

加拿大海底科学长期观测网的研究进展

吴自军, 周怀阳

(同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092)

摘要: 海底科学长期观测网可针对海洋物理、化学、地质、生物、声学及其相互关系开展长时间、系列的精细变化观测, 广泛应用于全球变化、海底过程、海陆相互作用以及海洋生态环境变化等重大前沿基础科学研究, 并服务于国防安全与国家权益、海洋资源开发、海洋灾害预警、海洋生态环境保护、海洋工程试验、海洋科普教育等多方面的国家需求。本文主要介绍加拿大海底科学长期观测网最新的战略目标、科学主题及其研究进展, 以期为我国建设国家海底科学长期观测系统提供有益的借鉴和启示。

关键词: 海底观测; 加拿大海洋观测网; 海洋工程

中图分类号: P71

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2016)02-0131-08

引言

海洋科学是一门主要基于观测的科学。海洋科学与海洋探测技术两方面的发展相辅相成, 构成了当代探索海洋、认知海洋和利用海洋的主旋律。借助海洋考察船及船载设备对海洋的探测, 因为受条件的限制, 获取的数据是零零星星、不全面的, 而且无法获取一些灾害性天气或恶劣海况下的关键数据。这种观测方式注定了我们对海洋的理解往往是片面的、滞后的, 甚至可能带来认识上的错觉和误会。20 世纪诞生的遥测遥感技术能够从卫星获取地球信息, 开辟了全新的对地观测方式, 但其主要观测对象仅限于地面与海面, 缺乏深入穿透海洋的能力。进入新世纪以来, 海底长期观测网的组建可以说是国际科技界最令人瞩目的新动向。

海底科学长期观测网主要是基于海底光电缆构建的具备观测和数据采集、供能和数据传输、交互式远程控制、数据管理和分析等功能的软硬

件集成系统, 可与无线移动观测单元相结合, 实现对海底地壳深部、海底界面到海水水体及海面的立体、大范围、全天候、综合性、长期、连续、实时的高分辨率和高精度的观测, 是继地面与海面观测、空中遥测遥感之后, 人类建立的第三种地球科学观测平台, 将成为未来全球海洋探测与研究的主要方式。海底科学长期观测网可开展海洋物理、化学、地质、生物、声学及其相互关系的长期精细变化观测, 广泛应用于全球变化、海底过程、海陆相互作用以及海洋生态环境变化等重大前沿基础科学研究, 让科学家可以从陆上通过网络实时监测深海实验, 命令实验设备监测风暴、藻类勃发、地震、海底喷发、滑坡等各种突发事件。海底观测网这种改朝换代、独辟蹊径、史无前例的海洋探测方式, 不仅探赜索隐海洋神秘的万千变化, 开启研究地球系统科学的新篇章, 而且在国防安全与国家权益、海洋资源开发、海洋灾害预警、海洋生态环境保护、海

洋工程实验、海洋科普教育等多方面具有较强的应用需求^[1]。

二十一世纪以来,世界各国对于海洋观测的重视程度与日俱增。欧美及日本等国纷纷投入巨资建立海底观测系统,如美国 OOI 观测网、加拿大 ONC 观测网、欧洲 ESONET 观测网、日本 DONET 观测网等。目前,加拿大在海底观测网研究方面居于世界领先地位,本文主要介绍加拿大海洋观测网的战略目标及最新科学研究进展,以期对未来我国建设国家海底长期观测系统提供有益的启示。

1 加拿大海底科学长期观测网的愿景、使命及战略目标

美国是世界上第一个想利用海底联网进行科学观测的国家,经过十几年的研讨形成了国家规模的海底科学观测网计划。但是受制于其政府的财政状况,美国科学界的雄心壮志未能如期实现。美国基金委 NSF 支持的大洋观测计划 OOI (Ocean Observation Initiative) 早在二十世纪九十年代初就开始酝酿,2000 年立项,原定 2007 年启动,结果由于财政原因 2009 年才到款。经过多年的努力,美国的观测网本应在 2015 年 5 月全面建成启用,但是近来又出现新的问题,只能推迟。因此,加拿大成为世界上第一个拥有大型深海科学观测网的国家。

