



Argo 简讯

2020年第2期(总第58期)



自然资源部杭州全球海洋Argo系统野外科学观测研究站
中国Argo实时资料中心

目录 CATALOG

项目进展

- 1 中国Argo实时海洋观测网
- 3 杭州全球海洋Argo系统野外科学观测研究站年中工作报告
- 12 青山湖科技城引进创新载体专项经费项目Argo单元执行情况报告

应用研究

- 16 Variability of the Subantarctic Mode Water volume in the South Indian Ocean during 2004-2018
- 17 Assimilation of mid-depth velocities from Argo floats in the western South China Sea
- 18 Evaluation of the China Ocean Reanalysis (CORA) in the South China Sea
- 19 Trajectory Clustering Based Oceanic Anomaly Detection Using Argo Profile Floats
- 19 Global Argo data fast receiving and post-quality-control system
- 20 北太平洋副热带海区动力高度与净初级生产力相关性研究
- 21 五套海洋模式产品赤道太平洋中层流的评估

国内动态

- 22 杭州Argo野外站重要活动（续）
- 24 南海Argo区域海洋观测网运行现状（续）
- 25 2020版全球海洋Argo网格数据集（BOA_Argo）正式发布
- 26 第三次征集“Argo资料应用证明”的反馈情况报告

国际动态

- 30 国际Argo计划实施进展（续）
 - 31 Argo海洋观测网与环境问题
-
- 37 第二十一次国际Argo指导组年会（视频会议）顺利召开
 - 44 第二十一次国际Argo资料管理组会议将在美国迈阿密举行



2020年07月08日

杭州全球海洋Argo系统野外科学 观测研究站

(Observation and Research
Station of Global Ocean Argo
System, Hangzhou, MNR)

主 办

网 址: <http://www.argo.org.cn>

地 址: 杭州市保俶北路36号

邮 编: 310012

联系人: 刘增宏 吴晓芬

电 话: 0571-81963098

邮 箱: liuzenghong@139.com
wuxiaofen83@163.com

传 真: 0571-88803499

0571-88071539

中国 Argo 实时海洋观测网

广阔的海洋上（占地球面积的 71%）大范围、准同步和深层次调查资料的匮乏，一直是制约海洋科学发展，特别是海洋和气候业务化预测预报技术发展的瓶颈。而 20 世纪 90 年代问世的自动剖面浮标，以及在 2000 年启动的国际 Argo 计划，给海洋和大气科学家带来了一次难得的机遇，使人类深入了解和掌握大尺度实时海洋变化，提高天气和海洋预报精度，有效防御全球日益严重的天气和海洋灾害的愿望终将成为现实。

国际 Argo 计划在美国、日本、英国、法国、德国、澳大利亚和中国等近 40 个国家和团体的共同努力下，已经于 2007 年 10 月在全球无冰覆盖的深海大洋中建成由 3000 个浮标组成的海洋观测网（简称“核心 Argo”），可以监测 0-2000m 水深范围内海水温、盐度的分布特征及其变化规律等，这是人类历史上建成的唯一一个全球海洋立体观测系统。至 2012 年 11 月，已经累计获得了 100 万条温、盐度观测剖面，比过去 100 年收集的总量还要多得多，且观测资料各国免费共享。伴随着深海（大于 3000m）型剖面浮标和测量生物地球化学要素（如 pH、溶解氧、营养盐和叶绿素等）剖面浮标的相继问世，深海 Argo（即 Deep-Argo）和生物地球化学 Argo（BGC-Argo）等子计划及其相应的子观测系统应运而生。国际 Argo 计划正从“核心 Argo”向“全球 Argo”（即向边缘海、季节性冰区、深层海洋和西边界流域，以及生物地球化学等领域）拓展，最终将建成至少由 4000 个浮标组成的覆盖水域更深厚、涉及领域更宽广、观测时域更长远的真正意义上的全球 Argo 实时海洋观测网。截至 2018 年底，所有成员国已经在全球海洋中布放了约 15000 个浮标，累计获得了约 200 万条温、盐度剖面和部分涉及生物地球化学要素的观测剖面。截至 2019 年 4 月底，在海上正常工作的浮标数量已经达到 3884 个，每年能提供约 14 万条观测剖面。国际 Argo 计划，也堪称人类海洋观测史上参与国家最多、持续时间最长、成效最显著的一个大型海洋合作调查项目。

中国于 2002 年正式加入国际 Argo 计划，并部署建设中国 Argo 实时海洋观测网。截至 2018 年底，已经在太平洋和印度洋等海域累计布放了 423 个浮标，2019 年 4 月底仍有 93 个在海上正常工作，在约 30 个有能力布放浮标的国家中名列第 9 位；建立的中国 Argo 实时资料中心（China Argo Real-time Data Center, CARDC），能按照国际 Argo 指导组（Argo Steering Team, AST）和 Argo 资料管理小组（Argo Data Management Team, ADMT）的严格要求，独立完成剖面浮标资料的实时 / 延时质量控制，使中国成为 9 个有能力向全球 Argo 资料中心（Global Data Assembly Centers, GDACs）实时上传观测数据的国家之一。从 2003 年起主动承办了多次国际 Argo 会议，承担起作为国际 Argo 计划成员国应尽的职责和义务，赢得了国际 Argo 组织的赞誉。中国 Argo 计



划近 18 年的不懈努力，不仅为中国在大型国际海洋合作调查研究计划中占得了一席之地，也为中国的科学家赢得了同步共享全球海洋 Argo 资料的难得机遇。Argo 资料业已成为获取海洋气候态信息的主要来源，被广泛应用于海洋、天气 / 气候等多个学科领域中，研究内容涉及海气相互作用、大洋环流、中尺度涡、湍流、海水热盐储量和输送，以及大洋海水的特性与水团等。如中国海洋大学吴立新团队使用 Argo 资料研究南大洋 2000m 上层的湍流混合，发现南大洋的混合存在明显的空间分布不均匀性（图 1）；中国海洋大学许丽晓等的研究表明，涡旋导致的潜沉发生在冬季黑潮延伸体海域深混合层分区南侧几百公里范围内，并提出了跨混合层深度锋面的涡旋平流可能是导致副热带西部模态水潜沉的新猜想。自然资源部第二海洋研究所许建平团队和台湾大学林依依团队，利用投放在西北太平洋海域的浮标观测资料，结合卫星资料和模式模拟，对台风过境海洋上层的响应过程做了大量基础性研究工作。自然资源部第二海洋研究所许东峰等发现大多数台风经过西北太平洋暖池区时，会引起海面盐度下降，提出热带气旋带来的淡水输入有利于盐度的下降。自然资源部第二海洋研究所刘增宏等注意到台风造成的混合层盐度变化在台风路径两侧基本呈对称分布，并揭示了台风路径左右两侧海洋表层和次表层不同的温盐度变化过程；林依依等在研究海洋热含量对于热带气旋强度及其对风暴潮影响的预测、建立新的“海洋耦合潜在强度指数”的热带气旋预报因子、次表层全球海洋增暖暂缓与超强台风“海燕”之间的联系等方面，也都使用了台风过境海域的 Argo 现场观测资料。中国科学院大气物理研究所朱江团队在国内率先开发了一个基于三维变分的海洋资料同化系统（ocean variational analysis system, OVALS），成功应用于国家海洋环境预报中心的业务化系统中，实时发布热带太平洋海域温、盐度再分析产品，使中国成为继欧美发达国家之后具有发布热带太平洋温、盐度再分析产品能力的国家之一，为防灾减灾、大洋航线预报及突发性事件处理等提供了有力保障。这些研究成果发表在 *Nature Communications*、*Nature Geoscience*、*Acta Oceanologica Sinica*、*Geophysical Research Letters*、*Journal of Physical Oceanography*、《中国科学：地球科学》、《大气科学》、《海洋学报》和《气象学报》等国内外重要的学术期刊上。据国际 Argo 计划办公室的统计表明，自 1998 年至 2019 年 4 月 10 日世界上 50 个国家的科学家在全球 24 种主要学术刊物（包括 *Journal of Geophysical Research*、*Geophysical Research Letters*、*Journal of Physical Oceanography*、*Journal of Climate*、*Acta Oceanologica Sinica* 等）上累计发表了 3613 篇与 Argo 相关的学术论文，其中由中国学者发表的论文就达 580 篇，仅次于美国（1020 篇），排名第二位。Argo 资料及其众多衍生数据产品的公开发布和无条件免费分发，极大地推动了国内海洋数据的共享进程。中国也已从早期的国际 Argo 计划参与国，发展成为能自主研发国产剖面浮标、利用北斗卫星导航系统定位和传输观测数据、主张建设南海 Argo 区域海洋观测网、能自主研制全球海洋 Argo 网格数据集并提供国际共享、主动承担一个海洋大国责任和担当的重要成员国。中国 Argo 的地位和作用有了显著提升。



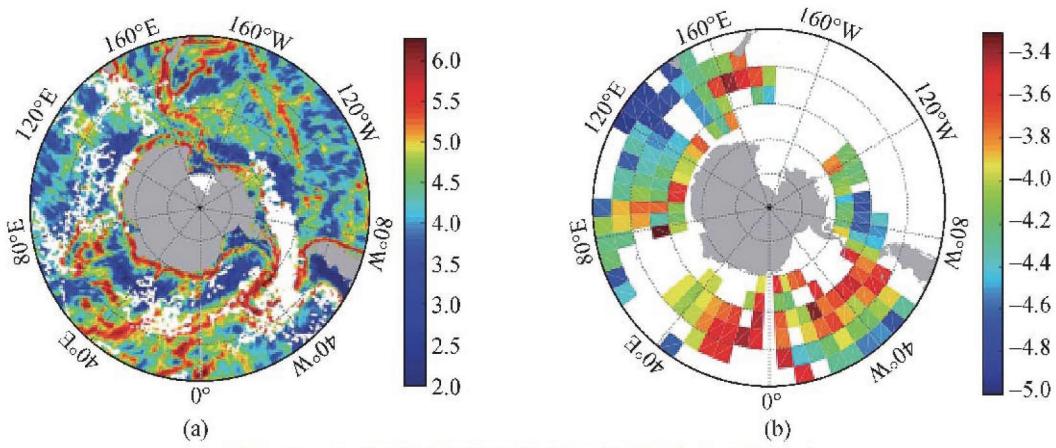


图 1 南大洋地形粗糙程度及湍流混合的水平分布
 (a) 地形粗糙度及 Argo 观测剖面位置分布 (白点所示)。
 (b) 300-1800m 垂向积分所得的湍流混合水平分布。

(摘自《中国基础研究发展报告》，科学技术部基础研究司和科学技术部高技术研究发展中心著，科学出版社，2019 年 10 月)

(孙朝辉)



杭州全球海洋 Argo 系统野外科学观测研究站

——2020 年度中期工作报告

杭州全球海洋 Argo 系统野外科学观测研究站（简称“杭州 Argo 野外站”），于 2019 年 10 月正式纳入自然资源部野外科学观测研究站管理序列。在国际 Argo 组织框架中，杭州 Argo 野外站又称“中国 Argo 实时资料中心”，是被国际 Argo 组织认可的 11 个国家 Argo 资料中心之一；业务运行的“北斗剖面浮标数据服务中心（中国杭州）”，是 3 个为全球 Argo 实时海洋观测网提供剖面浮标卫星定位及观测信息传输服务的平台之一。在刚刚过去的半年中，杭州 Argo 野外站因受 COVID-19 疫情的影响，除了海上布放浮标及与此相关的国际合作交流活动受到一定的影响外，其他业务工作（如浮标观测信息的接收与解码，观测数据的处理与质量控制，Argo 资料及其衍生数据产品的研发与交换共享，以及科学研究与示范应用等）则仍正常开展，总结如下：

1、长期观测

(1) 浮标布放

2019年12月-2020年2月期间，由本站参与的印度洋联合海洋与生态研究计划项目，搭载《向阳红6》号调查船在东印度洋海域布放了15个自动剖面浮标，其中14个PROVOR型（采用铱卫星传输观测信息，并有一个配备了溶解氧传感器）和1个新型的HM2000-DO型（加装Aanderaa Optode 4330溶解氧传感器，采用北斗卫星导航系统定位及传输观测信息）。到2020年6月底为止，除HM2000-DO型浮标因本身技术故障，布放后未传回任何观测信息外，其他14个国外进口浮标均工作正常，并已获取250多条0-2000米水深范围内温、盐度和20多条溶解氧剖面数据。

截至2020年6月底，全球Argo实时海洋观测网中活跃浮标的数量维持在3900个左右，其中由我国Argo计划贡献的活跃浮标有80多个。

(2) 数据接收与处理

2020年1-6月，本站共接收到103个由我国布放的、且仍在海上正常工作浮标观测的近2070条温、盐度及部分生物地球化学要素剖面（表1）。对每日接收的浮标观测信息，本站按业务流程，进行了实时质量控制，经质量控制的数据在24小时内提交至全球Argo资料中心和全球通信系统（GTS），供各国基础研究和业务化预测预报使用。

表1 2020年1-6月本站接收和处理的Argo剖面数据

观测要素	剖面数量（条）
温、盐度和压力	2069
溶解氧	186
叶绿素	170
CDOM	136
颗粒物后向散射	170
辐照度	393×3
硝酸盐	131
pH	63

(3) 全球Argo数据快速接收与质量再控制

通过建立的全球Argo数据快速接收与质量再控制系统（图1），每天实现与全球Argo资料中心服务器的同步，提取最新的观测数据进行质量再控制，以确保由各国Argo资料中心提供的原本质量参差不齐的Argo资料能得到统一检验。上半年，本站共接收和处理了多达37万条温、盐度剖面（包括由各国Argo资料中心更新过的历史Argo温、盐度剖面）。通过该系统输出的Argo温、盐度数据将陆续向各海区局和国家海洋环境预报中心等业务单位进行推送。

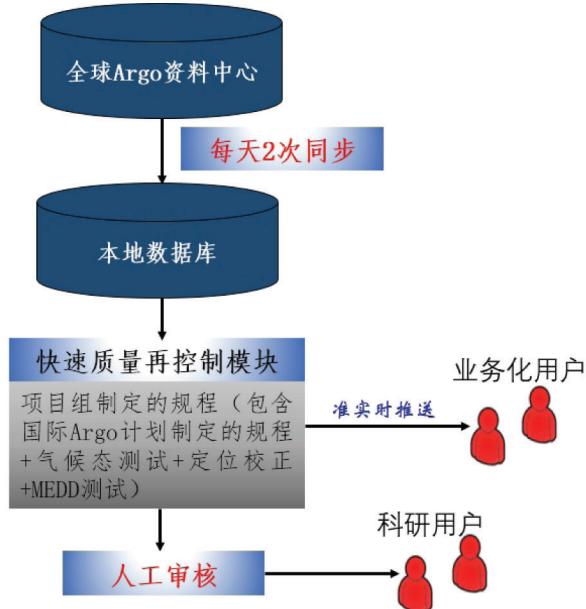


图 1 全球 Argo 数据快速接收与质量再控制系统流程

(4) Argo 数据延时模式质量控制

利用国际 Argo 资料管理组推荐的方法（主要包括压力校正、热滞后校正以及盐度延时模式校正），开展了历史 Argo 数据的延时模式质量控制工作。上半年，分别对 20446 条 APEX 型浮标观测剖面和 4240 条 PROVOR 型浮标观测剖面进行了延时模式质量控制，有效地消除了历史积压，使我国提交的延时模式数据文件占比超过 50%（图 2）。

