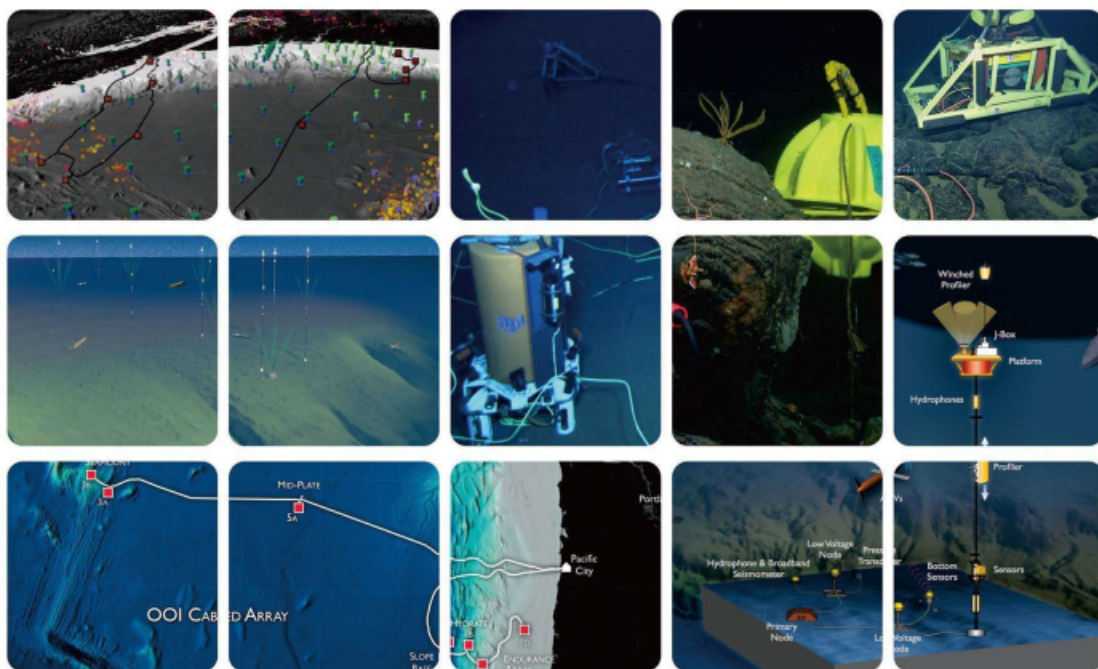




海底科学观测 的国际进展



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

同济大学学术专著(自然科学类)出版基金项目

海底科学观测的国际进展

海洋地质国家重点实验室(同济大学) 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

进入 21 世纪以来,世界各国对于海洋观测的重视程度与日俱增,欧美及日本等国纷纷投入巨资建立海底科学长期观测系统。在涉及海底的科技领域,我国的起步比欧美晚了几十年,因此充分了解国际的经验和现状,用来指导我们的计划和行动,是取得成功的必要前提。

本书很大程度上是介绍 2011—2015 年各国海底科学观测网建设和应用的进展,作为对 2011 年《海底观测——科学与技术的结合》一书的补充。全书分为两大部分,即“第一部分:国际进展与科学应用”和“第二部分:观测网建设关键技术”,其中第一部分选取国际上具有典型和代表意义的海底科学长期观测设施,重点介绍发展概况、观测方式和节点组成、观测科学主题、观测结果应用举例、经验教训和管理经验等;第二部分重点介绍观测网建设关键技术,如海底缆系观测技术、活动平台观测技术、固定平台观测技术、观测信息处理技术等。

目前,我国正在推进大型海底科学观测系统的建设,本书可供我国从事海底观测相关的科研、技术和管理人员参阅。同时,海底观测涉及各门海洋学科,给海洋科学带来一场改朝换代的深刻变化,因此本书也值得地球科学与生命科学领域的专业人员和师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

海底科学观测的国际进展 / 海洋地质国家重点实验室(同济大学)编著. —上海:同济大学出版社,2017.4
ISBN 978-7-5608-6674-1

I. ①海… II. ①海… III. ①海底测量—科学进展
IV. ①P299.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 296681 号

同济大学学术专著(自然科学类)出版基金项目

海底科学观测的国际进展

海洋地质国家重点实验室(同济大学) 编著

出品人 华春荣 责任编辑 李小敏 责任校对 徐春莲 封面设计 黄 维

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 上海安兴汇东纸业有限公司

开 本 890 mm×1 184 mm 1/16

印 张 17.25

字 数 552 000

版 次 2017 年 4 月第 1 版 2017 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-6674-1

