

# 自然资源部野外科学观测研究站 年度工作报告

野外站名称：杭州全球海洋 Argo 系统野外科学观测研究站

野外站站长：（签章）

依托单位（盖章）：自然资源部第二海洋研究所

自然资源部科技发展司

二〇二五年制

# 目录

第一部分 野外站基本情况 .....	1
第二部分 年度工作报告 .....	2
一、野外站总体定位、研究方向及年度总体运行概况 .....	2
1. 总体定位 .....	2
2. 研究方向 .....	2
3. 年度总体运行概况 .....	3
二、基础条件建设和观测数据累积数量及质量情况 .....	5
三、团队建设与人才培养情况 .....	8
四、科学研究以及示范服务情况 .....	8
1. 科学研究 .....	8
2. 示范服务 .....	19
五、开放共享与合作交流情况 .....	20
1. 开放共享 .....	20
2. 合作交流 .....	22
六、学术委员会纪要 .....	25
七、年度大事记 .....	26
八、存在的问题、改进措施及有关意见建议 .....	27
九、下年度工作计划及发展展望 .....	28
1. 推进“剖面浮标观测网”专题设计 .....	28
2. 加强数据集和数据产品研制 .....	28
3. 支撑国家实验室“深海 Argo 区域观测网建设” .....	29
4. 为国产 BGC 传感器和浮标研制提供支持 .....	29
十、依托单位意见 .....	30
第三部分 统计数据 .....	31
一、人才团队情况 .....	31
二、主要观测仪器设备 .....	35
三、主要观测数据 .....	35
四、科学研究水平与贡献 .....	36
五、学术交流与开放共享情况 .....	44

## 第一部分 野外站基本情况

野外站名称		杭州全球海洋 Argo 系统野外科学观测研究站					
批准建设时间		2019 年 10 月 29 日	野外站网站		https://www.argo.org.cn/		
地理位置		浙江省杭州市	经纬度		东经 120°20', 北纬 30°27'		
研究方向	方向 1	全球 Argo 实时海洋观测					
	方向 2	Argo 数据质量控制方法研究和数据产品研制					
	方向 3	Argo 数据和产品的示范应用研究					
近两次评估结果		评估年份	无				
		评估结果	无				
主管单位		自然资源部					
依托单位		名称	自然资源部第二海洋研究所				
		性质	A.√科研院所 B.事业单位 C.高等院校 D.企业法人 E.其他				
		详细地址	浙江省杭州市保俶北路 36 号	邮政编码	310012		
共建单位		无					
野外站站长		姓名	刘增宏	性别	男	出生年月	1977 年 2 月
		所在单位	自然资源部第二海洋研究所	职称	正高级工程师	职务	站长
		学科专长	物理海洋学	手机	13858031205	电子邮箱	zliu@sio.org.cn
学术委员会主任		姓名	陈大可	性别	男	出生年月	1957 年 9 月
		所在单位	自然资源部第二海洋研究所	职称	研究员	职务	主任
		学科专长	物理海洋学			院士	A.√中科院 B.工程院
野外站联系人		姓名	李兆钦	性别	男	出生年月	1990 年 12 月
		所在单位	自然资源部第二海洋研究所	职称	工程师	职务	/
		固定电话	0571-81963098	手机	13165991238	电子邮箱	lizhaoqin@sio.org.cn

## 第二部分 年度工作报告

### 一、野外站总体定位、研究方向及年度总体运行概况

#### 1. 总体定位

杭州全球海洋Argo系统野外科学观测研究站（以下简称“杭州Argo野外站”）定位于长期收集和整编长时间序列的全球Argo观测网获取的海洋环境资料，通过质控方法改进，特别是针对生物地球化学要素的质控方法，进一步提高数据质量，同时研制有价值的衍生数据产品，为全球气候变化评估、海洋碳循环、酸化和缺氧、防灾减灾和海洋安全保障等提供本底数据和信息服务。同时，积极代表我国参与国际Argo计划组织的相关活动，吸收并消化国外先进技术和管理经验，加强人才和队伍建设，吸引高水平技术、管理和科研人才的加入，培养具有创新能力的Argo技术科研群体。

#### 2. 研究方向

（1）生物地球化学要素质控方法研究：针对目前的六个核心生物地球化学参量的观测原理与误差来源，利用卫星数据、气候态数据集、再分析数据等外源数据库以及人工神经网络、机器学习等数据分析技术，开发与优化数据的质量控制方法。

（2）Argo衍生数据产品研制：通过高性价比最优插值、机器学习等方法，开发覆盖全球海洋中上层的高质量网格化数据产品及其衍生产品，重点解决海量数据的快速质控及程序的模块化等关键技术。

（3）Argo数据和产品的示范应用研究：利用Argo数据和数据产品，开展海洋数据同化、多尺度海-气相互作用、南大洋在气候变化中的作用和响应、极地变化等方面的示范应用研究，注重与生物地球化学领域和卫星海洋遥感的学科交叉，为Argo数据的推广应用提供重要示范。

### 3. 年度总体运行概况

2024年度，野外站在主管部门、依托单位、卫星海洋环境监测预警国家重点实验室（SOED）和国内各涉海单位的支持下，围绕我国军民两用Argo观测网的建设和维护开展了各项工作。搭载多个航次在太平洋和印度洋海域布放32个自动剖面浮标（图1），其中国产COPEX型浮标30个（部专项布放，未纳入Argo计划）、进口生物地球化学（BGC）Argo浮标2个；国内涉海单位布放并纳入我国Argo计划管理的浮标共16个，其中崂山国家实验室国产深海Argo浮标10个（XUANWU）、自然资源部第一海洋研究所HM2000型浮标4个、海南热带海洋学院BGC-Argo浮标2个（PROVOR\_BGC），其观测数据均由野外站统一接收、处理并提交至全球Argo资料中心（GDAC）和GTS，参与国际共享与交换，维持了我国Argo区域实时海洋观测网内活跃浮标数量在70个左右，北斗剖面浮标观测网内活跃浮标约100个（截止2024年底）。

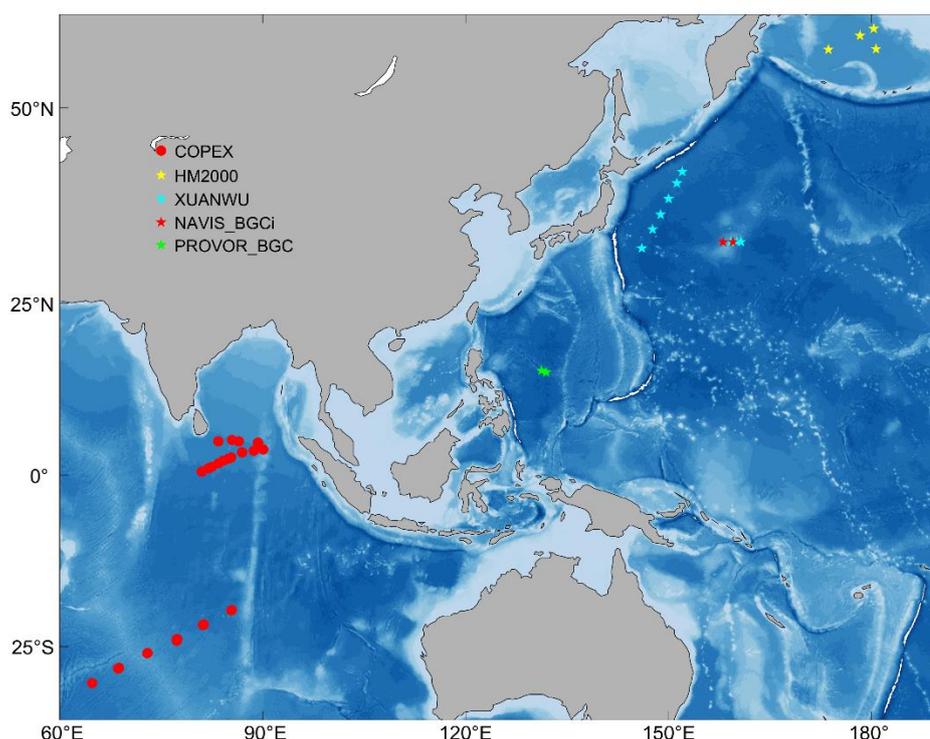


图1 2024年度剖面浮标布放位置

野外站业务化运行的我国剖面浮标数据接收、处理与分发系统正常运行。本年度共接收和处理我国Argo区域观测网内80个活跃浮标获取的4152条温盐度

剖面及6500余条生化要素剖面数据，经质量控制后汇总至GDAC参与国际共享与交换；接收和处理了JMRH专项布放的169个北斗剖面浮标获取的5325条温盐度剖面，并准实时推送至任务委托方；重点开展了崂山国家实验室布放的深海XUANWU浮标盐度数据校正工作，使用全水深船载CTD资料作为参考，校正了SBE61 CTD传感器压力抵消系数（CPcor），并对所有盐度剖面进行校正，确保深海Argo资料的可靠性；收集和质量再控制全球Argo温盐度数据10.3 GB，并业务化推送至国家海洋环境预报中心（NMEFC）、国家卫星海洋应用中心、中科院大气物理研究所（IAP/CAS）、北海预报中心、61741部队等单位，用于海洋数据同化和再分析，其中IAP/CAS的热含量和温度数据产品完全使用了野外站推送的数据，有效提高了IAP数据产品的时效性；更新了BOA\_Argo和GDSCM\_Argo两款数据产品，并通过国际Argo官方网站发布；CSIO\_Argo轨迹数据产品则实现了每天自动更新，已推送至NMEFC用于模式输出结果的验证。

为了提高Argo温盐度数据集中异常数据的检出率，在气候态测试基础上加入了Min-Max检测步骤，该检测过程利用了IAP/CAS提供的温盐度最值范围数据集，并考虑了全球海洋温度长期变化趋势，进一步提高了海量Argo中异常温、盐度数据的检出率（图2）。

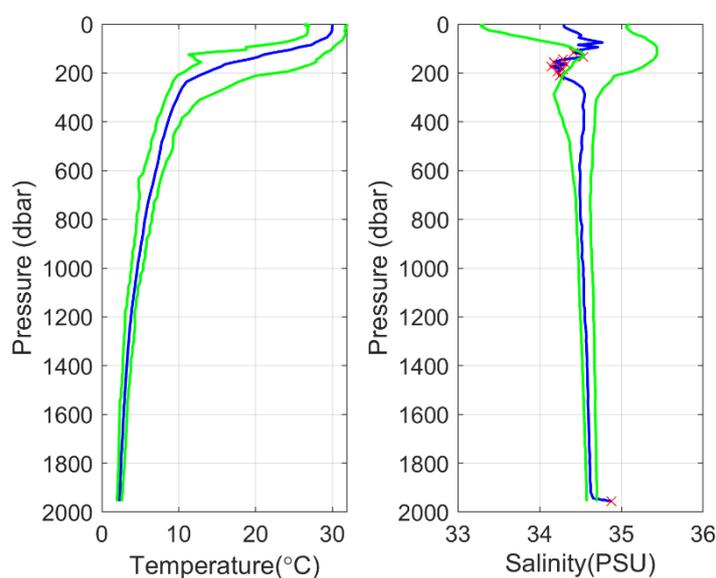


图2 Min-Max检测示例

在国际合作方面，野外站继续代表我国Argo计划参与国际Argo组织的会议并提交年度国家报告，包括第25次国际Argo指导组会议（AST-25，英国南安普顿）和第25次国际Argo资料管理组会议（ADMT-25，意大利的里雅斯特）、第

10次Argo延时模式质量控制研讨会（线上）等，举办了联合国海洋十年大会“建立观测和预测系统服务海洋生态系统的健康与可持续发展”边会，旨在提升“一带一路”共建国家的海洋观测能力，发展深海采矿等活动影响下海洋生态动力环境的预报模式，服务海洋生态健康和可持续发展的需求，提高我所在国际海洋领域的话语权；参与SOED全国重室组织的“小岛屿发展中国家海洋与海岸带生态环境及灾害立体监测国际培训班”以及大连舰艇学院组织的“海洋水文外训班”并授课等。

作为依托单位和SOED的重要宣传窗口和科普教育基地，2024年野外站接待了13批参观访问人员，参加依托单位、SOED和民盟浙江省直属基层委员会组织的科普教育活动9次。

在团队建设方面，本年度野外站新获批省国防科工系统劳模工匠创新工作室，1人入选自然资源部科技领军人才，1人获省杰出青年科学基金项目资助。

## 二、基础条件建设和观测数据累积数量及质量情况

2024年度，自然资源部第二海洋研究所、崂山实验室、自然资源部第一海洋研究所和海南热带海洋学院等4家单位承担的专项和科研项目分批在太平洋和印度洋等海域共布放了48个剖面浮标（其中国产COPEX型浮标30个，国产深海XUANWU浮标10个，国产HM2000型浮标4个，法国NKE公司生产的PROVOR型浮标2个，美国海鸟公司生产的NAVIS型浮标2个），其中18个浮标纳入我国Argo计划管理，使我国在海上工作的Argo浮标维持在70个左右，这些浮标均由本站负责观测数据的接收、解码、质量控制和分发共享；其余30个浮标由专项布放，其观测数据尚未参与国际共享（详见表1）。

本年度，野外站共接收和处理我国Argo区域实时海洋观测网内80个浮标获取的4152条温、盐度剖面数据，另获取溶解氧浓度剖面1340条、叶绿素a剖面1025条、后向散射系数剖面1812条、黄色物质剖面238条、辐照度剖面1029条、硝酸盐浓度剖面414条以及pH剖面702条，经质量控制后提交至GDAC和GTS参与国际共享与交换（图3）；专项布放的169个国产剖面浮标共获取西北太平洋、南海和东印度洋海域5325条温、盐度剖面，因未出台数据分级共享策略，其观测数据仍未公开。此外，野外站从GDAC获取了超过16.7万条温盐度剖面及超过3万条生物地球化学（BGC）要素剖面数据。

