

研究进展

2013—2019 年美国北极研究大科学计划实施进展

刘文浩^{1,2} 郑军卫¹ 赵纪东¹ 杨宗喜³

¹中国科学院西北生态环境资源研究院, 甘肃 兰州 730000;

²中国科学院大学, 北京 100049;

³中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037)

摘要 北极地区资源丰富, 战略意义重大。当前, 以美国为代表的许多国家都部署了大科学研究计划, 旨在为抢占未来北极地区战略先机奠定基础。掌握重点国家在北极地区的大科学计划对我国具有重要借鉴意义。为此, 以 2013 年以来美国发布的 2 个北极 5 年大科学计划(《2013—2017 年北极研究计划》和《2017—2021 年北极研究计划》)为例, 分析了其研究的主要内容和实施进展, 梳理了未来美国北极科学研究的目標和新兴方向, 总结了美国北极研究的主要特征, 以期为我国北极地区研究部署提供借鉴。

关键词 北极 大科学计划 美国 战略规划

doi: 10. 13679/j.jdyj.20200021

0 引言

北极地区蕴藏着丰富的资源, 被誉为“第二个中东”和“世界最后的宝库”^[1-4]。近年来, 随着全球气候变暖, 冰雪消融加剧, 资源可利用性逐步提高, 北极地区的战略地位不断提升^[5-8]。自 2017 年起, 北极域内外国家纷纷调整策略, 加大对北极航道和油气资源的探索和利用^[9]。环北极国家(美国、俄罗斯、加拿大、挪威、瑞典、丹麦、冰岛和芬兰)及部分发达国家先后发布北极相关战略, 抢先布局北极相关研究, 旨在为未来北极地区的战略利益奠定基础^[10-16]。我国作为“北极事务重要利益攸关方”^[17], 有必要厘清美国等发达国家在北极地区开展科学研究的目標和状况, 以支撑我国未来相关计划布局。为此, 本文拟在调研美国大科学计划的提出背景及主要机构组织机制

的基础上, 针对性地分析美国《2017—2021 年北极研究计划》^[18]的主要研究内容, 梳理美国《2013—2017 年北极研究计划》^[19]和《2017—2021 年北极研究计划》^[18]实施以来取得的主要进展, 整理美国北极未来研究目標及新兴方向, 以期为我国相关研究提供借鉴。

1 五年大科学计划的提出背景

1. 美国北极政策演变

美国作为世界强国, 历来对北极地区十分重视。1984 年, 美国出台《北极研究和政策法案》^[20], 并依据该法案成立了跨部门北极研究政策委员会(Interagency Arctic Research Policy Committee, IARPC), 旨在推动对北极的科学研究, 制定国家北极研究政策和实施计划。2008 年, 奥巴马上台后采取了诸多措施提高美国的北极行动能力, 维

[收稿日期] 2020 年 3 月收到来稿, 2020 年 5 月收到修改稿

[基金项目] 国家重点研发计划项目(2020YFA0608500)、中国科学院“西部之光”重点实验室交叉团队项目、2020 年中国科学院文献情报能力建设专项“科技领域战略情报研究咨询体系建设”(E0290001)和中国地质调查局地质调查项目“地质调查中长期发展动力与方向研究”(DD20190462)资助

[作者简介] 刘文浩, 男, 1989 年生。助理研究员, 主要从事地球科学与资源战略情报研究。E-mail: liuwh@llas.ac.cn

护和实现美国的北极利益。其第二任期开启后,更注重逐步提高联邦政府的“北极意识”,并拓展美国在北极事务中的参与力度^[21]。2013年5月10日,奥巴马政府发布美国历史上第一份正式的北极战略文件——《北极地区国家战略》^[22],指出北极是地球上最后需要开拓的疆土之一,提出要通过科学研究提高对北极的认识,扩大对北极水域、上空以及海岸地区的观测能力,以实现美国在北极的安全、经济等方面的利益。在《北极地区国家战略》的基础上,奥巴马政府进一步整合和优化了北极事务机构和决策体制,推动了北极气候治理以引领北极事务议程,这种调整也被认为是美国力图实现以其为主导的北极地区新秩序雄心的重要措施。奥巴马执政期间,美国先后发布《海军北极路线图》^[23]、《北极地区行动报告》^[24]、《北极地区国家战略实施计划》^[25]、《2015年北极地区国家战略实施报告》^[26]等多项政府层面的战略规划,这些北极行动及成果也被誉为是留给特朗普政府的北极“遗产”^[27]。与此同时,美国多个研究机构也发布了面向北极科学研究的宏观研究战略,包括《美国国家海洋和大气管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)北极愿景与战略》^[28]、《NOAA 北极行动计划》^[29]、《NOAA 北极航道绘图计划》^[30],这些战略均提出要保证美国在北极科学研究中抢占先机。不过,特朗普上台后却大张旗鼓地修正奥巴马政府北极战略,但从目前态势来看,美政府仍将大国竞争作为北极战略主基调。受此影响,一个以“主导北极治理规则制定”为核心、以经济和军事手段为两翼的美国北极新战略正逐步成型^[9],这种转变也正在深刻地影响着美国北极科学研究的开展。

2. 美国北极研究的演变

18世纪到19世纪,有关北极的早期科学信息主要是由欧洲探险家收集的地理信息,在接下来的100年中,大部分时间内,北极科学信息主要来自民族志和自然史方面的零散努力,大部分与美国军队的远征以及捕鱼和狩猎的管理有关。直至1881—1884年的“第一次国际极地年”(IPY),美国才首次系统地开展了北极研究,对阿拉斯加北极沿岸开展了密集调查,这也开创了国际科学界大协作的先例。20世纪40年代,美国海军研究