加拿大海底科学观测网 (Ocean Networks Canada, ONC) 是目前国际上规模最大、技术最先进的综合性海底长期观测网,由维多利亚海底实验网络 (VENUS coastal network) 和加拿大海王星区域性电缆海洋观测网 (NEPTUNE Canada regional network) 两部分组成。2009 年年底,世界上第一个基于电缆的海底观测网络 NEPTUNE Canada 竣工,拥有 5 个海底节点的 800 km 环形主干网络成为其标志性架构。海缆从温哥华岛艾

伯尼港的岸站入海,穿越大陆架到达深海,而后又回到出发点,形成一个环路;5 个节点分别位于近岸的 Folger Passage、大陆坡的 ODP889 和 Barkley Canyon、深海平原的 ODP1027 以及洋中脊的 Endeavour Ridge,覆盖了离岸 300 km 范围内从 20~2660m 不同水深的典型海洋环境。VENUS 是一个先进的有缆海洋观测系统,在 2001 年首次由加拿大海洋学家提出。VENUS 观测海域水深在 300m 左右,属于中等深度。2006 年,在山尼治湾 (Saanich Inlet) 建立了一个水深 96m 的海底节点,缆线长 3km。2008 年年初和年末在乔治亚 (Georgia) 海峡分别建立了 170m 和 300m 的两个海底节点^[2]。

为了更有效地推动海底科学长期观测网科学技术的创新和可持续发展,2013 年 10 月,加拿大将其所拥有的 NEPTUNE 和 VENUS 进行合并,组建加拿大海底科学海洋观测网 (ONC) (图 1)。ONC 观测网的愿景是追求海洋观测及技术创新领域的世界领先地位。ONC 观测网的战略目标包括两个部分,即促进卓越的科学研究和实现加拿大的国家利益。(1) 促进卓越的科学研究:支持创新性研究;鼓励和造就新一代的科学家和工程人员;培育由海洋和地球系统研究人员组成的跨学科团队;吸引国际研究人员参与加拿大水域研究;在探索研究与应用之间搭建桥梁等。(2) 实现加拿大的国家利益:提升对加拿大有重要意义的海域的认知,包括这些海域的海洋变化、生物资源、能源和自然灾害等;提升观测网的设计、增强先进技术的研发,以扩大领域内加拿大在国际上的认可;促进公共政策的进步等^[3]。ONC 的整体使用寿命大于 25 年,该观测网络主要利用海底光电缆构建的软硬件集成系统,实现对不同深度的海水、海底、地壳板块、生态环境、海洋生物群落等进行长期连续的监控、实时的观测、测量和直播。

