

海洋科学观测及其技术发展浅析与思考

李慧青,李燕,刘玉,王宁,王强

(国家海洋技术中心 天津 300112)

摘要:文章简单介绍了欧、美国家的远、近海海洋科学观测项目,比较分析了这些项目的发展轨迹,解析了几个海洋强国海洋科学观察的投资理念,并试图发现他们在处理海洋业务化观察与海洋科学观测关系方面的倾向性。借鉴海洋强国的理念,提出了提高我国海洋科学观察效率、理顺我国海洋强国建设中海洋科学研究与业务化关系等方面的建议。

关键词:海洋科学观察;海洋业务化观测;观测平台;近海生态

中图分类号:P715

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2015)03-0063-05

20 世纪 60 年代以后,随着科学技术的进步,人类开始着手解决长期困扰自己的海洋科学领域的新老问题和假想。除了如何获取资源这一老问题,人类关注的新问题主要围绕保护人类开发的这一最后空间,正如 1987 年美国人总结的^[1]:① 在怎样的获取食物、能源和矿物资源力度下,不触怒海洋;② 如何估价和管理近海、专属经济区和未来的海岸带开发;③ 如何保证船只和海上作业人员的安全;④ 如何保护国家利益;⑤ 如何认识并控制某些人类活动。

为了获得这些知识,人类开始了种种科学观察,有些观察得到了确定的知识,并转换成业务化观测以及海洋预报,成为海上作业不可缺少的参谋。我国在海洋观测方面取得了很多成果。例如:建立在科学基础上的海洋业务化观测已经基本和国际接轨,向公众和专业部门发布大量信息产品;物理海洋科学观测上,我国在南海构建了深海潜标组成的“南海深海潜标观测网”,为揭示南海深海环流空间结构和演变规律奠定了基础^[2];在海洋酸化观测上,已经做了很多尝试^[3];在海洋地质方面,获得了可燃冰矿区预测成果^[4]。但面对庞大的有待探索的海洋问题,面对手中大量的国外海洋观测仪器与平台,要实现海洋强国还任重道远。

剖析近年来国际上开展的一些近、远海科学观测项目,分析项目投资者的投资理念、规模与进程,归纳项目的成果和效益,对我国海洋强国的建设十分有益。

1 美国远海科学观测项目

1996 年,美国 Rutgers 大学在离岸 9.6 km、水深 15 m 处建成了第一个有两个节点的水下遥控观测站。2000 年,美国与加拿大正式签约,共同建立海王星深海观测项目^[5]。2003 年,美国在马萨诸塞近海又建立了离岸 1.5 km、水深 12 m 的光电缆观测站 MVCO。2006 年,加拿大的海王星近海试验场 VENUS 正式启用。2007 年,沿着 Monterey 海湾长达 52 km、水深 891 m 的海底电缆铺设完成,美国的海王星项目的近海试验场才算启动。同年,加拿大已开始向太平洋洋底铺设第一段 800 km 光电缆。

2009 年,加拿大海王星深海观测站开始使用。2011 年,美国才开始往胡安德富卡板块铺设光电缆。从美国建第一个光电缆试验场到美国正式向深海铺设光电缆,历经 15 年。

海王星项目是美国 OOI(Ocean Observatories Initiative)计划中的一个部分。美国的 OOI 监测网是国家科学基金会资助项目,不是以观测海洋、研究海洋为目标,而是以开发观测海洋用的仪器、平台、网络、通信等设施及传感器为框架的项目,是连通多海域各种平台的整合项目^[6]。在直接接触海洋的仪器与平台方面,重点是对两种平台的投入:① 新颖的海洋观测站,提供前所未有的能源和通信方式来运行和管理在固定点上的传感器,持续时间将数年或数十年,亦即海王星项目。② 移动式海洋观测系统(主要是滑翔

器、剖面浮标、自动水下机器人)。尽管移动式系统能源供应受限,监管实时数据能力也常常受限,但它提供更广泛的空间与覆盖面的观测。而光电缆海底观测站注重在固定点上获得高分辨率的时序记录。这两种互补的工具在时间上和空间上研究海洋过程是必需的。