局在巴罗建立了海军北极研究实验室,在海军、阿拉斯加大学等机构的领导下,针对北极环境的研究开始持续进行。50年代末,美国在阿拉斯加的楚科奇海岸建立了一个港口,原子能委员会对核爆潜在的环境影响进行了调查,从而首次提供了有关阿拉斯加楚科奇海岸及其近岸水域的基线信息。70年代到80年代,美国内政部下属土地管理局牵头创建了外大陆架环境评估计划,以研究在亚北极和北极阿拉斯加水域的海上石油开发的潜在影响。在此期间,美国在北极的数百项研究关注了冰的运动和变形、哺乳动物、鸟类、鱼类、底栖生物、浮游生物、微生物学、化学、海洋学、气象学和地质学等领域。但是,直到80年代末,大多数北极研究仍只是在生物学、地质学和人类学等孤立学科中进行。不过,随着系统科学逐渐成熟,研究人员意识到人类活动正在推动北极的快速变化,开始促进了跨学科研究。“国际地圈-生物圈计划”和“世界气候研究计划”强调了大气、地球圈、水圈和生物圈等系统之间相互作用的重要性。这一观念还刺激了“北极系统科学计划”的形成,其研究重点是古环境以及当代对海洋、陆地和大气之间相互作用的研究。最终,人类维度被纳入当代和古环境研究中。1997年,来自25个机构的科学家呼吁进行协调努力,以了解北极快速的环境变化并提出了SEARCH计划,制定了包括观察、理解和应对北极变化在内的3个主题。2008年,国际科学理事会和世界气象组织共同组织发起“第四次国际极地年”行动,旨在通过开展国际合作、多学科交叉的科学活动,在极地地区建立全面、系统的观测体系,系统地获取数据,探索极地科学前沿,增强对极区与全球关系的认知与了解,在世界范围内宣传和普及极地科学知识,吸引和培养新一代极地科学工作者。2012年前后,快速的环境变化所带来的社会和环境后果被认为是北极地区最紧迫的科学问题。预计海冰覆盖面的减少将影响全球气候,冰盖和冰川的减少导致海平面上升,多年冻土的融化对当地基础设施和大气中温室气体的浓度都有影响。应对这些挑战将需要对变化的冰冻圈及其对北极和其他地区的自然环境、生态系统以及社区的影响进行深入研究。为此,IARPC发布《2013—2017年北极研究计划》^[19],提出通过加强北极研

研究的机构间合作来开展联合研究,以解决最紧迫的科学需求。2016年底,随着第一阶段五年计划的结束及在北极地区研究工作的不断深入,IARPC提出,北极研究仍有一系列问题亟待解决,例如:北极地区长期趋势的变化预测手段仍然不足,如海冰消退将如何导致沿海社区受到海平面上升、风暴潮和洪水的影响,多年冻土变暖消融将怎样加速海岸侵蚀,此外,北极系统的各个组成部分,包括大气、海冰、海洋、冰川、多年冻土、陆地和淡水生态系统之间的相互作用和反馈机制尚不清晰。这些科学问题对美国在北极的利益实现有着深远的影响。

基于以上背景,2016年12月,IARPC发布雄心勃勃的北极研究第二个五年研究计划《2017—2021年北极研究计划》^[18],提出了包括9大研究任务、34个具体研究目标和123项实施要素的研究计划,旨在回答美国北极长期利益和核心关切的科学问题。该计划因内容系统、领域全面、目标明确具体等特征而备受关注,其对北极地区的研究方法以及宏观角度的研究布局值得我国借鉴。

2 大科学计划的主要实施机构

1. 美国跨部门北极研究政策委员会——IARPC

IARPC^[31]成立于1984年,由美国国会创立,主要来自美国联邦政府16个机构、部门和办公室的负责人组成,旨在加速美国对北极研究的步伐。主要任务:①与美国北极研究委员会(U.S. Arctic Research Commission, USARC)合作,制定和建立一个统一的国家北极研究政策,指导联邦机构在北极的研究计划的制定和实施;②制定国家北极研究政策和实施该政策的五年计划、联邦机构的北极研究计划、参考USARC对未来北极研究的建议;③为编制针对北极的单一综合、连贯和多机构预算请求提供必要的数据和协助;④促进政府与州、地方和部落政府之间在北极研究中的合作,建议开展被忽视领域的研究;⑤与其他国家协调和促进北极合作科学研究计划;⑥与阿拉斯加州州长合作履行规定的职责;⑦促进所有北极研究活动的联邦机构间协调,包括后勤规划、协调和在法律允许的范围内共享与北极研究有关的

数据和信息;⑧为公众提供参与制定和实施国家北极研究政策的机会;⑨每两年提交一份简短的年度报告。

2. 美国北极研究委员会——USARC

1984年,美国国会设立了USARC^[32],主要职责是:①建立国家政策、优先事项和目标,以构建一个联邦计划,用于北极的基础和应用科学研究;②推动北极研究工作,提出北极研究政策建议;③作为负责实施北极研究政策的领导机构,支持整个联邦政府的合作与协作;④指导IARPC制定国家北极研究项目和实施五年计划;⑤与北极居民、国际北极研究项目和组织以及包括地区政府在内的机构进行互动,以尽可能广泛地了解北极研究的需求。

