

海底缆线在海洋观测中的应用

Applications of submarine cables on oceanic observations

王新怡^{1,2}, 连展^{1,2}, 李淑江^{1,2}, 魏泽勋^{1,2}

(1. 国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 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, 山东 青岛 266061)

中图分类号: P714+.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)11-0111-03

海洋观测是我们研究和认识海洋现象, 掌握其中内在规律的必不可少的方法和途径。随着科技发展, 人类已经掌握了各类海洋观测方法, 但各种方法都有其局限性。卫星观测只能得到海洋表层的数据资料; 船舶观测可以得到较为详细的垂向断面数据, 但是其空间分辨率极为有限; Argo 浮标所获得到的温盐数据空间分布也仅局限于其经过的路径轨迹, 并且该浮标无法进入水深小于 2 000 m 的浅水区域。

海底缆线(submarine cable)包括通信用电缆、光缆和电力电缆等多种类型。自 1850 年开始, 世界上第一条海底通信电缆正式铺设于英吉利海峡。至今为止, 全球总共铺设各类海底缆线总长超过 100 万 km。海底缆线的大量铺设和应用使我们可以方便地进行电力和信息的传输, 同时, 该技术的迅猛发展也为海洋观测提供了一种具有独特优势的观测手段。

基于海底缆线的海洋观测技术根本思路为: 通过安装在海底缆线上的传感器, 对于海底缆线所在断面的海洋海水通量和其他水文特性进行观测。该技术在研究某一海湾与外海的水交换情况、大洋尺度海洋环流和海啸预警等, 均可以发挥其观测时间长、数据连续性强和综合花费较低的优点。

本文将回顾基于海底缆线的海洋观测技术发展历程, 分析其优点和缺点, 并试图找出随着技术的进步产生的解决其缺点的合理方法。最后, 本文展望了该技术在我国的应用前景。

1 基于海底缆线的海洋观测技术应用现状

现阶段海底缆线根据作用主要分为通信用电

缆、光缆和电力电缆。电力电缆在退役后若保存完好, 则可以很方便地转为科学观测; 通信用电缆则不论是否正在工作, 均可以应用于本项技术^[1]; 而在海底缆线中所占比例最大的海底光缆, 其外层护套中包括有连续的金属导电结构, 本项技术可借助该护套开展实施。

目前在全球范围内, 横跨大洋的海底缆线已经较为普遍, 亚洲大陆、美洲大陆和欧洲之间, 均有多条横跨太平洋和大西洋的海底通信光缆互相连通, 其中有许多已经应用本项技术在其上搭载了观测设备并开展了海洋观测^[2]。

在黑潮和湾流等强流区均有基于海底缆线的海洋观测工作开展, 如: 在美国佛罗里达海峡区域, 已经进行了 25 a 的连续观测并取得了很好的数据。其通过海底缆线测量的水交换通量可能是全球质量最高和时间最连续的海洋水交换通量记录。该项工作应用的海底缆线设置在佛罗里达沿岸(迈阿密)到巴哈马之间, 观测时间序列从 1982 年开始。应用观测结果对佛罗里达海流输运进行了长时间的高时间分辨率结果分析, 并发现该输运结果与北大西洋风场年际变化有关^[3]。

自从该项目开始进行之后, 随着时间的推移, 海洋学家对其数据一直进行着不间断的研究和验

收稿日期: 2012-07-11; 修回日期: 2012-08-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(40976016); 国家科技支撑计划项目课题(2010BAC69B01); 基本科研业务费专项资金项目(GY02-2012G03)

作者简介: 王新怡(1961-), 女, 山东青岛人, 工程师, 本科, 主要从事海洋环流方面研究, E-mail: wangxy@fio.org.cn; 魏泽勋(1972-), 通信作者, 男, 安徽巢湖人, 研究员, 博士, 主要从事海洋环流和潮汐潮流方面研究, E-mail: weizx@fio.org.cn

