



教育部海洋科学类专业教学指导委员会规划教材
高等学校海洋科学类本科专业基础课程规划教材

吴德星 ◎ 总主编

海洋调查方法

Methods of Marine Survey

侍茂崇 高郭平 鲍献文 ◎ 主编



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

中国海洋大学教材建设基金资助

海洋调查方法

主	编	侍茂崇	高郭平	鲍献文
参与编写人员		陈洪举	李培良	李 春
		李安龙	米铁柱	宋 波
		苏 洁	于华明	于方杰
		朱庆林	周良明	



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

图书在版编目 (CIP) 数据

海洋调查方法 / 侍茂崇, 高郭平, 鲍献文主编. —青岛:
中国海洋大学出版社, 2016.8
高等学校海洋科学类本科专业基础课程规划教材
ISBN 978-7-5670-1136-6

I.①海… II.①侍… ②高… ③鲍… III.①海洋调查—
调查方法—高等学校—教材 IV.①P714

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第080909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 266071
网 址 <http://www.ouc-press.com>
出 版 人 杨立敏
责任编辑 冯广明 电 话 0532-85902469
印 制 青岛国彩印刷有限公司
版 次 2016年8月第1版
印 次 2016年8月第1次印刷
成品尺寸 185 mm × 260 mm
印 张 24.25
字 数 500千
印 数 1~3000
定 价 68.00元
订购电话 0532-82032573 (传真)

高等学校海洋科学类本科专业基础课程规划教材

编委会

主 任 吴德星

副主任 李巍然 陈 戈 杨立敏

编 委 （按姓氏笔画为序）

王 宁	王旭晨	王真真	刘光兴	刘怀山	孙 松
李华军	李学伦	李建筑	李巍然	杨立敏	吴常文
吴德星	张士瑾	张亭祿	陈 戈	陈 敏	侍茂崇
赵进平	高郭平	唐学玺	傅 刚	焦念志	鲍献文
翟世奎	魏建功				



总前言

海洋是生命的摇篮、资源的宝藏、风雨的故乡，贸易与交往的通道，是人类发展的战略空间。海洋孕育着人类经济的繁荣，见证着社会的进步，承载着文明的延续。随着科技的进步和资源开发的强烈需求，海洋成为世界各国经济与科技竞争的焦点之一，成为世界各国激烈争夺的重要战略空间。

我国是一个海洋大国，拥有18000多千米的大陆海岸线和约300万平方千米的主张管辖海域。这片广袤海疆蕴藏着丰富的海洋资源，是我国经济社会持续发展的物质基础，也是国际安全的重要屏障。我国是世界上利用海洋最早的国家，古人很早就已从海洋获得“舟楫之便，渔盐之利”。早在2000多年前，我们的祖先就开启了“海上丝绸之路”，拓展了中华民族与世界其他国家的交往通道。郑和下西洋的航海壮举，展示了我国古代发达的航海与造船技术，比欧洲大航海时代的开启还早七八十年。然而，到了明清时期，由于实行闭关锁国的政策，我们错失了与世界交流的机会和技术革命的关键发展期，我国经济和技术发展逐渐落后于西方。

新中国建立以后，我国加强了海洋科技的研究和海洋军事力量的发展。改革开放以后，海洋科技得到了迅速发展，在海洋各个组成学科以及海洋资源开发利用技术等诸多方面取得了大量成果，为开发利用海洋资源，振兴海洋经济，作出了巨大贡献。但是，我国毕竟在海洋方面错失了几百年的发展时间，加之多年来对海洋科技投入的严重不足，我国的海洋科技水平远远落后于其他海洋强国，在国际海洋科技领域仍处于跟进模仿的不利局面，不能最大限度地支撑我国海洋经济社会的持续快速发展。

当前，我国已跨入实现中华民族伟大复兴中国梦的征程，党的“十八大”提出了“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”的战略任务。推动实施的“一带一路”战略,开启了“21世纪海上丝绸之路”建设的宏大工程。这些战略举措进一步表明了海洋开发利用对中华民族伟大复兴的极端重要性。