定 价 280.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

引言

海洋科学的改朝换代

一场无声的科技革命正在海洋学界掀起。人类历来是在海洋的外面观测海洋、研究海洋,近年来的变化却是进入海洋内部,把“气象站”设在海洋深处,把“实验室”建在海底。这番改变人类与海洋关系的空前壮举,就是海底观测网。2016年6月,美国基金委正式宣布:世界最大的大洋观测计划(Ocean Observation Initiative, OOI)全面建成启动,七大系统的九百多探头从海底向全球发布实时观测信息,每隔三小时现场直播深海热液活动一刻钟(Witze, 2016)。就在东太平洋观测网铺好之后,作为观测对象的 Axial 深海火山于 2015 月 4 月 14 日爆发,正好落入 OOI 海底装置的观测视域,人类对海底火山爆发的首次预测和全程观测,宣告成功(Witze, 2015)。也是在 2015 年,世界上最大的海底地震观测网 S-Net 在日本建成,从本州东岸到水深 8 000 米的日本海沟,布设了 150 个地震监测站,通过缆线连成全长 5 700 千米的海底网(Uehira et al., 2016)。同时,欧盟 EMSO 计划的水下主基站已经增加到 15 个,有 14 个国家 50 个单位参加,从地中海直到北冰洋(Favali et al., 2015)。近年来,不同规模的海底观测网正在世界各大洋陆续出现(图 0-1),虽然在茫茫大海中看起来只是些星星点点,却是新一代海洋科学燎原之势的预兆。

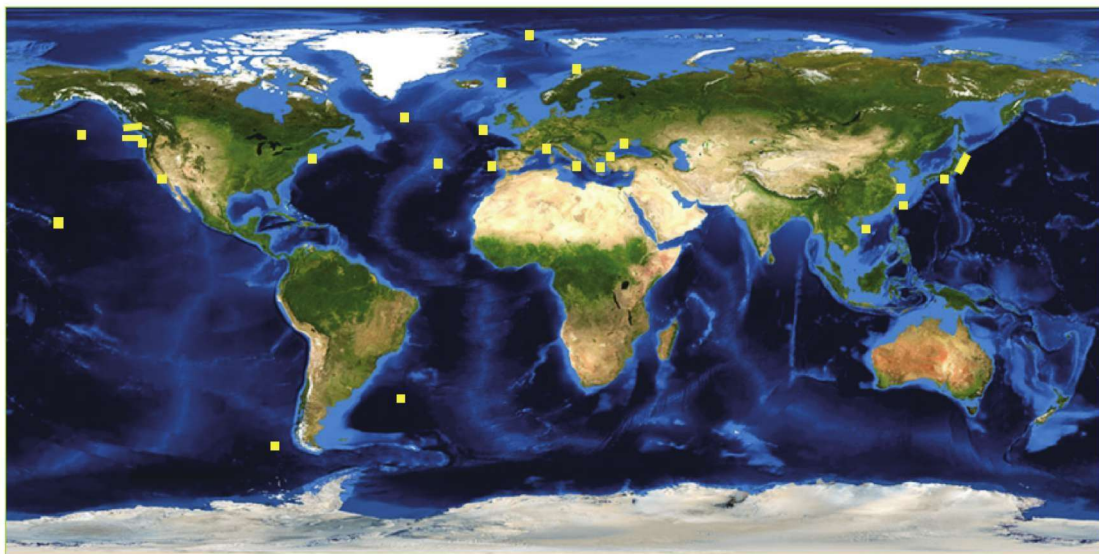


图 0-1 世界各大洋现有海底观测网的分布示意图

如果把海洋科学和大气科学相比,从考察船上投放温盐深仪探测深层海水,犹如 20 世纪初从地面放气球探测高空大气,只是两者方面相反:海洋探测向下,大气探测向上,所取得的都是零星的信息。海洋科学建设观测网犹如大气科学建设气象站,都是为了原位实时的

