

海底观测系统

陈鹰 杨灿军 陶春辉 等 编著

海底观测系统

陈 鹰 杨灿军 陶春辉 卢汉良 金 波 编著

海洋出版社

2006 年·北京

内容简介

本书较为系统地海底观测系统进行了定义,并对其主要关键技术进行了介绍,旨在对其内涵、组成及技术关键展开全面的探讨研究,为我国海底观测系统建设提供参考。本书内容分为七个方面:一是概述,阐述海底观测系统的分类、构成、功能和意义,并讨论了国内外海底观测系统技术的研究现状和发展趋势;二是观测技术,主要介绍海底观测系统所需的物理、化学及生物方面的各种观测仪器设备及其数据采集技术;三是通信技术,主要介绍海底观测链及海底观测网络的有关通信技术;四是海底接驳技术,主要介绍海底观测系统尤其是海底观测网络的接驳技术,同时介绍了接驳盒的功能、设计和应用等;五是海底观测网络的相关技术,介绍了海底观测网络建设中的一些主要的相关技术;六是海底观测系统的应用案例介绍,主要介绍国内外海底观测站、观测链和海底观测网络的典型应用实例;七是后记,作者对我国海底观测系统建设的一些建议和思考,试图给出建设我国具有自主知识产权海底观测系统的设想。

本书取材广泛,内容新颖实用。既归纳了国内外的研究现状,又紧密结合作者们的最新研究成果,力求让读者从整体上把握海底观测系统的基本原理、结构组成、关键技术及其应用方向。全书行文通俗易懂、深入浅出,并配有丰富的图表,各部分独立成章。本书适合于广大从事海洋事业的科研和工程技术人员、高校教师和研究生们阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

海底观测系统/陈鹰等编著. —北京:
海洋出版社,2006.3

ISBN 7-5027-6555-7

I. 海... II. ①杨...②陈... III. 海底测量 IV. P71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 019261 号

责任编辑:万小冬

责任印制:刘志恒

HAI DI GUANCE XITONG

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路8号)

北京画中华印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2006年3月第1版 2006年3月北京第1次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:8.625

字数:218千字 印数:1~1000册

定价:38.00元

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

随着高科技的蓬勃发展,海底观测系统正逐步成为海洋科技领域一个新热点。假如把地面与海面看作地球科学的第一个观测平台,把空中的遥测遥感看作第二个观测平台,那么21世纪在海底建立的观测系统,则是第三个观测平台。

针对海底的观测工作,无论是对于科学研究,海洋环境保护,还是对于海底资源勘探与开发,都是十分重要的。从海底热液活动区到地震源区,都亟需进行长期连续不间断的观测。因此近几十年来,人们进行了种种努力,试着将观测点布置到海底去。然而,海底是复杂的。有的地方,海底是“漏”的,譬如“深海热液”就是渗入海底的海水与岩浆相互作用后再冒出来的。大洋底下的地层深处,以至大洋地壳的玄武岩里,都有水体在流动,它们无论对地震形成或是成矿都有重大影响。20世纪末,大洋钻探计划发明了钻探新技术,并应用一种新方法,开展“洋底下的海洋”观测。方法是将钻进大洋地壳的深海钻井密封,将传感器埋入钻井,与海水隔离但向大洋地壳内部的流体开放。这种称为CORK的设备可以用来观测地壳内流体的温度、压力变化等。运行结果不仅获得了热液环流的性质,而且意外地测得了板块变形和地震的信息。地震研究和预警需要建立地震观测网,然而地震台站大多建在陆地上,在海洋中的观测点极其匮乏。在深海海底已经钻入洋壳玄武岩的钻孔里,埋置仪器来检测板块活动,是灵敏度高和效果较佳的地震监测手段。20世纪80年代末期以来,在日本群岛附近和各大洋的大洋钻探井孔中安装了许多地震仪,并集中在西太平洋震源区建立了深海海底地球物理监测台网,与陆上台站联合进行地震监测。此外,在洋底热液活动区,也已经安置了多种观测设备,进行深海热液的物理、化学与生物的原位实地连续观测。还有在夏威夷和东太平洋胡安·德富卡地区开展的海底观测网络建设,都揭示了海底观测系统在现代海洋科学技术中的重要性。

