

陈鹰. 海洋观测方法之研究[J]. 海洋学报, 2019, 41(10): 182–188, doi:10.3969/j.issn.0253-4193.2019.10.012

Chen Ying. On the ocean observing methodology[J]. Haiyang Xuebao, 2019, 41(10): 182–188, doi:10.3969/j.issn.0253-4193.2019.10.012

# 海洋观测方法之研究

陈鹰<sup>1,2</sup>

(1. 浙江大学 海洋学院, 浙江 舟山 316021; 2. 流体传动及机电系统国家重点实验室(浙江大学), 浙江 杭州 310027)

**摘要:** 本文讨论了海洋观测技术的定义,厘清了其与海洋探测技术和海洋监测技术的关系,并在认识海洋观测数据本质的基础上,从技术性、实时性、经济性和适用性等 4 个方面,来讨论海洋观测方法。本文研究表明,抓着观测数据的本质保障观测数据的质量;观测手段特别是平台技术决定观测技术的实时性;实时性反映海洋观测任务的需要及观测技术的水平;经济性决定观测技术的选用;适用性进一步决定海洋观测技术的最佳形式,甚至衍生出新的观测技术。

**关键词:** 海洋观测;方法;实时性;适用性

中图分类号: P715.5

文献标志码: A

文章编号: 0253-4193(2019)10-0182-07

## 1 引言

海洋科学是一门基于观测的实验科学<sup>[1]</sup>。海洋观测对于海洋科学研究与发展的重要性,无论怎样评价都不会过头。毫不夸张地讲,海洋观测技术的水平,决定着海洋科学的发展水平。随着海洋科学的发展和技术本身的进步,海洋观测方法和技术的内涵也在不断地发展。可以说,每一次的海洋观测技术的进步,都会给海洋科学研究带来新的突破<sup>[2-3]</sup>。

大家都知道什么是海洋观测技术。然而,如果要区分什么是海洋观测技术、什么是海洋探测技术或什么是海洋监测技术,就不是每个人都能给出明确的答案。3 种不同技术名谓的混用甚至滥用,比比皆是。另外,海洋观测系统的分类及组成,也十分有必要清晰地界定一下<sup>[4]</sup>。

海洋观测技术有三大要素:方法、手段、数据。方法是观测技术的灵魂,在科学目标回答了为什么要观测之后,它来回答为什么如此观测(WHY)。而观测手段解决如何观测(HOW),数据则是观测的目的和收获(WHAT)。观测手段很多,往往与“技术”划等号。观测任务和方法确定之后,各种不同的传感器、观测平台以及数据处理与应用软件可以根据需要选用。海洋观测随着技术的发展,无论是从观测海域的

广度、深度来说,还是从观测数据的精确性、实时性、稠密性来说,都有了长足的发展。

“为什么观测”,是海洋科学研究或者其他海洋活动的需要所决定的,譬如海洋化学研究需要获得海水物质或海洋底质的化学成分数据,天然气水合物试开采过程需要观测甲烷气体逸出等等。这里还有一项重要的内容就是海洋观测技术本身的方法,常常不为大家重视,即回答“为什么如此观测”,这是本文讨论的重点所在。长期以来,人们把关注点放在了技术手段和数据上面,而对观测方法研究甚少。譬如为什么要开展载人深潜观测,或为什么要采用移动观测,讨论得并不多。本文将在讨论观测手段和数据的同时,比较多地讨论海洋观测方法。

海洋观测推动海洋科学的进步与发展,不光归功于观测技术手段的进步,如潜水器技术的发展、水下滑翔机的出现、新型传感技术的突破、预测模式的完善等等,还要感谢海洋观测方法的发展。观测方法对于海洋观测的有效实施,甚至对于观测技术的新发现,都具有十分重要的意义<sup>[3]</sup>。

## 2 海洋观测技术定义与分类

借助传感器及其平台技术(如浮标、潜水器、海底观测站等),获取海洋中的物理、化学或生物等相

收稿日期: 2019-06-23; 修订日期: 2019-08-02。

作者简介: 陈鹰(1962—),男,浙江省湖州市人,教授,主要从事海洋技术领域的研究。E-mail: ychen@zju.edu.cn

关数据,完成对海洋的观测。我们常常混淆海洋观测技术和海洋探测技术,因为两者具有较大的相似性,都需要将传感器技术作为信息的获取手段,都是对海洋中某种现象的直观表述。然而,两者是有本质性区别的:在测量时间上来讲,海洋探测是瞬间的单点测量,而海洋观测是一段时期的连续测量。从测量对象上看,海洋探测的对象是不变化的或是变化缓慢的,并且通常是固定的,而海洋观测的对象在时域中是发生变化的。如果只测定某一个时刻的量,则是海洋探测技术,如果是测定一个时间序列中的一组数据,则是海洋观测技术。