3. 北极执行指导委员会——Arctic Executive Steering Committee, AESC

2015年1月,时任美国总统奥巴马发布了名为“加强国家处理北极事务的协调能力”的行政命令,以增强美国在北极地区的参与,根据该行政命令,AESC成立^[33]。具体任务:①帮助构建和协调美国北极事务参与主体的任务优先级;②促进政府北极措施的实施和评价;③提升联邦政府与阿拉斯加州政府、阿拉斯加原住民社区之间的协作;④支持国务卿及其团队在美国任北极理事会轮值主席期间(2015—2017)的工作。

4. 美国国家科学基金会极地计划办公室——Office of Polar Programs, OPP

OPP^[34]隶属于美国国家科学基金会(National Science Foundation, NSF),旨在促进有关极地地区的创造性和创新性的科学研究、工程和教育,促进对极地系统及其全球相互作用的基本发现和理解,为国家提供信息,增进所有人的福祉。OPP下设有北极科学组、南极科学组、极地基础设施和后勤保障组、极地环境研究组、健康与安全办公室5个主要职能部门。

3 大科学计划的主要内容及实施进展

3.1 主要研究领域及创新点

《2013—2017年北极研究计划》和《2017—2021年北极研究计划》的主要任务既有相似之处,也有不同(表1)。

表 1 2013—2021 年美国两个北极大科学计划的主要任务
Table 1. Main tasks of two U.S. Arctic big science programs during 2013—2021

	《2013—2017年北极研究计划》	《2017—2021年北极研究计划》
任务一	海冰和海洋生态系统	健康和福祉
任务二	陆冰与生态系统	大气
任务三	大气表面热量、能量和质量平衡	海冰
任务四	观测系统研究	海洋生态系统
任务五	区域性气候模型	冰川与海平面
任务六	区域可持续发展的气候适应工具	多年冻土
任务七	人类健康研究	陆地生态系统
任务八	—	沿海地区修复力
任务九	—	环境智能(监测、数据管理和建模)

新计划具有以下创新点: ①更加注重北极居民的健康和福祉, 强调了北极居民在共同生产科学知识方面的作用; ②“沿海”主题是新主题; ③“多年冻土”在之前的计划中没有被强调, IARPC 希望通过新的计划将基础地球物理研究、相关的弹性和适应研究结合起来, 并将多年冻土过程纳入预测模型; ④“环境智能”的概念是新主题, 包括监测、模型和数据管理 3 个方面; ⑤与之前的 5 年计划相比, 计划更简单, 研究目标更清晰。

3.2 《2017—2021 年北极研究计划》的主要研究内容

《2013—2017 年北极研究计划》的主要研究内容前人已有报道^[35], 因此, 本文主要分析《2017—2021 年北极研究计划》的主要研究内容。

1. 健康和福祉: 加深对北极地区居民健康水平决定因素的理解, 并改善当地居民福祉。①支持人类健康的综合方法研究, 以确定人类、野生动物、环境与气候之间的联系; ②推动可持续发展和社群恢复研究, 以解决与健康福祉内在社会决定因素相关的健康差异问题; ③加强北极农村和偏远地区食物、水和能源安全研究; ④整理归档针对阿拉斯加土著女性和青年的暴力行为的盛行现象和类型, 评价联邦、州、部落和地方为解决上述暴力行为所做出的努力, 并提出改善相关工作的建议; ⑤加深对阿拉斯加地区青年人员心理健康、药物滥用和福祉方面的认识; ⑥支持减少北极地区相关职业安全和健康危害的研究, 特别是在捕捞、水运和航运领域, 以及那些面临气候变化影响风险的工人; ⑦提高北极地区医疗

服务的质量、效率、效益和价值。

2. 大气: 加深对正在变化的北极大气成分、变化过程及由此引起的地表能量平衡变化的认识。①加深对北极大气过程及其对地表能量平衡综合影响的理解; ②提高对北极大气成分(水汽、云层、降水、气溶胶和气体)、净辐射效应及其对北极气候影响的认识; ③加深对北极地区云层形成、周期、降水和物理特性的认识, 提升对气溶胶类型时空分布、以及北极云层和气溶胶对地表辐射平衡调节能力的理解。

3. 海冰: 加强对北极海冰变化的认识和预测。①开展对“大气-海冰-海洋”的一体化观测, 了解决定海冰厚度、长度和体积时空变化的因素, 及其对“大气-海冰-海洋”间相互作用的影响和它们在不同时间尺度方面(每小时、每天、每周、每个季节、每年、每 10 年)的自动调节; ②完善用于了解海冰变化过程的模型, 加强对海冰变化时空维度方面的预测; ③支持研究人员和利益攸关方构建合作网络(包括北极地区居民), 提高对海冰系统相关认识和预测能力。

4. 海洋生态系统: 加深对海洋生态系统结构和功能及其在气候系统中所发挥作用的认知, 提高预测能力。①加强对北极海洋生物物种分布和规模情况的认识, 包括提高对生物热点地区形成、保持及变化的直接原因的认识; ②增进对北极海洋物种基本生活史的了解, 以支持多机构决策; ③加深有关气候变化、生物物理相互关系、海洋生态系统中不同反馈机制如何影响北极海洋资源和人类社会的问题理解。

5. 冰川与海平面: 理解冰川、冰盖和格陵兰冰盖的质量平衡问题, 及其对海平面上升的影响。①整合观测系统, 提高对北极陆冰质量平衡过程的认识; ②改进数值模型, 提高对北极陆冰损失以及随之而来的对全球海平面的影响的预测。

