



DEGUO KEXUE
KAOCHACHUAN
BIANDUI

德国科学考察船编队

—— 未来十年战略需求

陈学恩 刘岳 郝虹 编译



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

德国科学考察船编队：未来十年战略需求/陈学恩，
刘岳，郝虹编译. —3版. —青岛：中国海洋大学出
版社，2011.6

ISBN 978-7-81125-699-4

I. ①德… II. ①陈… ②刘… ③郝… III. ①海洋调
查船—德国 IV. ①U674.81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 109866 号

出版发行 中国海洋大学出版社
社 址 青岛市香港东路 23 号 邮政编码 266071
出 版 人 杨立敏
网 址 <http://www.ouc-press.com>
电子信箱 book@ouc.edu.cn
订购电话 0532-82032573(传真)
责任编辑 冯广明 电 话 0532-85902469
印 制 青岛双星华信印刷有限公司
版 次 2011 年 6 月第 1 版
印 次 2011 年 6 月第 1 次印刷
成品尺寸 170 mm×230 mm
印 张 8.25
字 数 140 千字
定 价 45.00 元

译序

“十一五”期间,中国海洋大学主持了国家 863 计划“质量控制及规范化海上试验”课题,使得我们有机会了解我国科学考察船的存量、管理和运行现状。我国现有 15 艘海洋科学考察船,约占世界总数的 2.8%,与美(105 艘)、日(93 艘)、俄(87 艘)相差甚远,与一个拥有 1.8 万千米海岸线的海洋大国地位和国家海洋强国战略极不相称。我国现有海洋科学考察船大多是上世纪 70 年代至 80 年代建造的,上世纪 90 年代之后仅建造了 1 艘具有海洋考察能力的“东方红 2”号船,购进了 1 艘极地考察运输船“雪龙号”和 1 艘科学考察船“大洋一号”,而能够进行全球航行并具备深海资源和环境探测、功能较为齐全的仅有“大洋一号”。截止到“十一五”末,我国现有科学考察船绝大部分临近报废期,将面临缺少综合海洋环境同步观测取样能力、缺少多学科观测数据实时交互集成能力、缺少深海现场观测取样和处理能力、缺少续航能力强的海洋综合观测能力的局面。如果没有新的科学考察船投入使用,至“十二五”末,我国将失去最基本的海洋科学探测与研究手段。

同样是在“十一五”期间,中德两国政府间“中德海洋科学高层次人才联合培养项目”取得了长足的进步,已于 2011 年 2 月挂牌成立“中德海洋科学中心”。在此项目的框架下,我们 2009 年曾赴德国主要海洋科学研究机构调研了欧洲科学考察船的存量和运行机制,2010 年曾赴英国国家海洋中心调研,有不少感受。美国联邦政府也早在 1971 年就组织成立了“全国科研舰队”,并由一个公开的机构 UNOLS 统管全国几十条科学考察船,形成一个共用平台,对所有的科研单位开放,以促进和协调海洋科学考察计划与研究设施,利用“公共平台”的资源进行海上调查和仪器试验。今年是“十二五”开局之年,国家已相继启动了一系列大科学工程计划。我们有感于欧洲和北美对科学考察船队的管理和发展模式,特别是德国对未来科学考察船队的规划,遂决定编译出版一本相关读物,供广大海洋工作者和研究生参考,希望能够对读者有所裨益。

《德国科学考察船编队——未来十年战略需求》(国际标准图书编号 ISBN 978-3-527-32260-2)系由德国科学基金会海洋科学参议委员会和德国海洋研究机构联合会(KDM)撰写,通过 WILEY-VCH 私营有限责任公司在德国国内出版发行。在这里,我们要特别感谢德国联邦教研部(BMBF)中德项目协调人 Petra Westhaus-Ekau 博士对本编译读物出版的协调、建议和支持,感谢美国 UNOLS 主席 Bruce Corliss 教授的支持,由于德文和英文水平所限,书中难免有不尽之处,望读者批评指正。