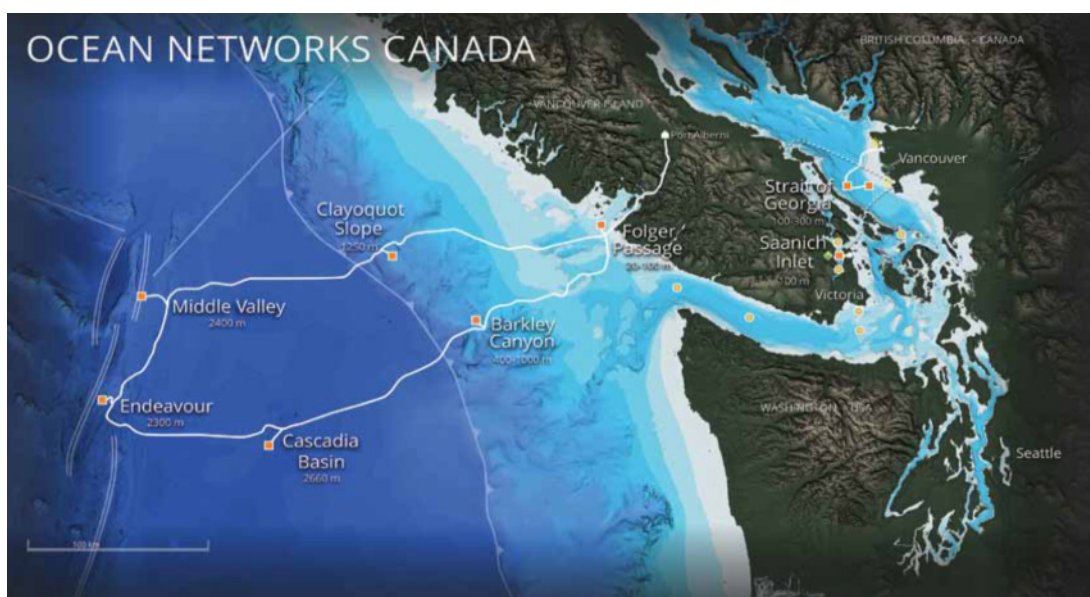


图1 ONC 所属的 NEPTUNE 和 VENUS 观测网的布线图

(注: NEPTUNE Canada 原观测点 ODP889 现改为 Clayoquot Slope; ODP1027 观测点改为 Cascadia Basin)^[4]

2 加拿大海洋观测网的前沿科学主题和目标

ONC 在完成海底观测网的施工和设备安装后, 日益注重观测数据的综合利用和成果产出。ONC 在原有的 NEPTUNE 和 VENUS 观测计划科学目标的基础上, 广泛征询国际顾问委员会、用户委员会的建议, 凝练出未来的科学主题和目标(2013—2018 年), 勾画出未来几年 ONC 的科学战略路线图^[4]。ONC 重点聚焦以下四个科学主题:

- (1) 理解人类活动导致的东北太平洋的海洋变化;
- (2) 东北太平洋以及 Salish 海环境中的生命;
- (3) 海底—海水—大气之间的相互作用;
- (4) 海底及沉积动力学。

针对每个科学主题, ONC 提出了若干个关键的科学问题, 并阐述这些科学问题的重要性, 最终实现观测网科学技术的革新和发展, 满足加拿大的国家战略需求和利益。

针对主题(1)提出的科学问题有:

- 东北太平洋的变化速率及幅度如何?
- 东北太平洋生态系统与全球酸化之间有何响应?

- 近岸水体缺氧环境如何影响生态系统?

针对主题(2)提出的科学问题有:

- 东北太平洋的变化如何影响海洋中的鱼类及哺乳动物?
- 海底生物及其群落对海洋物理、扰动过程的响应及其恢复机制;
- 海底及其以下的生物地球化学过程的功能和速率;
- 制约海底生命的因素是什么?
- 微生物群落在低氧环境下随时间变化, 两者之间的响应和调控机制是什么?

- 东北太平洋海洋传输过程如何影响海洋初级生产力?

针对主题(3)提出的科学问题有:

- 洋壳和海水之间的热和物质交换的通量和机制;
- 上部海洋过程是通过何种方式影响气溶胶的形成?

- 海底甲烷水合物释放进入大气中的通量;
- 海洋地学工程(Geo-engineering)在缓解全球气候变化方面的优势及风险评估。

针对主题(4)提出的科学问题有:

- 东北太平洋海底性质及其与地震之间的关系;
- 如何提高对海啸的发生规模及传输速率的预测?
- Fraser 河口三角洲海底滑坡的调控机制。

3 加拿大海底科学观测网最新研究进展

ONC 为不同领域、不同学科以及多学科交叉的海洋科学研究提供了新的机遇。通过连接在海底电缆的各类传感器和机械运载工具, ONC 将充足的电能和因特网带给了海洋, 这使得海洋学者可以通过一种全新的方式获得大范围的实时、准实时海洋环境数据, 甚至从长远角度讲可获得长达 25 年的连续观测数据, 实现了海洋学者们多年的梦想。ONC 自运行以来不断发挥着其业务职能, 如在海啸的监测与研究方面, 海底压力记录仪 (BPR) 作为海啸监测传感器, 已探测到成百上千次的海底地震和不计其数的海啸。除此以外, 在天然气水合物、海底热液、深海生物、海洋生态环境、海底沉积动力学等方面, ONC 也取得了大量有价值的科学成果^[4]。

