

816.62
1

CHINA REPORT

中国首次北极科学考察队 编

中国首次 北极科学考察 报告



海洋出版社

中国首次 北极科学考察 报告

中国首次北极科学考察队 编



海洋出版社

2000年·北京

图书在版编目 (CIP)数据

中国首次北极科学考察报告 / 中国首次北极科学考察队编
— 北京: 海洋出版社, 2000 年

ISBN 7-5027-4926-8

I . 中 ... II . 中 ... III . 北极 — 自然科学 — 科学考察 — 研究报告
— 中国 IV . N816.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 10585 号

责任编辑 白 燕

美术设计 陈汝洪 薛冠超

北京超广角文化中心电脑排版

海洋出版社 出版发行

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京瑞宝天和彩色印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 889 × 1194 1/16 印张: 12.5

字数: 210 千字 印数: 1 ~ 1200 册

定价: 100.00 元

前言

陈立奇

中国首次北极科学考察首席科学家

国家海洋局极地考察办公室主任

国际北极研究科学委员会 (IASC) 中国国家代表

北极系统包括北极地区的政治、经济、文化和科技、资源、环境、人文地理等,并由北极地区、北极理事会、国际北极科学委员会和北极地区社团等子系统组成。

北极地区 (Arctic Region) 是指北极圈 ($66^{\circ} 33' N$) 以北的广大地区,包括北冰洋、诸多岛屿和亚、欧、北美大陆北部的苔原带和部分泰加林带,面积 $2 \times 10^6 km^2$, 约占地球总面积的 $1/25$, 其中陆地面积近 $8 \times 10^6 km^2$, 北冰洋 $14 \times 10^6 km^2$ 。北极地区的土著居民称爱斯基摩人,主要是因纽特人,以及拉普人等 19 个分支。人口五百万,占总人口数八百万的 60% 之多。

北极理事会 (AC, Arctic Council) 是环北极的 8 个国家于 1997 年成立的政府间的北极组织。其宗旨是定期进行部长级的磋商,讨论和协调有关北极地区的事物,形成指导北极行动的方针和政策。

国际北极科学委员会 (IASC, International Arctic Science Committee) 是由 8 个环北极国家在冷战结束后,于 1990 年发起并成立的国际北极科学委员会 (IASC),其功能是促进、协调和组织北极地区的科学考察和学术交流,目前有 17 个成员国。

北极地区社团 (Indigenous Community) 是指当地爱斯基摩人的社团组织,具有明显的区域特征,以维护地方利益和保护北极环境为主要宗旨。

人类的北极活动历史,经历了英雄探险时代、技术应用时代和科学考察时代。1882 年至 1883 年第 1 个国际极地年,11 支考察队考察了北极;1932 年第 2 个国际极地年,34 个国家在北极建立了 43 个永久性考察站;1957 年至 1958 年的国际地球物理年以来,人类真正步入了科学认识极地的时代,通过对南极地区和北极地区的综合考察而大大加深了对两极在地球系统中作用的认识。

北极系统是整体地球系统的一部分,它直接影响全球尺度的大气环流、大洋环流和气候变异,因而成为全球气候变化的驱动器之一。在近年“全球变化”的研究浪潮中,核心科学目标可归纳为:对整体地球系统环境演变的认识与预测。1990 年成立的国际北极科学委员会 (IASC) 于 1991 年专门设立了全球变化工作组,确定了北极研究重点的 5 个跨学科领域,其中第 1 个研究重点即是“海洋-海冰-大气间相互作用和反馈 (北极地区全球变化区域研究计划) 科学方案” (IASC, 1992)、“白令海影响研究 (BESIS)”、“巴伦支海影响研究 (BASIS)”等重要领域。目前国际两大全球变化研究计划“国际地圈-生物圈研究计划 (IGBP)”和“世界气候研究计划 (WCRP)”已确定了很多相关的计划,包括:“北极气候系统研究 (ACSYS)”、“全球能量和水循环实验 (GEWEX)”、“世界大洋环流实验 (WOCE)”、“海洋-大气-冰相互作用研究 (OAI)”等。此外,一些地区国际科学研究组织和国家也推出了相应的研究计划,欧洲海洋与极地委员会、欧洲科学基金会规划了为期 10 年 (1996~2005 年) 的“全球环境中的北极海洋系统研究 (AOSGE)”,美国推出了“北极系统科学研究 (ARCSS)”等若干国家计划。上述计划在科学层面都服务于对北极地区环境的“认识”和“预测”这一根本目标。

中国地处北半球,与北极关系密切。每年,来自北极地区的冷气团和来自热带的热气团的相互作用是造成中国气候变化的重要原因。研究表明,北极地区环境正在发生明显的变化,一些地区 50 年来温度上升了 $1 \sim 2^{\circ}C$,出现冻土带北移,冰川和海冰退缩,臭氧耗损加剧伴随紫外辐射增强等现象。因此,北极地区的气候和环境变化,直接对中国的经济和社会发展产生影响。