实施海洋强国战略,海洋教育是基础,海洋科技是脊梁。培养追求至真至善的创新型海洋人才,推动海洋技术发展,是涉海高校肩负的历史使命!在全国涉海高校和学科如雨后春笋快速发展的形势下,为了提高我国涉海高校海洋科学类专业的教育质量,教育部高等学校海洋科学类专业教学指导委员会(2013~2017)根据教育部的工作部署,制定并由教育部发布了《海洋科学类专业本科教学质量国家标准》,并依据本标准组织全国涉海高校和科研机构的相关教师与科技人员编写了“高等学校海洋科学类专业基础课程规划教材”。本教材体系共分为三个层次:第一层次为涉海类本科专业通识课:《普通海洋学》;第二层次为海洋科学专业导论性质通识课:《海洋科学概论》《海洋技术概论》和《海洋工程概论》;第三层次为海洋科学类专业核心课程:《物理海洋学》《海洋气象学》《海洋声学》《海洋光学》《海洋遥感及卫星海洋学》《海洋地质学》《化学海洋学》《海洋生物学》《海洋生态学》《海洋资源导论》《生物海洋学》《海洋调查方法》等,将由中国海洋大学出版社陆续出版发行。

本套教材覆盖海洋科学、海洋技术、海洋资源与环境 and 军事海洋学等四个海洋科学类专业的通识与核心课程,知识体系相对完整,难易程度适中,作者队伍权威性强,是一套适宜涉海本科院校使用的优秀教材,建议在涉海高校海洋科学类专业推广使用。

当然,由于海洋学科是一个综合性学科,涉及面广,且限于编写团队知识结构的局限性,其中的谬误和不当之处在所难免,希望各位读者积极指出,我们会在教材修订时认真修正。

最后,衷心感谢全体参编教师的辛勤努力,感谢中国海洋大学出版社为本套教材的编写和出版所付出的劳动。希望本套教材的推广使用能为我国高校海洋科学类专业的教学质量提高发挥积极作用!

教育部高等学校海洋科学类专业教学指导委员会

主任委员 吴德星

2016年3月22日

前 言

海洋是全球生命支持系统的关键组成部分，在全球环境中具有极其重要的地位和作用。海洋是保障社会可持续发展的宝贵物质基础，海洋文明和文化又为人类相互交流、理解、合作，创造了永续的精神财富。海洋调查是人类认识海洋的第一步。

海洋调查是以实践作为第一性的科学，是理论发展源泉和检验理论真伪的标准。任何轻视海洋调查的人都会导致研究萎缩和固步自封。海洋科学中里程碑式重大发现都是和前期海洋调查密切相关的。例如，阿尔文潜水器的水下探索，发现一种全新生态系；大洋底地磁和热流测量，导致板块构造理论问世；微体古生物的测量，导致地球古气候重建；大洋钻探导致海洋灾变论产生！凡此种种，都清楚表明，海洋调查是通向海洋科学殿堂的必由之路。

作者编著本书的目的，在于传播海洋调查的基本知识。既培养直接从事海洋调查的技术人员，又能以此为基础，使他们成为海洋研究的专家。因此本书在介绍海洋仪器的同时，又重点介绍海洋仪器的正确使用方法；在介绍各种海洋调查方法的同时，又重点介绍正确的站位设置和有效的协调和组织；既介绍常规的资料处理方法，又对一些计算中最容易忽视的问题，做出谆谆善诱的解释。为了提高海洋调查首席科学家决策的科学性，在书又专门增加一章有关调查范例和有效规避风险的内容，讲述保证安全的种种措施。

此外，本书除去讲授科学的调查方法之外，还提倡追求真理和献身精神。只有对海洋万千之谜孜孜不倦的探奇之志，对海洋开发充满热爱和献身精神，才能推陈出新。

本书共分19章，它们分别为：绪论，海洋调查内容及方式，观测平台，水温观测，盐度观测，海色和海发光，海冰观测，海浪与内波观测，潮汐观测，海流观测，海洋气象观测，海洋化学调查，海洋生物调查，海洋地质、地貌与地球物理调查，海洋声学、光学要素调查，观测实例，各种分析图表的绘制，海洋调查的数据处理，海洋调查方法理论研究。可供大学有关海洋科学专业教材之用，也可以供从事海洋科学工作的中高级技术人员阅读。限于作者水平所限，错误与不当之处在所难免，请读者给予批评指正。

