



“南北极环境综合考察与评估”专项

03-02

北极海域海洋 地质考察



国家海洋局极地专项办公室 编



海洋出版社



“南北极环境综合考察与评估”专项

北极海域海洋地质考察

国家海洋局极地专项办公室 编

海洋出版社

2016 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

北极海域海洋地质考察/国家海洋局极地专项办公室编. —北京: 海洋出版社, 2016. 5
ISBN 978-7-5027-9443-9

I. ①北… II. ①国… III. ①北冰洋-海洋地质-地质调查 IV. ①P736

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 100804 号

责任编辑: 方 菁

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

北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷 新华书店北京发行所经销

2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

开本: 889 mm×1194 mm 1/16 印张: 20.25

字数: 500 千字 定价: 108.00 元

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

海洋版图书印、装错误可随时退换

极地专项领导小组成员名单

组 长：陈连增 国家海洋局
副组长：李敬辉 财政部经济建设司
曲探宙 国家海洋局极地考察办公室
成 员：姚劲松 财政部经济建设司（2011—2012）
陈昶学 财政部经济建设司（2013—）
赵光磊 国家海洋局财务装备司
杨惠根 中国极地研究中心
吴 军 国家海洋局极地考察办公室

极地专项领导小组办公室成员名单

专项办主任：曲探宙 国家海洋局极地考察办公室
常务副主任：吴 军 国家海洋局极地考察办公室
副主任：刘顺林 中国极地研究中心（2011—2012）
李院生 中国极地研究中心（2012—）
王力然 国家海洋局财务装备司
成 员：王 勇 国家海洋局极地考察办公室
赵 萍 国家海洋局极地考察办公室
金 波 国家海洋局极地考察办公室
李红蕾 国家海洋局极地考察办公室
刘科峰 中国极地研究中心
徐 宁 中国极地研究中心
陈永祥 中国极地研究中心

序 言

“南北极环境综合考察与评估”专项（以下简称极地专项）是2010年9月14日经国务院批准，由财政部支持，国家海洋局负责组织实施，相关部委所属的36家单位参与，是我国自开展极地科学考察以来最大的一个专项，是我国极地事业又一个新的里程碑。

在2011年至2015年间，极地专项从国家战略需求出发，整合国内优势科研力量，充分利用“一船五站”（“雪龙”号、长城站、中山站、黄河站、昆仑站、泰山站）极地考察平台，有计划、分步骤地完成了南极周边重点海域、北极重点海域、南极大陆和北极站基周边地区的环境综合考察与评估，无论是在考察航次、考察任务和内容、考察人数、考察时间、考察航程、覆盖范围，还是在获取资料和样品等方面，均创造了我国近30年来南、北极考察的新纪录，促进了我国极地科技和事业的跨越式发展。

为落实财政部对极地专项的要求，极地专项办制定了包括极地专项“项目管理办法”和“项目经费管理办法”在内的4项管理办法和14项极地考察相关标准和规程，从制度上加强了组织领导和经费管理，用规范保证了专项实施进度和质量，以考核促进了成果产出。

本套极地专项成果集成丛书，涵盖了极地专项中的3个项目共17个专题的成果集成内容，涉及了南、北极海洋学的基础调查与评估，涉及了南极大陆和北极站基的生态环境考察与评估，涉及了从南极冰川学、大气科学、空间环境科学、天文学以及地质与地球物理学等考察与评估，到南极环境遥感等内容。专家认为，成果集成内容翔实，数据可信，评估可靠。

“十三五”期间，极地专项持续滚动实施，必将为贯彻落实习近平主席关于“认识南极、保护南极、利用南极”的重要指示精神，实现李克强总理提出的“推动极地科考向深度和广度进军”的宏伟目标，完成全国海洋工作会议提出的极地工作业务化以及提高极地科学研究水平的任务，做出新的、更大的贡献。