长期观测,但是海底观测网是将深海的奥秘直接传送到计算机的屏幕之上。深海观测系统的建立,一方面是观测通信技术和计算机技术发展的硕果,另一方面也是当代人类开发海洋的要求。16 世纪前后的“大航海时期”,人类在海面上进军海洋,开发对象是海洋对岸的大陆;21 世纪的发展是在垂向上进军海洋,开发对象是海洋本身,尤其是海洋的深处。因此,能否进入并且“常驻”海洋,就成为新世纪海洋开发的前提。从科学上讲,海洋学的发展迫切要求原位的连续观测。海水运动在时间里的变化,远远超过空间里的差异,海流流速“误差”的概念,也从 $10 \pm 1 \text{ cm/s}$ 变成了 $1 \pm 10 \text{ cm/s}$,因此把海流当作河流看是一种误会(Munk, 2002)。

当前,一场进入海洋内部观测海洋的科技转折,正在国际海洋学界兴起。这是一场全方位的转折:从上而下,有 3 000 多个剖面浮标对海洋的中上层进行巡弋,这就是 Argo 计划;自下而上,将传感器送入海底,上探水层、下探地壳,这就是海底观测网。海洋学家历来习惯于从船上或者岸上研究海洋,现在要从海底研究海洋,变化的不单是研究手段和观测角度,更重要的是不同的科学思路。有人把这称作“海底观测科学”,说是一门新学科(Favali and Beranzoli, 2006),其实海底观测的影响遍及各门海洋学科,是海洋探索开辟新时期,海洋科学一场改朝换代的深刻变化(Delaney and Kelley, 2015)。

万事开头难

然而,“改朝换代”说起来容易做起来难。从 1990 年代算起,20 多年来各国海底观测网建设的进程都不平稳,都经历了设计方案的反复和实施计划的拖延,建成之后还经受着运行中的困难。第一个人吃螃蟹的人少不得划破手指或者嘴唇,海底观测的尝试也免不了经受各种各样的挫折。

困难首先来自经费。各国海底观测网的建设基本上都是政府经费,因此难免受到金融危机和财政困难的牵制。美国的科技界从 1990 年代开始,开过一次又一次的研讨会、发布过一份又一份的报告,而最初雄心勃勃的观测网设计规模却一次又一次地收缩,到最后 OOI 计划的启动又因为经费不到位,从 2007 年推迟到 2009 年,原定美、加合作的“海王星”网只好拆开,让加拿大先行。即便 OOI 建成之后,还被要求将每年的运行经费削减 20%(NRC, 2015)。欧盟也有类似的经历,早在 1990 年代就开始推行,提出了欧洲周围布网的先进设计,先后列入了欧盟第 5, 6, 7 框架计划,但是欧盟本身缺钱,只能要求各有关国家自己掏钱建网,欧盟只能助一臂之力,因此进展情况并不理想。一些优秀科学家的优秀设计,等到退休的时候还看不到实施。

其次,观测网的设计也会有多次反复。海洋太大,观测网只能覆盖一小角,因此设在哪里就大有争议;加上海底观测属于新技术,不同的方案在实施前也难分伯仲,于是方案翻盘的现象也会出现。有的反复是由于经费,比如美国 OOI 计划的逐步“瘦身”;有的反复是由于科学目标和技术方案,日本就是一个例子。新世纪伊始,日本就提出建设大型地震预警网的计划,2003 年形成 ARENA 计划,在本州东海岸外铺设 3 600 千米的地震预警网(Suyehiro et al., 2003);但很快遭到否定,改在本州南岸外铺设规模较小的 DONET 网。但是,2011 年“3·11”大地震大海啸发生在本州东边,并不在南边,于是赶紧在三四年时间里建成了“S-net”网,监测日本东侧太平洋板块俯冲带的地震海啸,实质上就是回到了当年 ARENA

计划的范围。

另一类困难来自技术。海底环境下长期运作的设备,会遇到各种可以预计和始料不及的障碍,因此各国的海底观测网从布设到运行,都会出现各种自然的和人为的技术事故。假如对技术方案的可行性考虑不足,更会对观测网建设带来严重的后果。一次沉痛的教训来自美国 OOI,负责数据管理和传播的南加州大学,由于信息化赛博基础设施的原定方案对难度的估计不足,进程一再推迟、经费严重超支,不得不中止合同,将任务和半成品转交罗格斯大学。OOI 的整体完成时间,也从 2015 年推迟到 2016 年。