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 海洋调查发展简史	1
第二节 全球海洋观测系统简述	6
第三节 实践是开启真理的钥匙,也是检验真理的标准	9
第二章 海洋调查对象、仪器及方式	12
第一节 海洋调查对象	12
第二节 传感器和仪器	18
第三节 施测方法	22
第三章 观测平台	26
第一节 岸基观测平台	26
第二节 船基观测平台	29
第三节 浮标和潜标	30
第四节 航空观测平台	40
第五节 航 天	42
第四章 水温观测	49
第一节 温度及观测的要求	49
第二节 颠倒温度计	54
第三节 CTD及投掷式温度计	55
第四节 遥 感	57
第五章 盐度观测	60
第一节 盐度的定义和演变	60
第二节 盐度的测量	63
第三节 光电法盐度检测原理	65
第四节 遥感观测	67
第六章 海色和海发光	69
第一节 海 色	69
第二节 透明度与水色	72
第三节 海发光	75
第四节 水色与透明度遥感	77

第七章 海冰观测	78
第一节 海冰概况	79
第二节 冰量和浮冰密集度观测	82
第三节 冰型、冰的外貌特征和冰状观测	83
第四节 浮冰运动参数和固定冰堆积状况、范围观测	92
第五节 海冰监测系统	95
第八章 海浪与内波观测	98
第一节 导 言	98
第二节 海浪的基本要素	100
第三节 目测海浪	104
第四节 海浪的观测	108
第五节 卫星遥感	115
第九章 潮位观测	119
第一节 潮位观测中的基本知识	119
第二节 潮位的水尺观测	124
第三节 验潮井的观测	127
第四节 自动验潮仪	133
第五节 水准联测	136
第六节 海平面变化	137
第七节 遥感观测	139
第十章 海流观测	142
第一节 导言	142
第二节 常用的海流计	145
第三节 漂流浮标测流	150
第四节 地波雷达测流	152
第五节 遥感测流	154
第六节 怎样正确使用海流计测流	156
第七节 观测时间选择	165
第八节 近底层海流的梯度观测	170
第九节 海流观测资料的整理与分析	172
第十一章 海洋气象观测	175
第一节 概述	176
第二节 能见度观测	177
第三节 云的观测	178
第四节 天气现象的观测	181
第五节 气温、湿度和风的观测	183

第六节 气压的观测	185
第七节 大气边界层观测	187
第十二章 海洋化学调查	198
第一节 海洋化学调查进展	198
第二节 水样采集	202
第三节 调查项目、方法和仪器	205
第四节 大气与海水中化学物质的测定	210
第五节 物理化学	215
第十三章 海洋生物调查	216
第一节 概 述	216
第二节 叶绿素和初级生产力测量	217
第三节 海洋微生物	220
第四节 浮游生物	221
第五节 大型底栖生物	226
第六节 底栖生物	228
第七节 游泳生物	231
第八节 生物量计算	232
第九节 叶绿素遥感观测	234
第十四章 海洋地质、地貌与地球物理调查	236
第一节 调查目的和作用	236
第二节 水深地形调查	238
第三节 底质类型调查	249
第四节 沉积物动态调查	255
第五节 海洋重力调查	256
第六节 海洋磁力调查	258
第七节 海洋地震调查	262
第八节 调查的基本方法和图件	263
第九节 卫星遥感	265
第十五章 海洋声学、光学要素调查	268
第一节 导 言	268
第二节 声速测量	270
第三节 海洋环境噪声测量	272
第四节 海洋光学调查	273
第十六章 观测实例	278
第一节 陆架陷波观测	278
第二节 内波观测	284

第三节 南大洋观测	291
第四节 北冰洋观测	298
第十七章 各种分析图表的绘制	301
第一节 时间序列图形绘制	301
第二节 研究特定时间的图形绘制	304
第三节 多学科交叉对比	313
第四节 谱 图	315
第十八章 海洋调查数据处理	318
第一节 海洋数据特点	318
第二节 数据的误差	320
第三节 偶然误差的正态分布	327
第四节 函数误差的传播	328
第五节 海洋资料分布曲线的平滑	329
第六节 常用数据插值法	334
第七节 海洋中斜压流计算的局限性	343
第十九章 海洋调查质量保证与控制	351
第一节 站位的时空分布	351
第二节 调查航线的选择、观测站位的布设原则	353
第三节 加强计划性	364
第四节 紧急情况处理	366
参考文献	368

