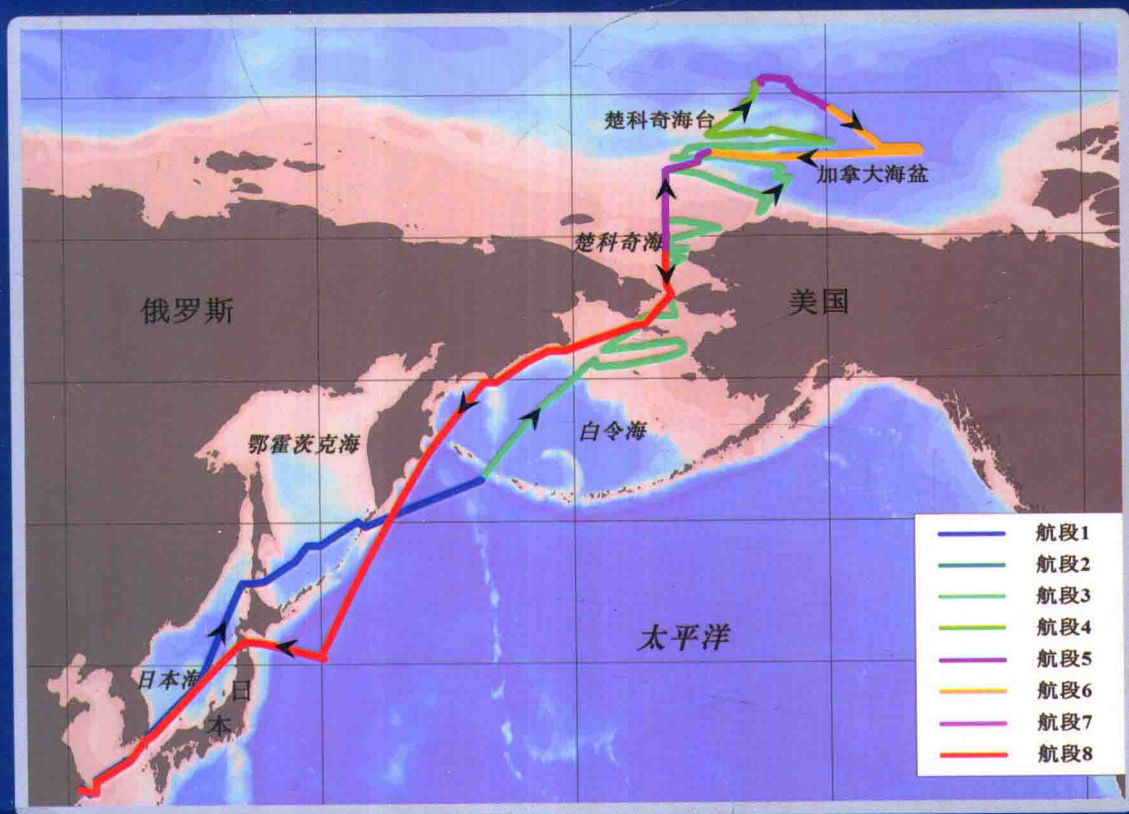


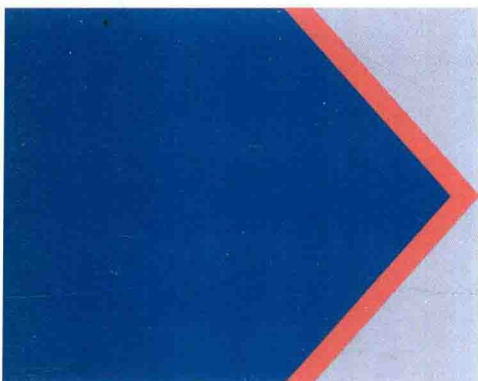


THE REPORT OF 2014
CHINESE ARCTIC RESEARCH EXPEDITION

中国第六次 北极科学考察报告

潘增弟 主编





中国第六次 北极科学考察报告



THE REPORT OF 2014 CHINESE ARCTIC RESEARCH EXPEDITION

潘增弟 主编



海洋出版社

2015年·北京

图书在版编目(CIP)数据

中国第六次北极科学考察报告 / 潘增弟主编. — 北京: 海洋出版社, 2015.12

ISBN 978-7-5027-9297-8

I. ① 中… II. ① 潘… III. ① 北极 - 考察报告 - 中国
IV. ① N816.62

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第283962号

责任编辑: 白 燕 王 溪

责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编: 100081

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店经销

2015年12月第1版 2015年12月北京第1次印刷

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 19.5

字数: 460千字 定价: 120.00元

发行部: 010-62132549 邮购部: 010-68038093 总编室: 010-62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换



编写组

THE REPORT

2014 CHINESE ARCTIC RESEARCH EXPEDITION

主 编：潘增弟

编 委：刘 娜 刘焱光 曲探宙 李 涛
雷瑞波 张 涛 庄燕培 林 凌
金 波 徐世杰 李丙瑞 顾海峰
郝 铨 李志强 丁明虎 叶黎明
董林森 李海东 华清峰 钟指挥
田忠翔 祁 第 李玉红 马新东
黄丁勇 林俊辉 刘晨临 徐志强
崔鹏飞 何 琰 林丽娜