海底观测系统可大致分为海底观测站、海底观测链和海底观测网络,三者应用于不同的场合和目的。对海底观测站而言,由于简单易行,可大量地应用于海底的观测工作中。然而,由于受自带电能的限制,并且信息传送困难,海底观测站必须依赖水下潜器之类的深海运载工具去补充其耗尽的能量,收取采集的信息。海底观测链解决了观测数据的通信问题,拓展了海底观测站的功能。观测链可以将数个海底观测站“链”接起来,然后通过水声通信等方式把观测数据发送到海面,再通过卫星等系统,将信号发回岸基实验室供科学家们进行“准”实时研究。海底观测网络则是提出了地球观测的新思路:把功能齐全的观测平台放到海底去,将设在海底的观测设备联网,甚至与埋藏在钻孔中的观测器联网,通过光纤网络向各个观测点输送电能并收集信息,从而进行长期的自动化观测。这种监测网既能向下观察海底和深部,又能通过锚系向上观测大洋水层,还可以投放活动的深海观测站,自动与监测网的节点连接上网。海底观测网络摆脱了电池寿命、船时与舱位、天气和数据延迟等种种局限,科学家可以在实验室里通过网络实时监测自己的深海实验,可以远程监测风暴、地震、海底火山喷发、滑坡、海啸、赤潮等各种突发事件。这一新的研究途径,可推动新的科学问题研

究与实验工作,去理解复杂的地球系统,比如探索海洋气候变化对不同水深的海洋生物产生的不同影响,探索深海生物的生态系统动力学和生物多样性等。海底观测系统的建立,不仅为揭示包括海洋在内的地球表面过程机理提供了新途径,也为探索地球深部创造了新的可能。

到目前为止,全球观测系统的研究峰会已经先后在美国和日本多次举行。在一些国家里,海洋观测系统的研究与建设,已经上升到国策高度。目前,我国在海洋环境监测、地震监测和深海油气勘探方面,也已经提出海底观测的需求,我国应当及早从战略高度加以重视,把海底观测系统的建设列入国家规划。从国防安全、海洋开发和科学研究出发,我国不仅要密切关注、积极参与国际上研究建设海底观测系统的活动,而且必须自主地进行海底观测系统的建设。本书希望能够起到抛砖引玉的效果,为我国建设具有自主知识产权的海底观测系统,奉献微薄之力。

本书对海底观测系统的技术内涵展开研究,分别探讨了海底观测站、海底观测链和海底观测网络的定义和基本组成。讨论了海底观测系统的关键技术,如通信技术、观测技术、接驳技术等,同时对海底观测网络的相关技术,如基站技术、布网作业技术和电能供给技术进行了介绍。本书还介绍了国内外海底观测系统的应用技术和现状。最后,本书对如何自主建设我国的海底观测系统,进行了思考。

本书第1章由陈鹰撰写,第2章由杨灿军、陶春辉撰写,第3章由卢汉良、杨灿军撰写,第4章由卢汉良、陈鹰撰写,第5章由陈鹰、金波、卢汉良撰写,第6章由卢汉良、陈鹰撰写,第7章由陈鹰、陶春辉撰写。全书由陈鹰统稿,陶春辉审校。吴怀超、刘玉龙、虞伟乔、李红星、涂瑾、赵伟、周勇、何丽萍等也为本书的编写提供了很多支持和帮助,在此对他们也表示衷心的感谢。同时感谢美国明尼弗达大学丁抗博士为本书提供了大力支持和帮助。

海底观测技术是一个蓬勃发展中的、崭新的高科技领域,许多方面尚处于不断地发展与完善之中,囿于我们的水平和时间的限制,书中错误和不妥之处实为难免,敬请读者批评指正。

陈 鹰

2005年10月于杭州

目 次

1 概述	(1)
1.1 人类认知地球的观测平台	(1)
1.2 海底观测系统的构成、功能和意义	(2)
1.2.1 海底观测技术	(2)
1.2.2 海底观测系统的功能和意义	(4)
1.3 海底观测系统的分类	(6)
1.3.1 海底观测系统的构成方式	(6)
1.3.2 海底观测站	(6)
1.3.3 海底观测链	(8)
1.3.4 海底观测网络	(10)
1.4 海底观测系统的关键技术	(11)
2 海底观测技术	(13)
2.1 概述	(13)
2.2 观测传感器示例简介	(14)
2.2.1 物理海洋观测传感器设备	(14)
2.2.2 海底物探观测传感器设备	(23)
2.2.3 化学海洋观测传感器设备	(25)
2.2.4 生物海洋观测传感器设备	(28)
2.2.5 浙江大学的海底观测设备	(29)
2.3 浙江大学研制的深海热液原位观测传感器系统设计与应用	(29)
2.3.1 电路设计说明	(30)
2.3.2 下位机软件	(32)
2.3.3 传感器集成封装	(32)
2.3.4 浙江大学研制的深海热液原位观测传感器系统的优点	(34)
2.4 应用试验	(35)
2.4.1 中国“大洋一号”试验	(35)
2.4.2 美国“亚特兰蒂斯”号试验	(38)
2.4.3 中国“大洋一号”试验	(39)
2.4.4 美国“亚特兰蒂斯”号试验	(40)
3 通信技术	(43)
3.1 概述	(43)
3.2 海底观测站的通信技术	(44)
3.2.1 海底观测站的 RS-232、RS-485 通信技术	(44)