最后的困难出现在运行阶段。率先于 2009 年建成的加拿大的“海王星”网,几年来已经在深海热液、天然气水合物、生态动力学、深海沉积学、地震海啸等领域取得了全方位的应用和进展,但是观测网的工作人员抱怨:学术界的应用热情并不像预期那样的热烈,有时候工作人员只好自己上阵,将数据用起来。其中的原因,在于学术界对于这桩新事物并不熟悉。尽管 OOI 和“海王星”都是将海量的数据直接上网,提供全球免费使用,但是绝大多数人还不知道如何使用。海洋科学的“改朝换代”,要求海洋科学家也要“脱胎换骨”。面对现场实时不断传来的海量数据,面对海里新增的种种设备,科学家们还需要逐步熟悉,才会懂得如何利用它们来回答哪些科学问题。这个过程显然要求时间,而更加需要的是敢于始吃螃蟹的人。

知难而进

放眼海洋开发的前景,人类进入深海是个必然的趋势,未来的海底观测网也必定像气象站那样覆盖全球。迄今为止,海底观测网主要还是北美、西欧和日本三家的“领地”,但是近年来已经响起了中国的脚步声。进入海洋内部探索深海,是整个人类面临的新挑战,其中有着各种风险和困难,发达国家在这些年来走过的路并不轻松。作为新一代海洋科学的手段,海底观测网的建设和运作在各国都遇到了种种困难。因此对于中国来说,有两种选择:一种是让发达国家先去闯,等他们摸出一套成熟经验后我们再上,我国海洋的缺口太多,可以先干别的、免走弯路;另一种是将国际上起步不久、尚未成熟的领域,看作为我国赶超先进国家的良机,抓紧时机赶紧发展,力争在海洋科技的新领域里取得国际上的话语权,而不是等到阵地占好了再去谋取“跻身”其中。

正确的选择,应当是后者。从我国当前面临的海上挑战看,如果不能在海上翻身,中华民族振兴势必落空;从国外的发展因为受制于经费而步伐放慢的现实看,我们应当抓住当前机遇,快速前进。我们应当明白:面对这场海洋科学大转折,并没有现成的道路可走,大家都在摸索,欧美最近也都对此进行了反思和调整。美国 2015 年的“海洋变化”报告,提出了今后十年中,如何处理好大型装备运行和面上研究项目经费投入的建议(NRC, 2015);欧盟也提出了“深海和海底下前沿”(Deep-Sea and Sub-Seafloor Frontiers)的 DS³F 计划,建议将深海观测、深海钻探和深潜的“三深”结合起来,探索海洋科学的前沿问题。正在争取跻身世界海洋强国的中国,更加需要宏观的战略思考。

近年来,我国在海洋科技领域已经部署了不少项目,海底观测已经作为国家工程立项。但是我们的指导思想在很大程度上还属于“跟跑”的范畴,仍然是“人家有的我们也要有”,而对这场科学变革的涉水深浅却估计不足,对于技术背后的科学实质理解不够,整个海洋界对

于如何迎接这场变革准备不足。在涉及海底的科技领域,我国的起步比欧美晚了几十年,因此充分了解国际的经验和现状,用来指导我们的计划和行动,是取得成功的必要前提。有鉴于此,我们从 2006 年开始组织了一系列的国际交流活动,收集各国有关资料,于 2011 年编写了《海底观测——科学与技术的结合》一书,对于海底观测的科学内容和各国观测网的历史和计划,根据当时的国际情况进行了系统介绍。

此后的五年中,世界的海底科学观测又有了迅速的发展。在海洋事业发展的驱动下,海底观测的网站建设和科学应用都有如火如荼的进展,值得我们作进一步的调研和学习。现在放在你面前的这本书,很大程度上是介绍 2011—2015 年各国海底科学观测网建设和应用的进展,作为对于 2011 年《海底观测——科学与技术的结合》一书的补充。全书分为两大部分:“国际进展与科学应用”(第 1 章至第 8 章)和“观测网建设关键技术”(第 9 章至第 13 章)。第一部分“国际进展与科学应用”选取国际上具有典型和代表意义的海底观测网、观测站和观测塔,包括美国 OOI 观测网、加拿大海底观测网、欧洲海底观测网、日本海底观测网、北阿拉伯海海洋观测网、美国 ALOHA 海洋观测网、韩国观测塔、国际海洋油气田海底长期地震观测,重点介绍基本概况、观测方式和节点组成、观测科学主题、科学观测结果应用举例、经验教训和管理经验。第二部分“观测网建设关键技术”重点介绍海底缆系联网观测技术、活动平台观测技术、固定平台观测技术、观测信息处理技术、其他技术如防生物附着技术等。

