基于海底缆线的海洋观测系统在我国近海应用的前景分析*

连展[1,2,3]，官晟[1,2,3]，魏泽勋[1,2,3]，孙宝楠[1,2,3]

（1. 国家海洋局第一海洋研究所　青岛　266061；2. 海洋环境科学和数值模拟国家海洋局重点实验室　青岛　266061；
3. 青岛海洋科学与技术国家实验室区域海洋动力学和数值模拟功能实验室　青岛　266071）

摘要：通过海洋中的各类海底缆线，可以搭建海洋观测系统，有效地开展长期海洋观测。虽然我国该类系统建设起步较晚，但是具有理论和硬件多方面的后发优势。只要海洋管理和科研部门注意沟通协作和前期筹划，可以保证我国此类系统建设的速度和质量。文章将从我国近海与海底缆线有关的海洋现状出发，分析建设基于海底缆线的海洋观测系统在我国近海的重要意义，梳理我国建设该系统所面临的机遇与挑战，展望该类系统在我国近海的应用前景，并考虑我国近海的实际情况，提出在青岛胶州湾湾口海区建立本系统示范应用的设计方案。

关键词：海底缆线；海洋观测；我国近海

中图分类号：P714　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1005－9857(2015)11－0033－04

直接海洋观测是海洋学最基本的研究方法之一，可靠的观测数据可以帮助我们探究各类海洋现象内在规律。针对海峡或水道的水通量观测，是海洋观测中的一个重要分类。对半封闭海湾与外海联通的海峡进行水通量观测，可以确定海湾水交换律，给海湾排污能力等一系列评估工作提供重要参数。对重要海洋流系所经过的水道进行水通量观测，可以确定海流不同时间尺度变化规律，建立并深化我们对观测海区海流特征的认识，并且可为海流对航运和海洋工程的影响、与气候变化之间的相互作用等研究提供可靠的背景资料。

海洋观测获取的各类数据中，最为可贵的莫属长期连续性观测数据，该类数据可真实展现海洋在较长时间尺度内的连续变化特征。但是受船只续航能力、恶劣不可控天气等限制，该类观测数据较为少见。尤其是针对海峡或水通道的水通量观测，传统观测方法难以实现长期定点连续观测。而通过海洋中的各类海底缆线，搭建海洋观测系统，可克服以上不利因素，有效地开展针对海峡或水道的长期海水通量观测[1－2]。

我国近岸岛屿密布，而且近年来各类远离大陆的海洋工程也是层出不穷，致使我国近海存在密度可观的各类海底缆线，并且在未来一段时间内，缆线数量将呈加速增加的趋势。我国虽然在搭载于海底缆线的海洋观测系统建设上落后于其他发达国家，但是也因为该项工作起步时间晚，使得我们在建设节点和总体设计上存在后发优势。我国近海范围广阔，不同海区内该类海洋观测系统的科学意义、观测目标和社会经济效应各有不同。该观测系统的建立在渤海海区应充分利用渤海海峡优良的客观条件，在黄东海海区应注意两岸海洋合作，而在南海海区不但可以填补对此区域重点海洋现象长期观测的空白，还可借助科学研究这一平台，充实我国在此海区的国际影响力。考虑我国近海的实际情况，文章还提出了在青岛胶州湾湾口海区建立本系统示范应用的设计方案。

1　基于海底缆线的海洋观测系统发展概况

基于海底缆线的海洋观测系统建立的主要理论依据为通过测量海水中带电粒子穿过地球

* **基金项目**：中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2012G03)；国家自然科学基金委员会——山东省人民政府联合资助海洋科学研究中心项目：海洋环境动力学和数值模拟(U1406404).

