

# 中国科学院学部 科学与技术前沿论坛简报 第 93 次

学部工作局学术与文化处 编报  
《中国科学》杂志社

2020 年 1 月 17 日

---

## “透明海洋”科学与技术前沿论坛综述

### 一、背景

“透明海洋”研究旨在集成和发展现代海洋观测与探测技术，面向全球大洋和特定海区，以人工智能和大数据为核心，构建“海洋物联网”技术体系，实时或准实时获取全海深、高时空分辨率的海洋综合环境与目标信息，并在此基础上，预测未来特定时间内海洋环境变化，实现海洋的状态透明、过程透明、变化透明、目标透明，为国家海洋科技事业、经济社会发展、权益维护等提供全面精准的海洋信息技术支撑与服务。

本次论坛以“透明海洋”为主题，围绕海洋物质能量循环和深海大洋动力过程及气候资源效应这一国际前沿，从海洋观测探测、全球海洋物质循环及生命过程、信息技术与透明海洋建设三个议题入手，交流研讨如何更好地建设“透明海洋”，领导国际海洋前沿研究。同时，为相关领域的学者搭建高层次的交流平台，鼓励学术争鸣，为在国家层面上进行相关领域的跨学科发展决策提供既有前瞻性又具可行性的规划与建议，特别是为国家层面上实施“透明海洋”战略进一步凝练

目标、凝聚共识。

## 二、论坛概况

2019年7月4~5日,第93次中国科学院学部科学与技术前沿论坛暨中国科学院建院70周年学术论坛——“透明海洋”科学与技术前沿论坛在青岛海洋科学与技术试点国家实验室召开。论坛由中国科学院院士、青岛海洋科学与技术试点国家实验室主任吴立新与中国科学院院士、云南大学校长方精云共同担任大会执行主席,国内外多家院校百余位专家学者应邀参加论坛。

在为期一天半的论坛中,天津大学姚建铨院士、中国科学院沈阳自动化研究所俞建成研究员、厦门大学戴民汉院士、美国德克萨斯农工大学 Ping Chang 教授、中国科学院遥感与数字地球研究所郭华东院士、中国电子科技集团陆军院士先后围绕三个议题进行了大会主旨报告。与会专家聚焦论坛目标和中心主题,就如何更好地建设“透明海洋”、领导国际海洋前沿研究进行了广泛的交流和讨论。

本次论坛由中国科学院学部主办,中国科学院学部学术与出版工作委员会、中国科学院地学部、中国科学院生命科学和医学学部承办,中国海洋大学海洋高等研究院、《中国科学》杂志社、青岛海洋科学与技术试点国家实验室协办。

论坛的学术报告以视频资料的方式得以保存。

## 三、论坛报告

### (一)姚建铨院士:激光致声空-海跨介质下行通信及水下观天技术研究

海洋对于国家的发展具有重要意义,目前国内外各海洋相关的领域研究都致力于通过通讯、定位、检测、成像等高科技技术对海洋进行观测,获得相关的大量数据,以“透明海洋”为基础,最终达到“智慧海洋”,实现海洋强国战略,因此,激光致声通信等技术在海洋观测

中的重要意义显而易见。报告系统回顾了国内外对 THz 波段激光的研究现状，阐述了在海气跨介质界面的通讯难点，通过研究 THz 波段激光，解决了激光致声在海洋-大气跨介质中通讯问题，构建了空-天-地-海一体化通讯网络，为未来透明海洋精细化观测提供新思路。

### **（二）俞建成研究员：海洋机器人与海洋观测**

在海洋科学的发展进程中，海洋机器人在海洋科学考察、海洋环境变化监测与预警预报、海洋矿产资源开发、海洋资源能源开采、海洋安全保障、应急援潜救生等多领域都发挥着十分重要的作用。报告提纲挈领地介绍了不同类别的海洋机器人，系统比较了国内国际海洋机器人的发展过程和应用现状，详细介绍了探测与作业海洋机器人技术、观测海洋机器人技术以及相关的观测应用所取得的成果。同时，也指出了我国水下滑翔机与国际成熟水下滑翔机产品的差距，并对水下机器人未来的发展趋势、需要突破的关键技术等提出思考，为下一步海洋观测平台研发和构建形成智能海洋观测体系提出建设性意见。

### **（三）戴民汉院士：未来海洋生物地球化学观测过程和机理认知**

生物地球化学作为一个新学科方向，将陆地、大气、海洋这三大圈层以及地球系统的生命环境和气候系统联系在一起，是全球变化研究的两大核心内容之一，已成为地球系统科学的基石学科。报告概括阐述了海洋生物地球化学发展趋势和挑战，并通过海洋荒漠生物泵固碳机理与海洋中尺度涡生物地球化学两个实例，由浅入深地指出了未来海洋生物地球化学总体发展趋势。指出海洋观测和实验是海洋科学的基础，未来海洋观测将趋于全球化、微尺度化及准同步化。此外，观测与模式融合发展是实现多时空尺度定量研究的有效手段，对于未来科学与技术协同发展、更深层次科学与技术的融合、推进透明海洋计划意义重大。