本书的编写分工如下:引言,汪品先;第 1 章,吴自军,王虎,宋海斌,张艳伟,周怀阳;第 2 章,吴自军,薛梅;第 3 章,杨群慧,王凯;第 4 章,汪品先,李建如;第 5 章,王展坤(美国德克萨斯农工大学);第 6 章,李江涛;第 7 章,耿建华;第 8 章,杨守业,苏妮;第 9 章,吕枫;第 10 章,姜大鹏(哈尔滨工程大学),王延辉(天津大学),连琰(上海交通大学),吕枫;第 11 章,吕枫,季福武,吴正伟;第 12 章,覃如府,乔非;第 13 章,吴正伟。

全书由吴自军、吕枫主编定稿。

本书的编写得到汪品先院士、翦知潜教授、周怀阳教授的大力支持和具体指导,在此一并致谢。

目 录

引 言

第一部分 国际进展与科学应用

第 1 章 美国 OOI 海洋观测网	3
1.1 OOI 概况	3
1.2 前进中的风浪	5
1.3 组网设计与工作进展	6
1.3.1 区域网	6
1.3.2 近岸网	12
1.3.3 全球网	22
1.4 观测科学主题	23
1.4.1 海洋-大气交换	23
1.4.2 气候变化及其生态环境效应	24
1.4.3 湍流混合和生物物理相互作用	25
1.4.4 近岸海洋动力过程与生态系统	26
1.4.5 全球与板块尺度地球动力学	26
1.4.6 流体与岩石相互作用和海底下生物圈	26
1.5 科学观测实例	27
1.5.1 Axial 海底火山喷发	27
1.5.2 墨西哥湾流暖涡流入侵陆架坡折	29
1.6 教育与科普	30
1.7 如何使用 OOI	31
1.7.1 申请使用 OOI 数据	32
1.7.2 把新仪器连接到 OOI	32
1.7.3 修改 OOI 现有仪器的采样频率	33
第 2 章 加拿大海底观测网	34
2.1 发展历程	34
2.2 海底观测节点	37
2.2.1 NEPTUNE Canada 观测网观测节点	37
2.2.2 VENUS 观测网观测节点	41

2.3	观测科学主题	44
2.3.1	东北太平洋人类活动导致的海洋变化	44
2.3.2	东北太平洋以及萨利什海(Salish Sea)环境中的生命	45
2.3.3	海底-海水-大气之间的相互作用	46
2.3.4	海底过程及沉积搬运	47
2.4	科学观测实例	48
2.4.1	海啸、地震与板块应变	48
2.4.2	海底热液系统观测	52
2.4.3	天然气水合物观测	54
2.4.4	生态动力学观测	56
2.4.5	鱼及哺乳动物的观测	57
2.4.6	沉积物及其动力学	58
2.4.7	北极观测	59
2.4.8	杀人犯庭审取证海底实验观测	61

第3章 欧洲海底观测网 62

3.1	欧洲的区域海底观测网	62
3.1.1	北冰洋斯瓦尔巴德群岛(Svalbard Islands)观测网	64
3.1.2	挪威大陆边缘(Norwegian Margin)观测网	66
3.1.3	豪猪湾深海平原(Porcupine Abyssal Plain)观测网	67
3.1.4	亚速尔群岛(Azores Islands)观测网	69
3.1.5	伊比利亚大陆边缘(Iberian Margin)观测网	70
3.1.6	马尔马拉海(Marmara Sea)观测网	71
3.1.7	利古里亚海(Ligurian Sea)观测网	72
3.1.8	西艾欧尼亚海(Western Ionian Sea)观测网	74
3.1.9	希腊弧(Hellenic Arc)观测网	75
3.1.10	黑海(Black Sea)观测网	77
3.1.11	加那利群岛(Canary Islands)观测网	78
3.1.12	巴利阿里海(Balearic Sea)观测网	79
3.1.13	戈尔维湾(Galway Bay)观测网	80
3.1.14	Koljoe 峡湾观测网	81
3.1.15	Molene 岛观测网	81
3.2	欧洲海底观测新项目	82
3.2.1	EMSODEV 项目	82
3.2.2	ENVRIplus 项目	82
3.2.3	FIXO3 项目	83