第一章 绪 论

海洋调查是用各种仪器、仪表对海洋中能表征物理学、化学、生物学、地质学、地貌学、气象学及其他相关学科的特征要素进行观测和研究的科学。

海洋调查方法是指在海洋调查实施过程中,关于仪器使用、站位设置、资料整理与信息分析的方法和原则。

通过海洋调查的科学活动,获取海洋环境要素资料,揭示并阐明其时、空分布和变化规律,为海洋科学研究、海洋资源开发、海洋工程建设、航海安全保证、海洋环境保护、海洋灾害预防提供基础资料和科学依据。

第一节 海洋调查发展简史

一、航海时期

史前、上古时期的中国海洋先民,正是通过海上交通建立起大陆与沿海之间、沿海与岛屿之间、岛屿与岛屿之间的联系网络。他们不断向大海挺进,促成了“环中国海”海洋文化圈的形成。

秦汉时代是我国海疆开发的重要时期。近海捕捞、海盐生产、航海海路的开辟都进入了一个崭新的阶段。在汉代早期成书的《尔雅》中,记述了20余种鱼的名称,其中海鱼有五六种。东汉许慎的《说文解字》记载各类鱼的名字70余种,海鱼有一二十种。对风力、潮汐、海上天文和气象知识有一定的认识,还利用太阳和北极星作为海上导航的标志。

西汉时期,开辟了从徐闻经南海、印度洋到今印度南部、斯里兰卡的航线。人们已能利用“重差法”精确测量海底地形、地貌。东汉的王充,在《论衡·书虚》篇中提出

“涛之起也，随月盛衰”，对潮汐和月亮的关系进行了论述。

唐代李淳风《海岛精算》给出了求海岛高度和与船的距离的方法，这对后世航图的测绘及航程的推算具有深远的影响。唐初开辟“广州通夷海道”，远洋航线延伸到了波斯湾及非洲东海岸。我国最迟在唐代末年已有测深的设备，一种是“下钩”测深，一种是“以绳结铁”测深，测深深度可达到60多尺。

五代十国时期，东南沿海的吴越、闽、南汉、南唐四国向海洋开放。到了宋代以后，中国经济重心南移东倾，东南沿海地区成为向海洋发展的驱动力。明朝永乐三年（1405年）开始的“郑和下西洋”，是传统王朝体制下中央政权经略海洋最为开放的一次。记载海洋地貌最为详尽的是《郑和航海图》，比较准确地绘有中外岛屿846个，并分出岛、屿、沙、浅、石塘、港、礁、映、石、门、洲等各种地貌类型。

中国很早就以风作动力、用帆助航。东汉时，利用季风航海已有文字记载。唐、宋以后，利用季风航海十分广泛。明代郑和7次出海多在冬、春季节，利用东北季风起航；又多在夏、秋季节利用西南季风返航。说明当时的人们已较充分地认识和利用了亚洲南部、北印度洋上风向和海流季节性变化的规律。

与此同时，处于明朝中期的1542年，哥伦布（Columbus Christopher）奉西班牙国王之命，横越大西洋，寻求通往印度之路；1547年，葡萄牙人达·伽马（Vasco da Game），率领船队绕过非洲好望角，循印度洋北上，到达印度，开辟了东方航线。

1615年，在西班牙支持下，麦哲伦（Mogellan Ferdinand）作绕地球的航行，历时三年的艰辛奋斗，但他不幸死在太平洋中一个岛上，而由他的伙伴卡诺（Cano Juan Sebastian del）完成绕航全球一周的创举，用事实证明地球是一个球形，“天圆地方”之说终于被证明是错误的。

十五六世纪，船只远涉重洋，“发现”了北美洲、南美洲，“巡礼”了非洲沿岸，“找到”了印度和其他许多岛屿。于是，把这一时期叫做伟大的“地理大发现”时代，又称为周游世界活动时期。实际上，在东方，我国航海家郑和于15世纪初就曾率领庞大船队七下西洋，其规模之大、声威之猛，都不是“地理大发现”时代所能比拟的。

英国人科克（Cock James）在1768~1779年间进行了三次世界航行，在航行中已经开始注意和航行有关的一些科学考察。第一次航行期间，他在悉尼到托列斯（Tores）海峡一带，测量了水深、水温、海流和风，考察了珊瑚礁，绘制了发现的岛屿与大陆海岸线，以及具有水深、海流、潮流、风的正确海图。但是，作为有目的的海洋科学考察是从“挑战者”（Challenger）开始的。