21 世纪以来,美国在近海试验场开展了大量仪器与移动平台性能、水下设施与岸基中心通信的研究,其研究成果大量应用在近海项目上。现在美国哥伦比亚河口环境恢复项目中,滑翔器于 2009 年开始季节性工作^[7]。海洋科学家展望,在 2021 年,将由 480 个可遥控的水下滑翔器组成网络同时对海洋进行剖面监测。

加拿大投入 1 亿加元建成的深海观测站于 2009 年起开始了一系列科学研究。已经获得的研究成果有^[8]:① 北极冰融化引起的生态变化;② 海底沉积物生态变化;③ 尸体组织在海水中的变化;④ 可燃冰的动态变化影响因素;⑤ 海底黑烟的热、化学物质、生物状态;⑥ 人类活动对大型海洋动物的影响;⑦ 海底沉积物动力学;⑧ 海啸预警等。

由此可以看出,加拿大海王星项目是在:① 对大海洋生态开展研究,影响源是现在和未来大自然变化以及人类干预;② 对人类不易接触到的海底和海洋地震开展研究。上述项目中,唯有海啸预警与海洋信息业务化相关。

以上事实表明,在海王星项目上,美国和加拿大的收获差别是很大的,美国在远海项目上的成果首先成为保护美国近岸海洋的技术支撑。

2 美国近海科学观测项目

近海科学观测与研究一般是短期的(1~5 年),起因往往是人为原因引发了环境问题。美国纽斯河口研究起因是产业污染。哥伦比亚河口研究起因是水利工程对生态环境以及当地鲑鱼和鳟鱼生存环境的担忧。

2.1 纽斯河水质管理

北卡罗来纳州纽斯河从皮德蒙特高原到帕姆利科湾全长约 402 km,为罗莱格地区 40 万居民提供饮用水,其河口也是具有商业价值的鱼类和贝类生物育婴园。一些水上运动,如皮船和帆船以及其他形式的旅游活动都是该河口地区经

济增长的引擎。

多年来,北卡罗来纳州海岸平原许多大型饲养场排出的数百万吨粪便给整个纽斯河流域带来严重的氮、磷和氨营养负荷,使鱼类大面积死亡,污染物也导致有毒赤潮藻种的滋生。

没有完善规划和管理的项目产生大量泥沙径流,造成河水水质退化,铺路范围的扩大使得暴雨过后大量污染物径流加大,新的工程建设也会破坏或完全摧毁有生命力的湿地以及河边保护性的缓冲地带。1995 年纽斯河被评为全美最危险的河流之一。

正式治理纽斯河始于 2007 年夏天。自此时,北卡罗来纳州开始执行排污许可证 NCDWQ 制度,8 月终止了大型饲养场。2008 年又对 2007 年发放的排污许可证进行重新审查。

为配合排污许可证制度运行的有效性,为建立纽斯河半咸水质模型,北卡罗来纳州研究机构一直维持着河水水质监测^[9]。自动在线剖面监测是 29 个河心监测,监测参数是溶解氧、pH、温度、盐度,其他参数是在自动监测点取样,以每周或每月取 1 次的周期,在船上或实验室分析。除定点水质监测外,这区域还设有随机点取样分析监测活动。

2.2 哥伦比亚河口生态系统恢复

自 20 世纪 30 年代起,美国陆军工程师团建设并运行哥伦比亚河及斯内克河下游的 8 座梯级水电站,这些水电站通过各种工程措施维持鱼类洄游通道。但近 20 年来,环保主义者不断要求拆除斯内克河下游的 4 座大坝,争论波及全美。美国政府最终拒绝拆坝,但成立了哥伦比亚河口生态系统恢复项目^[10],项目主要包括 5 个方面的目标:① 理解影响生态系统的主要控制因素,比如水利工程对湿地生态系统的影响;② 保护和恢复影响生态系统结构和功能的因素,比如重建湿地区域与主航道的连通性;③ 增加生态系统结构的稳定性,比如清除入侵物种以及恢复受威胁的盐沼湿地;④ 维护和增强系统过程,比如重建食物网;⑤ 增强鲑鱼的生态系统功能。