3.2.2	海底观测站的电磁感应式通信技术	(45)
3.2.3	海底观测站的光学通信技术	(47)
3.3	海底观测链的通信技术	(50)
3.3.1	海底观测链的水声通信技术	(50)
3.3.2	海底观测链的卫星通信技术	(52)
3.4	海底观测网络的海底光缆通信技术	(53)
3.4.1	海底光缆通信技术发展历程	(54)
3.4.2	海底光缆的结构	(54)
3.4.3	海底光缆通信系统的构成	(55)
3.4.4	海底光缆通信技术的发展趋势	(57)
3.5	连接岸边基站的卫星地面站、数传电台及 CDMA 技术	(58)
3.5.1	卫星地面站技术	(58)
3.5.2	数传电台技术	(59)
3.5.3	CDMA 技术	(60)
3.6	海底观测网络的通信协议	(60)
3.7	小结	(64)
4	海底接驳技术	(66)
4.1	概述	(66)
4.2	海底接驳盒的功能及其关键技术	(67)
4.2.1	海底接驳盒的功能	(67)
4.2.2	海底接驳盒的关键技术	(68)
4.3	海底接驳盒的总体设计	(69)
4.4	海底接驳盒的电能转换和分配模块设计	(72)
4.5	海底接驳盒的信号处理和通信模块设计	(72)
4.6	海底观测系统的接驳技术应用实例	(74)
4.7	小结	(77)
5	海底观测网络的其他相关技术	(78)
5.1	电能供给技术	(78)
5.1.1	海底电能供给基本概念	(78)
5.1.2	海岸能量供给站点	(80)
5.1.3	电缆分叉点	(82)
5.1.4	能量管理和控制系统	(83)
5.1.5	接驳盒能量转换模块	(84)
5.2	基站技术	(85)
5.2.1	基站系统局域网的构成	(85)
5.2.2	基站系统的主要特点	(86)
5.2.3	基站系统的设计原则	(87)
5.2.4	基站系统的模块化构成	(88)

5.3 布网作业技术	(90)
5.3.1 海底光/电缆施工方法	(91)
5.3.2 海底光/电缆打捞维修施工方法	(95)
5.3.3 国外海底光/电缆敷设/维护技术	(96)
5.3.4 海底观测系统接驳盒和观测站等设备的布放与维护作业技术	(97)
5.3.5 海底光缆/电缆敷设/维护技术发展方向	(99)
5.4 小结	(100)
6 海底观测系统实例	(101)
6.1 概述	(101)
6.2 美国 HOBO 海底热液温度观测站	(101)
6.3 LEO-15 生态环境海底观测站	(102)
6.4 美国 NEMO 海底观测链	(104)
6.5 夏威夷-2 海底观测网络(Hawaii-2 Observatory, H2O)	(105)
6.6 新泽西大陆架观测网络计划(NJSOS)	(107)
6.7 海洋研究交互观测网络(ORION)计划	(108)
6.8 “海王星”(NEPTUNE)海底观测网络计划	(110)
6.9 欧洲海底观测网计划(ESONET)	(113)
6.10 日本新型实时海底监测网络计划(ARENA)	(114)
6.11 我国上海/福建地区海洋环境立体监测示范系统	(117)
6.11.1 上海海洋环境立体监测和信息服务示范系统	(117)
6.11.2 福建省“台湾海峡及毗邻海域海洋环境实时立体监测系统” 示范系统	(118)
6.12 小结	(119)
7 后记	(120)
7.1 我国对海底观测技术的需求	(120)
7.2 海底观测站的建设	(120)
7.3 海底观测链的建设	(123)
7.4 海底观测网络	(123)
7.5 小结	(126)
参考文献	(127)