二、科学调查时期

1831~1836年，英国达尔文（Darwin Charles Robert）在“贝格尔”（Beagle）舰上，作南半球的航行，进行了地质和生物的考察，1859年发表了《物种起源》一书，提出生物进化论，引发生物科学的巨大革命。

“挑战者”号(H.M.S Challenger)是由一艘载重2 000 t的英国军舰改装的。自1872年12月至1876年5月,历时三年多,游弋于太平洋、大西洋和南极冰障附近,全部航程127 650 km,在362个点上进行了测深和生物采集。它还测量了世界各地海域的地磁值;海底地形、海底地质;海洋深层水温的季节变化(首先采用颠倒温度计测温);发现世界大洋中盐类组成具有恒定性的规律(这是海洋学中一个最基本的发现);测量了海流、透明度、海洋动植物等,奠定了现代海洋物理学、海洋化学、海洋地质学的基础。

“挑战者”号调查报告问世之后,在当时科学界掀起一阵狂澜。原来,海洋远不是那么单调和简单。这是一个运动的、到处充满生机的浩瀚水界,有许多秘密还未为人所发现。世界各国,争相效仿,海洋调查事业像雨后春笋般发展起来。

1873~1875年,美国“特斯卡洛拉”号(Tuscarora)在太平洋中考察了水深、水温、海底沉积物等,发现了特斯卡洛拉海渊(日本海沟的一部分)。

1874~1876年,德国“羚羊”号(Gazelle)在大西洋、太平洋进行了以海洋物理学为主的调查。

1877~1905年,美国“布莱克”号(Blake)、“信天翁”号(Albatross)在西印度群岛、印度洋、太平洋上进行了以浮游生物、底栖动物以及珊瑚礁为主的调查。

1885~1915年,摩纳哥“希隆德累”号(Hirondelle)、“普伦西斯·阿里斯”号(Pincess Alice)等由赤道至北极圈的大西洋、北冰洋、地中海的海洋物理、海洋生物的观测,发现了新的海洋生物,获得了大西洋的表层海流图,出版了《世界海深图》,还发现地中海深层水流向大西洋等现象。

1886~1889年,俄国“勇士”号(В И Т Я З Ъ)在世界航行中调查了中国海、日本海、鄂霍茨克海。

1889年,德国“国家”号(National)在北大西洋进行了名为“浮游生物探险”的调查,汉森(Victor Andreas Christian Hensen)进行了浮游生物的垂直和水平分布量的研究。

1893~1896年,挪威人南森(Nansen Fridtjof)乘“弗腊姆”号(Fram)在格陵兰、北冰洋进行横断闭合调查,其主要发现有:①死水现象;②风海流偏离风向右面 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$;③记述了北极海流系,其研究成果促使了厄克曼风海流理论的产生。

这一段的海洋调查,虽然只有短短的20年,但是,在海洋学各个领域都有重要发现,对当时各国的政治、军事及经济都有很大的促进作用。同时也暴露了海洋调查中存在的一些问题。例如:当时的调查都是分散地进行,“八仙过海,各显神通”,调查方法不统一,给海洋资料交流带来了很大困难。所以,1901年,北欧诸国召开了国际海洋研究理事会,研究统一调查方法问题,丹麦人柯纽森(Martin Hans Christinl Knudsen)制成供分析盐度的标准海水,并在汉森(Helland Hansen)等人的帮助下,出版了海洋常用表。与此同时,海洋学家深切体会到单船走航式调查太落后了:首先单船的调查能力有限,完成一定海域的调查可能需要相当长的时间;对于某些海域每年只

有数个月内有适合开展海洋调查的海况,一旦错过这段时间,调查就会被耽搁。而多船调查时,在调查海域的所有船可同时展开调查,可大大缩短调查所需的时间并大大增加调查资料数量与质量。其次,单船调查的采样点密度受到限制,因此对于小范围的水文现象可能会“漏测”,如海流在几十千米的范围内,流向可能完全相反,而且海流还显示出相当大的时间变化。如果采样点过稀,这些水文现象可能会被忽略掉。对于一些大范围短期的海洋水文现象,单船调查一遍,其水文现象前后已发生了变化,对海洋的认识,只能通过少得可怜的数据,加上人为想象才能得出。但是,那时世界正处于多事之秋,要想做到多船多国联合实非易事。只有到了第二次世界大战之后,多国多船联合调查才变为可能。

