

南极磷虾渔业发展的工程科技需求

赵宪勇^{1,2}, 左涛^{1,2}, 冷凯良^{1,2}, 唐启升^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室, 山东青岛 266071; 2. 青岛海洋科学与技术国家实验室, 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东青岛 266237)

摘要: 积极参与开发南极海洋生物资源是对海洋渔业持续健康发展的新要求。本文介绍了国际南极磷虾渔业的发展历程与趋势, 分析了我国南极磷虾渔业面临的主要问题, 并提出了相关工程科技建议。国际上南极磷虾渔业已发展成为由创新性捕捞技术支撑、高附加值产品市场拉动、集捕捞和加工于一体的新型产业。积极发展南极磷虾渔业, 可促进我国第二远洋渔业发展、培育海洋生物新兴产业。为实现这一目标, 需加强捕捞加工装备技术创新研究, 提高产业核心竞争力; 同时开展渔场资源生态基础研究, 促进极地渔业可持续发展。

关键词: 南极磷虾; 工程科技; 极地渔业; 新兴产业

中图分类号: S9; TH6 **文献标识码:** A

Engineering Science and Technology Challenges in the Antarctic Krill Fishery

Zhao Xianyong^{1,2}, Zuo Tao^{1,2}, Leng Kailiang^{1,2}, Tang Qisheng^{1,2}

(1. Key Laboratory for Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, Shandong, China; 2. Function Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237, Shandong, China)

Abstract: Participating actively in the exploitation of Antarctic marine living resources is a new demand for the sustainable and healthy development of marine fishery. In this paper, the history and trend of international Antarctic krill fishery is presented, the major problems faced by Chinese Antarctic krill fishery analyzed, and relevant engineering and Sci-Tech suggestions proposed. The international Antarctic krill fishery has developed into a new industry supported by innovative fishing technologies and markets with high-value-added products, with both fishing and processing capacities. Developing Antarctic krill fishery can enhance China's distant-water fisheries and contribute to the emerging industries concerning marine living resources. To achieve this goal, researches and innovation in fishing and processing equipment and technology should be encouraged to improve the core competitiveness of fishing industry, whilst basic ecological researches on fishery resources are also needed to promote the sustainable development of Antarctic and polar fishery.

Key words: Antarctic krill; engineering science and technology; Antarctic and polar fishery; emerging industries

收稿日期: 2016-01-20; 修回日期: 2016-02-04

作者简介: 赵宪勇, 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 研究员, 主要从事渔业资源评估与渔业管理研究; E-mail: zhaoxy@ysfri.ac.cn

基金项目: 中国工程院重大咨询项目“中国海洋工程与科技发展战略研究(II期)”(2014-ZD-5)

本刊网址: www.enginsci.cn

一、前言

南极磷虾广泛分布于南极水域，资源储量丰富，是全球海洋中最大的单种可捕生物资源，是人类重要的蛋白质储库；南极磷虾个体虽小，却浑身是宝，可以形成食品、养殖饲料以及磷虾油等高附加值产品^[1]。我国的远洋渔业历经30年的艰苦努力，已取得长足进步，作业渔场已遍布全球各个重要海域。然而对这些传统渔场资源的利用已日趋饱和，渔业发展亟需开拓新的空间。目前南极磷虾是全球仅存的资源极其丰富且开发利用程度很低的单种可捕生物资源。积极参与南极磷虾资源开发，对发展我国第二个远洋渔业、促进我国极地渔业发展以及培育海洋生物新兴产业具有重大的战略意义。

我国的南极磷虾渔业历经5年的艰辛努力，已实现零的突破并取得长足进步，2014年产量达到 5.4×10^4 t，跻身南极磷虾渔业国第二集团^[2]；去壳南极磷虾肉和自主生产的南极磷虾油新食品原料业已投放市场；从渔业捕捞到高附加值产品研发的新资源开发利用产业链雏形已基本形成。然而与国际先进国家相比，我国南极磷虾资源科学研究与开发装备技术水平明显落后，严重制约了我国南极磷虾开发这一新兴产业和极地渔业的发展。