1 概 述

人类对海洋的认识,远远不如人类对太空的认识。茫茫大海,蕴藏着无穷的秘密和未知,需要人类去不断揭示。人类对海洋的探索与观测,自远古以来,一直没有停止过。正是这些永不知倦的海洋探索工作,才使人类对我们所居住的地球上的最主要部分——海洋,慢慢地开始有了认识。随着科学技术的发展,海洋观测手段的日益完善,海洋的观测范围也从海面延伸到海洋中,直至海底。这为我们对海洋的探索与研究,提供了新的契机。

1.1 人类认知地球的观测平台

一部人类科学史,其实也是人类的视野不断拓宽的历史。在这个漫长的历史长河中,人类利用过三个观测平台^[1]。第一个平台是地面和海面,在相当长的历史过程中,人类一直只能在这个基本的活动平台上认知地球,然而人类的目光在这个平台上总显得那么“短浅”,既看不清整个地球的模样,也看不透“深不见底”的海洋。随着社会的不断进步,当历史的车轮滚到 20 世纪时,地球观测科学出现了惊人的进展,出现了空中遥测遥感技术。从此,人类终于能够离开地面和海面,从空间获取地球信息。这不仅极大地丰富了信息量——可以获取全球性的和动态性的图景,而且解放了观测者的视角,这就是第二个观测平台——空间。然而,遥测遥感技术对平均深达 3 800 m 的海洋水层也束手无策,人类对于海洋仍然充满着无穷的幻想。人类总是好奇的,不知满足的。如今,人类文明已经进入 21 世纪,为了更加全面、深入地了解人类自身生存之所,前两个观测平台显然满足不了需要,浩瀚的海面下蕴藏的许多不为人类所认知的秘密,在向人类频频招手,人类必须得开发第三个观测平台——海底。

地球三分之二的区域是海洋。为了认识海洋,在从第一个平台发展到第三个平台的过程中,人类不知尝试过多少办法,但是自始至终,得到的总是零星的信息。最初,聪明的人类采取的是最原始的方法,即乘船从海面直接观测感知海洋,这样得到的信息是感性的、粗糙的、零星的。后来,发展到从船上投放一些科学仪器来收集海洋信息。这些信息虽然有些定量的数据,但仍然是零碎的、不连续的。随着文明的进步,科技的快速发展,人类尝试利用第二个平台来认识海洋,即利用人造卫星来提供有关海洋的连续数据,但这些连续的数据仍然是沧海一粟。后来发展到进行大洋钻探,进行海底岩心的钻取,或在海底埋放一些科学仪器,甚至利用载人深潜器深潜的方法,在海底直接进行观测。人类已经逐渐向海底观测平台进军了。然而,这些初步的海底观测技术,存在一些缺陷,既受能量供应的限制,也有信息传送困难的问题,还要依赖深潜器之类的深海运载工具去补充耗尽的能量,回收采集的信息。所以人类要真正开发海底观测平台,必须采用新的思路来设计全新的海底观测系统,此系统要能获得较为长期的数据,或能摆脱船时与舱位、天气和数据延迟等种种局限,科学家们可以在实验室里通过网络实时监测自己的深海实验,可以使用自己的实验设备在一定长的时

间内,观测海底特殊现象,进行海底实验,或监测风暴、藻类勃发、地震、海底喷发、滑坡等各类突发事件,这种系统就是真正意义上的第三个观测平台——海底观测系统。

海洋的可持续利用开发,是全人类最为关注的科技领域之一。长期以来,海洋的渔业资源是人类赖以生存的重要资源之一,地球上有相当一部分人是靠海“吃饭”的。海洋油气资源的开发,打响了人类向海底要资源的第一炮。国际上许多国家对海底的富金属矿藏进行了勘探,如深海锰结资源、富钴结壳资源等。天然气水合物,俗称可燃冰,是目前海底资源的又一个新的热点。此外,还有热液硫化物、深海基因资源等吸引着人们。深海及海底资源的勘探乃至开发,是今后很长时间内人类的一项重要使命。