综上所述,我们可归纳海洋观测技术的定义如下<sup>[4-5]</sup>:海洋观测技术是指利用传感器及其平台技术,对海洋环境各量在一段时间内的感知、分析。相对应的海洋探测技术的定义则是指利用传感器及平台技术,对海洋环境各量的感知、分析。观测强调在一段时间里的数据获取。因此,“观测”是一段时间里一组“探测”的集合。事实上,探测与观测对传感器及平台技术的要求也有所不同,相对于探测,观测对传感器的响应速度要求更高,并要求观测平台能够长期布放与作业。

两者的直观数学表述可见式(1)和式(2),

$$Y_{\text{探测}} = F(X_1, X_2, X_3, \dots, X_p), \quad (1)$$

$$Y(t)_{\text{观测}} = F(X_1(t), X_2(t), X_3(t), \dots, X_p(t), t), \quad (2)$$

式中,  $Y_{\text{探测}}$  为海洋探测值;  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$  表示各种与时间无关的测量值;  $Y(t)_{\text{观测}}$  为海洋观测值;  $X_1(t), X_2(t), X_3(t), \dots, X_p(t)$  是以测量时间  $t$  为函数的观测量值。

更进一步地说,对于某些可控的海洋观测对象,如果在观测的基础上,对观测值  $Y(t)_{\text{观测}}$  作一阈值

控制,则称为海洋监测技术。也就是说,当被观测值发生异常或超过设定的阈值,系统报警或作出相应的调节,使之恢复到正常状态。可以得知,不是每个对象都可被“监测”的,如果该对象不可控的话。

为了更通俗地说清楚三者关系,以建设海洋牧场为例来说明一下:科学家借助一台有缆遥控无人潜水器(ROV)携带传感设备对近海某处海域进行了探测,获得一系列生物、地质样品以及海底环境数据,同时设置水下长期观测站对该处的海洋环境进行了长达1年的观测,获得一系列相关数据,为建设海洋牧场提供了宝贵数据。海洋牧场建成后,科学家们又设置系统监测水下溶氧(DO)等关键数据,以期预警并通过适当手段避免缺氧等问题对海洋牧场产生危害作用。

考虑到海洋观测、海洋探测和海洋监测三者组成、手段和方法上有很大的相似性,本文只对海洋观测方法及其技术开展深入讨论。

海洋观测技术通常可以从3个维度进行分类:数据采集形式、观测平台形式和观测区域,见表1所示。从数据采集形式的维度上来看,根据获取的信息反映被测对象属性的即时性,海洋观测技术可以分为直接和间接两大类。就直接观测技术而言,根据观测平台的不同分为固定式和移动式两种。在观测区域这个维度上,可分为海面、水下和海底3个区域的观测技术。目前逐渐发展出一个新的方向,那就是海底以下海洋的观测,如大洋钻探计划,就是面向海底以下海洋的观测。这里,我们暂且将其归入“海底观测”之中。

海洋直接观测技术和间接观测技术的进一步阐述见表2所示。其中直接观测技术是指采用该技术

表1 海洋观测技术分类

Tab. 1 Classification of ocean observing technology

维度	分类			观测平台举例
数据采集形式	间接观测	直接观测		间接: 采样+分析 直接: 传感器链
观测平台形式	固定式	移动式		固定式: 浮标 移动式: AUV
观测区域	海面观测	水下观测	海底观测	海面: 卫星 水下: Argo 海底: 海底观测网

表2 间接观测技术与直接观测技术之比较

Tab. 2 Comparison of in-direct observing and direct observing

	间接观测技术		直接观测技术	
技术特征	样品+分析	数据自容	数据自容	在线直输
基本单元	采样器	传感器	传感器	传感器
平台技术	铰车、ROV、载人深潜器等	浮标、AUV、水下滑翔机、载人深潜器等	观测拖体、卫星、载人深潜器、海底观测网络等	观测拖体、卫星、载人深潜器、海底观测网络等