6. 多年冻土: 研究冻土动力学过程控制及其对生态系统、基础设施和气候的影响。①提高对气候、地貌、地形条件、植被及干扰类型是如何影响冻土动态变化的认识; ②提高并加深对冻土融化是如何影响土壤碳流失的认识, 包括对潜在排放到大气中的二氧化碳和甲烷的预测; ③继续加强将冻土过程监测主观方法融入气候变化、水文及生态系统变化预测模型; ④确定冻土融化如何影响基础设施和人类健康。

7. 陆地生态系统: 加强对未来陆地和淡水生态系统以及潜在变化的综合理解。加强对重大变化过程(如气候变化、自然和人为干扰引起的变化)及其对陆地和淡水生态系统影响的认识, 提高相互作用建模能力; ②加深对动植物种群及其活动如何被生态系统影响的认识; ③评估火灾如何影响农村和城市社区、大气污染物排放和碳平衡、其他气候反馈。

8. 沿海地区修复力: 提高沿海地区修复力和自然、文化资源管理, 开展相关人文、自然和建筑环境相互关系的研究。①吸引沿海社区居民参与旨在提高对本地文化、安全性和基础设施问题认识的研究; ②通过对生物过程的趋势监测和建模, 增加有关沿海地区生态系统和环境健康的知识; ③提高有关海岸侵蚀对环境影响的认知; ④优化测绘系统, 支持对海岸带的研究。

9. 环境智能(监测、数据管理和建模): 加强环境数据获得、情报收集、解释和应用能力, 支持决策制定。①加强跨部门和有外部合作者参与的合作研究活动, 以优化北极观测系统, 构建一个完全集成的北极观测系统; ②利用详细的全球和区域模型, 了解北极系统的组成部分及其相互作用, 进而对整个气候系统进行研究; ③通过改进地球系统模型, 提高每季度及每 10 年时间尺度的北极系统预测能力, 甚至百年尺度的气候预报能力; ④提高有关北极数据和工具的可获取性、识别度和互联互通; ⑤发展相关前沿、工具和策略研究, 提高北极科学支持决策的可及性和

相关性。

3.3 实施进展及成果

3.3.1 2013—2015 年期间

1. 良好的合作机制在多项研究中发挥作用

①边缘冰带研究。IARPC 海冰协作小组协调了多个机构的海冰研究技术力量, 重点关注海冰边缘区, 以增加知识、理解和预测能力。在 2012 年和 2013 年的夏天, 开展了边缘冰区观测和过程实验, 旨在评估无人驾驶航空系统或无人驾驶飞机在阿拉斯加北部海岸波弗特海的边缘冰带地区的科学价值。②格陵兰冰盖研究。格陵兰冰盖海洋相互作用工作组在 2012 年发布了建议, 强调了对冰川-海洋相互作用的研究的必要性。③楚科奇海和波弗特海研究。这些地区具有生物生产性和多样性, 被认为对美国国家安全和石油经济利益以及对矿产和商业捕捞具有重要意义。④海洋北极生态系统研究。由海洋能源管理局领导, 旨在确定提高生产力和生态系统动态不同的领域, 并更好地了解系统内部和系统间的反馈。

2. 建立了用于观测、数据共享和建模的网络

①集成大气研究工具。提供了对来自 10 个独立资助的北极大气观测站的元数据的访问。②阿拉斯加数据集成。开发了一套用于数据共享的动态工具, 以扩大整个阿拉斯加项目和数据信息的交流。③协调生态系统科学研究。为了解决北极这样偏远地区工作的后勤问题和费用, IARPC 协调了北极水库碳脆弱性实验、北极圈脆弱性实验和下一代生态系统实验计划等项目。④建立海冰预报网。2013 年发起海冰预测网络, 促进了关于北极系统过程的知识状态, 为区域气候模型提供信息。⑤评估和维持北极的观测。开发了一个北极观测评估过程, 允许相关研究小组确定地方、区域、国家和国际级别的信息优先级, 构成现有北极信息关系数据库的基础。

3. 建设了战略应用网络

①监测生态系统健康。参加了由阿拉斯加土著部落健康联盟和美国疾病控制和预防中心(CDC)主办的 One Health 工作组。②记录濒危语言。与联邦和地方机构合作开发工具, 使北极和阿拉斯加的土著社区能够利用这些工具制定新的土著语言保护战略。③阿拉斯加高分辨率数字高程模型。为阿拉斯加购置高分辨率数字高程模型。

4. 发展了国际研究网络

①国际及行业合作伙伴。国际太平洋北极集团(Pacific Arctic Group, PAG)由国际北极科学委员会(International Arctic Science Committee, IASC)组织, 4 个主要科学主题是气候、污染物、人类尺度以及北极生态系统的结构和功能。②建设分布式生物观测站。IARPC 一直致力于建设 PAG 的分布式生物观测站(Distributed Biological Observatory, DBO)。DBO 提供了一个框架来集中和协调标准化的采样和分析工作, 这些工作将生物学变化与物理驱动因素联系起来。

3.3.2 2016—2017 年期间

1. 与利益攸关方和合作者建立合作

IARPC 日益认识到土著人民和土著知识在北极的重要作用研究。2017 年期间, 海岸防灾协作小组向所有 97 个部落委员会发送了有关 IARPC 及其自身的信息。

2. 健康与福祉取得进展

提出了支持人类健康的综合方法, 该方法认识到人、野生动植物、环境和气候之间的联系; 记录针对阿拉斯加土著妇女和青年的暴力行为的普遍性和性质; 对阿拉斯加青年的心理健康、药物滥用和福祉的理解, 以及支持解决这些影响并增强青年弹性的计划。