早在 50 年代,我国著名的气象学家、地理学家竺可桢院士指出:中国是一个大国,要研究极地。地球是一个整体,中国的自然环境的形成和演化是地球环境的一部分,极地的存在和演化与中国有密切关系。长期以来,中国科学家一直关注着北极,以各种形式走向北极。

经过多年的准备,中国首次南极考察队在邓小平“为人类和平利用南极做出贡献”光辉题词的鼓舞下,于1984年踏上了南极洲。15年来,我国在南极考察中逐步完善了对南极系统的认识,形成了一支高素质的科研队伍和可以与国际接轨的极地考察的硬件和软件体系,包括可以保证在极区进行科学工作的支撑系统,在南极洲建立考察基地,并多次成功组织了南极内陆科学考察活动。

进入90年代,我国进行了组织具有国家行为的一定规模的北极科学考察计划的前期准备工作,先后派出科学家和科技管理人员到北极国家进修学习和科研合作。1996年,我国加入了国际北极科学委员会(IASC)。作为IASC成员国,必须遵照章程进行实质性的北极科学考察活动,为人类了解北极做出贡献。

经国务院批准,由国家海洋局、国土资源部、教育部、农业部、中国气象局和国家测绘局6个部、委、局联合申报,国家海洋局牵头组织的中国首次北极科学考察队,于1999年7月1日乘坐“雪龙”号极地考察破冰船驶向北极。中国首次北极科学考察确定了3大科学目标,即:(1)北极在全球变化中的作用和对我国气候的影响;(2)北冰洋与北太平洋水团交换对北太平洋环流的变异的影响;(3)北冰洋邻近海域生态系统与生物资源对我国渔业发展的影响。

其目的是通过调查研究海-冰-气能量和物质交换,正确理解北极地区在全球气候和环境变化中的作用以及提高我国天气、气候和自然灾害预报水平;通过对白令海、楚科奇海及海盆衔接区的水文、水化等环境要素,生物和生态系统以及海冰的调查研究,阐明该海区的水系结构和环流特征及其与加拿大海盆的水体交换,提出北冰洋与北太平洋的水体交换和物质运输模式,探讨北冰洋与西太平洋和我国近海海洋环境的相互作用,为我国海洋经济的可持续发展提供科学依据。在北冰洋及周边公海海域进行结合海洋环境的渔业资源的综合调查,将对在该海域从事渔业生产的我国远洋渔船作业产生直接的指导意义,为我国在上述海域渔业的可持续发展提供强有力的科学依据。

针对此次北极考察科学目标和目的,充分利用国际上的信息资料和先进的技术,发挥以各参加部门的优势技术设备条件,结合“雪龙”号船的走航观测能力,采用了船基、冰站为平台,船舶、飞机为运载工具,进行了多学科联合海洋-海冰-大气-生物的综合观测。

在首航北极的71天中,考察队完成了楚科奇海部分海域14个站位的综合调查;白令海全部公海范围240 000km²42个站位的海洋综合调查;北冰洋多年海冰区边缘带的海-气-冰耦合观测;多年海冰区联合冰站观测;直升飞机支持的大范围冰雪样品采集以及全航程走航海洋、大气采样观测。据不完全统计,在楚科奇海完成的14个站位的调查中,获得物理海洋学109.8MB温度、盐度和海流资料;化学海洋学、生物地球化学样品和测定数据938个;海洋生物学拖网18次,获得各种样品139个;海洋地质学表层样品22箱、斗、沉积物岩芯样品5个,其中4个样品达到或超过300cm。在白令海完成的42个站位调查中,获得物理海洋学350MB温度、盐度和海流资料;化学海洋学和生物地球化学各类样品3971个;海洋生物学、渔业资源拖网234次,其中,进行了1个32小时站位生物分层拖网观测;海洋地质、底栖生物13个站位的表层样品和6个站位的柱样品,4个站位的多管式底质样品。在冰边缘和多年海冰区海-气-冰耦合观测,绝对重力测量和联合水文观测中,完成了39个站位的作业任务。其中“雪龙”号船观测站位24个,小艇测站13个,飞机测站16个。在多年海冰区浮冰上建立了联合冰站,完成了包括对流层、平流层大气温度、气压、湿度、风向、风速变化、高空探测、冰表面热量、辐射平衡观测、相对和绝对重力观测、海冰区海洋碳通量时间序列采样等在内的24h观测作业1次,7天连续观测作业1次。这些都为科学认识北极提供了第一手观测数据、信息和资料。

作为中国首次北极科学考察的成果之一,本报告包括了现场科学工作的实施过程和考察计划、组织等内容。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,忠实记录了宝贵的第一手材料。由于时间仓促和水平所限,错误之处在所难免,请专家和读者给予批评指正。

报告由参加考察的科研、管理人员根据所承担的现场工作分章节执笔“附1考察日志”由“雪龙”号船袁绍宏船长执笔,全报告由本次考察首席科学家助理秦为稼统稿。借此,对参与报告编写工作的同志表示感谢,对参加中国首次北极科学考察并充分表现出爱国、拼搏、协作、创新精神的全体考察队员、“雪龙”号船全体船员、直升飞机机组人员表示由衷的敬意!