希望全体极地人共同努力，推动我国极地事业从极地大国迈向极地强国之列！

陈连增

前 言

北极地区因冰雪、冰川、海冰和大陆冰盖覆盖面积大，对太阳辐射的反射率高，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。第四纪 (2.58 Ma) 以来，北极地区的冰盖生长和消融呈现冰期-间冰期的变化，其同时也影响了北半球千年尺度的快速气候波动。近年来随着全球气候变暖，北极冰盖和海冰迅速消融。过去 20 年间，北极地区的冰层融化对全球海平面上升做出了一定贡献；降水量和径流量的增加可引起北冰洋海水淡化，影响北大西洋深层水的形成速率，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。伴随着全球变暖，西伯利亚边缘海与加拿大北极群岛长期冰封的北极航道有望在近年内实现夏季通航，沉睡在海底永久冻土层或沉积层中的巨量甲烷或天然气水合物等资源有可能得到开采利用，给环北冰洋国家乃至全球经济带新的机遇，但同时也可能给北极大气、海洋、生物生态、气候，乃至全球温室气体的减排调控带来新的挑战 and 负面影响。

北极气候系统的快速变化又可通过全球大气、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，近年来已观测到的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、欧洲北部等地遭遇罕见严寒，2010 年 1 月寒潮和暴风雪强烈袭击北半球，2012 年年底亚欧大陆出现了极寒天气，2015 年年初美国东海岸更是迎来了可能是多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。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。例如，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 年年底至 2013 年年初东北的气温创 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和发射导弹等措施，扩大其北极利益及影响。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90万 km^2 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引发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。

也正是由于北极或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，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（IPY）等也都将北极作为关键地区，并制定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。

尽管我国不属于环北极国家，但是我国在北极也有航行、资源开发、科学研究等直接或间接的利益，因此我国有必要积极参与北极事务，最大限度地维护我国在北极的合法权益。因此，实施北极环境综合考察，深化极地系统和全球变化研究，揭示极地在全球气候环境变化中的地位和作用，切实提高应对气候变化的能力，是关系全球和我国的国计民生、防灾减灾、国民经济和社会可持续发展的大事。

我国的北极科学考察开展的较晚，但发展迅速。自1999年我国首次组织实施以我为主的北极科学考察以来，已成功实施了6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，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开始实施，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发展的新阶段。

北冰洋海底沉积物组成与分布特征受到气候、水文和生物过程的共同影响，是揭示复杂的海洋环境变迁与演化历史的重要信息源。北冰洋特殊的深层水循环、陆源淡水输入、陆架-海盆相互作用过程、常年存在的海冰、不同来源的水团以及各水团之间复杂的相互作用等，从过去到现在都发生着深刻的变化，对北冰洋及

其外围地区产生了深远的影响。北极第四纪大冰盖的反复形成和海平面的波动极大地影响着北冰洋,包括白令海峡的关闭与开启、浅海陆架的暴露与淹没、水团交换与洋流系统的急剧变化以及冰盖对海洋环境和气候的直接影响等。

海洋地质考察是我国北极科学考察的主要内容之一,旨在通过对北极重点海域海底底质的调查和分析,系统掌握北冰洋海底沉积物的类型、物质组成、来源、分布状况,揭示北冰洋海洋环境和极区气候的长周期(地质时间尺度、百年以上)变化,探讨北冰洋、北太平洋以及我国过去环境与气候变化之间的内在联系及其变化机制,了解与北极油气和天然气水合物资源有关的地质信息,促进我国北极研究水平的提高。同时对于提升我国在北极研究中的地位、在气候变化谈判中的话语权以及在应对气候变化方面的履约能力,提高在气候预测预报、防灾减灾以及航道通航的环境保障等重大国家战略需求的服务水平等方面也有重要的作用。

本研究报告是对极地专项北极海域海洋地质考察专题(CHINARE-03-02)执行4年以来工作概况和基于室内实验分析数据获得的初步研究成果的总结,由北极专题各承担单位根据各自承担的子专题任务分工编写而成的,各章节主要编写人如下:

第1章 北冰洋及周边的区域地质概况(刘焱光,汪卫国)

第2章 我国北极海洋地质考察研究概况(刘焱光,王汝建,汪卫国,肖文申,董林森)

第3章 研究材料与方法(刘焱光,董林森)

第4章 白令海与西北冰洋表层沉积物分布特征与物质来源研究(刘焱光,董林森,肖文申,汪卫国,王昆山,王寿刚,司贺园,王春娟)