序言 I

THE REPORT

2014 CHINESE ARCTIC RESEARCH EXPEDITION

公元 2014 年,即农历甲午马年,中国第六次北极科学考察队乘“雪龙”号极地考察船于 7 月 11 日从上海起航,风雪兼程,顽强拼搏,历经 76 天,逾 22 000 千米航程,在安全、顺利、圆满完成各项考察任务后,于 9 月 24 日返回上海中国极地考察国内基地码头。本次考察是“南北极环境综合考察与评估”专项的第二个北极科考航次,也是我国成为北极理事会观察员国后实施的首次极地科学考察。考察队紧紧围绕“北极快速变化及其对我国气候的影响”这一主题,科学计划,精心组织,克服恶劣天气和北冰洋考察区域冰情较常年偏重等不利因素,完成了多项具有突破性意义和科学影响的考察活动,取得了突出成绩,推动我国北极科考事业再上新台阶。

党的十八大报告明确提出“提高海洋资源开发能力,发展海洋经济,保护海洋生态环境,坚决维护国家海洋权益,建设海洋强国”的宏伟目标,凸显了做好海洋工作的紧迫感、责任感和使命感,同时也要求海洋工作者要付出长期不懈的艰苦努力。自 1999 年我国首次组织实施北极科学考察以来,至 2014 年已经在白令海和北冰洋太平洋扇区成功实施了 6 次多学科综合考察,取得了一大批令人瞩目的考察成果。中国第六次北极科学考察时值中华人民共和国成立 65 周年,也恰逢我国开展南极考察 30 周年,北极考察 15 周年,北极建站 10 周年,也是我国实施极地考察“十二五”规划的关键一年。在国家海洋局的坚强领导下,在极地考察办公室的精心指挥和中国极地研究中心的大力保障下,在各考察任务参与单位的大力支持下,考察队临时党委团结并带领全体考察队员,弘扬“爱国、拼搏、求实、创新”的极地精神,在白令海、楚科奇海、加拿大海盆等海域完成了 90 个站位、7 个短期冰站、1 个长期冰站的船基和冰基多学科综合考察,获得了大量的观测资料和样品。

中国第六次北极科学考察队由来自国内外 32 家单位的 128 名队员组成,其中包括来自美国、俄罗斯、德国、法国和我国台湾地区的 7 位科学家。全体考察队员精诚合作,同舟共济,在白令海盆成功布放了我国首套锚碇观测浮标,首次开展了海冰浮标阵列协同观测和浮冰区近海底磁力测量,并通过国际合作,首次利用“雪龙”船平台在加拿大海盆布放了 3 套深水冰拖曳浮标。本航次取得的这些成果,对于深入开展北极生态、环境和气候变化效应研究,提升我国极地考察与研究水平和国际影响,建设海洋强国,具有非常重要的科学价值和现实意义。

为全面总结此次现场考察任务完成情况,向关心和支持我国极地科考事业的祖国和人民汇报考察工作取得的进展和成果,并为我们继续深入开展北极地区科学考察提供借鉴和经验,在“雪龙”船和考察队各学科组的共同努力下,编写完成了本册《中国第六次北极科学考察报告》。

当前,我国正在推进海上丝绸之路建设和海洋强国建设,极地科学考察事业正面临实现跨越发展的难得机遇。希望广大极地考察工作者进一步明确肩负的历史使命,继续弘扬极地精神,勇于改革创新,大胆探索实践,造就一支作风顽强、业务精湛的科考队伍,为更加深入地了解北极,认识北极,更加广泛地参与北极事务做出新的更大的贡献。

国家海洋局副局长

陈连增

2015年1月

序言 II

地球的南北极，是人类家园中不可或缺的组成部分，尽管距离我们遥远，但与人类社会的生存与发展息息相关。探索研究全球气候变化这一时代命题，离不开对地球两极地区的全面深入研究。因为，那里蕴含着地球演化过程中众多的科学奥秘，那里丰富的科学资源与自然资源，对人类社会的可持续发展有着重要意义。作为近北极国家，北极气候变暖对我国环境、气候有着重要的影响，北极航道的开通以及北极资源的开发也将给我国的社会经济发展带来机遇和挑战。因此，探索北极，认知北极，促进北极的和平与可持续发展，关乎我国未来的可持续发展，也是建设海洋强国的重要举措，具有重大意义。

中国第六次北极科学考察队暨“雪龙”号科学考察船自上海出发，于2014年7月11日至9月24日，前往北极白令海、楚科奇海、加拿大海盆地区执行科学考察任务。来自国内外32个单位的128名考察队员，历时76天，行程约22 000千米，围绕“北极快速变化及其对我国气候的影响”这一主题，开展了海洋水文与气象、海洋化学、海洋生物与生态、海洋地质、海洋地球物理、海冰动力学与热力学等学科领域的考察，为“南北极环境综合考察”专项的深入研究，获取了大量第一手宝贵的基础资料。经过全体考察队员的共同拼搏和努力，安全、顺利、圆满、超计划完成了本次北极科学考察任务。

本航次不仅取得了丰硕的考察成果，在航次考察计划制订、现场组织实施、国际合作、科考数据和样品共享、航次质量监控等方面，也取得了新的突破。不仅为今后开展北极科学研究奠定了良好的基础，同时也为未来更加科学、高效、安全地组织开展极地科学考察积累了宝贵的经验。