3. 海洋生态系统监测不断推进

在 6 个国家(加拿大、中国、日本、韩国、俄罗斯和美国)的共同努力下, 2016 年 6 月—2017 年 10 月期间完成了 DBO 的全面调查。此外, 建立了一个由来自 6 个国家的 17 位北极科学家和一位概念艺术家组成的国际智库, 提出了海洋生态系统的统一泛北极观点。

4. 协调国际北极生态系统和社会生态系统研究

协调由美国、加拿大和欧洲其他政府和非政府组织资助的项目, 旨在研究环境变化及其对北极地区社会生态系统的影响, 主要包括阿拉斯加、育空、努纳武特和西北地区。

5. 观测和建模研究人员加强协作

通过观测和建模研究人员加强协作, 为计算机模型提供了有约束价值的多个大型观测数据, 制作了用于研究环境的地球系统数据记录、格陵兰冰盖终点和冰速、各种 NASA 冰桥行动冰盖和

海冰数据集以及北极数字高程模型。

6. 推动各国达成北极科学合作研究共识

2016 年 9 月 28 日, 首届白宫北极科学部长级会议在美国华盛顿召开。包括北极八国和北极研究主要国家在内的 25 个国家和地区派出高级别代表团出席会议。会议聚焦 4 个主题: 北极面临的挑战及对当地和全球的影响; 加强和集成北极观测网络与数据共享; 应用新的科学发现增强北极适应能力, 推动全球应对气候变化; 以北极科学推动当地理工数学教育, 提升公民素质。会议达成并签署了《部长联合声明》^[36], 旨在凝聚各国加强北极科学合作的政治共识, 并围绕各主题确定了 15 项技术成果和倡议。

3.3.3 2018—2019 年期间

1. 提高北极居民的福祉

2018 年和 2019 年夏季野火给居民的健康和福祉带来了重大风险。多个 IARPC 协作团队共同努力, 评估了北极社区对野火烟雾及其健康影响的暴露程度、脆弱性和复原力。有害的藻华对阿拉斯加北极沿海社区构成威胁, IARPC 环境情报协作团队在 2018 年和 2019 年促进了协调的研究巡航和社区抽样工作, 解决了对测试自然资源和生活食品中藻毒素的信息以及通过野生食物消费对人类健康的潜在影响的信息需求。

2. 加强对北极环境的管理

白令海的海冰减少对海洋生态系统和依赖海冰的沿海社区产生了重大影响。因此, IARPC 成立了白令海行动小组, 负责记录不断变化的海冰和海洋生态系统, 协调研究巡航和观测活动, 为各种利益攸关方改进海冰预报和通知系统, 并确定决策支持需求。

3. 加强国家和地区安全

IARPC 开展了北冰洋分层海洋动力学(Stratified Ocean Dynamics in the Arctic, SODA)项目和北极观测系统子小组(Arctic Observing Systems Sub-Team, AOSST)工作。SODA 项目后期提升成为 SODA+, 着重于测量海洋浮力、动量和热量 3 个属性, 旨在了解阿拉斯加以北的波弗特海的海冰、水分层和环流以及声学的变化和相互作用的系统。

4. 增进对北极作为地球组成部分的了解

2018 年 5 月, 美国和德国联合发射了 GRA-

CE FO 卫星。相关卫星数据对于了解北极冰川、冰盖和格陵兰冰盖在海平面变化中的作用、北极海冰减少的影响和对地球中纬度地区天气的影响等关键问题至关重要。IARPC 还在关注北极多年冻土的升温和融化、土壤碳含量,以及二氧化碳和甲烷等气体被释放到北极和亚北极大气中的前景。

4 2019—2021 年研究目标及未来新兴方向

4.1 研究目标及建议

目前, IARPC 已经着手准备新一轮(2022—2026 年)的北极研究计划。虽然相关内容暂未发布,但是,据《北极研究政策法》要求, IARPC 活动与美国北极研究委员会(USARC)提出的建议保持一致,该委员会每两年发布一次目标报告。在实施《2017—2021 年北极研究计划》的过程中, USARC 最新的《2019—2021 年北极研究目标与宗旨》^[37]于 2019 年发布,也为新一轮的北极研究计划指明了前景方向,主要包括以下内容。

1. 推进北极基础设施建设

北极的交通、建筑、通讯、公用事业和能源运输等基础设施,是北极人类活动的必要前提。70%的北极基础设施都位于近地表多年冻土层之上,在未来的 30 年里,这些冻土层将会融化。即使达成了《巴黎协定》的气候变化目标,这种情况仍有可能发生。基于对环境条件的充分研究,了解它们随时间的变化,及时采取防治措施可以减少基础设施的破坏和成本。USARC 建议:①未来应该资助北极基础设施工程设计示范项目;工程师和规划者需要决策支持工具,定期更新信息,以便在快速变化的北极环境中规划、设计和建设基础设施,这些工具将取代过时的规划工具,指导文件将通过降低成本增加工程价值,并可能成为为非北极地区设计的工具的原型;②将工程研究项目的知识转化为设计指导文件;③通过联邦政府与私营部门的伙伴关系,以及与阿拉斯加州、地方和部落当局的合作,通过国会听证会和海洋运输系统跨部门委员会确定北极海洋基础设施的需求,重点领域包括港口、航道、实体和信息基础设施、响应服务(例如,搜索和救援、环境响应)和船舶;④资助海岸警卫队极地警备队破