证。针对该项目所获得的数据进行分析的相关研究论文,陆续地在世界上具有一定学术地位的海洋期刊中进行发表,时间跨度自20世纪90年代至近两年^[3-5]。时间和数据结果证明了基于该技术的观测具有真实可靠的特性,可提供有效的海水流量数据。

Larsen^[1]应用一条正常运行的海底通信电缆,对台湾岛和冲绳群岛之间的水道进行了研究观测。该项工作在不影响通信电缆工作的前提下,获得了有效可靠的数据。

除了大尺度观测以外,本项技术也应用于湿地入海水量运输等较小尺度的水通量检测研究中。Sanford^[6]应用Ag-AgCl电极电压观测设备研究了水道宽度约为30 m左右的Great Sippewissett湿地与外海的水交换情况。

近一段时期以来,随着全球社会经济尤其是通信事业的快速发展,全球海底缆线铺设数量迅速增加。基于这一情况,各国家政府和研究机构通过与生产企业和应用企业沟通协调,纷纷在新建海底电缆上配套搭载了相关的观测仪器,以实现大洋尺度的长时间海洋观测。已经开展的观测计划包括:东北太平洋海底长期海洋监测网络建设实验(North-East Pacific Time-series Undersea Networked Experiments, NEPTUNE),欧洲海底监测网络(European Sea Floor Observatory Network, ESONET)和日本先进实时海底地球监测网络(Japanese Advanced Realtime Earth Monitoring Network in the Area, ARENA)等^[2]。

同时,因技术进步和使用年限等原因,大量第一代海底光缆已经接近了退役年龄^[7]。其除去通信功能后,将更有利于海洋观测的实施和开展。因此除以上基于新建海底电缆的观测计划之外,综合考虑节约成本和提高已有海底电缆利用率等多种因素,充分利用已有海底电缆,在其上搭载观测仪器也是现今国际产业和科技合作的一项发展趋势,东京大学和美国AT&T通信公司共同合作,应用海底现有电缆^[2],开展了相关观测活动^[8]。

2 对基于海底缆线的海洋观测技术的未来展望

由以上回顾和分析我们可以认识到,相比传统海洋观测手段,基于海底缆线的海洋观测具有自己独特的优势,其中最为重要的为观测时间连续、相对费用较低等,并且本技术的应用范围较广,基于本技术的观测系统大至大洋尺度的海水运输,小至海

湾甚至河流的水交换现象均可应用。

除了传统的海水通量观测之外,基于海底缆线的海水温度、盐度和压力测量也得到了越来越多的重视。国际电信联盟在2010年发表的技术白皮书(下称“白皮书”)中给出了多种基于海底缆线的海水温度测量技术构想,如通过铜导线的电阻变化来估算海水温度等^[7]。除以上方法之外,“白皮书”中还给出了较为实际的温度、盐度和压力传感器的搭载方法。在海底通讯光缆上,间隔50~150 km会存在一个信号中继放大器(Repeater),该放大器有电源供应并与光缆接驳以便传输数据。“白皮书”中根据该仪器的功能和空间设置,给出了在其上增加海水温度、盐度和压力探头的构想,并从技术和市场角度对其进行了合理性评估,得到了较为正面的结果^[7]。

在过去的一段时期中,本技术得到的重视和发展速度并不充分,这一方面与过去全球海底缆线较少且造价高昂有关,另一方面也与企业 and 科研院所沟通不畅,缆线的所有者参与气候变化等科学研究的热情不高有关。而当今全球海底缆线在各大洋内已是星罗棋布^[2],已被应用于海洋观测的只是其中较少的一部分,并且相当大一部分第一代海底光缆已经接近了退役期限,如何充分利用其价值已被科学家们充分讨论。可见当今本技术在客观条件上已经存在极大的发展潜力。并且以国际电信联盟(ITU)和联合国教科文组织海洋委员会(UNESCO/IOC)等为首的国际组织也正在积极大力推动与全球各大海底缆线运营商的合作,使之可以找到经济利益和科学研究的最佳结合点。