为落实《国务院关于促进海洋渔业持续健康发展的若干意见》（国发〔2013〕11号）^[3]，中国工程院“海洋强国工程与科技战略研究”项目的子课题对南极磷虾产业发展趋势进行了研究。本文介绍了

其中对我国南极磷虾渔业环节所面临主要问题的分析结果，提出了相应的工程科技投入建议，以期为推动我国南极磷虾产业的健康、有序发展提供参考。

二、南极磷虾渔业发展历程与趋势

南极丰富的磷虾资源在20世纪之初即为人所知^[4]。南极磷虾资源的开发尝试始于1962年苏联在南极海域的渔业探捕活动，商业化渔业活动则形成于10年之后^[5]。图1展示了40多年来南极磷虾的历年产量。南极磷虾业发展历程可分为三个阶段，因其在渔业装备技术、产品类型和渔业管理方面分别具有明显的时代特征。

（一）南极磷虾渔业第一次发展期

自苏联和日本分别于1972年和1973年正式启动商业化开发后，南极磷虾渔业迅速形成第一次发展高潮，20世纪80年代即形成年产 $4 \times 10^5 \sim 5 \times 10^5$ t的渔业规模，1982年的产量为历史最高，达到了 5.28×10^5 t，其中93%由苏联捕获。此时的南极磷虾捕捞国除苏联和日本外，波兰、智利、韩国等也先后加入其中；生产方式历经舷侧框架拖网、8000余吨大型加工母船加不足400 t小型拖网船队等尝试，最终初步形成4000 t左右单船艏滑道中层拖网加工船的经典传统生产模式；该时期南极磷虾的产品尚处于初级阶段，主要用于人类食用以及动物养殖饲料。

南极磷虾是须鲸、企鹅以及鱼类和飞鸟的主要

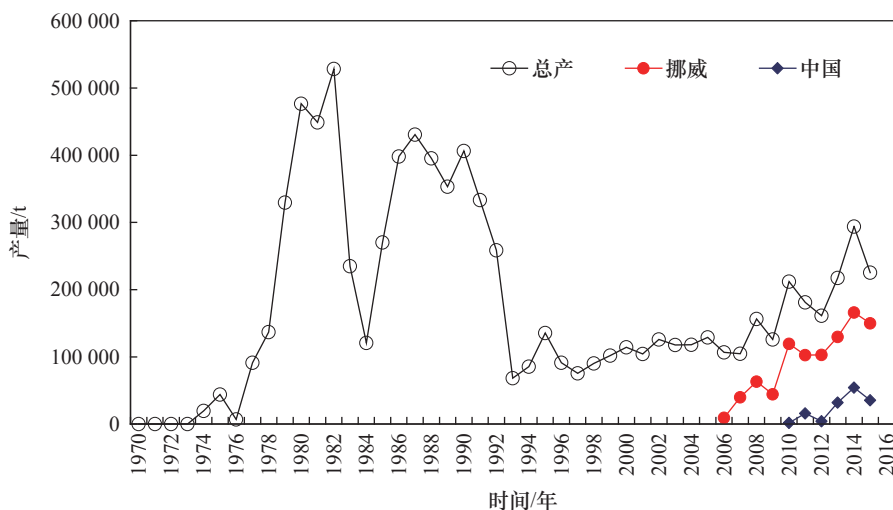


图1 南极磷虾历年产量^[2]

