



用ARGO机器人监测我们的海洋

Blair J. Greenan^{1*}, Annie P. Wong², Tammy Morris³, Emily A. Smith⁴ and Marine Bollard⁵

¹Bedford Institute of Oceanography, Fisheries and Oceans Canada, Halifax, NS, Canada

²School of Oceanography, University of Washington, Seattle, WA, United States

³South African Weather Service, Cape Town, South Africa

⁴National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Washington, DC, United States

⁵Euro-Argo European Research Infrastructure Consortium (ERIC), Brest, France

你有没有想过科学家是如何知道海洋深处发生了什么？有几种类型的机器人可以潜入水下获取科学家想要的信息。其中一种名为“阿尔戈 (Argo)”的机器人，会随着洋流在海洋深处漂移，且每隔10天浮出水面一次，告诉科学家它收集到的海洋内部信息。目前，每天约有4000个这样的Argo机器人正在监测着我们的海洋。这些机器人可以测量海水的温度和盐度，有些还可以监测更复杂的海洋化学和海洋生物参数。Argo机器人为海洋学家观测海洋环境提供了另一种工具，以帮助科学家了解海洋是如何运动的，以及它是如何影响海洋生物乃至整个地球的。

科学家为什么要监测海洋？

海洋对人类的福祉非常重要，因为它为我们提供了食物、药品、交通和娱乐。海洋也是许多海洋生物的家，它们让地球适宜人类的居住。例如，小型浮游生物在海洋中产生了我们呼吸所需的50%以上的氧气。海洋占地球表面积的70%以上，在地球环境中起着重要作用。因此，科学家们早已认识到，观察海洋、更好地了解海洋并预测可能发生的变化是至关重要的。

浮游生物

漂浮的植物、藻类和一些可以光合作用的细菌。

气候

对某一特定地区长期天气变化模式的描述,通常取至少二十年内收集数据(例如温度)的平均值。

温室气体

在大气中能够捕获热量的气体,包括二氧化碳、甲烷、一氧化二氮和氟化气体。

研究大气的科学家对海洋的观测也十分感兴趣,因为我们每天经历的天气都受到海洋的影响。例如,你见过水从滚烫的马路上蒸发吗?同样的事情也发生在海洋中,当温暖的海洋表面温度引起蒸发,将水从海洋转移到大气中。一旦进入大气层,水就会形成云、雪和雨。因此,更好地监测海洋状况对更为精确的天气预报十分重要。

有些科学家是研究地球气候的专家。“热带气候”地区每年都有大量的阳光,使得海面变暖,产生云和雨,所以这些地区的气候通常是炎热潮湿的。但气候会随着时间而变化,例如,一些人类活动,如开车或给家里供暖,会增加温室气体。温室气体就像一条毯子,能吸收热量,使地球表面变暖。观测海洋对于了解温室气体如何导致气候变化非常重要,因为海洋可以从地球大气中吸收二氧化碳和热量,并通过洋流使得它们移动。

ARGO机器人:一群自由漫游的海洋冒险家

为了研究海洋,科学家们必须持续很多年收集数据。获取这些数据的一个重要方法是使用船只进行测量(另请参阅本杂志其他文章)。但是,有些地方船只很难到达,例如北极和南极。而在冬季,很多恶劣的海况会让科考船难以工作。为了在全球海洋所有季节中都能完整的收集数据,科学家发明了Argo机器人(图1)。