### **（四）Ping Chang 教授：Ocean Boundary Current Regimes and Climate**

高分辨率的海洋预报可以为海洋安全、海上活动、防灾减灾等提供更加科学的决策依据。通过比较不同分辨率海气耦合模式的结果，揭示了提高大气分辨率对准确模拟海洋东边界流的重要性；并阐述了海洋西边界流区中尺度涡对气候变率的影响，以及提高海洋分辨率对准确模拟大气极端现象的贡献；进一步说明了高分辨率海气耦合模式对实现透明海洋计划有重要意义。

#### **（五）陆军院士：海洋网络信息体系**

海洋网络信息体系是我国海洋强国战略实施的重要依托，是维护我国海洋安全的重要保障，是引领海洋经济跨越发展的重要动力，是推动海洋科技创新发展的重要引擎，是构建人类海洋命运共同体的重要支撑。报告通过分析目前海洋网络信息体系建设的国际发展趋势与国内建设现状，对我国现在的海洋网络体系建设存在的问题进行了分析。在此基础上，提出以海洋强国战略目标为指引，遵循“网络中心，信息主导，体系支撑”的建设理念，着力打造海洋共用信息基础设施，整合海洋通用信息服务平台，开放海洋信息智慧应用系统，并最终形成集海洋信息“感知、传输、应用、管控”于一体的海洋网络信息体系的建设目标思路以及构建海洋信息网络的体系架构。此外，报告还对海洋信息网络未来的重点任务、技术产业支撑方面提出了畅想和意见建议。

#### **（六）郭华东院士：地球大数据促进陆海可持续发展**

大数据时代扑面而来，大数据对地球科学领域，至少对全球变化领域的作用在全球范围内都是公认的，而其中关键的问题在于如何将海量的数据转化为科学。报告概述了研究团队近几年“科学大数据”的工作情况，回顾了科学大数据与地球大数据的发展历程，并重点提到地球大数据正在成为认识地球的新钥匙、知识发现的新引擎、决策支持的新手段。报告同时介绍了中国科学院的地球大数据科学工程的总体目标和设计方案，强调了大数据共享的重要意义。在此基础上，

还介绍了在联合国可持续发展目标中应该如何应对其中的重大需求。此外，通过“数字丝路国际科学计划”（DBAR）等案例例证说明了地球大数据与陆海可持续发展之间的重要联系。报告围绕地球大数据和可持续发展主题，勾勒出了一幅从大装置到大数据到大科学再到大发现的新的科学脉络。

## 四、论坛关注的重点议题

### 议题一：海洋观测探测

本议题由汪东平研究员主持，议题涵盖了激光在海洋观测探测中的应用与未来，以及海洋机器人在海洋观测探测中的应用与未来。

#### （1）关于激光在海洋观测探测中的应用与未来的探讨

**海洋中激光通讯现状。**目前海洋观测的主要手段为光、电磁、声，不同的介质特性对海洋通讯的作用是不同的，如何结合不同观测手段监测海洋仍然是技术上的难点。针对激光蓝绿激光技术相对成熟，唤醒技术也比较成熟同时安全性隐蔽性较好，但是目前在海洋中的应用相对缺乏，缺少在不同海况、海区的实验。

**激光致声应用领域。**激光致声产生的是球面波，不仅可以平面传播，还可以进行竖向传播，传播的距离可以达到公里量级，对于水下定位、探测等各个研究方向都可以进行应用。特别指出虽然激光方向性很强，可以通过加装散光装置，进行断面探测，应用海洋鱼群探测。激光发射装置可以通过电池供电，为激光致声探测设备搭载海洋观测平台提供了可能。

**激光致声转化效率。**激光致声的转化率与介质有关，与海洋的海水状态有关。同时激光会产生噪声，但是噪声是进行过滤处理。目前激光致声通讯研究中存在一些问题，包括飞机飞行高度有限，无法进行特点高度实验。卫星对潜（艇）通讯尚且存在技术和理论的局限。对于深海大洋，目前激光致声通讯研究非常匮乏。