冰船的建设,这些破冰船对满足包括研究在内的国家需求至关重要。

2. 评估北极自然资源

随着北极地区的需求日益增加,以及全球对资源的需求不断增长,决策者需要大量的信息,保证其能够在资源使用方面做出明智的选择。USARC 建议:①支持美国地质调查局的工作,以更好地了解阿拉斯加北坡的油气潜力,并着眼于外部大陆架区域之外和大陆坡下存在的石油系统,并与能源部合作,通过生产测试现场实验确定天然气水合物的资源潜力;②鼓励能源部全面实施其 10 年北极可再生能源计划;③鼓励美国地质调查局进行详细的地质制图,以更好地了解矿产的分布和资源潜力,并开发用于矿物资源分析的新数据库;④支持在白令海和白令海峡以北进行额外的拖网调查,以根据不断变化的人口地点评估鱼类资源,并继续开发针对无法拖网的栖息地的照相机调查技术;⑤鼓励负责开展海洋和陆地哺乳动物普查的机构采用先进技术,例如无人驾驶飞机系统,以改进评估。

3. 观测、理解和预测环境变化

北极地区迅速而广泛的变化正在重新定义生态系统、地貌和社区,以及经济 and 地缘政治利益。需要更多的知识和对北极环境变化的成因和后果的了解,才能为决策和行动提供依据。为此, USARC 建议:①未来应该更好地了解北极湿地中二氧化碳和甲烷的产生和通量,以改善气候预测;②通过科学家和土著知识所有者的知识共同改善物种管理;③记录关键候鸟中转区的使用和脆弱性;④根据人口规模、范围、行为和健康状况,开发评估北极物种状况的简化框架,以此作为保护和管理工作的依据;⑤支持采用可移动阵列(Transportable Array, TA)地震台站,标准 TA 台站包括大气传感器,可传输天气观测和自然灾害信息;⑥支持有关气候地球工程的基础研究,并进一步考虑道德和治理问题以及地球工程政策;⑦推进“归因科学”,努力从科学上将人为造成的全球变暖与自然气候波动在引起个别极端天气事件中的作用区分开来,以帮助规划人员了解随着气候变暖,哪些极端事件可能会增加;⑧将持续的北极观测网络的一般概念扩展到一个完整的运行系统中,该系统可提供更多及时的数据访

问、重要信息和科学研究的衍生产品以及运营情报和决策支持的访问权限; ⑨收集有关商业鱼类物种生态的更多数据, 以更好地了解海域变暖的生长和移动。

4. 改善社区健康和福祉

北极健康研究通常是由差异驱动的, 这种差异是指人群之间在健康和医疗保健方面的差异, 为了改善北极所有人民的生活质量, 需要开展更多工作来确定、纠正和减轻差距。USARC 建议: ①未来科学家应与当地居民合作, 共同设计研究项目, 并通过收集和整合基于社区的观察和见解来共同生产知识; ②收集有关阿拉斯加土著语言状况的数据, 以评估教授阿拉斯加土著语言计划的有效性, 为监测“阿拉斯加本地语言”状态的社区在线数据库提供支持; ③开发阿拉斯加自杀监测模型, 有助于识别并提供早期干预方法, 以供农村社区使用; ④改善阿拉斯加的心理和行为卫生服务人员的能力, 并针对所需的精神卫生保健提供者的数量和类型建立针对阿拉斯加的具体估算; ⑤创建具有研究依据的替代方法, 以在偏远地区提供包括远程医疗在内的心理治疗; ⑥更好地了解、预测和监控因气候变化而可能出现或扩展的新兴病原体及过程; ⑦调查缺乏饮用水的家庭遭受的冲击, 包括其直接和间接的经济影响。

5. 加强北极地区的国际科学合作

数据的生成, 可靠地获取科学信息以及结果的综合, 对于理解北极地区、可持续发展以及建立健康社区至关重要。对信息和跨学科研究结果的需求不断增加也对北极国家和利益攸关方构成了挑战。为此, USARC 建议: ①实施《北冰洋中央渔业协定》, 与各缔约方建立持久的海洋科学组织, 促进以北极为重点的生态系统科学, 并实现该协定的联合计划; ②实施《北极科学合作协议》, 加强国际北极科学合作协定, 以改善科学家、设备和数据的跨境访问, 与其他缔约方合作, 制定协商和解决争端的程序; ③加强双边和多边研究合作: 美国应寻求机会加强与俄罗斯、加拿大之间的双边研究合作, 领域包括生态系统、海洋研究和长期监测。

4.2 北极研究新兴方向

《2019—2021年北极研究目标与宗旨》提出

了未来北极研究的新兴方向。

1. 合作生产知识。通过将科学和土著知识融合在一起, 可以全面了解不断发展的北极。知识的共同产生涉及科学家和北极土著人民, 应以相互尊重、合乎道德和负责任的方式参与。需要进行研究以确定如何有效地考虑这些观点。鼓励研究发起人审查他们对实质性社区和利益相关方参与的投资, 以建立基于证据的指导, 这对于进一步改进该过程至关重要。

2. 北极无人机。无人驾驶飞机系统的技术进步以及将其安全纳入美国领空的监管努力, 正在迅速改善北极的研究。阿拉斯加无人飞机系统集成中心促进了无人机的使用, 以调查工厂和动物、协助溢油应急、检查管道和其他基础设施以及绘制海冰和地形图。俄罗斯卡拉什尼科夫最新的无人机已经实现在零下的温度下执行长达 250 分钟的侦察任务, 并通过机载自动识别系统识别 60 英里外的船只。