目次

第一章白令海和北冰洋海洋综合考察

1-1 考察目标与内容	2
1-1-1 考察科学目标	2
1-1-2 考察内容	2
1-2 航次概况	3
1-2-1 考察海区概况	4
1-2-2 海洋考察站位	4
1-2-3 现场作业情况	4
1-2-4 海洋组人员与作业组织	4
1-3 物理海洋学考察	5
1-3-1 研究目标	5
1-3-2 研究内容	5
1-3-3 现场工作情况	5
1-3-4 CTD 观测	6
1-3-5 CTD 预处理数据的质量分析	7
1-3-6 现场冰面作业情况	7
1-3-7 CTD 现场观测人员	8
1-3-8 ADCP 观测	8
1-3-9 ADCP 现场观测人员	11
1-3-10 XBT、XCTD 观测	11
1-3-11 海表温度、盐度观测	12
1-4 海洋地质学考察	14
1-4-1 研究目标	14
1-4-2 研究内容	15
1-4-3 海洋调查设备	15
1-4-4 表层和柱状取样结果	16
1-4-5 北冰洋、白令海调查区的底质特征	16
1-4-6 现场作业人员	18
1-4-7 结语	18
1-5 海洋化学考察	19
1-5-1 海水化学	20
1-5-2 沉积物-海水界面碳循环	22
1-5-3 海水有机化学考察	23
1-5-4 海水、大气 CO ₂ 的走航观测与 海水 pH、总碱度的测量	25
1-6 同位素海洋学考察	27
1-6-1 北冰洋、北太平洋水体运动的 同位素示踪研究	27
1-6-2 白令海、楚科奇海生物生产力的研究	28
1-6-3 白令海、楚科奇海沉积动力学的研究	29

1-6-4 样品采集情况与分析	30
1-6-5 现场考察人员	30
1-6-6 白令海、北冰洋水团组成与 环流特征的示踪同位素研究	30
1-7 海洋生物与生态考察	32
1-7-1 白令海和楚科奇海浮游动物 关键种种群动力学	32
1-7-2 浮游生物考察	35
1-7-3 底栖生物考察	37
1-7-4 北冰洋微生物生态功能及其对 全球环境变化效应的研究	38
1-7-5 北极生物基因特性研究	39
1-8 海洋渔业资源考察	41
1-8-1 研究目标	41
1-8-2 研究内容	41
1-8-3 观测手段	41
1-8-4 调查工作实施情况	41
1-8-5 问题与建议	43
1-8-6 现场考察人员	43

第二章测区和走航大气综合考察

2-1 北冰洋联合冰站近地层大气观测	46
2-1-1 科学目标	46
2-1-2 考察内容和观测项目	46
2-1-3 初步结果	49
2-1-4 现场专业实施人员	49
2-2 大气边界层结构 TMT 观测	49
2-2-1 考察目的	49
2-2-2 考察内容和方法	50
2-2-3 现场实施情况	50
2-2-4 获得数据情况	52
2-2-5 现场实验人员	54
2-3 高空大气探测	54
2-3-1 使用设备	54
2-3-2 计划完成情况	54
2-3-3 初步结果	54
2-3-4 现场实验人员	55
2-4 北极地区大气化学及海水微量元素研究	56
2-4-1 科学目标	56
2-4-2 现场实施方法	56

2-4-3 现场实施人员	57
2-4-4 可能存在的问题与建议	57
2-5 大气气溶胶和低层大气温室气体采集	57
2-5-1 目的意义	57
2-5-2 技术路线和分析方法	59
2-5-3 仪器设备	59
2-5-4 样品采集方法	59
2-5-5 任务完成情况	60
2-5-6 现场作业人员	61
2-6 大气组组织情况	61
第三章 海冰的生态学、地球化学、 物理学和地球物理考察	63
3-1 楚科奇海浮冰区和邻近开阔海域浮游植物和 微生物生态学及浮冰区颗粒有机碳通量研究	64
3-1-1 科学目标	64
3-1-2 研究内容和现场实施方法	65
3-1-3 研究区域和现场实施	67
3-1-4 现场采样和分析人员	70
3-2 雪冰研究	70
3-2-1 现场考察概述	72
3-2-2 考察人员组成情况	72
3-2-3 采样现场观测报告	73
3-2-4 冰芯钻取情况	81
3-2-5 表面雪冰采样统计表	82
3-2-6 海冰冰芯中微生物层显微镜鉴定报告	82
3-2-7 北极海冰物理结构特征野外工作	83
3-2-8 海冰表面温度梯度	84
3-2-9 海冰漂流数据	85
3-2-10 气溶胶和气体采样	85
3-2-11 冰型观测	85
3-2-12 观测设备	85
3-2-13 现场考察作业人员	86
3-3 北极地区地理环境信息动态以及 重力场分布研究	86
3-3-1 卫星 GPS 观测	87
3-3-2 重力测量	87
3-3-3 北极数字地图的制作	89
3-3-4 观测数据后处理和进一步研究	89
3-3-5 结语	90
3-3-6 现场作业人员	91