背景磁场运动产生的电场参数，从而反演目标水道的海水通量[3]。该理论自被提出以来，经历了许多实际工作的验证，已经比较成熟[4-5]。迄今为止全球某一海峡水道海水通量连续观测时间最长的美国佛罗里达东岸观测系统，即是基于此理论建立的，该系统自 1982 年起一直延续工作至今[6]，观测数据被应用于多种研究中[7-8]。在我国邻近海域，日本、韩国和我国台湾地区均有尝试性工作开展，而我国大陆地区暂未有类似工作见诸报道[9-10]。除此之外，海底缆线也可以直接搭载海洋温度、盐度等观测仪器，由缆线作为传导介质，实时传送并接收海洋观测数据[11]。

2 建设基于海底缆线的海洋观测系统的意义

我国近海岛屿与大陆间、岛屿与岛屿间构成了大大小小各类海峡和水道。如渤海海峡、舟山群岛间水道、台湾海峡、琼州海峡和南海诸岛间水道等。针对这些海峡和水道开展海水通量以及其他特性的长期系统性观测，对我国近海海洋研究、海洋工程建设、海啸预警、防灾减灾[12]等都有重大的指导作用。但是，受我国近海大量的渔业活动、频繁的水道交通等客观条件的限制，该类观测系统的建设一直没有代表性进展。相对于其他国家针对固定海峡通道最长可达近 30 年的连续观测[6]，我国针对近海海洋通道的长期连续型观测工作开展已经明显落后。

在渤海海区，渤海海峡作为此海区最为重要的海峡通道，应作为此类海洋观测系统建设的首选目标。渤海海峡岛屿众多，如大小长山岛、南北隍城岛等。该地区岛屿基本为沿海峡断面分布，并且大部分为有居民岛屿，配套有生活服务用海底缆线。随着渤海海峡两岸经济的发展，兴建跨渤海海峡交通通道的呼声日益提高。该大型工程的建设，也需要配套建设相关海底缆线。本观测系统的建立，可以获取渤海海峡水通量的长期连续数据，该类数据对渤海内部环境容量、污染物排放以及附近海洋工程建设中极值统计、工况设计等都有重要意义。因此，在渤海海峡处充分利用各岛屿和邻近海洋工程，可以为搭建基于海底缆线的海洋观测系统提供良好的试验场所，并且该系统建设也可以满足渤海沿岸地区的实际需求。

在我国黄海和东海海区，海上岛屿和石油平台等数量也非常丰富，值得充分利用。同时，我国最大的岛屿台湾岛位于此海区，我国台湾地区已经积累了此类观测系统实际搭建和数据分析经验[10]。与我国台湾地区开展合作，可以对台湾海峡等台湾岛周边海域的水通道开展观测，获取对台湾暖流、闽浙沿岸流等我国近海重要流系的第一手观测资料，也可以对黑潮入侵东海陆架的具体位置和流量有所掌握，在海洋科学研究上具有重要意义。同时，该系统建设也将会显著提升两岸海洋合作水平，推动两岸海洋学者的相互交流。该系统是海洋科学研究平台，更将成为两岸海洋合作交流平台。

在我国南海海区，与本系统建设有关的最为突出的特点是我国近期在南海诸岛兴建的大量海洋工程。所有这些海洋工程，均以长期化、大型化为建设目标，这使得配套建设海底缆线的可能性非常之大，并且随着我国在此海域设施的全面更新换代，也存在相当数量的老旧缆线就此退役，这都为基于此建设海洋观测系统提供了硬件基础。本海域的海洋现象是我国近海中最为丰富的，如西沙群岛附近的南海西边界流等可能对我国气候和南海渔获量有着重要影响[13]。在南海大部分区域，迄今为止长期定点的海洋水道观测仍属空白，本系统在南海建立的实际价值和科学意义尤为突出。