海底观测系统是人类研究探索海洋,开发和利用海底资源的重要前提之一。海底观测系统的主要任务主要有三项:一是探测未知世界;二是寻找海底资源;三是监控人类活动对海洋带来的影响。对海洋乃至海底的物理、化学和生物量的观测,如海洋的流、浪、潮等动力参数、海底的结构构造参数和海洋的 pH、CO₂、DO(溶解氧)、营养盐、蛋白总量等化学和生物量等等,都是海洋科学研究的基础。在深海海底资源勘探领域,除了探测新的海底资源之外,海底观测系统还可在这样三个方面进行应用:一是研究矿物生长与发展,如热液硫化物的生成机理研究;二是开展面向生物资源开发的特定地区生态系统研究,如热液生态体系的研究;三是进行大洋资源开发过程及其后续过程的环境变化监测,从而避免资源开采过程中对海洋周边环境所带来的不良影响。



图 1-1 海底热液地区的生态系统

1.2 海底观测系统的构成、功能和意义

1.2.1 海底观测技术

对海洋的观测,归根结底主要是对这样三个方面进行观测:海面、海水、海底。对海面的观测,主要是开展海水与空气界面间关系的研究。这方面的工作,除了对海洋本身进行研究

之外,还涉及到海洋对气候的影响。对海洋的观测内容十分丰富,如对海洋动力参数的观测,对涌、浪、潮的观测与数据采集;对海洋中的化学乃至生化量的观测,对 CO_2 、pH、DO(溶解氧)、营养盐、重金属、蛋白质含量的观测与分析等。但对海底进行观测,则是近几年来随着科学技术的不断发展和完善涌现出来的“新生事物”。

海底是地球上人类最不熟知的区域之一。作为海洋组成的重要部分,海底观测历来是人类努力希望实现的一项工作。由于技术上存在困难,使得这项工作远远不能满足科学研究发展的需求。对于海底,除了对它的海床构造、深度等内容的了解之外,更要了解海底的岩石与沉积物的物理化学组成等内容。特别是随着海底矿藏、深海热液、天然气水合物等现象的发现,海底观测的内容更加丰富,也更加迫切。

近年来,国内外的一些科学家们提出了海底海洋的概念。认为在海床的底下,还有大量的水域。在这些水域中,也发现了丰富的生命现象,故被誉为深部生物圈。图 1-1 所示的是某一海底热液地区的生态系统。事实上,深海天然气水合物,也可以看作是海底海洋的另一种形式。这样,海洋的观测又增加了一项新的内容,那就是对海底海洋的观测。这方面的观测,同样需要对海底海洋的结构构造、岩石沉积物的物理化学组成以及海底海洋水体中的物理、化学及生化量的观测。同时,还要发展先进的机电集成技术,实现将观测器件带入海底海洋区域,并且还要实现观测器的回收与信号的采回。

海底观测的方法有二种,一种称为间接观测。间接观测主要指采集海水、(微)生物和海底物质样品,并在实验室进行样品分析从而实现观测的一种手段。这种手段通过样品的获得并进行对一些物理化学量的测量数据分析,获得目标结果。具体实现方法如拖网、CTD、多管、箱式、抓斗、热流计、大洋钻探计划等。图 1-2 是美国“Alvin(阿尔文)号”载人深潜器在热液地区进行热液水体采样的照片。



图 1-2 Major Pairs 采样器在东太平洋隆起地区热液口进行采样作业(2002 年 1 月)

有一些原位观测系统,把观测器放在海底观测对象附近,对观测对象进行不间断的观测与记录,同时把数据存放在自容式存储器中。间隔一段时间后取回实验室进行数据分析,这种方式尽管实时性稍差一些,但非常实用。在海底放置海底观测器,进行长期观测,并将数据采入随之带入海底的数据采集系统。系统回收后,在实验室中将数据导入计算机中进行分析。这种方式就是海底观测站,是间接观测技术的一种重要形式。

图 1-3 所示是美国科学家对海底某一地区所实施的一项原位观测活动。



图 1-3 东太平洋隆起洋脊地区的热液观测站

第二种观测手段就是直接观测。直接观测就是把观测器直接放到观测对象的附近,研究人员在线实时地获得观测数据。如水下运载器把水下摄像机带到观测对象旁边,可实现人类对海底各种科学现象的直接观测。还有,建设海底观测网络,实现科学家对海底某一关注地区进行长期、在线的直接观测。

本书所讨论的海底观测网络,则是一种直接观测手段的体现。海底观测网络中把各种观测器件放置到观测点上,用网络方式连接这些观测器件,同时获得观测数据并实时传回到岸基的研究场所,以供科学家进行现场分析。这种海底观测网络,电能由岸基提供,可以布置大量的观测器件,因而可以实现很长时间的、较宽区域的在线观测。