第四章 北冰洋海冰外缘带冰-气-海 相互作用观测和航线气象、 海冰预报 93

4-1 海冰外缘带冰-气-海相互作用综合观测	94
4-1-1 目的意义	94
4-1-2 观测内容和观测人员	95
4-1-3 观测的平台	95
4-1-4 观测项目	97
4-1-5 获取的资料	98
4-1-6 3次使用小艇进行冰气海综合考察	98
4-2 气象常规观测和预报	100
4-2-1 预报的内容	100
4-2-2 气象观测、预报承担的主要工作	101
4-2-3 气象仪器工作状态	101
4-2-4 气象观测、预报情况	101
4-2-5 现场观测和预报人员	101
4-3 海冰观测和冰区导航	102
4-3-1 海冰观测	102
4-3-2 海冰预报和冰区导航	102
4-4 现场解决的问题和应用以及 未来的科研和应用价值	103
4-5 北冰洋的海雾	105

第五章 考察的条件支撑 107

5-1 科学考察主要装备的基本情况	108
5-1-1 “雪龙”号极地科学考察船	108
5-1-2 直升飞机	109
5-1-3 工作艇	109
5-1-4 船舶、飞机及工作艇作业的组织实施	110
5-1-5 经验、问题和建议	111
5-2 联合观测冰站的野外作业组织实施	112
5-2-1 现场实施过程	112
5-2-2 联合冰站组织实施的评估	115
5-2-3 存在问题	116
5-3 直升飞机支持作业点的保障	116
5-4 现场作业人员与分工	117

附一 考察日志 119

附二 现场实施计划 137

附三 现场工作统计表汇总 155

第1章

白令海和北冰洋海洋综合考察

1-1 考察目标与内容

1-1-1 考察科学目标

1. 探讨北极在全球变化中的作用和对我国气候的影响。
2. 了解北冰洋与北太平洋水团交换对北太平洋环流的变异影响。
3. 了解北冰洋邻近海域生态系统与生物资源对我国渔业发展的影响。

1-1-2 考察内容

此次考察在白令海、白令海峡、楚科奇海、北冰洋（加拿大海盆）以及波弗特海，以“雪龙”号船为平台进行了多学科、多专业、多项目的现场工作，内容涉及物理海洋学、海洋生物学、海洋化学、海洋地质学、渔业资源、大气化学等。调查作业项目包括海水的温度、盐度、深度的探测，走航声学多普勒剖面测流和抛弃式温、盐、深测量；浮游生物的垂直拖网和分层拖网、底栖生物取样；渔业资源取样拖网；海洋化学取样和现场观测、分析；同位素取样；走航大气和表层海水 CO_2 取样观测等。在北冰洋联合冰站和直升机支持的海洋冰站上，进行了物理海洋学的温度、盐度、深度的探测和抛弃式

“雪龙”号考察破冰船





温、盐、深测量，自容式声学多普勒剖面测流。

北极地区行政示意图

1-2 航次概况

1-2-1 考察海区概况

本航次考察海区包括楚科奇海、白令海、北冰洋（加拿大海盆）以及波弗特海。其中楚科奇海与白令海分属北冰洋和太平洋，它们的物理、化学、生物、地质学特征各具特色。由于这两个海域是两大洋水体交换的必由之路，因而是研究太平洋与北冰洋水体的交换等科学问题的理想场所。北冰洋具有宽阔的陆架区，本航次考察站位大多位于这一重要区域，但同时也进行了北冰洋（加拿大海盆）部分深水站位的考察，从而使本航次既获得了浅海区域的数据，也获得了深水海域的宝贵资料。从冰情条件看，本航次考察站位覆盖开阔海域、浮冰区和永久海冰区，对探讨海水与海冰的相互作用具有重要意义。此外，在直升飞机的支持下，于 $77^{\circ}18'N$ ， $161^{\circ}W$ 获得本航次最北端的海洋资料。白令海是环太平洋的重要边缘海之一，是北冰洋的东方门户，是连接北冰洋与太平洋的纽带，同时也是世界重要的渔场之一。本航次在白

令海测区进行了6个断面42个测站的采样与研究工作, 站位分布从浅水区域经陆架、陆坡至深水区域, 覆盖整个白令海公海海域。

1-2-2 海洋考察站位

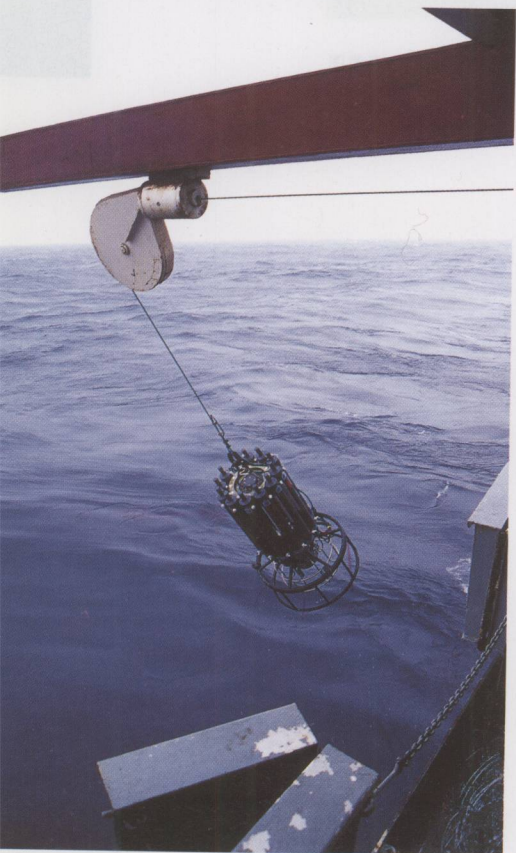
本航次两个海域考察区域如图所示, 其中北冰洋考察包括联合冰站、小艇、飞机支持的站位, 整个航次考察站位累计110个。