第5章 白令海沉积记录与古环境演化特征(刘焱光,胡利民,陈志华,张海峰)

第6章 楚科奇海沉积记录与古环境演化记录(王汝建,于晓果,章伟艳,章陶亮,段肖,梅静)

第7章 北冰洋中心海区沉积特征及古海洋环境演化研究(王汝建,肖文申,梅静)

第8章 亚北极北大西洋沉积特征及古环境演化研究(刘焱光,沙龙滨,陈漪馨,赵云)

第9章 白令海与西北冰洋悬浮颗粒物分布特征初步研究(于晓果,汪卫国,叶黎明,蒋敏)

本报告最后由刘焱光负责统稿。因时间仓促,部分测试分析数据为新近获得,因此在数据综合分析与深入研究等方面尚显欠缺。再有因报告编写人员专业和水

平所限，文稿中其他不足之处，敬请批评指正。

特别感谢中国地质科学院地质力学研究所赵越研究员提供有关北冰洋地质构造演化历史的研究资料。

北极海域海洋地质考察专题组

2016 年 3 月

目次

第1章 北冰洋及周边的区域地质概况	(1)
1.1 自然地理概况	(1)
1.1.1 北极地区的气候、生态与环境特征	(1)
1.1.2 北极地区的自然资源	(3)
1.1.3 北冰洋的自然地理概况	(4)
1.2 区域地质概况	(13)
1.2.1 北极地区构造背景	(13)
1.2.2 北冰洋周边大陆地质地貌	(14)
1.2.3 北冰洋地质构造演化历史	(15)
1.3 北极冰盖和海冰	(19)
1.3.1 北极冰盖的形成历史	(19)
1.3.2 北极地区的冰盖与冰川	(20)
1.3.3 北冰洋的海冰	(23)
第2章 我国北极海洋地质考察研究概况	(27)
2.1 第五次北极科考海洋地质考察	(27)
2.1.1 考察区域	(29)
2.1.2 考察工作量	(29)
2.1.3 主要考察内容	(30)
2.1.4 主要考察设备	(30)
2.1.5 考察完成情况	(33)
2.2 第六次北极科考海洋地质考察	(37)
2.2.1 考察区域	(37)
2.2.2 考察工作量	(38)
2.2.3 考察完成情况	(38)
2.3 我国的北冰洋海洋地质研究概况	(42)
第3章 研究材料与方法	(45)
3.1 研究材料	(45)
3.1.1 表层沉积物分析	(45)
3.1.2 柱状沉积物分析	(46)
3.1.3 悬浮颗粒物分析	(46)
3.2 主要研究方法	(46)
3.2.1 沉积物样品分析	(47)
3.2.2 悬浮体样品分析	(52)



第4章 白令海与西北冰洋表层沉积物分布特征与物质来源研究	(53)
4.1 表层沉积物粒度分布特征	(53)
4.1.1 表层沉积物粒度分布特征	(53)
4.1.2 表层沉积物输运机制探讨	(57)
4.1.3 小结	(59)
4.2 表层沉积物矿物学(XRD)特征及其物质来源	(60)
4.2.1 区域地质背景分析	(60)
4.2.2 样品与方法	(61)
4.2.3 表层沉积物全岩矿物组成分布特征	(62)
4.2.4 物质来源分析	(67)
4.2.5 小结	(69)
4.3 表层沉积物碎屑矿物分布特征	(70)
4.3.1 轻矿物分布特征	(70)
4.3.2 重矿物分布特征	(71)
4.3.3 基于碎屑矿物资料的物质来源初探	(73)
4.4 表层沉积物底栖有孔虫组合及其古环境意义	(75)
4.4.1 区域生态环境特征	(76)
4.4.2 样品与数据	(77)
4.4.3 底栖有孔虫分布特征	(78)
4.4.4 底栖有孔虫分布规律的古环境意义	(84)
4.4.5 小结	(86)
4.5 表层沉积物浮游有孔虫稳定氧碳同位素分布特征	(87)
4.5.1 样品与数据	(87)
4.5.2 表层沉积物年龄	(88)
4.5.3 有孔虫氧同位素组成分布特征	(88)
4.5.4 有孔虫氧同位素与海水的对比	(89)
4.5.5 有孔虫碳同位素与水团和营养盐的关系	(90)
4.5.6 有孔虫的生态迁移和同位素信号	(91)
4.6 表层沉积物四醚膜类脂物研究及其生态和环境指示意义	(92)
4.6.1 GDGTs 的生态和环境指示意义	(92)
4.6.2 样品和数据	(95)
4.6.3 生物标志物的分布特征	(95)
4.6.4 $\text{TEX}_{86}^{\text{L}}$ -SST 的估算	(97)
4.6.5 CBT/MBT 与陆地 MAT 和土壤 pH 值的估算	(98)
4.6.6 生物标志物含量影响因素分析	(100)
4.6.7 $\text{TEX}_{86}^{\text{L}}$ -SST 在北极的应用	(101)
4.6.8 进一步的尝试	(102)
4.6.9 小结	(104)
4.7 表层沉积物磁化率特征初步研究	(105)