3 建设基于海底缆线的海洋观测系统面临的机遇与挑战

通过海水运动产生的微量电压反演在通过海道的海水流量这一具体问题上，相关理论经过多年完善与实际检验，已比较成熟。我国在此阶段如果开始搭建此类观测系统，在理论方面所面临的困难将远远小于 20 世纪六七十年代。在本理论中，海底沉积物导电率、岸基导电率、缆线特性等参数都已经被考虑进来，这使得我们在系统搭建的前期，可以进行更有针对性的准备工作。并且因为已有多次工作负载缆线成功投入海洋观测的先例，也使得我们在可用缆线的范围上大大增加。

近年来我国近海海洋工程数量呈逐年增加

的趋势。在渤海和东海海区，存在相当数量的海上石油平台，各平台均配套有各类相关缆线，如果能够充分利用，将会是相当合适的海洋观测平台。在南海海区，除了海上石油平台之外，我国在一些远海岛礁上进行了大量的海上工程作业，为了满足岛上生产生活，势必会搭载建设部分通信、供电等海底缆线。该类新建工程，更是实现同步海洋观测的良机。另外，在绿色能源日益受到重视的今日，风力发电、潮汐能发电、波浪发电、温差能发电等海洋能发电发展速度势必得到加快。在该类海洋工程中，与大陆相连的缆线更是必不可少。只要我们进行好各类前期准备工作，这也是搭载海洋观测的良好平台。

我们正处于技术突飞猛进的时代，20 世纪建设的各类通信电缆以及电力电缆许多已经到了更新换代的时期。尤其是通信电缆，原本是海岛与大陆通信往来的唯一手段，随着技术的发展，微波通信等无线通信已经普遍地被应用到各远离大陆的海岛中。这种技术进步使得大量的海底缆线退役。负载中的工作缆线虽然也可用于海洋观测，但是需要进行数据处理，并且缆线所有方在安全生产等方面的相关规定也会对海洋观测产生不利。因此，退役的海底缆线将是海洋观测系统建立的最佳载体。这就要求海洋管理部门应注意与相关部门沟通，了解海洋工程规划，抓住时机，提前着手。

4　胶州湾湾口试点观测系统建设构想

我国近海尚未有类似观测系统建设，在大规模建设前，有必要选取试点海区开展海上实际测试，从而积累系统搭建实际经验。从成本和建设难度等多方面考虑，试点海区空间范围不易选取过大。我国山东省青岛市下辖的胶州湾湾口海区两岸经济发展充分，利于观测系统选址，湾口海流特征明显，利于验证反演结果，湾口海水通量的长期监测也有利于对胶州湾与外海水交换，确定污染物容量等多方面实际需求。因此，本海区为基于海底电缆的海水通道通量观测系统建设的适宜试点海区。

在本海区，系统建设最关键点海底缆线可有以下多种选择对象：① 青岛主城区和黄岛区之间的供电电缆；② 青岛主城区和黄岛区之间的通信电缆；③ 胶州湾海底隧道所有的配套电缆。虽然以上缆线可能处于工作状态，负载电压等参数较大，直接观测其上的海水运动感生电场参数可行性不高，但是可以借助缆线外壳或中间金属导电保护层，以此作为观测媒介。借助以上缆线作为载体，实现海洋观测，对海洋科研机构与海洋管理部门的组织协调能力提出了一定的要求。需要沟通的部门可能涉及供电部门、通信部门、交通部门、海事部门等。此工作可以借助当地科技协会搭建合作平台，从而使多部门共同协作推进完成。

观测系统搭建完成后，还需进行传统方法的同步海洋观测，用于比测校对和确定各类参数。对于海水通量的确定，可选用船载 ADCP 往复式走航观测方法，在不同时段多次测量，使之与观测系统反演得到的海水通量值相比较，验证系统所得数据的真实性。同时还需应用 CTD 测量海水温度、盐度，以确定海水电导率，测量背景磁场强度和岸基、沉积物电导率用以反演计算。

5　总结和展望

我国基于海底缆线的海洋观测系统建设虽然起步较晚，但是具有理论和硬件多方面的后发优势。只要海洋管理和科研部门注意沟通协作和前期筹划，可以保证我国此类系统建设速度和质量。