洲际海底电缆横跨整个大洋,基于其可进行横跨整个大洋海盆断面的海水流动情况。同时,海底电缆位于大洋底部,若对大洋底层的海水温度、盐度进行观测,还可以用以获得和分析极地等高纬度地区底层水沿路坡下沉流动情况。获得该类数据的长时间序列观测结果,是研究全球气候变化和海洋对其响应的必要基础。而该类数据又是其他观测手段难以获得的,因此此类观测工作在未来必将得到人们进一步的重视。海啸灾害监测和预警系统作为一个与沿海人类安全息息相关的研究项目,正被人们高度重视。现有的海啸监测系统存在空间覆盖率不足和造价高昂等缺点,难以对海啸情况做出最及时和准确的反映。而我们发现在海啸高发的北太平洋等区域,海底电缆密布。若应用其作为监测网络,将其信号中继放大器加以改造,搭载压力传感器等探头,

可以充分利用其空间密度大、维护费用低和实时传输数据快捷等优点,使现有的海啸监测系统精度和反应速度大幅提高。

2011年9月,国际电信联盟(ITU)、联合国教科文组织海洋委员会(UNESCO/IOC)和国际气象组织(WMO)联合举办了有关海底缆线在气候变化和灾害监测方面的研讨会,会后各组织联合发表行动号召,表示今后将在科学和商业等各个方面积极推动海底缆线在各科学研究方面的应用,并将与国际电缆保护委员会(ICPC)共同努力促进海底缆线观测技术的发展。该行动号召说明基于海底缆线的海洋观测技术的优点和重要性已经得到了研究学者的共识,在今后其必将得到进一步的重视和发展。

3 基于海底缆线的海洋观测技术在我国的应用情况

我国周边也存在相当数量的海底缆线,包括长距离洲际通信电缆、近岸通信和电力电缆等。但是迄今为止,我国在此领域还未有应用海底缆线开展海洋观测的相关经验和计划。通过我们已有的对海洋的认识,气候变化和海啸等海洋灾害对我国带来的影响是显而易见的。因此,积极参与到全球海底缆线监测网络建设中对我国而言也属于当务之急。同时,尝试开展基于近岸通信或电力电缆,对于我国近海如渤海海峡处海水交换情况的研究,也是本项技术在我国未来的发展方向之一。

致谢:在本文的资料收集和写作过程中,我们得到了来自澳大利亚悉尼大学的尤玉柱教授的帮助,在此谨表谢忱。

参考文献:

- [1] Larsen J C, Momoki K, Liu Cho-teng. Motion-induced voltages from in-service undersea telephone cables[J]. *Acta Oceanographica Taiwanica*, 1997, 36(1): 1-10.
- [2] You Yuzhu. Harnessing telecoms cables for science[J]. *Nature*, 2010, 466: 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]. *Philosophical Transactions: Physical Sciences and Engineering*, 1992, 338 (1650): 169-236.
- [4] Baringer M O, Larsen J C. Sixteen years of Florida current transport at 27°N[J]. *Geophysical Research Letters*, 2001, 16:3179-3182.
- [5] Pedro N, Dinezio L J. Observed interannual variability of the Florida current: wind forcing and the North Atlantic oscillation[J]. *Journal of Physical Oceanography*, 2010(39): 721-736.
- [6] Sanford T B. Measurements by geomagnetic induction of volume transport in a salt marsh drainage channel[J]. *Limnology and Oceanography*, 1977, 22(6): 1082-1089.
- [7] International Telecommunication Union. Using submarine communications network to monitor the climate[EB/OL]. <http://www.itu.int/en/ITU-T/techwatch/Pages/submarinenetworks.aspx>. 2012-07-02.
- [8] Butler R, Chave A D, Duennebie F K. Hawaii-2 observatory pioneers opportunities for remote instrumentation in ocean studies[J]. *EOS Trans*, 2000, 81(157): 162-163.

(本文编辑:刘珊珊)