获取的数据能直接反映被测对象的属性,而间接观测技术是指采用该技术获取初步数据(或数据信息的载体,即样品)之后,还需要借助实验室相关分析仪器开展数据的加工分析后才能获取被测对象的属性,存在一个时间延迟。传统的间接观测技术自海洋观测技术诞生以来一直存在,它依赖各种采样技术,如采水瓶、拖网、抓斗、海底钻探技术等<sup>[3]</sup>,即采集样品送到实验室分析之后获得数据。直接观测技术则是利用传感器直接获得数据,可分为数据在线直输和数据自容两种方式。显而易见,基于数据自容方式的直接观测技术,获得数据也存在一定的时延。随着技术的进步,越来越多的直接观测技术应用于海洋观测活动之中。

以直接观测技术为例,探讨一下观测系统的一般组成。它由三大部分组成:传感器、观测平台和观测数据处理系统。传感器是一切观测系统的前提,它决定着观测数据的质量和观测工作的成败。观测平台决定着观测工作的效率和观测数据的实时性。观测数据处理系统,是在大量观测数据获得之后不可或缺的重要部分。譬如对于海洋卫星观测,没有合适的观测数据处理系统,就无法对卫星传回的海量数据进行有效的处理和分析。

### 3 关于观测数据

海洋观测的目的是获得数据。然而,观测数据不仅是一组数据。观测数据的本质体现在以下3个方面:数据的表征,数据的结构和数据的质量<sup>[6]</sup>。

海洋观测数据的表征,可从观测类型、观测精度、观测范围、观测时间间隔(采样频率)和长度、观测数据的连续性等诸方面考量。观测目标决定数据的类型,如二值表、图像、音频甚或视频等。观测数据都是有误差的,观测方法的合理选用,就是要保证数据的误差处于可接受的范围内,不然,观测方法是失败的。对于观测者来说,要清楚所得到的观测数据的误差范围是多少。影响数据误差的因素较多,通常在操作层面我们通过选用合适的传感器或分析仪器,来控制数据误差的大小。观测范围是与观测任务要求密切相关的,观测范围并不是越大越好,是由具体的观测要求来确定。通常观测范围与观测精度成反比,观测范围越聚焦,观测精度就越高。观测采样时间和观测时间长度,同样是观测数据的重要组成部分。一般来说是采样频率越高,观测时间越长,数据越多即信息量越丰富。现在研究全球气候变暖,欧洲一些老牌国家能够拿出某个海域上百年的海洋温度

观测数据,显然对这项研究,极具价值。但有时也能看到,这些上百年的观测数据,常常缺失一战、二战时期数据,其连续性遭到战争的破坏,不得不是一种无法弥补的缺憾。

观测数据的分布和发展是有规律可循的,也就是说,数据是有结构的。在设计海洋观测系统之前,要对观测数据进行建构。大家都知道,海洋数据通常是连续变化的,像海洋牧场缺氧是一个循序渐进的过程。也就是说,要先对数据的结构(也就是模式)、数据的发展方向,进行评估预测,从而确定观测方法,譬如确定传感器的量程范围,或者来确定数据(样品)采样的频率等。预先建立数据模式,在模式的指导下进行观测,常常事半功倍。

获得高质量的数据,是海洋观测的重要目标。数据质量的把控,不单是选用先进的传感器或仪器设备那么简单,更重要的是方法上的考虑。预估观测数据的结构,设计观测方案,是获得高质量数据的第一步。传感器或分析仪器的校正、标定,是数据质量保障的必要措施。对于一些重要的观测数据获取,就需要多种弱相关的观测手段来一起实现,即所谓的比照观测。最后,要在数据的传输、存储和处理等环节,保证数据的可靠、可信。最后,没有好的观测方法和处理技术,就难以得到可靠的海洋观测效果。

### 4 海洋观测方法的特征分析

讨论了海洋观测的HOW和WHAT之后,我们来讨论一下海洋观测的WHY,即海洋观测方法。讨论在观测目标明确后,为什么如此观测,为什么采用某种或某一组确定的观测手段。海洋观测方法的技术性、实时性、经济性和适用性4个重要特征,可用来对WHY进行深入讨论。其中的适用性特征我们下节详述,这里先讨论其余的3个特征。