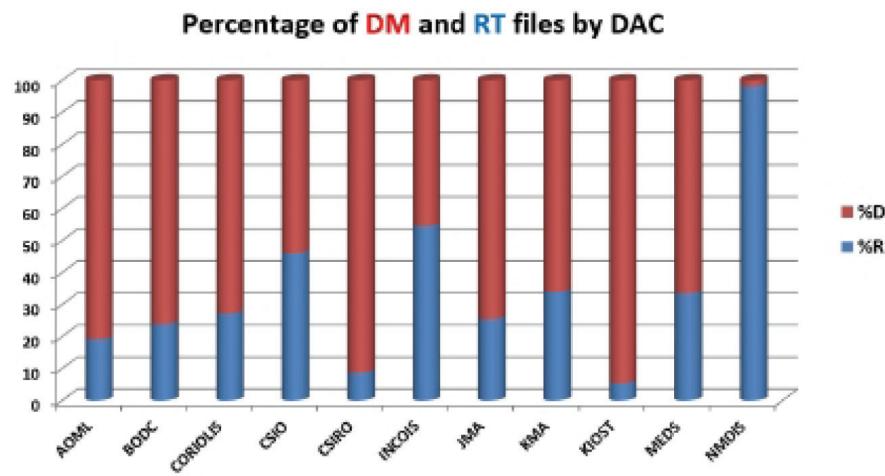


图 2 2020 年 6 月各国 Argo 资料中心提交的实时和延时模式数据文件占比
(蓝色：实时数据；红色：延时模式数据；本站在全球海洋 Argo 系统中的简称为 CSIO)

2、科研进展

(1) 项目进展

2020年1月18日，由本站牵头完成的科技基础性工作专项“西太平洋 Argo 实时海洋调查”重点项目（项目编号 2012FY112300，2012-2017 年），接受了科学技术部基础研究司和国家科技基础条件平台中心组织的专家组在北京铁道大厦举行的项目综合绩效评价。按照科技部基础研究司“关于开展第二批科技基础性工作专项项目综合绩效会议评价的通知”精神和会议日程安排，项目负责人许建平研究员从项目完成情况、人才培养、数据资源汇交、科学价值和应用前景以及组织管理等五个方面进行了汇报；专家组在听取汇报和审阅相关材料后，进行了质询和答疑。按管理部门的规定，各项目验收意见将会在参与本轮综合绩效会议评价的全部项目评价结束后，一并公布。

2020 年 6 月，整编并提交了“印度洋联合海洋与生态研究计划”项目布放在东印度洋海域的 Argo 浮标观测数据；同时，使用野外站开发的水下滑翔机质量控制与处理软件，为本项目布放的 13 台海翼 1000 米级水下滑翔机获取的 3461 条温、盐度剖面数据进行了后期处理与质量控制。

(2) 研究成果

本站首席科学家柴扉研究员领衔，邢小罡和王云涛副研究员等参与撰写的“海洋生物地球化学的自动化观测平台”一文（综述文章），于 2020 年 5 月公开发表在 Nature 子刊《Nature Reviews Earth & Environment》上。该文全面梳理了海洋观测平台的发展脉络（图 3），总结了自动化移动平台的观测优势与发展现状，阐明了移动平台（特别是全球 BGC-Argo 计划）在未来海洋生态学与生物地球化学研究中所处的位置以及多平台协同观测的重要性。在 2019 全球海洋观测大会（OceanObs'19）上，BGC-Argo 计划的实施细节得到了完善，修订后的计划旨在与 Argo 计划更好的互动和协同，从而实现 Argo 计划的长期愿景——“全球性、全面性和多学科性”。未来的区域性海洋调查任务将以多平台协同观测的模式为主，实时同步获取多学科的重要参数（Chai, F., K. S. Johnson, H. Claustre, X. Xing, Y. Wang, E. Boss, S. Riser, K. Fennel, O. Schofield and A. Sutton (2020). Monitoring ocean biogeochemistry with autonomous platforms. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1: 315–326）。值得指出的是，Nature Reviews Earth & Environment 是 Nature Reviews 系列的新创期刊，旨在介绍、总结或梳理地学领域的技术发展、科研成果和知识体系。柴扉研究员和邢小罡、王云涛副研究员等应邀为该刊撰写综述文章，也表明了杭州 Argo 野外站的相关科学研究成果得到了国际同行的充分认同。

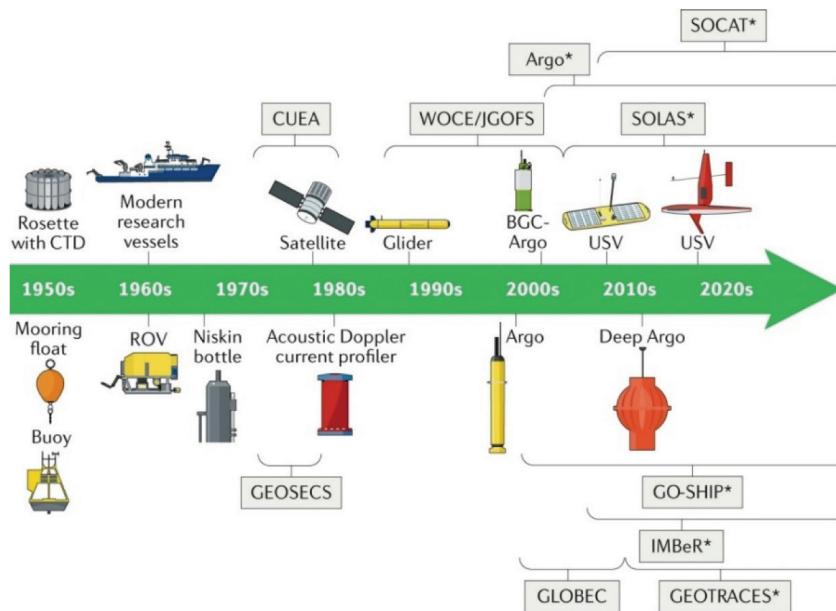


图 3 海洋生物地球化学观测平台与主要国际计划的时间线

由本站站长刘增宏高级工程师撰写的“配备 GPCTD 传感器的‘海翼’型水下滑翔机观测数据的实时质量控制”一文，基于 Argo 数据质量控制的方法和程序，针对国产“海翼”型水下滑翔机在南海和吕宋海峡以东海域观测的温、盐度剖面数据，研究了适用于 GPCTD 传感器测量数据的质量控制方法，并加入了 MEDD 测试和气候态测试步骤，可有效检测异常值和存在漂移的剖面数据；还利用该方法，专门设计了一套针对“海翼”水下滑翔机 CTD 观测数据的处理软件，并推广应用到了印度洋联合海洋与生态研究计划项目获取的水下滑翔机观测数据中。

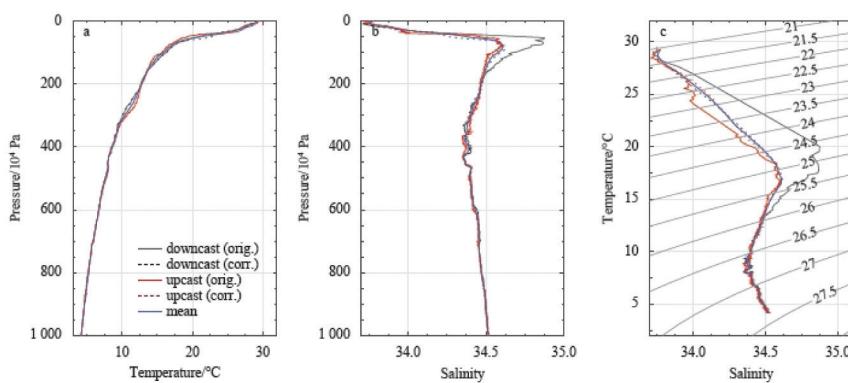


Fig. 8. CTD data observed by Sea-Wing glider 1000J003 in the SCS on May 8, 2015. Temperature (a), salinity profiles (b) and temperature-salinity curves (c) from the glider's downcast (black) and upcast (red). Original and corrected downcast results are respectively shown as solid and dotted black lines whereas the upcast results are shown as red lines. The (five-point) moving mean filtered and average data from the corrected downcast and upcast profiles are shown as blue lines.

该项研究成果 (Liu Zenghong, Xu Jianping, Yu Jiancheng. 2020. Real-time Quality Control of data from Sea-Wing underwater glider installed with Glider Payload CTD sensor, Acta

Oceanologica Sinica, 39(3): 130-140.) 已经公开发表在第一批入选中国科技期刊卓越行动计划期刊上。

据不完全统计，上半年野外站科研技术人员在国内外学术刊物上公开发表论文 5 篇，其中 SCI 论文 2 篇，EI 论文 1 篇；软件登记 1 项（全球 Argo 数据快速接入与质量控制系统，刘增宏、李兆钦、卢少磊、吴晓芬、孙朝辉，登记号：2020SR0290923，授权公告日：2020.3.26）。

3、开放服务

（1）Argo 资料及其衍生数据产品

1) Argo 实时资料

上半年，本站接收到由我国布放的 103 个浮标观测的温、盐度及部分生物地球化学要素剖面共计约 2070 条，经实时质量控制后，全部通过互联网和世界气象组织（WMO）的 GTS，上传至全球 Argo 资料中心和各国气象业务中心，及时与成员国交换共享。

2) Argo 延时资料

截至 2020 年 6 月底，对约 24686 条由我国布放的浮标观测的温、盐度剖面，进行了延时模式质量控制，并通过互联网正式提交至全球 Argo 资料中心。

3) Argo 衍生数据产品

上半年，本站已经完成新版 BOA_Argo 网格资料集的制作工作，使其时间序列由 2004 年 1 月—2018 年 12 月，更新至 2019 年 12 月。该数据集不仅公开发布在杭州 Argo 野外站 / 中国 Argo 实时资料中心网站（www.argo.org.cn）上，而且还同步发布在国际 Argo 官方网站（www.argo.ucsd.edu）上，供国内外用户免费下载、使用。

4) 经质量再控制的 Argo 资料

上半年，本站通过资料交换共享渠道获得的约 37 万条由各国 Argo 资料中心提供的温、盐度剖面，经过更加严格的质量再控制后，除了发布在杭州 Argo 野外站 / 中国 Argo 实时资料中心网站外，还及时推送至国内业务化部门和单位使用。

（2）助力国产剖面浮标海试认证

受国家海洋技术中心和天津深之蓝海洋设备科技有限公司委托，本站开展了新型（COPEX）剖面浮标（使用北斗卫星传输数据）的海试认证工作。2020 年 5 月 11 日，野外站搭载由自然资源部第二海洋研究所工程中心潘国富研究员任首席科学家的南海调查航次，利用《海大》号综合调查船在吕宋岛西北方向的南海海盆区域布放了 3 个由国家海洋技术中心提供的 COPEX 型浮标，并由北斗剖面浮标数据服务中心（中国杭州）直接对浮标观测信息进行接收和解码，整个海试时间将持续 3 个月以上。按照新型剖面浮标海试方案的要求，并考虑到边缘海复杂的地形和水深变化，浮标在自由漂移过程中很容易触底或者搁浅，为此对 3 个试验浮标设置的循环周期、停留漂

移深度和最大剖面观测深度分别为 24 小时、1000 米和 2000 米，预计在整个海试期间（3 个月）每个浮标至少能正常运行 100 个循环。截至 2020 年 6 月底，这些浮标工作正常，已经分别完成了 50 多个循环，累计获得了 150 多条 0-2000 米水深范围内的温、盐度剖面（图 4）。待海试结束后，本站将对该批新型浮标获得的观测信息，按照国际 Argo 组织的要求，从浮标技术性能到观测资料质量等进行全面检验和论证，撰写并提交“COPEX 型剖面浮标示范试验技术分析和资料质量评估报告”。之后，再留给浮标研制单位一段时间，以便对海试中发现的影响浮标技术性能的问题得到圆满解决时，择机申请 Argo 组织进行国际认证。

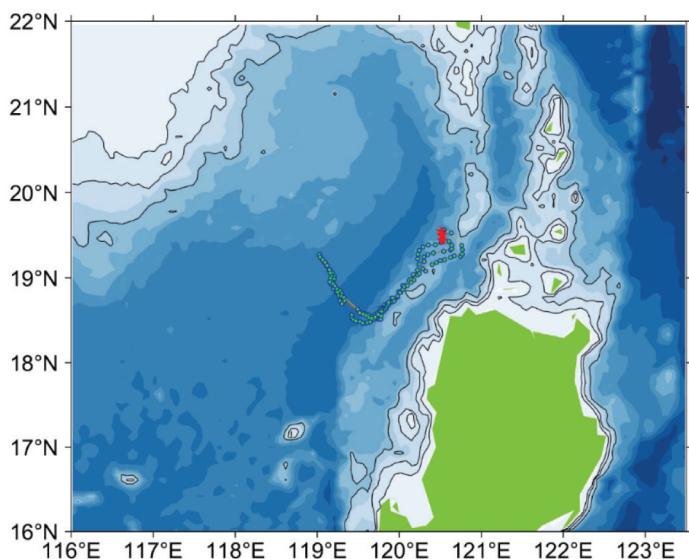


图 4 3 个 COPEX 型浮标漂移轨迹（红色五角星代表最新位置）

2020 年 5 月，本站站长、国际 Argo 资料管理组成员刘增宏高级工程师还受国际 Argo 指导组的邀请，加入了国际 Argo 组织刚刚成立的针对新型剖面浮标和新型传感器的认证工作组，拟对加拿大 RBR 公司研制的 RBR argo CTD 传感器观测的剖面数据进行国际认证。6 月 11 日，该小组借助 ZOOM 视频会议软件举行了第一次讨论会，刘增宏站长应邀参加了会议，并在会前提交了一份由我国 Argo 提供的涉及 RBR argo CTD 传感器观测数据的分析报告，供认证工作组参考。本次会议由国际 Argo 指导组联合主席 Susan Wijffels 教授主持，加拿大 RBR 公司总裁 Greg Johnson 先生和 Mathieu Dever 博士分别就 RBR argo CTD 传感器的使用情况、精度评估、长期稳定性和动态校正方法等，给与会代表进行了全面而有系统的介绍，并逐一回答了工作组专家提出的问题，经质询和探讨，将形成一份会议意见建议报告，供 RBR 公司在改进和完善 RBR argo CTD 传感器技术性能和进一步提高观测数据质量和稳定、可靠性时参考。会议决定，待 RBR 公司对目前暴露的相关技术问题得到基本解决或者明显改进后，再择机举行第二次会议。

(3) 访问与交流

2020年1月，本站许建平研究员受中山大学（珠海校区）大气科学学院、南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）徐丹亚副研究员的邀请，做了题为“Argo2020：迎接一个全球、全海深、多学科海洋观测时代”的学术报告，并回答了师生们提出的有关Argo资料质量控制及其应用方面的问题，还就共同建设与维护南海Argo区域海洋观测网等事宜与南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）特聘专家、原国家海洋环境预报中心总工王彰贵研究员等专家学者进行了探讨。同月，许建平研究员还接受了由中国海洋发展研究会、中国海洋工程咨询协会联合主办，广东省自然资源厅、珠海市人民政府指导的第六届中国海洋地理信息产业新丝路高峰论坛会议组委会的邀请，在“海洋技术与装备分论坛”上做了题为“全球Argo实时海洋观测网建设与展望”的学术报告。

2020年4月，刘增宏站长应邀参加了由国际Argo计划办公室主办的第21次国际Argo指导组年会（ZOOM视频会议），除了按惯例在会前提交了“2019年度中国Argo国家报告”外，还在视频会议期间作了题为“Progress on HM2000 float”的口头报告，对我国首个经国际Argo组织认证的国产剖面浮标的推广应用及其观测数据的质量情况等，向与会的各国代表做了简要介绍和说明。会议互动交流期间，有代表询问了HM2000型剖面浮标的生产成本，也有代表提出该型浮标在全球Argo观测网中的占比太少，希望中国Argo能够加大布放浮标的力度等。

2020年6月23日，刘增宏站长受自然资源部海洋预警监测司邀请，参加了由该司组织召开的专项剖面浮标和表面漂流浮标布放方案视频研讨会，并向与会领导和专家详细汇报了前期受海警司委托制订的专项剖面浮标布放方案，听取了与会代表提出的意见和建议。会后，经修改和补充完善，该方案已经由海洋二所科技处正式提交海警司。

4、运行管理

2020年上半年，野外站在自然资源部第二海洋研究所临安基地安装了两套北斗卫星导航系统的接收天线，并已完成测试等相关工作，具备了业务化接收国产北斗剖面浮标观测信息的能力，在原有北斗剖面浮标数据服务中心（杭州本部）的基础上，又扩建完成北斗剖面浮标数据服务中心（临安基地），使得该中心的软、硬件系统有了双重保险，不仅可以满足国内大批量布放国产剖面浮标的需求，也为国产浮标走出国门、并配套提供浮标观测信息接收和解码服务做足了技术储备。