译者

2011 年 2 月 22 日

绪言

我们未来的社会将通过形形色色的方式与海洋紧密地联系在一起。一方面,海洋影响着气候并调控着未来的气候变化;另一方面,海洋的物质代谢对大气层的成分组成产生着很大的影响。沿海地区是人类定居及工业活动的主要区域,人们对沿海地区的使用也呈现不断增长的趋势。然而,沿海地区也是特别容易遭受那些由地质及气候原因引起的诸如海啸、海平面上升等自然灾害威胁的地区。从海洋中获取的原材料包括能源资源、矿物资源以及所谓的“蓝色”生物技术产品资源和最新的食物资源。它们源源不断地被开发出来,从而使我们能够更好地认识和利用海洋的潜能。在这里,海洋环境功能的维护必将是我们的一个中心目标。我们需要思索的是,通过直接或间接的人类活动,如何能够尽可能避免给沿海地区以至于整个海洋系统,带来不可逆转的改变。这不仅对海洋生态环境,而且对人类的经济生活及社会生活都具有深远意义。另一方面,对我们而言,海洋在相当大的程度上还属于未知领域,总是吸引着人们去探索和发现,比如令人称奇的极端无氧状态下的生存环境,和那些围拢在大陆架边缘的冷水珊瑚褶皱等。到目前为止,我们认识到的仅仅是海洋丰富的生存环境以及生物多样性的一小部分。

很多诸如此类的发现,都是通过那些科学考察船船载仪器得到的,它们经过技术与方法上的创新,为我们的海洋研究开辟了一条新的途径。这些新技术在过去的几年中为我们提供了更加精确的水团与海底结构的数据,使人们在难以抵达和恶劣的深海环境中进行考察成为可能。新技术提出的新问题,或者更确切地说,新技术应用的可行性,使得部分海洋研究的工作模式发生了根本的改变。现在,利用复杂的测量仪器和观测站可以现场实施海洋监察、测量和实验。一方面,在科学考察船的甲板上即可以对数据进行充分的分析利用;另一方面,新技术又为海上海洋技术大型仪器的高效运用以及对科学考察船的最优化适配提出了要求。

呈现在我们面前的这个战略报告是由德国科学基金会海洋科学参议委员会与德国海洋研究机构联合会联合撰写的,它描述了德国在下一个十年中海洋科学与技术方面的发展规划。从中我们可以看到,为保证德国科学考察船在国际对比上的竞争优势,德国规划中对科学考察船编队的需求。

这本战略报告是此前出版的两个报告——《海洋基础科学研究对科学考察船的需求》(德国科学基金会 DFG, 1997)和《下一个十年中的海洋科学研究》(德

国科学基金会 DFG 研究报告,2000)的整合。它延续了当时的路线方针,即指出了未来海洋科学研究的主要任务和对现代化科学考察船及其技术装备的必要规划。对科学考察船的维护和现代化改造,对保持德国海洋科学的研究水平及其在国际上的重要地位,具有重要意义。

卡琳·罗赫特(Karin Lochte)
德国科学基金会海洋科学参议委员会主席

皮特·赫尔佐格(Peter Herzig)
德国海洋研究机构联合会主席

概要

海洋作为全球资源,在气候变化中发挥着重要作用,随着人类对海洋开发利用的不断增长,德国把对海洋的探索作为社会公共利益中不可或缺的组成部分,并作出了积极的贡献。本报告从学术层面阐述了德国科学考察船编队必要的革新战略,并旨在为科学委员会制定战略规划提供参考。

德国在现代的海洋科学研究领域作出了重大贡献,在国际上被视为海洋研究的一支重要力量。赢得这个地位的前提恰恰是因为各方对有关学术机构、科研工作者以及相关仪器装备持续的资助与支持。随着研究课题、研究方法和实验手段与技术的发展,海洋科学研究的仪器设备必须相应地进行即时的现代化更新并与当前的要求相适应。这一点尤其适用于以海洋科学研究为主要目的而装备的科学考察船。在本报告里,德国科学基金会海洋科学参议委员会与德国海洋研究机构联合会一起对德国科学考察船在未来十年内的需求作出了阐述。文中所有立论基于的学术问题,在研究报告《下一个十年中的海洋科学研究》(德国科学基金会 DFG,2000 年)中,以及在德国科学基金会与联邦德国教育与研究部联合承担的科研项目《地理科学技术》(德国科学基金会 DFG,2003 年第三版)的某些部分中,都已经作出了详尽的阐述。其主要问题将以缩减的和更新的形式重新做出归纳:海洋在气候系统中扮演的角色;生物地球化学物质循环;海洋生物圈生物的多样性与演变;沿海地区的潜在风险与增长潜力;海洋资源的可利用性;地理动力与地理风险。包含新技术的大型仪器设备在海洋研究中的应用,使得海洋科学研究取得了长足的进步。这些新型仪器的投入使用给科学考察船提出了更新和更高的要求,并必然会推动科学考察船的现代化建设。