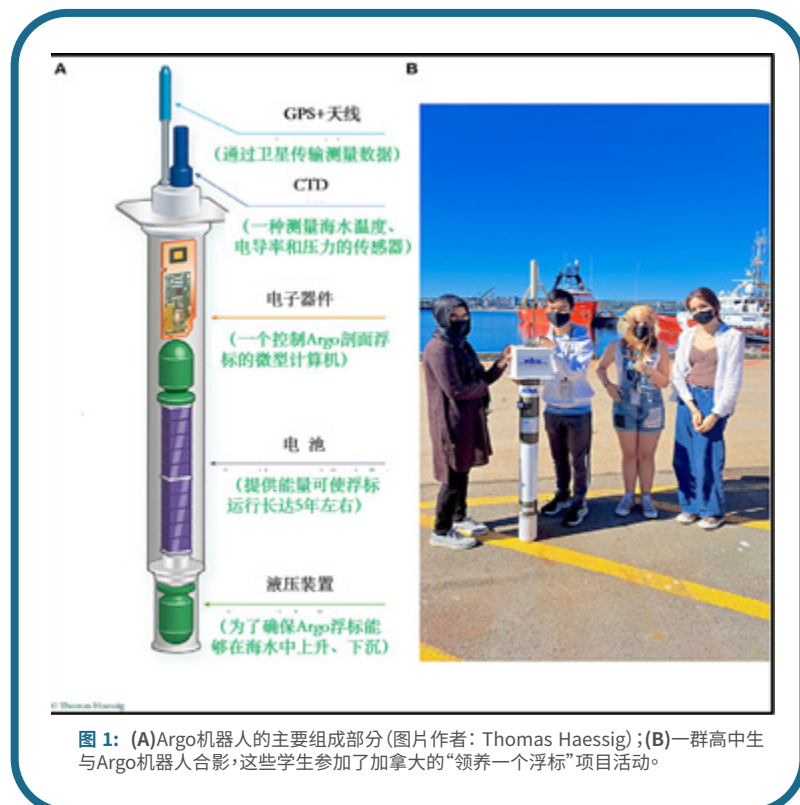
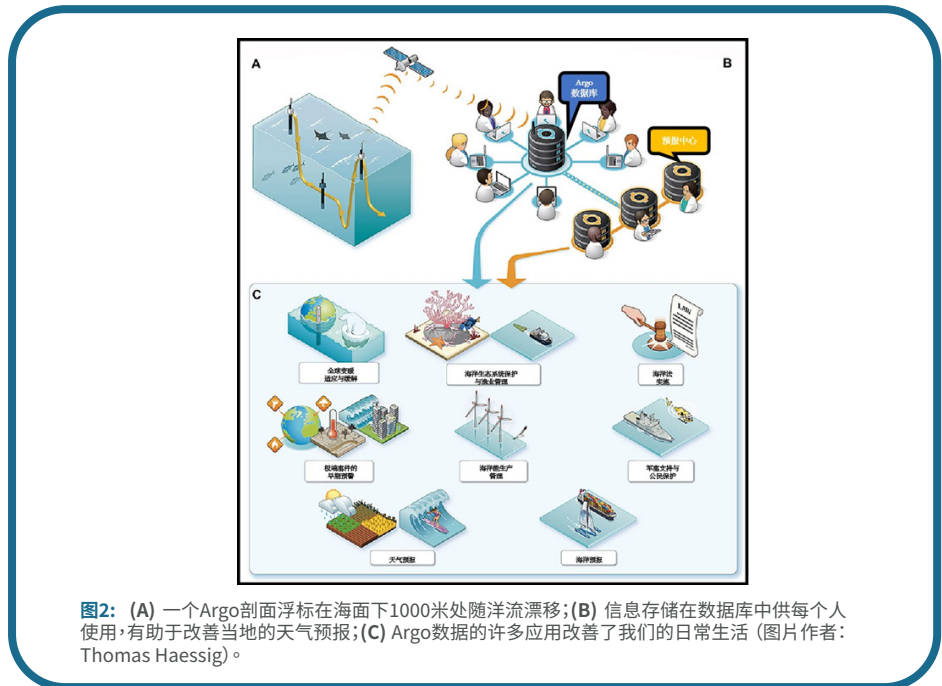


图 1: (A)Argo机器人的主要组成部分(图片作者: Thomas Haessig);(B)一群高中生与Argo机器人合影,这些学生参加了加拿大的“领养一个浮标”项目活动。