受自然资源部海洋预警监测司委托，上半年本站还承担完成了部属单位相关专项购置、布放剖面浮标信息的统计任务；在此基础上，对3个海区局前期购买的剖面浮标编制完成了《专项任务剖面浮标布放方案》，已提交主管部门决策参考。

值得指出的是，因受近些年机构改革、职能部门工作调整、研究项目与专项项目衔接脱节，以及近期COVID-19疫情等主客观因素的影响，中国Argo浮标观测网中业务化运行的浮标数量呈

明显下降趋势。然而，造成我国在全球 Argo 实时海洋观测网中活跃浮标数量骤减、国产剖面浮标难觅踪影、国际排名跌出前十，从而影响到我国在国际 Argo 成员国中声誉的直接原因，似乎不是浮标观测网建设运行经费不足，也不是国产剖面浮标的产能受限，更不是采购和布放浮标的数量太少，而是未能做到物尽其用，导致宝贵的浮标资源浪费，甚至损失严重。为此，建议上级管理部门进一步重视和强调我国实时 Argo 剖面浮标观测网建设维护的重要性和必要性，并要求部属拥有剖面浮标资源的单位和项目负责人，能以国家利益为重，将各自布放的浮标观测信息，能统一委托 Argo 野外站接收、解码和质量控制等，以确保 Argo 资料的质量，共同为我国 Argo 计划的组织实施，以及提升我国在国际 Argo 成员国中的地位和作用做出积极贡献。

5、下半年主要工作任务

按照部办公厅《关于印发 2020 年全国海洋预警监测工作方案的通知》(自然资办发[2020]11 号)精神及其《工作方案》中明确的“自然资源部第二海洋研究所负责……中国实时 Argo 浮标观测网业务化运行的技术支撑工作”和“负责本单位各类海洋观测数据的传输和汇交”等任务，杭州 Argo 野外站将在部科技发展司和海洋监测预警司的引领下，积极配合各海区局完成已购剖面浮标(约 110 个)的海上布放，以及所有剖面浮标观测资料的接收和质量控制工作，并按要求及时推送部属业务部门和各海区局；同时，在前期做足充分准备的基础上，争取海洋观测专项中 400 多个国产剖面浮标布放任务能尽早落地并实施，争取在年底前能布放一批该任务浮标，以便能及时弥补我国实时 Argo 浮标观测网中活跃浮标明显下降的局面，进一步巩固我国在 Argo 成员国中的地位和作用。同时，将以高标准、严要求来推进野外站的自身发展和壮大，遵循国家野外站观测、研究、示范和服务的科学定位，面向国际前沿科学问题和国家重大需求，开展长期稳定的连续观测和试验研究及示范应用，以促进 Argo 资料及其衍生数据产品在更大范围内的开放共享与服务，收获更多的原创性科技成果，进一步改进和提高我国海洋和天气 / 气候科学领域中业务化预测预报的精度和基础研究的水平。

(杭州 Argo 野外站办公室)

青山湖科技城引进创新载体专项经费项目

——杭州 Argo 野外站单元执行情况报告

2016 年 9 月，杭州市科委和青山湖科技城管委会设立青山湖科技城引进高端创新载体专项经费项目，以支持进驻青山湖科技城的科技创新协同平台开展工作。经青山湖科技城管委会审核、推荐，由自然资源部（原国家海洋局）第二海洋研究所青山湖海洋科技创新协同平台申报的青山湖科技城引进高端创新载体专项经费项目获得杭州市科委的正式批准，财政补助 240 万元用于购置设备、仪器设备维修、高层次人才引进、调研设计科研项目和创新服务平台运行等，其中自然资源部全球海洋 Argo 系统野外科学观测研究站（简称“杭州 Argo 野外站”）/ 中国 Argo 实时资料中心，作为青山湖海洋科技创新协同平台的重要组成部分，从设备费中获得了购置 2 个国产剖面浮标及其观测信息接收系统（含北斗卫星接收天线、北斗上位机和接收软件等）的资助。项目执行期为 2017-2019 年。

青山湖海洋科技创新协同平台提出的载体建设目标是：在我国实施“海洋强国战略”以及“一带一路”建设规划和我省“建设海洋经济强省”的伟大目标下，建设包括海洋调查和监测技术支撑与服务、海洋样品的保存和测试分析、海洋仪器装备研发与共享、海洋标准物质研制与生产、海洋数据库建设与应用及海洋技术和信息服务等方面形成立体化、自动化、智能化和共享合作的高水平海洋科技创新服务平台，为从海面、水体、生物、海底到深部都要“看得清、道得明、报得准”的“智慧海洋”奠定坚实基础。其建设内容包括：1) 海洋样品库建设和自动信息化管理；2) 高精尖海洋测试中心的建设和共享；3) 标准物质的制备和服务；4) 海洋大数据的建设和发布；5) 海洋数据产品的整合、处理和应用等。创新载体的发展规划为，拟在 5 年内建设成为从海洋现场调查、仪器装备研发、样品保管、标准物质制备、大数据共享到专业数据产品服务的立体化、自动化、智能化和共享合作的高水平海洋科技创新协同服务平台。建设进度安排为：1) 2017 年进行仪器设备和软件管理系统的购买、安装和人才引进；2) 2018-2019 年进行仪器设备的调试和人才队伍建设等。创新载体拟采取“开放平台 + 核心技术支撑”的运行机制。其中设立“开放平台”主要是为了“服务海洋浙江”，设置数据样品管理中心、业务培训服务中心、标准物质中心、海况预报中心等 4 个业务中心，通过引进集聚国家与地方各领域海洋人才，构建海洋发展战略智库，给予必要的科研条件和服务环境，实施项目运作等；“核心技术支撑”是指以海洋二所多年积累的软硬件设备、核心技术、业务经验，全力支撑平台运行。

面向社会公众服务的则还有基于海洋卫星地面站、Argo 数据中心、海洋生物样品库、海洋沉积物和岩石样品库、标准物质及数值计算中心等产出的样品、数据、图件、模式、预报、仪器设备、技术和理论等。

杭州 Argo 野外站不仅是自然资源部第二海洋研究所（SIO/MNR）和卫星海洋环境动力学国家重点实验室（SOED）的重要科技支撑平台，而且还是实施我国 Argo 计划和建设中国 Argo 大洋观测网的执行单位和科研创新团队，代表中国参与了国际 Argo 计划的组织实施及其全球 Argo 实时海洋观测网的建设维护，是国际 Argo 组织认可的国家级 Argo 资料中心之一；创建的“北斗剖面浮标数据服务中心（中国杭州）”是继 ARGOS 卫星地面接收中心（法国图卢兹）和 Iridium 卫星地面接收中心（美国马里兰）之后，第 3 个为全球 Argo 实时海洋观测网提供剖面浮标观测数据传输的国家中心。自 2002 年以来，杭州 Argo 野外站一直肩负着 Argo 系统中剖面浮标及其所携带的各种传感器的试验示范与认证推广、观测网的优化布局与深化拓展、观测数据的接收解码与校正处理、观测资料的质量控制与质控方法研究、网格数据集制作与衍生数据产品研制、Argo 资料国际交换与开放共享，以及 Argo 数据的示范应用与科普宣传推广等科技基础性工作。在西太平洋、北印度洋和南海（即“两洋一海”）海域布放了 400 多个剖面浮标，维持了一个由约 100 个活跃浮标组成的中国 Argo 大洋观测网，形成了我国对深海大洋长期监测的能力。近 5 年里，共接收来自国际 Argo 计划其他成员国布放的 6243 个浮标观测的 49.5 万条剖面；接收和处理我国布放的 189 个浮标获取的 12910 条剖面，进行质量控制后通过杭州 Argo 野外站 / 中国 Argo 实时资料中心网站及其 FTP 服务器进行共享。随着国际 Argo 计划的不断深入和全球 Argo 实时观测网建设的不断完善，这些源源不断的、覆盖全球海洋的实时、高分辨率、高质量的 Argo 资料，已经在我国海洋和大气等领域的业务系统中得到广泛应用。如国家海洋环境预报中心的西北太平洋、印度洋和全球预报系统及气候预测研究模式，国家海洋信息中心的再分析系统及其研发的海洋环流模式等，均已将 Argo 资料作为重要的数据源纳入其同化系统，实现了业务化运行。此外，中国气象局、国家气候中心、一些涉海科研单位、高校也在其业务化和科研项目中大量使用 Argo 资料。越来越多的应用实践证明，Argo 资料在提高我国海洋和天气 / 气候预测预报的精度上起到了举足轻重的作用。

2018 年，杭州 Argo 野外站（临安基地）使用自然资源部第二海洋研究所青山湖海洋科技创新协同平台申请获得的青山湖科技城引进高端创新载体专项经费，通过政府采购公开招标程序，向国家海洋技术中心采购了 2 个国产北斗剖面浮标，并于 2019 年上半年运抵杭州，找到的合适布放航次是在 12 月底。

为了做好这 2 个国产新型浮标观测信息的接收工作，在本站临安基地专门安装了一套北斗天线、上位机和接收系统（图 1），通过反复测试、调整，工作一切正常，可业务化接收来自

COPEX 型剖面浮标的观测信息；与此同时，还安装调试了另一套能接收 HM2000 型剖面浮标的北斗接收系统。这两套系统将作为杭州 Argo 野外站（海洋二所本部）的重要备份，承担我国实时 Argo 剖面浮标观测网中北斗剖面浮标观测信息的接收任务。



图 1 安装北斗天线（左）和北斗上位机及接收系统（右）

2019 年 12 月中旬，按计划将 2 个 COPEX 型浮标从杭州运抵广州，并派专人对浮标进行了装船出航前的各项测试，搭载南海局“向阳红 14”号科学调查船布放在南海海域。同月 26 日和 28 日，2 个 COPEX 型剖面浮标被顺利布放入水，并先后收到了各自的观测信息。考虑到南海海域海底地形比较复杂，自由漂移的浮标随时都有可能搁浅、触底，为了尽可能在浮标生存期内获取更多的观测剖面，故对观测周期由原来的 4-5 天一个剖面，缩短为 1 天；漂移深度为 1000 米，剖面最大观测深度为 2000 米。浮标相关信息详见表 1，漂移轨迹如图 2 所示。

表 1、2 个 COPEX 型剖面浮标观测信息统计

浮标编号	布放位置	观测周期 (小时)	漂移深度 (米)	观测深度 (米)	起止观测时间	剖面总数 (条)
240629	117.86°E, 19.90°N	24	1000	2000	2019/12/26- 2020/02/19	59
208816	118.92°E, 20.51°N	24	1000	2000	2019/12/28- 2020/03/29	91

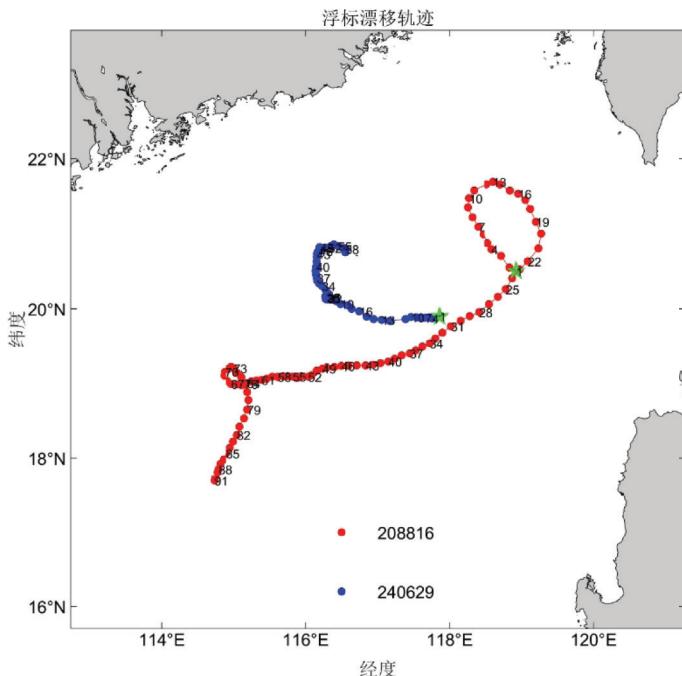


图 2 浮标漂移轨迹

值得指出的是，利用北斗卫星导航系统传输观测信息的 COPEX 型剖面浮标，一旦上浮到海面，除了可以快速传回观测的剖面信息外，还可以在位于杭州或者临安的北斗剖面浮标数据服务中心的实验室内，与海上浮标进行双向通讯；一旦遇到浮标搁浅的特殊情况，可以及时发送指令调整浮标的最大剖面观测深度，以及观测循环周期等。

到 2020 年 2 月 19 日和 3 月 29 日，这 2 个浮标先后停止工作，分别获得了 59 条和 91 条有效观测剖面。通过本站技术人员对浮标观测信息的解码和处理，并经过严格的实时和延时模式质量控制，以及与附近历史观测的剖面数据比较、佐证，表明这 2 个浮标观测的剖面数据质量是有保证的，且满足国际 Argo 计划对剖面浮标的观测精度（温度 0.005°C、盐度 0.01、压力 2.4dbar）要求，其全部观测资料不仅进入了由本站建立的南海 Argo 数据库，还将作为该新型国产剖面浮标申请国际 Argo 组织认证的重要依据。为此，感谢杭州市科委和青山湖科技城管会对自然资源部（原国家海洋局）第二海洋研究所青山湖海洋科技创新协同平台——杭州 Argo 野外站（临安基地）单元提供的资助和大力帮助！

（李兆钦，孙朝辉）

Variability of the Subantarctic Mode Water volume in the South Indian Ocean during 2004-2018

Yu Hong^{1,2}, Yan Du^{1,2,3}, Tangdong Qu⁴, Ying Zhang^{1,2}, Wenju Cai^{5,6}

- (1、State Key Laboratory of Tropical Oceanography, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, China;
2、Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Guangzhou), Guangzhou, China;
3、University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China;
4、Joint Institute for Regional Earth System Science and Engineering, University of California, Los Angeles, CA, 90095, USA;
5、Centre for Southern Hemisphere Oceans Research (CSHOR), CSIRO Oceans and Atmosphere, Hobart 7004, Tasmania, Australia;
6、Key Laboratory of Physical Oceanography, Institute for Advanced Ocean Studies, Ocean University of China and Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao, China)

An analysis of Argo data reveals that the subantarctic mode water (SAMW) in the South Indian Ocean (SIO), characterized by a vertical potential vorticity (PV) minimum, decreases by 10% in volume from 2004 to 2018. Most of this decrease occurs at the $26.8\text{-}26.9 \text{ kg m}^{-3}$ density range which forms southwest of Australia, while a slight volume increase occurs at $26.6\text{-}26.8 \text{ kg m}^{-3}$. Further analysis indicates that the weakening of the Mascarene High and westerly winds in the SIO reduces the evaporation-precipitation, surface heat flux, and Ekman pumping and shoals the mixed layer southwest of Australia, which leads to a volume decrease at $26.8\text{-}26.9 \text{ kg m}^{-3}$ in approximately 3 years. West of 90°E , the parameters exhibit the opposite change, leading to a volume increase at $26.6\text{-}26.8 \text{ kg m}^{-3}$. This result suggests that surface winds play an important role in the variability of the SIO SAMW volume during the Argo period.