表1 2024年度新布放并由野外站管理的剖面浮标

浮标型号	布放数量 (个)	观测要素	布放海区	所属单位	是否纳入 Argo 计划
COPEX	30	温度、盐度	西南印度洋、 热带印度洋	海洋二所	否
HM2000	4	温度、盐度	白令海	海洋一所	是
XUANWU	10	温度、盐度	西北太平洋	崂山国家 实验室	是
PROVOR_REM_SUNA	1	温度、盐度、溶解 氧、叶绿素a、后向 散射系数、光照、 硝酸盐、pH	西北太平洋	海南热带海 洋学院	是
PROVOR_RE_SU_PH	1	温度、盐度、溶解 氧、叶绿素a、后向 散射系数、黄色物 质、光照、硝酸 盐、pH	西北太平洋	海南热带海 洋学院	是
NAVIS_BGCi	2	温度、盐度、溶解 氧、叶绿素a、后向 散射系数、硝酸 盐、pH	西北太平洋	海洋二所	是

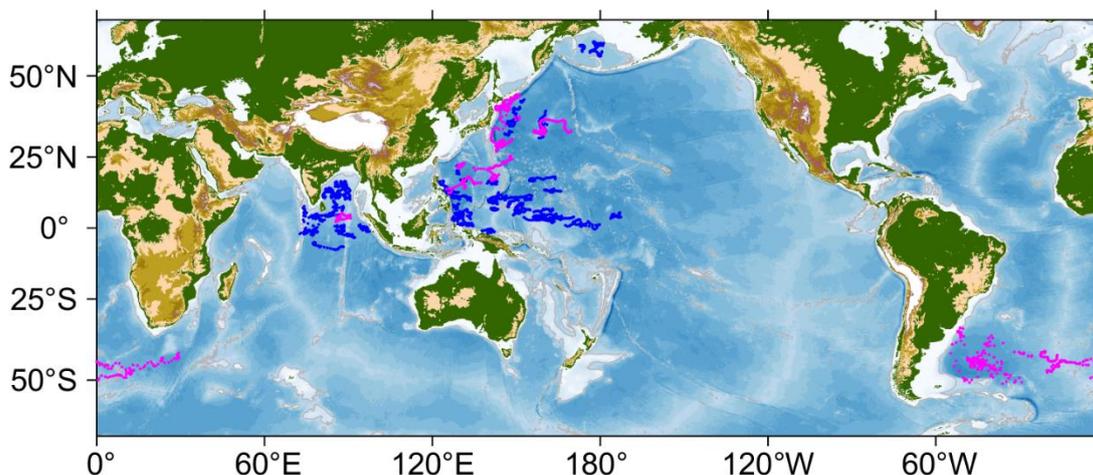


图3 2024年我国Argo海洋观测网获取的核心（蓝色）和BGC要素（红色）剖面分布

野外站管理的我国Argo区域观测网内所有浮标获取的剖面数据均严格按照国际Argo制定的质量控制方法进行实时质控，经质控后的数据在24小时内提交至GDAC和GTS。野外站由专人负责Argo浮标温盐度剖面观测数据的延时模式质量控制，本年度向GDAC提交了6952条经延时质量控制的温盐度剖面，使得我国延时模式Argo数据占比超过78%，在国际上排名第8（图4）。

Delayed mode percentage by DAC

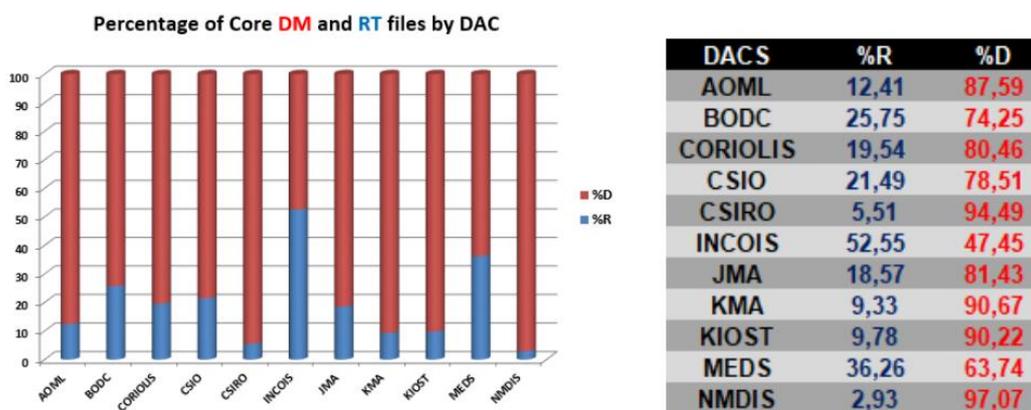


图4 至2024年12月各国Argo资料中心提交的实时和延时模式数据占比  
(蓝色：实时数据；红色：延时模式数据；本站的英文缩写为CSIO)

表2 野外站数据累积和质量情况

序号	数据名称	包含要素	剖面数据量 (条 /GB)	质量情况
1	全球 Argo 原始数据	温度、盐度、溶解氧、叶绿素 a、BBP、CDOM、辐照度、硝酸盐、pH	温盐度：3090086 条 各类生地化要素：335782 条	一般
2	质量再控制的全 球 Argo 数据	温度、盐度	2850741 条	高
3	质量再控制的非 Argo 浮标数据	温度、盐度	67093 条	高
4	BOA_Argo (2004-2024 年 9 月)	温度、盐度、等温层深度、混合层深度、合成混合层深度	12.8 GB	达到国外同类产品水平
5	GDCSM_Argo (2004-2024 年 6 月)	温度、盐度、声速、混合层深度、温跃层强度	11 GB	达到国外同类产品水平
6	CSIO_Argo 轨迹数据集和中层流产品	浮标定位、时间、中层漂移速度；格点化中层流场	0.73 GB	达到国外同类产品水平

表 2 列出了野外站累积的数据和质量情况。自 2003 年以来，累计收集到全球海洋温盐度剖面超过 300 万条，通过质量再控制的剖面达 285 万条，各类生地化要素剖面 33.6 万条；利用 Argo 剖面数据和漂移轨迹，制作了 3 款 Argo 数据产品，并在国际 Argo 官方网站发布 (<https://argo.ucsd.edu/data/argo-data-products/>)，累计他引超过百次。

### 三、团队建设与人培养情况

本年度新获批浙江省国防科工系统劳模工匠创新工作室，新增 1 名固定成员（汪斌助理研究员）和 1 名流动成员（张春玲副教授）。王云涛研究员入选部科技领军人才、获浙江省杰出青年自然科学基金项目资助，卢少磊晋升高级工程师职称。

另外，本站已培养硕士研究生 12 人、博士研究生 1 人，目前在培研究生 17 人。

### 四、科学研究以及示范服务情况

#### 1. 科学研究

##### 1.1 项目进展

###### (1) JMRH 浮标专项

刘增宏站长为项目负责人。至 2024 年已完成合同规定的工作内容，达到了合同约定的验收指标要求，于 7 月 29 日开展了自验收，并于 9 月 1 日在北京通过了项目委托方组织的合同验收，项目取得的成果获委托方高度评价。

###### (2) 重点研发国产生地化传感器项目“海试与应用示范”课题

2024 年 7 月，邢小罡副站长作为课题负责人在南海组织了摸底海试，搭载中国科学院南海海洋研究所“实验 6”号科考船，完成了对适合移动观测的海洋生物化学原位传感器及其集成的试验平台（Argo 浮标和水下滑翔机）41 项指标的海上试验。摸底试验取得的主要结果包括：1) 两台 Argo 浮标与两台 Glider 均携带多种生地化传感器，完成了 2 次深海吊笼与 3 次浅水剖面的所有任务，证明平台已具备成熟的系统可靠性，总体运行状态稳定；2) 所有自研传感器随 Glider 平台完成了 3500 m 深水条件下连续工作的指标；3) 通过船基 CTD 采水分析以及国外传感器同步比对实验，证实自研溶解氧、叶绿素和辐照度传感器的准确性指标已基本达到甚至优于国外同类产品。本次摸底海试达到了预期目的，

试验中发现的问题也为后续进一步提升国产自研传感器的性能、移动平台集成多传感器的技术成熟度提供了第一手现场数据，具有重要的指导意义。

9-12月，课题组开展了多种自研传感器（包括叶绿素传感器、辐照度传感器、CDOM传感器、pH传感器、硝酸盐传感器）的航次搭载测试与实验室比对测试，验证了自研传感器的综合性能。

12月4-5日，项目组组织召开了Argo平台摸底海试故障归零评审与验收与应用示范海试大纲评审，课题组计划2025年1月底组织Argo平台的验收与应用示范海试、4月和7月组织Glider平台的验收与应用示范海试。

### **(3) 基于物理-生态耦合的采矿尾水排放监测评价技术**

王云涛研究员为项目负责人。该项目来源于国家重点研发计划青年项目。本年度，项目组在杭州召开了项目总体实施方案论证会，邀请项目跟踪专家李茂林正高级工程师和孙启良教授予以指导，特别邀请李家彪院士、翦知湓院士、林君院士等专家参会，论证专家组听取了该项目实施方案的汇报，同意实施方案通过论证，项目正式启动。本项目以加拿大金属公司（TMC）在2022年10月深海多金属结合矿试采过程中发生的采矿尾水表层泄露事件为例，开展基于卫星遥感资料对采矿尾水泄露引起海洋表层环境异常响应特征识别的探讨，并通过建立对采矿尾水引起海表叶绿素浓度异常情况的识别算法，基于哨兵3卫星观测数据，实现了对TMC公司采矿船尾水表层泄露区域海表叶绿素浓度异常的精确刻画。该成果已发表于Journal of Oceanology and Limnology期刊，基于卫星遥感技术建立了准确监测深海采矿尾水排放的科技能力。

### **(4) 新型海洋观测资料同化支撑技术研究**

刘增宏站长为子课题负责人。子课题来源于国防科技大学主持的国家重点研发计划“区域高分辨率多圈层耦合资料同化系统”项目，按照任务要求本年度制作完成Argo数据产品（2004~2023年），包括全球海洋中层流速数据集和两款全球Argo温盐网格化数据产品，经质量控制后的C-Argo观测网浮标数据已通过61741部队业务化推送至国防科技大学。

### **(5) 基于BGC-Argo观测的中尺度涡对海洋生物泵关键过程的影响研究**

邢小罡副站长为项目负责人，项目来源于国家自然科学基金面上基金。本年度，项目组利用Argo野外站在西北太平洋副热带流涡区投放的两台BGC-

Argo 浮标的高频观测数据 (WMO 编号: 2902753 和 2902756), 捕捉了中尺度涡旋和亚中尺度锋面动力加强过程, 并量化其对弱光层颗粒有机碳 (POC) 输出通量的影响。相较于中尺度涡旋和该海区的其它历史观测, 研究发现亚中尺度过程能显著提高 POC 通量的垂向传输效率, 从而导致更多的 POC 向深海传输。上述成果于 2024 年 1 月在线发表于国际权威学术期刊 Nature Communications, 中国科学院南海海洋研究所郭铭先副研究员与 Argo 野外站邢小罡副站长为该论文的共同第一作者。

#### (6) 深海矿区指示生物的原位快速检测技术与应用

郑旻辉正高级工程师为课题负责人。课题来源于自然资源部第二海洋研究所牵头的国家重点研发计划“深海矿区指示生物的原位快速检测技术与应用”项目。该项目拟利用生物和非生物技术, 研制具有自主知识产权的深海原位生物感知、采样、培养和检测仪器, 移动与定点探测装备, 为采矿扰动影响下的生物群落生态效应监测与评估提供技术支撑。2024 年度取得的主要成果包括: 1) 完成课题实施方案制定并通过专家评审, 完成研制仪器原理验证与设计输入确定; 2) 基本完成 eDNA 和微生物 DNA 等温扩增检测体系构建; 3) 完成了 DNA 快速分析仪原理样机研制和微生物培养器原理样机研制, 并搭载航次进行海上试验; 4) 完成了两套设备的总体方案设计和详细设计并通过评审, 正开展工程样机的研制工作。

#### (7) 深海 Argo 观测网实时数据系统建设与国际共享

刘增宏站长为课题负责人。课题来源于崂山国家实验室科技创新项目“深海 Argo 区域观测网建设”。本年度, 针对国产深海 Argo 浮标装载的 SBE61 型 CTD 传感器存在的压力抵消系数 (CPcor) 不准确、导致盐度出现压力依赖误差的问题, 查阅了国际 Argo 资料管理组相关文档和报告, 开发了一套使用船载 CTD、海水盐度计分析结果和浮标观测数据的校正方法, 适用于国产深海浮标。利用该方法, 对项目布放的 17 个深海 XUANWU 浮标 (图 5) 中的 13 个进行了盐度延时校正, 取得了较好的校正效果 (见表 3)。同时, 还研制了深海 Argo 浮标数据查询显示系统, 目前已投入业务运行。

