

我国南极磷虾捕捞与加工装备科技发展研究

谌志新^{1,2}, 王志勇¹, 欧阳杰¹

(1. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092; 2. 农业农村部远洋渔船与装备重点实验室, 上海 200092)

摘要: 南极磷虾资源具有巨大的开发和利用潜力, 积极参与南极磷虾渔业开发, 可有效促进我国远洋渔业的发展。专业性的捕捞和加工装备技术成为现代南极磷虾渔业的基本特征, 是南极磷虾高效开发利用的重要保障。本文详细介绍了国外先进磷虾船装备的发展和应用现状, 以及我国在南极磷虾捕捞装备和虾粉、虾油设备研发方面取得的进展, 分析了国内在南极磷虾开发专业装备方面存在的差距和原因。针对我国南极磷虾船装备存在专业化程度低、生产工艺落后、缺乏核心技术等问题, 在磷虾生态高效捕捞、精深加工工艺和资源探测评估技术方面提出重点研究方向, 为我国南极磷虾高效开发和综合利用提供对策和建议。

关键词: 南极磷虾; 开发装备; 生态捕捞; 精深加工; 资源探测

中图分类号: S972 **文献标识码:** A

Development of Technology for Antarctic Krill Fishing and Processing Equipment in China

Chen Zhixin^{1,2}, Wang Zhiyong¹, Ouyang Jie¹

(1. Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China;

2. Key Laboratory of Ocean Fishing Vessel and Equipment, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the PRC, Shanghai 200092, China)

Abstract: Antarctic krill resources have great potentials for development and utilization. Actively participating in Antarctic krill fishery can effectively promote China's pelagic fishery. Technologies for professional fishing and processing equipment are the basic characteristics and important guarantee of modern Antarctic krill fishery. This paper introduces the development and application status of advanced krill ship equipment in other countries. It also summarizes the progresses made by China in the research and development of equipment for Antarctic krill fishing as well as shrimp powder and oil manufacturing. Furthermore, it analyzes the gap and the underlying reason in professional equipment for Antarctic krill development between China and the world advanced level. Considering the low specialization, backward production technology, and lack of core technologies for fishery equipment of Antarctic krill boats in China, we propose some key research directions in the aspects of ecologically-friendly and efficient fishing, deep processing technology, and resource exploration and evaluation technology, and offer some countermeasures for the efficient development and comprehensive utilization of Antarctic krill.

Keywords: Antarctic krill; development equipment; ecological fishing; deep processing; resource exploration

收稿日期: 2019-07-15; 修回日期: 2019-10-15

通讯作者: 谌志新, 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所研究员, 主要从事海洋渔船与装备研究工作; E-mail: chenzhixin@fmiri.ac.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“海洋强国战略研究 2035”(2018-ZD-08)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

一、前言

南极磷虾作为人类潜在的、巨大的蛋白质宝库,是地球上最大的单种生物资源,据评估南极磷虾资源蕴藏量近 1×10^9 t,年可捕捞量近 1×10^8 t,相当于每年全球海洋渔业资源捕捞量的总和。南极磷虾富含高品质蛋白、OMEGA-3、二十二碳六烯酸(DHA)及人体必需的全部氨基酸,被誉为人类未来的蛋白资源库和“海上人参”,具有巨大的开发和利用潜力,南极磷虾资源与我国经济发展战略布局和人类对纯天然的优质蛋白需求密切相关[1,2]。在渔业资源普遍衰退的情况下,南极磷虾资源的开发受到世界各国越来越多的关注。近年来,随着国际科技投入的持续增加和技术的不断进步,世界渔业发达国家已将南极磷虾渔业打造成由高效捕捞技术支撑、高附加值产品拉动、集捕捞与船载精深加工于一体的全新性海洋生物资源开发利用产业,从而激发了世界各国的投入欲望。在“蓝色圈地”和资源抢占日益激烈的国际大环境下,加快我国南极磷虾资源开发步伐,做强、做大南极磷虾产业,对发展我国远洋渔业、培育海洋生物新兴产业、保障粮食安全和争取南极海洋开发权益具有重大意义[3,4]。