1-2-3 现场作业情况

在“雪龙”号船的主甲板上, 大洋作业分为: 右舷、左舷、后甲板3个作业位置。在右舷使用6 000m铠装电缆绞车完成物理海洋温、盐、深(MARK III CTD)的测量和梅花采水器采水等作业; 在左舷使用1 200m水文绞车完成海洋浮游生物拖网、海洋化学和同位素采水作业; 海洋地质、底栖生物取样和渔业资源拖网等作业, 则使用后甲板6 000m地质绞车及A型架进行; 抛弃式温、深(XBT)和抛弃式温、盐、深(XCTD)探头也在后甲板投放。

1-2-4 海洋组人员与作业组织

在风大涌高的白令海下放CTD (薛冠超 摄)



此次考察海洋组成员共有25名(包括1名香港海洋学家), 正、副组长负责现场的实施作业。参加考察人员以科学的态度认真执行本航次科学考察实施计划, 明确目标、任务与分工。在全体人员的努力工作下, 超额、圆满地完成了白令海、北冰洋海洋综合科学考察。本航次中, 首席科学家的科学组织和“雪龙”号船的密切配合, 使海洋组能够取得大量的现场观测数据和样品。在考察的主要过程中, 赵进平作为海洋组成员、首席科学家助理除完成本职工作外, 还给予了本组工作大量的学科指导。首次北极综合性海洋考察的圆满完成, 对我国在21世纪海洋科学的发展将产生意义深远的影响。海洋组成员来自国内10个海洋科研、教育等单位, 从事的领域包括物理海洋学、海洋生物学、海洋化学、生物地球化学、海洋地质学和海洋渔业资源等学科, 均为各单位科研、技术的骨干力量, 具有较丰富的海洋考察作业经验和较高的学术水平。其中包括研究员(博士生导师)1名、博士6名、副研究员6名、助理研究员和工程师10名。

矫玉田	组长	国家海洋局第一海洋研究所
陈敏	副组长	厦门大学海洋系
赵进平		国家海洋局第二海洋研究所
蔡平河		厦门大学海洋系
高郭平		青岛海洋大学
李超伦		中国科学院海洋研究所
张武昌		中国科学院海洋研究所
高爱国		国家海洋局第一海洋研究所

程振波	国家海洋局第一海洋研究所
陈荣华	国家海洋局第二海洋研究所
李秀珠	国家海洋局第二海洋研究所
金明明	国家海洋局第二海洋研究所
卢 勇	国家海洋局第二海洋研究所
王伟强	国家海洋局第三海洋研究所
施纯坦	国家海洋局第三海洋研究所
郑凤武	国家海洋局第三海洋研究所
林景宏	国家海洋局第三海洋研究所
罗宇忠	国家海洋局中国极地研究所
吉 国	国家海洋局北海分局
姚子伟	国家海洋局环境监测中心
陈冠镇	农业部东海水产研究所
张 勋	农业部东海水产研究所
何建宗	香港公开大学
李 亮	国家海洋局科技司



分水样 (任建民 摄)

1-3 物理海洋学考察

1-3-1 研究目标

1. 阐述北冰洋的水团分布和环流特征。
2. 探讨北冰洋及邻近海域的水文特征对生物资源、海洋化学物质和季节性浮冰分布的影响。
3. 揭示穿越白令海峡的水体输运和水体交换量。