传感器

一种检测装置，能够探测和响应某种物理环境的变化。

这些Argo机器人被称为“浮标”，它们携带**传感器**收集海洋数据。尽管我们称这些机器人为“浮标”，但它们实际上是在海洋中上下移动的。科学家通过船只将Argo机器人投入海洋中。一旦进入海洋，它们就会下沉到1000米深处，并在该深度随洋流自由漂移9天；到了第10天，它们会下潜至2000米深处，然后上浮，并在上升过程中测量海洋。当它们到达海面时，会将收集到的数据和位置信息通过卫星传送给科学家，从而使科学家能够建立一个关于这部分海洋的信息数据库。之后，这些Argo机器人又会自动潜回1000米深处，并执行下一个循环(图2A)。科学家使用计算机程序自动检查测量的数据质量，并将信息传输到一个数据库(图2B)。在机器人上浮至海面后的24小时内，地球上的每个人都可以免费获得这些测量结果(图2C)。



盐度

海洋中盐分浓度的量度,也可以称为咸度。

密度

单位体积海水所含有的质量。

Argo机器人会自动记录海水压力、温度和**盐度**,其中盐度是衡量海洋中盐份浓度的一个指标。海水盐度和温度共同决定了海水的**密度**。而海水压力可以告诉科学家测量温度和盐度时对应的深度。在海洋中,1米(m)深大约相当于1分巴(dbar)压力。在大气中,高压和低压形成了我们的天气系统。在海洋中,高密度和低密度的区域会产生洋流,使得大量海水在全球范围内流动。了解海水如何在海洋中流动的,这对气候研究以及保护生活在海洋中的动植物都很重要。

当科学家们在20世纪90年代末首次设计Argo机器人海洋观测网时,他们希望这些数据能够补充由一颗名为Jason(杰森)的卫星所收集的海面高度测量数据。在希腊神话中,杰森乘坐一艘名为“Argo(阿尔戈)”的船去寻找金羊毛。因此,海洋科学家称这些机器人为“Argo浮标”。来自卫星的海面高度数据可以与Argo数据相结合,让科学家了解洋流的变化。在过去20年里,Argo机器人一直在海洋中漫游,并在全球收集了超过200万条测量数据[1]。如今,在全球海洋上有近4000个Argo机器人在测量并收集海洋数据。

Argo机器人使用电池供电,可以一年到头全天候在海上工作。因为有了这些机器人,科学家们现在可以前所未有地关注我们的海洋。Argo机器人装备的电池,通常可以使用5年以上。当电池用完后,这些机器人将失去活动能力,并沉入海底。虽然,这看起来像是在海洋里乱扔垃圾,但与其他污染物相比,浮标对海洋环境的影响微乎其微;而且,它们收集的海洋数据对于人类了解地球,却是意义重大,价值非凡。

ARGO机器人能告诉我们什么海洋秘密?

自1970年以来,海洋吸收了人类活动产生的温室气体中90%以上的热量,而且,许多地区的海洋温度都在上升。科学家通过测量的海水温度和盐度,来计算海洋某一层增加了多少热量,称为**海洋热含量**(图3)。通过使用Argo机器人收集的数据,科学家们发现,像热浪这样的极端事件在海洋中发生的频率越来越高,就像在大气中一样。这些海洋热浪导致海洋动物迁移到其他地区,以寻找更凉爽和更适合它们生活的水体。然而,无法移动的动植物,将会受到这些海洋热浪的严重影响。