(摘自 Geophysical Research Letters, 2020, DOI: 10.1029/2020GL087830)

Assimilation of mid-depth velocities from Argo floats in the western South China Sea

Pinqiang Wang¹, Weimin Zhang^{1,2}, Huiyan Wang¹, Haijin Dai¹, Xiaohui Wang^{1,3}

- (1、College of Meteorology and Oceanography, National University of Defense Technology, Changsha, China, 410073;
- 2、Laboratory of Software Engineering for Complex Systems, Changsha, China, 410073;
- 3、Delft Institute of Applied Mathematics, Delft University of Technology, Delft, Netherlands)

Previous studies are mainly limited to temperature and salinity (T/S) profiling data assimilation, while data assimilation based on Argo float trajectory information has received less research focus. In this study, a new method was proposed to assimilate Argo trajectory data: the mid-depth (indicates the parking depth of Argo floats in this study, ~1200 m) velocities are estimated from Argo trajectories and subsequently assimilated into the Regional Ocean Model System (ROMS) Model using 4DVAR (4-dimensional variational) method. This method can avoid a complicated float trajectory model in direct position assimilation. The two months assimilation experiments in South China Sea (SCS) showed that this proposed method can effectively assimilate Argo trajectory information into the model and improve mid-depth velocity field by adjusting the unbalanced component in the velocity increments. The assimilation of the Argo trajectory-derived mid-depth velocity with other observations (satellite observations and T/S profiling data) together yielded the best performance, and the velocity fields at the float parking depth are more consistent with the Argo float trajectories. In addition, this method will not decrease the assimilation performance of other observations (i.e., sea level anomaly (SLA), sea surface temperature (SST), and T/S profiles), which is indicative of compatibility with other observations in the 4DVAR assimilation system.

(摘自 Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2020, 37, 141-157)

Evaluation of the China Ocean Reanalysis (CORA) in the South China Sea

FAN Maoting¹, WANG Huizan¹, ZHANG Weimin^{1, 2}, HAN Guijun³, WANG Pinqiang¹

(1、College of Meteorology and Oceanography, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;
2、Key Laboratory of Software Engineering for Complex Systems, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;
3、School of Marine Science and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

The daily regional reanalysis product of the China Ocean Reanalysis (CORA) product was released in website in 2018. Using in situ observational data including Argo profiling floats, drifters, and cruise data, the performance of CORA in the South China Sea in terms of temperature, salinity, current and mixed layer depths is evaluated based on timescale (seasonal and interannual) and spatial distribution characteristics. The CORA temperature, salinity, and mixed layer depth show certain seasonal and interannual variations. In 50–400 m depth in the SCS, the CORA temperature is colder in winter and warmer in summer and autumn. In 0–150 m in the SCS, the CORA salinity is higher in most time of the year. However, in the second half of the year, the salinity is slightly weaker in 100–150 m depth. In most years, the CORA mixed layer depths tend to be shallower, and in season, shallower in winter and deeper in summer. In spatial distribution, the closer the area is to the coast, the greater the CORA errors would be. The CORA temperature is colder in the western side and warmer in the eastern side, resulting in a weaker SCS western boundary current (SCSwbc). In most areas, the CORA mixed layer depths are shallower. In the area close to the coast, the CORA mixed layer depths change rapidly, and the deviations in the mixed layer depths are larger. In the central SCS, the CORA mixed layer depths change slowly, and the deviations in the mixed layer depths are also small.

(摘自 Journal of Oceanology and Limnology, 2020, <https://doi.org/10.1007/s00343-019-9146-1>)

Trajectory Clustering Based Oceanic Anomaly Detection Using Argo Profile Floats

Wen-Yu Cai¹, Zi-Qiang Liu¹, Mei-Yan Zhang²

(1、College of Electronics and Information Hangzhou Dianzi University, Hangzhou, China;
2、School of Electrical Engineering Zhejiang University of Water Resources and Electric
Power, Hangzhou, China)

The observation data of Argo profile floats are very crucial for long-term climate change and natural variability, which reflect three-dimensional distribution of temperature and salinity in the sea. In order to solve the anomalies in the profile caused by uncertainties factors, this paper proposes a novel anomaly detection method for Argo profile floats using an improved trajectory clustering method to discriminate normal and abnormal. The proposed algorithm partitions Argo data into a set of line segments, and then clusters line segments to get rid of noisy data, finally recovers the line segments to the raw data accordingly. As a result, the proposed oceanic anomaly detection method subtly converts the sequence data into line segments for anomaly detection, which considers both positional relationship and trend of data source. Extensive experiments on real dataset from Argo floats verify that our method has better results under different conditions compared to existing methods such as LOF and DBSCAN.

(摘自 Springer International Publishing, Cham. 2020, 498-508, https://doi.org/10.1007/978-3-030-41114-5_37)



Global Argo data fast receiving and post-quality-control system

Zhaoqin Li^{1,2}, Zenghong Liu^{1,2}, Shaolei Lu^{1,2}

(1、State Key Laboratory of Satellite Ocean Environment Dynamics,
Hangzhou 310012, China;

2、Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources,
Hangzhou 310012, China)

Within the past 20 years, the international Argo program has acquired more than 2 million temperature and salinity profiles throughout the global ocean. It has become the most efficient means of obtaining ocean observations from upper-intermediate layers. The profile data provided by the Argo Global Data Assembly Centres (GDACs) are submitted by 11 data centres in 9 countries after undergoing quality control. However, because the quality of the submitted data lacks uniformity, users must conduct post-quality-control processing prior to using the data. For this purpose, the China Argo Real-Time Data Centre (CARDC) has developed a system to achieve both rapid global Argo data reception and post-quality-control processing of all temperature and salinity profiles. Already in operation, the system allows daily transfer of global post-quality-controlled Argo data to various operating divisions. The system synchronizes with the GDAC server once each day, extracts all updated Argo profiles, and then automatically reads the data and performs a post-quality-control process comprising 15 quality control tests. The automatic post-quality-control system can detect errors in observation time and satellite fix, as well as identify temperature and salinity spikes, frozen profiles, density inversions and salinity drift/offset. The data quality following the post-quality-control processing has been shown improved effectively. In the future, it is expected that CARDC will update the Argo global ocean observational data set once a quarter.

(摘自 Earth and Environmental Science 502 (2020) 012012, doi:10.1088/1755-1315/502/1/012012)



北太平洋副热带海区动力高度与净初级生产力相关性研究

李娜, 甘波澜

(中国海洋大学物理海洋教育部重点实验室, 山东 青岛 266100)

在中低纬度常年层化的海区, 净初级生产力(NPP)的变化与多变量ENSO指数(MEI)具有很强的一致性, 与海表面温度(SST)具有很好的负相关关系。然而MEI和SST作为海洋层化强弱的间接指示量, 不能直接表征海洋物理过程如何调控在海洋中具有一定垂向分布特征的浮游

植物贡献的 NPP。本文利用 2004-2014 年卫星遥感产品 NPP、Argo 温盐数据计算得到的动力高度 (DH) 以及 ECMWF 再分析资料的 SST 月平均数据, 分析了北太平洋副热带环流区 DH 和 NPP 在季节和年际尺度上的关系。结果表明, 动力高度的变化与海洋净初级生产力的变化在季节和年际尺度上存在显著的负相关关系, 这很可能是由动力高度变化引起的 SST 和温跃层变化共同作用导致。分析还表明, 上层海温引起的动力高度场年际变化对 NPP 具有主导影响。

(摘自 中国海洋大学学报(自然科学版), 2020, 50 (5) : 1-10.)



五套海洋模式产品赤道太平洋中层流的评估

周永远^{1,2}, 闫运伟^{*1,2}, 邢小罡^{1,2}, 柴扉^{1,2,3}

(1、卫星海洋环境动力学国家重点实验室, 浙江 杭州 310012;
2、自然资源部 第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012;
3、美国缅因大学 海洋科学学院, 缅因州 欧洛诺市 04469)

本文以 Argo 轨迹资料计算的赤道太平洋中层流 (1000 m 深度流场) 作为实测数据, 从空间结构特征和时间变化特征两方面对五套常用海洋模式产品 (OFES、LICOM、HYCOM、ECCO2 和 SODA) 进行了评估。Argo 流场显示赤道太平洋中层流呈条带状结构, 且存在明显的西强东弱和南强北弱特征。此外, 赤道太平洋中层流存在明显的季节变化且其相位关于赤道对称。五套模式产品的评估结果表明, SODA 流场与实测最接近, 其时空变化特征都与实测流场基本一致; 其次是 ECCO2 流场, 除流场动能偏小以外, 其他各方面都与实测流场一致; OFES、LICOM 和 HYCOM 流场较差, 但都能再现条带状结构特征。

(摘自 海洋学研究, 2020-05-29 网络首发)

杭州 Argo 野外站重要活动（续）

● 2020 年 4 月 14-17 日，刘增宏高工代表我国 Argo 计划参加了由国际 Argo 计划办公室主办的第 21 次国际 Argo 指导组年会（AST-21）ZOOM 视频会议，并作了题为“Progress on HM2000 float”的口头报告。

● 2020 年 5 月 11 日，野外站受国家海洋技术中心和天津深之蓝海洋设备科技有限公司委托，搭载由自然资源部第二海洋研究所工程中心潘国富研究员任首席科学家的南海调查航次，利用《海大》号综合调查船在南海吕宋岛西北海域布放了 3 个由国家海洋技术中心提供的（使用北斗卫星通讯）COPEX 型剖面浮标，并由北斗剖面浮标数据服务中心（中国杭州）直接对这些浮标的观测信息进行接收和解码。按照约定，野外站将对该新型浮标进行小批量海试和技术认证工作。

● 2020 年 5 月 12 日，刘增宏高级工程师受邀访问了天津深之蓝海洋设备科技有限公司，并在郭岳山副总经理的陪同下参观了“海翼”水下滑翔机、“橙鲨”自主水下航行器（AUV）等移动观测设备的生产线，还就该公司与国家海洋技术中心生产的 COPEX 型剖面浮标的技术性能、数据质量、存在问题以及后续开展国内外认证等事宜，进行了交流与讨论。

● 2020 年 5 月 26 日，刘增宏站长与来访的青岛海山海洋装备有限公司张立杰总经理一行，就该公司生产的 HM2000 型剖面浮标的技术性能、技术改进和 CTD 传感器供货等议题展开了交流与讨论，并达成共识，双方将携手为我国 Argo 实时海洋观测网的建设和长期运维提供必要的技术支撑。



● 2020 年 6 月 7 日，刘增宏站长应邀参加了由自然资源部第二海洋研究所、卫星海洋环境动力学国家重点实验室（SOED）主办、自然资源部海洋生态系统动力学重点实验室、浙江省科协、浙江省科学传播中心和浙江省科技馆等单位协办的“2020 公众科学日 / 世界海洋日”科普直播活动，

通过 PPT、小实验、实物讲解和球幕电影等形式，为公众再次奉献了有关 Argo 探秘海洋的科普报告，约 70 万人次通过 SOED 公众号、中国自然资源报学习强国号、新浪微博平台以及省科协“科学汇”APP、浙江在线等平台同步观看了直播。



●2020 年 6 月 11 日，根据 AST-21 次年会（视频会议）达成的共识而成立的 RBR argo CTD 数据任务组，通过 ZOOM 视频会议软件组织召开了第 1 次讨论会。会议由国际 Argo 指导组联合主席 Susan Wijffels 教授主持，专家组成员聆听了加拿大 RBR 公司总裁 Greg Johnson 先生和 Mathieu Dever 博士对 RBR argo CTD 传感器的使用情况、精度评估、长期稳定性以及动态校正方法等详细介绍后，提出了质询和探讨。刘增宏站长作为专家组成员应邀参加了会议，并在会前提交了一份由我国 Argo 计划布放的一个携带 RBR CTD 传感器的 APEX 型剖面浮标观测的原始数据及其校正结果的书面材料，供任务组参考使用。

●2020 年 6 月 12 日，刘增宏站长向来访的上海交通大学电子信息与电气工程学院刘景全研究员一行详细介绍了国内外 Argo 计划发展现状以及野外站承担的职责和所取得的成果等情况，双方还就进一步加强联系，展开合作等事宜进行了交流与探讨。



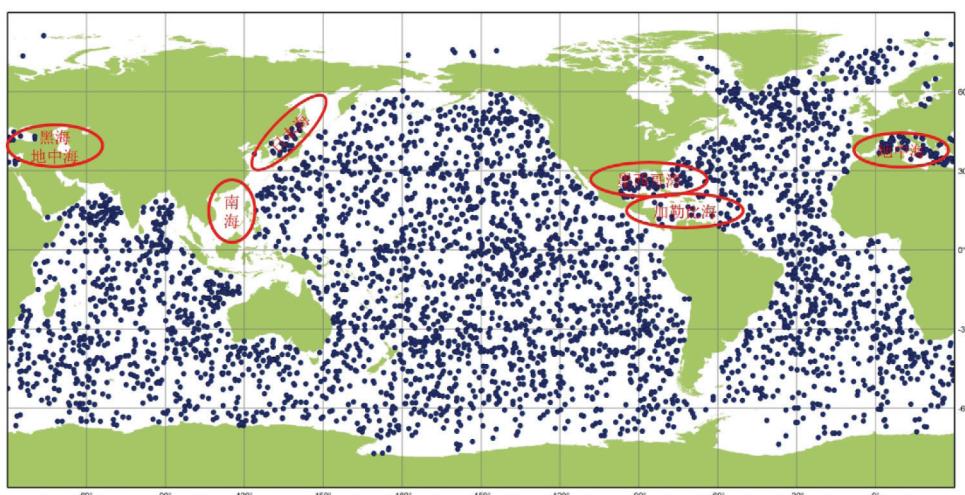
● 2020 年 6 月 23 日，自然资源部海洋预警监测司组织召开了专项剖面浮标和表面漂流浮标布放方案视频研讨会，来自部属各海区局、业务中心和研究所的 20 余名专家和领导参加了会议。刘增宏站长详细汇报了前期受海警司委托、编制的专项剖面浮标布放方案。在听取了各单位专家的意见、建议基础上，又对方案做了补充完善，作为专项任务的重要技术支撑。

(刘增宏，孙朝辉)



南海 Argo 区域海洋观测网运行现状（续）

据国际 Argo 信息中心的统计结果表明，当前南海 Argo 区域海洋观测网内没有剖面浮标在海上正常工作，一直处于“有网无标”的尴尬局面。当然，也不排除其他国家实际布放了浮标但没有及时公开发布信息的可能性。



全球海洋及主要边缘海活跃浮标分布（止 2020 年 6 月 30 日）

下表给出了当前全球 6 个主要边缘海中活跃浮标数量与计划布放浮标的统计结果。可以看到，墨西哥湾（35 个）、日本海（22 个）、地中海（70 个）和黑海（10 个）等 4 个边缘海中活跃浮标的数量已经达到甚至远远超过计划布放浮标的数量，处于超饱和状态，可适度降低布放新浮标的频次；加勒比海（15 个）则还远远没有达到国际 Argo 计划要求的最低布放标准（38 个）；而南海 Argo 区域观测网则仍处于空白状态。

统计要素 布放海域	当前活跃浮标 数量(个)	计划布放浮标 数量(个)	完成比例 (%)	2018年至今布放 数量(个)
南 海	0	22	0	3
地中海	70	56	125	58
日本海	22	16	138	11
墨西哥湾	35	20	175	24
加勒比海	15	38	39	4
黑 海	10	10	100	5

(卢少磊)



2020 版全球海洋 Argo 网格数据集 (BOA_Argo) 正式发布

2020 年 5 月 22 日，由杭州全球海洋 Argo 系统野外科学观测研究站制作的 2020 版全球海洋 Argo 网格数据集 (BOA_Argo) 正式在线发布。该数据集使用的 Argo 数据来源于野外站收集和整编的全球海洋 Argo 散点资料集，所有剖面数据均经过质量再控制（具体请参考 ftp://ftp.argo.org.cn/pub/ARGO/global/doc/Argo_dataset_V3.0.pdf），温、盐度剖面数量总计 199.8 万条（未经质量再控制之前的剖面数量为 214 万余条）。

新版 BOA_Argo 数据集时间范围为 2004 年 1 月—2019 年 12 月，时间分辨率为逐年逐月，空间范围为 180°W—180°E, 80°S—80°N，水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$ ，垂向分辨率为 0—2000 dbar 范围内的 58 层。需要说明的是，由于 2019 年 3 月之后，南海 Argo 区域海洋观测网内已无活跃剖面浮标，从而导致南海区域无观测增量加入，因此该网格资料集在 2019 年 3 月之后南海范围内仅反映气候态状态，故提醒用户谨慎使用。

该网格数据集下载地址为 ftp://data.argo.org.cn/pub/ARGO/BOA_Argo/，并通过国际 Argo 计划办公室网站 (http://www.argo.ucsd.edu/Gridded_fields.html) 同步发布。