食物,是南极海洋生态系统的关键物种^[6]。南极磷虾渔业的快速发展迅即引起生态学家的担忧。1977年南极条约协商国开始就《南极海洋生物资源养护公约》进行谈判,1982年南极海洋生物资源养护委员会(CCAMLR)^①正式成立并对南极渔业实施管理。另外,南极科学研究委员会(SCAR)等国际组织于1976年即推出南极海洋生态系统及种群生物学调查计划(BIOMASS),并于1980年至1985年间实施了2次大规模调查,对南极磷虾资源的评估结果为 $6.5 \times 10^8 \sim 1.0 \times 10^9$ t^[7],该结果展示了南极磷虾资源的巨大开发潜力。1991年南极海洋生物资源养护委员会首次针对南极磷虾引入捕捞限额管理机制,依据南极海洋生态系统及种群生物学调查计划的调查结果将南大西洋西侧FAO48.1~FAO48.3三个渔业统计亚区的预防性捕捞限额设定为 1.5×10^6 t,并进一步设定了一个 6.2×10^5 t的触发限额^②,以避免局地过度捕捞。

(二) 南极磷虾渔业规模的滞长期

1991年苏联解体后,南极磷虾渔业规模大幅下降并进入十余年的滞长期,年产量在 1×10^5 t左右波动^[2];此阶段的主要磷虾捕捞国为日本、韩国、乌克兰、俄罗斯、波兰、智利等。

南极磷虾渔业规模的滞长并未阻止生产技术的进步。以日本为代表的船舶与捕捞技术经过不断革新,捕捞能力大幅提升,日产量由50 t左右提升到200 t左右^[6];产品类型也日趋多元化,涵盖了去壳虾肉和蒸煮磷虾等人类食用产品、冷冻原虾等游钓和水族饵料产品以及养殖饲料用磷虾粉等。与此同时,资源调查与渔业管理也在不断跟进。2000年,南极海洋生物资源养护委员会针对FAO48.1~FAO 48.4四个渔业统计亚区组织了4国南极磷虾资源声学调查,当时的资源量评估结果为 4.429×10^7 t,并据此将预防性捕捞限额调升至 4×10^6 t^[8]。

(三) 南极磷虾渔业新的发展期

为满足三文鱼养殖饲料的需求,在经过多

年的研发储备之后,2006年挪威以巨资改造的5 000~9 000吨级专业捕捞加工船进入南极磷虾渔业,船上配备了水下连续泵吸专利捕捞设备和船上虾粉、水解蛋白粉、磷虾油提取等精深加工设备。南极磷虾渔业在 1×10^5 t规模上徘徊了近20年后迅速回升,2010年即超过 2×10^5 t,2014年又达到 3×10^5 t^[2]。同时以南极磷虾粉为添加剂的水产和宠物养殖饲料以及以南极磷虾油为主要成分的保健产品已在全球各大洲陆续上市,将南极磷虾资源开发利用打造成由创新性捕捞技术支撑、高附加值产品市场拉动、集捕捞和加工于一体的新型产业,南极磷虾渔业已进入一个全新的发展时期。2010年南极海洋生物资源养护委员会利用其发展的新方法对2000年的调查数据进行了重新分析,并将南极磷虾资源量的评估结果修订为 6.03×10^7 t,预防性捕捞限额也相应地调升至 5.61×10^6 t^[9],但触发限额仍然维持未变。目前从事南极磷虾渔业的国家主要有挪威、韩国、中国、乌克兰、波兰、智利等。传统强国日本由于挪威高新专利技术与产品的出现和渔船老旧等问题于2013年暂时退出南极磷虾渔业。

挪威新型磷虾渔业的快速发展以及中国磷虾渔业的兴起推动了南极磷虾渔业新管理措施的出台。2009年南极海洋生物资源养护委员会进一步将 6.2×10^5 t的触发限额在FAO48.1~FAO48.4四个亚区间做了分配,其中FAO48.1亚区因捕捞量达到 1.55×10^5 t的事实限额已连续4年提前关闭。同时南极海洋生物资源养护委员会于2011年即着手建立一种“反馈式”渔业管理机制^[10],其中常规性的南极磷虾资源调查研究将成为该管理机制的重要组成部分。