第 4 章 日本海底观测网	84
4.1 DONET 和 DONET2 海底观测网	84
4.2 S-net 海底观测网	89
第 5 章 北阿拉伯海海洋观测网	94
5.1 建设的目的和意义	94
5.2 观测方式、观测技术及设备	96
5.2.1 观测系统组成	96
5.2.2 系统的设计、安装和维护	97
5.3 主要观测成果	99
5.3.1 海洋对强热带风暴响应的研究	99
5.3.2 阿曼海水团的研究	100
5.3.3 海洋渔业资源研究	101
5.3.4 低氧区成因的探索	102
5.4 观测网的运营维护与管理	102
第 6 章 美国夏威夷 ALOHA 海洋观测站	104
6.1 ALOHA 海洋观测站的由来: HOT 观测计划	104
6.2 ALOHA 海洋观测站	105
6.3 ALOHA 缆系观测站	106
6.3.1 ACO 建设一波三折	108
6.3.2 ACO 基础架构与观测节点	110
6.4 典型观测成果	111
6.4.1 洋底冷水事件	111
6.4.2 声学探测及其应用	112
6.5 经验与教训	114
第 7 章 海洋油气田海底长期地震监测	115
7.1 海底地震监测方法与技术	115
7.1.1 海底电缆	116
7.1.2 海底地震	117
7.1.3 海底节点	119
7.1.4 海底机器人节点	119
7.2 海底油田开发与 CO ₂ 地质封存长期地震监测实例	121
7.2.1 挪威北海 Valhall 油田油气开发过程海底长期地震监测	121
7.2.2 挪威北海 Sleipner 油田 CO ₂ 地质存储长期地震监测	122

第8章 韩国海洋观测塔	124
8.1 韩国观测塔概况	124
8.1.1 韩国苏岩礁观测塔	124
8.1.2 韩国黄海日向礁观测塔	127
8.1.3 韩国黄海小青礁观测塔	128
8.2 韩国观测塔应用实例	128
8.2.1 声学观测研究	128
8.2.2 气象学观测	129
8.2.3 海洋化学和物理海洋过程研究	129
8.2.4 海洋生态效应研究	130

第二部分 观测网建设关键技术

第9章 海底缆系联网观测技术	133
9.1 观测网的总体结构	135
9.1.1 海岸基站	136
9.1.2 光电复合海缆	136
9.1.3 海底主基站	137
9.1.4 观测设备平台	139
9.2 观测网的关键技术	139
9.2.1 海底负高压单极直流输配电	139
9.2.2 海底高压高频直流电能变换	144
9.2.3 海底远程电力监控技术	147
9.2.4 海底远距离信息传输技术	151
9.2.5 海底原位科学实验技术	153
9.3 国内外研究进展	154
9.3.1 国外研究进展	154
9.3.2 国内研究进展	161
9.4 总结与展望	165
第10章 活动平台观测技术	166
10.1 自主水下航行器	166
10.1.1 国内外发展现状	166
10.1.2 AUV 技术发展趋势	169
10.2 水下滑翔机	170
10.2.1 国内外发展现状	170
10.2.2 滑翔机的关键技术	172
10.2.3 滑翔机的发展趋势	172

10.3	无人遥控潜水器	174
10.3.1	国内外发展现状	175
10.3.2	ROV 的系统组成、吊放和运动	176
10.3.3	ROV 在海底观测网中的应用	180
10.4	海底爬行车	182
10.4.4	国内外研究现状	182
10.4.2	海底车的应用	185
第 11 章	固定平台观测技术	186
11.1	海底观测井	186
11.1.1	海底地下流体的原位取样和观测技术	186
11.1.2	钻孔中的封隔技术和封隔器	190
11.1.3	海底井塞装置	192
11.1.4	轻便有缆海底地下原位观测系统(SCIMPI)	197
11.2	先进锚系观测平台	200
11.2.1	锚系的组成和发展	201
11.2.2	先进锚系的关键技术	202
11.2.3	特种系留技术	207
11.2.4	水下感应耦合供电通信技术	208
第 12 章	海洋信息基础架构	210
12.1	国外研究进展	210
12.1.1	美国 OOI 海洋观测计划	210
12.1.2	加拿大海底观测网	221
12.2	若干关键技术	227
12.2.1	数据存储及管理技术	227
12.2.2	数据可视化技术	228
12.2.3	数据分析及挖掘技术	229
12.2.4	信息安全技术	231
12.3	建设内容	233
12.3.1	CI 重点建设内容	233
12.3.2	CI 建设面临的挑战	234
第 13 章	水下防生物附着技术	236
13.1	生物附着的类型及形成过程	237
13.2	生物附着的影响因素	238
13.3	防生物附着技术	240