(卢少磊)

第三次征集“Argo 资料应用证明”的反馈情况报告

在世界上 40 多个国家和团体的共同努力下，国际 Argo 计划早在 2007 年 10 月就已在全球大洋无冰覆盖的公共水域建成由 3000 个自动剖面浮标组成的“核心 Argo”海洋观测网；2013 年，随着剖面浮标和新颖传感器技术的不断创新发展，该计划又提出继续向有冰覆盖的两极海区、赤道、西边界流区和重要边缘海（包括日本海、地中海、黑海、墨西哥湾和南中国海等）拓展，建设至少由 4000 个剖面浮标组成的“全球 Argo”海洋观测网，并派生出了“生物地球化学 Argo”（简称“BGC-Argo”）和“深海 Argo”（简称“Deep Argo”）等子计划；2018 年底，当海上正常工作的浮标数量即将维持在预期的 4000 个目标之际，国际 Argo 指导组（AST）又运筹帷幄地抛出了一份“Argo2020 愿景”规划，提出在 2025 年之前建成由 4700 个剖面浮标组成的全球（包含有冰覆盖的南北极海域和重要边缘海区域）、全海深（0—6000 米）、多学科（包括物理海洋和生物地球化学等 10 多个海洋环境要素）海洋观测网，并承诺继续给予广大用户最好、最大化的利用 Argo 数据的无障碍环境（免费共享），以进一步促进 Argo 资料及其衍生数据产品在科研教育、海洋资源开发、蓝色经济发展和气候变化适应等科学和社会领域的广泛应用。截止 2020 年 3 月底，国际 Argo 计划在全球海洋中累计布放了约 16500 个剖面浮标，在海上正常工作的浮标总数一度已超 4000 个。除了常规的温、盐度和压力观测外，还包括了溶解氧、pH、硝酸盐、叶绿素等生物地球化学要素。

据国际 Argo 计划办公室提供的一份统计材料表明，从 1998 年以来，全球 31 种主要学术刊物上发表的与 Argo 有关的研究论文数量明显呈逐年上升的趋势，到 2020 年 3 月累计已经超过 4100 篇。其中 2010 年以来每年发表的论文数量都在 200 篇以上，2019 年已接近 500 篇。在统计的 50 多个国家中，我国科学家发表的论文数量（约 680 篇）仅次于美国（约 1190 篇），排名第二，彰显了我国在 Argo 资料应用研究领域中的地位和作用；同时，也向人们展示了 Argo 资料广阔的应用前景，以及从根本上提高海洋和气候预报精度所带来的希望。

然而，遗憾的是，从最近一次（2020 年 3-6 月）由杭州 Argo 野外站 / 中国 Argo 实时资料中心征集国内用户“Argo 资料应用证明”的反馈情况来看，似乎差强人意。本次征集活动通过邮寄（纸质版）和邮箱（电子版）共计发送信函 200 余份，约 125 人；同时，征集信函还公开发布在中国 Argo 实时资料中心网站（www.argo.org.cn）上。截止 6 月底，共收到来自中国海洋大学、河海大学、上海海洋大学、中国科学院海洋研究所、中国科学院南海海洋研究所、中国水产科学研究院东海水产研究所和自然资源部第一、第三海洋研究所等单位提供的“应用证明”9 份，回收率仅为 7%。

再回顾一下以往两次征集活动，其中第一次（2012年3月）收到了中国海洋大学、北京大学、厦门大学、解放军理工大学、中国科学技术大学、中国科学院海洋研究所、中国科学院南海海洋研究所、国家海洋局第一海洋研究所、中国水产科学研究院东海水产研究所、总参气象水文空间天气总站、海军大连舰艇学院、中国卫星海上测绘部等单位寄回的应用证明18份，回收率为16%；第二次（2017年3月）收到了国家气候中心、国家气象信息中心、科技部国家遥感中心、国家海洋环境预报中心、国家海洋局南海预报中心、中国海洋大学、河海大学、厦门大学、解放军理工大学、中国科学技术大学、上海海洋大学、广东海洋大学、中国科学院大气物理研究所、中国科学院海洋研究所、中国科学院南海海洋研究所、中国水产科学研究院东海水产研究所、浙江省水利河口研究院、中国卫星海上测绘部、31010部队和61741部队等单位寄回的应用证明27份，回收率为20%。可以看到，第三次“应用证明”的回收率不升反降，甚至所有三次征集活动的回收率均没有超过25%。是国内用户对这样的征集活动有所反感、抵触？还是国内对Argo资料的应用热度已经开始下降？或者说国际Argo计划办公室提供的各国科学家利用Argo资料公开发表研究论文数量的统计结果有误？

在回答上述问题之前，让我们首先浏览一下本次收集的有限应用证明中，相关单位和科研人员又是如何应用和评价Argo资料的。由中国海洋大学提供的应用证明表示，承担国家重点研发计划“全球变暖‘停滞’现象辨识与机理研究”项目组的科研人员，利用Argo剖面数据、格点数据和热含量产品等，研究了全球各大洋的区域热含量变化、Under Water和Mode Water的变异及其与全球变暖停滞的关系等，取得了一系列成果，部分发表在国际著名期刊，如《Journal of Geophysical Research-Oceans》上等；中国科学院海洋研究所提出，科研人员基于Argo数据研究了热带太平洋海温的季节变异及其动力机制、不同类型El Niño期间热带太平洋盐度的变异特征及其机理等，相关成果发表在国际著名期刊《Journal of Marine Systems》；中国科学院南海海洋研究所提出，利用Argo轨迹和温盐剖面数据对南海环流、印度洋环流和南大洋模态水等进行了研究，其研究成果发表在《Geophys.Res.Lett.》、《J. Geophys.Res.-Ocean》、《J.Phys.Oceanogr.》和《热带海洋学报》等学术刊物上；河海大学指出，本单位利用Argo实时温盐剖面资料等重构的海洋三维温度、盐度和流场数据集，明显改善了海洋三维温度、盐度和流场实况分析精度，提高了水下动力环境实时分析和预报能力；上海海洋大学科研人员利用Argo数据对南极底层水生成过程中涉及的物理机制及其淡化/暖化现象进行了定量研究，发现双扩散对流中的“扩散对流”混合形式对高密度陆架水的生成起到了关键作用，且文生湾底层水可能对南极底层水的淡化也有贡献；自然资源部第三海洋研究所的科研人员利用Argo温盐资料，研究了印度洋阿拉伯海高盐水入侵孟加拉湾的季节和年际变化，并探讨了ENSO、IOD等事件对阿拉伯海高盐水入侵孟加拉湾的调制机制，将有助于加深对热带印度洋热力、动力结构变异及其相关的海气相互作用的理解；中国水产科学

研究院东海水产研究所提到，科研人员基于 Argo 数据可以挖掘温跃层、距海表温度 7-9℃的垂直温差、10-400m 深度范围内间隔 50m 的水层温度和 9-18℃等温线深度信息等，可以用来建立中西太平洋大眼金枪鱼和黄鳍金枪鱼渔获率与相关环境因子的关系模型，分析关键环境变量对延绳钓黄鳍金枪鱼 CPUE 影响，从而辅助寻找中西太平洋区域延绳钓黄鳍金枪鱼中心渔场位置，确定投钩深度，提高捕捞效率等。

此外，自然资源部第一海洋研究提供的反馈材料表示，他们所承担的国家重点研发计划“热带印太交汇区观测示范系统”项目，委托杭州 Argo 野外站 / 中国 Argo 实时资料中心统一接收的、由该课题布放的 10 个剖面浮标观测资料，按照国际 Argo 计划质控规范进行了质量控制，并作为中国 Argo 剖面浮标观测网的组成部分与国际 Argo 计划进行国际共享与数据交换，对本项目工作起到了重要的支撑作用。其他应用单位也都强调了 Argo 资料在海洋科学的研究中发挥了非常重要的作用，并在海洋环流分析与预报的业务应用中具有十分广阔的应用前景；也有单位指出，我国自主研发的 Argo 格点数据及热含量产品，精度已经达到国外同类产品的先进水平，甚至优于部分国外数据，对项目研究工作起到了重要的支撑。还有一些应用单位和科研人员表示，期待中国 Argo 计划能够获得更多支持并蓬勃发展。显然，国内涉海单位及其科研人员对 Argo 计划及其 Argo 资料还是青睐的，并也取得了丰硕的应用研究结果。所以说，国际 Argo 计划办公室基于各国科学家在全球 30 多种主要学术刊物上发表的与 Argo 有关的研究论文数量的统计结果，应该是真实可靠的。只是我国科学家在国际核心学术刊物上公开发表研究成果后，惯于“隐名埋姓”，不愿声张吧！至于对 Argo 资料的应用热度，从国际 Argo 计划提供的不同时期统计结果（如 2011 年，总计 968 篇，其中美国 295 篇、中国 90 篇；2015 年 2397 篇，其中美国 710 篇、中国 330 篇；2019 年 3945 篇，其中美国 1150 篇、中国 610 篇）来看，全球科学家应用 Argo 资料发表的论文数量，也都呈逐年增加的趋势。

种种迹象表明，Argo 资料在国内不是不受欢迎了，也不是应用的人少了，而是与传统的意识形态有关。也就是说，尽管广大科研人员对各类科学数据开放共享有着迫切的需求，但对数据产出团队希望能了解共享数据的应用价值和征求进一步做好数据开放共享工作的意见和建议时，反应却始终平淡而不够热烈。造成这种情况的原因，或许与我国长期以来缺少对深海大洋的调查、且观测资料又长期封锁有关；而突如其来的海洋科学数据无条件免费开放共享，不要说我们的科研人员一时无所适从，就连海洋、科技管理相关部门的相关管理人员也是莫衷一是，时不时地以“保密”为由阻止数据产出团队或者单位对拥有的海洋科学数据实行开放共享；同时，还暴露出全球海洋观测网所积累的海洋科学数据的时间序列还不够长（仅 20 年），仍无法满足海洋和天气 / 气候领域基础研究和业务化应用的需求。此外，也反映出了我国对深海大洋环境调查研究的重要性长期认识不足的局面还未根本扭转。为此，提出 3 点对策建议，供海洋和科技主管部门决策参考：

1、加大对科学数据开放共享政策的执行力度。科学数据共享需要数据采集团队、资料管理部门和广大科研人员的长期密切配合，更需要科技管理部門及其管理人员的高度重视，并能责无旁贷地推进科学数据开放共享的进程。

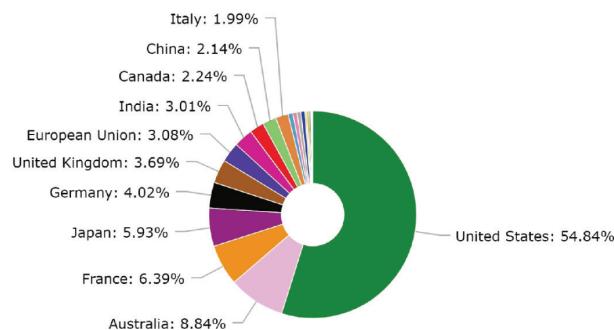
2、坚持倡导海洋科学数据开放共享。海洋和科技管理部門需要高度重视参与国际大科学计划（全球 Argo 实时海洋观测网建设）组织实施的重要性，以及海洋科学数据质量控制和数据产品研发的必要性，抓紧落实近些年国家已经制定出台的一系列利好政策和措施，吸引更多的海洋和大气科学领域的科技工作者投身到深海大洋的观测和研究中，不断为用户提供高质量、应用性强的科学数据及其衍生产品，充分发挥各类科学数据的应用价值。

3、强化对我国 Argo 计划组织实施的引导。近些年来，我国围绕实施“21 世纪海上丝绸之路”、应对全球气候变化和参与全球海洋治理等重大国家战略，针对全球海洋立体观测网和中国 Argo 实时海洋观测网建设的重大工程、重点研发计划和规划，以及重大、重点专项等的立项论证活动层出不穷，采购和布放剖面浮标的数量也在呈井喷式增长，但真正用于支持已经实施了近 20 年之久的 Argo 计划，以及所建设和维护的 Argo 大洋观测网的浮标和运行经费，却是少之又少，与其产出的巨大社会和经济效益完全不成比例，亟须主管部門内部，乃至国内涉海部门和单位之间，加大对采购和布放浮标的监管和协调力度，以确保我国 Argo 计划及其建设的 Argo 大洋观测网的健康、持续运行。

（杭州 Argo 野外站办公室）

国际 Argo 计划实施进展（续）

国际 Argo 计划自 2000 年正式实施以来，世界上共有 40 个国家和团体已经在大西洋、印度洋和太平洋等海域陆续投放了约 16826 个自动剖面浮标，部分浮标投放后由于电池寿命、技术或通讯故障等原因已停止工作。截至 2020 年 6 月 23 日，在全球海洋上正常工作的剖面浮标总数为 3926 个。其中美国 2153 个占 54.84%、澳大利亚 347 个占 8.84%、法国 251 个占 6.39%，列第一至第三位；日本 233 个占 5.93%、德国 158 个占 4.02%、英国 145 个占 3.69%、欧盟 121 个占 3.08%、印度 118 个占 3.01%、加拿大 88 个占 2.24%，**中国 84 个占 2.14%（第十位）**、意大利 78 个占 1.99%、韩国 28 个占 0.71%，列第四至十二位。此外，还有挪威（26 个）、荷兰、西班牙（各 24 个）、爱尔兰（13 个）、新西兰（12 个）、波兰（10 个）、芬兰（5 个）、秘鲁（3 个）、保加利亚（2 个）、希腊、墨西哥、摩洛哥（各 1 个）等欧洲、大洋洲、美洲和非洲国家参与布放浮标。

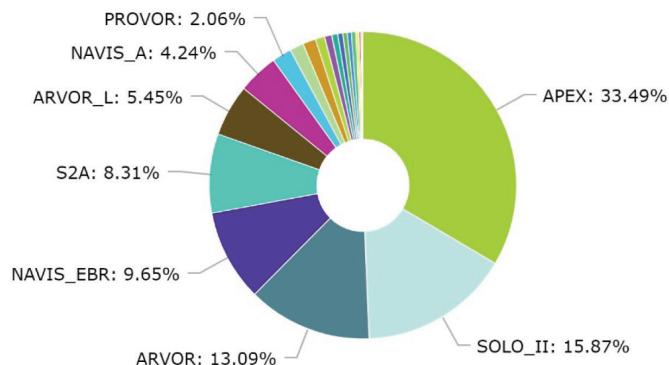


United States	2,153	Australia	347	France	251
Japan	233	Germany	158	United Kingdom	145
European Union	121	India	118	Canada	88
China	84	Italy	78	Korea (Republic Of)	28
Norway	26	Netherlands	24	Spain	24
Ireland	13	New Zealand	12	Poland	10
Finland	5	Peru	3	Bulgaria	2
Mexico	1	Morocco	1	Greece	1

全球 Argo 实时海洋观测网中各国活跃浮标数量及占比（止 2020 年 6 月 23 日）

另据国际 Argo 信息中心（AIC）统计，在全球海洋 3926 个活跃浮标中，APEX 型浮标（美国生产）所占比重最大，达到了 1302 个（占 33.49%），其次是美国生产的 SOLO_II 型（617 个，占 15.87%）和法国生产的 ARVOR 型浮标（509 个，占 13.09%）。另外，还有如 NAVIS_EBR 型（375 个，美国）、S2A 型（323 个，美国）、ARVOR_L 型（212 个，法国）、NAVIS_A 型（165 个，美国）、PROVOR 型（80 个，法国）和 SOLO_D 型（57 个，美国）等由美、法、日等国研制的其它各类

型浮标，而由中国研制的 HM2000 型剖面浮标，在当前的全球 Argo 观测网中只有 17 个，仅占 0.43%。



APEX	1,302	SOLO_II	617	ARVOR	509
NAVIS_EBR	375	S2A	323	ARVOR_L	212
NAVIS_A	165	PROVOR	80	SOLO_D	57
NOVA	53	PROVOR_III	38	SOLO_D_MRV	30
APEX_D	24	ARVOR_D	21	SOLO	18
HM2000	17	ALTO	17	PROVOR_IV	14
S2X	7	NEMO	5	NINJA_D	4