3. 变暖和酸化水中的北极鳕鱼。气候变化正在使北冰洋变暖和酸化, 影响了北极鳕鱼产卵栖息地的生存和适宜性, 对其造成了双重打击。鳕鱼只在冷水中产卵, 并出现在冬季和春季, 水温通常在 29.5~31.6 华氏度之间, 这种温度依赖性使该物种易受变暖的水的影响。海洋酸化通过降解产卵栖息地进一步挑战这些鱼类的生存, 从而降低了卵的存活率。北极水域的持续升温可能会导致目前不适合用于北极鳕鱼产卵的大面积区域, 这可能会影响北极食物网和相关的生态系统服务。

5 启示

1. 北极地区战略地位提升正在深刻影响北极科学研究未来方向

自然环境变化导致气候变暖、冰雪消融加剧, 不仅使得北极地区无法重回大规模冰封状态, 也使得世界大国对北极地区的关注日渐提升, 北极地区正在成为部分世界大国的政治“逐鹿场”。这种战略地位的提升也使各国对更进一步地了解和认知北极提出了需求。面向北极的气候、环境、资源、海洋、生物、生态、地质等多个领域的综合研究也正在成为各国的焦点, 服务于各国北极多维度利益的科学研究将是未来北极研究的主要

方向。

2. 多机构合作将是未来北极研究的重要方式

随着北极科学部长级会议及《部长联合声明》的签署,凝聚加强多国合作研究成为当前北极研究的主流趋势。北极地区的自然条件限制及资源、数据获取的困难程度也决定了开展北极研究需要多方合作。美国依托跨部门北极研究政策委员会、美国北极研究委员会等多种组织机构顺利打通了各机构间壁垒,实现了北极研究的机构间合理分工和系统合作,这些合作也在 2013—2019 年期间两项大科学计划的实施进展中得到了充分体现。因此,我国在开展类似大规模科研工作中,也应系统布局,全盘考虑,注重不同机构间的合作体制机制建设。

3. 多系统、跨学科、综合性研究是美国目前北极研究的主要思路

2013 年以来,美国面向北极的 2 个五年计划均设置了明确的研究任务,并随着北极研究的不断深入,对计划的内容和方向进行了调整与创新,强调以更加系统的科学思维开展北极研究。例如,海洋生态系统任务中,强调对海洋生态系统结构、功能及其在气候系统中所发挥作用的认知,

这一任务强调了对生态系统、海洋系统、气候系统以及人类社会多个研究体系的跨学科综合分析,实现了从认知、理解、反馈、预测、决策的科学研究全流程掌控。这种研究思路也在包括海冰、冰川与海平面、多年冻土、陆地生态系统等多个研究任务布局中有所体现,并已经取得了一些成就,相关经验值得我们学习和借鉴。

4. 设计布局面向北极科学问题研究的重大科学计划对我国北极利益有利

我国作为北极的利益攸关方,在北极地区拥有科学研究、气候环境、资源开发等利益,因此,设计布局面向北极科学问题研究的重大科学计划将有助于我国在北极地区增强有效存在,实现国家利益,并且树立负责任大国形象。此外,虽然当前中美关系处于竞争格局,但是作为世界科研大国,中美两国在多个领域研究能力方面均处于世界领先地位,在北极科学问题研究中存在许多合作潜能。因此,我国在重视同美国等环北极国家在北极研究中的合作的同时,还应继续加强对北极地区的科学布局,加大对我国在北极地区研究项目的支持力度,提升我国北极研究的科研水平和能力。

参考文献

- 1 史春林. 北冰洋航线开通对中国经济发展的作用及中国利用对策[J]. 经济问题探索, 2010(8): 47-52.
- 2 唐国强. 北极问题与中国的政策[J]. 国际问题研究, 2013(1): 15-25.
- 3 邹志强. 北极航道对全球能源贸易格局的影响[J]. 南京政治学院学报, 2014, 30(1): 75-80.
- 4 杜德斌, 段德忠, 刘承良, 等. 1990 年以来中国地理学之地缘政治学研究进展[J]. 地理研究, 2015, 34(2): 199-212.
- 5 陆俊元. 北极地缘政治与中国应对[M]. 北京: 时事出版社, 2010.
- 6 陆俊元, 张侠. 中国北极权益与政策研究[M]. 北京: 时事出版社, 2016.
- 7 北极问题研究编写组. 北极问题研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2011.
- 8 陆俊元. 北极环境变化对中国的战略影响分析[J]. 人文地理, 2014, 29(4): 98-103.
- 9 傅梦孜. 析美国北极战略大转向[N]. 中国海洋报, 2019-08-20(2).
- 10 曹升生. 丹麦的北极战略[J]. 江南社会学院学报, 2011, 13(2): 32-35.
- 11 曹升生, 郭飞飞. 瑞典的北极战略[J]. 江南社会学院学报, 2014, 16(4): 50-54.
- 12 赵宁宁, 周菲. 英国北极政策的演进、特点及其对中国的启示[J]. 国际论坛, 2016, 18(3): 18-23.
- 13 张丽娟, 许文. 主要国家北极研发政策对比分析[J]. 全球科技经济瞭望, 2017, 32(3): 6-13.
- 14 孙凯, 吴昊. 芬兰北极政策的战略规划与未来走向[J]. 国际论坛, 2017, 19(4): 19-23.
- 15 程保志. 欧盟北极政策实践及其对中国的启示[J]. 湖北警官学院学报, 2017, 30(6): 87-92.
- 16 邹鑫. 试析日本北极战略新态势[J]. 国际研究参考, 2019(4): 15-20.
- 17 中华人民共和国国务院新闻办公室. 《中国的北极政策》白皮书[EB/OL]. 2018-1-26[2020-04-02]. <http://www.scio.gov.cn/ztk/dtzt/37868/37869/37871/Document/1618207/1618207.htm>.