国内有识人士提出了海洋立体观测的概念,如图 1-4 所示。根据海洋立体观测的概念,是从天基、空基、岸基、海基和海床基对海洋进行全面观测,把海洋观测的范畴进行了极大的拓展^[4]。

1.2.2 海底观测系统的功能和意义

海底观测系统的意义很大,它可提供多元的、综合的、实时的海洋底部直接观测平台,深刻地认识和了解我国领海,同时可以满足海洋科学研究深入的需求,促进多学科的发展。在国家安全方面的意义也不言而喻,并且可使深海技术得到进一步的发展。

2004 年 9 月美国提出了整合全球地球监测系统战略规划草案——整合现有的全球地球观测系统。现有的观测系统涉及 49 个国家、欧盟和 29 个国际组织,已经取得了大量有关



图 1-4 海洋立体观测概念

地球环境变化的科学资料。整合之后由参与国家和组织进行数据共享。若中国不建设自己的海底观测系统,必将落伍于整个海洋科学世界,也难以融入全球地球监测系统战略计划。

在海底布设观测系统,就可为我们观测海底提供一个观测平台。有了这样的平台,我们可以了解到海底的科学现象,观测海底的物理、化学特性甚至生态系统的变化。甚至,研究者就可以坐在办公室里对海底世界进行实时、连续的观测,为我们及时了解海底的瞬时动态提供第一手的信息,这些信息包括地震的、海啸的、军事的、海洋学的、生物学的和航海的等方面的信息,为人类应对海洋灾害提供最为及时的原始信息。同时,通过对长期的、连续的数据分析,研究者可以理解复杂的地球系统,比如探索海洋气候变化对不同水深的海洋生物产生的不同影响,探索深海生物的生态系统动力学问题和生物多样性现象等等。

海底观测系统可在海底实现能源供应和信息提取的网络化,使其在海底进行长期、连续、直接观测成为可能。深海海底观测系统的建成,将从根本上改变海洋研究观测的途径,它最终的发展趋势将是全世界海底观测系统的国际化,为全人类了解海洋,征服海洋提供新的研究平台。

由于技术、经济和地理位置上的原因,在海底观测系统研究和实践方面,美国、日本、加拿大等国走在前沿,这些国家以热液现象、地震监测、海啸预报、全球气候等为科学目标,开展了相关的研究工作,分别建立了实际的海底观测示范系统与实际应用系统,有些还投入正式使用,著名的有 NEPTUNE(the North East Pacific Time-Integrated Undersea Networked Experiment)海底网络实验、H2O(the Hawaii-2 Observatory)地震监测系统。我国在这方面的起步较晚,还只处于初期研究阶段。“九五”期间,国家科学技术部、国家海洋局和上海

市人民政府共同开展了国家“863”计划的一个重大项目——建设海洋环境立体监测和信息服务系统上海示范区。该示范区采用海洋监测技术的最新成果,将近海环境监测技术、高频地波雷达、海洋卫星遥感应用技术等集成为一个从天空、海面到水下的立体监测和信息服务网络,是我国第一个实现海洋立体监测的实验型示范系统。“十五”期间“863”计划在福建研发了一个环境监测的示范网。上海在“十一五”期间,在东海将建两个海底地震台,对距离上海 100 ~ 150 km 的地震或海啸进行监测和预警。我国在这方面的技术水平还不够成熟和完善,只限于示范网络的建设,难以适应国际海上权益与资源之争的形势。因此,无论从国家需求或者从我国实力出发,都到了“走向世界”的时候。

1.3 海底观测系统的分类

海底观测技术的实现方式可以根据不同需要分成三类:第一类是海底观测站,针对某一具体的目标,在一个非常小的区域里建立起原位的观测系统,完成明确的观测任务。这样的观测站,可对某一特定区域的生态系统进行观测研究,也可开展一项某一特定的海洋观测或科学研究活动。第二类是观测链,它在观测站的基础上,将数据通过某种通信方式传回岸基或者是停泊在海面上的科学考察船。这样的话,通过观测链则可以获得比较实时的科学数据。第三类便是海底观测网络,它的观测量多,有电能不断地从岸基直接供给,数据也能够实时传回岸基实验室。因此观测网络的功能最为强大,观测实时性最好,观测时间最长。