全球 Argo 实时海洋观测网中各型活跃浮标数量及占比（止 2020 年 6 月 23 日）

（孙朝辉）



Argo 海洋观测网与环境问题

Argo 海洋观测网提供了海量用于研究和业务化需要的数据流，可以支持重要的实时预报和预测服务，以及科学和政策评估等。该观测网有助于挽救生命，避免财产损失，指导公众和政府应对环境变异和变化，并有助于海洋资源的可持续管理和海洋环境的保护。

国际 Argo 计划使用简单的自动剖面浮标（简称“Argo 浮标”），每个浮标在海洋中可以运行 3-6 年，且每隔 10 天测量一条海洋环境要素（如温度、盐度和越来越多的溶解氧、营养盐和生物光学参数等）剖面。这些剖面浮标遍布全球海洋，并且通常位于船只稀少的偏远海域。目前，Argo 海洋观测网主要由 30 多个沿海国家投放的约 3500 个浮标组成。为了维持全球覆盖，该观测网每年需要补充投放 600-900 个剖面浮标。

一份发布于 2000 年的 Argo 环境评估报告给出的结论是，该项目“符合美国的法律，反映了

对国际条约和公约的遵守”。当时，该报告是为了应对正在实施的美国《国家环境政策法案》中相关要求而制定的。

Argo 浮标观测数据通过卫星传回陆地。这些数据在 24 小时内被共享，并通过互联网向公众免费提供，以及发送到全球业务预报中心，用于制作日常天气和环境预报。目前还没有其他实用技术可以替代剖面浮标，这也是全球海洋观测系统的主要观测仪器设备。在此，我们试图研究业务化运行的 Argo 对环境的影响，并考虑获得相当数据流的可能替代方案。本文将叙述 Argo 观测网中浮标对环境影响的最新评估，以及布放和回收这些浮标所需的配套船舶资源。

1、浮标生命周期内对环境的影响

(1) 布放阶段

Argo 浮标大多由志愿船只布放，包括商船、调查船和帆船。通常布放过程十分简单，布放一个浮标只需几分钟时间。浮标可以直接布放，也可以放置在用可生物降解纸板制成的包装箱或玉米淀粉箱内，再用可生物降解胶带包裹后布放。

Argo 每年会租赁一艘小型调查船约 40 天，用于在广阔的南太平洋和印度洋海盆区域布放浮标（每年约 100 个），那里的船舶资源通常极其稀缺。或者，浮标也会被空运到志愿船上布放。因此，与获取相同资料的其他方法（如从专业调查船上进行密集的现场取样）相比，Argo 计划的碳排放相对较低，后面将对此进行更详细的分析。

(2) 运行阶段

现代卫星定位和通信系统（如铱星）的应用，使得 Argo 浮标在海面上传输数据的时间可以缩短至 20 分钟左右（较早使用的 ARGOS 卫星服务系统大约需要 1 天）。这意味着浮标在海表或近表层停留的时间很短，而绝大部分海洋生物都活跃在海洋表层。因此，浮标与海洋生物的相互影响是有限的。在过去，浮标的搁浅率较高，与海洋生物的相互影响也相对较大。根据 Argo 计划的规定，只要有可能，当浮标漂浮到海岸边时应该回收并安全处置。漂浮在大陆架浅层的浮标很快就会受到严重的生物侵蚀，从而失去浮力，沉入海床，因而可能被永久留在海底。由于浮标在海面上的滞留时间（向卫星发送剖面观测数据）较短，且大部分时间停留在 1000 米以下的深水区域，所以浮标搁浅的几率会较低。

当浮标工作时，每条剖面中会有少量（约几毫克）的三丁基锡氧化物（TBTO）释放到水体中。这种物质以片剂的形式贮存在浮标携带的 CTD 传感器中，是一种很难溶于海水的生物杀灭剂，通常用于航海中，以减少船舶外壳上的生物附着。在 Argo 计划中，它被用来防止电导率传感器受到生物污染，海水盐度就是由电导率换算得到的。在浮标布放后的初始阶段，TBTO 可能会对环境造成一定影响。然而，为每个浮标设计的 10 天循环周期和约 1000 米的漂移停留深度，使得一些 TBTO 在浮标停留阶段就被冲进了深海。所以，我们预计 TBTO 对环境的影响会是极小的，因为海洋会迅速稀释这种物质，而且观测网中每个浮标间又会相隔数百公里，这就确保了 TBTO 在任何地点的浓度都极低。

(3) 报废阶段

由于 Argo 浮标主要在没有船只往来的偏远海域运行，所以在其停止作业前进行回收通常是不现实的。因此，大多数 Argo 浮标会在布放 3-6 年后，由于电池耗尽，就会终止运行。浮标一旦“死亡”，可能会静静地漂浮在深海（往往会在浮标设计的 1000 米漂移停留深度和 2000 米最大剖面深度之间的某个水层）中，直到铝质的浮标体最终因腐蚀而破裂，引发泄漏。此时，浮标体将被海水淹没而沉入海底（大部分会在深海区域），其腐蚀和分解过程将会持续数年。浮标主要（~70%）由铝组成（表 1），而铝会慢慢腐蚀成基本上无害的氧化物，并被深海环流和近海底湍流携带扩散。浮标塑料部件（在现代设计中已经降低到浮标质量的 8% 左右）的降解速度可能非常缓慢。研究表明，在浮标沉入海底后，任何残留在浮标中的 TBTO 最终都有可能进入海洋沉积物中，并在数周内分解成惰性的无害成分。剩下的就是浮标携带的测量仪器和电池了，其中包括少量潜在的有毒金属，包括铜、锌、锂和铅。这些金属的腐蚀速度及其在“死亡”浮标周围的浓度水平尚不清楚，可能会随海底的不同情况而变化。然而，考虑到深海中缓慢的腐蚀速率、深海洋流速度和近海底湍流强度，以及浮标间的巨大距离（约 300 公里），在短期内从浮标中产生的溶解金属盐，使得当地浓度显著增加似乎也是不可能的。

我们试图通过与自然和其他来源的通量进行比较，来评估海底 Argo 浮标分解物对全球海洋的净输入量（表 1）。表中第四列给出的塑料和 TBTO 的通量值为人类活动的通量，不包含自然通量。第四列的其他量仅代表来自自然界的通量，因为它们通常比相应的人为通量大几个数量级。我们已经将 Argo 通量（第三列）按 900 个浮标的数量进行了量化，这里的 900 个是每年可能死亡并需要更换的浮标数量的上限。该表清楚地表明，与这些成份流入海洋的背景通量相比，Argo 每年的输入量小得可以忽略不计。如 Argo 每年向海洋注入的铝量，若与生产汽水饮料罐的铝量（每年 2000 亿罐，每罐 15 克）相比，大约需要 176,000 年的时间。也就是说，一年流入海洋的铅自然流量，相当于 Argo 计划运行 8300 万年。

表 1 浮标通量与自然和其他来源通量的比较

材 质	每个剖面浮标中的含量 (kg)	900 个剖面浮标 Argo 通量 (kg/yr)	进入海洋的总通量 (kg/yr)	总通量的剖面浮标部分
铜	0.1	90	1.7×10^9	5.3×10^{-8}
锌	0.05	45	7.7×10^8	5.8×10^{-8}
塑料	2	1800	8×10^9	2.3×10^{-7}
锂	0.2	180	2×10^6	9×10^{-5}
铅	0.8	180	1.5×10^{10}	1.2×10^{-8}
三丁基锡氧化物	0.01	9	3×10^3	3×10^{-3}
铝	18	1.710^4	2.7×10^{11}	6.3×10^{-8}

TBTO 是被广泛使用在船壳涂料中的抗微生物剂。对一艘用于全球的典型调查船（约 60 米长）来说，可能需要多达 2000 升的油漆，才能覆盖船体水线以下部分。假如比重为 1.5 的话，每艘船

大约需要 3000 公斤油漆，约 15 公斤 TBTO。如果每隔 5 年为 1000 艘这样的船只（全球商船队约 95000 艘）涂一次油漆的话，那么因商业运输而流入海洋的 TBTO 通量大约为 3000 公斤 / 年，远远超过每年 900 个 Argo 浮标下沉到海底的 TBTO 输入量。

2、其他观测技术对环境的影响

(1) 抛弃式深海温度计 (XBTs)

Argo 之前，在海盆尺度上收集次表层温度剖面最常用的方法是一次性深海温度计 (XBTs)。这些仪器非常宝贵，几十年来在帮助人们了解海洋环流方面作出了不可估量的贡献。这些仪器含一个 40 厘米长、似鱼雷状的物体，由锌和塑料制成，其顶端安装了一个热敏电阻，通过 2000 米长的细铜线连接到发射船上，用来传输观测数据。XBT 一旦从正在航行的船上发射出去，因为探测器是个自由落体，它会通过安装在船上的采集系统接收和记录温度数据。当一个剖面采集完成后，铜线断开，探头和导线都会下沉至海底。典型的 XBT，主要由探头鼻（内含 575 克锌）、阀芯（环绕了 112 克铜线）和尾部（含 52 克塑料）组成。目前，Argo 观测网每年可以收集大约 12 万条温度剖面。如果这么多剖面使用 XBTs 收集的话，将会导致 69000 公斤 / 年的锌 (Argo 仅为 45 公斤 / 年)、13440 公斤 / 年的铜 (Argo 仅为 90 公斤 / 年) 和 6240 公斤 / 年的塑料 (Argo 为 1800 公斤 / 年) 流入海洋。因此，即使不考虑在许多主要海域缺乏布放船只（加上大多数 XBTs 并不能测量盐度）这一重要问题，以及采用 XBT 收集的温度 / 深度精度无法满足 Argo 气候预测要求这一事实，使用 XBT 代替剖面浮标肯定会比 Argo 对环境影响更大。

(2) 利用专业调查船收集剖面数据

调查船是目前唯一能在 Argo 覆盖的广阔海域进行探测和采样的平台。配备适当的盐度 / 温度和深度测量设备的船舶可以收集与 Argo 浮标相同或更准确的剖面，而且从船舶上取样不会留下任何可能污染海洋的仪器设备。基于船基的协同调查，如 WOCE 和 GO-SHIP (<https://www.go-ship.org>) 计划具有非常重要的意义，每年能够利用调查船收集几千个测站的高质量且不同类型的站点数据。例如，在 2016 年，GO-SHIP 计划就发起了 20 多个航次，收集了 1200 多个高质量、全水深的船舶剖面数据。

相比之下，目前 Argo 每年利用由 3000 多个浮标构成的观测网，可以收集全球海洋从海面到 2000 米深度上约 12 万条剖面。假设每个浮标或者测站间的距离为 300 公里，且每隔 3 个小时进行一次深达 2000 米的船载 CTD 仪观测，而典型的船速通常为 10 节 (18 公里 / 小时)，一艘专用调查船需要利用 15000 多天的时间，才能收集到相当于一年的 Argo 数据量。收集这些船载剖面数据所需的调查船费用可能会高达 5 万美元 / 天，每年的总费用则可能超过 7.5 亿美元。显而易见，如此高昂的调查费用是无法承受的。所以，这样一个基于船只的调查计划是不切实际的。这也是 Argo 计划实施之前，为何海洋没有得到充分监测的一个主要原因。

这种情形下，除了船舶本身的时间成本外，还存在额外的环境成本，即与必要的船舶调度相关的碳排放。一艘典型的调查船每天可能会燃烧多达 25000 公斤的船用燃料油，导致约 75000 公

斤 / 天的二氧化碳排入大气，或者每年超过 27000000 公斤（注：作为比较，在美国一辆典型的客运汽车每年有约 2600 公斤的二氧化碳排放到大气中）。每年收集 120,000 个基于船舶的剖面数据，就需要 15,000 艘专用调查船，导致约 10 多亿公斤的二氧化碳进入大气，将会使得大气中的二氧化碳快速飙升。但若用船舶测量来推算 Argo 的财政负担和相关的环境成本，显然是不可取的。因为，虽然每年会有数以百计的 Argo 浮标通过不同的船只布放，但大多数浮标都是使用“机会船”（如“远洋”邮轮）投放的，几乎不需要额外的二氧化碳排放。Argo 除了利用“机会船”外，还使用了吨位相对较小的新西兰科考船“卡哈罗亚”号，通常每年会在南太平洋或印度洋海域布放 100 个左右 Argo 浮标。“卡哈罗亚”号科考船每年安排一个布放航次，约需消耗 5 万公斤燃油，导致约 15 万公斤的二氧化碳排放到大气中，这可比一次跨大西洋商业飞行的碳排放要少得多。

3、回收 Argo 浮标

死亡浮标沉入海底的墓地景象，从美学上来说是令人难以接受的；而且从环境保护的角度，这些浮标腐蚀和腐烂所产生的流出物对环境造成的影响也是不可取的。考虑到这些因素，人们常常会提出这样的一个问题，是否有可能在浮标仍在运行时（接近其预期寿命的末期）回收浮标？假设有可用的船舶资源，这种回收在原则上是可行的，特别是具备双向铱卫星通信的浮标，更是可行的。在这种情况下，技术人员可以向浮标发送一个指令，让它停留在海面上，并继续定期发送位置信息，直到船只来打捞为止。这样的操作看似简单，但浮标处于海面的确切位置（会随着洋流和风漂移）却是无法预料的。所以，一艘回收船可能要花几天时间在浮标预计出现的区域巡查，然后再花更多的时间寻找漂浮在海面上的浮标。在大多数情况下，这将是一项非常昂贵的操作，其回收成本可能远远超过浮标本身的价值，而且这样的打捞工作，还取决于浮标所在海域可用船只的数量。因为在大多数情况下，调查船的任务计划通常是在航次前几个月就确定的，而打捞浮标的位置却是未知的。所以，缺少合适的船只用来回收浮标，应是实施这一做法的主要限制。

然而，正如前面所讨论的，与船舶相关的经济和环境成本具有更大的局限性。如果有足够合适的船只每年回收 900 个浮标，并假设回收一个浮标另需安排 2 天的额外船时，那么每年回收这些浮标至少需要 1800 天船时。按照每船、每天 5 万美元的成本计算，这样的回收每年将花费 9000 万美元。显然，这也是一笔不小的经费支出。而一个年度的回收费用，就足以维持当前 Argo 观测网运行数年。此外，按照前面提到的碳排放量估计，每年回收这些浮标将额外增加 1.35 亿公斤二氧化碳进入大气，相当于每年 52000 辆轿车的排放量。当然，每年因技术目的回收一些浮标或许是可取的，但为了每年回收几百个 Argo 浮标而设立一项重大计划，由此再支出一笔不小的财政和环境费用，似乎既不实际也不能被接受。

虽然作为 Argo 计划的一部分，大范围回收浮标似乎并不可取，但出于技术目的，或者回收操作简单、且不需要增加船舶资源的情况下，回收一些将要死亡的浮标还是可取的。例如，一些具有先进技术特征的新型浮标或原型样机，通常会布放在沿岸海域或岛屿附近，这对浮标回收来说，就会简单得多，或许只需要几个小时的时间。所以，针对这样的浮标回收努力一下是必要的，也值得提倡。

同样，针对浮标靠近岸边或在边缘海内的情形，前面假定的每次回收可能需要 2 天时间，也就显得高估了，而且从财政和环境角度来看，也会经济得多。故针对这样的回收操作，应当得到支持和鼓励。

4、结束语

作为第一个全球尺度的次表层海洋观测系统，Argo 计划彻底改变了人们对海洋环流及其与气候关系的认识。超过 3000 个浮标的观测网对海洋环境的影响主要是污染物释放到海洋环境中，且大部分发生在浮标电池耗尽、开始腐蚀并沉入海底之后的一段时间内。然而，如表 1 所示，在这一过程中注入深海水域的化学物质，与这些物质的自然和人为通量相比，又往往是微不足道的。此外，从统计角度考虑，相对较大的浮标间隔（约 300 公里）和微弱的深层海流，以及海底附近不大的湍流混合，这些外来物质潜在的有害浓度只会积累在浮标沉没位置处极小范围内。