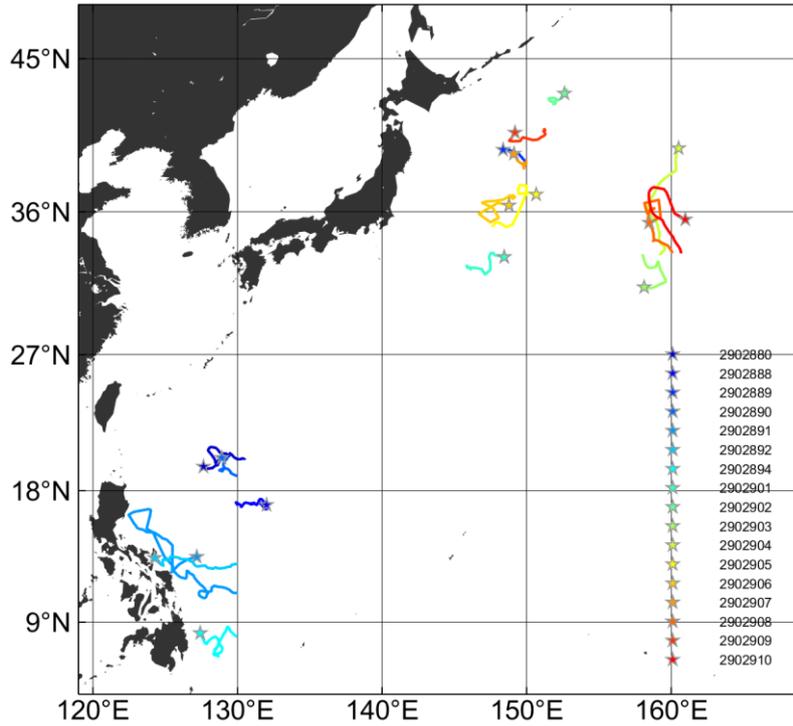


图 5 深海 XUANWU 浮标漂移轨迹 (至 2024 年底)

表 3 13 个 XUANWU 浮标原始、修正后的 CPcor 系数以及与 ISAS 气候态资料在 4000 米层的盐度差均方根值

WMO 编号	原始 CPcor	修正后的 CPcor	RMS (PSU)
2902880	$-9.57 \times 10^{-8}$	$-11.911 \times 10^{-8}$	0.004
2902888	$-9.57 \times 10^{-8}$	$-12.462 \times 10^{-8}$	0.007
2902890	$-9.57 \times 10^{-8}$	$-11.687 \times 10^{-8}$	0.006
2902891	$-9.57 \times 10^{-8}$	$-11.819 \times 10^{-8}$	0.005
2902892	$-9.57 \times 10^{-8}$	$-11.100 \times 10^{-8}$	0.006
2902894	$-9.57 \times 10^{-8}$	$-10.561 \times 10^{-8}$	0.003
2902901	$-9.57 \times 10^{-8}$	$-15.509 \times 10^{-8}$	0.005
2902902	$-9.57 \times 10^{-8}$	$-13.644 \times 10^{-8}$	0.004
2902904	$-9.57 \times 10^{-8}$	$-9.133 \times 10^{-8}$	0.002
2902905	$-9.57 \times 10^{-8}$	$-12.460 \times 10^{-8}$	0.005
2902906	$-9.57 \times 10^{-8}$	$-11.642 \times 10^{-8}$	0.006
2902907	$-9.57 \times 10^{-8}$	$-11.555 \times 10^{-8}$	0.001
2902909	$-9.57 \times 10^{-8}$	$-10.615 \times 10^{-8}$	0.001

## (8) 黑潮延伸体北部混合海域营养盐输运及其对表层叶绿素的影响

野外站龙钰副研究员为项目负责人。项目源于国家自然科学基金青年基金。本年度开展了东北太平洋海洋热浪相关研究，论文于 *Nature Communications* 第一轮审稿结果为大修，目前处于修改阶段。研究取得的认知包括：1) 挑战了前人关于高压异常引起的海洋散热减小是东北太平洋热浪起因的认知，提出环流尺度的海洋动力过程才是主因；2) 首次提出东北太平洋海洋热浪的结束受到冷空气输送异常导致的湍热通量异常调制；3) 在以上两点认知基础上，确认了风场异常是引发东北太平洋海洋热浪的主因，并阐明其详细动力学、热力学机制。

## 1.2 研究成果

据不完全统计，2024 年野外站成员在国内外学术刊物上公开发表论文 13 篇（第一或通讯作者 8 篇），其中 SCI 论文 13 篇。

### (1) 西北太平洋 BGC-Argo 浮标数据揭示海洋亚中尺度过程对生物碳泵效率的影响

海洋中尺度涡旋和亚中尺度动力过程是副热带流涡区营养盐垂向供给的关键途径。以往的研究表明，中尺度涡和亚中尺度过程的加强能够带来营养盐的垂向供给，促进真光层的初级生产力。然而，由于传统的船基观测平台在中小尺度上进行连续高频生物地球化学观测极具挑战，目前对中尺度和亚中尺度等动力过程的碳输出效应依然缺乏明确的认知，BGC-Argo 浮标的问世有效解决了海洋中小尺度多参数剖面观测的瓶颈。

2019 年 3 月，Argo 野外站搭载厦门大学“嘉庚”号科考船在副热带西北太平洋成功投放了两台“六参数”的 Provor CTS4 型 BGC-Argo 浮标（图 6），进行了为期一个月的中尺度涡旋与锋面高频观测（循环周期 12 小时）。“六参数”浮标可同时观测国际 Argo 计划设计的六个核心生地化参量：溶解氧、硝酸盐、pH、叶绿素、颗粒物后向散射系数和光照。

Argo 野外站还负责浮标采样周期的实时调整，以及观测数据的接收、解码、质量控制、实时发布的全链条处理流程。通过连续高频观测，两台 BGC-Argo 浮标成功捕捉到了涡旋和锋面加强阶段中弱光层（真光层底部至 1000 米深度）POC 输出通量的增强现象，研究团队据此探究了这些中小尺度动力过程对 POC 通量传输效率的影响。

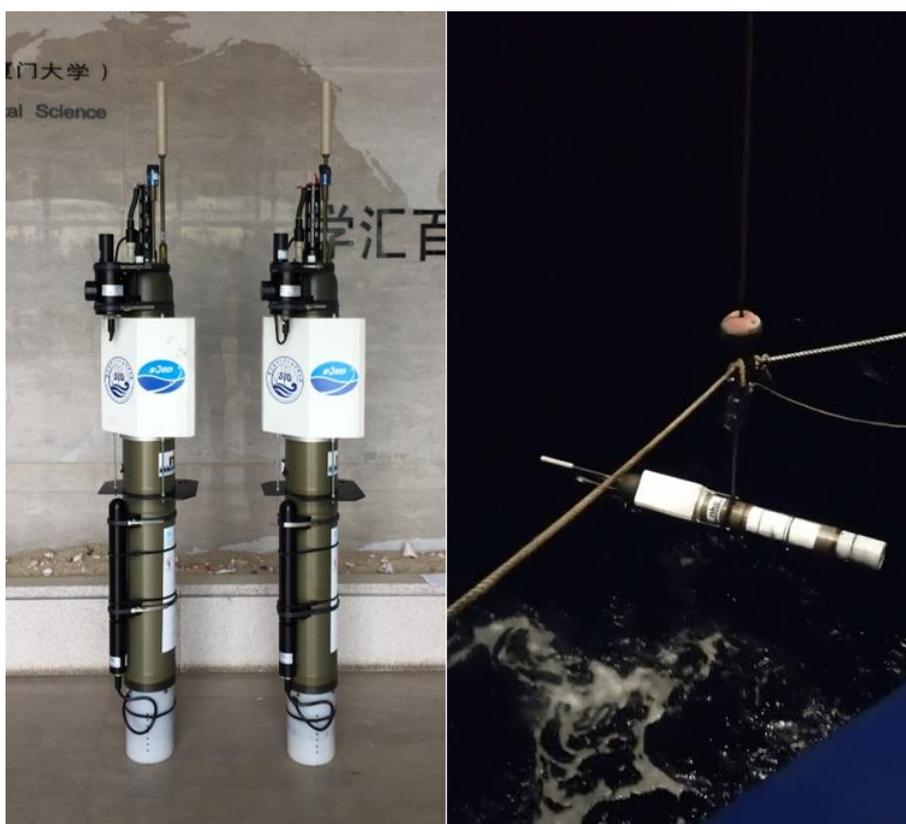


图 6 2019 年 3 月投放西北太平洋的“六参数”的 Provor CTS4 型 BGC-Argo 浮标 (WMO 编号: 2902753 和 2902756)

主要研究结论包括:

### 1) 中尺度涡旋加强期对 POC 通量的影响

2902756 号浮标经历了气旋涡的加强和成熟期 (图 7a, b), 测得的弱光层 POC 减小速率在加强期低于成熟期, 暗示涡旋加强期 POC 输出通量的增加。该通量在真光层底部为  $1.68 \text{ mmol C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , 且马丁曲线 (Martin Curve) 垂向衰减系数  $b$  值为 1.14, 与北太平洋多年的现场观测平均值 (POC 通量= $1.63 \text{ mmol C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ,  $b=1.19$ ) 接近 (图 7c)。上述结果表明涡旋在加强期能增加 POC 的输出通量, 但是, 并没有增强 POC 通量在弱光层的传输效率。

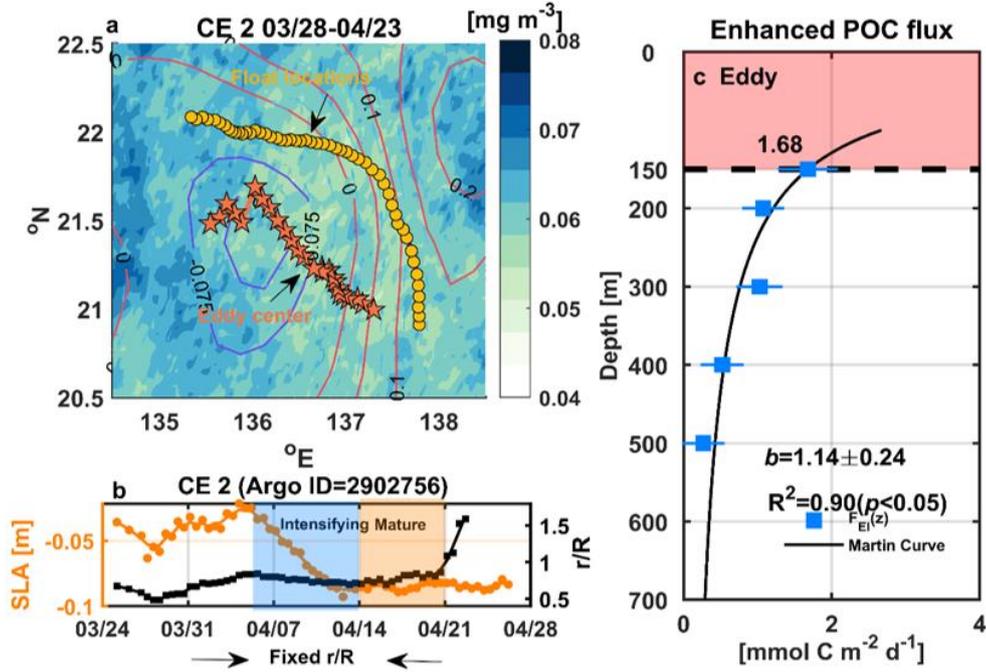


图 7 中尺度涡旋加强期弱光层 POC 通量及其传输效率

(注: (a) 涡旋中心和 BGC-Argo 的连续轨迹; (b) BGC-Argo 在涡内相对位置及海表高度时间序列; (c) 涡内 POC 通量在弱光层的分布及马丁曲线拟合结果)

## 2) 亚中尺度锋面加强期对 POC 通量的影响

动力诊断揭示亚中尺度锋面存在加强和衰退期 (图 8a, c), 通过分析这两个时期的 POC 减小速率, 得到锋面加强期 POC 通量的垂向分布和拟合的马丁曲线 (图 8b)。在锋面加强期, 相对于气旋涡, 锋面显著增强了真光层底部的 POC 输出通量, 达到了  $2.11 \text{ mmol C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 。此外, 马丁曲线衰减系数  $b$  值为 0.56。弱光层底部和真光层底部的 POC 通量比值 (代表输出效率) 在锋面加强期、涡旋加强期分别为 37%、12%, 而历史观测平均值为 10%。因此, 在亚中尺度锋面加强期内, POC 通量在弱光层的传输效率显著高于中尺度涡旋和历史观测平均值。亚中尺度过程通过增加真光层内营养盐的垂向供给, 促进局地大浮游植物 (如硅藻) 的生长, 导致较大颗粒物快速沉降 (图 8d), 可能是其提高 POC 通量传输效率的潜在机制。除此之外, 物理潜沉作用在弱光层的上层对 POC 通量传输效率的加强也有一定的贡献。