**激光致声通讯对生物的危害。**激光达到一定程度会对人体和生物

存在伤害，然而海水对激光吸收能力较强，同时激光定向性较强，在其定向发散角内可能会有影响，但范围有限。利用激光致声通讯对于海洋生物的影响尚且难以给出定量评估。

## **(2) 关于海洋机器人在海洋观测探测中的应用与未来的讨论**

**海洋机器人布放、回收与续航。**目前，海洋机器人布放和回收必须依赖出海作业。其续航能力受制于内部电池，目前国内有单位尝试使用无人水面艇（USV）对海洋机器人进行布放和回收，但尚且处于研究试验阶段。对于提升续航，有两种技术路线。第一个是使用核反应堆进行功能，但是用这种方法对机器人的体量要求比较大，适用于大型平台或大型水下机器人。第二个是使用环境能源供能小型平台，这种模式相对灵活，便于大量推广。

**海洋机器人编队观测及其搭载设备。**对于海洋机器人的编队控制，限制因素较少。其监控中心与作业区域无距离限制，其观测区域范围完全受布放数量和布放区域影响。在海洋机器人上搭载传感器受到研究目的、承载能力和功耗等问题的限制。以水下滑翔机为例，目前水下滑翔机的搭载能力为公斤量级，针对海洋环境的温度、盐度、溶解氧等常规传感器均可搭载，但若搭载更多传感器必然影响续航能力。

**潜龙系列研究突破与我国水下机器人核心技术自主掌握程度。**潜龙系列的主要突破在于：第一，提高水下机器人的探测速度，潜龙系列对深海矿产资源的探测效率提升，目前潜龙二号已累计探测超过600平方公里。第二，潜龙系列机器人通过突破非金属材料的应用在续航能力方面有显著提升，潜龙一号为30小时，潜龙二号为36小时，潜龙三号为48小时。对于水下机器人最核心的问题是动力原件问题，目前主要依赖进口，这是迫切需要突破国外垄断的方面。对于传感器国内有一定研究，但和国际有一定差距。目前制约国内技术研究发展的另一个问题是，项目立项和相关单位应用合作尚未探索较合理的道

路。国内遥控无人潜水器（ROV）的发展困境存在非技术因素，国产海洋仪器在各方面都优于国外仪器的条件下，仍然难以得到应用的机会，停留在研究到应用的阶段。

## **议题二：全球海洋物质循环及生命过程**

本议题由蔡文炬教授主持，议题涵盖了生物地球化学与海洋观测主题，以及高分辨率海气耦合模式与透明海洋主题。

### **(1) 关于的生物地球化学与海洋观测讨论**

**生物地球化学要素观测。**目前，生物地球化学要素的观测主要针对地球和化学方面比较多，很少对生物特征和过程的直接观测。首先由于地球化学的要素与生物密切相关，绝大多数假设都是基于生物生长的固氮环节等推演得到的。其次生物发展的时间非常漫长，直接观测非常困难，但目前正在群落结构、生物的吸收速率等方面做了大量工作。最后生物的观测数据获取相对滞后，化学等数据可立即获得，但生物数据可能需要半年或更长的时间才可以获得。

**中尺度涡对碳的影响。**目前中尺度涡对碳的影响有一定认识，但存在较大争议。通常认为冷涡和暖涡分别作为碳汇和碳源。冷涡作为上升流系带来营养盐，视作碳汇，但是同时冷涡也带来了无机碳，视为碳源。无机碳和营养物质决定是碳汇还是碳源，而这与冷涡的形成是有关的。目前的判断，大部分的冷涡是碳源。在全球尺度的量有多大确实比较难以估算。中尺度涡的物质输运对生物生长有一定的促进作用。冷涡提供营养盐会对生物有一些影响，在暖涡下沉过程中，边上的上升流也能看到一些营养盐的增加。虽然生物响应与中尺度涡的不对称性是否有关目前尚不能确定，但是显著看到了叶绿素在两侧不同的分布。

**地球系统观测。**未来的研究可能要和其它圈层更多的结合。海洋的生物地球化学过程实际上是不同圈层之间循环的，不仅仅包括海洋，还包括大气、陆地整个地球系统的圈层，未来应该将地球系统作为一

个整体来进行更深入的认识。目前生物类的传感器数量还是偏少，后续还需要努力完善相关系统和技术。国际上现有针对生物观测 Bio-Argo，但是比较昂贵，我国的第一代和第二代 Argo 和国际的数量上还有很大的差距，中国参与了 ARGO 计划，但劲头不够。在中国海洋的未来发展中，需要考虑我们如何在短期能占到科技主导地位，如何形成中国的技术或者在核心海区方面由中国的技术引领。