技术性是海洋观测方法最为显著的表征,虽然一般多指HOW的内容,但我们换个角度来剖析一项海洋观测技术,即考量海洋观测使用了什么样的技术手段,再深入探究一下为什么要采用这样的技术手段,对于海洋观测方法研究是十分有益的。大家都十分熟悉1872年12月21日在英国朴次茅斯港口起锚的“挑战者”号(HMS Challenger)小型护卫舰及其它所执行的、被视为现代海洋科学研究(海洋观测)之肇端的海洋调查(观测)活动<sup>[7]</sup>。那么,大家是否了解“挑战者”号调查工作中采用了哪些技术手段呢?以及为什么采用了这些技术手段?资料表明,船上装备了铍车、测温器、拖网、采泥器和带有显微镜的实验室

等。这里要着重强调的是,船上携带了400 km 绳索!那是测量水深的利器。还有值得一提的是船上有一名不可或缺的画家,是他进行着资料的记录工作。照相机是第一次被带到了船上,但由于曝光时间过长,无法用于动荡的海面作业,几乎沦为摆设。“挑战者”号测量了海面水下不同深度水温,获取了以其命名的“挑战者深渊”里8 000多米深处的底质样品,采集到了5 000瓶海洋深处的海水样品,捕获到了一些深海生物(300 m以下)等。调查结果修正了之前科学界的许多谬误,与其拥有的海洋观测技术手段相比,成果是辉煌的。为何采用了这些技术,回答也是明确的,那是当时最先进的海洋观测手段。用了这样的技术手段,取得怎样的调查成果,是可以预见得到的<sup>[8]</sup>。从这一例子中我们看到,技术性是海洋观测方法的基本特征,它决定了观测活动的水平。观测技术手段的选用,是与当时的世界技术发展水平相适应的。如果我们现在去观测西南印度洋海隆的热液现象,就会使用先进的载人深潜器,带着各种传感器和特制的热液气密采样器等装备。

海洋观测方法的实时性,是一个与技术相关,但却与任务更相关的一个特征。在19世纪“挑战者”号出航的那个年代,海洋观测的实时性是次要的。随行的6位科学家(含一名画家)是可以通过舰载实验室的简单设备,或者直接通过科学家的眼睛和头脑,基于获得的样品得出一些初步的观测结果。然而结束3年半海上调查之后运回爱丁堡实验室的5 000瓶水样(运输过程中只破碎了4瓶),要分析完毕获得完整的观测数据,恐怕需要等上更长的时间<sup>[8]</sup>。

这里,我们剖析一下Argo浮标的观测流程,来进一步认识海洋观测方法的实时性特征。见图1所示,这是Argo浮标常见的工作模式。浮标在水面漂浮10 h之后沉入1 000 m深处,漂流8~10 d,然后下沉到2 000 m后慢慢上升。在上升的大约10 h过程中,Argo浮标沿程记录观测数据,完成观测任务,最后漂浮到水面通过卫星传回观测数据,从而结束一次观测任务。紧接着,又开始下一次的观测工作。

这一工作流程表明,Argo浮标10 d左右传回一次数据。也就是说,观测时间间隔是10 d左右,观测数据的时延最大为10 d左右。这表明Argo浮标观测技术的实时性,相比海底观测网络(时延为秒或分的数量级),相去甚远,与基于自主式无人无缆潜水器(AUV)相比,也相差的很多;但相比间接观测技术,如科考船采样回到岸基实验室分析获得数据来说,时延要小得多。

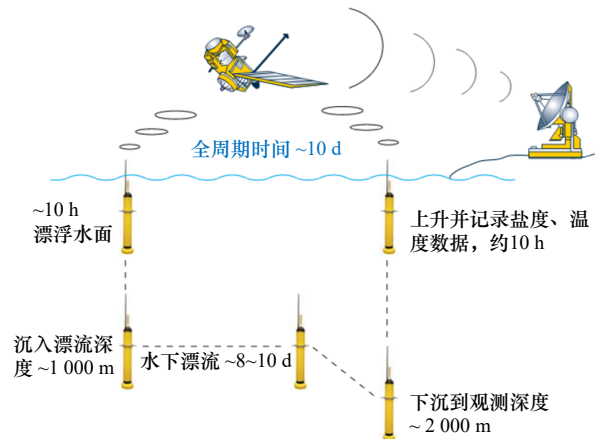


图1 某一Argo浮标的典型工作流程  
Fig. 1 The typical workflow of an Argo float

观测方法的实时性确定,是与观测任务的要求密切相关的。对海洋气候变化的观测,可以借助基于科考船的间接观测技术来实现;若观测ENSO现象,Argo浮标是合适的,但要观测海啸进行预警(这时可称为海洋监测技术),恐怕只能依靠海底观测网络了。事实上,在设计海洋观测方案时,实时性因素的考虑,将会越来越重要<sup>[9]</sup>。