1.3.1 海底观测系统的构成方式

海底观测系统的想法最初是在冷战时期从美国海军的水声监视系统(SOSUS)中获得的启示,该系统由安置在大西洋和太平洋中的大量水下听音器组成,用来监听前苏联潜艇的动向。后来此系统经过改进和增加新的海底观测功能,逐渐形成了海底观测系统的设计思想,那就是,将观测平台放到海底,将设在海底、埋在钻井中和浮在海水中的监测仪器建站甚至组网,从而在海底组成一个原位观测及数据采集系统。有时,数据存放在海底的存储芯片中,待回收后在实验室将数据导入计算机后再进行分析处理;有时,通过水声传到海面,再由卫星发回陆地上的实验室;还有,就是直接布网到海底,通过网络连接海底观测器件与岸基研究场所,直接将这些采集数据实时地送到岸上的基地进行分析处理。

所以,根据通信方式的不同,海底观测系统的构成也是不同的。当海底观测系统需要与陆地基地间进行通信时,则可采用无线通信方式和有线通信方式两种。其中无线通信方式有声学通信、卫星通信、数传电台和 CDMA 等,有线通信方式一般指传统的光纤通信。不需要与岸基实验室进行直接通信时,则只需海底观测系统内部的信号传输。有时,也需要一些近距离的无线通信方式,如电磁感应式的通信、激光通信等,用于水下潜器对海底观测系统的巡检或者移动式观测器与海底基站的通信。

1.3.2 海底观测站

海底观测站通常是由观测器件、通信单元、供电单元和数据采集单元等部分组成,有时还配置上近距离信号无线通信装置。这种观测站,区域性很强,完成的任务也比较有限。一

般来讲,数据的采集是自容式的,将数日乃至数周、数月的数据存储在海底近旁的数据存储单元。一旦任务完成后,回收整个海底观测站,或者更换数据存储单元,才能取回数据。

图 1-5 所示的是 2005 年 8—9 月期间,在中国大洋矿产资源研究与开发协会与美国伍兹霍尔海洋研究所共同开展的中美首次联合深潜活动中,浙江大学与中国科学院广州地球化学研究所一起研制的多通道热液原位高温温度监测系统(简称高温帽)。高温帽由九路温度传感器、水密接线盒和数据采集模块三部分组成,由一刚性的框架结构连接,构成一个整体。该系统在太平洋胡安·德富卡地区(Juan De Fuca, 48°N) 2 200 m 深的海底热液区放置了长达 15 天,对热液区进行了时间序列的温度测量。工作方式是每 5 s 自动采样一组(九个)温度数据,并将温度数据存放在旁边的数据采集模块中的存储芯片上。温度传感器在高温帽中三维空间均匀布置。这样一个高温帽系统,是一种典型的海底观测站系统。



图 1-5 海底观测站一例

这样的观测站,任务明确单一,在海底独立工作,不需要其他供能、通信等系统的支撑。这种系统,根据电池的容量大小,来决定在海底的放置时间。同时,数据采集模块中的存储芯片的容量,决定了高温帽的采样频率。当高温帽工作一段时间以后进行回收,在船基实验室里或岸上实验室中将数据导出来之后,由科学家们再作进一步的数据分析与处理。

海底观测站形形色色,根据任务不同目标不同,构成相差甚大。但是它有几个基本特点:一是观测站任务明确,观测内容比较少;二是观测站独立工作于海底,无须其他支撑单元;三是观测站的工作站由于受电池容量和存储单元的容量大小,工作时间一般不会很长;四是构成组分一般是以观测器和数据采集器为主。此外,观测站常常配备有近距离无线通信接口,以供人们对观测站的工作状态实施定期检查。无线通信接口可以是电磁式的,如 ICL,也可以是光学式的,如基于激光的中短距离通信器。

图 1-6 是美国加州蒙特利尔湾海洋研究所(MBARI)开展的一项研究工作。该研究所的研究人员与日本科学家一道,开展 CO_2 注入海洋以解决 CO_2 排放的研究计划。科学家们

在这项研究计划中,在海底建立一个有限范围的试验池(pool),建立起海底观测站,观察 CO_2 注入海底后对试验池内的生态系统的影响。在这个观测站中,科学家们还利用激光拉曼方法进行化学量的测量,从而提出了一种新的基于物理手段的化学量观测手段。



图 1-6 CO_2 注入海底试验的海底观测站

海底观测站作为一种离线的原位观测系统,用于对某一科学现象的定期定点观测,比较有效。它的另一优点是结构简单,制作成本低,容易推广使用。

1.3.3 海底观测链

海底观测系统,将观测平台放到海底去,将设在海底和埋在钻井中的监测仪器联网,通过光纤网络向各个观测点供应能量、收集信息,从而进行长期连续的自动化观测。然而利用观测站无法及时地将观测到的数据传输到海面或岸基实验室,但有时往往要求能够尽快拿到观测数据。那么如何尽快地拿到观测数据呢?