《中国第六次北极科学考察报告》作为本次科学考察的成果之一，全面、真实地记录了本次科学考察的现场工作情况，总结了考察的初步成果。除文字外，大量现场图片也尽可能地传递现场工作和环境的信息。报告反映了考察的基本情况，是北极科考宝贵的第一手资料。

作为本次北极科学考察队的临时党委书记和领队，在此特别感谢中国第六次北极科学考察队全体考察队员和“雪龙”号科学考察船全体船员，感谢大家为完成考察任务所付出的辛勤劳动与汗水。同时向给予本次科学考察大力支持的专家、领导、组织管理单位和本次考察的参加单位表示衷心的感谢！

中国第六次北极科学考察队领队 曲探宙

2015年1月

被永久冰盖和海冰常年覆盖的南北两极是地球的两个冷极，也是地球气候系统的重要组成部分和调节器，是全球变化中最显著、响应最敏感的区域，也是研究地球气候系统的关键区域。两极地区大气、冰雪、海洋、陆地和生物等多圈层的相互作用过程，对现代与过去的全球气候变化有着极其重要的作用和影响。近年来，“南北两极‘跷跷板’式消长关系”理论正在挑战传统意义上“北大西洋深层水是全球气候系统变化触发机制”的假设，详细了解两极地区的气候演变过程也就成为了气候变化研究的迫切需求。

北极地区因冰雪、冰川、海冰和大陆冰盖覆盖面积大，反射率高，反射太阳辐射能力是开放大洋的 5 ~ 10 倍。大量研究表明，大气—海冰—海洋之间的正反馈效应会使全球气候变化在北极放大，甚至北极地区自身微小的变化也会通过这些反馈而扩大，因此，北极气候变化堪称全球气候变化的风向标。过去 200 万年以来北极气候的自然变化一直存在，尤其是过去 2 万年内其变化极不稳定，存在着剧烈的快速气候变化，特别是最近几十年内气温快速升高。虽然，400 ~ 1000 年前，北极地区经历了气候特别寒冷的时期，大量的证据显示这一时期冰川延伸至威斯康星冰期后的最大范围。自 1750 年以来，北极地区气候在人类活动的影响下总体呈现增暖的趋势，过去 100 年间（1906—2005 年）地球表面温度提高了 0.74℃，而北极地区升高幅度则是其他地区的 2 倍。过去 50 年间，阿拉斯加和西伯利亚的年平均气温上升了 2 ~ 3℃，阿拉斯加和加拿大西部冬季气温更是平均上升了 2.78 ~ 3.89℃。这也直接导致了北冰洋洋面上的浮冰覆盖面积不断减少，北美洲东北部格陵兰岛上的冰层逐渐融化，灌木丛开始向阿拉斯加地区的冻土地带蔓延生长，永久冻土带也有加速融化的迹象。上述的各种变化都会对全球气候和生态系统带来巨大的影响。过去 20 年间，北极地区的冰层融化导致全球海平面平均上升了约 7.62 cm；降水量和径流量的增加可引起北冰洋海水淡化，降低深层水的形成速率，从而影响到全球的热盐循环；气温上升，植物生长季延长，也会导致生态系统中动植物群落组成的改变，同时气候变暖也会改变陆地和海洋生物迁徙路线，由此影响土著居民的生活。

北极气候系统的快速变化又可以通过全球大气、海洋环流的径向热传输与中纬度甚至低纬度地区紧密联系在一起。自 1970 年开始，欧亚和北美地区极端气候环境过程极有可能与北极涛动的变化紧密相关。2009 年冬季亚洲北部、美国东部、欧洲等北半球地区遭遇罕见严寒，2010 年 1 月寒潮和暴风雪强烈袭击北半球，2012 年年末亚欧大陆出现的极寒天气，2015 年年初美国东海岸更是迎来了可能是近 200 年以来最严重的暴风雪袭击，这些都可能与北极地区气温升高有关。我国作为近北极国家，北极气候环境变化对我国气候有着更直接的影响，与我国的工农业生产、经济活动和人民生活息息相关。已有证据显示，2008 年冬季我国北方干旱少雨，南方却出现冰雪灾害；2009 年北方频繁的雨雪天气和南方五省出现的干旱；2012 年底至 2013 年初，东北的气温创 45 年来历史同期最低，都可能与北极海冰的变化和北极涛动的异常存在遥相关。

北极地区茫茫的冰雪下面蕴藏着丰富的油气、矿产、生物和淡水等资源，各类资源的开发利用方兴未艾，特别是海冰的加速融化使得北极资源的价值和开发前景日益突出，极大地刺激了环北极各国对其资源的争夺和开发利用，北极的战略地位迅速提高，业已成为当今国际政治、经济、科技和军事竞争的重要舞台。北冰洋沿岸的加拿大、俄罗斯、美国、丹麦和挪威等国纷纷采取在北冰洋海底插旗、修建基础设施、勘探资源以及加强军事存在等措施扩大其北极利益。2014 年年底，丹麦政府以其属地格陵兰岛与北极圈的“重要关联”为由，正式向联合国提出对格陵兰海岸线以外