海洋观测的经济性,是观测方法的另一个重要特征。我们都知道,选择怎样的海洋观测技术,其经济性指标的考虑,往往是起决定性作用的。一般来讲,海洋观测的技术性和实时性,是与费用成正相关性。固定的观测浮标就比较廉价,基于AUV和下水滑翔机的观测费用比较适中,而基于海底观测网络或海洋卫星的观测就十分昂贵。但从观测的实时性来讲,观测浮标最差,AUV或下水滑翔机次之,海底观测网络则最佳。基于科考船的海洋观测是十分昂贵的,动辄数千万。1872年的“挑战者”号海洋调查就耗费了20万英镑巨款,相当于现在的1 000多万英镑<sup>[7]</sup>。因此,如何在一定的经济支出条件下,带上一些先进的观测平台技术,获得更好的观测效果,是海洋观测方法上需要多加考虑的地方。

## 5 海洋观测方法的适用性

在有多个观测技术手段可以选用的今天,当观测任务明确的前提下,选用合适的观测技术,则是方法上需要考虑的问题。海洋观测方法的适用性,就是综合考虑海洋观测的技术性、实时性和经济性,为一个海洋观测任务,确定观测手段,设计最佳的海洋观测方案。譬如对于一个海洋观测任务,是选用间接观测技术还是直接观测技术,就是一个适用性的考量过程。这里,我们用载人/无人潜水器技术这一事例,来

探讨海洋观测方法的适用性特征。

载人深潜观测的必要性,由于其经济性以及载员的安全性(归根结底是技术性),到今天还有人不断地质疑。在这里,我们系统地阐述一下载人深潜观测的必要性。载人深潜观测,把研究人员带到深海海底现场进行观测,有这样4个方面的优势:(1)可进行综合的、全方位的长期原位观测。无论是什么样的传感器,包括摄像头,它所获得的数据是单一的,观测点(或观测方向)是不变的、有限的;(2)可开展有“选择”的观测。人类的观测行为与纯机器观测行为的最大区别,是人类进行的是有选择的观测,即抓重点看问题的实质;(3)可实现“抓现象”的观测,可实现机器观测不易察觉的现象的观测。实际上,这是具备智能判断的观测;(4)可进行“可控”观测。研究人员可以根据一定的目的,改变关键环境参数来观测因此带来的响应与变化,也就是所谓的原位实验观测。载人深潜的直接观测,对于人类开展现场观测,能够让人类做其想不到的事情,从适用性的角度来看,是其他技术手段不可替代的。基于无人潜水器可以完成许多观测任务,但不能替代载人深潜的直接观测<sup>[10]</sup>。这与我们为何要努力发展载人航天技术,是同一道理。

观测方案中除了确定观测手段,还要设计如何来运用这一观测手段。当然有些观测手段,一旦确定,则运用方法也确定了,但有些却不然。譬如在海洋中去观测中尺度涡,可以采用基于浮标的定点观测,也

可以采用水下滑翔机进行移动观测。但即使选择了水下滑翔机,也有固定移动路径观测和不时改变水下滑翔机路径去主动切割涡旋等不同的运用方法,这也归属于“为什么这样观测”的组成部分。选用何种运用方法,取决于观测者的判断和相关技术支撑,是观测方法适用性的另一方面。

观测方法的适用性不仅只是用来综合考虑多种因素决定观测技术手段的选用,以及如何运用所确定的观测手段,还能衍生出新的观测技术。譬如基于AUV及海底观测网络双平台的移动观测技术,就是在适用性的考量之中应运而生。要点就是在实时性与经济性之间,取得折衷。