三、我国南极磷虾渔业面临的主要问题

我国自2009年年末进入南极磷虾渔业以来,历经了5年的艰苦努力,并取得长足的进步。单季渔船数量由2艘增加到4~5艘,磷虾捕捞年产量已

^① 南极海洋生物资源养护委员会是集政治、法律和经济于一体的政府间国际组织,目前拥有25个正式成员。中国于2007年成为该组织的新成员,并从此享有南极海洋生物资源开发利用权利。

^② 所谓触发限额,是指当南极磷虾捕捞量达到 6.2×10^5 t时,则触发新的管理机制,即须将三个亚区总的预防性捕捞限额进一步分配至更小的管理区域。其中 6.2×10^5 t是FAO48.1~FAO 48.3三个亚区各自历史最高产量之和,该触发限额的设定是磋商谈判的结果,并非依据科学数据设定。

达 $3 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4 \text{ t}^{[2]}$, 渔船数量已达各国首位、捕捞产量已跻身第二集团; 作业渔场由 2 个扩大到 3 个, 作业时间由 2 个月延长至 9 个月, 实现了主要渔场和作业季节的全覆盖; 船载加工产品也在单一原虾冷冻产品的基础上增加了虾粉、去壳虾肉等产品。陆基磷虾油的提取也取得突破, 并已形成多个产品, 从海上捕捞到陆基高值利用的产业链雏形已显现。

然而我国的南极磷虾开发利用起步晚、底子薄, 无论是船载捕捞加工技术装备还是陆基产品研发与市场开拓, 与挪威等先进国家相比仍有很大差距。以捕捞产量最高的 2014 年计算, 我国 4 船产量之和为 $5.4 \times 10^4 \text{ t}$, 仅为挪威 3 船 $1.66 \times 10^5 \text{ t}$ 年产量的约三分之一^[2]; 产品方面, 除产量规模较小的去壳虾肉外, 其他产品库存积压严重。渔业规模和市场形成均发展缓慢, 产业的维持困难重重。我国磷虾产业发展面临的问题涉及多个层面, 以下仅就制约渔业生产的主要问题分析如下。

(一) 制约我国南极磷虾渔业发展的工程技术问题

1. 捕捞技术与装备落后, 渔业核心竞争力低下

捕捞技术是渔业资源开发产业源头的关键技术。挪威的水下连续泵吸捕捞技术针对南极磷虾集群性强、虾群延绵范围大的特点, 利用吸泵和安装于囊网的柔性管道在水下即将拖网捕获的鲜活磷虾源源不断地输送至船上, 从而避免了起放网的繁琐作业程序, 既大大降低了劳动强度、节省了时间、提高了捕捞效能(日产可达 500 t 甚至更高), 又保证了磷虾渔获的品质。在质和量两个方面均为渔获的后续加工提供了保障。

我国的磷虾渔船主要由鱼类拖网加工船略加改造而成, 虽经 5 年的经验积累与渔具改进, 单网次捕捞能力已逐步接近日本二手船的水平, 但船载加工能力与捕捞能力不匹配的问题仍然非常突出, 单船日产能仍仅为挪威先进渔船的二分之一, 且劳动强度大、时间利用率低, 渔业产能和效率毫无竞争力可言。

2. 加工技术与装备落后, 产品种类与质量难以满足市场开发需求

作为目前海上主要产品的磷虾粉, 我国仍缺少具有自主知识产权的加工设备, 自行改造的磷虾船上使用的是略加改造的鱼粉生产线, 生产效率低, 虾粉出成率仅为国际先进水平的 60%, 并且加工