二、国外南极磷虾渔船装备技术现状及发展趋势

南极磷虾资源商业化开发始于20世纪70年代,先后有苏联、日本、波兰、韩国、俄罗斯、乌克兰等传统南极磷虾生产国家参与,目前,南极磷虾捕捞开发已进入一个全新的发展期和资源竞争期,近几年,从事南极磷虾捕捞的主要有挪威、韩国、中国、智利和波兰等国家。

(一) 国外南极磷虾渔船专业装备技术现状

1. 南极磷虾捕捞装备的高效性、生态性

随着船舶与捕捞技术的不断革新,南极磷虾捕捞能力大幅提升,产品类型也日趋多元化。生产方式先后有舷侧框架拖网、单船艏滑道网板中层拖网加工船,磷虾捕捞装备逐步体现高效性、生态性和自动化特点。南极磷虾捕捞装备的高效性主要体现在连续式吸捕,无需起网,利用多项舷侧拖网和围拖网,配套高效吸鱼泵,边拖曳边将捕获的磷虾及

时吸捕上船。生态性主要体现在捕捞南极磷虾网具设计的选择性上,在拖网网身部位增加分隔网片和逃逸窗口,使哺乳动物和大型水生动物自然释放,实现高效与生态捕捞的有效结合[5~7]。目前,日本、韩国在高效捕捞方面采用磷虾吸虾泵高效捕捞技术,在磷虾拖网网具的网形控制方面,除起、放网实现电液控制自动化外,在拖网过程中实现了曳纲平衡控制及网具形状控制,同时结合助渔仪器探测信号实现作业水层的自动调整,捕捞效率很高。挪威是目前捕捞加工效率、效益最好的国家,其建造的SAGA Sea船是目前世界上专业化程度最高、技术最先进的大型磷虾捕捞加工船,捕捞效率较传统拖网同比高50%以上。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,利用吸虾泵和安装于囊网的柔性管道在水下即可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 time、提高了捕捞效能,又保证了磷虾渔获的品质[8]。

2. 南极磷虾船载加工与综合利用专业化、自动化

日本在20世纪70年代初就研制成功了南极磷虾捕捞加工船,船上配备南极磷虾冷冻原虾、熟虾、整形虾肉、饲料级虾粉和食品级虾粉等多套加工生产设备;船上用滚桶脱壳法对南极磷虾脱壳,效率较高,1 h能加工500 kg虾仁,在加工南极磷虾虾仁的同时,利用废料生产饵料,并在废水中回收蛋白质。韩国在磷虾加工方面,形成了冷冻原虾、熟虾、整形虾肉、饲料级虾粉、虾油加工工艺技术及成套装备。欧洲为适应高效捕捞,配置了专业化精深加工成套装备,具有较高的专业化和自动化水平,完全实现了工业化自动流水线作业生产加工方式,预冷的虾品一部分做成冻品冷藏处理,大部分进入加工线进行虾粉和虾油的深加工,或者直接制成磷虾颗粒精饲料,其高效自动化船载加工装备提高了挪威磷虾捕捞船的渔获处理能力和虾品附加值,加工设备日处理能力达到600 t以上,虾粉出粉率高达40%以上。

3. 南极磷虾资源探测系统信息化

国外在加强南极磷虾等深远海渔业资源探测调查和开发利用的同时,积极推动船舶工业技术、信息技术在专业南极磷虾捕捞船上的应用,利用电子

信息与装备制造技术的发展契机,其海洋渔业装备工程技术基本实现了与船舶工业的同步发展。以挪威专业磷虾捕捞船“Antarctic sea”号为例,其配置了专业化的鱼群探测仪器和基于卫星通信的信息化管理系统。