保障完成上述目标的科学依据是美国国家卫生基金会科技研究中心资助的项目——沿海地区监测与预测(Coastal Margin Observation Prediction, COMP)^[11]。

这一项目的核心监测部分除了卫星遥感,还包括:21个固定监测点,主要测量水文气象参数;1个滑翔器舰队,测量盐度、温度、溶解氧、有色溶解有机物、叶绿素和后散射系数等;1个自主潜水器舰队,测量水流和CTD。固定自动生态监测指标有:盐度、温度、浊度、压力、叶绿素、有色溶解有机物、溶解氧、荧光、硝酸盐。近年来,部分站点加入二氧化碳分压的测量。定期取样监测的项目有:营养盐、总磷、总氮、总溶解磷、总溶解氮、颗粒有机碳、颗粒有机氮等。同时,还在各鱼道上实时监测鱼通过鱼道的情况,记录过鱼的数量,为分析过鱼效果、改进过鱼设施提供了重要信息。

环境监测分析得到的生态描述与鲑鱼等鱼类的生存状态进行比较,发现对鱼类影响较大的生态环境因素,为保护鲑鱼栖息地、水资源利用管理、改善航道等提供依据。

美国近海研究的重要目的之一是建立近海生态模型,以期将来对生态状况的预报能像水文气象预报那样及时准确。COMP项目中,有个SATURN(Science and Technology University Research Network)团队,他们的工作之一是建立一个虚拟的哥伦比亚河的可视化系统^[12],一个半描述性的建模环境,可实现:①综合描述环流情况,一旦发生污染事件,可及时预测污染物扩散带漂流方位;②选择性描述河口的生态状况。现在已经可以看到近期盐度预报。纽斯河网页上可以看到近实时溶解氧、温度、盐度数据,目前还没有预报信息。

3 欧洲的志愿船(FerryBox)项目

从促进科学发展的第五框架计划开始至现在的第七框架计划,欧盟一直投资于海洋信息的一体化整合。欧盟的欧洲海洋生态观测站(European Marine Ecosystem Observatory, EMECO)系统是一个海洋信息联合体^[13],几乎所有的航空、航天、海基数据都汇总在这里,并提供业务化产品,为科学研究和研发更多的业务化产品提供服务。

欧洲的内海与外海连接着好几个国家,若使用美国所用的滑翔器或AUV监测大片海域的生态状况,最起码会引起窃取他国海底信息的嫌

疑。使用商业化的船只进行监测是一种各个国家都可以接受的方式。

FerryBox是一种安装在船上的自动化监测系统。2000年前的船上观测系统大都是水文气象参数,有极少部分行业(主要在欧洲渔业)在船上安装浮游植物取样器对沿线的水体进行渔情状况分析。2000年后,欧盟发展了商业船上的海洋生态多参数自动监测系统^[14]。这一系统的优势:①可为较复杂耗能的传感器提供足够的能源(相比较浮标),②传感器免受风吹雨淋盐侵;③船到港口后得到维护,降低维护成本。④可得到断面信息,而浮标仅得到点的信息。以上特点可以总结为一句话:低成本得到大量数据。经过多年的实践,FerryBox已经有了很多改动,尤其在生态参数上。今后随着技术进步还会有进一步的发展。

至今,FerryBox已经显示了它在科学研究上的价值:①完善了水体输运知识,尤其是北海和英吉利海峡的相关数据;②理顺了跨国界营养化和浮游生物生产力的相互关系;③成功使用先进技术确定了沉积物在长短期规模上的输运特点;④有规律的FerryBox数据通过数据通话和校正完善了海洋模型;⑤展示了卫星遥感和船载直接监测的互补功能。