90 × 10⁴ km² 的区域的主权要求,这一区域的面积是其领土面积的近 20 倍。舆论认为,丹麦的这一举动势必导致有关北极资源的争端更加白热化,环北极国家的“北极大博弈”也将是一场漫长的“拔河比赛”。

也正是由于北极地区集特殊的地理区位、独特的自然环境、丰富的自然资源以及复杂的地缘政治关系于一身,才彰显了其非常重要的科研价值。国际北极科学考察与研究已有上百年的历史,几乎涉及全部的科学领域。目前,在适合考察活动的季节,各国的科考船都会不约而同地出现在北冰洋的不同区域开展考察和实验,拉开每年的北极科学考察的大幕,凸显北极科考的热点地位。一些重大的国际研究计划,如世界气候研究计划(WCRP)、国际地圈—生物圈研究计划(IGBP)、国际大洋钻探计划(ODP/IODP)、国际极地年等也都将北极作为关键地区,并制订有详细的北极研究计划。国际北极科学委员会发起的 2015 年“北极科研计划第三次国际会议(ICARP III)”将形成今后 10 年北极研究重点框架,并为相关国家、机构决策者和北极地区居民提供信息和服务。

我国的北极科学考察开展得较晚,但发展很快。自 1999 年我国首次组织实施以我为主北极科学考察以来,已成功实施了 5 次多学科综合考察,在白令海和北冰洋太平洋扇区开展了系统的有关海洋环境变化和海—冰—气系统变化过程的关键要素考察与观测,取得了令人瞩目的考察成果。2012 年在我国第五次北极科学考察期间,“雪龙”船首航北极航道,完成我国首次跨越北冰洋的科学考察任务,也开启了我国大型船舶航行北冰洋东北航线的先例,极大地促进了我国航运公司进行欧洲北部商业航线的开发与尝试。2012 年,经国务院批准,我国极地研究领域近 30 年来规模最大的极地专项——“南北极环境综合考察与评估”专项开始实施,这是中国极地事业发展新的里程碑,标志着我国的北极科学考察与研究进入跨越式发展新阶段。

作为“南北极环境综合考察与评估”专项实施以来开展的第二个北极科学考察航次,2014 年 7 月 11 日,我国第六次北极科学考察队搭乘“雪龙”船从上海出发,一路向北挺进北冰洋,开展以“北极快速变化及其对我国气候的影响”为主题的大气—海冰—海洋综合考察。考察队克服了恶劣天气和北冰洋海冰较常年偏重等不利因素的影响,在圆满完成各项任务后,于 9 月 24 日顺利返回上海。本次考察共历时 76 天,安全航行 1 201 小时,总航程 11 858 n mile (约 22 000 km),浮冰区航行 2 586 n mile (约 4 800 km),“雪龙”船最北到达 81° 11′ 50″ N。考察队由来自国内外 32 家单位的 128 名队员组成,其中包括来自美国、俄罗斯、德国、法国和我国台湾地区的 7 位科学家。

本次考察得到了党中央国务院、国家海洋局的高度重视和大力支持,同时也得到了全国人民的热情关注。在国家海洋局极地考察办公室的精心组织和中國极地研究中心的大力保障下,在各考察任务参与单位的大力支持下,考察队临时党委团结并带领全体考察队员,针对北极的海洋环境变化和海洋生态系统响应等一些关键的科学问题,开展了船基和冰基多学科综合考察。先后在白令海、楚科奇海、楚科奇海台、北风海脊、加拿大海盆等海域完成 12 条断面 90 个站位的物理海洋与海洋气象、海洋地质、海洋化学与生物生态定点综合考察,海洋地球物理考察完成 5 条测线总长度超过 1 300 km 的近海底磁力、拖曳式地磁和反射地震探测,开展全程海洋重力和表层海水多要素走航观测,实施了 7 个短期冰站和 1 个长期冰站的冰基海—冰—气界面多要素立体协同观测,获得了一大批有价值的考察数据和样品,可为我国科学家更好地探索北极,认知北极,探索北极快速变化背景下不同气候带之间的关系,更全面地了解北极/亚北极地区不同尺度气候演变规律提供基础资料。本次考察取得的主要考察成果概述如下。

(1) 在白令海海盆成功布放了我国首套锚碇观测浮标,这对于我国科研人员获取北极高纬度海

气界面的长期观测数据,了解北极定点海气界面要素(温度、盐度、气压、风速等)变化特征,分析其对全球气候系统,特别是对我国气候变化所产生的影响具有重要意义。

(2) 首次在极地海域开展了近海底磁力测量,获得了2条测线592 km的高精度地磁探测数据,可为追踪加拿大海盆的磁条带,推断其扩张历史和形成机制提供必要的实测数据。

(3) 在冰站作业期间,依托直升机平台,通过国际合作方式,首次成功布放了深水冰拖曳浮标(ITP)3套。该浮标可用来观测冰底到冰下约800 m深处海洋的温盐剖面变化,为解决北冰洋表层太平洋海水和中层大西洋海水对北极海冰融化的作用和贡献等科学问题提供数据支撑。

(4) 首次进行了海冰浮标(海冰温度链浮标、海冰漂移浮标)阵列布放,共布放4组,合计布放海冰浮标36套。基于浮标阵列的观测数据(海冰漂移轨迹、气温、气压等),可更详细、全面地了解海冰形变过程,研究北极海冰变化特点和规律。