## **(2) 关于高分辨率海气耦合模式与透明海洋研讨**

**高分辨率海气耦合模式发展的意义与瓶颈。**对于海洋研究，比较注重海洋过程，可能忽略海气相互作用方面。但是对于中尺度或亚中尺度涡方面，海气相互作用的研究是十分重要的。海洋和大气存在能量交换，观测如果要发展的话，要从海洋和大气同时观测，只观测西边界流自己的过程是远远不够的。目前欧洲合作计划要做大型的海气耦合的调查，结合高分辨率的海气耦合模式，与海洋观测和大气观测作比较。这种类型的观测对于理解小尺度海气相互作用非常重要，目前模式最缺乏的就是这种类型的观测数据验证，没有办法直接与模式做出的结果进行比较和验证。如果有目标集中的国际合作项目是非常有意义的，可以考虑选定某些海域，在几个月内，融合技术、生物、大气、海洋的研究团队，这有利于学科交叉合作，可能也比较容易去解决困难的观测。

### **议题三：信息技术与透明海洋建设**

本议题由陈戈教授主持，议题涵盖了网络信息体系建设与透明海洋建设主题，以及科学大数据主题。

#### **(1) 关于网络信息体系建设与透明海洋建设的研讨**

**网络信息体系。**网络信息体系包括了海陆空信息体系。其中海洋网络信息体系是以提升国家认识海洋、经略海洋能力，推动海洋经济发展为目标，面向海洋安全、经济、环境、科研等各领域信息化共性需求，以“网络中心、信息主导、体系引领、应用变革”为主要特征，



依托物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术，利用体系工程思想，按照强化共用（基础设施）、整合通用（功能系统）、开放应用（能力建设）的设计理念，集成政府、军方、企业、社会团体、公众等已有系统、在建系统和未来系统以及相关海洋信息系统及资源，形成支撑海洋业务体系、装备体系和产业体系等能力演进和提升的复杂巨系统。

**海洋网络信息体系发展现状。**海洋目前按照 0G~5G 的标准划分，离开岸线百公里就是信息盲区，海洋上是卫星通信，海洋网络信息体系目前是各国都在考虑的事情，天地一体化网是直接朝着 5G 网出发，而不是从 0G 网开始建设。与陆地网络系统发展不同，海洋观测点密集度与陆地差别很大。因此需要首先布放观测点，然后开发成体系的应用，需要花费巨大精力投入。

**海洋网络信息如何分享。**目前，我国海洋数据分享机制相对薄弱，需要建立数据共享机制，因为会涉及到涉密数据，因此存在矛盾。因此需要以政府为主导，举国家之力建立公共设施。

## **(2) 关于科学大数据的交流探讨**

**科学大数据的意义。**科学大数据主要是指科学领域的数据，金融、交通、教育等都有各自的大数据。有种说法认为各方面的非科学大数据也会在研究中起到辅助作用。此外，对科学大数据的认识还是它是大数据的一种，一个分支。

**大数据的获取与处理。**关于大数据获得的渠道，一种观点为大数据无所不在，人们处在大数据的海洋。另一种观点为真正要用大数据时又不知道想要用的数据在何方。近年来随着网络技术的进步，网络的大数据、大众的数据获得比以前容易许多。而在国家层面上的一些科学数据在共享方面可能存在一些障碍，日前已经提出了一些举措，并且建立科学数据中心进行探索。处理大数据主要依赖处理能力。首先，大数据的管理至关重要，如果没有制定好相应的标准和规范，在

处理数据中会造成巨大的甚至难以处理的问题。对于数据计算本身，目前计算机发展的水平与趋势容易解决计算瓶颈。

**科学大数据的理论派与模型派。**大数据兴起之后，认为实验、模型、计算等步骤都可以跨越，直接走向大数据驱动科学的发展。从这一角度来说，看似是排斥模型派的，但从理论上，模型还是非常重要的。因此两者是共同发展的，在实践应用中不断相互修正、完善。

## 五、论坛总结

此次论坛聚集了国内外多家院校的海洋及相关科学领域的知名科学家，对“透明海洋”相关的各领域交流合作、交汇融通起到了很大的促进作用。与会专家高度肯定了本次论坛的重要意义，并讨论提出了今后“透明海洋”在技术和科学层面的需求，以及实现“透明海洋”的关键举措：

- (1) 自主发展一批核心观测平台、传感器和通讯技术；
- (2) 加强大深度、长时间、多学科、综合集成观测的智能平台研发；
- (3) 建设多时空尺度、多学科综合的立体科学观测系统；
- (4) 构建多层次的海洋环境预测系统和信息服务平台；
- (5) 从西太平洋、印度洋、南大洋到南北两极分步推进“透明海洋”建设。

本次论坛为海洋相关领域的跨学科发展谏言献策，特别是为国家层面上实施“透明海洋”战略进一步凝练了目标，凝聚了共识。

(作者：陈朝晖，中国海洋大学教授；吴立新，中国科学院院士，中国海洋大学教授；刘永正，中国海洋大学博士后)