3.1 海底热液喷发系统

对海底热液系统进行连续长期观测, 将有助于我们深刻理解海底热液喷发系统的演化机制, 正确评估热液喷口向海洋输送的热、化学以及生物的通量, 大大提升我们对海底地质、化学、生物作用之间耦合关系的认识。其中热通量的估算主要是依靠布放在海底的有缆声呐成像观测系统 (the Cabled Observatory Vent Imaging Sonar, COVIS)。自 2010 年至今, COVIS 一直与 NEPTUNE Canada 观测网的胡安德富卡洋脊 Main Endeavour 节点连接, 实现数据的实时传输。通过对该区域热液系统为期 26 个月的连续观测, 研究者估算出热通量时间序列平均值为 18.10MW; 通过与布放在此区域的海底地震仪以及海底电阻率传感器 (Benthic and Resistivity Sensors, BARS) 观测结

果进行对比, 揭示了热通量在时间序列的变化与海底地震活动之间的响应关系。这些长期、高分辨率的观测结果不仅为研究热液系统的演化及热液与地质事件之间的关系打开了一扇窗口, 同时也为深刻理解洋壳以下的水文结构及其循环机制提供了科学支撑^[5]。COVIS 获取的长期声学信号为我们勾画了海底热液羽流的扩散范围和轮廓。在此基础上, 借助 Morton 等 (1956 年) 创立的经典羽流模型, 可计算出热液喷口释放的热通量在时间序列上高分辨率的变化。研究者还根据这些观测结果, 运用流体力学的原理和公式, 建立了热液系统热通量演化模型, 并基于该模型来反演历史时期 (1987—2015 年) 该区域热通量的变化, 进一步查明热通量变化与历史时期发生的地质事件 (如海底地震) 的耦合关系, 从而准确评估热液喷口系统对整个海洋热通量的贡献。

3.2 甲烷水合物区: 甲烷释放通量的时间序列变化观测

众所周知, 甲烷是一种危害极大的温室气体, 其温室效应是二氧化碳的 20 多倍。据联合国政府间气候组织 (IPCC) 提供的数据, 海洋释放进入大气的甲烷仅占全球甲烷释放量的 2%。但该估算数值没有充分考虑海底天然气水合物区释放甲烷的贡献。为了评估极度富集气体水合物的沉积物中甲烷通量变化及其控制因素, NEPTUNE Canada 观测网在卡斯卡底古陆北部边缘原 ODP889 钻孔 Bullseye 节点附近布放了观测设备, 原位探测该区域甲烷浓度的变化。研究人员在海底以上 25cm 处、海水-沉积物界面处和海底以下 7cm 处, 利用长期取样设备进行了 9 个月的上覆水和孔隙水的取样工作。在一定压力下, 如果出现甲烷过饱和, 气体就会从水中散逸。因此, 要想获取原位浓度, 就对海底取样和观测提出了更高的要求。科学家们通过设计精致的取样装置, 实现了原位获取底层水和孔隙水样品。探测结果显示水—沉积物界面附近的孔隙水中甲烷饱和或者过饱和

(约 80 mM), 并且海底甲烷通量随着时间推移而发生变化^[6]。研究者将观测到的甲烷浓度随时间变化数据与该区域的洋流和地质活动相关信息对比, 发现在卡斯卡底古陆北部边缘构造区域中, 原位甲烷浓度以及其他化学参数在时间序列上的变化受生物活动和其他外部物理因素相互作用的强烈影响。地震活动(局部地震和远震)、区域海洋学、风暴天气等可能是制约甲烷及其他化学参数的时间变化的主要因素。为了更好地厘清水合物区海底甲烷通量变化的单一来源的驱动因素, 研究者还借助海底着陆器和爬行车, 通过在这些装置上加载海底流量计等传感器进行原位精细观测, 进一步揭示了海底洋流的加强(如风暴)可导致海底甲烷释放通量的增加。