(二) 发展趋势

目前,世界各国对南极磷虾等极地渔业资源开发利用日益关注,在加强南极磷虾资源探测调查和开发利用的同时,不断推动南极磷虾渔船专业装备技术的发展,磷虾捕捞船朝大型化、专业化、信息化方向发展。为适应极地环保和生态管理的要求,电力推进综合节能技术、捕捞装备信息化-三维一体探测技术以及连续式高效生态捕捞方式、专业化自动化船载精深加工生产模式也会不断得到应用。通过声学数字化技术、多波束技术研究,进行磷虾远距离和深水资源探测与跟踪。在高效生态捕捞问题方面,利用渔业选择性捕捞和自动化控制技术,实现南极保护性水生动物误捕有效释放以及远距离深水区磷虾连续吸捕;采用多层往复挤压、旋流干燥技术、低温冷冻冷藏及自动控制技术,实现磷虾专业化高效加工运行。另外,开发生物药品、保健品等具有高附加值的产品已经成为南极磷虾加工的发展趋势,未来船载加工装备也将朝着虾初油提取、虾粉和虾肉精深加工方向发展。

三、国内南极磷虾渔船装备技术发展现状及存在的差距

我国专业化南极磷虾捕捞加工船的技术研究从“十二五”时期起步,近几年在国家财政部、农业农村部、科学技术部对南极磷虾相关课题的资助下,在南极磷虾捕捞船专业装备方面开展了一些关键技术研究 and 设备研发,主要研究进展如下。

(一) 捕捞技术与装备

我国研发了DH-256型南极磷虾专用拖网网具和浅表层低速磷虾拖网水平扩张网板,经试用,捕捞效果较以往有明显提升,已接近日本渔船的捕捞水平;研发的六片式结构BAD13B00-TN01型南极磷虾拖网,平均能耗系数为 $0.81(\text{kWh}/10^4\text{m}^3)$,但与挪威等国先进的吸虾泵连续捕捞技术仍有差距。

围绕南极磷虾连续捕捞系统,进行潜水式吸虾泵原理研究与结构设计,通过计算流体力学(CFD)分析方法,开展吸虾泵抽吸能力的分析与计算,并建立了南极磷虾泵模拟实验系统,验证了技术的可行性,但技术研究还需进一步完善,距产品样机市场化还有一定距离。

(二) 磷虾船载加工技术与装备

我国的磷虾船载加工技术和设备比较落后,船载虾粉加工工艺沿用陆基湿法鱼粉加工工艺,加工设备则主要由鱼粉加工设备改造而成,与挪威等国外南极磷虾加工发达国家相比,在虾粉质量和产出率方面还存在较大的差距。利用鱼粉加工设备改造而成的生产设备进行磷虾粉加工,虾粉产出率仅为14:1,约为国际先进水平的二分之一,且虾粉质量较差,活性物质损失较多,且无法获取优质虾油。在磷虾脱壳方面,渔业机械仪器研究所开展了南极磷虾船载脱壳加工设备的研发及工艺参数优化研究,研制的专业化南极磷虾虾肉加工设备,经多次进行海试试验和性能验证,单机最高处理量达到 1000kg/h ,脱壳虾肉平均产出率为20%,形成的南极磷虾脱壳生产线为国内首创,填补了我国在南极磷虾专业化加工装备研制领域的空白,被上海市高新技术成果转化项目认定办公室认定为上海市2018年高新技术成果转化项目。目前,该套虾肉加工生产线已配置在国内正在建造的最先进的南极磷虾专业捕捞加工船“深蓝”号上,迈出了实现磷虾加工装备国产化的关键步伐[9~12]。

(三) 南极磷虾探测技术

南极磷虾资源调查与评估是随着20世纪80年代南极科考的开展而逐步展开的,中国渔业资源声学评估和极地遥感探测技术研究,相对比较系统,也不断取得了重大成果。但支撑中国极地等深远海渔业资源探测装备技术的研究严重滞后,适应现代远洋捕捞鱼群探测和资源评估的高端声学探测仪器,国内尚处于空白状态。目前,中国南极磷虾资源探测仪器全部依赖国外鱼探仪或分类波束科学鱼探仪。目前,中国开展的南极磷虾探捕工作主要集中在渔场现场调查及探捕,极地生物资源的遥感探测还处于起步阶段[13~15]。