海洋热含量

储存在海洋中的以热量形式表示的能量。

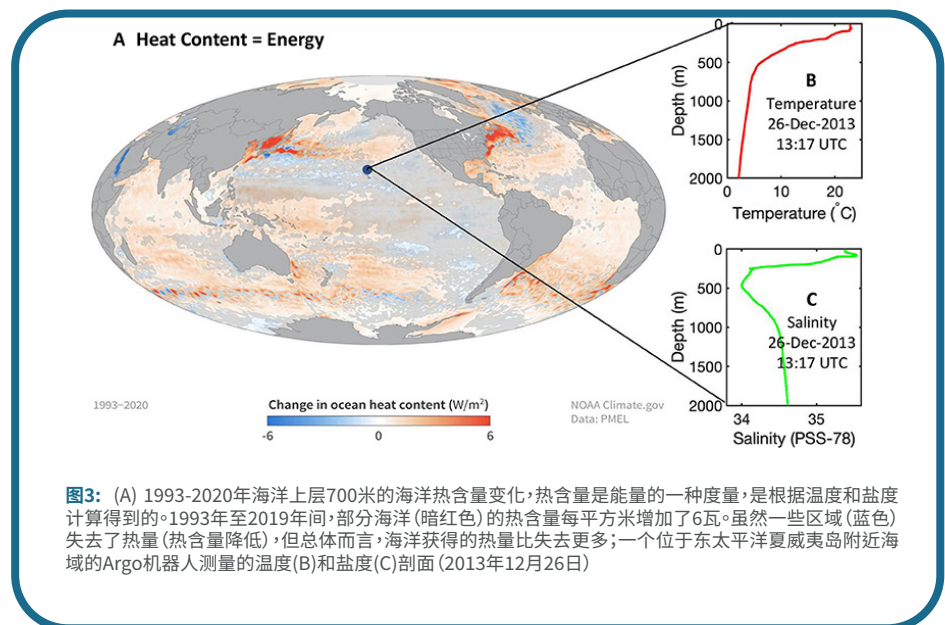


图3: (A) 1993-2020年海洋上层700米的海洋热含量变化,热含量是能量的一种度量,是根据温度和盐度计算得到的。1993年至2019年间,部分海洋(暗红色)的热含量每平方米增加了6瓦。虽然一些区域(蓝色)失去了热量(热含量降低),但总体而言,海洋获得的热量比失去更多;一个位于东太平洋夏威夷岛附近海域的Argo机器人测量的温度(B)和盐度(C)剖面(2013年12月26日)

全球海平面上升是气候变化的另一个重大后果。随着海水变暖,它也会膨胀,这是海平面上升的主要原因之一。海平面上升会对我们的日常生活产生巨大影响,因为它会引起洪水,也会侵蚀海岸,并且咸水入侵还会使淡水无法饮用。Argo机器人是监测全球海平面上升的关键工具,因为它们可以密切关注地球海洋的变化。

计算机模型

一个能够在计算机上运行的程序,以模拟地球大气或海洋的现实世界系统。

对海洋的跟踪也导致了天气预报的改进。利用Argo机器人发回的温度和盐度数据,科学家们在他们的天气预报计算中加入了海洋的**计算机模型**。在这些模型中有真实的海洋数据,可以提高科学家对大气和海洋如何相互作用的理解。这对于预测飓风、气旋和台风等强烈风暴非常重要,要知道这些风暴的大部分强度来自温暖的海面。

ARGO机器人更深入地探索以及新的方向

过去,Argo机器人被限制在海洋的上2000米水层中,其活动范围还不到全球海洋体积的50%。因此,设计一种能够下潜到海底的机器人,是一项非常具有挑战性的探索。最近,科学家和工程师们已经成功地研制出了一些可以下潜到6000米水深的机器人[2]。实现从海表到海底的测量,可以让科学家更好地了解海水热含量和淡水含量的变化,可为研究全球海平面上升提供更多的信息。

现在,我们正处于一个新时代的开端,Argo机器人可以进行与海洋化学和海洋生物学相关的测量[3]。例如,它们可以提供有关海洋中氧气和二氧化碳含量变化的信息。全球海洋目前正在失去氧气,并从地球大气中吸收更多的二氧化碳。这些变化正在对海洋生态系统产生影响,也包括为我们许多人提供食物的渔业。

Argo机器人是海洋学家观测海洋环境的一个工具。它们是全球海洋观测系统(GOOS)的一部分。与GOOS的其他合作伙伴一起,Argo机器人的进步将帮助我们建立海洋健康的全球图景,了解海洋健康是如何随时间变化的。你可以通过收养一个浮标,加入到这支海洋观察员队伍中来;你还可以选择一个Argo机器人,给它起个名字,然后跟随它环游世界。你还可以从Argo在线学校和海洋观察员网站上,了解更多关于Argo的信息。一场海洋冒险正在等待着你的参与!