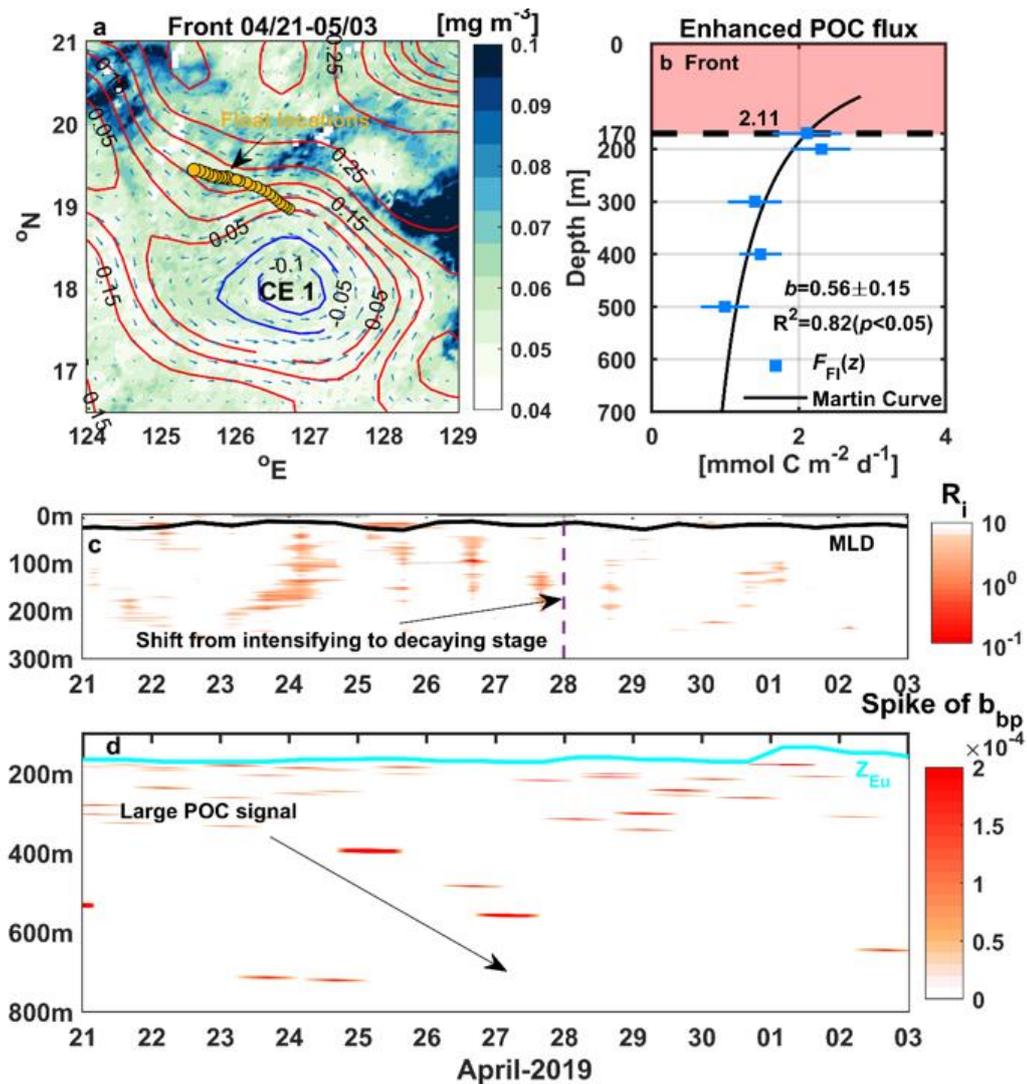


图 8 亚中尺度锋面加强期弱光层 POC 通量及其传输效率

(注: (a) 锋面上 2902753 号浮标的漂移轨迹; (b) 锋面 POC 通量在弱光层的分布及马丁曲线拟合结果; (c) 理查森数的时间序列; (d) 颗粒物后向散射系数( $b_{bp}$ ) 尖刺噪声的时间序列)

### 3) 亚中尺度锋面对北太平洋副热带流涡区 POC 传输效率的影响

利用副热带流涡区衰减系数 ( $b$  值) 的历史观测数据与反映锋面强度的温度梯度进行回归分析, 发现  $b$  值与温度梯度呈现明显的负相关关系, 表明锋面强度增强会引起  $b$  值的降低 (图 9)。与以往研究经常分析的  $b$  值与温度的关系 (主要解释 POC 的矿化过程) 有所不同,  $b$  值与温度梯度的关系可以解释 POC 的生产过程。将此线性关系扩展至副热带流涡区, 发现本研究计算得到的平均  $b$  值与观测更为接近。在海盆尺度上的计算表明, 忽略亚中尺度过程可能造成对副热带流涡区深海碳通量的低估达 20%~58%。

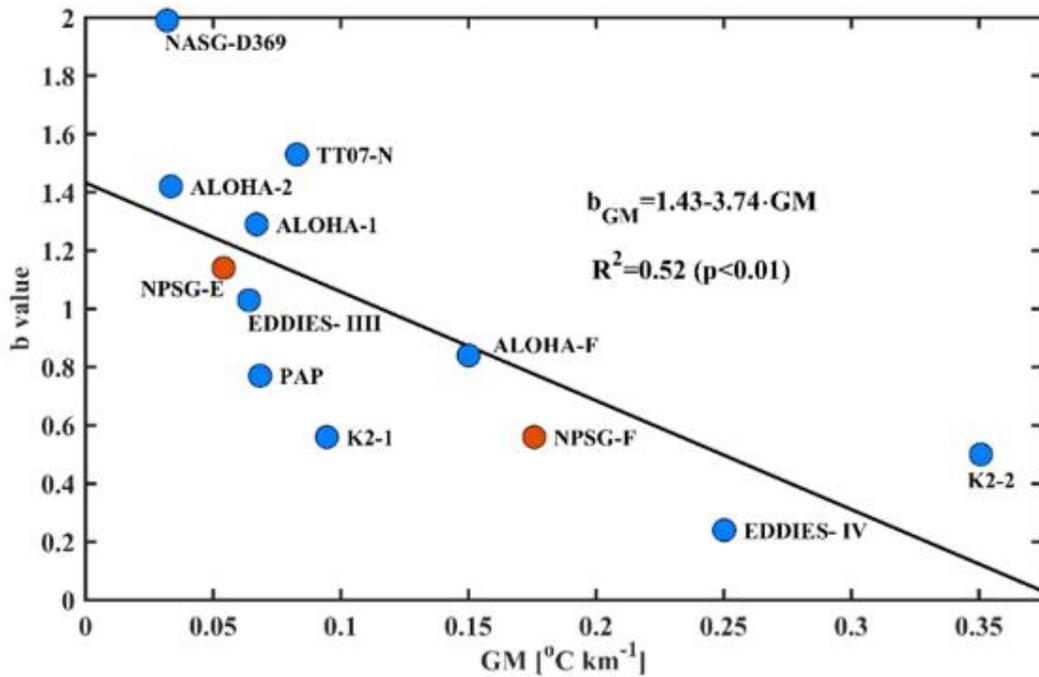


图9 副热带流涡区马丁曲线衰减系数（b值）历史观测值和海表温度梯度的线性回归关系

综上所述，本研究揭示了亚中尺度动力过程对副热带流涡区生物碳泵效率的加强作用，强调了考虑亚中尺度过程对于准确估算副热带流涡区固碳和储碳能力的重要性，也体现了 BGC-Argo 浮标在捕捉海洋中小尺度过程与弱光层生态动力过程方面具有显著的观测优势。

该研究成果于 2024 年 1 月发表在国际权威学术期刊 *Nature Communications* 上，中国科学院南海海洋研究所郭铭先副研究员与 Argo 野外站副站长邢小罡研究员为该论文的共同第一作者，通讯作者为厦门大学修鹏教授。

论文信息：Guo, M.<sup>#</sup>, Xing, X.<sup>#</sup>, Xiu, P.<sup>\*</sup>, Dall’Olmo, G., Chen, W., & Chai, F. (2024). Efficient biological carbon export to the mesopelagic ocean induced by submesoscale fronts. *Nature Communications*, 15, 580.

## (2) 全球海洋溶解氧观测数据集研制

人类活动加剧导致海洋升温、层化加强、环流变异，进而引起了全球海洋溶解氧浓度的快速下降，即“海洋缺氧”的现象。然而，准确测算海洋溶解氧变化依然存在较大的挑战，主要原因是海洋溶解氧观测数据量少且质量参差不齐。准确、无偏的高质量全球海洋溶解氧现场观测数据集对于监测海洋溶解氧变化、

理解其对海洋生态系统和人类社会的影响具有重要意义。

由中国科学院大气物理研究所（以下简称“大气所”）牵头，联合自然资源部第二海洋研究所、厦门大学等机构，在《Earth System Science Data》期刊上正式发表了大气所 IAP 全球海洋溶解氧现场观测数据集 1.0 版本（Gouretski et al. 2024）。该数据集共整编了自 1920 年以来的三种主要仪器 Bottle（采水瓶）、CTD（温盐深仪）、BGC-Argo（生物地球化学 Argo）的海水溶解氧观测廓线，并采用自主研发的质量控制系统（IAP-Oxygen-QC）和 Argo 偏差订正方案进行质量控制和偏差订正。数据集总计有 120 万条观测廓线（图 10）。

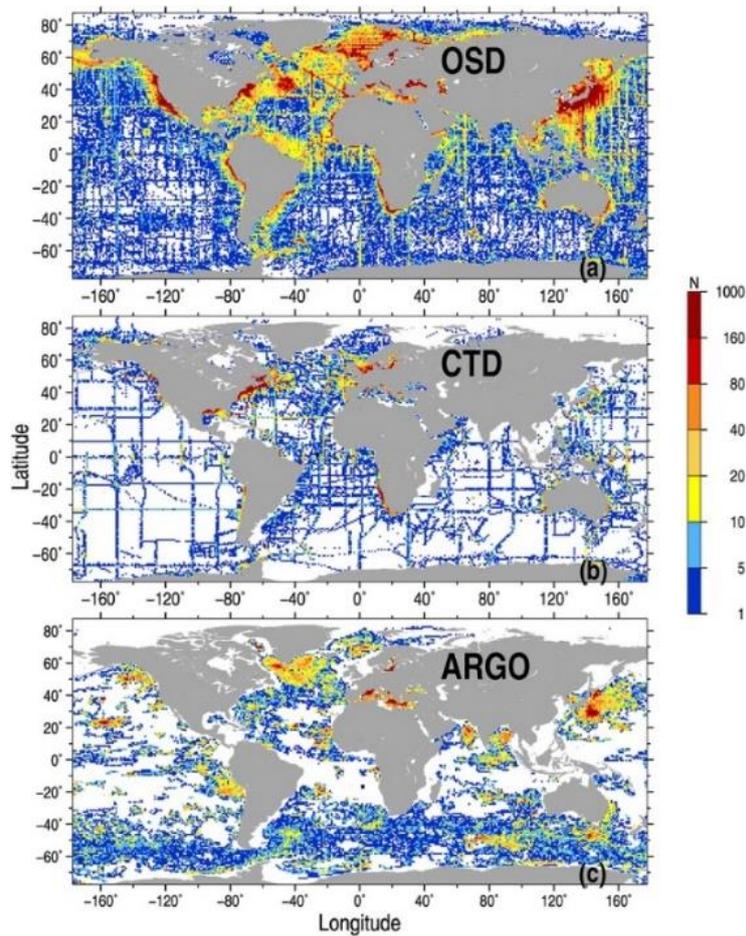


图 10 三种主要仪器观测到的海洋溶解氧廓线数据量统计

针对历史溶解氧数据中存在的多种质量问题，首先研发了新一代溶解氧质量控制系统（IAP-Oxygen-QC）。该系统构建了 10 个检查子模块进行质量控制，为快速、高效地识别错误数据提供了新的解决方案。此外，为评估该质量控制系统的性能，论文使用了多个基准数据集和历史观测数据集，通过包括主、客观在

内的多个维度进行测试和评估，发现该系统能正确识别出错误数据，显示出新一代自动化质控系统的优势。

进一步针对 CTD 和 Argo 数据中的系统性偏差进行了深入研究，发现由国际 Argo 数据中心提供的校准后的数据依然存在一个较小的系统性偏差。论文使用了 Winkler 获得的数据作为“金标准”，分析了 BGC-Argo 延时质控模式数据上不同型号、不同数据中心（DACs）的溶解氧传感器数据在不同深度、不同年份的偏差的特征。在此基础之上，论文提出了针对不同传感器型号和 BGC-Argo 数据来源中心（如 AOML、Coriolis、JMA、CSIRO 等）的偏差订正方案。

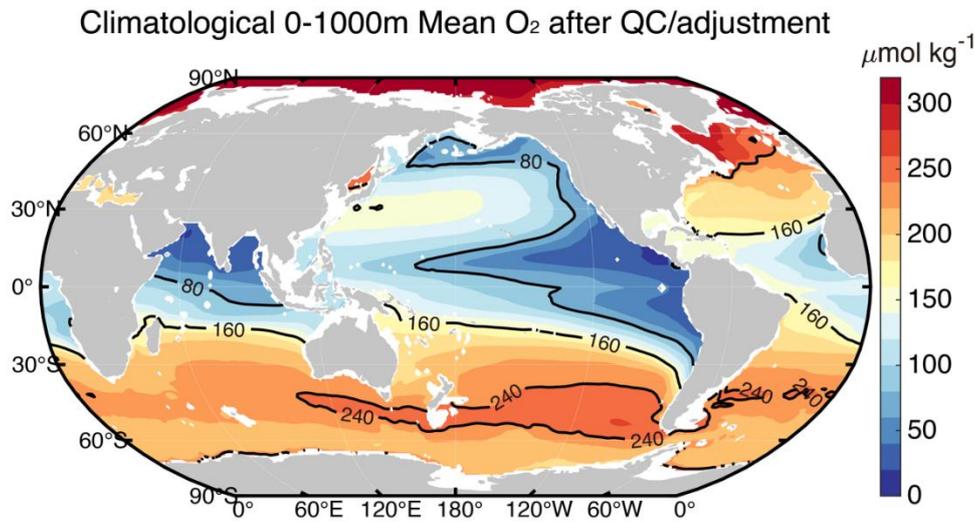


图 11 基于新数据集测算的海洋上层 1000 米平均溶解氧含量分布

新的现场观测数据集为进一步理解气候变暖背景下海洋溶解氧的历史变化规律、理解溶解氧在地球系统生物化学循环的交换过程和机理提供了更为准确的数据基础（图 11）。

论文第一作者为中国科学院大气物理研究所全职聘用的德国籍研究人员 Viktor Gouretski，野外站流动人员成里京研究员为论文共同通讯作者，合作者包括大气物理研究所杜娟和谭哲韬；Argo 野外站副站长邢小昱研究员、厦门大学柴扉教授。

论文信息：Gouretski, V.\*, Cheng, L.\*, Du, J., Xing, X., Chai, F., and Tan, Z.: A consistent ocean oxygen profile dataset with new quality control and bias assessment, *Earth Syst. Sci. Data*, 16, 5503–5530, 2024.