为了完成既定的科研目标以及巩固德国海洋科学研究在国际上的地位,将需要部署三艘可达包括北冰洋和南极洲在内的全球范围的科学考察船,两艘针对北大西洋深海盆地的科学考察船,以及两艘面向欧洲大陆架海域,尤其是北海和波罗的海的科学考察船。在阐释科学考察船编队规模时,还考虑到与欧洲合作伙伴船舶海上作业时间进行交换的作用以及那些小吨位的、由地方管理运作的船只在海洋科考中的重要性。此外,对新建船只在技术上的要求也作了详细的说明,动力定位、灵活的升降机的配置、光导玻璃纤维电缆等需求也涵盖其中。这些装备必不可少,以备安装到那些复杂的大型仪器设备上,诸如可遥控

的和自动的水下交通运输工具以及自主钻探系统等。

在海洋科学基础研究方面,德国目前有七艘科学考察船可供使用,这些船的建造时间介于1968年和2005年之间。关于它们的应用范围和使用寿命,表0-1中给出了描述。其中的3艘船只只在过去的5年中相继退役,并由新的科学考察船 Maria S. Merian 号(图0-2)接替。鉴于平均30年的船身服役寿命,出于对船只在建造工程和经济方面、动力装置维护、补给设施的合理最长使用寿命的考虑,以及顾及到那些使用了创新技术的大型海上作业仪器设备对替代船只建造提出的新要求,可以看出,在未来的15年中,我们将考虑为以下四艘科学考察船建造替代船只的需要:Podeidon 号和 Sonne 号(它们的最长使用寿命都是到2010年),Polarstern 号(2016年)以及 Meteor 号(2019年),并且要考虑通过大量的现代化技术运用,来延长它们的使用寿命。我们希望通过欧盟联合项目破冰钻探船北极光号 Aurora Borealis 的实现,使得德国科学考察船编队的作业能力在极地地区得以扩充。

船名	建造年份	航程(作业)范围	1980	85	90	95	2000	05	10	15	20	
POLARSTERN号	1981	全球	—						□	○	▽	
SONNE号	1968	全球	—						□	○	▽	
METEOR号	1986	全球	—									□
MARIA S. MERIAN号	2005	北大西洋	—									
PODEIDON号	1976	北大西洋	—							○	▽	
Valdivia号	1961	北大西洋	—						□	○	○	
Humboldt号	1966	北大西洋	—							○	○	
Alkor号	1990	地区	—									○
Heincke号	1990	地区	—									○
Victor Hensen号	1975	地区	—									○

Aurora Borealis号		全球	-----								
------------------	--	----	-------	--	--	--	--	--	--	--	--

□ 现代化改造 ○ 30年服役期限 ▽ 新建船只/替代船只 ○ 退役时间

注:科学考察船 Valdivia 号, Alexander von Humboldt 号与 Victor Hensen 号在过去的五年中已相继退役。假设以通行的30年作为船只建造工程和经济方面最长使用寿命,这里对 Sonne 号和 Podeidon 号科学考察船做了重点强调,因为在这一功效等级急需进行现代化的技术设备改造。Aurora Borealis 号是为承担欧盟项目而设计建造的,在此将其列入,是因为它部分时间将承担德国的基础海洋研究工作。