4.7.1	样品与数据	(106)
4.7.2	沉积物磁化率分布特征	(106)
4.7.3	沉积物磁化率特征的环境指示意义	(110)
4.7.4	小结	(113)
第5章	白令海沉积记录与古环境演化特征	(115)
5.1	白令海西部近百年来有机碳的地球化学特征与埋藏记录	(115)
5.1.1	研究背景分析	(115)
5.1.2	样品与数据	(116)
5.1.3	沉积物粒度特征与 ²¹⁰ Pb沉积速率	(116)
5.1.4	沉积物中有机碳、氮和碳酸钙的分布及影响因素分析	(118)
5.1.5	白令海不同区域沉积有机碳来源的初步分析	(121)
5.1.6	白令海沉积有机碳的埋藏保存及区域对比	(122)
5.2	白令海北部陆坡全新世以来的生物标志物记录	(123)
5.2.1	研究背景分析	(123)
5.2.2	样品与年龄框架	(125)
5.2.3	生物标志物分析结果	(125)
5.2.4	全新世以来白令海陆坡区环境变化及其对生态环境的影响	(129)
5.3	阿留申海盆的冰筏碎屑事件与古海洋学演变记录	(134)
5.3.1	岩心地层特征与年代框架	(135)
5.3.2	沉积物粒度特征	(137)
5.3.3	沉积物元素地球化学特征	(139)
5.3.4	末次冰消期以来阿留申海盆的冰筏碎屑事件与元素地层学特征	(141)
5.4	小结	(144)
5.4.1	白令海西部近百年来有机碳的地球化学特征与埋藏记录	(144)
5.4.2	全新世以来白令海陆坡初级生产力的变化特征	(144)
5.4.3	阿留申海盆的元素地层学特征	(145)
第6章	楚科奇海沉积记录与古环境演化研究	(146)
6.1	样品与方法	(146)
6.2	地层年代框架建立	(148)
6.2.1	P23 岩心	(148)
6.2.2	BN03 岩心	(150)
6.2.3	MOR02 岩心	(152)
6.2.4	P37 岩心	(153)
6.2.5	M04 岩心	(155)
6.2.6	M06 岩心	(157)
6.3	楚科奇边缘地晚第四纪冰筏碎屑记录及其古气候意义	(158)
6.3.1	楚科奇海台的 IRD 事件	(158)
6.3.2	北风海脊的 IRD 事件	(161)
6.3.3	楚科奇海台和北风海脊地区的 IRD 事件及其来源	(161)