(5) 考察队设立随船质量监督员,由其负责组织开展随船质量监督检查工作,这在我国南北极科学考察中是首次设立。本航次严格按照《中国第六次北极科学考察现场实施计划》,对各专业考察开展了质量控制与监督管理工作,确保了航次考察各项任务安全、高效、高质量完成,满足可靠性、完整性和规范性的要求。

《中国第六次北极科学考察报告》全面总结了本次考察任务的完成情况,展示了各学科考察工作取得的主要进展和初步成果。本考察报告的编写得到了国家海洋局极地考察办公室和极地专项办公室的大力支持,在考察队各学科组的集体努力下,由潘增弟、刘娜、刘焱光、何琰、林丽娜等汇总编制完成。各章节主要编写人员如下:

第1章 中国第六次北极科学考察概况(潘增弟、刘焱光、刘娜、李丙瑞、李涛、王硕仁、张涛、庄燕培、林凌);

第2章 物理海洋和海洋气象考察(刘娜、李涛、李志强、李丙瑞、丁明虎);

第3章 海冰和冰面气象考察(雷瑞波、李丙瑞、李涛、丁明虎、田忠翔);

第4章 海洋地质考察(刘焱光、董林森、叶黎明);

第5章 海洋地球物理考察(张涛、华清峰、李海东);

第6章 海洋化学与大气化学考察(庄燕培、郝镭、祁第、李玉红、马新东);

第7章 海洋生物多样性和生态考察(林凌、顾海峰、钟指挥、黄丁勇、林俊辉、刘晨临、徐志强、郝镭、崔鹏飞);

第8章 中国第六次北极科学考察主要成果、经验及建议(潘增弟、刘焱光、徐世杰、刘娜、金波)。

本报告的出版是全体考察队员和编写人员的智慧和心血的结晶,作为本次考察的首席科学家,在报告即将出版之际,谨向参加中国第六次北极科学考察的全体同仁,向给予本次科学考察大力支持的各级领导、专家和有关组织管理单位和参加单位表示崇高的敬意和衷心的感谢!

由于时间仓促和水平所限,报告对整个考察过程的描述和总结可能不够全面和翔实,科学认识还很初步,或有不足和错误之处,敬请专家和读者给予批评指正和谅解。

中国第六次北极科学考察队

首席科学家 潘增弟

2015年1月



THE REPORT

2014 CHINESE ARCTIC RESEARCH EXPEDITION

目 录

第 1 章 中国第六次北极科学考察概况 1

1.1 背景和意义	2
1.2 科学目标	2
1.3 考察海区概况	3
1.4 考察内容、考察站位与完成工作量	5
1.5 考察队组成	6
1.6 考察日程和作业航段	7
1.7 考察支撑保障	9
1.8 航次气象和海冰预报保障	17
1.9 航次质量控制与监督管理	18
1.10 国际与地区合作	19

第 2 章 物理海洋和海洋气象考察 21

2.1 调查内容	22
2.2 调查站位	23
2.3 调查设备与分析仪器	32
2.4 考察人员及作业分工	46
2.5 完成工作量及数据与样品评价	48
2.6 观测数据初步分析	53
2.7 小 结	74

第 3 章 海冰和冰面气象考察 77

3.1 调查内容	78
3.2 调查站位	80
3.3 调查设备与分析仪器	85
3.4 考察人员及作业分工	95
3.5 完成工作量及数据与样品评价	95
3.6 观测数据初步分析	96
3.7 小 结	120

第4章 海洋地质考察..... 123

4.1 调查内容	124
4.2 调查站点设置	125
4.3 调查设备与分析仪器	127
4.4 考察人员及作业分工	128
4.5 考察完成情况	129
4.6 数据与样品评价	139
4.7 观测数据初步分析	141
4.8 小 结	144

第5章 海洋地球物理考察..... 147

5.1 调查内容	148
5.2 调查站位	148
5.3 调查设备与分析仪器	149
5.4 考察人员及分工	154
5.5 完成工作量及数据与样品评价	155
5.6 数据处理及结果	162
5.7 初步认识	169
5.8 小 结	180

第6章 海洋化学与大气化学考察..... 183

6.1 调查内容	184
6.2 调查站位	185
6.3 调查设备与分析仪器	196
6.4 考察人员及作业分工	200
6.5 完成工作量及数据与样品评价	202
6.6 观测数据初步分析	207
6.7 小 结	215

第 7 章 海洋生物多样性和生态考察..... 219

7.1 调查内容	220
7.2 调查站位	222
7.3 调查设备与分析仪器	252
7.4 考察人员及作业分工	256
7.5 考察完成情况	256
7.6 数据和样品评价	257
7.7 观测数据初步分析	259
7.8 小 结	273
附录 大型底栖生物拖网种类图谱	276

第 8 章 中国第六次北极科学考察主要成果、经验及建议..... 283

8.1 考察取得的主要成果	284
8.2 经验及建议	286

附 件 中国第六次北极科学考察人员名录

288

中国第六次北极科学考察概况

第

1

章

- 背景和意义
- 科学目标
- 考察海区概况
- 考察内容、考察站位与完成工作量
- 考察队组成
- 考察日程和作业航段
- 考察支撑保障
- 航次气象和海冰预报保障
- 航次质量控制与监督管理
- 国际与地区合作