图0-1 1980年至2020年间德国科学考察船建造年份、船只改造主要措施以及预计退役时间



图 0-2 科学考察船 Maria S. Merian 号

德国科学考察船编队中科学考察船的运转经费及运营管理结构是分散式的。这样,独立投资人的资金配额浮动就不会直接影响到整个科学考察船编队,通过船只经营机构经验丰富的科学家的管理,也会使这种运营管理模式更富有弹性和切合实际。对出海时间申请的评估和鉴定执行统一标准,对所有船只出航计划实行层级的表决程序以及通过商业的海运企业运营的适当的集中出航分配方式,对以上诸项统筹加以考虑,然后再根据已往的经验,就会做到科研需求和财政拨款之间很好的契合。其他的一些模式,譬如,集中的运营管理基地,在此没有必要予以考虑。

结论:

当前最紧迫的需求是,德国科学考察船编队的功效和序列必须通过合乎时代要求的替代科学考察船只 Podeidon 号和 Sonne 号(2010 年)以及将于未来十年的中建造完成的 Polarstern 号(2016 年)以及 Meteor 号(2019 年)来得到保证,对北冰洋中心地带进行科学考察的目标我们期待着将通过 Aurora Borealis 号来实现。

目 录

1. 导论	1
2. 德国海洋科学研究未来十年在科学上面临的挑战	3
2.1 海洋在气候系统中扮演的角色	3
2.2 生物地球化学物质循环	6
2.3 海洋生物圈生物的多样性与演变	9
2.4 沿海地区面临的潜在风险和增长潜力	13
2.5 海洋资源的可利用性	16
2.6 地球动力学和地质风险	20
3. 德国海洋基础研究组织结构发展现状	23
4. 德国科学考察船编队的现状与使用情况	26
4.1 概况	26
4.2 德国科学考察船编队船只	29
4.3 职能船只的使用	35
4.4 德国科学考察船编队的组织结构与欧洲其他国家及美国的比较	35
4.5 评估鉴定程序与最优化使用	38
4.6 科学考察船编队的工作负荷	40
4.7 欧盟合作框架下可支配船只的使用	42
5. 科学考察船的需求	44
5.1 大型和专门仪器设备的装配	45
5.1.1 系于钢丝绳的投放和拖曳系统	45
5.1.2 锚定系统	46
5.1.3 着陆器系统	46
5.1.4 水下遥控运载工具(ROVs)/追踪类潜水艇	47
5.1.5 自主水下航行器(AUVs)	48

5.1.6 钻心式、重力式以及液压活塞式岩心提取系统	49
5.2 科学技术要求	50
5.3 船舶制造及操控技术的现代化	51
5.4 对船舶工作人员的要求	51
6. 未来对德国科学考察船编队的需求及其现代化	53
6.1 陆缘海船只	53
6.2 深海船只	54
6.3 长期规划	55
6.4 参与欧洲海洋科学研究	56
附录 1 德国海洋科学基础研究布局	58
附录 2 科学考察船只运行及负载数据	66
附录 3 在欧洲合作框架下的船只利用	71
附录 4 科学考察船只的服役年龄与使用价值的维护	74
附录 5 现代化科学考察船只总体要求的概括	77
附录 6 全美高校—国家海洋实验室管理系统章程 (UNOLS charter)	81
附录 7 UNOLS 章程	88
附录 8 缩略词一览表	113

1. 导论

我们整个社会将要面临的重要挑战是,人们对作为全球资源的海洋日益增长的需求以及海洋在气候转变过程中扮演的重要角色。德国应在海洋科学研究中扮演积极角色。本报告从学术层面阐述了处于海洋科学研究核心基础设施地位的德国科学考察船编队必要的革新战略,并旨在为科学委员会制定战略规划提供参考。

德国在国际海洋科学研究中发挥了显著作用,其根本原因在于,德国过去和现在对于各研究机构、科研人员以及科研设施的配备奉行一贯的、适当的资助和支持措施。在本报告中重点强调了这样一个观点,即面向海洋科学研究的科学考察船只——科学考察船编队——一系列的现代化的必要性。科学考察船只作为海上仪器平台和实验室平台,与其他一系列的高科技的测量系统、钻探取样系统以及大型计算机一起,构成了海洋研究的主干手段。