13.3.1	被动方式	240
13.3.2	主动方式	241
13.4	小结	246
参考文献		247

第一部分

国际进展与科学应用

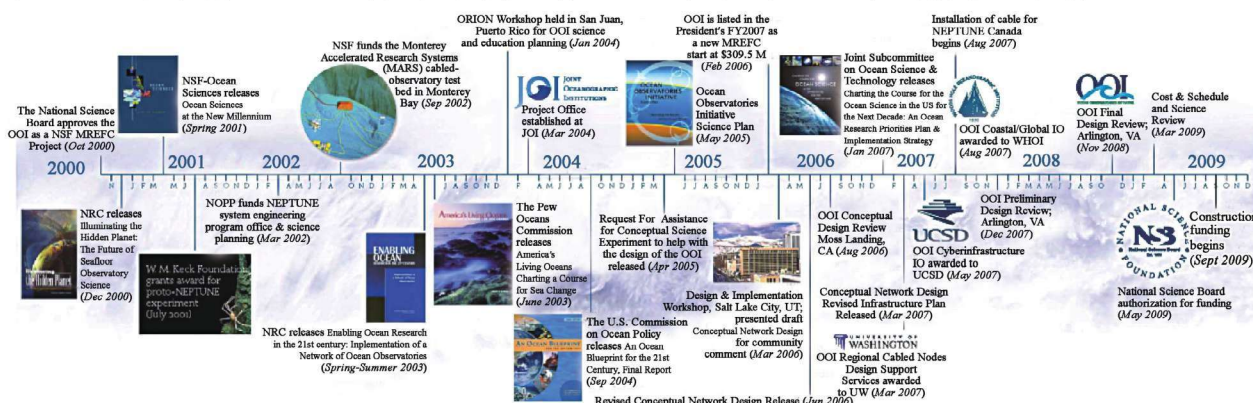
第 1 章 美国 OOI 海洋观测网

美国在世界上第一个利用海底联网进行科学观测,又经过十几年的研讨形成了国家规模的海底科学观测网计划;但是受制于政府的财政状况,科学界雄心壮志的实现并不容易。经过多年的努力,总耗资 3.86 亿美元的大洋观测计划(Ocean Observation Initiative, OOI),终于在 2016 年 6 月全面建成启用。相比之下,加拿大 2009 年底建成的 NEPTUNECanada 成为世界上第一个大型深海科学网,日本 2015 年建成的 S-net 网又以 5 400 km 缆线成为全球最长的海底网,表面上看都抢走了美国的风头,然而无论科学问题的全面性还是观测网本身建设的多样性,美国的 OOI 都比后者强得多,值得我们密切注意、认真学习。

1.1 OOI 概 况

美国大型海底长期观测网 OOI 是在多年酝酿和反复论证的基础上形成的(图 1-1)。早在 1988 年,海洋科学界就开展了海洋观测的科学目标、设计方案以及工程技术方面的讨论,并于 1993 年成立了“国际大洋网”(International Ocean Network, ION)。1995 年,在美国国家科学基金委(NSF)资助下,设立了国际上第一个国家海洋观测委员会,筹划美国海洋观测网。1999 年,第一届国际海底观测系统会议在法国召开,大会重点讨论了固定观测和移动观测系统科学技术问题。随后,美国研究委员会(National Research Council, NRC)分别于 2000 年和 2003 年发布了题为“照亮隐藏的星球:海底观测科学的未来”(Illuminating the Hidden Planet: The Future of Seafloor Observatory Science)和“促进 21 世纪海洋研究”(Enabling Ocean Research in the 21st Century)两份报告,并召开了一系列的海洋科学与技术研讨会,有力地推进了海底观测网建设由梦想变为现实。2000 年,美国国家科学委员会(National Science Board, NSB)批准 OOI 计划作为美国国家科学基金委设立的“大型研究设备与装置建设”(Major Research Equipment and Facilities Construction, MREFC)一部分,纳入基金委未来经费预算。2004 年,美国国家科学基金委海洋科学部设立了 OOI 办公室,协调 OOI 计划的推进以及设计方案的评估工作。OOI 计划原本 2007 年开始实施,计划从

图 1-1 美国 OOI 形成发展历史(引自 www.oceanobservatories.org)