3.3 鱼及哺乳动物的观测

栖息在深海的海洋生物受限于多种物理生物因素(比如压力、光照、食物等), 使其生存与繁殖受到很大挑战。在海水各个深度生存的生物具有多种感觉器官, 随着深度增加、光照变弱, 感官系统从依赖于视觉转向其他系统的现象十分常见, 尤其是鱼类。对于一些鱼类来说, 其中之一的感官就是听觉, 随着听力的进化, 紧随而来的就是声音的交流。多种证据表明音景对于栖息于大陆坡、海底深渊、峡谷、海沟的鱼类很重要。50 多年前, 解剖学研究揭示了深海生物普遍发声的可能性。尽管发声现象在大陆坡底层的生物中普遍存在, 但鲜见于大陆坡和深渊上(中渊层、深层区)的游泳生物, 在陆坡下(深渊层、超深渊层)的底栖生物中则不出现。这些结论是基于鱼鳔和发声肌肉出现于很多半深海生物, 却不出现在其他种群中的现象。被动声学技术的发展和大规模长期自动记录数据平台的使用, 使科学家可以观测发声生物每天、每季在不同空间尺度下的行为模式与其发声的关系。然而, 受限于观测手段, 这些研究主要聚焦于海岸生物。相比之下, 深海生物的发声现象还是一个谜。

加拿大 NEPTUNE 观测网的使用为开展深海鱼类声学研究提供了一个理想的平台。一系列的水听器被安装在 Folger Passage 节点的垂直水柱断面中。除了被动声学系统, 还安装了回旋声纳、流速仪和高清摄像机。该观测系统频繁探测到海洋哺乳动物和仪器自身发出的噪音, 包括须鲸(座头鲸、蓝鲸、长须鲸)、齿鲸(逆戟鲸、太平洋短吻海豚)。尽管加拿大 NEPTUNE 海洋观测系统为海洋鱼类及大型哺乳动物的长期观测提供了绝好的机会, 但基于平台的声学探测还存在一些局限性。最主要的是平台上仪器本身发出的声音干扰。宽频脉冲和摄像机所发出的声音就是噪声的典型例子, 而且站位本身和其他站位以及常规维护都会影响环境噪音。最近的研究表明伯克利 Sound 的轮船引发了某些地区十分明显的噪音。由此, 与平台设备运行有关的噪声目录对于海洋观测系统, 特别是那些包含被动声学记录的系统十分必要, 用以区分仪器、船舶和其他机械引发的影响音景的噪声。另外一个重要的挑战是来源于对深海鱼类发声特性知识的匮乏。声学基线的缺失会导致某些声音被高估或者被误定义为海洋哺乳动物的声音。放置多个水听器定位声音来源可以帮助确定声音产生的位置(水中、海底或平台上), 从而帮助辨别声音的来源。动物依靠声音相互交流、躲避掠食者、伪装自己以及定位环境。因此, 在研究海洋音景及其在海洋生态系统中的作用时, 精确定位人为的噪声显得越来越重要, 在资源开发前, 应当重视相关的基础科学研究。例如, 利用海洋观测网多传感器或设置深海鱼类的单独观测站, 获取更多的可靠“基线”信息, 从而分辨深海声音的来源, 了解动物及其栖息地的特征^[7]。

3.4 沉积动力学

深海大型生物引起的沉积物扰动是一种重要的生态现象, 不仅影响沉积物的沉积过程, 而且加剧沉积物向水柱释放营养物质, 从而影响海洋

生产力和相关的生物地球化学过程。量化个体物种对生物扰动的影响以及其对环境变化的响应, 需要设计海底实验或者直接进行观测。海底有缆观测系统可以实现交互性取样、高时间分辨率的长期观测, 为研究沉积物及其动力学提供了极好的机遇。ONC 的 NEPTUNE 观测网通过远程控制海底摄像机、侧扫声呐及其他观测设备, 研究了大型动物对深海海底沉积物扰动的影响。