由于我国南极磷虾产业起步晚,科研积累少,

基础研究薄弱,加之知识产权壁垒,所以我国南极磷虾船以引进国外二手大型拖网船为主,经简单改造而投入磷虾捕捞产业,缺乏专业化的系统技术与装备,产品研发与市场开发落后,船上加工生产的核心技术不能全部掌握,生产工艺落后,捕捞效率和加工能力远低于发达国家。综上所述,经过我国磷虾渔业启动以来近10年来的研究,已对南极磷虾产业的基本情况、关键技术点和产业发展趋势有了基本的了解,在若干环节上取得了一定进展,并积累了一些经验,但与国际先进水平相比仍有巨大差距,亟需奋起直追。

四、我国南极磷虾渔船捕捞加工装备的重点发展方向

围绕制约我国南极磷虾资源规模化开发的关键设备问题,进行捕捞和船载加工一体化设计,重点研究南极磷虾新型高效生态捕捞设备、磷虾船载高值精深加工工艺开发以及磷虾资源探测与信息化保障技术。

(一) 南极磷虾新型高效捕捞设备

围绕南极磷虾高效生态捕捞问题,结合流体传动、空气动力学和自动化控制技术,开展选择性捕捞技术、磷虾拖网自动控制技术以及无损伤连续吸捕技术的研究和装备开发,通过系统集成,提高南极磷虾资源的高效开发和利用能力。

(二) 磷虾船载高值精深加工工艺

围绕南极磷虾船载加工高值化利用问题,采用多层往复挤压、旋流干燥、低温冷冻冷藏及自动控制等技术,开展磷虾脱壳采肉、虾粉虾油高效加工和高效冷冻关键技术的研究与成套系统装备集成开发,构建磷虾专业化高效加工运行模式,进一步提高南极磷虾产业的综合效益。

(三) 南极磷虾资源探测评估与信息化保障

研究突破南极磷虾等新资源数字化声学探测关键技术,实现极地等深远海渔业资源三维体的精准化探测和鱼群预报;通过集成鱼群探测与预报、物流保障、捕捞船队装备与作业人员管理、捕捞日志、渔获物可追溯等信息,建立基于物联网技术的

南极磷虾渔船物流保障与信息化管理系统。

五、对策建议

(一) 加强合作,创新加快南极磷虾专业化渔船与装备国产化

加强与国内外相关科研机构的合作,创新研发模式,建立混合制研发模式,提升我国在南极磷虾专业船舶装备领域的科研能力和设计水平。通过引进消化吸收再创新方法,加快南极磷虾等大型专业化渔船与装备的国产化,加强国家科研支持与产业发展结合。

(二) 政策引导,鼓励科研机构及渔业装备制造企业自主创新

加大科研投入和实验支撑条件建设,提高科研能力,尽快解决制约磷虾高效开发与利用的关键技术和核心装备;强化南极磷虾“产学研用”合作模式,发挥企业与科研单位协同创新;尽快实现专业化南极磷虾渔船工程示范,带动产业发展。

(三) 实施人才强渔战略,加快人才培养

强化专业队伍建设、培养外向型和复合型人才;建立专业化的磷虾渔船设计、建造工艺和规范研究队伍;加快培训渔业专业从业人员,提高渔业从业人员的科研水平和专业技能,为我国远洋渔业发展提供人才支撑。

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].中国工程科技发展战略研究院,2014中国战略性新兴产业发展报告,北京:科学出版社,2014:184-195.
Tang Q S, Zhao X Y, Leng K L, et al. Antarctic krill fishing and development industry [C]. Chinese Academy of Engineering and Technology for Development, 2014 report on the development of China's strategic emerging industries, Beijing: China Science Publishing & Media Ltd., 2014: 184-195.
- [2] 陈雪忠,徐兆礼,黄洪亮.南极磷虾资源利用现状与中国的开发策略分析[J].中国水产科学,2009,16(3):451-458.
Chen X Z, Xu Z L, Huang H L. Development strategy on Antarctic krill resource utilization in China [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(3): 451-458.
- [3] Southwell C, Paxton C G M, Borchers D, et al. Taking account of dependent species in management of the Southern Ocean krill fishery: Estimating crabeater seal abundance off east Antarctica [J]. Journal of Applied Ecology, 2008, 45(2): 622-631.