1.1 背景和意义

南北极作为全球气候变化的敏感因子，是热盐环流的重要组成部分，物质和能量的重要交换场所，有着重要的研究意义。近年来，在全球气候变化加速的背景下，南极臭氧空洞加剧，北极海冰发生快速减退，南北极作为气候研究十分特殊而重要的区域也正在发生着重大的改变。

2014年正值我国南极考察30周年，北极建站10周年，同时也是我国成为北极理事会观察员的第一年，更是我国实施极地考察“十二五”规划的关键一年。经历了5次北极科考和30次南极科考，在南北极的物理海洋、海洋气象、海洋地质、海洋生物和海洋化学等学科领域有了进一步认识。随着人类活动对气候系统影响的日益加深，极地气候变化愈发复杂，南北极科考为北冰洋生态系统的多样性、敏感性、稳定性及其气候环境变化的响应与反馈研究、水文环境与海洋生态系统的变化趋势和程度等科学问题的研究探索都提供了考察支撑。

作为近北极国家，北极气候变暖对我国环境、气候有着重要的影响，北极航道的开通以及北极资源的开发也将给我国的社会经济发展带来机遇和挑战。因此，探索北极，认知北极，促进北极的和平与可持续发展，关乎我国未来的可持续发展，也是建设海洋强国的重要举措，既是我国的重要国际权利与义务，更是负责任大国对世界应作出的贡献，具有重大意义。

第六次北极科学考察是“南北极环境综合考察与评估”专项（以下简称“极地专项”）的组成部分，也是我国“十二五”期间第二次在北冰洋实施的科学考察工作，具有承上启下、继往开来的关键作用。

1.2 科学目标

根据极地专项的总体布局和阶段目标，中国第六次北极科学考察重点对中国传统北冰洋考察区域（北冰洋太平洋扇区的白令海、楚科奇海、楚科奇海台及加拿大海盆）进行多学科综合环境考察，系统掌握该海域海洋水文与气象、海冰、海洋地质与地球物理、海洋生物与生态、海洋化学等环境要素的分布特征和变化规律，为北极地区环境气候综合评价及油气、天然气水化合物、生物等资源潜力评估提供基础资料。中国第六次北极科学考察具体学科目标如下。

1.2.1 物理海洋与海洋气象综合考察

物理海洋与海洋气象综合考察旨在了解北冰洋以及北太平洋边缘海重点海域海洋水文、海洋气象、海冰（雪）等基本环境信息，获取调查海域海洋环境变化和海—冰—气系统变化过程的关键要素信息，建立重点海区的环境基线，为全球气候变化研究、资源开发、北极航道利用和极地海洋数据库的完善等提供基础资料和保障。

1.2.2 海冰和冰面气象考察

海冰和冰面气象考察旨在通过船基、冰基和浮标观测的方式获得海冰形态学的空间分布特性，气—冰—海相互作用的关键过程和关键参数，为研究卫星遥感相关产品提供基础数据，为开展冰—海耦合数值模拟，优化气候模式中海冰模块关键参数和过程的参数化方案奠定数据基础，为研究极区气候变化提供参考，并支撑评估北极通航潜力，服务于我国利用北极航道。

1.2.3 海洋地质考察

海洋地质考察旨在开展不同时间尺度和分辨率的沉积学和古海洋学研究工作，系统认识考察海

域的沉积特征、分布规律及沉积作用特点,重建北冰洋中心区晚第四纪以来古海洋、海冰和气候变化历史,为揭示北极和亚北极海域海洋环境变化与我国过去环境与气候变化之间的内在联系及其反馈机制提供实测资料。

1.2.4 海洋地球物理考察

海洋地球物理考察根据重力、地震和热流等地球物理资料的约束,利用近海底磁力测量得到的高精度地磁数据,追踪加拿大海盆的磁条带,推断加拿大海盆的扩张历史和形成机制。通过对楚科奇海台和加拿大海盆的地球物理综合调查,获取调查区的水深、重力、磁力、热流和地层剖面的基础数据,推断美亚盆地的初始张裂过程和张裂模式。

1.2.5 海洋化学考察

海洋化学考察以海冰快速融化下西北冰洋碳通量和营养要素生物地球化学循环如何响应为主线,旨在通过综合考察,查明西北冰洋海水化学参数、碳体系、颗粒物组成、大气化学、沉积环境参数的分布特征;利用水化学要素、生物标志物、放射性和稳定同位素示踪水团和海洋过程;了解北极地区污染物质在各介质中的分布,评价北极海洋环境的污染状况。

1.2.6 海洋生物生态考察

海洋生物生态考察旨在通过重点海域浮游生物、底栖生物等生态考察,分析各类海洋生物群落结构组成与多样性现状、关键种与资源种的分布及生态适应性,了解考察海域生态系统功能现状及在全球变化背景下的潜在变化,获得海洋生物标本和分析数据,为生态资源变化和生态建模及应用评估提供基础数据。