观测系统中的高清摄像机和侧扫声呐的最大优势在于实时性和交互性。其监测频率在安放前不需要提前设定, 可以根据海底生态系统变化情况或突发事件进行远程设置。该远程操控设备平台可以获得更大的观测视角, 目标定位准确, 可研究生物洞穴等微地质特征。同时, 一些重要海底生物的实时观测结果可以与传感器测得的物理化学数据相结合, 从而有助于理解生物与沉积物扰动之间的相互关系和响应机制。

3.5 海底地震与海啸

海啸监测系统可以实时捕捉到一系列的地震信号。如 2011 年 Tohoku 地震 (震级 9.0)、2015 年 Haida Gwaii 地震 (震级 6.1) 时引发的海啸相关数据均已被高精度实时海啸监测系统成功捕获, 通过快速、实时地计算模拟海啸波速、波向和振幅, 提高了对近岸灾害影响的预警能力。2014 年 4 月 1 日, 据美国地质调查局监测结果, 智利太平洋海岸线发生了 8.2 级地震, 加拿大观测网捕捉到了地壳震动的信息, 模拟结果显示一个规模较小的海啸穿过东北太平洋, 海啸波在地震发生 15 小时后到达 New Zealand 和 British Columbia。最近 ONC 针对海底地震开发了一个新的可视化交互窗口。人们通过该系统, 可以知晓世界任何地区尤其是加拿大西海岸发生的地震^[4]。

3.6 杀人犯庭审取证

在任何凶杀案中, 死亡时间是一个很重要的参数, 但是当尸体被抛入海水中很长时间后, 估算死亡时间变得十分困难甚至不可能做到。除此

之外, 相比起陆地上埋葬尸体的正常腐烂, 海水中找到的残骸上的伤口很容易误导判断, 因为无法判断伤口是死亡前还是死亡时造成的。为了在法庭上提供科学准确的证据, 加拿大政策和安全研究中心资助了一项海底实验项目, 由加拿大 Simon Fraser 大学庭审研究中心 Gail Anderson 教授负责。Gail Anderson 教授是一位昆虫学家, 专门研究通过昆虫为法庭取证调查。他负责的这项海底项目用猪尸体代替人的尸体, 用笼子装好后放置到加拿大观测网的 Georgia 节点附近的海底, 应用 ONC 的 VENUS 观测网水下摄像头研究猪尸体的腐烂过程。结果显示猪尸体的腐烂速率与海洋化学因素 (如氧浓度) 和进食动物联系紧密。ONC 2015 年 3 月份航次中, 布放在海底 9 年之久的猪尸体遗骨被回收上来, 研究团队将进一步研究猪在海底环境下的分解, 分析该过程受海洋化学和海洋哺乳动物活动的影响以及获取存活 DNA 的组成特征, 以期取得令人满意的实验结果, 为今后庭审取证提供科学依据^[4]。

4 组织结构及其运营模式

原加拿大“海王星”项目主任(Project Director)是海底观测网宏伟计划的带头人、微体古生物学教授克里斯·巴恩斯 (Chris Barnes), 他于 2011 年 6 月底退休。同年 7 月起, 加拿大“海王星”项目主任由曾任美国奥巴马政府白宫科学和技术政策办公室主任助理 (2009—2011) 的凯特·莫兰博士 (Dr. Kate Moran) 担任。莫兰在白宫任职期间就曾多次建议奥巴马政府关注海洋、北极和全球气候变暖。NEPTUNE 和 VENUS 两大观测网合并组成新加拿大海洋观测网后, 莫兰博士出任 ONC 总裁。目前数百名科学家和工程师正在参与 ONC 的实施与持续运行。加拿大的海底观测网当年由维多利亚大学发起, 迄今为止也始终由维多利亚大学负责建设和运行。