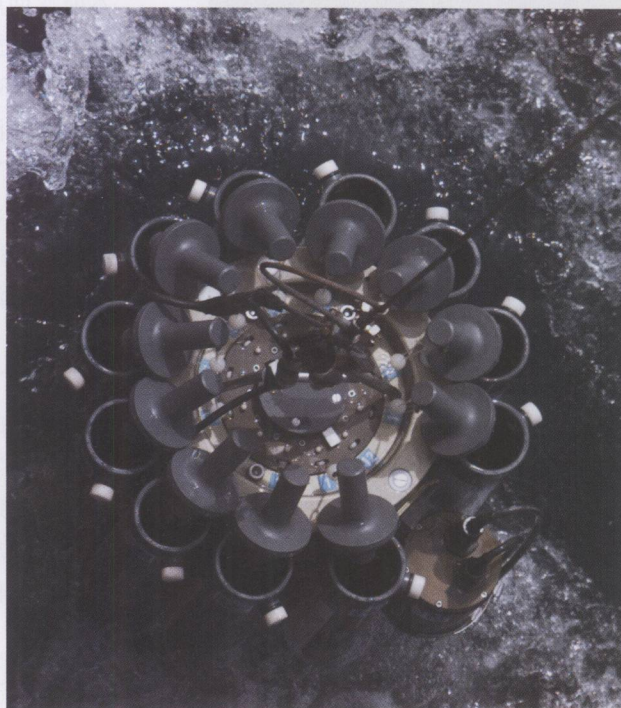
1-3-2 研究内容

1. 确定北冰洋及邻近海域水团分布及物理特征。
2. 比较楚科奇海和白令海深层水和底层水的异同, 研究白令海峡的锋面特征。
3. 楚科奇海和白令海的层分布和斜压性的研究。
4. 冰下温、盐分布特征的研究。
5. 楚科奇海和白令海环流特征的分析 and 研究。
6. 冰下海流特征的分析 and 研究。

1-3-3 现场工作情况

在白令海、楚科奇海、加拿大海盆海域作业中, 应用

CTD Rosette 采水器入水 (任建民 摄)



船载 MARK III C/WOCE-CTD 测量系统及右舷 6 000m 铠装电缆绞车进行物理海洋温、盐、深的测量和梅花采水器采水。

在北冰洋海冰区进行的海-冰-气联合考察中,物理海洋学在联合冰站、直升机支持的浮冰站、小艇支持的海冰外缘带、冰间水道、融池等进行了自容式温、盐、深测量和声学多普勒海流剖面测流以及 GPS 定位观测。

使用 RDI 公司出产的 VM-ADCP(75 kHz)进行全航程测流观测。

在计划站位完成 XBT、XCTD 的走航观测。通过 MK12 数据采集板进入计算机,由计算机自动处理后得到相应的温、深数据资料(曲线)和温、盐、深数据资料(曲线)。

完成全航程红外海表面温度自动观测。

1-3-4 CTD 观测

此次物理海洋温、盐、深的测量,使用了两种海洋仪器: MARK III C/WOCE-CTD 和 FSI-CTD。

MARK III C/WOCE-CTD, 温(Temperature)、盐(电导率, Conductivity)、深(Depth)测量仪系统,简称 CTD。它是测量海水电导率、温度、压力和溶解氧的大型自动记录系统。由三大部分组成。①水下探测系统,即 CTD 探头。②数据处理终端及采水控制。③ 6 000m 铠装电缆绞车。MARK III C/WOCE-CTD 能够测量 0~6 000m 不同深度的温度、盐度(电导率)、压力数据,同时可采取 12 瓶位 2.5L 不同层次的海水样品,为海洋生物、化学提供分析研究,并且为研究白令海和北冰洋陆架水团、结构和形成机制提供可靠的数据。

本航次使用的 MARK III C/WOCE-CTD 探头型号是 0531,该探头于 1998 年 8 月在国家海洋计量中进行标定,温度标定使用 90 国际温标,标定系数文件为 TJ980818.C01。

在白令海测区,共完成 45 个 CTD 站作业,其中包括 31 个水深超过 2 000m 的深水站,CTD 下放最大深度 3 750m,CTD 采水成功率 99%,获取高质量直达海底的温、盐、深数据和采水样品层的数据以及现场温、盐、深剖面图,共计 CTD 资料 50MB。

在楚科奇海、加拿大海盆共完成 43 个 CTD 站作业,其中 6 个测站在冰厚 1~2m 的 7~8 成浮冰区,还有 9 个站是在浮冰区作业,CTD 采水成功率 99%,获取 CTD 资料 30MB,为研究北冰洋陆架水团、结构和形成机制,取得了大批宝贵的海洋数据。在北冰洋测区,由于浮冰密集,给海洋调查带来极大的困难,“雪龙”号船为此付出巨大努力,驾驶、气象人员根据冰情,反复调整船向驱赶浮冰,小范围内频繁使用进车、倒车等方法努力创造作业条件,保证了考察的站位质量。全组人员在冰区克服海冰密集造成的困难,积极寻找机会,保证了预定数据的获取与仪器的安全。



在小艇上施放 CTD (薛冠超 摄)



CTD 数据记录和预处理 (任建民 摄)

1-3-5 CTD 预处理数据的质量分析

CTD 数据预处理后, 需要现场进行数据质量分析, 以确定 CTD 系统的工作是否正常以及数据非线性漂移的程度。现场质量分析的主要手段是采用两类质量分析图: 第一类是 CTD 的全剖面图。它是在 CTD 采样时同步绘制的。图中绘出了位温、盐度的剖面曲线。由图可以清楚地判断出 CTD 系统运行是否正常。第二类是若干相邻站深水段的剖面图, 即温度、盐度图。

1-3-6 现场冰面作业情况

在北冰洋海冰区进行的海-冰-气联合考察中, 海洋在联合冰站、直升机支持的浮冰站、小艇支持的冰边缘、冰间水道、冰间融池上进行自容式温、盐、深测量和声学多普勒海流剖面测流以及 GPS 定位观测。在冰站和浮冰上, 因海冰太厚, 无法钻孔, 只能在冰裂隙、融池等处, 人工下放 MCTD 进行测量, 在小艇上使用手摇绞车下放仪器进行测量。