三、多船联合调查时期

早在1950~1958年期间,美国加利福尼亚大学斯克里普斯(Scripps)海洋研究所发起并主持了包括北太平洋在内的一系列调查,最初由秘鲁和加拿大参加,嗣后又有美、日、苏等十余艘调查船参加。

1957~1958年国际地球物理年(IGY)、1959~1962年国际地球物理合作(IGC)的联合海洋考察,其规模之大是空前的,调查范围遍及世界大洋,调查船有70艘之多,参加国达17个以上。

到了20世纪60年代,海洋调查联合参加国越来越多,其中主要有1960~1964年国际印度洋的调查(IIOE),1963~1965年国际赤道大西洋合作调查(ICITA),1965~1970年(后又延至1972年)黑潮及其毗邻海区合作调查(CSKC)等。其中1960~1964年国际印度洋调查系由联合国教科文组织发起,有13国、36艘调查船参加,是迄今为止对印度洋规模最大的一次调查。1955年由美国加利福尼亚大学斯克里普斯海洋研究所发起并主持的北太平洋联合调查计划(代号: NORPAC),有美、日、苏、加等国的10余艘调查船参加。由于参加调查船为数较多,大大缩短了对一个海域进行调查所需的时间,并大大地增加了调查资料的数量,提高了调查资料的质量。这次联合调查,乃是尔后接着进行的一系列大规模联合调查的先声。

1970年,前苏联应用几十个资料浮标站,五六艘由最新仪器装备起来的调查船,在大西洋东部进行以海流为主的调查,由于浮标阵是按多边形方式布置的,因而这次调查代号取名为“多边形”(POLYGON)。经过半年多的观测,发现在这个弱流区域内(平均速度为1 cm/s),存在着速度达到10 cm/s,空间尺度约为100 km,时间尺度为几个月的中尺度涡旋。

这一发现,立即引起海洋学界的重视。1973年3月至6月间,美、英、法三个国家的15个研究所,利用几十个浮标、六艘调查船和两架飞机组成联合观测网,对北大西洋西部一个弱流海区内,进行了一次代号为“MODE”的大洋动力学实验,观测结果表明,那里也存在中尺度的涡旋。

1986~1992年中日黑潮合作调查,对台湾暖流、对马暖流的来源、路径和水文结构等提出了新的见解,对海洋锋、黑潮路径和大弯曲等有了进一步的认识。

1990年之后,进行了世界大洋范围内的环流调查,即“WOCE”计划,我国承担了 $116^{\circ}\text{E}\sim 141.5^{\circ}\text{E}$ 、 $23^{\circ}\text{N}\sim 3^{\circ}\text{S}$ 的广阔西太平洋海域多学科综合科学考察。

热带海洋与全球大气-热带西太平洋海气耦合响应试验,即“TOGA-COARE”调查,旨在了解热带西太平洋“暖池区”(Warm Pool)通过海气耦合作用对全球气候变化的影响,从而进一步改进和完善全球海洋和大气系统模式。其强化观测期为1992年11月1日~1993年2月28日,在热带西太平洋暖池区进行连续四个月的海上外业调查。有19个国家或地区以不同形式参加了此项活动。

四、立体化海洋调查

随着对海洋了解的深入,传统的观测方法已无法满足对许多重要海洋过程在时空尺度上进行有效的采样,不能进行深入的研究。随着卫星遥感技术、水声探测技术、雷达探测技术、各种观测平台技术、传感器技术、通讯技术(包括水声通信技术)和网组网技术的进步,海洋观测技术向自动、实时、同步、长期连续观测和多平台集成、多尺度、高分辨率观测方向发展,形成从空间、水面、沿岸、水下、海床的立体观测(图1-1-1)。