## 2. 示范服务

### 2.1 基于 Argo 轨迹数据的中层流产品制作系统投入业务运行

针对国际上利用全球 Argo 轨迹数据制作中层流产品更新速度慢的问题，野外站开展了技术攻关，重点解决了轨迹信息质量控制、浮标入水和出水点估算和浮标搁浅检测等关键技术，加入了专项布放的非 Argo 浮标轨迹数据，开发出我国首套业务运行的 Argo 轨迹中层流产品（CSIO\_Argo）制作系统，产品能实现每天更新，目前已向国家海洋环境预报中心业务推送。经检验，CSIO\_Argo 中层流产品与国际上主流的同类产品在刻画西边界流、南极绕极流（ACC）和赤道东西向交替分布射流上有着较好的一致性（图 12~13）。

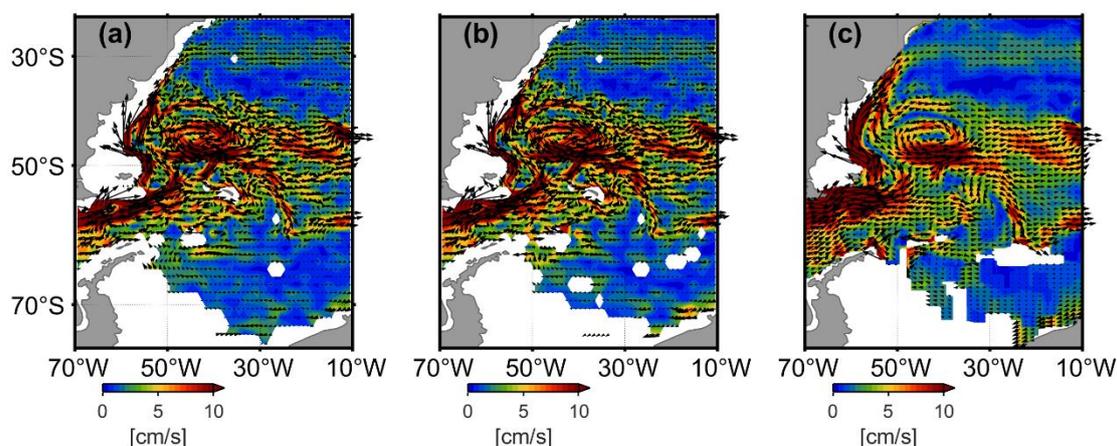


图 12 CSIO (a) 中层流产品与美国 SCRIPPS (b)、法国 ANDRO (c) 产品  
在南大西洋海域的比对

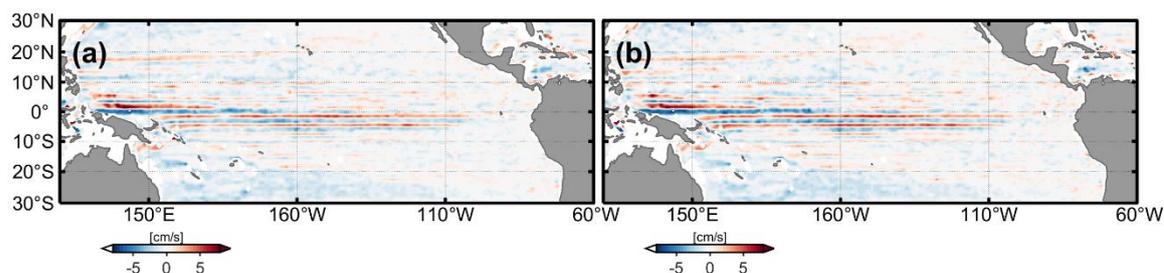


图 13 CSIO (a) 中层流产品与美国 SCRIPPS (b) 产品在热带太平洋海域的比对

### 2.2 深海 Argo 浮标数据查询显示系统研制

野外站联合杭州蓝昌科技有限公司研制了深海 Argo 浮标数据查询显示系统，该系统能快速收集全球海洋深海 Argo 浮标观测数据，并通过前端电子海图显示浮标位置、漂移轨迹和温盐度观测剖面等信息，同时，可根据浮标状态、布放时间、浮标类型、数据通信中心来筛选 Argo 浮标，并将筛选结果显示在地图上，

可实现浮标基本信息展示以及温度、盐度、溶解氧等数据和部分技术状态信息的图片展示功能，是国内第一款专门查询深海 Argo 浮标位置及数据可视化的系统 (<http://deep.argo.org.cn/>)。

## 2.3 全球 Argo 散点数据集

该数据集源于野外站每天自动收集和质量再控制的全球 Argo 温盐度剖面数据，并加入了人工审核，每季度完成 1 次更新；同时，不定期收集和整编各类生地化要素剖面，但完全沿用原始数据中赋予的质量控制标记符。2024 年完成了 1997~2024 年 9 月全球 Argo 浮标温盐度和生物地球化学要素（溶解氧、叶绿素 a、后向散射系数、黄色物质、光照、硝酸盐和 pH）剖面数据更新，其中温盐度剖面超过 280 万条，生物地球化学要素剖面超过 75 万条 (<ftp://data.argo.org.cn/pub/ARGO/global/>)。

# 五、开放共享与合作交流情况

## 1. 开放共享

### 1.1 Argo 数据和产品开放共享

野外站接收我国 Argo 实时海洋观测网内约 70 个浮标（包括核心 Argo、BGC-Argo 和 Deep-Argo 浮标）获取的观测资料，经质量控制后提交至 GDAC 和 GTS 参与国际共享与交换。每天与 GDAC 服务器同步全球 Argo 数据，作为镜像站点向国内用户提供 Argo 观测数据快速下载服务。制作或联合国内科研院校研制的全球海洋 Argo 温盐度剖面散点数据集、生物地球化学 Argo 散点数据集、全球 Argo 浮标漂移轨迹数据集以及 BOA\_Argo 和 GDSCSM\_Argo 等数据产品，通过网络 (<https://www.argo.org.cn/>) 免费向国内外用户开放共享，总数据量约 55GB。

业务化向国家海洋环境预报中心、国家卫星海洋应用中心、自然资源部北海预报中心、中科院大气物理研究所、南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）和战支某部推送经质量再控制的全球海洋 Argo 温、盐度剖面数据，2024 年度推送的总数据量约 10.3 GB。

## 1.2 科普活动

3月21日，龙钰副研究员受邀参加杭州崇文实验学校科技节沙龙讲座，为50余小学生带来题为《海洋科学家炼成记》的科普讲座。

4月19日，龙钰副研究员参加了杭州市临平区科学技术协会主办的“科学家科普巡讲”活动，为杭州市临平区星华实验学校全体七年级共300余名学生带来题为《海洋科学家炼成记》的科普讲座。

5月11日，龙钰副研究员和李兆钦工程师参加了台州市三门县科协、三门县青少年活动中心主办的“红领巾阳光成长 争做新时代好队员”——流动少年宫活动，为健跳镇六敖中心小学200余名小学生带来题为《海洋科学家炼成记》的科普讲座。

6月1日，卢少磊高级工程师参加了自然资源部第二海洋研究所在杭州举办的“极至蔚蓝”主题科普活动，致敬极地考察40周年。1000余名市民在现场参加活动，数十万观众跟随直播镜头线上参与。

6月13日，龙钰副研究员参加了中船重工715所和海洋二所联合举办的“新质生产力青年科普交流”活动，会上就青年科学家科普工作展开热烈交流讨论。

7月19日，龙钰副研究员参加了海洋二所联合舟山市、三门县开展的“大洋号”科考船科普专场活动，在海洋二所舟山基地为参与活动的80余名中小學生带来题为《海洋科学家炼成记》的科普讲座。

8月15日，刘增宏站长受邀参加“科学榜 YOUNG”青年 Talk show 活动，作题为“初心不改廿二载，向海图强逐浪高”的科普报告，并与听众进行了现场互动，刘增宏站长希望青年科技工作者都能够保持好奇心和求知欲，认为青年科技工作者应摒弃浮躁、经得起“冷板凳”。活动由杭州市科学技术协会主办，杭州市科技工作者服务中心承办，杭州青年科技工作者协会协办。杭州市科协党组书记、主席孙雍容出席并为刘增宏颁发纪念奖牌。杭州市科协及科技工作者服务中心相关部门负责人、在杭高校大学生、青年科技工作者代表60余人参加活动，在线观看人数30余万人次。

10月17日，龙钰副研究员获共青团三门县委、三门县科协和三门县教育局联合聘任“流动少年宫进校园系列活动科普讲师”，并赴台州市三门县花桥中学为200余名初中学生开展科普讲座。

11月14日，龙钰副研究员受杭州育才京杭小学邀请参加“京果学习节”活动，受聘为杭州市育才京杭小学“京杭运河小队”指导顾问，为300位小学生带来题为《海洋科学家炼成记》的科普讲座。

## 2. 合作交流

本年度，野外站成员积极组织和参与国内外合作交流活动，包括派遣代表现场参加国际Argo计划组织的会议，参与国际培训班并讲授Argo领域相关知识与技能等，多名成员在参加国内学术交流活动期间，介绍全球Argo和我国Argo计划的进展情况，并呼吁国内科研院校为我国Argo实时海洋观测网建设作出更多贡献，取得了较好的交流效果。

3月18-22日，第25次国际Argo指导组会议（AST-25）在英国南安普顿召开，会议由英国国家海洋中心（NOC）承办，来自美国、法国、英国、澳大利亚、德国、日本、韩国、意大利、南非和中国等国家的70余名代表以或线上或线下的方式参加了会议。野外站刘增宏站长和邢小罡副站长线下出席了会议，会前代表我国Argo计划起草并提交了Argo执行情况年度国家报告。

4月8日，应华东师范大学河口海岸学国家重点实验室张继才研究员邀请，野外站刘增宏站长到该实验室开展学术交流活动，并作了题为《OneArgo计划进展及我国Argo面临的挑战》的交流报告，来自华东师范大学和上海交通大学30多位师生参加了交流。

4月12-14日，邢小罡副站长受邀在上海参加了第22届中国水色遥感大会，并做了题为“BGC-Argo在水色遥感中的应用：定标与验证”的特邀报告。

4月22-25日，王云涛研究员受邀参加了在泰国曼谷召开的第二届联合国海洋十年区域会议暨第十一届联合国教科文组织政府间海洋学委员会西太分委会国际海洋科学会议（WESTPAC国际海洋科学会议），并负责组织了MoNITOR边会，与来自泰国、印度尼西亚、马来西亚等各国专家共同探讨如何提高应对深海采矿等人类活动引起海洋生态环境响应的能力，总结规划未来区域参与海洋十年的行动方案，促进海洋科学解决方案的实施，推动海洋可持续发展。

5月21-23日，邢小罡副站长在厦门参加了“海洋观测与生地化模型的协同”讨论会，并作了题为“BGC-Argo与生地化模型协同”的口头报告。

5月25-31日，应日本国家日本地球行星科学学会（JpGU）组织的邀请，刘

倩研究员于赴日本千叶参加 JpGU2024 年会。刘倩研究员在“大气与海洋科学”板块下的“海洋生态系统和生物地球化学循环：理论、观测和模型”（sessionID:A-OS13）专题中做主题报告，并与日本东京大学 Shin-ichi Ito 教授、北海道大学 Takafumi Hirata 教授等交流探讨了河口区碳、氮耦合过程及其环境影响机制。

6 月 14 日，王云涛研究员在杭州参加了浙江省海洋青年科学家交流会，会议邀请了海洋二所、浙江大学、浙江工业大学、宁波大学、西湖大学、浙江海洋大学、北京大学、海洋一所等省内外涉海单位与高校青年科学家，以海洋自然灾害及其对海洋生态系统的影响为主题，围绕多圈层、多学科的海洋科学问题展开讨论。会议促进了青年海洋科学家之间的沟通交流，推动了海洋、大气、生态等领域的学科交叉研究工作。

7 月 3 日，应中国海洋学会邀请，刘增宏站长在广西南宁参加了由中国科协和广西壮族自治区人民政府共同主办，中国海洋学会承办的“推进深海空间装备技术优先发展论坛”，该论坛是第二十六届中国科协年会专题论坛之一。论坛主题为“凝聚深海科学共识，探索发展新领域”，中国工程院院士蒋兴伟、高从堦、吴有生、潘德炉、李家彪、王军出席论坛，吴有生、潘德炉、李家彪、王军成、刘可安、马建军、冯冲、李焰、李建秋、余红星、李新正、董昌明、郭威、张卫华等 14 位院士专家分别作了主旨报告，各相关单位推荐 150 余名代表参加会议。

9 月 2-5 日，第 60 届国际河口海岸科学会议（The 60th meeting of the Estuarine & Coastal Sciences Association，简称 ECSA）在杭州召开，王云涛研究员担任科学指导专家，与来自中国、美国、加拿大、德国、意大利、澳大利亚、丹麦、荷兰、英国、希腊、西班牙、印度、印度尼西亚、肯尼亚、新西兰、日本、韩国等 20 多个国家和地区的 350 多名专家学者一起，围绕“发展科学支撑的方案和对策，提高近海防灾的方法和能力”的主题，在物理海洋、生态学、生物地球化学和社会科学等多学科领域进行了深入交流和研讨。