- [4] 赵宪勇, 左涛, 冷凯良, 等. 南极磷虾渔业发展的工程科技需求[J]. 中国工程科学, 2016, 18(2): 85–90.
Zhao X Y, Zuo T, Leng K L, et al. Engineering science and technology challenges in the Antarctic krill fishery [J]. Strategic Study of CAE, 2016, 18(2): 85–90.
- [5] 徐国栋, 陈雪忠, 黄洪亮, 等. 南极磷虾捕捞技术探讨[J]. 湖南农业科学, 2011 (19): 122–124, 128.
Xu G D, Chen X Z, Huang H L, et al. The fishing technology for *Euphausia superba* [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2011 (19): 122–124, 128.
- [6] Summerfelt S T, John D, Wilson G, et al. Advances in fish harvest technologies for circular tanks [J]. Aquacultural Engineering, 2009, 40(2): 62–71.
- [7] 刘健, 黄洪亮, 李灵智, 等. 南极磷虾连续捕捞技术发展状况[J]. 渔业现代化, 2013, 40(4): 51–54.
Liu J, Huang H L, Li L Z, et al. Research progress of Antarctic krill (*Euphausia superba*) continuous fishing techniques [J]. Fishery Modernization, 2013, 40(4): 51–54.
- [8] 邱洁, 刘勤. 南极磷虾产业发展特色研究——以挪威阿克海洋生物技术股份有限公司为例[J]. 渔业信息与战略, 2018, 33(4): 284–290.
Qiu J, Liu Q. On the development characteristics of Antarctic krill industry: A case study of Norway Aker BioMarine [J]. Fisheries Information & Strategy, 2018, 33(4): 284–290.
- [9] 刘志东, 陈勇, 曲映红, 等. 挤压加工对南极磷虾粉营养组分的影响[J]. 海洋渔业, 2016, 38(3): 311–319.
Liu Z D, Chen Y, Qu Y H, et al. Effect of pressing processing on the nutritional components of Antarctic krill powder [J]. Marine Fisheries, 2016, 38(3): 311–319.
- [10] 徐正, 赵宪勇, 尚德荣, 等. 不同加工方式对南极磷虾各组分的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2014 (5): 1537–1541.
Xu Z, Zhao X Y, Shang D R, et al. Effects of different processing methods on the Antarctic krill components [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2014 (5): 1537–1541.
- [11] 郑晓伟, 沈建, 蔡淑君, 等. 南极磷虾等径滚轴挤压剥壳工艺优化[J]. 农业工程学报, 2013, 29(A01): 286–293.
Zheng X W, Shen J, Cai S J, et al. Process optimization of roller extruder with equal diameter of Antarctic krill [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(A01): 286–293.
- [12] 王万勇. “深蓝”号南极磷虾捕捞加工船的设计[J]. 船舶工程, 2018, 40(S1): 1–3, 97.
Wang W Y. Research and design of krill factory trawler Shen Lan [J]. Ship Engineer, 2018, 40(S1): 1–3, 97.
- [13] 杨洋, 朱国平. 海洋渔业资源声学评估技术及在南极磷虾资源声学评估中的应用[J]. 海洋渔业, 2018, 40(3): 368–376.
Yang Y, Zhu G P. Assessment on marine living resources based on acoustic technology and its application in Antarctic krill abundance estimation [J]. Marine Fisheries, 2018, 40(3): 368–376.
- [14] 樊伟, 伍玉梅, 陈雪忠, 等. 南极磷虾的时空分布及遥感环境监测研究进展[J]. 海洋渔业, 2010, 32(1): 95–101.
Fan W, Wu Y M, Chen X Z, et al. Progress in spatio-temporal distribution of Antarctic krill and environment survey of remote sensing [J]. Marine Fisheries, 2010, 32(1): 95–101.
- [15] 王新良, 赵宪勇, 汤勇, 等. 声学仪器间干扰信号的消除及其在南极磷虾集群研究中的应用[J]. 渔业科学进展, 2014, 35(2): 22–29.
Wang X L, Zhao X Y, Tang Y, et al. Removal of the inter-instrument acoustic interference and its application in the study of Antarctic krill swarms [J]. Progress in Fishery Sciences, 2014, 35(2): 22–29.