如果是在近海,我们可以考虑建立海底观测网络,将网络铺设到海底,将海底的观测系统与岸基研究场所连接在一起。但是在深海远海地区,海底观测链是一种行之有效的解决方案。海底观测链是在观测站的基础上,增加数据信号发射的功能。在观测站的边上放置声学信号发射装置,将信号传到海面节点(如海面通信浮标),然后再通过卫星发回岸基。

这种观测链根据需要不同,既能向下观察海底和深部,又能通过锚系向上观测大洋水层,十分灵活。完成工作时通过声学释放技术还可以进行观测链的回收。在我国目前建设大区域的观测网络系统还有待技术积累之时,可以先行建设模块化的定点深海海底长期观测链。

海底观测链可实现深达数千米的深海海底长期观测,支持如海底热液区、洋中脊和其他重点海底观测区的长期科学观测,获取海洋环境(pH、 H_2S 、甲烷、浊度、氧化还原和溶解氧、ADCP、CTD)、沉积物资料和各种海底地球物理场资料,并能实现“准”实时的数据传输,为

我国将来建立区域性的海底观测网络系统提供关键技术支持,并可以成为将来区域性海底观测网络的相对独立的一个节点或模块。

针对海底环境的复杂性和多样性,为了更有效地进行长期观测,深海海底长期观测链的基本方案和系统组成可以这样来考虑。深海海底长期观测链采用模块化设计,对于深海热液区的长期观测任务,深海海底长期观测链总体上可分为三个部分:定点长期观测锚系主站系统、面向专门科学研究任务的长期观测子系统和通信传输子系统,即声通信和卫星通信。系统观测时间可长达数年,考虑观测链的布放与回收的方便性,可采用锚系结构。

定点长期观测链主体系统集成有物理传感器(如海底地震仪、浊度、海底地热仪和海底磁力仪等)、化学传感器(如 pH、 H_2S 、 H_2 、甲烷、氧化还原和溶解氧等)、水文观测仪(如 AD-CP、CTD 等)和声学通信设备,并采用系统内部水下电池包动力源和水下高精度 GPS 定位。系统配备有声学释放装置完成系统回收工作。常规的海底观测链的构想图可见图 1-7 所示。

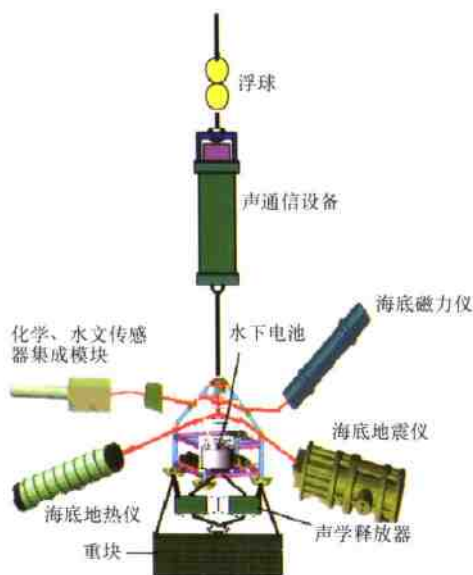


图 1-7 深海定点长期观测链

从规模上和从功能上来讲,观测链是介于海底观测站与海底观测网络之间的系统。观测链是观测站的延伸,它在一个或数个观测站的基础上,增加了一个信号无线发送功能。同时,观测链若改变了通信方式,也可作为一个组成部分参与到观测网络中去,构成海底观测网络。

用于专门研究目的的长期观测子系统,可集成有时序水体或沉积物的取样器、物理探头(如温度、盐度、水动力参数、浊度等)、化学传感器(pH 值、 H_2S 、甲烷、氧化还原和溶解氧等)、低温定期照相机、地热仪和声通信设备等,并采用系统内部水下电池包动力源和水下高精度 GPS 定位。子系统还配置有自校正实验室校正平台等辅助装置。

通信传输子系统包括声学通信和卫星通信:用于专门研究目的的长期观测子系统、定点