欧洲海洋生态观测站的业务化研发目标之一是未来海洋生态状况业务化产品,而FerryBox是开发这一产品除卫星数据以外的密度最高、覆盖最广的数据源。

4 启示与思考

4.1 科学观测与业务化观测之间的关系

美国和欧洲很多海洋科研重要目标是海洋信息业务化的知识基础。在实现了水文气象观测业务化后,下一个目标就是海洋生态观测业务化,各种科学研究都在尽可能开发与海洋生态相关的实用产品以及升级信息产品。业务化开发除激励了海洋过程的理性认识,也刺激了传感器技术、通信、能源系统、数据管理与储存、分布系统、计算机模型以及可视化系统上的重大进步。而业务化技术框架也为研究者提供了一个时间上、空间上更为宽广的研究平台。显然,富有生机的业务化发展和海洋科学与技术的发展将会

创造一个绚丽的未来。为了实现这一目标,科学观测项目和业务化项目应在各个阶段紧密合作,从启动到安装、运行。举例来说,业务化观测系统可以是某些新型观测仪器和平台的试验场,某些试验场将来就是业务化观测系统的一部分。

业务化观测系统由观测平台和传感器组成。作为长期观测工具,要求传感器具有长期无人值守的耐用性。而很多海洋化学、生物参数的传感器还很难达到这一要求。欧、美国家不是迎难而上,而是在生态监测的平台上突破。美国大力发展滑翔器,欧洲大力发展 FerryBox,这样的平台对无人值守要求不高,却得到了大面积的生态参数数据。这些大面积数据和取样调查数据结合起来可能将是未来海洋生态业务化的数据源。

4.2 海洋科学研究发展与观测技术发展的同步性

在深海观测技术中,已经显示了重大意义的技术有:欧洲 GEOSTAR 海底观测器、远海光电缆观测平台、潜水器(自动的、载人的)、滑翔器等。发展到现在,潜水器技术从中脱颖而出,已广泛应用于海洋工程、港口建设、海上石油等经济领域;可完成水下搜索、探测打捞、深海资源调查、海底管线铺设、水下考古、电站及水库大坝检测等工作;在海军防务上更得到极大挖掘。水下机器人(ROV)已形成产业规模,国际上 ROV 的型号已经达 250 余种,从质量几千克的小型 ROV,到超过 20 t 的大型 ROV,有超过 400 家厂商提供各种 ROV 整机、零部件以及服务。在自主水下航行器(AUV)方面,已有多个系列产品面向市场。西屋电气公司预测,未来 10 年全世界将有 1 144 台 AUV 需求,乐观估计市场额将达到 38 亿美元^[15]。

作为使用价值较单一的海底观测工具,无论是单点型的欧洲 GEOSTAR^[16],还是区域型光电缆海底观测站,都一直发展缓慢。日本早年计划的 ARENA 至今还未动土,而美国到 2011 年7月才开始铺设光电缆。

可见,面对海洋技术,海洋科学的意义再大,研究没有资金的支撑不行。而海洋技术的商业意义一旦被发现,经济市场自然将技术提高到新的水平。

其实很多海洋科学研究除了需要高技术,还

需要大跨度时间才能有结果。如海洋酸化问题。酸化所产生的效应涉及化学、生物学、地球科学等多个学科领域以及上千物种,而已经评估的物种还不到海洋生物总数的 2%。美国并没有用最新研究手段来开展这方面的项目,而是在 2012 年 10 月,由 Smithsonian 博物馆拿出 10 亿美元开始全球海岸生态多样性和生态系统的研究项目^[17]。通过在全球建立 Tennenbaum 海洋观测网,建立生态变化的监测方法标准,揭示海水升温、酸化、海平面上升等的全球变化是怎样影响海洋生物多样性,揭示人类行为对海洋生态的影响。所用工具是传统的生物收集与分类分析技术,再加入 DNA 技术。

从大周期上看,海洋科学的进步和海洋技术的进步是同步的。但从小周期上看,二者又不是很同步。

4.3 关于我国海洋强国建设中海洋科学观测与业务化关系的思考

海洋科学研究首先要为社会、经济与民众服务,首要目标是提高其海洋业务化水平。虽然我国在海洋水文气象方面已经有一定水平了,但还应继续提高,如发展远航时获得实时数据同化技术,为远航作业保驾护航。我国在海洋生态方面的业务化还没有起步,这与我国陆地、海上环保实施进程有很大关系。实施环保举措后,海洋生态业务化研究工作才会变得更 有意义,先对环保措施的有效性做出评估,之后逐渐研究与开发业务化系统。在东南亚地区扩展适当的生态监测活动,共享保护本海域重要生物开展的生存规律研究成果,以增加与邻国之间的友谊。