6.3.4	IRD 事件指示的北极冰盖演化	(163)
6.4	楚科奇海盆黏土矿物组合变化及其古环境意义	(164)
6.5	楚科奇海台氧同位素 3 期以来的古海洋与古气候记录	(167)
6.5.1	P23 岩心有孔虫丰度与 IRD 含量的变化	(167)
6.5.2	P23 岩心有孔虫氧碳同位素变化	(167)
6.5.3	Nps- $\delta^{18}\text{O}$ 和 $-\delta^{13}\text{C}$ 记录与古水团变化	(168)
6.6	北风海脊氧同位素 5 期以来的水体结构变化	(170)
6.6.1	P37 岩心有孔虫组合特征	(170)
6.6.2	P37 岩心氧碳同位素特征	(170)
6.6.3	有孔虫丰度和组合及其古海洋学意义	(171)
6.6.4	浮游有孔虫 Nps 氧碳同位素记录与古水团变化	(173)
6.7	小结	(174)
6.7.1	楚科奇边缘地 MIS5 期以来的冰筏碎屑来源分析	(174)
6.7.2	基于黏土矿物特征的楚科奇边缘地物质来源分析	(174)
6.7.3	基于浮游有孔虫氧碳同位素记录的古水团特征分析	(175)
第 7 章	北冰洋中心海区沉积特征及古海洋环境演化研究	(176)
7.1	研究背景介绍	(176)
7.2	样品与数据	(177)
7.3	门捷列夫海脊晚第四纪的古海洋学记录	(179)
7.3.1	MA01 岩心地层年代框架	(179)
7.3.2	MA01 岩心粒度与 IRD 变化	(181)
7.4	阿尔法海脊的古海洋与古环境研究	(184)
7.4.1	地层划分和对比	(184)
7.4.2	北冰洋中部的沉积速率对比	(184)
7.4.3	沉积物粒度组分变化	(185)
7.4.4	有机碳和有机碳同位素指示的沉积来源变化	(188)
7.5	罗蒙诺索夫海脊晚第四纪的古海洋学记录	(189)
7.5.1	ICE02 岩心地层年代框架	(189)
7.5.2	ICE02 岩心 IRD 含量指示的古气候变化	(190)
第 8 章	亚北极北大西洋沉积特征及古环境演化研究	(193)
8.1	自然地理概况	(193)
8.1.1	北大西洋西北部自然地理概况	(194)
8.1.2	北欧海自然地理概况	(197)
8.2	古海洋学研究进展	(198)
8.2.1	北大西洋北部海域	(198)
8.2.2	北大西洋西部海域	(199)
8.2.3	北欧海海域	(200)
8.2.4	基于硅藻化石组合的古海冰研究进展	(201)
8.3	样品与数据	(202)

8.4	末次盛冰期以来挪威海北部陆源物质输入变化	(203)
8.4.1	年代框架建立	(203)
8.4.2	粒度和颜色反射率分布特征	(204)
8.4.3	XRF 扫描测试结果	(205)
8.4.4	挪威海北部 26 cal ka BP 以来物质来源变化及其古海洋环境意义	(209)
8.5	冰岛北部陆架末次冰消期以来的古环境记录	(213)
8.5.1	年代框架建立	(214)
8.5.2	主要硅藻种类及其生态环境意义	(217)
8.5.3	MD99-2271 的硅藻组合带	(218)
8.5.4	冰岛北部陆架古环境重建	(220)
8.6	格陵兰西部海域中全新世以来海冰定量研究及其影响机制探讨	(224)
8.6.1	年代框架建立	(225)
8.6.2	Disko 湾中晚全新世以来古海冰重建及机制探讨	(227)
8.6.3	Holsteinsborg Dyb 海槽中全新世以来古海冰重建及机制探讨	(233)
8.7	小结	(239)
8.7.1	挪威海北部末次盛冰期以来物质来源变化	(239)
8.7.2	冰岛北部末次冰消期以来的古环境演化	(240)
8.7.3	格陵兰西部海域中全新世以来海冰定量研究及其影响机制	(240)
第9章	白令海与西北冰洋悬浮颗粒物分布特征初步研究	(242)
9.1	悬浮颗粒物含量分布	(242)
9.1.1	白令海悬浮颗粒物含量分布	(243)
9.1.2	西北冰洋悬浮颗粒物含量分布	(250)
9.2	悬浮颗粒物颗粒组成特征	(257)
9.2.1	白令海悬浮颗粒物颗粒组成特征	(258)
9.2.2	楚科奇海悬浮颗粒物颗粒组成特征	(258)
9.3	悬浮颗粒物有机碳、氮含量及其同位素组成	(263)
9.4	小结	(266)
参考文献		(268)