从当前海洋科学研究前沿课题的要求来看,科学考察船编队的量值与功能特征显得尤其重要。关于这一点,在德国科学基金会 DFG 的研究报告《下一个十年中的海洋科学研究》(德国科学基金会 DFG, 2000 年)中,以及在德国科学基金会与联邦德国教育与研究部联合承担的科研项目《地理科学技术》(德国科学基金会 DFG, 2003 年第三版)的某些部分中,做出了详尽的描述。这里仅仅对那些在近几年来出现的新认识,以及对科学考察船编队在技术上、时间上及地域上衍生的必要需求,做了补充说明。

在过去的几年中,通过新技术的投入使用,海洋考察的科学研究工作发生了根本的变化:应用自主水下航行器和遥控水下运载工具进行广泛测量和定点取样,在深层海床地段使用遥控海底钻探机械和定点钻探取样机械进行岩心提取,使用通过卫星进行数据传播的昂贵的定位系统对水体中的生物化学变化和物理变化进行超长时间记录,这一切都对科学考察船提出了与以往迥然不同的要求,许多课题必须进行跨学科研究。例如,最新的科学考察船 Maria S. Merian 号就被认为可以满足以上要求。

技术创新为我们开辟了一个崭新的研究领域:一个剖面探测浮标技术国际网络能够使我们全面地描述上层海洋数十年内的主要的气候变化过程;在北极冰盖地区的深层钻探将丰富我们对古海洋循环的认知;对大洋中脊扩展板块外溢气体和流体的专门取样,将有助于我们更准确地理解海洋与地壳之间的物质交换过程。这其中的诸多问题都需要在技术上和后勤保障上的大量开支,这些

开支只有通过欧洲各国间——或者更确切地说——国际的协作方可解决。如同欧盟框架下其他的关键合作项目一样,那个成功的、综合的海洋钻探项目,即欧盟针对北极科考的合作——破冰科学考察船北极光号 Aurora Borealis 项目的开展,必然要求各个国家均贡献出大型仪器设备和科学考察船作为可供大家共同使用的基本设施。这要求我们在制定德国科学考察船编队的规划时,必须充分考虑到这个变化。

在此期间,通过德国海洋研究机构联合会(KDM)所属各海洋科学研究机构的协作联合,以及通过由德国科学基金会海洋科学参议委员会领导的“船只使用协调”工作组对德国科学考察船只的使用实行统一协调,在德国逐渐形成一个经证明可行的组织手段,以求对科学考察船、大型实验仪器以及科研战略方面,在跨国界情况下实行行之有效的管理与跟踪。



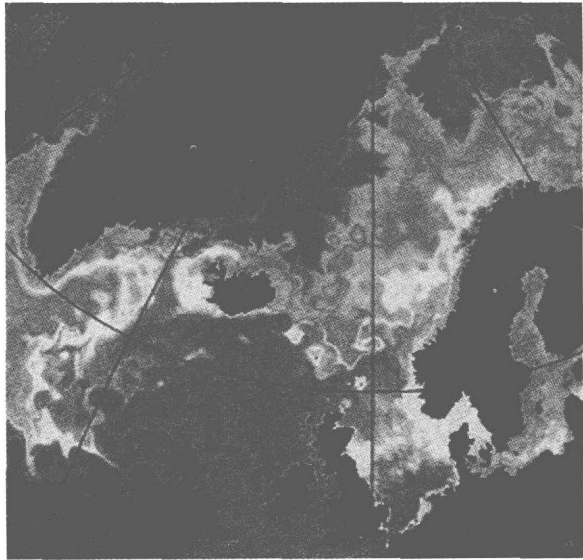
图 1-1 Polarstern 号科学考察船(左)与 Meteor 号科学考察船(右)在大西洋的一次会合场景

2. 德国海洋科学研究未来十年在科学上面临的挑战

2.1 海洋在气候系统中扮演的角色

全球海洋近表层的温度在过去的几百年中平均上升了将近 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这种变暖过程导致了全球气候带的一次转移,以及可测定的海平面的上升,并且极有可能在全世界范围内引起诸如热带飓风的聚集等极端恶劣气候事件的增长。当前海洋研究的热点主要集中于研究海洋变化与气候变化之间的关系,旨在就将来人类可能面临的诸如海平面的上升、海洋热能传播路线的转移以及在气候演变过程中极端事件的出现等一些急迫问题,能够做出提前预判。