深海作业技术的可靠性是海洋强国的重要标志。我国应在深海作业工具 AUV 和滑翔器的研发上进一步加大力度,并增加在生态监测上的应用。

我国海域的地质结构比较稳定,龙卷风几乎没有,海啸发生的几率也很低,所以我国没必要追赶欧、美国家来发展远海光电缆深海观测平台。可以建立几个近海光电缆海底观测平台作为试验场,保持与国际先进水平同步;同时也可以作为观测平台,为当地提供海洋信息。

参考文献

- [1] 杨作升,张琦,冯秀丽.《美国全球海洋科学规划》简介[J]. 地球科学进展,1989,4(5):38-42.
- [2] 吴立新,陈朝晖. 物理海洋观测研究的进展与挑战[J]. 地球科学进展,2013,28(5):542-551.
- [3] 陈立奇,高众勇,詹力扬,等. 极区海洋对全球气候变化的快速响应和反馈作用[J]. 应用海洋学学报,2013,32(1):128-144.
- [4] 刘勇健,李彭明,张丽娟,等. 未来新能源可燃冰的成因与环境岩土问题分析[J]. 广东工业大学学报,2010,27(3):83-87.
- [5] Mediawiki. NEPTUNE[EB/OL]. (2014-04-04)[2014-05-27]. <http://en.wikipedia.org/wiki/NEPTUNE>.
- [6] Ocean Observatories Initiative. OOI frequently asked questions[EB/OL]. [2014-05-27]. <http://oceanobservatories.org/about/frequently-asked-questions/#1>.
- [7] Center for Coastal Margin Observation & Prediction. Glider[EB/OL]. [2014-05-27]. http://www.stccmp.org/datamart/observation_network/glider.
- [8] Ocean Networks Canada. Science themes[EB/OL]. [2014-05-27]. <http://www.oceannetworks.ca/science/science-plan/science-themes>.
- [9] N. C. Department of Environment and Natural Resources. Neuse river water quality monitoring[EB/OL]. [2014-05-27]. <http://portal.ncdenr.org/web/wq/rrt/wqmonitor/neusedata>.
- [10] JOHNSON G E, EBBERTS B D, ZELINSKY B D. 美国哥伦比亚河下游及河口地区基于生态系统的湿地保护与恢复工作—哥伦比亚河口生态系统恢复工程[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版,2012,29(3):8-15.
- [11] Center for Coastal Margin Observation & Prediction. SATURN observation network; endurance stations[EB/OL]. [2014-05-27]. http://www.stccmp.org/datamart/observation_network.
- [12] Center for coastal margin observation & prediction. virtual Columbia river [EB/OL]. [2014-05-27]. <http://www.stccmp.org/datamart/virtualcolumbiariver>.
- [13] EMECO. Overview of EMECO datatools[EB/OL]. [2014-05-27]. http://www.emecodata.net/content.php?page_id=61.
- [14] Helmholtz-Zentrum Geesthacht Centre for Materials and Coastal Research. Why shall I use a FerryBox? [EB/OL]. [2014-05-27]. <http://www.ferrybox.org/index.html.en>.
- [15] 朱心科,金翔龙,陶春辉,等. 海洋探测技术与装备发展探讨[J]. 机器人,2013,35(3):376-384.
- [16] MONNA S, FALCONE G, BERANZOLI L, et. al. Underwater geophysical monitoring for European multidisciplinary seafloor and water column observatories[J]. Journal of Marine Systems, 2014, 130(2): 12-30.
- [17] Smithsonian Institution. Smithsonian launches global marine biodiversity project with \$10 million donation[EB/OL]. (2012-10-25)[2014-05-27]. <http://newsdesk.si.edu/releases/smithsonian-launches-global-marine-biodiversity-project-10-million-donation>.