第1章 北冰洋及周边的区域地质概况

由于特殊的地理区位、海冰覆盖、地缘政治与环境等原因,大多数国家和大多数人对北极及其周边地区的认识和了解非常有限,更缺乏对北极地区地质、地貌、地质构造等方面的系统研究。本章将主要依据近年来国内外学者发表的相关研究论文和报告,对北冰洋及其近岸的区域地质概况,包括自然地理、地形地貌、矿产资源、水文条件、海冰特征等,进行系统整理和概略阐述。

1.1 自然地理概况

北极地区是一个在地理上难于确定其确切边界的地区。在地理范畴上,北极地区是指北极圈($66^{\circ}34'N$)以北,以地球北极点为中心的一大片区域,又称北方地区,在该区域内存在着一年中天数不等的极昼和极夜现象。用地理学方法划分北极地区是最简单、最常用的一种划分方法,该方法确定的北极地区包括了北冰洋的绝大部分面积、海冰区、岛屿与欧洲、亚洲、北美洲及格陵兰岛在北极圈以内的陆地,总面积约2 100万 km^2 。其中陆地面积(包括岛屿)约800万 km^2 ,北冰洋面积为1 310万 km^2 。在气候学范畴上,以7月份平均气温为 $10^{\circ}C$ 的等温线(海洋区域则以海表温度 $5^{\circ}C$ 为等温线)作为北极地区的南界,这样北极地区的总面积就扩大为2 700万 km^2 ,其中陆地面积约1 200万 km^2 (图1-1)。

1.1.1 北极地区的气候、生态与环境特征

北极由于地处高纬,年平均日照量小、低温、年气温变化幅度小而形成其独特的生态与环境。观测结果表明,近30年来北极地区增暖速度很快,温度升高幅度远大于全球平均值,海洋温度上升、海平面升高、冰川融化、海冰减少和北半球积雪减少等现象也证实了全球变暖的趋势。由此引起海洋环境发生快速改变,生态系统也受到很大影响(北极问题研究编写组,2001)。

北极地区冬季时持续黑夜,气候寒冷、稳定,天空晴朗。夏季时则出现持续的白昼、潮湿多雾和弱风暴天气,并伴有降雨和降雪。每年的冬季从11月起至次年的4月,长达6个月,在最寒冷的月份,平均气温为 $-29^{\circ}C \sim -34^{\circ}C$,2月份最低气温可达 $-53^{\circ}C$,在西伯利亚和阿拉斯加气温可更低。每年的7—8月为北极地区的夏季,陆地地区7月平均气温都在 $10^{\circ}C$ 以下。北极地区的年降雪量为38~229 cm。由于雪比雨含水量少,北极地区的年降雨量只有15~25 cm,在格陵兰海域降水量较高。北极地区的平均风速较小,即使在冬季,北冰洋沿岸的平均风速也仅为10 m/s。