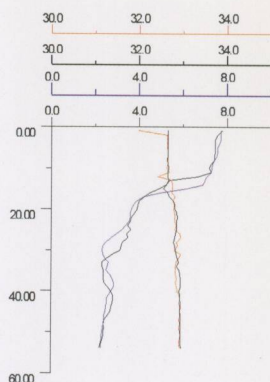
1-3-6-1 观测仪器

FSI-CTD, 温、盐、深自记仪, 简称 MCTD, 型号 1578。可连续测量 0~200m 不同水层的温、盐、深物理海洋要素。该仪器是由美国 FSI 公司制造, 1998 年 3 月购买, 1998 年 2 月在美国标定, 标定系数文件: 1578.C00, 1998 年 9 月由国家海洋局第一海洋研究所测试中心校准, 并取得 ISO 9000 质量认证。

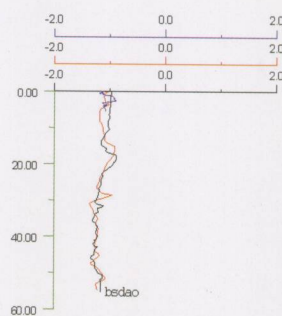
骏马声学多普勒海流剖面仪, 简称 ADCP。基本原理是测定声波因海水中微颗粒回散声学多普勒发射产生的多普勒频移而得到不同水层的水体流速。它能够观测 0~150m 剖面流速、流向。该仪器是由美国 RDI 公司制造, 1998 年 3 月购买, 1998 年 2 月在美国标定, 1998 年 9 月由国家海洋局第一海洋研究所测试中心校准, 并取得 ISO 9000 质量认证。

1-3-6-2 MCTD 数据质量分析

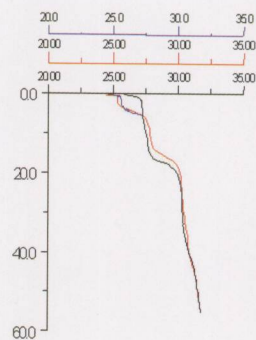
在北冰洋的联合冰站、直升机支持的浮冰站、小艇支持的冰边缘、冰水道、融池等处, 共完成 31 个 MCTD 站作业和 5 个站的自容式 ADCP 剖面测流, 获取了海洋上层温、盐和海流的数据, 可供研究发生在冰外缘带的物理过程是否为影响海冰融化和冻结、冰外缘线进退、上层海洋垂直对流、海气间能量与物质交换的极为重要的因素。MCTD 数据预处理后, 通过 FSI POST 软件数据处理和绘图, 现场进行数据质量分析, 以确定 MCTD 自记仪的工作是否正常以及数据非线性漂移的程度。在白令海 B-1-8 站现场对 MARK III C/WOCE-CTD 和 MCTD 温、盐、深采集的数据进行质量分析和绘出全剖面图进行比较可以清楚地判断出 CTD 系统运行是否正常以及相关



白令海温、盐垂直分布图



北冰洋温度垂直分布图



北冰洋浮冰区盐度垂直分布曲线

的误差。在北冰洋取三个不同界面水域MCTD测站，绘出全剖面图看出温、盐随深度的变化，来进一步分析融冰的过程。

在北冰洋联合冰站、小艇测站、浮冰测站上所获取的MCTD、ADCP资料，为海-冰、海-气相互作用的研究提供了具有重要科学价值的数据资料。

1-3-7 CTD 现场观测人员

此项观测分别由赵进平、矫玉田、吉国、罗宇中、高郭平、姚子伟承担。

1-3-8 ADCP 观测

1. 仪器

观测仪器为RDI公司出产的VM-ADCP(75 kHz)。换能器位于“雪龙”号船中前部，3号换能器45°右偏船中线安装，使用Transect数据采集软件。GPS为MX 4200型，天线位于船顶层甲板左舷。航次中仅使用国产DH-2型电罗经，罗经信号取自数据中心的分罗经。

2. 现场情况

观测情况见下表。

ADCP 在本航次观测中发生的主要事件表

序号	日期	事件	备注
1	1999.06.30	仪器电源故障	
2	1999.06.30	仪器电源故障修复	说明
3	1999.07.01-07.04	几次变动配置文件	07.04 12:25 止
4	1999.07.09 09:40	停止采集，拷贝数据	07.09 15:27 恢复采集
5	1999.07.12 08:18	到达诺姆港，停止采集	
6	1999.07.12 14:30	关机，换电源	说明
7	1999.07.12 18:10	拷贝数据，清理硬盘	
8	1999.07.13 10:51	开机，诺姆港启航	
9	1999.07.16 06:45	停止采集，拷贝数据	船长时间漂泊
10	1999.07.21 22:07	停止采集，拷贝数据	
11	1999.07.28 10:00	停止采集，拷贝数据	设定采集间隔 60s
12	1999.07.29 02:00	白令海定点站结束	以后平均文件记录 间隔由 30s 改为 60s
13	1999.08.04 10:00	停止采集，拷贝数据	
14	1999.08.13 04:26	到达加拿大图克港，关机	关机，拷贝数据
15	1999.08.15 15:59	开机，校准罗经，差值为 0.0°	Offset 0.3°
16	1999.08.19 10:00	因船上通知换电停机。	
17	1999.08.19 16:50	重新开机，校罗经差值为 0.0°	Offset 0.3°
18	1999.08.27 10:16	到诺姆港，停机，拷贝数据	压缩数据在硬盘中
19	1999.08.28 15:20	开机，校罗经差值为 0.0°	Offset -0.3°
20	1999.09.06	对马海峡，停机，拷贝数据	观测结束
21	1999.09.09	上海锚地	