我国近海范围广阔，不同海区内该类海洋观测系统的科学意义、观测目标和社会经济效应各有不同。该观测系统的建立在渤海海区应充分利用渤海海峡优良的客观条件，在黄东海海区应注意两岸海洋合作，而在南海海区不但可以填补对此区域重点海洋现象长期观测的空白，还可借助科学研究这一平台，充实我国在此海区的国际影响力。

目前该系统建设的最大困难已不是理论、资金和客观条件等，而是缆线所有方对海洋科学研究热情不高，对缆线搭载观测仪器是否会导致其生产、设备安全顾虑重重。解决此类问题的方法，不能仅仅依靠某一海洋科研院所或某一热心于海洋观测的缆线所有企业，而是应该由海洋管理机构统一协调，经由沿岸各省、市、自治区科技协会，搭建海洋科研机构与缆线所有企事业单位

有效的沟通桥梁。这也是国际各大组织(国际电联/气象组织/教科文组织海委会)正在大力推行的行动路线图的一部分。

只有通过海洋管理部门、科研机构和各大企业共同协作,才能将此海洋观测计划早日上升至国家政府层面,最终订立行业标准,使得海洋生产、海洋建设可以与海洋科研有机结合。

参考文献

[1] 王新怡,连展,李淑江,等. 海底缆线在海洋观测中的应用[J]. 海洋科学,2012(11).

[2] YOU Y. Harnessing telecoms cables for science[J]. Nature, 2010, 466(7307):690-691.

[3] LARSEN J C. Transport and heat flux of the florida current at 27 degrees N derived from cross-stream voltages and profiling data: theory and observations[J]. Royal Society of London Philosophical Transactions, 1992,338(1650):169-236.

[4] BAINES P G , BELL R C. The relationship between ocean current transports and electric potential differences across the Tasman Sea, measured using an ocean cable[J]. Deep Sea Research Part A:Oceanographic Research Papers, 1987,34(4):531-546.

[5] KIM K, SANG J L ,KIM Y G , et al. Monitoring volume transport through measurement of cable voltage across the Korea Strait [J]. Journal of Atmospheric & Oceanic Technology, 2004,21(4):671-682.

[6] BARINGER M O N,LARSEN J C. Sixteen years of florida current transport at 27° N[J]. Geophysical Research Letters, 2001,28 (16):3179-3182.

[7] CUNNINGHAM S A, KANZOW T, RAYNER D, et al. , Temporal variability of the Atlantic meridional overturning circulation at 26. 5°N[J]. Science,2007,317(5840):935.

[8] Karamperidou C, Engel V, Lall U, et al. Implications of multi-scale sea level and climate variability for coastal resources[J]. Regional Environmental Change, 2013,13(Supplement 1):91-100.

[9] TERAMOTO T,KOJIMA H. Eduction of hydrodynamica processes from cross-channel electric-potential differences in the Kuroshio area around the Izu Ridge[J]. Journal of Oceanography, 1994,50(3):339-363.

[10] JIMMY C,LARSEN M K,LIU C T. Motion-induced voltages from in-service undersea telephone cables[J]. Acta oceanographic Taiwan,1997,36(1):1-10.

[11] The Science and Society Committee of the ITU/UNESCO-IOC/WMO Joint Task Force on Green Cables The scientific and societal case for the integration of environmental sensors into new submarine telecommunication cables[EB/OL]. [2015-10-10]. http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/tut/T-TUT-ICT-2014-03-PDF-E.pdf.

[12] MANOJ C, KUVSHINOV, NEETU S, et al. Can undersea voltage measurements detect tsunamis[J]. Earth, Planets and Space, 2010, 62(3):353-358.

[13] 王东晓,刘钦燕,谢强,等. 与南海西边界流有关的区域海洋学进展[J]. 科学通报,2013,58(14):1277-1288.