北极地区广泛分布着苔原,总面积130万 km^2 左右,大部分都在北极圈内,土壤长时间

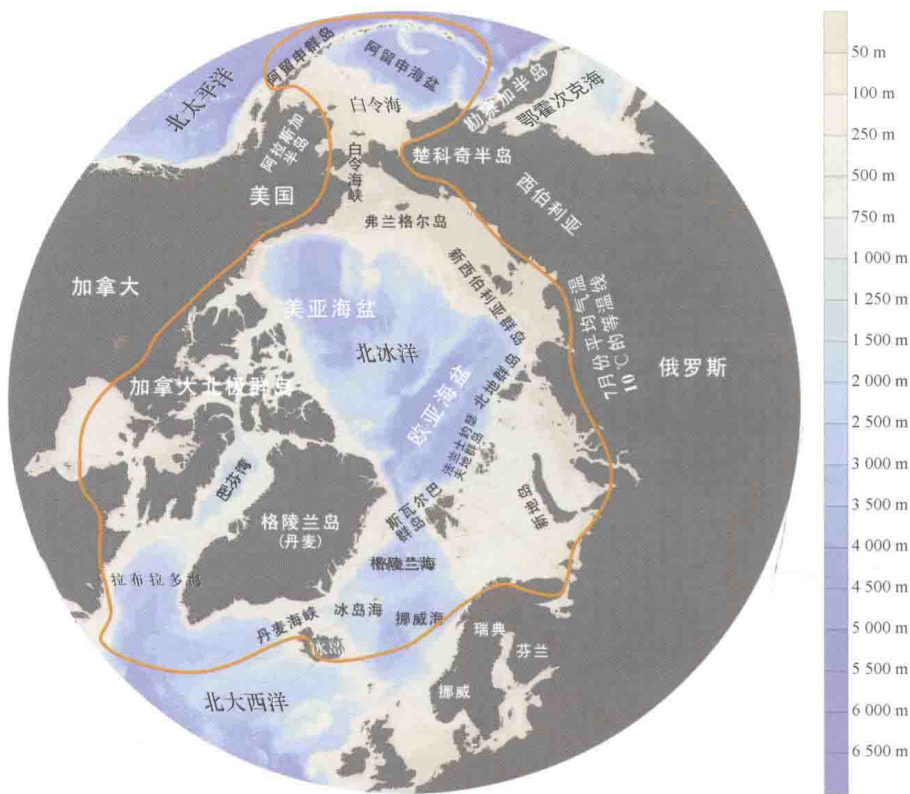


图 1-1 北极地区地理位置和海底地形
注：图中红线为 7 月份平均气温为 10℃ 的等温线

处于冰雪覆盖或冰冻状态，有的永冻层深度达 450 m（北极问题研究编写组，2001）。北极地区的生态系统比较单一和脆弱，每年植物的生长期只有 20~90 d，由于植物的生长期短，北极绝大部分地区没有高大树木，只有地衣、苔藓和一些匍匐生长的显花植物。根据目前的研究结果，北极苔原上生长着 3 000 多种地衣、500 多种苔藓和 900 多种开花植物。在北极宽阔的泰加林带还生长着茂密的森林。北极地区陆地上生活着大量的北美驯鹿、麝牛、北极野兔和旅鼠等草食动物，也生活着以这些草食动物为食的狼、狐狸、狼獾和白熊等动物。生活在北半球的鸟类有 1/6 在北极繁殖后代，至少有 12 种鸟类在北极越冬。北冰洋中生活有大量的海豹、海象、头角鲸和白鲸，还有以鳕鱼为代表的各种鱼类。另外北极地区现有人口约 1 050 万，土著居民约 200 万人（包括因纽特人、阿留申人、科米人、侗人、堪察加人、鄂温克人、拉普人和楚科奇人等），主要分布在美国、俄罗斯、加拿大等 8 个环北极国家的 60°N 以北地区。

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，400~100 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辛冰期后的最大范围。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两倍，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小，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,降低北大西洋深层水的形成速率,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(北极问题研究编写组,2001)。

1.1.2 北极地区的自然资源

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50万亿~80万亿 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、加拿大麦肯锡(又名麦肯齐,马更些)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、加拿大和挪威三国总量的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。

据初步调查,北极地区拥有世界9%的煤炭资源,而且煤质优良,主要分布在美国的阿拉斯加和俄罗斯的西伯利亚等北极西部地区。北极的铁矿资源也很丰富,仅挪威可采铁矿就有3 000万t,加拿大北极巴芬岛的玛丽河铁矿已探明的可采铁矿量达3.7亿t。除铁矿外,北极还拥有大量其他的矿产资源,如铜、铅、锌、镍、钨、金、银和其他重金属矿产。此外,北极地区还发现有铀和钍等放射性元素矿,是重要的军事战略资源(北极问题研究编写组,2001)。

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、鲾鱼等,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,捕鱼量约占世界的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。北极的淡水渔业资源主要包括茴鱼、北方狗鱼、灰鳟鱼等,这些资源在维系北极地区的整个生态系统中起着重要作用。另外,北极陆域和海域的哺乳动物,如北极熊、驯鹿、麝牛、海象、海豹和鲸类等,也是早期及现代土著居民开发利用的主要物种。

北极高纬地区的针叶林带分布范围十分广袤,从北极苔原带南界的树林线开始,向南延伸长达1 000余千米宽的泰加林带,是世界上最大的森林带,面积超过1 200万 km^2 ,几乎占全球森林面积的1/3。北极针叶林带是北极林业资源的主要产地,成为俄罗斯、加拿大、芬兰、挪威等环北极国家的木材、纸浆和造纸工业原料的主要来源。