迄今为止, 加拿大对 ONC 主体基础设施和设备的总投资额已达 20 亿加元, 由加拿大革新创新

基金会、加拿大卑诗省知识发展基金以及实物支持产业机构提供。ONC 设董事会、国际科学咨询委员会和海底观测委员会。同济大学汪品先院士目前为 13 位国际科学咨询委员会成员之一。需要特别提出的是, ONC 组建了一个创新中心, 该中心致力于设计和建造可靠的“卓越海洋系统”(Smart Ocean System)。该系统提供的服务主要包括: 遥控传感器、海洋观测设施—硬件、数字化设施(传感器命令、控制、数据获取、存储、可视化等)、数据分析和控制。在 ONC 中, 负责经营运作的专职人员及顾问有 80 多位, 这些科学家、工程师和设计师们为科学研究、资源管理、预警系统的客户提供产品和技术咨询、技术支持服务。ONC 在全球观测系统科学技术方面处于世界领先地位, 且始终主张开放共享的理念, 强调与世界现有海底观测网国家的科技人员进行合作和交流, 不断相互借鉴, 互补管理经验, 共同监督和支持本区宏伟的海底观测工程。

5 结论和展望

在最近的几十年里, 海洋科学、地球科学和行星科学等从不连续的考察模式向连续的原位观测模式进行了转变。这一探测模式的转变源于对地球及地球上的海洋的认知变化, 从研究静止的、不动的状态, 到观测多时空尺度下的各种动态变化。加拿大海底科学观测网的成功实践, 为地球和海洋科学家提供了研究海洋系统数秒到数十年时间尺度下, 多元交叉海洋科学过程的新机会,

展示了海底观测的无限魅力。进入海洋内部探索深海, 是整个人类面临的新挑战, 其中有着各种风险和困难, 发达国家在这些年来走过的路并不轻松。“他山之石, 可以攻玉”。在这种国际背景下, 我国海底长期科学观测网的建设应强调科学和技术的紧密结合, 科学以技术为基础, 技术以科学为指导; 着重培养深海技术人员, 进行深海观测设备、仪器的研制和工程技术经验的积累; 在总结国外成功经验的基础上, 建立先进的管理运营模式。此外, 尤其要重视加强国内外的交流与合作。

参考文献

- [1] 汪品先. 从海洋内部研究海洋[J]. 地球科学进展, 2013(5), 28: 517-520.
- [2] 上海海洋科技研究中心(筹), 海洋地质国家重点实验室(同济大学). 海底观测——科学和技术的结合[M]. 上海: 同济大学出版社, 2011.
- [3] http://www.ceode.cas.cn/qysm/ghzl/201201/t20120109_3424884.html
- [4] <http://www.oceannetworks.ca>
- [5] Rona P A., Bernis K G., Xu G Y., et al. Estimations of heat transfer from Grotto's North Tower: A NEPTUNE Observatory case study[R]. Deep-Sea Res. II. 2015.
- [6] Lapham L R., Wilson M., Riedel C K., et al. Temporal variability of in situ methane concentrations in gas hydrate-bearing sediments near Bullseye Vent, Northern Cascadia Margin[J]. Geochem. Geophys. Geosyst., 2013, 14, 2445-2459.
- [7] Wall C C., Rountree R A., Pormerlean C P., et al. An exploration for deep-sea fish sounds off Vancouver Island from the NEPTUNE Canada ocean observing system[R]. Deep-Sea Research I, 2014, 83: 57-64.

Research Advances of Ocean Networks Canada

Wu Zijun, Zhou Huaiyang

(Tongji University, State Key Laboratory of Marine Geology, Shanghai 200092, China)

Abstract: The seafloor observation networks can achieve long-term and high resolution observation in such fields such as physical oceanography, chemical oceanography, geology, biology, acoustics and their interrelations. The seafloor observation networks have implications in various research frontiers of fundamental sciences, i.e. global changes, seafloor processes, land-sea interaction, ocean ecology and environments, and also offer services in state security and interests, marine resources development, marine calamity warning, marine ecological protection, marine engineering test, and marine sciences popularization. This paper mainly introduces the strategic objectives, sciences themes, and research advances of the Ocean Networks Canada, hoping to give useful inspirations and references for future construction of long-term seafloor observation networks in China.

Keywords: seafloor observation; Ocean Networks Canada; ocean engineering