工艺落后, 虾粉质量低, 有的甚至达不到提取虾油的质量要求, 影响了产品的销售、进而影响了渔业的经济效益。

另外磷虾冷冻质量和磷虾脱壳技术装备水平也有待提高, 海上产品的类型以及产品保鲜储运技术(如食用级抗氧化剂等)也亟待研发。

(二) 制约我国磷虾渔业发展的渔场预测与渔业管理问题

1. 渔场渔汛预测能力不足, 渔业生产缺少有效的科技支撑

南极高纬度海域作业条件艰苦, 渔场气象条件瞬息万变, 暴风雪和海冰冰山等形成的危机四伏, 渔业安全生产面临常发性挑战; 另外南极磷虾属浮游动物类生物, 其渔场渔汛往往被海洋环境条件左右, 加之浮冰的潜在影响, 渔业生产的适宜性方面存在诸多不确定因素。

我国针对南极磷虾渔场的基础研究投入严重不足, 渔场渔汛预测能力和渔场气象保障能力薄弱, 适产渔场的搜寻以及恶劣气象的仓促应对降低了渔业的有效作业时间、进而影响了渔业的经济效率。

2. 磷虾资源研究投入不足, 渔业管理缺少实质性话语权

南极海洋生物资源养护委员会的南极渔业管理是以科学为基础的预防性限额管理^[11], 并对渔业活动实施严格的监管^[12]。由于南极海洋生物资源养护委员会一直未能就 $5.61 \times 10^6 \text{ t}$ 的预防性捕捞限额在小尺度管理单元间的分配形成具体方案^[12], $6.2 \times 10^5 \text{ t}$ 这一用于“触发”新的管理机制的临时性安排成为目前南极磷虾主要渔场的事实捕捞限额, 致使部分渔场在渔情正好的情况下提前关闭, 影响了南极磷虾渔业的正常发展。为此, 南极海洋生物资源养护委员会近年正在集中研究建立反馈式渔业管理机制^[10], 根据磷虾资源及其捕食者的状况对捕捞限额实施动态管理, 其中对南极磷虾资源状况的及时了解成为该管理机制的关键因素。

以往, 美国和英国等非磷虾捕捞国是南极磷虾资源的主要调查国; 近年来挪威为争取主动也加入到磷虾资源调查研究之中。以上三国的调查尽管是常规性的, 但其目前调查的时空范围均有限, 尚难满足未来反馈式管理的实际需求。我国自进入南极磷虾渔业以来即利用渔船开展了渔场

探捕调查,对渔场水文环境和磷虾资源概况积累了一定的认知,但离资源评估还有较大的距离,在调查技术规范上离南极海洋生物资源养护委员会的要求还有一定的差距。长此以往,我国将很难有效参与南极磷虾渔业的管理,我国的极地渔业也难有大的作为。

四、我国南极磷虾渔业发展的工程科技需求

(一) 加强捕捞加工装备技术创新研究,提高产业核心竞争力

在南极磷虾渔业四十多年跌宕起伏的发展史中,成功的经验和失败的教训充分表明,创新是驱动南极磷虾产业发展的根本动力和唯一保障,专业性的捕捞加工装备与技术已成为现代南极磷虾渔业的基本特征。

我国依靠略加改造的传统远洋渔业捕捞加工船实现了南极磷虾渔业零的突破,为磷虾产业的发展积累了宝贵的经验基础;然而装备及产能不匹配、技术工艺落后的短板业已充分显现。针对南极磷虾资源特点、生化特性和产品市场需求等定向研发的专业性装备与技术已成为我国南极磷虾渔业发展的迫切需求。这些装备与技术包括但不限于专业磷虾捕捞船和极地渔业综合研究船的设计建造关键技术、南极磷虾高效生态捕捞装备与技术、高品质磷虾粉加工装备与技术、磷虾蛋白原料高效绿色加工装备与技术、磷虾产品高效保质储运技术等。

(二) 开展渔场资源生态基础研究,促进极地渔业可持续发展

当前南极海洋生物资源养护委员会全力推进的反馈式渔业管理代表了一种先进的渔业管理理念^[8],但同时南极磷虾渔业国的责任与义务也提出了更高的要求。另外南极磷虾是南极海洋生态系统的物种,企鹅、须鲸等诸多高营养级南极地区的代表性物种依赖南极磷虾生存^[6],南极磷虾资源的开发利用往往超越渔业自身而成为环境保护方面的政治话题。