人们常说，Argo 对环境的影响可以通过浮标寿命末期的打捞回收来减轻。虽然为了技术研究的目的，可能需要回收几个浮标，或者浮标附近正好有调查船作业，是可行的，但每年回收数以百计浮标的经济成本太高，而且由此产生的船只碳排放可能会远比处于海底的死亡浮标造成的影响更大。

在全球范围内观测次表层海洋的替代方法，在历史上非常成功的案例主要有：（1）基于船舶的 XBT 计划和（2）基于船舶的巡航调查、定点观测，通常使用船载 CTD 仪和采水器。第一种方法可以在航行的船舶（如集装箱船）上进行观测，尽管也是实时，但要满足 300 公里间距的全球覆盖几乎是不可能实现的。此外，一个相当于 Argo 的全球 XBT 计划将导致大量的铜线成为废物而留在海洋中，还有大量的锌和塑料。即使为了实现部分全球覆盖，也需要大量的专用布放船时间，这可能会导致大量的二氧化碳排放。即使没有这些问题，XBT 数据（无论是否测量了盐度）也不太可能具有足够的准确性和精确性用来做最先进的气候研究。

第二种方法是使用最先进的仪器进行基于船舶的全球测量（如 GO-SHIP 计划），这样可以比 Argo 更精确、更准确地观测海洋，测量的环境要素量也要多得多。但是，在相当于 Argo 的空间 / 时间分辨率下，完成这项任务所需的船舶资源成本，以及相关的碳排放，将会令人望而却步，因为单是船舶时间的年度财务负担就比多年 Argo 计划的成本高出许多倍。

综上所述，目前还没有一种方法比 Argo 更经济有效，以及对环境的破坏更小。由于 Argo 浮标主要由“机会船”布放，因此，布放浮标的边际成本和环境成本都相对较小。Argo 对环境的主要影响来自于沉入海底的死亡浮标中释放的外来物质，但这些污染物进入海洋的数量与自然和人为的产生量相比非常少。当然，在不远的将来，或许会有一个更便宜、更清洁的全球海洋观测系统，它不是来自 Argo 技术的改进，就是来自一些目前未知的新方法。为此，Argo 将继续与浮标制造商通力合作，进一步减少其对环境的影响。

（该文由 Stephen C. Riser 和 Susan Wijffels 执笔，国际 Argo 指导组全体成员共同参与完成，并于 2020 年 4 月 5 日公开发布在国际 Argo 计划官方网站（www.argo.ucsd.edu）上。）

（吴晓芬译）

第二十一次国际 Argo 指导组年会（视频会议）顺利召开

2020 年 4 月 14-17 日，受全球新型冠状病毒肺炎（COVID-19）疫情的影响，由国际 Argo 计划办公室主办、原定于 3 月 16-20 日在英国南安普顿召开的第 21 次国际 Argo 指导组会议（AST-21）临时更改为 ZOOM 视频会议。本次会议主要分为 4 个议题，即 1) Argo 的现状和未来，2) 技术进展和面临的挑战，3) 浮标和传感器研制生产现状与存在问题，以及 4) Argo 数据、通讯和未来会议计划等。来自全球 10 多个沿海国家的 80 余名代表应邀出席会议。自然资源部第二海洋研究所柴扉研究员、刘增宏高工和邢小罡副研究员，以及青岛海洋科学与技术试点国家实验室陈朝晖教授和青岛海山海洋设备有限公司张素伟高工等 5 人，分别在各自的工作场所通过视频参加了本次会议。



一、会议概况

1、Argo 执行现状和未来

该议题由 AST 联合主席、美国伍兹霍尔海洋研究所（WHOI）的 Susan Wijffels 教授主持。她简单介绍了本次会议的组织情况，并对与会代表们的积极参会表示了欢迎和致谢。接着按照惯例，首先由国际 Argo 信息中心（AIC）协调员 Mathieu Belbeoch 先生介绍了整个 Argo 观测网的现状，他指出 2019 年是近十年浮标布放数量最少（750 多个）的一年，但由于各型浮标工作寿命的逐渐增加，较好地弥补了因浮标补充数量减少而可能导致的观测网衰退风险。然而，受 COVID-19 疫情影响，各国的年度财政预算很可能被进一步压缩，从而会使整个观测网加速衰退；同时，边缘海和南大洋的浮标布放问题仍未得到解决，亟需寻找新的资源对全球 Argo 观测网进行补充，包括新的合作伙伴、跨项目或跨观测网的布放浮标船时和获准进入专属经济区（EEZ）的权利等。在观测系统快速发展的今天，Argo 需要加强与其他海洋观测系统（如 GO-SHIP、TPOS-2020、SOOS、EGO 水下滑翔机观测计划等）的相互协调与合作。在浮标和传感器硬件方面，他建议需要保持设备的多样性，加强行业竞争，进一步提高浮标工作性能，提出了核心 Argo 浮标正常工作

6~7 年（或 250 个循环）、BGC Argo 浮标工作 3 年以上（或 117 个循环）的目标。

接着，由美国华盛顿大学（UW）Stephen C Riser 教授专门报告了剖面浮标可能对海洋环境影响的研究结果。自国际 Argo 计划实施以来，有关剖面浮标对海洋环境可能造成影响的质疑就一直没有停止过，特别是 2019 年 9 月在美国夏威夷召开的 OceanObs'19 大会上，该问题又被重新提出。因此，国际 Argo 组织认为有必要对该问题进行调查和分析，并正在撰写一篇分析研究报告，计划在相关国际学术期刊上公开发表。Stephen C Riser 教授通过对浮标结构成分（如铝质标体、塑料零部件、碱性和锂电池组等）、以船载观测方式替代 Argo 观测网需付出的代价（主要指碳排放）和大批量回收浮标的可能性等几个方面的分析，得出 Argo 观测网对海洋环境的影响相比于自然和人类活动造成的影响是微乎其微的，而且浮标的分布密度也不足以增加有害物质的浓度。

美国蒙特利海湾研究所（MBARI）的 Ken Johnson 研究员介绍了在 AST 会议前（4 月 10 日）召开的 BGC Argo 工作组会议的概况和讨论结果。该工作组会议期间，几个主要 BGC Argo 参与国（如美国、法国、英国、德国、澳大利亚、加拿大、日本、印度、中国和南非等）都汇报了各国年度进展情况。目前，该观测网内已经有 400 个活跃浮标，其中美国贡献了总量的一半以上。BGC Argo 计划正得到越来越多的沿海国家青睐，如挪威、墨西哥、沙特阿拉伯和芬兰等国家正参与或即将参与该计划的浮标布放。当前，BGC Argo 计划实施面临的主要困境来自于传感器的价格过高，而且很多浮标生产商将 BGC 浮标的生产作为一个研制项目，而不是正常的生产任务。Ken Johnson 最后指出，鉴于 BGC Argo 观测网正从试验组网阶段转向全球组网，需要对 BGC Argo 的组织框架进行重组，目的是加大 BGC Argo 的宣传，吸引新的合作伙伴加入，加强与 Argo 组织内外的互动、交流与合作等。

美国斯克利普斯海洋研究所（SCRIPPS）的 N. Zilberman 博士介绍了深海 Argo 计划的执行现状，全球 140 多个活跃深海 Argo 浮标中的 60% 以上是由美国布放的，其他参与国家主要包括法国、澳大利亚、日本、英国、挪威、意大利和中国。目前深海 CTD 长期观测精度问题是限制深海 Argo 计划全球组网的一个重要因素，无论是 6000 米级的 SBE61 还是 4000 米级的 SBE41 型 CTD 传感器，在实际观测过程中均出现了一定比例的盐度漂移情况（如 15% 的 SBE61 CTD 在浮标工作 60-70 个循环后出现致命的盐度漂移，13% 的 SBE61 CTD 在浮标工作 40-100 个循环后出现缓慢的盐度漂移；而 14% 的 SBE41 CTD 则出现了盐度正漂移），加拿大 RBR 公司研制的深海 6000 米级 CTD 传感器的性能，则还有待安装到深海浮标上进行现场测试。值得注意的是，法国 NKE 公司正在将这三款深海 Argo CTD 同时安装到 ARVOR 浮标上，以便更好地检验 CTD 的工作性能，计划于 2020 年秋季进行试验性布放。

本次会议前，组委会还征集了各国 Argo 计划的执行要点，并由 AST 联合主席、日本海洋与地球科学技术厅（JAMSTEC）的 Toshio Suga 教授进行了综合汇报。如欧洲 Argo 正与各欧盟成员国一起努力，设法对 Argo 2020 计划作出更大贡献。近些年，SBE CTD 传感器盐度漂移问题导致的 Argo 数据集质量问题已经引起法国和德国的高度重视，且正在评估其对观测网的影响。中国 Argo 区域海洋观测网建设的新一阶段经费已经落实，接下来的两年内将在西北太平洋、印度洋和南海海域布放 400 个使用北斗卫星通讯的 HM2000 型浮标，该项目顺利实施面临的挑战主要来自 COVID-19 疫情对需批量引

进的 CTD 传感器是否能正常供货的影响、浮标布放机会和优化布设等。澳大利亚计划今年批量布放携带 RBR CTD 的浮标，每个浮标会投放到已有携带 SBE CTD 传感器的浮标附近，从而更好地对 RBR CTD 传感器进行检验。美国 Argo 计划由大西洋海洋与气象实验室（AOML）、太平洋海洋环境实验室（PMEL）、SCRIPPS 海洋研究所、美国 UW 和 WHOI 等单位共同实施，目前除了作为美国 Argo 数据中心的 AOML 运行基本正常外，其他单位的进展或多或少受到 COVID-19 的影响，如浮标的组装和检测、浮标布放、航次计划和 SBE CTD 的供货等，均受到不同程度的影响，有的实验室甚至已经关停。

国际 Argo 计划办公室主任 Breck Owens 先生汇报了今年 2 月期间分别在瑞士日内瓦和法国巴黎举行的 JCOMMOPS 战略会议和联合国海洋法公约（UNCLOS）/ 海洋学委员会（IOC）会议的情况。在 JCOMMOPS 战略会上重点讨论了 JCOMMOPS 未来的规划和任务，提出了五年工作目标和面临的挑战；而在 UNCLOS/IOC 会议上，则对在沿海国家管辖海域进行海洋观测的议题进行了重点讨论。会后将形成一份报告，提交给原计划在今年 7 月举行的全体 IOC 执行委员会委员会议讨论。

2、技术进展和面临的挑战

第二天的“技术进展和面临的挑战”议题由 AST 联合主席 Tohiso Suga 教授主持。首先由英国国家海洋中心的 Brian King 教授汇报了整个 Argo 观测网内浮标的工作性能情况，在 2010-2014 年期间，性能较好的浮标主要有 SOLO-II、NAVIS 和 APEX（美国华盛顿大学布放）等 3 种型号，其中 40% 的浮标能正常工作约 250 个循环。在 2016 年以后，APEX 型浮标的工作性能出现了下降趋势，只有 60% 的浮标能达到 150 个循环以上，而 SOLO-II 型浮标一直是工作性能最好的浮标。AST 前联合主席 Dean Roemmich 教授在会上分享了使用 Tadiran 锂电池的 SOLO-II 型浮标工作情况，2016 年布放的所有 25 个安装该型电池的浮标目前都能正常工作，且各自均已获取了 135 条剖面。其电压衰减速度比使用 Electrochem 锂电池的浮标更慢，且提供的电池能量理论上可以支持 400-500 个循环。澳大利亚联邦工业组织（CSIRO）的 Peter Oke 博士介绍了 APEX APF11 型浮标上发现的技术问题，主要包括：CTD 传感器无法进入连续采样模式、传回的数据文件（science_log 文件）中缺少 GPS 定位信息、浮标没有正常退出 RUDICS 服务和服务器上文件丢失等技术问题。现经浮标生产商 Teledyne Webb 研究公司（TWR）对上述问题的逐个剖析与诊断，已经基本得到解决。CSIRO 还在着手开发一款手机 APP，其目的是便捷地对各种型号的剖面浮标进行布放前检测，彻底改变过去使用计算机连接并逐条输入命令的检测方式。

接下来，美国 UW 的 Stephen C Riser 教授、美国 PMEL 的 Gregory C Johnson 博士、加拿大渔业与海洋部的 Blair Greenan 博士和中国自然资源部第二海洋研究所刘增宏高工分别汇报了 APEX APF11 型浮标试验的最新进展、NAVIS 型浮标性能分析、ARVOR-PROVOR 型浮标技术发展和 HM2000 型浮标技术进展等情况。AST 联合主席 Susan Wijffels 教授根据 4 个已投放浮标获取的观测数据，发现加拿大 RBR 公司研制的 RBR Argo CTD 普遍存在盐度误差的问题。目前，RBR 公司正努力通过各种实验，试图给出更好的校正方法。RBR CTD 传感器已进入批量示范阶段，各国均计划在未来布放更多的携带 RBR CTD 传感器的浮标进行试验，其中以 CSIRO 最为积极，计划在南太平洋 - 印度洋和南大洋海域布放 18 个携带 RBR CTD 传感器的试验型浮标。Susan Wijffels 还建议需要扩大 RBR CTD 的示范应

用范围，寻找更多的船载现场比测机会，尽可能利用其他高质量资料来确定更为准确的校正方法。

WHOI 的 Steve Jayne 博士汇报了剖面浮标在极地冰下观测的情况，主要有 WHOI 研制的 ALTO 和 ALAMO 型浮标，法国 NKE 公司生产的 Pro-ice 型 BGC 浮标，UW 组装的 APEX 型核心和 BGC 浮标等。从 UW 的统计结果可以看出，2007-2019 年期间，由 UW 组装和布放在南大洋季节性冰区的 APEX 型浮标，其中的 60% 浮标都能获得 200 条以上剖面。

法国索邦大学 LOV 海洋学实验室的 Hervé Claustre 教授和 MBARI 的 Ken Johnson 教授，对 BGC 浮标上加装新传感器、延长 BGC 浮标工作寿命、溶解氧 / 硝酸盐 /pH 传感器的工作寿命和工作性能情况做了介绍。Ken Johnson 对美国 SOCCOM 项目布放的 BGC 浮标观测数据进行了分析，得出溶解氧、硝酸盐和 pH 观测数据的平均偏差分别为 1、0.1 和 0.005，标准偏差分别为 2、0.5 和 0.008。

在深海 Argo 技术部分，SCRIPPS 海洋研究所的 Dean Roemmich 教授、日本 JAMSTEC 的 Shigeki Hosoda 博士、青岛海洋科学与技术试点国家实验室的陈朝晖教授、AST 联合主席 Toshio Suga 教授和法国海洋开发研究院（IFREMER）的 Xavier Andre 博士等分别汇报了 SOLO、APEX、HM4000、Deep NINJA 和 Deep ARVOR 等多种型号深海浮标的技进进展和遇到的问题。从他们的报告中可以发现，深海剖面浮标在实际使用过程中均存在一些诸如通讯失败、工作寿命不长、控制器缺陷和避冰软件失效等技术问题，目前各浮标生产商正努力改进这些问题。在过去的海上试验中发现，安装在深海 SOLO 和 APEX 型浮标上的 SBE61 型 CTD 传感器仍有一定比例发生漂移故障，有些漂移还和海水压力有关系，需要进行压力校正。深海 6000 米型 RBR CTD 传感器也将在今年下半年进行海上测试，预期在不远的将来可应用于深海 Argo 观测。

3、浮标和传感器研制生产现状与存在问题

按照惯例，本次会议同样安排了一次主要由浮标和传感器研制生产商参加的研讨会。该议题由美国 MRV 公司的 Christian P Sarason 先生主持。包括法国 NKE、美国 SBE、美国 TWR、美国 MRV 和加拿大 RBR 公司等在内的几个主要浮标和传感器生产商先后介绍了各自的浮标和传感器产品、技术进展和受 COVID-19 疫情的影响等内容。针对 Argo 2020 规划的实施，各浮标生产商投入了更多人力物力，努力提高浮标质量和工作寿命，抓紧深海和 BGC 浮标的研制和改进工作。如法国 NKE 公司正在开发 PROVOR CTS5 型浮标，可更灵活地加装各种传感器（最多 7 个传感器）和预设浮标采样任务，并能直接向用户发送 XML 格式的元数据；美国海鸟公司（SBE）在今年 3 月 26 日临时关闭了位于华盛顿州的工厂，科研和技术支持团队则采用远程办公方式开展工作，而位于俄勒冈州 Philomath 和德国 Kempten 的工厂则断断续续开展工作。该公司正对其研制的 NAVIS 型浮标进行技术改进，如增加电池容量延长 BGC 浮标的工作寿命达到 250 个循环，提高压力泵的工作效率，增加浮标体积以便加装更多传感器等，同时还对 SBE63 溶解氧传感器进行了重新设计，以便满足 BGC Argo 资料管理组提出的进行空气测量要求；对 ISFET pH 传感器的技术改进，其目的同样是为了提高其观测精度和使用寿命。