北大西洋的热能传递和物质传递对欧洲的气候条件具有特殊意义。通过对格陵兰冰层中的冰核和海床沉积物岩心的时间序列高解析度分析,人们发现,那些与北大西洋水团对流作用有着密切显著关联的快速温度变化,不仅在冰河时代,而且在间冰期就已经出现。如果人们对这个以年和十年计为时间标度的地域性变化做出预言的话,那么这个变化必然是包含在全球系统中发生的:通过全球海洋环流进行的两半球之间的热盐传递、降水量与蒸发效

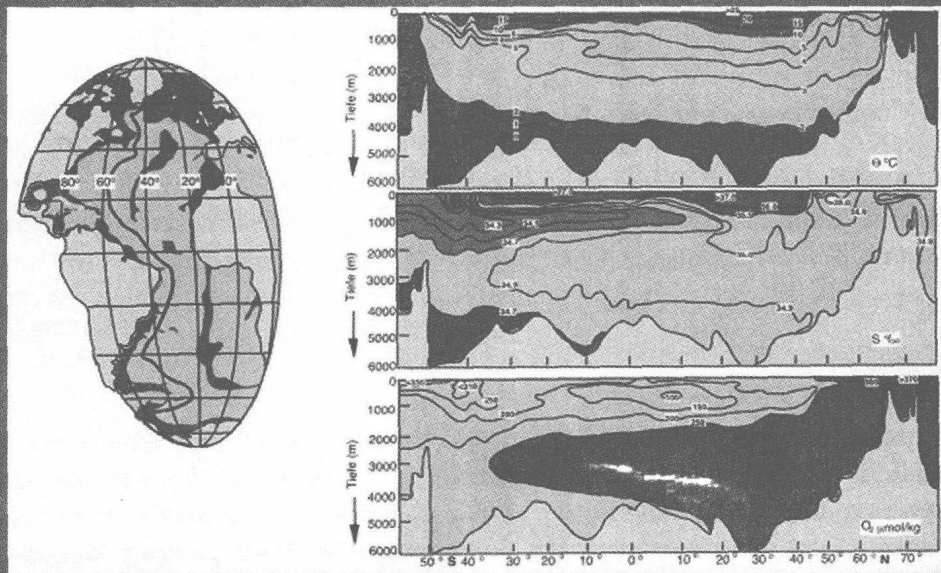


(红色:热;蓝色:冷)

图 2-1 一个高解析度模型的表面温度快照

应、全球水循环中海冰的形成与消融、风生环流与热盐环流之间的耦合,都会对这个分析过程产生影响。最新研究表明,大区域海洋环流剧烈的变化直接影响到北大西洋的水位并导致其上升,在这个范围内可比照由于全球变暖可能引起的海平面的上升。如果海平面每年上升 3 mm ,就包含有冰川和冰层消融导致的海平面上升 1.2 mm 和由于全球变暖引起的海洋体积膨胀所导致的 1.6 mm 。

物理海洋学——海洋被视为气候系统中的长期记忆载体



注释: Tiefe(m):深度(米)

GEOSECS 项目中测量的从欧洲北海到威德尔海的大西洋气温分布(上图)、盐度(中图)与溶解氧含量(下图)垂直剖面图。剖面位置在地图上(右图)用深黑色线条标出。

大洋水团获取了在海洋表面与大气层交换过程中的特性,然后逐步下沉并通过大区域循环扩散到全球各地。通过与其相邻水团的相互混合或者生物地球化学转化过程,水团的特性发生了改变。大西洋中,自北向南的北大西洋深水扩散在中等深度区域是通过富含盐分和溶解氧的(溶解氧剖面图中的深蓝部分)的水核来辨识的。冷的和含盐度小的大西洋底层水在近海床区域的流向是由南向北。

经过科学考察船反复的测量,可检验相当长一段时间内水团性质的变化。在过去的几十年中,大西洋北部区域的含盐量急剧下降,但是在低纬度地区上部水层的含盐量却有所升高。这些变化可通过气温上升以及与之相联系的亚热带海水蒸发的加快得以解释。这就造成了那里海水含盐度的提高。水蒸气在大气层向北部传输,并造成了北欧和北大西洋地区大量的降水,而降水又直接导致海水含盐量的降低。而在极地区域所谓的中层水中也可以看到类似的改变。