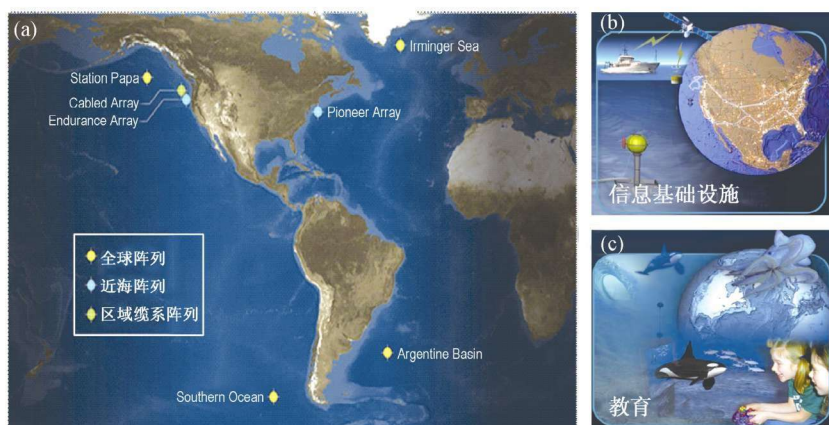
东太平洋海底的 NEPTUNE(区域有缆阵列)开始,但受制于金融危机和美国政府的战争预算等经济因素的制约,未能如期进行。直到 2009 年 9 月 2 日,OOI 建设预算经费才落实到位。OOI 计划用五年半时间建成,第一年从“2009 年美国复苏与再投资法案”获取近 1.06 亿美元的经费,从 NSF 获取 591 万美元的经费,主要用于支持建立主要的近岸和全球组件(锚、浮标和传感器)的技术原型,签订海底光电缆的安装合同,建立岸基站,开发用于连接传感器与网络的软件。OOI 在 2010 财年及以后的经费申请为 2.75 亿美元,将用于采购 OOI 所需的设备和传感器,建立关键基础设施(如近岸和全球浮标锚系阵列),并布设这些设备,其后项目的经费将支持完成近海、深海海底系统的建设,计划于 2013 年获得初始数据流,2015 年整个系统竣工。

OOI 观测网观测形式多样,一是通过光电缆连接方式,持续提供电源和传输数据;二是锚系连接方式,实验平台上的仪器电池自主供电,并利用卫星将观测数据传输到陆地;第三种是移动观测方式,即利用水下滑翔机(Glide)或机器人(AUV),实现大范围、高分辨率的多时空观测。

OOI 观测网包括近岸网(Coastal Scale Nodes, CSN)、区域网(Regional Scale Nodes, RSN)、全球网(Global Scale Nodes, GSN)、“信息基础设施”(Cyber-infrastructure),并于 2010 年增加了一个“教育与公众参与”(Education Public Engagement, EPE)工作组(图 1-2)。

图 1-2 美国大洋观测计划 OOI 网组成

(a) 全球阵列、近海阵列、区域缆系阵列分布位置;
(b) “信息基础设施”;
(c) “教育与公众参与”工作组(引自 www.oceanobservatories.org)



OOI 区域网最大,为有缆连接阵列(Cabled Array),设在东北太平洋的胡安·德富卡板块,也就是原来“海王星计划”中美国负责的那部分。近岸网在东西海岸各选一个:东海岸外陆架与陆坡转折区的先锋阵列(即 Pioneer 阵列)和西海岸华盛顿州与俄勒冈州岸外的长久阵列(即 Endurance 阵列)。全球网在“具有全球意义的”关键海区设置,结果都选在高纬区,包括阿拉斯加湾、伊尔明戈海(Irminger Sea)、南大洋和阿根廷盆地四处(图 1-2)。

OOI 观测网由美国国家科学基金委资助,海洋发展领导联盟(Consortium for Ocean Leadership, COL)负责整个工程项目的管理和协调,是整个 OOI 观测网及其附属设施的领导者、拥有者和运行者。各项目实施单位分别与 COL 签订合同,承担各个子系统的建设任务,其中华盛顿大学负责区域网有缆观测阵列和锚系的设计和建设;伍兹霍尔海洋研究所负责近岸先锋阵列和四个全球阵列及相关水下移动观测平台建设;俄勒冈州立大学负责近岸长久阵列以及水下移动观测平台建设;罗格斯大学负责信息基础设施、教育及公共宣传工作。

OOI 观测网相关的统计数字如下:

- 观测阵列数:7 个(4 个全球,2 个近岸,1 个区域缆系);
- 光电缆长度:880 km;