteuthis oualaniensis* in the South China Sea[J]. Fish Res, 2015, 169(9): 45-51.
- [23] 张俊, 陈国宝, 张鹏, 等. 基于渔业声学和灯光罩网的南海中南部鸢乌贼资源评估[J]. 中国水产科学, 2014, 21(4): 822-831.
- [24] 张俊, 陈丕茂, 陈国宝, 等. 基于 Echoview 声学数据后处理系统的背景噪声扣除方法[J]. 渔业科学进展, 2014, 35(1): 9-17.
- [25] 张俊, 陈作志, 陈国宝, 等. 南海鸢乌贼声学测量和评估相关技术研究[J]. 南方水产科学, 2014, 10(6): 1-11.
- [26] 刘世刚, 汤勇, 陈国宝, 等. 南海深海声学散射层垂直分布和昼夜变化初步研究[J]. 海洋科学进展, 2015, 33(2): 10-20.
- [27] 李斌, 陈国宝, 郭禹, 等. 南海中部海域渔业资源时空分布和资源量的水声学评估[J]. 南方水产科学, 2016, 12(4): 28-37.
- [28] 许友伟, 张魁, 邱永松, 等. 南海金枪鱼开发利用现状与发展策略[J]. 海洋湖沼通报, 2017(6): 108-114.
- [29] 张俊, 张鹏, 陈作志, 等. 南海外海鲔科鱼类资源量及其分布[J]. 南方水产科学, 2016, 12(4): 38-48.
- [30] LÉOPOLD M, CHATEAU O, GABRIAUULT H, et al. Fish movements within community-managed fishery reserve networks: an acoustic survey of *Lethrinus harak* in Vanuatu[J]. Mar Ecol Progr, 2017, 571: 153-168.
- [31] JECH J M, LAWSON G L, LOWE M, et al. Use of acoustic estimates of euphausiid biomass in trophic dynamics and ecosystem models of the Georges Bank/Gulf of Maine Region from 1999 to 2012[J]. J Acoust Soc Am, 2017, 141(5): 3950-3962.
- [32] YOON E, KIM K, LEE I, et al. Target strength estimation by tilt angle and size dependence of rockfish (*Sebastes schlegeli*) using ex-situ and acoustic scattering model[J]. Bull Kor Soc Fish Technol, 2017, 53(2): 152-159.
- [33] PÉREZARJONA I, GODINHO L C, ESPINOSA V. Numerical simulation of target strength measurements from near to far field of fish using the method of fundamental solutions[J]. Acta Acust United AC, 2018, 104(1): 25-38.
- [34] BROWNE D, MINTO C, COSGROVE R, et al. A general catch comparison method for multi-gear trials: application to a quad-rig trawling fishery for Nephrops[J]. ICES J Mar Sci, 2017, 74(5): 1458-1468.
- [35] CADRIN S X, DECELLES G R, REID D. Informing fishery assessment and management with field observations of selectivity and efficiency[J]. Fish Res, 2016, 184(S1): 9-17.
- [36] BEHAGLE N, COTTE C, LÉBOURGÉS-DHAUSSY A A, et al. Acoustic distribution of discriminated micronektonic organisms from a bi-frequency processing: the case study of eastern Kerguelen oceanic waters[J]. Prog Oceanogr, 2017, 156: 276-289.
- [37] HOFFLE H, van DAMME C J, FOX C, et al. Linking spawning ground extent to environmental factors: patterns and dispersal during the egg phase of four North Sea fishes[J]. Can J Fish Aquat Sci, 2018, 75(3): 357-374.
- [38] 纪世建, 周为峰, 王鲁民, 等. 南海及临近海域黄鳍金枪鱼渔场时空分布与海表温度的关系[J]. 海洋渔业, 2016, 38(1): 9-16.
- [39] 范江涛, 张俊, 冯雪, 等. 基于地统计学的南沙海域鸢乌贼渔场分析[J]. 生态学杂志, 2017, 36(2): 442-446.
- [40] RICHARDSON D E, MARANCIK K E, GUYON J R, et al. Discovery of a spawning ground reveals diverse migration strategies in Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*)[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2016, 113(12): 3299-3304.
- [41] TOMIYASU M, SHIRAKAWA H, IINO Y, et al. Tracking migration of pacific herring *Clupea pallasii*, in a coastal spawning ground using acoustic telemetry[J]. Fish Sci, 2018, 84(1): 1-11.