海冰作为低温层(冰冻圈)的一部分,在气候环境中发挥着至关重要的作用。由于海冰对辐射平衡的影响,在雪线边缘与冰盖边缘存在着一个对大气层低压区轨迹产生很大作用的温度梯度,通过从短波到微波的辐射作用,会显著地产生带有很强的季节性因素的辐射特性的变化。海冰的形成对深层水的构成起着决定性的作用并会影响到热盐的循环。在过去的30年中,也就是从运用卫星进行观测的这段时期,北极地区的海冰面积缩小了近10%。最早的海冰厚度的地域性探测也同样证实了它的减少。

热带地区海洋的变化对气候已经产生了跨区域的影响。海洋温热的表层温度与大气层直接相互影响,譬如厄尔尼诺现象和热带大西洋的变异即为其相互作用的结果。即便是海洋一个轻微的变化也会强烈地影响到陆地上降雨的转移。上层海洋水温的不断增长,逐步累积形成了热带飓风,其强度在未来的日子也会逐步增强。这所有的一切对所涉民众将产生严重的影响。由于区域性干旱或者是地区性洪水引起的饥荒,可能会对整个人类带来灾难性的后果。

另一个关于海洋和气候之间的关联存在于潜在的气体水合物(甲烷水合物/可燃冰)的崩解。大量的甲烷气体存储于大陆与海盆之间大陆斜坡的沉积物中由水分子形成的冰状笼型结晶里面。这种由水和甲烷相结合的特殊构成,只有在一定的温度和压力关系中才是稳定的。经过降低海水压力或者对海水进行加温,气体水合物(可燃冰)便会分解并释放出甲烷气体。如果甲烷气体进入大气层,就会在很短的时间内以释放二氧化碳的形式产生巨大的推动效应,并可能显著地促进全球气候变暖过程。

对海洋状态和海冰状态的认识,是能够预判全球及地域气候演变以及分析极端自然事件产生的一个基本的先决条件。这就要求,一方面继续进行现有的一系列观测,另一方面通过新技术的应用,进一步改善观测在时间和空间上的覆盖面并提高观测的精确度。同样,古环境替代指标的解释方法也必须加以完善,从而能够探究长时间量程内的气候变化。通过采掘岩心,可以探知冰河世纪时期的冰结过程,这一点对理解气候的长期变化起着重要作用。这里,北冰洋给我们提供了一个大有可为的数据来源。

通过科学考察船的投入使用来获取可供利用的必要数据,能够促进我们对这些演化过程进行必要的理解,并成功地推动模型的继续完善和发展。这就要求,必须为先进的测量和取样仪器的投入使用,诸如观测平台、自动探测站、自主剖面浮标系统和水下交通运输工具等,提供必要的装备。

大西洋是这些工作中地理学研究中的重点。它北面连接北冰洋,南面与南极洲海域相接。在这个区域,大西洋加入全球大洋环流过程中的热盐分量最为显著。因此,对于长时间测量,大西洋在全球范围内是最为重要的一站。过

去的30年中众多国际联合项目的研究结果显示,关于海洋在气候系统中的作用这方面,大西洋被公认为关键区域,并将在未来的数十年中继续保持这个地位。

小结:

● 针对海洋在气候系统中作用的研究,意图在于探讨预判全球性与地域性气候变化的可能性,以及估计极端自然事件的出现及其程度量级。为此,对联合建模的进一步完善以及对海洋状态与低温层(冰冻圈)状态监测的继续和改善,是同样紧迫的。

● 尽管卫星和自主探测系统对于由海洋状态影响的全球天气侦测做出了主要贡献,但是对整个水柱的定位测量和钻探取样、具有高空间解析度的过程研究、卫星探测参考数据的分配,以及定位、钻探、压式(剖面)传感器系统的施放和维护服务而言,海洋科学考察船的使用具有不可取代的作用。