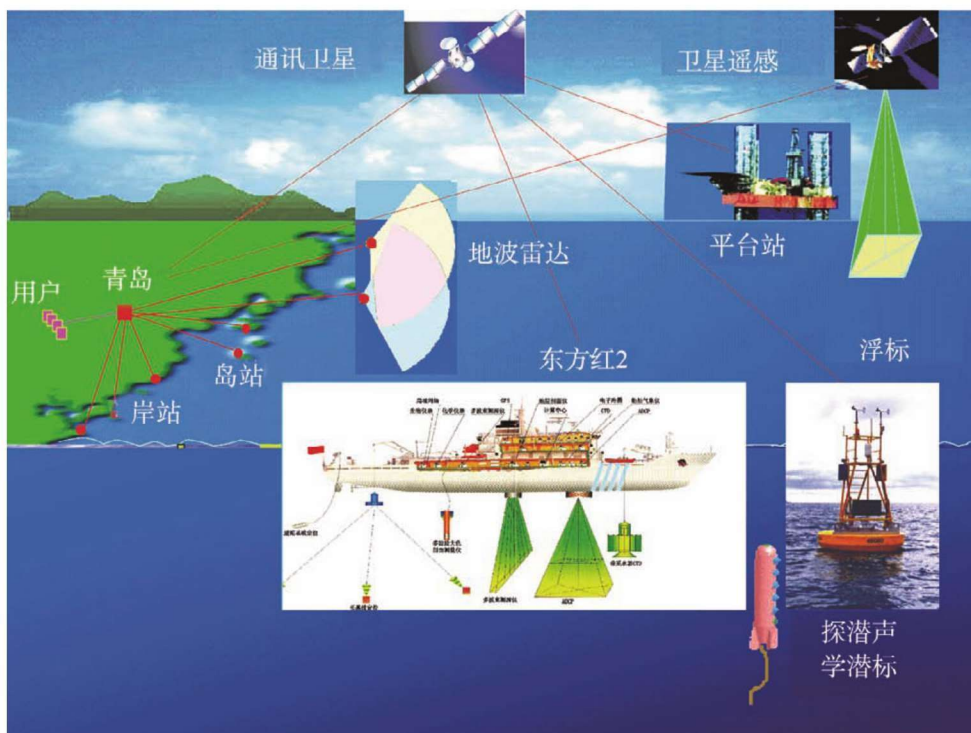


图1-1-1 立体化调查

第二节 全球海洋观测系统简述

一、大尺度气候研究计划

(一) 热带海洋与全球大气计划(TOGA-COARE)

TOGA-COARE (Tropical Ocean Global Atmosphere-Coupled Ocean Atmosphere Response Experiment), 全称是: 热带海洋与全球大气-热带西太平洋海气耦合响应试验。TOGA是1991年以前中美合作项目, 在此基础上, 经过中、美双方多次磋商, 一致认为, TOGA的研究应进一步深入下去。COARE项目即中、美热带西太平洋海气耦合响应试验, 于1991年7月在夏威夷达成协议, 并经中、美海洋和渔业科技合作联合工作组第十次会议确认。该项目旨在了解热带西太平洋“暖池区”(Warm Pool)通过海气耦合作用对全球气候变化的影响, 从而进一步改进和完善全球海洋和大气系统模式。其强化观测期为1992年11月1日~1993年2月28日, 在热带西太平洋暖池区进行连续四个月的海上外业调查。有19个国家或地区以不同形式参加了此项活动。此次调查中, 由3个卫星系统、7架飞机、14条调查船、31个地面探空站、34个锚系浮标和几十个漂流浮标构成一个立体观测网进行观测。作为双边合作和对国际计划的贡献, 中国参加调查的单位有国家海洋局、中国科学院、国家教育委员会、中国气象局等, 并派国家海洋局“向阳红五号”、中国科学院“科学一号”、“实验3”号等3艘海洋调查船参加了全过程的观测。随船参加调查的科技人员和船员共300多人作业, 调查取得了满意的成果。

(二) 世界大洋环流实验(WOCE)

世界大洋环流实验为全球范围内观测和了解海洋各种时间尺度变化及其对全球气候产生影响的全球性试验协作活动。一方面是为了确定全球海洋当前状况和热、水、不溶物质间的交换率, 观测整个海区(从海面到海底)的海流、水压、水温、盐度、密度和生物周期内的营养物, 以及人类活动引起的如氟、氮-3、碳-14、氟、氯、烷烃等微量气体与化合物等在海洋内部的扩散情况。另一方面了解并建立各个时间尺度内的控制海水与大气交换的水-气过程模式, 其中包括: ① 对应于短时间尺度的全球能量和水周期试验; ② 对应于中时间尺度的热带海洋全球大气试验; ③ 对应于研究海洋中铅直循环的、长时间尺度的21世纪气候的预测等。中国参加了该项试验。该计划从1990年开始实施, 头五年集中观测, 2002年结束。

(三) 极地计划

极地计划为以南极区域在全球变化中所起的作用为核心的研究计划, 是由国际科学联盟理事会(ICSU)和世界气象组织(WMO)主持的国际地圈-生物圈计划