众所周知,固定式海底观测网络拥有许多优势,几乎可无时延地在线获得观测数据,这一性能无与伦比。然而敷设海底观测网络费用不菲,而且效率低下,海底观测网络布放到哪儿,观测点才能到哪儿。基于AUV的移动观测,在一定的经济成本前提下,观测范围取决于AUV的活动半径,可以比较大,当然观测数据存在一些时延。在适用性的考量过程中,人们提出了综合AUV和海底观测网络两种不同观测平台的各自优势,形成一种新型的移动观测技术,如图2所示。在降低一定的时延性的前提下,用较经济的成本,获得较大范围中的观测数据。海底观测网络源源不断的电能供给,通过随之发展出来的海底电能/信号的无线传输技术,支撑AUV在海水中的长期观测

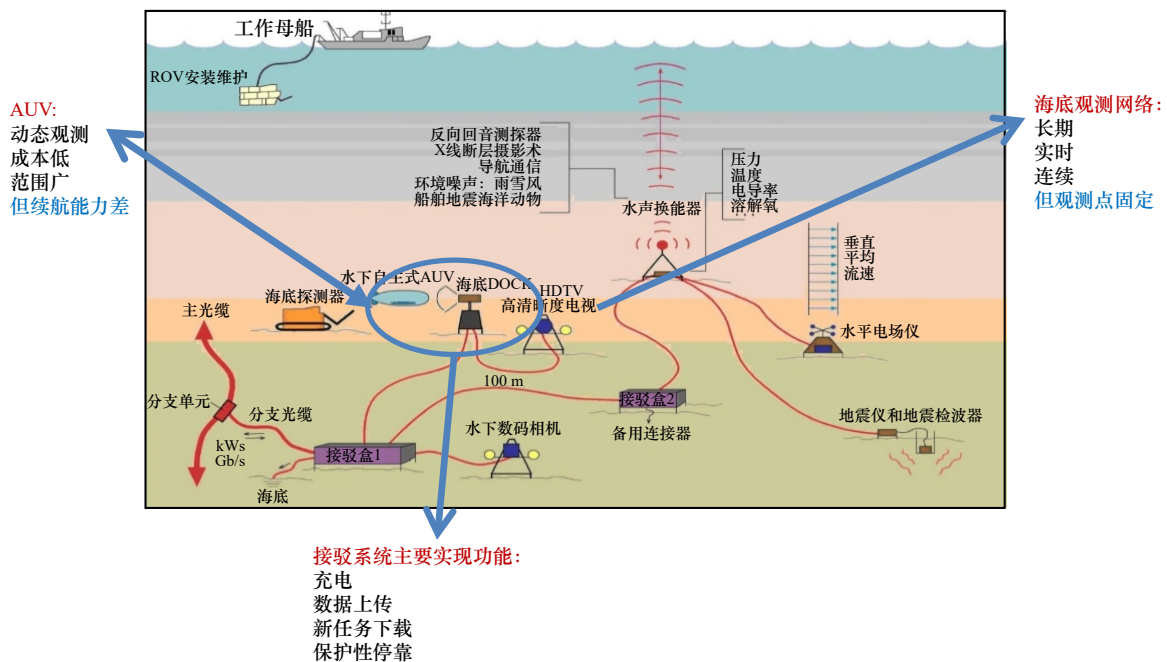


图2 基于AUV及海底观测网络双平台的移动观测技术

Fig. 2 Mobile ocean observing based on AUV and the seafloor observatory

作业。AUV获得的观测数据,通过上载海洋观测网络,较为及时地输送到人们的手中<sup>[11-12]</sup>。

## 6 结论

(1)海洋观测,利用传感器与平台技术,对海洋环境各量在一段时间内的感知、分析。海洋观测技术有别于海洋探测技术和海洋监测技术,尽管组成形式和目的相仿,但海洋观测技术需要获得时间序列数据,海洋探测技术只需要获得一个时间点上的数据,而海洋监测则是加入阈值控制的观测。

(2)海洋观测数据有3个方面内容:数据的表征、数据的结构和数据的质量。抓着数据的本质,事先预估观测数据的结构,并采取相应措施,保障数据的质量。

(3)海洋观测的WHY,即海洋观测方法可从技术性、实时性、经济性和适用性四个特征来深入讨论。海洋观测的技术性是其本质,具有鲜明的时代特征,

是由技术发展历史决定,且决定了某一时代的海洋观测水平。

(4)实时性是海洋观测方法的重要衡量指标。实时性是现代海洋观测技术追求的目标,富有挑战性,能更好地深刻反映海洋特征。

(5)选择怎样的海洋观测技术,其经济性的考量,常常是起到决定性作用的。一般来讲,海洋观测的技术性和实时性与经济成本成正相关性。从方法上来说,要求在明确观测任务的前提下,如何在一定的费用范围内,选取最为合适的观测技术。