10 月 21-25 日，第 25 次国际 Argo 资料管理组（ADMT-25）年会在意大利的里雅斯特召开，会议由意大利国家海洋学和实验地球物理学研究所（OGS）承办，来自美国、法国、英国、澳大利亚、德国、日本、韩国、意大利、印度和中国等国家或组织的 80 余名线下代表和 60 余名线上代表共同参加了此次会

议。野外站刘增宏站长、邢小罡副站长、吴晓芬高级工程师和李兆钦工程师参加了会议。会前还代表我国 Argo 计划起草并提交了 Argo 资料管理年度国家报告。

11 月 13 日，应海南热带海洋学院崖州湾创新研究院“问海”学术论坛邀请，刘增宏站长在线为该院师生作了题为“Argo 和 Glider 数据使用介绍”的讲座，围绕两种移动观测平台观测数据的质量控制和数据应用等与师生开展了讨论。

11 月 14-17 日，野外站刘倩研究员邀请新西兰奥克兰大学 Singhal Naresh 教授课题组一行 2 人来我所开展访问交流。刘倩研究员与 Naresh 教授针对海洋污染物（如重金属、抗生素）传输、生物代谢及全球气候变化响应等研究建立合作关系，未来将通过视频会议和交流互访的方式在数据共享、课程讲座、学术论文合作发表等方面开展深入合作。

11 月 18-19 日，邢小罡研究员受邀在上海参加了第 3 次“中-欧海洋科学与技术前沿论坛”。

11 月 21 日，刘增宏站长应邀参加由上海海洋大学学生工作部（处）主办、海洋科学与生态环境学院承办的第二十六期百川汇海大师讲坛，并做题为“初心不改廿二载 向海图强逐浪高”的讲座。学校党委常委、宣传部部长陈江华，海洋科学与生态环境学院党委书记施永忠出席，与学院师生代表共同聆听报告，会议由海洋科学与生态环境学院高郭平教授主持。

## 六、学术委员会纪要

### 杭州全球海洋 Argo 系统野外科学观测研究站

#### 第一届学术委员会第五次会议纪要

2025 年 3 月 26 日，自然资源部杭州全球海洋 Argo 系统野外科学观测研究站（以下简称野外站）在杭州召开了第一届学术委员会第五次会议，来自国内 7 家单位的 9 名委员及专家出席了会议（名单附后）。学术委员会及与会专家在审阅了野外站 2024 年度工作报告的基础上，听取了刘增宏站长所作的野外站年度工作汇报，经讨论和质询，形成会议纪要如下：

（1）2024 年度，野外站在西北太平洋和印度洋布放 32 个剖面浮标，其中 2 个 BGC-Argo 浮标纳入我国 Argo 计划管理，并接受委托管理其他单位布放的 16 个浮标，维持了由 70 个浮标组成的我国 Argo 观测网；研发了深海 CTD 盐度订正模型，对崂山实验室布放的批量深海玄武浮标盐度数据进行延时校正，有力支撑我国深海 Argo 区域观测网建设。

（2）完成 JMRH 专项任务的合同验收，项目成果获委托方的高度评价；同时牵头编制专项三期“自动剖面浮标观测网”专题的可研报告，规划未来 5 年我国剖面浮标观测网的建设布局。

（3）在国际合作交流方面，继续代表我国积极参与国际 Argo 计划组织的活动，为 SOED 全国重点实验室组织的“小岛屿发展中国家海洋与海岸带生态环境及灾害立体监测国际培训班”以及大连舰艇学院组织的“海洋水文外训班”讲授 Argo 观测技术课程，扩大了我国 Argo 计划的影响力。

（4）团队建设方面取得进展，新获批浙江省国防科工系统劳模工匠创新工作室，1 人入选自然资源部科技领军人才，1 人获省杰出青年科学基金项目资助。

建议主管部门在设计专项三期任务过程中，兼顾我国 Argo 观测网建设，制订剖面浮标数据分级共享办法，同时将我国 Argo 野外站的运行纳入业务化体系，给予长期稳定的支持。

学术委员会主任（签名）：



2025 年 3 月 26 日

## 七、年度大事记

1月19日，“国家工程师奖”表彰大会在人民大会堂举行，81名个人被授予“国家卓越工程师”称号，50个团队被授予“国家卓越工程师团队”称号，刘增宏站长作为受表彰个人代表参加了本次大会。

3月18-22日，第25次国际Argo指导组会议（AST-25）在英国南安普顿召开，会议由英国国家海洋中心（NOC）承办，来自美国、法国、英国、澳大利亚、德国、日本、韩国、意大利、南非和中国等国家的70余名代表以线上线下相结合的方式参加了会议。Argo野外站刘增宏站长、邢小罡副站长以及来自中国海洋大学的陈朝晖教授出席了会议，中国海洋大学海洋与大气学院与南安普顿大学联合培养的博士研究生高志远列席了会议。会前，野外站代表我国Argo计划起草并提交了Argo执行情况国家报告。

3月29日，Argo野外站第一届学术委员会第四次会议在杭州召开，我所苏纪兰院士、陈大可院士、陈建芳副所长出席，来自国家海洋环境预报中心、中科院下属多个研究所、复旦大学、厦门大学等多家单位的30余名专家学者参加会议。Argo野外站学术委员会主任陈大可院士主持会议，站长刘增宏做2023年度工作报告。2023年，Argo野外站依托各类项目在西北太平洋和东印度洋布放了19个自动剖面浮标，并将国内其他单位布放的10个浮标纳入中国Argo计划，同时，业务化接收、处理和分发了海上400余个浮标的2万余条剖面数据。野外站成员获批新项目6项，其中国家自然科学基金面上基金2项，重点研发计划项目1项、课题1项。学术委员会充分肯定了Argo野外站过去一年在我国剖面浮标实时海洋观测网建设、数据产品研制、开放共享和团队建设等方面取得的成果，并就野外站的运行、发展方向和专项浮标数据共享等方面进行了讨论，提出了意见和建议。会上，中国海洋大学陈朝晖教授、Argo野外站副站长邢小罡研究员、Argo野外站流动成员李宏副教授分别作了“深海增温不确定性与深海Argo”、“西北太平洋BGC-Argo观测网建设进展”和“Argo资料在中尺度涡研究中的进展”等3个学术报告，与到场专家开展交流研讨。

4月10日，王云涛研究员负责组织了在西班牙巴塞罗那召开的联合国“海洋十年”大会“建立观测和预测系统服务海洋生态系统的健康与可持续发展”边会，

邀请自然资源部、21 世纪议程管理中心领导，以及来自中国、美国、西班牙、埃及、科特迪瓦和马达加斯加等国的专家学者参与。自然资源部党组成员、副部长孙书贤，美国国家海洋和大气管理局副局长史蒂芬，联合国教科文组织非洲分委会主席阿菲安等参会。项目边会将提升“一带一路”共建国家的海洋观测能力，发展深海采矿等活动影响下海洋生态动力环境的预报模式，服务海洋生态健康和可持续发展的需求，提高了我所在国际海洋领域的话语权。

4 月 26 日，由自然资源部科技发展司主办，自然资源部第四海洋研究所热带海洋生态系统与生物资源重点实验室承办的自然资源部海洋领域科技创新平台学术交流会在北海召开。自然资源部科技发展司何凯涛副司长、自然资源部海洋预警监测司监测调查处张婷副处长、自然资源部第四海洋研究所欧波书记和徐兴永副所长参会，来自 37 家自然资源部海洋领域创新平台的 70 余名专家学者围绕“海洋探测、生态保护修复、资源开发利用”的主题，就海洋观测、海洋遥感、海洋生态保护修复以及监测预警等内容开展深入交流与讨论。刘增宏站长代表 Argo 野外站作了题为《新一轮 OneArgo 计划及我国 Argo 面临的挑战》的会议交流报告。

9 月 1 日，“\*\*\*浮标”项目委托方在北京组织召开了项目合同验收会议，经专家组评审，完成了合同约定的研究内容，达到了规定的技战术指标，同意项目通过评审。

10 月 21-25 日，第 25 次国际 Argo 资料管理组（ADMT-25）年会在意大利的里雅斯特召开，会议由意大利国家海洋学和实验地球物理学研究所（OGS）承办，来自美国、法国、英国、澳大利亚、德国、日本、韩国、意大利、印度和中国等国家或组织的 80 余名线下代表和 60 余名线上代表共同参加了此次会议。课题组刘增宏正高级工程师、吴晓芬高级工程师、李兆钦工程师参加了会议。会前还代表我国 Argo 计划起草并提交了 Argo 资料管理年度国家报告。

12 月 9 日，浙江省国防动员办公室发文公示“2024 年省国防科工系统劳模工匠创新工作室拟命名名单”，本次拟命名的工作室共 10 个，野外站刘增宏站长牵头申报的“省国防科工系统刘增宏劳模工匠创新工作室”位列其中。

## 八、存在的问题、改进措施及有关意见建议

我国 Argo 区域实时海洋观测网内活跃浮标数量为 71 个，其中 44 个浮标已

存活3年以上，预计2025年至少有10个浮标将停止工作，如果没有新的浮标补充，我国在Argo计划中的排名将继续下滑。国际上，以美国为首的国家积极响应OneArgo计划，在2024年大幅增加了Argo浮标布放量，总布放量达到790余个，比2023年增加114个，其中美国增加了131个浮标（布放440个）。因此，主管部门应尽早牵头编制我国Argo计划中长期发展规划，深度参与全球海洋治理，同时通过主责国家重点研发计划重点专项支持国产CTD等传感器、自主Argo数据产品等研制，进一步提升我国Argo观测网的自主可控能力。

为了解决专项布放的大量北斗剖面浮标未纳入我国Argo计划管理、观测数据无法分级共享的问题，野外站通过依托单位向主管部门上报了《关于制定专项剖面浮标观测数据分级共享办法的建议》，但至今未得到回复。2024年下半年，主管部门组织编写专项三期工程，其中“剖面浮标观测网”作为一个专题，该专题设计了640个浮标，其中核心浮标520个、BGC浮标20个、深海浮标100个，但这些浮标观测数据能否纳入Argo计划、有限度地参与国际共享与交换，还不得而知，需要主管部门尽快出台专项浮标数据共享办法。

## 九、下年度工作计划及发展展望

2025年，杭州Argo野外站将继续围绕“长期观测、科学研究、示范应用、开放服务”的宗旨，设计好专项三期工程中“剖面浮标观测网”专题，继续做好浮标数据接收处理和分发、数据产品研制和更新等工作，代表我国参加国际Argo计划组织的活动，具体为：

### 1. 推进“剖面浮标观测网”专题设计

在前期可研设计基础上，综合考虑国家、各涉海单位需求和可行性，科学设计“剖面浮标观测网”建设，合理安排进度，使该观测网能最大程度发挥效益。

### 2. 加强数据集和数据产品研制

计划通过国家自然科学基金面上基金申报“高时效高分辨率全球Argo数据产品智能系统研制”项目，目标是围绕应对全球气候变化对高时效、高分辨率海洋数据产品的迫切需求，利用Argo全球实时海洋观测网获取的温盐度剖面 and 漂移轨迹资料，研制出高时效高分辨率的Argo温盐度和中层流数据产品智能系统，

并投入业务运行。2025 年将重点制作出一套清洁的 Argo 数据集，通过优化质量控制程序提高异常数据检出率，采用时间戳方式减小计算代价、提高更新效率。

### 3. 支撑国家实验室“深海 Argo 区域观测网建设”

2025 年，崂山国家实验室科技创新项目“深海 Argo 区域观测网建设”将大批量布放深海玄武浮标，野外站作为课题三承担者，将为项目的顺利实施提供数据质量控制和盐度延时校正等方面的支持，并整编一套高质量的深海 Argo 数据集，用于深海前沿科学研究和业务化应用。

### 4. 为国产 BGC 传感器和浮标研制提供支持

依托重点研发计划项目的支持，通过 Argo 平台与 Glider 平台的集成，对国产 BGC 传感器进行长期试验与性能验证，并开发针对国产传感器数据特点的质控方法，提升观测数据的整体数据质量。通过与厦门大学、中船重工七一〇研究所合作的方式，一方面提供国产 BGC 传感器搭载 HM-2000 型 Argo 浮标进行长期测试的机会，并推动 HM-2000 型 Argo 浮标在浮标寿命、垂向分辨率、采样策略、卫星数据编码等多个软硬件方面进行提升。

## 十、依托单位意见

根据《自然资源部科技创新平台管理办法（试行）》（自然资办发〔2020〕49号），我单位对杭州全球海洋 Argo 系统野外科学观测研究站（以下简称野外站）2024 年度工作进行了考核，具体评价如下：

（1）该野外站较好地完成了我国 Argo 区域实时海洋观测网和北斗剖面浮标观测网的运维任务，搭载多个航次布放 32 个剖面浮标，并将其他科研单位投放的 16 个 Argo 浮标纳入野外站管理，承担的“\*\*\*浮标”专项于本年度顺利完成委托方的合同验收并获得高度评价，同时代表我国积极参与国际 Argo 计划组织的各项活动，参与全球海洋治理；

（2）在深海 Argo 数据质量控制和延时校正方面取得了较大进展，开发完成了国产深海浮标盐度数据校正模型，支撑了崂山国家实验室“深海 Argo 区域观测网建设”项目的顺利实施，高质量的深海 CTD 数据通过野外站汇总至全球 Argo 资料中心，参与国际共享与交换；