在启航前发现仪器电源故障,罗宇忠提出了非常有效的修复办法,并在数小时内冒着大雨买回了替代电源,使仪器恢复工作。

由于在日本海及附近海域几经变动配置文件,造成一数据空白区域。

在诺姆港更换RDI提供的“新电源”,空载测量输出电压正常,带负载后可使仪器工作(采集和发射)。但是电源内部出现超出常规的振动和异常声响,仅维持数分钟工作后卸下,空载测量输出电压仍正常,振动和异常声响消失,放弃使用,仍使用原替代电源工作。

8月19日,因船通知换电停机6h。

3. 观测数据

(1) 数据量

在白令海连续站前观测中平均文件采样间隔为30s,由于记录数据量过大,考虑到备份软盘数量问题,后改为60s。30s采样间隔,日平均数据量约为12MB,60s采样间隔,日平均数据量约为8MB。

ADCP 数据量统计表

序号	时 间 段	数 据 量 MB	备 注
1	1999.06.30 ~ 07.05	8.08	均为 Win Zip 文件
2	1999.07.05 ~ 07.09	24.3	压缩率 75 %
3	1999.07.09 ~ 07.12	20.8	
4	1999.07.13 ~ 07.21	48.6	
5	1999.07.21 ~ 07.27	49.8	
6	1999.07.28 ~ 08.04	50.6	
7	1999.08.04 ~ 08.13	42.6	
8	1999.08.15 ~ 08.27	65.9	
9	1999.08.28 ~ 09.08	约 45.0	
总数据量: 355.9 WinZip		总数据量: 1423.6 MB	

(2) 数据备份

软盘备份,使用RAR(DOS版,Ver 2.0)分盘(1.44MB)压缩观测数据,并逐一拷贝到软盘。软盘备份数据总量209片。光盘备份,使用WinZip 7.0压缩,并刻录到一张只读光盘上。

(3) 记录表

ADCP工作记录表记录了经纬度、时间、航向、航速、文件序号、平均文件记录间隔和备注等有关信息,共5张。

(4) 配置文件

为保持观测资料的一致性,配置文件尽量保持一致。变动部分仅涉及测量方式、层数、PING数(Wp, Bp)和数据记录路径。在数据备份中有一张盘保留了配置文件。

(5) 数据校正

ADCP数据后处理(校正)要进行大量的数据统计工作,在本航次中无法完成数据校正工作。

4. 发现、问题与建议

(1) 表层水温

ADCP温度传感器在换能器舱内,航行中发现与青岛海洋大学表层温度测量有较好的一致性,下表是几个温度下的对比数据。如果细致分析这两组观测数据,并获得它们之间的关系,可以在以后的南极航次中获取大范围不同温度区域的海洋近表层温度。

大范围的表层水温资料对于校正卫片是十分宝贵的参考数据。

ADCP 表层水温对比表

序号	日期	表层水温 (海洋大学)	表层水温 ADCP
1	08.01 09: 30	8.34	8.0
2	08.02 10: 51	7.01	7.0
3	08.03 08: 38	4.2	4.0
4	08.03 10: 32	2.8	3.0
5	08.03 11: 14	3.97	4.0
6	08.03 12: 51	4.8	5.0
7	08.03 19: 55	3.7	4.0
8	08.03 22: 56	6.18	6.0
9	08.04 01: 44	0.37	1.0
10	08.05 10: 03	-0.64	-1.0

注: ADCP 表层水温显示仅为整数,记录为一位小数。

(2) 跃层与声增益曲线

在CTD测站时注意到: ADCP声增益曲线与CTD跃层在深度上有较明显的对应关系,在走航中的声增益曲线剖面图像上(声增益曲线剖面图像仅经过显示处理)可以清晰地看到一条连续走向的曲线。

目前尚不能证实连续走向的曲线是否就是我们一直关心的,但又无法连续观测的跃层剖面,如将定位站的CTD数据和走航中的XBT、XCTD数据与其进行比较,极有希望证实其相关性。

以上2个发现,虽然目前尚不能完全确定,但是都很有希望在不增加设备、不影响海流剖面观测的前提下,极大地扩展ADCP观测数据量,仅经技术处理便可以从中提取许多有用的信息。尤其是声增益曲线与跃层剖面的关系,或许能够获得跃层连续变化的影像。跃层是海洋观测中一直十分关注的现象,但目前却又无法连续观测到。