(6)海洋观测方法的适用性考量,就是综合考虑海洋观测的技术性、实时性和经济性,确定观测手段并明确运用方法,为一个海洋观测任务,设计出最佳的海洋观测方案。

**致谢:** 感谢孙松、王东晓、陈大可、吴立新、齐义泉等诸位同仁对本文提出的宝贵意见和建议。

## 参考文献:

- [1] 陈鹰,连琏,黄豪彩,等.海洋技术基础[M].北京:海洋出版社,2018.  
Chen Ying, Lian Lian, Huang Haocai, et al. Fundamentals of Ocean Technology[M]. Beijing: China Ocean Press, 2018.
- [2] 冯士筌,李凤岐,李少菁.海洋科学导论[M].北京:高等教育出版社,1999.  
Feng Shizuo, Li Fengqi, Li Shaojing. An Introduction to Marine Science[M]. Beijing: Higher Education Press, 1999.
- [3] 汪品先.海洋科学和技术协同发展的回顾[J].地球科学进展,2011,26(6):644-649.  
Wang Pinxian. Coupled development in marine science and technology: a retrospect[J]. Advances in Earth Science, 2011, 26(6): 644-649.
- [4] 陈鹰,黄豪彩,瞿逢重,等.海洋技术教程[M].2版.杭州:浙江大学出版社,2018.  
Chen Ying, Huang Haocai, Qu Fengzhong, et al. Introduction to Ocean Technology[M]. 2nd ed. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2018.
- [5] 陈鹰.海洋技术定义及其发展研究[J].机械工程学报,2014,50(2):1-7.  
Chen Ying. Definition and development of ocean technology[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2014, 50(2): 1-7.
- [6] Kitts C, Bingham B, Chen Y, et al. Introduction to the focused section on marine mechatronic system[J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2012, 17(1): 1-4.
- [7] 托尼·赖斯.发现之旅[M].林洁盈,译.北京:商务出版社,2013.  
Rice T. Voyages of Discovery[M]. Lin Jieying, trans. Beijing: Commercial Press, 2013.
- [8] Allaby M, Garratt R. Oceans: A Scientific History of Oceans and Marine Life[M]. New York: Facts on File, 2009.
- [9] 陈鹰,杨灿军,陶春辉,等.海底观测系统[M].北京:海洋出版社,2006.  
Chen Ying, Yang Canjun, Tao Chunhui, et al. Deep Sea Observatory System[M]. Beijing: China Ocean Press, 2006.
- [10] 陈鹰,潘依雯.深海科考探险日记[M].杭州:浙江大学出版社,2004.  
Chen Ying, Pan Yiwen. Diary of the Dive to Deep Sea[M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2004.
- [11] 海洋地质国家重点实验室(同济大学).海底观测——科学与技术的结合[M].上海:同济大学出版社,2011.  
State Key Laboratory of Marine Geology (Tongji University). Seafloor Observing—the Integration of Science and Technology[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2011.
- [12] Qu Fengzhong, Wang Zhenduo, Song Hong, et al. A study on a cabled seafloor observatory[J]. IEEE Intelligent Systems, 2015, 30(1): 66-69.

## On the ocean observing methodology

Chen Ying<sup>1,2</sup>

(1. *Ocean College, Zhejiang University, Zhoushan 316021, China*; 2. *The State Key Lab of Fluid Power and Mechatronic Systems(Zhejiang University), Hangzhou 310027, China*)

**Abstract:** Ocean observation is to observe unknown ocean by acquiring time serial data from the ocean which is the must for ocean science research and attracts more and more interests recently. The paper defines and classifies the ocean observation and discusses how to tell the differences between ocean observing and ocean monitoring. Based on the understanding of ocean observation, ocean observing methodology are discussed in detail, differently in the aspects of observing technology, real-time performance, cost effectiveness and applicability. The author's research work shows that the better understanding of observing data secures the ocean observation quality; the observing measure especially its platform is critical for the real-time observing performance, which meets the requirement of ocean observation; the cost effectiveness determines the selection of observing methods, and its applicability defines the best form of observation and even creates brand-new kinds of observing technology.

**Key words:** ocean observing; methodology; real-time performance; applicability