（3）高质量的全球 Argo 数据已向国内多家涉海业务单位和部门准实时推送，为我国海洋预测预报提供了重要支撑，研制的多款数据产品在全球气候评估中得到应用；

（4）野外站成员利用 Argo 资料开展了应用研究，在国内外学术刊物上公开发表论文 13 篇（第一或通讯作者 8 篇），其中两篇分别发表在 Nature 子刊和国际地学顶刊《Earth-Science Reviews》上，在国内起到了示范作用；

（5）组织召开了第一届学术委员会第四次会议，与会专家就野外站的运行、未来发展、观测网建设和数据共享等方面提出了许多建设性意见和建议。

建议通过本年度考核，作为依托单位，我单位也将继续对野外站的发展予以持续支持。

### 第三部分 统计数据

#### 一、人才团队情况

##### 1. 固定人员信息

序号	姓名	性别	出生日期	职称	野外站职务	工作性质	研究方向	工作单位
1	刘增宏	男	1977.2	正高级工程师	站长	研究+管理人员	Argo 实时海洋观测技术及应用	自然资源部第二海洋研究所
2	邢小罡	男	1982.1	研究员	副站长	研究+管理人员	BGC-Argo 数据质控及海洋生态动力学	自然资源部第二海洋研究所
3	王云涛	男	1988.5	研究员		研究人员	中尺度动力过程及其生态效应	自然资源部第二海洋研究所
4	郑旻辉	男	1984.10	正高级工程师		技术人员	海洋生物化学原位观测技术	自然资源部第二海洋研究所
5	刘倩	女	1982.10	研究员		研究人员	海洋微生物在生物地球化学碳氮循环中的作用	自然资源部第二海洋研究所
6	陈双玲	女	1988.12	研究员		研究人员	基于水色卫星遥感和 BGC - Argo 的海洋碳循环研究	自然资源部第二海洋研究所
7	龙钰	男	1986.8	副研究员		研究人员	Argo 浮标数据应用	自然资源部第二海洋研究所
8	卢少磊	男	1988.6	高级工程师		技术人员	Argo 浮标技术及数据产品开发	自然资源部第二海洋研究所
9	吴晓芬	女	1983.12	高级工程师		技术人员	Argo 资料延时质量控制及应用研究	自然资源部第二海洋研究所
10	李兆钦	男	1990.12	工程师		技术人员	Argo 浮标技术及资料质量控制	自然资源部第二海洋研究所
11	汪斌	男	1992.10	助理研究员		研究人员	BGC-Argo 数据应用研究	自然资源部第二海洋研究所
12	张翾	男	1986.8	工程师		技术人员	海洋监测技术	自然资源部第二海洋研究所

注：工作性质指研究人员、技术人员、管理人员等

## 2. 固定人员结构

技术职称	正高级	副高级	中级	初级	其他	合计
人数	6	3	3	0	0	12
年龄分布	<30岁	30-44岁	45-59岁	≥60岁	—	
人数	0	11	1		—	12
学历分布	博士	硕士	学士	其他	—	
人数	7	4	1		—	12
类别	研究人员	技术人员	管理人员	—	—	
人数	7	5	2	—	—	14

## 3. 流动人员信息

序号	姓名	性别	出生日期	国别	学历	职称	研究方向	工作单位
1	成里京	男	1988.11.5	中国	博士	研究员	全球海洋变化	中国科学院大气物理研究所
2	李宏	男	1986.10.21	中国	博士	副教授	海气相互作用	天津大学
3	张春玲	女	1981.4.6	中国	博士	副教授	数据同化	上海海洋大学

## 4. 流动人员结构

技术职称	正高级	副高级	中级	初级	其他	合计
人数	1	2				3
学历分布	博士	硕士	学士	其他	—	
人数	3				—	3

## 5. 学术委员会成员

序号	姓名	性别	国别	学委会职务	职称	是否院士	工作单位
1	巢纪平	男	中国	高级顾问	研究员	是	国家海洋环境预报中心
2	苏纪兰	男	中国	高级顾问	研究员	是	自然资源部第二海洋研究所
3	潘德炉	男	中国	高级顾问	研究员	是	自然资源部第二海洋研究所
4	许建平	男	中国	高级顾问	研究员	否	自然资源部第二海洋研究所

5	陈大可	男	中国	主任	研究员	是	自然资源部第二海洋研究所
6	张人禾	男	中国	委员	研究员	是	复旦大学
7	柴扉	男	美国	委员	教授	否	厦门大学
8	王凡	男	中国	委员	研究员	否	中国科学院海洋研究所
9	朱江	男	中国	委员	研究员	否	中国科学院大气物理研究所
10	苏奋振	男	中国	委员	研究员	否	中国科学院地理科学与资源研究所
11	杜岩	男	中国	委员	研究员	否	中国科学院南海海洋研究所
12	陈朝晖	男	中国	委员	教授	否	中国海洋大学
13	王海黎	男	中国	委员	教授级高工	否	厦门大学
14	李自强	男	中国	委员	总工	否	61741 部队
15	于卫东	男	中国	委员	研究员	否	中山大学
16	刘桂梅	女	中国	委员	研究员	否	国家海洋环境预报中心

## 6.研究团队

序号	研究方向	研究团队名称	学术带头人	团队成员 (固定人员)	团队研究内容

## 7.省部级以上创新团队

序号	类别	团队名称	学术带头人	参加人员	获得年份

## 8. 省部级以上人才

序号	姓名	工作单位	荣誉称号	获得年份
1	刘倩	自然资源部第二海洋研究所	浙江省钱江人才计划	2017
2	陈双玲	自然资源部第二海洋研究所	浙江省钱江人才计划	2020
3	王云涛	自然资源部第二海洋研究所	自然资源部青年科技创新人才	2021
4	邢小罡	自然资源部第二海洋研究所	浙江省高层次人才特殊支持计划青年拔尖人才	2022

## 9. 重要学术组织（期刊）任职

序号	姓名	学术组织名称	职务	任职起止时间
1	刘增宏	国际 Argo 指导组	成员	2022-至今
2	刘增宏	国际 Argo 资料管理组	成员	2016-至今
3	刘增宏	国际深海 Argo 工作组	成员	2019-至今
4	邢小罡	国际 Argo 计划 BGC-Argo 数据管理组	成员	2012-至今
5	邢小罡	国际 Argo 计划生地化传感器技术工作组	成员	2023-至今
6	邢小罡	海洋研究科学委员会 168 工作组	成员	2023-至今
7	邢小罡	Frontiers in Marine Science	评审编辑	2021-至今
8	王云涛	联合国海洋十年战略传播组	成员	2023-至今
9	王云涛	Discover Oceans	创刊编委	2023-至今
10	王云涛	Frontiers in Marine Science	评审编辑	2019-至今
11	王云涛	联合国海洋十年 SUPREME 大科学计划科学指导委员会	委员	2023-至今
12	王云涛	美国海洋基金委员会	委员	2016-至今
13	王云涛	中国海洋湖沼学会	监事	2022-至今
14	王云涛	浙江省海洋学会	理事	2022-至今
15	王云涛	海洋学报	青年编委	2024-2027
16	刘倩	全球海洋观测伙伴关系生物观测特别小组	委员	2020-至今
17	陈双玲	国际海洋研究会 162 工作组	成员	2020-2023
18	陈双玲	联合国海洋十年 OASIS 大科学计划	委员	2021-至今

## 10. 研究生培养

序号	培养类别	学位点名称	在读/进站人数	毕业/出站人数
1	硕士	自然资源部第二海洋研究所	10	3
2	联合培养硕士	上海交通大学	4	2
3	博士	上海交通大学	1	0
4	博士	浙江大学	2	0

## 二、主要观测仪器设备

### 1. 总体情况

建设用地面积 (平方米)	观测用地 面积(平方 米)	房屋面积 (平方 米)	观测仪器 总台数 (台)	观测仪器 总值 (万元)	30万元以上观测仪 器总台数 (台)	30万元以上观测仪 器总值 (万元)
400	全球大洋	400	249	4394	11	824

### 2. 新购置 30 万元以上仪器设备情况

序号	设备名称	原值(万元)	经费来源	使用情况
1				
2				

## 三、主要观测数据

站点 名称	数据 资源 名称	观测合作 内容	已连 续观 测时 间	观测频率	累 积 数 据 总 量	年 度 数 据 量	是 否 建 成 数 据 库	是 否 外 开 放 共 享
我国 Argo 实时 海洋 观测 网	全球 大洋 Argo 数据	全球大洋 0-2000 米(部分至 6000 米)温盐剖面数据(部分包含生物地球化学观测要素)	22 年	通常每台设备(自动剖面浮标)每 10 天观测一个剖面,遇到台风和中尺度涡时加密至 1-5 天。基本维持 60 台设备在海上正常工作	8.6 GB	0.75 GB	是	是
我国 北斗 剖面 浮标 观测 网	国产 剖面 浮标 观测 数据	西北太平洋、南海和东印度洋 0-2000 米温盐度剖面数据	4 年	通常每台设备(自动剖面浮标)每 5 天观测一个剖面,遇到台风和中尺度涡时加密至 1-2 天。基本维持 200 台设备在海上正常工作	1.55 GB	0.24 GB	是	否

#### 四、科学研究水平与贡献

##### 1. 在研科研项目（课题）

类别	国家级					国际合作项目	省部级科技项目	部门科技项目	横向项目
	科技重大专项项目	重点研发计划项目	基地和人才专项	自然科学基金项目	国家级其他项目				
项目/课题（项）		5		5			3	2	1
经费（万元）		1104		253			414.35	85	8688

##### 2. 在研科研项目（课题）

序号	项目/课题名称	项目/课题编号	负责人	起止时间	总经费（万元）	年度到账经费（万元）	项目类别
<b>国家级科技项目（课题）</b>							
1	基于物理-生态耦合的采矿尾水排放监测技术	2023YFC2811800	王云涛	2023-2027	300	300	国家重点研发计划青年项目
2	深海生物原位高效核酸检测技术	2023YFC2811503	郑旻辉	2023-2026	410	328	国家重点研发计划课题
3	“适合移动观测的海洋生物化学原位传感器研制”课题 5“海试与应用示范”	2022YFC3103905	邢小罡	2022-2025	245	186	国家重点研发计划课题
4	我国近海典型海域浮游生态系统演变、临界点与重构/典型海域浮游生态系统韧性、恢复力及演变趋势	2022YFC3105300 /2022YFC3105303	刘倩	2022-2025	39	29.8	国家重点研发计划子课题
5	新型海洋观测资料同化支撑技术研究	2021YFC3101502	张有广（刘增宏）	2022-2025	110	33	国家重点研发计划子课题

6	基于 BGC-Argo 观测的中尺度涡对海洋生物泵关键过程的影响研究	42376117	邢小罡	2024-2027	51	20.4	国家自然科学基金(面上)
7	风生上升流海域海洋锋面与海表风场相互作用的机制研究	42176013	王云涛	2022-2025	58		国家自然科学基金(面上)
8	近 20 年赤道太平洋海气碳通量时空演变机理遥感研究	42276184	陈双玲	2023-2026	55	27.5	国家自然科学基金(面上)
9	河口区微生物驱动活性溶解有机氮代谢过程及调控机制研究	42176038	刘倩	2022-2025	59	22.1	国家自然科学基金(面上)
10	黑潮延伸体北部混合海域营养盐输运及其对表层叶绿素的影响	42106035	龙钰	2022-2024	30		国家自然科学基金(青年)
<b>国际合作项目(课题)</b>							
<b>省部级科技项目(课题)</b>							
1	印太交汇区海洋物质能量中心形成演化过程与机制—区域高分辨率生态模式	XDB42040202	王云涛	2020-2024	109.75		中国科学院 B 类战略先导科技专项子课题
2	深海 Argo 观测网实时数据系统建设与国际共享	LSKJ202201503	刘增宏	2022-2025	294.60		崂山实验室“十四五”重大项目
3	海水溶解氧的测定—光学传感器法	202322003	郑旻辉	2023-2025	10		海洋行业标准制定项目
4							
<b>部门科技项目(课题)</b>							
1	北太平洋海气二氧化碳通量时空格局遥感研究	QNYC2302	陈双玲	2023-2025	50	20	自然资源部第二海洋研究所青年

							英才项目
2	长江口典型生境氮循环动力过程、驱动机制和演变趋势	SZ2401	刘倩	2024-2026	35	20	自然资源部第二海洋研究所专项
3							
4							
5							
横向项目（课题）							
1	浮标专项		刘增宏	2020-2024	8688		JMRH专项
2							

### 3. 获得奖励、奖项情况汇总表（单位:项）

类别	国家级			省部级	其他
	技术发明奖	自然科学奖	科技进步奖		
数量（项）				0	

### 4. 获得奖励情况列表

序号	成果名称	奖励类型	奖励等级	获奖单位	获奖人员及排序	完成情况
1						

注：（1）获国家级奖励和省部级一等奖的请另附 300 字左右简介，包括项目基本情况、主要创新点、重大影响等。（2）完成情况指独立完成或合作完成（下同）

### 5. 年度发表论文情况汇总表（单位：篇）

类别	国外刊物			国内刊物			会议论文	
	SCI 收录	EI 收录	其他期刊	SCI 收录	EI 收录	其他期刊	国际会议	国内会议
数目	12			1				

6.年度代表性论文列表 (“第一作者”或“通讯作者”论文)