● 德国科研工作空间上的重点地区是大西洋极地区,大西洋冰缘地区,大西洋亚热带地区以及全球热带地区。

● 根据多年来的经验,估计每年需要14~15月的科学考察船海上作业时间。

2.2 生物地球化学物质循环

当前,通过人类活动释放的二氧化碳,有1/3在陆地上和海洋中存积下来,其余的部分遗留到大气层中并加快了温室效应。在北大西洋,密集的热盐环流每年吸收了大量的二氧化碳。气候的变化,譬如厄尔尼诺现象、北大西洋涛动或者大区域的环流波动等,使得二氧化碳的吸收在小时间尺度内发生了改变。通过海水中二氧化碳溶解速率的不断加快,未来海洋的温度变化、洋流变动和海洋的海水分层变化也会发生改变,这将明显地影响到海洋对二氧化碳的吸纳能力以及海洋中的生物地球化学过程。我们的紧迫任务是,在全球变化过程中,应该确定海洋对二氧化碳的吸纳能力将是否以及在何种程度上发生改变。不仅是水文地理变化(譬如温度升高,海水分层的变化和海盆范围内的环流变化),而且生物过程变化(譬如生产能力,生物石灰岩的形成)也将对未来海洋对二氧化碳的吸收产生影响。

全球碳循环状况,特别是造成温室效应的二氧化碳气体在大气层中排放量的升高,不仅具有政治上的意义,而且其经济上的意义也日益凸显。全球二氧化碳排放配额的谈判需要一个包括全部二氧化碳贮备的信息系统。在大气层

中我们已经建立了足够的观测网,海洋中二氧化碳的蕴藏量可以通过先进的技术和利用科学考察船来观测。与之相反,多年来,对陆地上二氧化碳蕴藏量的直接测定依然显得困难。尽管如此,可以间接地通过对大气层、海洋和排放量的认识来确定次大陆范围的年度吸收和排放量状况。因此,尽可能详细地确定海洋中二氧化碳的含量及其在过去和未来的变动,是掌握全球碳平衡的基础。

其他的一些与气候有关的排放气体,它们对温室效应的影响明显地比二氧化碳要大得多。它们以其高度的反应性参与大气化学过程(譬如对臭氧层的破坏)或者云层的形成。相比较而言,人们对二甲基硫、笑气(一氧化二氮)和甲烷的研究比较深入。然而,还存在着其他一些对我们而言近乎未知的有机排放气体,它们可能是通过海洋里的生物过程产生的,并通过广阔的海平面与大气层发生交换。

地球上物质代谢另一个重要的构成部分是氮循环,它在很大程度上同样受到人类活动的影响。现在每年作为肥料而生产的氮大约有 100 兆吨,并仍呈继续增长的趋势。相对应的,经自然固氮作用、生物固氮作用每年可固氮约 40 兆吨。由于在许多生态环境中固氮可以促进农作物生产,这提高了陆地与海洋绿色生态产品的生产。然而,由农业排放、工业排放和通过燃烧释放的氧化亚氮,已严重影响近岸水域(富营养化作用)。此外,氮循环与海洋中的溶解氧含量密切地联系在一起,因为氮会在低氧条件下通过微生物作用(脱氮作用)从生物循环中被移除。海洋变暖、已经发生改变的海洋中层水深处的气体交换作用,以及特殊的沿海地区和边缘海域的富营养化作用,导致了海洋中氧气含量的减少。这对氮的利用和与之相关的海洋中的植物生产带来了多方面的影响;当然,也将波及其他的一些物质循环过程。因此,我们必须重视那些已经被观测到的,和那些将来可能继续扩散的溶解氧含量偏低海域,着重对它们对地域性以及全球性物质循环的影响程度加以研究。

微量元素,特别是铁元素,在许多海域已成为“稀有物品”,并且限制了海藻的生长。在大多数情况下,微量元素铁的补给是通过由陆地带来的粉尘来实现的。从大规模的实验中已证实,对既定海域施以“铁肥”,海藻的产量会增加。次外,这也让我们推测,是否可以对海洋施以有针对性的铁肥,以此作为促使大气层中二氧化碳浓度降低的一种可行性手段;然而,二氧化碳问题的解决不应被视为最终目的。铁对于绿色生态生产的更广泛的意义只是在近几年才被认识到。对生物过程中痕量金属发挥的作用(只是一个有限因素),目前还存在着很多争议。