- 18 IARPC. Arctic Research Plan FY2017-2021[EB/OL]. (2016-12-09)[2019-09-01]. https://www.iarpcollaborations.org/uploads/cms/documents/iarpc_arctic_research_plan_2017-2021.pdf.
- 19 Executive Office of the President, National Science and Technology Council. Arctic Research Plan FY2013-2017 [EB/OL]. (2013-02)[2019-09-01]. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/2013_arctic_research_plan_0.pdf.
- 20 NSF. Arctic Research and Policy Act of 1984 (amended 1990)[EB/OL]. (1984-07-01)[2020-04-02]. https://www.nsf.gov/geo/opp/arctic/iarpc/arc_res_pol_act.jspf.
- 21 孙凯, 杨松霖. 奥巴马第二任期美国北极政策的调整及其影响[J]. 太平洋学报, 2016, 24(12): 31-41.
- 22 National Strategy for the Arctic Region[EB/OL]. (2013-05-10)[2020-04-02]. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/docs/nat_arctic_strategy.pdf.
- 23 Department of the Navy. U.S. Navy Arctic Roadmap[EB/OL]. (2009-11-10)[2020-04-02]. <https://climateandsecurity.org/wp-content/uploads/2020/07/us-navy-arctic-roadmap-nov-2009.pdf>.
- 24 NOAA. NOAA's Arctic Vision & Strategy[EB/OL]. (2011-02-01)[2020-04-02]. https://www.pmel.noaa.gov/arctic-zone/docs/NOAAArctic_V_S_2011.pdf.
- 25 The White House. Implementation Plan for The National Strategy for the Arctic Region[EB/OL]. (2013-11-01)[2020-04-02]. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/docs/implementation_plan_for_the_national_strategy_for_the_arctic_region_-_fi....pdf.
- 26 AESC. 2015 Year in Review—Progress Report on the Implementation of the National Strategy for the Arctic Region[EB/OL]. (2016-03-15)[2020-04-02]. <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/whitehouse.gov/files/documents/Progress%20Report%20on%20the%20Implementation%20of%20the%20National%20Strategy%20for%20the%20Arctic%20Region.pdf>.
- 27 杨松霖. 特朗普政府的北极政策[J]. 国际研究参考, 2018(1): 1-9.
- 28 NOAA. NOAA's Arctic Vision and strategy[EB/OL]. (2011-02-04)[2019-09-01]. https://www.pmel.noaa.gov/arctic-zone/docs/NOAA-Arctic_V_S_2011.pdf.
- 29 NOAA. Arctic Action Plan[EB/OL]. (2014-04-17)[2020-04-02]. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7503/-NOAA_Arctic_Action_Plan-2014NOAAarcticactionplan2014.pdf.pdf?sequence=3&%3BisAllowed=.
- 30 NOAA. U.S. Arctic Nautical Charting Plan[EB/OL]. (2015-06-05)[2020-04-20]. https://legacy.iho.int/mtg_docs/rhc/ArHC/ArHC5/US_Arctic_Nautical_Charting_Plan_2015.10.20%20nn.pdf.
- 31 IARPC. About IARPC[EB/OL]. (2020-04-20)[2020-04-20]. <https://www.iarpcollaborations.org/about.html>.
- 32 USARC. About USARC[EB/OL]. (2020-04-20)[2020-04-20]. https://www.arctic.gov/about_usarc.html.
- 33 国际极地与海洋门户. 北极执行指导委员会(AESC)成立一周年: 协调美国行动应对北极挑战[EB/OL]. (2016-02-04)[2019-09-03]. <http://www.polaroceanportal.com/article/711>.
- 34 OPP. About OPP[EB/OL]. (2020-04-20)[2020-04-20]. <https://www.nsf.gov/geo/opp/about.jsp>.
- 35 王佳存. 美国 2013—2017 年北极研究计划[J]. 全球科技经济瞭望, 2013, 28(9): 17-22.
- 36 The White House. Joint Statement of Ministers[EB/OL]. (2016.09.28)[2019-09-03]. <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2016/09/28/joint-statement-ministers>.
- 37 USARC. Report on the Goals and Objectives for Arctic Research 2019-2020[EB/OL]. (2019-04-04)[2019-09-01]. https://www.arctic.gov/uploads/assets/usarc_goals_2019-2020.pdf.

U.S. ARCTIC RESEARCH BIG SCIENCE PROGRAM AND ITS PROGRESS DURING 2013—2019

Liu Wenhao^{1,2}, Zheng Junwei¹, Zhao Jidong¹, Yang Zongxi³

¹ Northwest Institute of Eco-Environment and Resources,
Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

² University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

³ Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China)

Abstract

The Arctic region is rich in resources and has great strategic significance. Currently, many countries, and notably the United States, have deployed big science programs aimed at laying the foundations for their future Arctic strategies. Therefore, China needs to thoroughly understand the content of the major science programs of key countries in the Arctic region. To provide support for China's research deployment in the Arctic region, this study analyzes the main content and implementation process of the U.S. *Arctic Research Plan FY2013–2017* and *Arctic Research Plan FY2017–2021*. We identify future targets and emerging directions, and summarize the main characteristics of U.S. Arctic research big programs.

Keywords Arctic, big science programs, U.S., strategic planning