序号	论文名称	作者及排序	期刊名称	卷、期 (或章节)、 页	收录类型	完成情况	所属研究方向
1	Efficient biological carbon export to the mesopelagic ocean induced by submesoscale fronts	Guo, M., <b>Xing, X.#</b> (邢小罡), Xiu, P.*, Dall’Olmo, G., Chen, W., & Chai, F.	Nature Communications	15, 580	Nature 子刊	共同第一作者	海洋生物泵效率
2	Complexities of regulating climate by promoting marine primary production with ocean iron fertilization	Hai-Bo Jiang, David A. Hutchins, Hao-Ran Zhang, Yuan-Yuan Feng, Rui-Feng Zhang, Wei-wei Sun, Wentao Ma, Yan Bai, Mark Wells, Ding He, Nianzhi Jiao, <b>Yuntao Wang #</b> (王云涛), Fei Chai	Earth-Science Reviews	249, 104675	国际地学顶刊	通讯作者	海洋生态学
3	Monitoring discharge from deep-sea mining ships via optical satellite observations	Ziyao Yin, Yingcheng Lu, Yuru Liu, Wenfeng Zhan, Haoran Zhang, Changyong Dou, Chenchen Wu, Dong Sun, Zihan Liu, Chunsheng Wang & <b>Yuntao Wang#</b> (王云涛)	Journal of Oceanology and Limnology	42:1853-1864	SCI	通讯作者	海洋光学
4	Remote estimates of sea surface nitrate and its trends from ocean color in the northwest Pacific	<b>Shuangling Chen</b> (陈双玲), Yu Meng, Shaoling Shang, Mei Zheng, Yuntao Wang, Fei Chai	Journal of Geophysical Research: Oceans	129(2), e2023JC019846	SCI	第一作者	
5	Diversity and ecological potentials of viral assemblages from the seamount sediments of the Northwest Pacific Ocean	Ying Chen, Chen Gao, <b>Qian Liu*</b> (刘倩), Yantao Liang, Mingyan Lai, Fuyue Ge, Kaiyang Zheng, Hao Yu, Hongbing Shao, Andrew McMinn, Min Wang	The Innovation Geoscience	2(3),100088	SCI	通讯作者	海洋生态学

6	Heterogeneous marine environments diversity microbial-driven polymetallic nodule formation in the South China Sea	Mingyan Lai, <b>Qian Liu*</b> (刘倩), Xiaogu Wang, Dong Sun, Lihua Ran, Xiaohu Li, Chenghao Yang, Bo Lu, Xue-Wei Xu, Chun-Sheng Wang	Frontiers in Marine Science	11,1430 572	SCI	通讯作者+共同一作	海洋生态学
7	<i>Devosia aquimaris</i> sp. nov., isolated from seawater of the Changjiang River estuary of China	Mingyan Lai, Yurong Qian, Yue-Hong Wu, Chunhua Han, <b>Qian Liu*</b> (刘倩)	Antonie van Leeuwenhoek	117,29	SCI	通讯作者	海洋生态学
8	Distinct sources of uncertainty in simulations of the ocean biological carbon pump at different depths	<b>Wang, B.*</b> (汪斌) and Fennel, K.	Communications Earth & Environment	5,395	SCI	第一作者	海洋生态学

### 7. 获得授权专利、专著、软件登记及制定标准汇总表

序号	授权专利 (项)			专著 (本)	标准、规范 (项)				软件登记 (项)
	发明	实用新型	外观设计		国家标准	行业标准	地方标准	其他标准	
	4				1				2

### 8. 获得授权专利列表

序号	专利名称	专利号	完成人	类别	授权时间	完成情况	授权国别或组织
1	浮标投放装置	ZL20240904062.9	李兆钦、刘增宏、卢少磊、龙钰等	发明专利	2024年9月3日	授权	中国
2	海水二氧化碳传感器高精度高效校准装置及其方法	ZL201911347398.5	郑旻辉、杨俊毅、潘建明等	发明专利	2024年5月10日	授权	中国
3	用于溶解性气体传感器校准的高效水气混合装置及其方法	ZL201911347413.6	郑旻辉、杨俊毅、潘建明等	发明专利	2024年4月26日	授权	中国
4	一种深海生物测量装置及其生物特征的测量方法	ZL201711423076.5	郑旻辉、张曦、张东声等	发明专利	2024年5月3日	授权	中国

注：类别指发明专利、实用新型专利、外观设计专利。

### 9.重要专著情况列表

序号	专著名称	出版社名称	作者	出版日期	章、页	完成情况

### 10.标准制定情况

序号	标准名称	标准类别	标准号	本站参加人员及排名(固定)	发布时间	发布部门	牵头完成单位	所属研究方向
1	海水溶解氧测量仪校准规范	国家标准	JJF 2104-2024	郑旻辉(4)	2024.2.7	国家市场监督管理总局	国家海洋标准计量中心	生物地球化学要素质量控制方法研究

### 11.新产品、新工艺、新装置、新技术开发情况

序号	成果名称	成果编号	完成人	开发阶段	完成情况	所属研究方向

### 12.野外站仪器设备研制情况

序号	仪器名称	研究人员	类别	开发功能和用途

### 13.技术成果转化情况

序号	成果名称	编号	完成人	转化企业	经济效益	完成情况	所属研究方向

### 14.年度代表性成果

成果名称	西北太平洋 BGC-Argo 浮标数据揭示海洋亚中尺度过程对生物碳泵效率的影响					所属研究方向	生物地球化学
完成人	中国科学院南海海洋研究所郭铭先副研究员与 Argo 野外站副站长邢小罡研究员为该论文的共同第一作者，通讯作者为厦门大学修鹏教授。						
成果简介							
海洋中尺度涡旋和亚中尺度动力过程是副热带流涡区营养盐垂向供给的关键途径。以往的研究表明，中尺度涡和亚中尺度过程的加强能够带来营养盐的垂向供给，促进真光层的初级生产力。然而，由于传统的船基观测平台在中小尺度上进行							

连续高频生物地球化学观测极具挑战，目前对中尺度和亚中尺度等动力过程的碳输出效应依然缺乏明确的认识，BGC-Argo 浮标的问世有效解决了海洋中小尺度多参数剖面观测的瓶颈。

2019年3月，Argo 野外站搭载厦门大学“嘉庚”号科考船在副热带西北太平洋成功投放了两台“六参数”的 Provor CTS4 型 BGC-Argo 浮标，进行了为期一个月的中尺度涡旋与锋面高频观测（循环周期 12 小时）。“六参数”浮标可同时观测国际 Argo 计划设计的六个核心生地化参量：溶解氧、硝酸盐、pH、叶绿素、颗粒物后向散射系数和光照。Argo 野外站还负责浮标采样周期的实时调整，以及观测数据的接收、解码、质量控制、实时发布的全链条处理流程。通过连续高频观测，两台 BGC-Argo 浮标成功捕捉到了涡旋和锋面加强阶段中弱光层（真光层底部至 1000 米深度）POC 输出通量的增强现象，研究团队据此探究了这些中小尺度动力过程对 POC 通量传输效率的影响。

该研究利用这两台 BGC-Argo 浮标的高频观测数据（WMO 编号：2902753 和 2902756），捕捉了中尺度涡旋和亚中尺度锋面动力加强过程，并量化其对弱光层颗粒有机碳（POC）输出通量的影响。相较于中尺度涡旋和该海区的其它历史观测，研究发现亚中尺度过程能显著提高 POC 通量的垂向传输效率，从而导致更多的 POC 向深海传输。这一发现对于深入了解中小尺度动力过程与海洋碳循环之间的相互关系具有重要意义，同时体现了 BGC-Argo 浮标在捕捉海洋中小尺度过程与弱光层生态动力过程方面具有显著的观测优势。

论文信息：**Xing, X., Xiu, P., Laws, E. A., Yang, G., Liu, X., & Chai, F. (2023). Light-driven and nutrient-driven displacements of subsurface chlorophyll maximum depth in subtropical gyres. *Geophysical Research Letters*, 50, e2023GL104510.**

成果名称	全球海洋溶解氧观测数据集	所属研究方向	生物地球化学
完成人	中国科学院大气物理研究所全职聘用的德国籍研究人员 Viktor Gouretski 为第一作者，Argo 野外站流动成员成里京研究员为论文共同通讯作者，合作者包括大气物理研究所杜娟和谭哲韬、Argo 野外站副站长邢小昱研究员、厦门大学柴扉教授等。		

## 成果简介

人类活动加剧导致海洋升温、层化加强、环流变异，进而引起了全球海洋溶解氧浓度的快速下降，即“海洋缺氧”的现象。然而，准确测算海洋溶解氧变化依然存在较大的挑战，主要原因是海洋溶解氧观测数据量少且质量参差不齐。准确、无偏的高质量全球海洋溶解氧现场观测数据集对于监测海洋溶解氧变化、理解其对海洋生态系统和人类社会的影响具有重要意义。

由中国科学院大气物理研究所（以下简称“大气所”）牵头，联合自然资源部第二海洋研究所、厦门大学等机构，在《Earth System Science Data》期刊上正式发表了大气所 IAP 全球海洋溶解氧现场观测数据集 1.0 版本。该数据集共整编了自 1920 以来的三种主要仪器 Bottle（采水瓶）、CTD（温盐深仪）、BGC-Argo（生物地球化学 Argo）的海水溶解氧观测廓线，并采用自主研发的质量控制系统（IAP-Oxygen-QC）和 Argo 偏差订正方案进行质量控制和偏差订正。数据集总计有 120 万条观测廓线。

针对历史溶解氧数据中存在的多种质量问题，论文首先研发了新一代溶解氧质控系统（IAP-Oxygen-QC）。该系统构建了 10 个检查子模块进行质量控制，为快速、高效地识别错误数据提供了新的解决方案。此外，为评估该质量控制系统的性能，论文使用了多个基准数据集和历史观测数据集，通过包括主、客观在内的多个维度进行测试和评估，发现该系统能正确识别出错误数据，显示出新一代自动化质控系统的优势。

论文进一步针对 CTD 和 Argo 数据中的系统性偏差进行了深入研究，发现由国际 Argo 数据中心提供的校准后的数据依然存在一个较小的系统性偏差。论文使用了 Winkler 获得的数据作为“金标准”，分析了 BGC-Argo 延时质控模式数据上不同型号、不同数据中心（DACs）的溶解氧传感器数据在不同深度、不同年份的偏差的特征。在此基础之上，论文提出了针对不同传感器型号和 BGC-Argo 数据来源中心（如 AOML、Coriolis、JMA、CSIRO 等）的偏差订正方案。

新的现场观测数据集为进一步理解气候变暖背景下海洋溶解氧的历史变化规律、理解溶解氧在地球系统生物化学循环的交换过程和机理提供了更为准确的数据基础。

论文信息：Gouretski, V.\*, Cheng, L.\*, Du, J., Xing, X., Chai, F., and Tan, Z.: A consistent ocean oxygen profile dataset with new quality control and bias assessment, Earth Syst. Sci. Data, 16, 5503–5530, 2024.

## 五、学术交流与开放共享情况

### 1.主办/承办大型学术会议汇总表

类别	全部	国际性	区域性	双边性	全国性
次数					
比例					

### 2.主办/承办大型学术会议

序号	会议名称	主办/承办	会议主席	参加人数	会议时间	会议类型
1						

### 3.参加学术交流情况汇总表

类别	来野外站讲学		派出讲学		参加会议	
	国内	国外	国内	国外	国内	国外
人次	7	4			22	12

### 4.在重要国际学术会议报告情况

序号	报告名称	会议名称	主办方	时间	地点	报告类别
1	我国 Argo 计划实施现状及面临的挑战	第 25 次国际 Argo 资料管理组会议	国际 Argo 组织	2024 年 10 月 21-25 日	意大利	口头报告
2	中美加三种四波段辐照度传感器的实验室比对试验结果	第 25 次国际 Argo 资料管理组会议	国际 Argo 组织	2024 年 10 月 21-25 日	意大利	口头报告
3	长江口溶解有机氮 (DON) 微生物驱动循环—以多胺和溶解游离氨基酸 (DFAAs) 为例	2024 年日本地球科学联合会会议	日本国家地球行星科学学会	2024 年 5 月 25-31 日	日本	口头报告
4	海洋自然灾害防治与环境健康增值	联合国海洋十年大会边会	联合国教科文组织政府间海洋学委员会	2024 年 4 月 9-12 日	西班牙	特邀报告
5	统一战略以发展一体化的全球海气界面网络	联合国海洋十年大会边会	联合国教科文组织政府间海洋学委员会	2024 年 4 月 9-12 日	西班牙	口头报告

6	海洋上层结构对西北太平洋热带气旋影响的决定作用	欧洲地球地理学会年会	欧洲地球地理学会	2024年4月14-19日	奥地利	口头报告
7	海表硝酸盐水色卫星遥感反演进展	第21届亚洲大洋洲地球科学学会年会	亚洲大洋洲地球科学学会	2024年6月23-28日	韩国	口头报告
8	海洋自然灾害防治与环境健康增值	第十一届联合国教科文组织政府间海洋学委员会西太分委会国际海洋科学会议	联合国教科文组织政府间海洋学委员会	2024年4月22-25日	泰国	特邀报告

### 5. 公众开放与科学传播形式情况

开放形式	参观访问(次数)	14	科技夏令营(次数)	0	科普讲座(次数)	13
	学生实践(次数)	1	其他活动(次数)			
开放对象	大学生(人次)	80	中学生(人次)	250	小学生(人次)	880
	其他公众(人次)	110万				
传播形式	人民日报、新华社、中央电视台(次数)					
	自然资源报等其他重要媒体(次数)			1	新媒体(次数)	1

### 6. 开放课题情况

序号	课题名称	课题负责人	负责人工作单位	开始时间	结束时间	总经费(万元)	本年度经费(万元)