1.3 考察海区概况

中国第六次北极科学考察(简称“六北”科考)重点对我国历次北极科考的传统考察海域,即白令海和北冰洋—太平洋扇区的楚科奇海、楚科奇海台、北风海岭(脊)、加拿大海盆等,作业区海底地形复杂多样,既有平坦宽阔的白令海、楚科奇海浅水陆架区,也有地形起伏剧烈的海台、海脊和陆坡区,白令海盆和加拿大海盆作业海域的平均水深则都超过了 3 000 m,最大作业水深约 3 800 m 余。考察海区地理位置示意图见图 1-1。

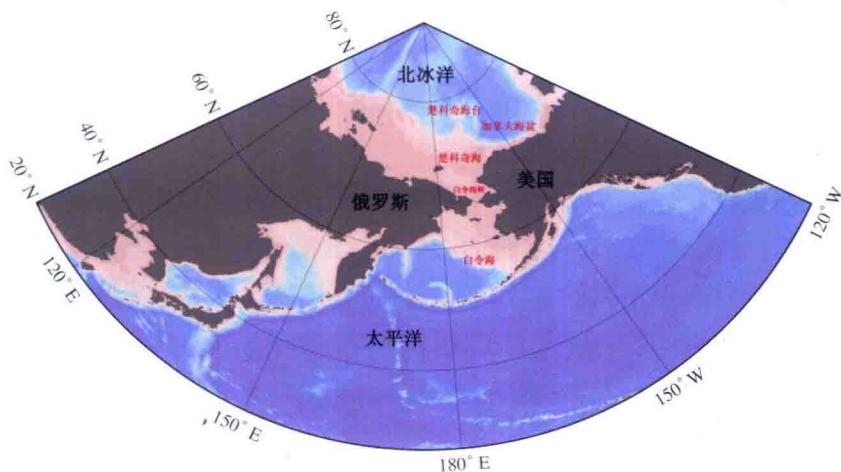


图1-1 中国第六次北极科学考察区域示意图

Fig. 1-1 Main observation areas of the 6th Chinese Arctic Research Expedition (CHINARE)

北冰洋是北极地区的主体之一，位于地球的最北端，被欧亚大陆、北美洲、格陵兰岛等陆块以及数个岛屿所环绕。北冰洋面积约 $1\,310 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占北极地区总面积的 60 % 以上，其绝大部分水域都在北极圈以北，是世界五个大洋分区中面积最小和水深最浅的一个，平均深度为 1 225 m，最大深度超过 5 500 m（位于格陵兰海东北部）。虽然有些海洋学家称之为“北极地中海”或者简称为“北极海”，将其分类为地中海或大西洋的一个海湾，但是国际海道测量组织（IHO）则将其定位为大洋。或者说，北冰洋可以被看作是全球大洋系统的最北部分。

北冰洋是全球海洋环流的重要通道，它通过白令海峡与太平洋相通，经格陵兰海与大西洋相连，而且有一部分终年被海冰所覆盖（冬季几乎全部被覆盖）。北冰洋的形状大致呈椭圆形，中央为近似梨形的深海盆，海盆周边为水浅、宽广的陆架。一般认为，北冰洋包括巴芬湾、巴伦支海、波弗特海、楚科奇海、东西伯利亚海、格陵兰海、哈得逊湾、喀拉海、拉普捷夫海、白海及其他附属水体和深水盆地。

北冰洋具有全球最为宽广的浅水陆架，包括处于加拿大北极群岛之下的加拿大北极陆架和俄罗斯北部大陆架。其中俄罗斯北部大陆架因其范围较大，有时被简称为“北极陆架”，主要由巴伦支陆架、楚科奇陆架和西伯利亚陆架三个相对独立的小型陆架组成，其中西伯利亚陆架是世界上最大的陆架。

北冰洋的洋底是由一系列近似平行的活动洋脊、海岭以及被其分隔的深水盆地组成。由欧美一侧至亚美一侧分别为南森海盆、北冰洋洋中脊、阿蒙森海盆、罗蒙诺索夫海岭、马卡罗夫海盆、门捷列夫海岭、阿尔法海岭、楚科奇海台、北风海岭和加拿大海盆等。其中，北冰洋洋中脊通过冰岛裂谷与大西洋洋中脊相连，是全球大洋中脊体系的一部分，并以低至 $0.2 \sim 0.3 \text{ cm/a}$ 的速度缓慢扩张。

北冰洋海岸线曲折且类型较多，岸线总长达 45 390 km，既有陡峭的基岩海岸及峡湾型海岸，也有磨蚀海岸、低平海岸、三角洲及潟湖型海岸和复合型海岸。北冰洋中岛屿也很多，基本上属于陆架区的大陆岛，其中最大的岛屿是格陵兰岛，最大的群岛是加拿大北极群岛，它由数百个面积不同的岛屿组成。

北极地处高纬度地区，有着独特的气候特征，夏季出现持续极昼、潮湿多雾并伴有降水、降雪，冬季出现持续极夜、气候寒冷、天空晴朗。北冰洋的海表面温度和盐度随着冰盖的融化和冻结发生季节性变化，其盐度因蒸发率低、大量河流淡水的注入以及与周边高盐度大洋水域的有限沟通和流出等缘故而成为五个大洋平均盐度最低的一个。北冰洋存在三个大的环流系统：一个是从东西伯利亚海和拉普捷夫海向西朝格陵兰方向流动；一个是在波弗特海沿顺时针旋转；一个是沿新西伯利亚群岛到丹麦海峡（格陵兰岛与冰岛之间）做直线运动。