我国是不断发展壮大的负责任渔业大国,加强渔场资源生态基础研究不仅可为南极磷虾渔业管理做出实质性贡献、切实支撑我国南极磷虾渔业的健康有序发展,还可提升人类对南极海洋生态系统的

认知水平。相关研究包括南极磷虾资源探测评估与资源变动规律研究、中心渔场形成机制与气象保障技术研究、南极磷虾资源产出的关键过程及其对气候变化的响应研究等,提升资源掌控能力与渔业生产安全保障水平,促进极地渔业的可持续发展。

五、结语

科技创新是驱动产业发展的首要推动力量。加强专业性的捕捞加工技术装备创新研发既是改变我国南极磷虾渔业落后面貌的唯一出路,也是发展第二个远洋渔业、促进海洋渔业结构调整与产业升级、打造海洋生物战略性新兴产业的强大动力。与此同时,可持续发展是科学发展观的基本要求。积极开展渔场资源生态基础研究,既是有效参与南极海洋生物资源养护与渔业管理、促进我国极地渔业健康有序发展的重要抓手,也是履行成员义务、树立负责任渔业大国形象的时代需求。

参考文献

- [1] 唐启升,赵宪勇,冷凯良,等. 南极磷虾捕捞和开发产业[C]. 2014 中国战略性新兴产业发展报告,北京:科学出版社,2014. Tang Q S, Zhao X Y, Leng K L, et al. Antarctic krill fishing and exploration industry [C]. In 2014 Report on the Development of China's Strategic Emerging Industries, Beijing: Science Press, 2014.
- [2] CCAMLR. CCAMLR statistical bulletin [DB]. 2015.
- [3] 中华人民共和国国务院. 国务院关于促进海洋渔业持续健康发展的若干意见(国发〔2013〕11号)[R]. 2013. The State Council of P R China. Guidelines of the State Council on Promoting the sustainable and healthy development of marine fishery [R]. 2013.
- [4] MARR J W S. The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) [R]. 1962.
- [5] Agnew D J. Fishing South: The History and Management of South Georgia Fisheries [M]. St. Albans: The Penna Press, 2014.
- [6] Everson I (ed). Krill biology, Ecology and Fisheries [M]. Fish and aquatic resources series 6, Oxford: Blackwell Science, 2000.
- [7] 王荣,孙松. 南极磷虾渔业现状与展望[J]. 海洋科学, 1995(4): 28-32. Wang R, Sun S. Krill fishery in the Southern Ocean- Its present and future [J]. Marine Science, 1995(4): 28-32.
- [8] CCAMLR. Report of the nineteenth meeting of the commission [R]. CCAMLR, Hobart, Australia, 2000.
- [9] CCAMLR. Report of the Twenty-Ninth Meeting of the Commission[R]. CCAMLR, Hobart, Australia, 2010, 73.
- [10] SC-CAMLR. Report of the Thirtieth Meeting of the Scientific Committee[R]. CCAMLR, Hobart, Australia, 2011, 78.

[11] Miller D. Sustainable Management in the Southern Ocean: CCAMLR Science [C]. In Berkman P A, Lang M A, Walton D W H, and Young O R (eds). Science Diplomacy: Antarctica, Science, and the Governance of International Spaces. Washington DC: Smithsonian Institution Scholarly Press, 2011.

[12] 陈森, 赵宪勇, 左涛, 等. 南极磷虾渔业监管体系浅析[J]. 中国渔业经济, 2013, 31(3): 74-83.
Chen S, Zhao X Y, Zuo T, et al. A brief analysis of the monitoring, control and surveillance system for the Antarctic krill fishery [J]. Chinese Fisheries Economics, 2013, 31(3): 74-83.