作为会议补充，海鸟公司 Kim Martini 博士对国际 Argo 组织特别关注的核心和深海 Argo CTD 传感器的技术进展情况做了汇报。从过去的海上观测结果发现，SBE41 和 SBE61 型 CTD 传感器中存在

三种盐度漂移模式，即 SBE41 缓慢的线性盐度漂移、SBE41 早期盐度快速漂移和 SBE61 先慢后快的盐度漂移，该公司目前正在分析这些盐度漂移的可能原因，考虑在传感器主板上对盐度进行热滞后校正，并能将原始和校正后的盐度同时发送给用户。美国 TWR 公司目前生产的浮标均使用 APF11 硬件，用户可更方便地调试各种采样和任务模式，改进了触底探测方法，增加剖面重传功能，改善避冰软件，加快抽油速度以便浮标能更快下潜。美国 MRV 公司基于 SOLO-II 型浮标技术开发的 S2-A 和 ALTO 两种型号浮标，虽然其工作性能表现稳定，但其仍在不断做技术改进，如安装大容量存储卡，改装 RUDICS 银星通讯模块，集成湿度传感器，修改软件，便于用户加装其他传感器等。该公司还与 SCRIPPS 海洋研究所合作，正在开发一款新型 BGC 浮标。受 COVID-19 疫情影响，MRV 公司的浮标生产不得不等待海鸟 CTD 的供货和 SCRIPPS 海洋研究所压力和压载测试罐的重新开放。最后由加拿大 RBR 公司介绍了其研制的 CTD 传感器产品，其中 2000 米型 CTD 传感器目前仍处于批量示范阶段，但仍需要得到各 Argo 成员国的支持，布放更多的加装 RBR CTD 的浮标，以便达到 100 个示范浮标的量，帮助 RBR CTD 进行海上试验，最终得到国际 Argo 组织的正式认证。针对先前布放的携带 RBR CTD 传感器的浮标获取的资料，该公司通过各国提供的船载 CTD 仪和邻近浮标观测的高质量 CTD 资料，开展了大量比较和分析工作，正在陆续提供修订后的标定系数，并在后续生产的 CTD 上做了改进。AST 也有意向积极推进 RBR CTD 的批量示范工作，以便扭转全球 Argo 观测网内浮标携带的 CTD 传感器由美国海鸟一家垄断的局面，降低因没有竞争而可能出现的 CTD 传感器质量下降风险，且多个国家已积极响应，计划布放更多的携带 RBR CTD 传感器的浮标，供国际 Argo 组织认证使用。

4、Argo 数据管理

AST 联合主席 Susan Wijffels 和 Toshio Suga 教授主持了最后一天以“Argo 数据管理”为主要议题的会议。美国 SCRIPPS 海洋研究所的 John Gilson 博士汇报了“盐度快速漂移”工作组自上一次 Argo 资料管理组会议以来所做的工作，成立该工作组的目的是为了调查近年来海鸟 CTD 传感器出现盐度快速漂移的情况及其可校正性，并分析盐度漂移是否有压力依赖特征。工作组在分析时，通常会采用性质比较稳定的水团，如深层水和中央水团。在核心和深海 Argo 浮标观测资料中均能发现盐度漂移压力依赖特征的个例，甚至在有些极端个例中发现从浮标开始发生漂移时就出现了压力依赖特征。经过调查认为，盐度漂移压力依赖性开始发生的阈值仍不明了，需要做进一步的调查和分析。工作组还建议在数据文件的“SCIENTIFIC_CALIB_COMMENT”变量中加入盐度漂移压力依赖的相关说明。来自 IFREMER 的 G. Maze 博士介绍了使用机器学习方法进行数据质量控制的最新进展，他设计了一套机器学习 Argo 数据质量控制的流程，可以减少 25% 的人员工作量，但机器学习通常需要较多样本，因此仍存在一定的缺陷，目前还无法大规模推广。美国 SCRIPPS 海洋研究所的 Steve Diggs 博士介绍了过去一年 CCHDO 为 Argo 延时模式质控收集高质量船载 CTD 资料的情况。值得注意的是，他们正在为深海 Argo 的延时模式质量控制收集参考 CTD 数据集，这些 CTD 数据主要来自 GO-SHIP 计划，需要达到温度 0.001°C、盐度 0.002 和压力 2 dbar 的精度要求。为此，均要求使用高精度实验室盐度计对海水样品进行分析，以便能对由深海浮标观测的 CTD 盐

度进行校正。美国 PMEL 的 Gregory C. Johnson 博士汇报了由他组织的针对深海 SBE61 和 SBE41 型 CTD 传感器中电导率压缩性的调查结果，这些分析均基于不同型号深海剖面浮标与船载 CTD 仪的比对，其目的是为这些传感器寻找更为合适的电导率压力校正系数（CPcor），每个 CTD 传感器在出厂前都会提供一个实验室标定的 CPcor，主要用于对深海 CTD 剖面资料的延时模式质量控制。接下来，ADMT 前联合主席、IFREMER 的 Sylvie Pouliquen 女士向 AST 汇报了 2019 年在法国尼斯召开的 ADMT-20 次会议的总结以及向 AST 征求的相关意见。

美国华盛顿大学的 Annie Wong 女士介绍了 Argo 计划实施二十年（1999-2019）所获取的，来自全球海洋剖面浮标观测网中 200 万条温 - 盐度剖面和次表层流速的相关情况，以及计划撰写一份评估总结报告的进展情况。目前，已经完成该报告的初稿，并正在征求全体 AST 成员的意见，定稿后将投送“Frontier in Marine Science”国际刊物公开发表。该文寄希望于提醒人们，已经过去的 20 年，对于最初设想建立这个海洋观测网的科学家来说，是一段漫长、艰辛的旅程，而对于未来维持全球海洋观测系统的目标来说，却又是一段短暂的行程。所以，公开发表该文既有记录核心 Argo 数据集从建立到 2019 年的这段历史，又有迎接全球海洋数据集扩展进入到 2020 年及其以后一个更长历史时期的双重目的。

最后，会议讨论了国际 Argo 计划办公室新网站 (<https://argo.sioword.ucsd.edu>) 的设计方案和即将召开的与 Argo 相关的会议安排等。法国索邦大学 LOV 海洋学实验室的 Hervé Claustre 教授提议明年的 AST-22 次会议由摩纳哥承办，并与 2021 年 3 月 22-26 日期间的摩纳哥海洋周一起举行。会议还提议增加 AST 执行委员会的人数至 10 人（目前 5 人），以便更好地指导核心 Argo、深海 Argo 和 BGC Argo 计划的组织和协调。

本次 AST 年会是以一种新颖的视频会议形式举行，由于准备时间比较仓促，且与会代表又来自于不同时区，受时间限制难以安排充分的讨论，所以会议没有按惯例马上形成相关决议及其执行条款，将在会后通过电子邮件方式达成。

二、体会与建议

三天的 AST-21 视频会议虽然受时差等因素的影响进行了大量压缩，但仍按照预定的议程顺利地展开介绍和讨论，各国代表没有因为受 COVID-19 疫情影响而缺席会议，在生产商研讨会环节更是有 80 多人加入视频会议。随着国际 Argo 计划正式向 Argo 2020 的宏伟目标迈进，各国 Argo 计划都在通过不同渠道极力争取政府的支持，购置和投放更多的浮标，同时循序渐进地向深海和生物地球化学领域拓展。边缘海的 Argo 观测也是全球 Argo 的重要组成部分，但受地缘政治和政策法规限制，导致有些边缘海内的浮标数量有所减少，亟需新的资源投入和相关法律规定的支持。国际 Argo 计划越来越重视浮标和传感器的质量和工作性能，提出了核心 Argo 计划浮标能达到观测 250 个剖面的目标。近年来海鸟 CTD 传感器的性能有所下降，使成批浮标观测的盐度资料误差较大甚至出现压力依赖的误差，引起了 AST 和 Argo 资料管理组的高度重视，要求海鸟公司进行深入调查和分析，同时 AST 也认为传感器需要存在竞争局面，才能使传感器出现批次质量问题导致 Argo 数据库中数据质量下降的风险降低。因此，AST 将积极推进加拿大 RBR CTD 传感

器的认证工作，鼓励各国 Argo 计划购置一定数量携带 RBR CTD 的剖面浮标，开展海上示范试验，提供更多比测数据供国际 Argo 组织认证及 RBR 公司做进一步的技术性能改进。下面将提出几点与会的认识与对策建议，供主管部门决策参考：

1、抓紧编制我国 Argo 未来发展规划

自 2020 年起，国际 Argo 计划将全面向其提出的 Argo 2020 愿景规划迈进，各主要成员国均在极力争取获得政府部门更多支持，欧盟专门成立了欧洲研究基础设施财团（ERIC Euro-Argo），加强对扩展 Argo 观测网的投入，计划维持整个观测网 1/4 数量的浮标，特别是像意大利、西班牙和荷兰等国家，近几年均加大了浮标投放力度。我国早期（2002 年）由原国家海洋局组织编制的《中国 Argo 实时海洋观测系统建设规划纲要（2002-2010 年）》（简称《中国 Argo 规划纲要》），显然已经跟不上当前国际 Argo 计划快速扩张和全球 Argo 实时海洋观测网不断拓展的步伐，特别是与欧美等沿海国家的热衷程度相比，我国参与该国际大科学计划的后劲明显不足，且与主要 Argo 成员国（美国、澳大利亚、法国、德国、英国、日本和印度等）的差距也在不断拉大。为此，建议抓紧编制我国 Argo 未来发展规划，将我国 Argo 观测网建设和运维纳入业务化海洋观测体系，从长期可持续性发展角度出发，加大浮标投放力度，同时有序地向深海和生物地球化学领域拓展，出台相关政策措施，规范剖面浮标的采购与布放活动，特别是观测数据的统一接收及其观测资料的质量控制工作，以引导中国 Argo 计划的有序、健康发展。

2、抓紧南海 Argo 区域海洋观测网建设和运维

南海是西北太平洋区域最为重要的边缘海，对我国气候变化、能源运输和经济发展影响深远，无论是科学研究、业务化预测预报、防灾减灾，还是海洋环境安全保障等，均需要一个长期可持续的区域观测网。我国虽然在 2016 年依靠科技部科技基础性工作专项的支持，在南海布放了 10 个国产北斗剖面浮标，拉开了我国主导建设南海 Argo 区域海洋观测网的序幕，但后续由于缺少业务经费的支持，至 2019 年 6 月，已经没有浮标在该海域正常工作。如果我国在近期仍无法建成由 25 个浮标组成的区域观测网，则不排除美国等域外国家重新在南海开始布放剖面浮标的可能。为此，我国应积极掌握主动权和主导权，尽快布放一批国产北斗剖面浮标，使南海 Argo 区域海洋观测网完全由我国主导建设和维护，同时适时邀请南海周边国家参与该观测网的运维，成为全球 Argo 实时海洋观测网的重要组成部分。

3、积极参与国际 Argo 计划组织的 CTD 传感器认证活动

国际 Argo 计划正面临 CTD 传感器长期观测性能下降的困境，正设法扭转传感器由一家公司垄断的不利局面，因此鼓励各成员国在未来小批量布放携带 RBR CTD 传感器的浮标，并尽可能地使用船载 CTD 仪和实验室高精度盐度计开展比对试验，供 AST 组织的认证使用，同时也有助于 RBR CTD 传感器生产厂家对传感器的改进和标定。我国是国际 Argo 计划重要成员国，理应承担一个成员国应尽的义务，为此，建议在即将执行的涉及到剖面浮标布放的专项任务，购置少量安装 RBR CTD 传感器的浮标进行海上试验，同时尽可能使用船载 CTD 仪和实验室盐度计进行比测，为 AST 和加拿大 RBR 公司提供第一手的现场比测数据。由青岛海洋科学与技术国家

实验室支持的我国深海剖面浮标研制项目，计划在今年布放 9 个安装 RBR 深海型 CTD 传感器的 HM4000 型浮标（由青岛海山海洋装备有限公司研制），建议届时将这些浮标的观测数据提供给深海 Argo 工作组和 RBR 公司，以便加快 RBR 深海型 CTD 传感器的认证进程。

4、国产剖面浮标需加快技术改进

要实现 Argo 2020 规划提出的 4700 个活跃浮标的目标将面临诸多困难和挑战，特别是 COVID-19 疫情势必对各国经济发展带来大的影响，未来各国 Argo 计划的投资力度将存在很大不确定性。面对当前不利局面，AST 设想用提高浮标工作寿命和性能来弥补潜在的浮标布放数量不足而造成的全球 Argo 观测网内活跃浮标数量的衰退，甚至提出了核心 Argo 使用的剖面浮标应当达到观测 250 条剖面（6~7 年）的水平，目前美国 SCRIPPS 海洋研究所和 MRV 公司生产的 SOLO-II 型浮标以及法国 NKE 公司生产的 ARVOR 型浮标均有望在近期实现这一目标。我国自主研制的 HM2000 型浮标（由中船集团第七一〇研究所研制）虽已得到国际 Argo 组织的认证并用于我国 Argo 实时海洋观测网的建设，但受限于浮标自身的功耗和国产锂电池的技术水平，目前仅能达到 2-3 年的工作寿命，显然与国外先进国家生产的浮标存在不小的差距；而另一型由国家海洋技术中心研制的 COPEX 型浮标，至今仍未获得国际 Argo 组织的认证。为此，建议国内浮标研制生产单位，应在科研用户单位的协助下尽快组织技术力量对现有浮标的功耗和电池放电性能等展开调查和分析，进一步提高浮标的工作寿命和性能，更好地满足未来我国专项任务实施的技术要求。同时，还建议主管部门在其组织的专项任务中，在大力支持国产剖面浮标应用的同时，适时提高设备的技术指标和质保要求，以便进一步促进国产剖面浮标的技术水平。

（刘增宏）



第二十一次国际 Argo 资料管理组会议将在美国迈阿密举行

据国际 Argo 资料管理组（ADMT）消息，第 21 次国际 Argo 资料管理组会议（ADMT-21）将于 2020 年 11 月 29 日 -12 月 4 日在迈阿密举行，此次会议由美国国家海洋和大气管理局大西洋海洋与气象实验室（AOML）承办。其中，29 和 30 日上午举行资料中心（DAC）工作组会议，30 日下午和 12 月 1 日举行生物地球化学资料管理组（BGC-ADMT）会议，1 日晚举行资料管理执行组会议，2-4 日举行全体资料管理组会议。国际 Argo 资料管理组自 2000 年以来坚持每年召开一次年会，目的是为了更好地解决数据用户关心的 Argo 资料质量、数据格式和数据时效等问题，同时促进各国 Argo 资料中心按照资料管理组的要求做好 Argo 资料业务化接收、处理和分发等工作。会议详细信息请浏览 ADMT-21 会议网站：<http://www.argo.ucsd.edu/AcADMT-21.html>。

（孙朝辉）



杭州全球海洋Argo系统野外科学观测研究站
(Observation and Research Station of
Global Ocean Argo System, Hangzhou, MNR)



中国Argo实时资料中心
(China Argo Real-time Data Center)

网 址: <http://www.argo.org.cn>
地 址: 杭州市保俶北路36号
邮 编: 310012
联系人: 刘增宏 吴晓芬
电 话: 0571-81963098
邮 箱: liuzenghong@139.com wuxiaofen83@163.com
传 真: 0571-88803499 0571-88071539