北冰洋还是北半球海洋中寒流的主要发源地，其中以东格陵兰寒流和拉布拉多寒流势力最强，寒流带走了大量的北极浮冰、冰山和北极海域过剩的海水。北冰洋也受到北大西洋暖流的巨大影响，北大西洋暖流为其带来了大量的高温、高盐海水。

北极地区的冰雪总量只有南极的 1/10 左右，而且大部分集中在格陵兰岛厚度超过 2 000 m 的大陆性冰盖中，北极海冰、其他岛屿及周边陆地的永久性冰雪量仅占很小一部分。北冰洋表面的绝大部分终年被海冰覆盖，是地球上唯一的白色海洋，海冰平均厚度为 3 m，由于洋流的运动，北冰洋表面的海冰总在不停地漂移、裂解与融化。美国国家冰雪数据中心（NSIDC）利用卫星数据提供的北冰洋海冰覆盖的日变化记录及其与历史时期融化速率的比较结果表明，有些年份北冰洋夏季冰盖面积的缩减已达到 50 %。

北极地区的自然资源极为丰富,包括不可再生的矿产资源和化学能源,可再生的生物资源,特别是渔业资源,以及水力、风力、森林等资源。

北极的矿物资源十分丰富,其中石油、天然气、煤炭和金属矿物资源的蕴藏量达到世界总蕴藏量的 1/3,尤以石油、天然气蕴藏量最丰富和最重要。据不完全统计,北极地区潜在的可采石油储量约 2 500 亿桶,天然气约 $50 \times 10^{12} \sim 80 \times 10^{12} \text{ m}^3$,约占世界未开发油气资源的 1/4。主要的油气富集区有北美洲阿拉斯加北坡、俄罗斯西伯利亚北部、加拿大麦肯奇三角洲等陆域以及巴伦支海、挪威海、喀拉海和加拿大北极群岛沿岸陆架区。目前,北极的油气资源已为环北极国家开发利用,俄罗斯的开采量最大,其在北极开采的石油累计总量为美国、加拿大和挪威 3 国总量的 4 倍还多,占据了整个北极地区石油开采总量的 80% 以上。在北极地区面积广阔的永久冻土层和北冰洋的大陆架中,还蕴含着丰富的天然气水合物(可燃冰)资源。

北极的生物资源分为陆地和海洋两部分。在北极的生物资源种类中,人类已经利用的有海洋及陆地哺乳动物、鱼类以及泰加林木材,尤其是北极海域的渔业资源占有极为重要的地位。北极海域的经济鱼类主要有北极鲑鱼、鳕鱼、鲱鱼、鲈鱼等,与其他海洋生物资源相比,鱼类资源目前仍较丰富,其中尤以北极鲑鱼和北极鳕鱼最为丰富、最为重要。巴伦支海、挪威海、格陵兰海和白令海都属于世界著名的渔场,捕鱼量占世界的 8% ~ 10%。除了丰富的鱼类资源外,北大西洋海域的北极虾类等甲壳类海洋生物资源量也很可观。

北极地区的水利资源也相当丰富。在环北极苔原带和泰加林带上,孕育了许多世界著名的河流,主要有叶尼塞河(俄罗斯水量最大的河流)、鄂毕河、勒拿河、马更些河(北美洲北极地区最大的河流)等。这些巨大的河流不仅向北冰洋注入了大量富含营养的淡水,也为北极地区的采矿业、加工工业及居民生活提供了丰富的水利资源。

另外,随着全球气候变化的脚步逐渐加快,北极地区的航运资源和旅游资源也有着良好的开发利用前景。

1.4 考察内容、考察站位与完成工作量

1.4.1 考察内容与考察站位

考察内容主要包括海洋水文与气象考察、海洋地质考察、海洋地球物理考察、海洋化学考察和海洋生物与生态考察。海洋水文与气象考察内容主要包括重点海域断面调查、锚碇浮标观测、走航断面观测和抛弃式观测等;海洋地质考察内容主要包括表层沉积物采样、柱状沉积物采样和悬浮体采样等;海洋化学考察内容主要包括海水化学、大气化学、沉积化学、海冰化学和沉积物捕获器锚系潜标布放等。海洋生物与生态考察内容主要包括微小型生物、叶绿素和初级生产力,浮游生物和底栖生物采样与分析等。中国第六次北极科学考察海洋综合观测站位及冰站观测站位信息见图 1-2。

根据“雪龙”船科考支撑设备的分布和各学科考察的特点,本次考察期间的主要作业区可分为艏部甲板和艉部甲板两个作业面。其中,艏部作业面主要为海洋水文、海洋化学和海洋生物作业区,主要作业内容包括:CTD/LADCP 观测、湍流 VMP、硝酸盐、光学 PRR、垂直拖网、海水原位过滤与大体积采水、锚碇浮标布放等;艉部甲板作业面主要为海洋地质、地球物理和底栖生物作业区,主要作业内容包括地质与悬浮体取样、底栖生物拖网、生物多联网和地球物理拖曳式调查 4 类。