参照

1. Wong, A. P. S., Wijffels, S. E., Riser, S. C., Pouliquen, S., Hosoda, S., Roemmich, D. et al. 2020. Argo data 1999–2019: two million temperature-salinity profiles and subsurface velocity observations from a global array of profiling floats. *Front. Mar. Sci.* 7:700. doi: 10.3389/fmars.2020.00700
2. Roemmich, D., Alford, M. H., Claustre, H., Johnson, K., King, B., Moum, J. et al. 2019. On the future of argo: a global, full-depth, multi-disciplinary array. *Front. Mar. Sci.* 6:439. doi: 10.3389/fmars.2019.00439
3. Bittig, H. C., Maurer, T. L., Plant, J. N., Schmechtig, C., Wong, A. P. S., Claustre, H., et al. 2019: A BGC-argo guide: planning, deployment, data handling and usage. *Front. Mar. Sci.* 6:502. doi: 10.3389/fmars.2019.00502

投稿日期:2022年5月13日

接收日期:2023年9月21日

在线发表:2023年10月6日

编辑:Pedro Morais, Florida International University, United States

科学指导:Laura Lorenzoni and Sagi Dalyot

利益冲突:作者声明,该研究是在没有任何可能被认为存在潜在利益冲突的商业或金融关系的情况下进行的。

少年审稿人

DENIZE, 12岁

嗨,我的名字叫Deniz,我喜欢和朋友一起看星星和玩电子游戏。我最喜欢的星团是梅西耶45,最喜欢的星座是猎户座。我最喜欢的电子游戏是《使命召唤2》。

LEO, 12岁

Leo出生在佛罗里达,喜欢海滩;他特别喜欢浮潜。他喜欢历史和神话,尤其是水下的故事。他会拉大提琴,养了两只狗,业余时间喜欢玩电子游戏。





OMER, 14岁

我对国际政治感兴趣，我喜欢阅读有关政治、哲学和历史的书籍。我喜欢在我的任天堂switch和电脑上玩电子游戏，我喜欢听音乐和玩角色扮演游戏，比如D&D和Warhammer 40K。

作者



BLAIR J. GREENAN

Blair是位于加拿大新斯科舍省哈利法克斯的贝德福德海洋研究所的研究员。他负责管理加拿大对国际Argo计划的贡献。他的研究重点是帮助沿海社区适应海洋气候变化，包括通过科学工具提供的气候变化导致的局地海平面变化来解决基础设施问题。



ANNIE P. WONG

Annie是来自美国华盛顿州西雅图的华盛顿大学的一名研究员。她是一名海洋学家，最初从事基于科考船收集的海洋数据的科学研究。她现在使用Argo的数据来研究海洋盐度，并对南极洲周围的海洋感兴趣。她是Argo数据管理工作组的一员，该工作组帮助向公众分发Argo数据。



TAMMY MORRIS

Tammy是来自南非开普敦的南非气象局海洋部门的高级科学家。她是一名观测海洋学家，曾在科考船上工作了数月，使用Argo浮标、漂流浮子和锚系浮标等海洋观测仪器。她的研究集中在大阿古拉斯洋流系统及其与南大洋的相互作用。



EMILY A. SMITH

Emily是多个项目的主管，包括美国Argo计划、全球海平面观测系统(GLOSS)、边界流的水下滑翔机和海洋热含量产品。Emily负责管理观测系统的预算和战略规划。她还协调了“领养一个浮标”计划，该计划有助于与美国境内及其他国家的学校建立合作关系，他们可以跟踪漂流浮标，并在课堂上实时使用数据。在来到NOAA之前，Emily花了几年时间教中学生，这个项目帮助她与教育界保持联系。



MARINE BOLLARD

Marine负责欧洲Argo和欧洲研究基础设施联盟(ERIC)的外联活动。欧洲研究基础设施联盟致力于开发欧洲对Argo全球海洋监测系统的长期贡献，旨在支持更好地了解 and 预测海洋及其在气候系统中的作用和海洋健康。她拥有水文地质工程和科学新闻学两个硕士学位。在来到欧洲Argo之前，Marine花了几年时间出版科普书籍和文章，用于科普与公众教育。

引用次数: Greenan BJ, Wong AP, Morris T, Smith EA and Bollard M (2023) Keeping an Eye on Earth's Oceans With Argo Robots Front. Young Minds 11:943491. doi: 10.3389/frym.2023.943491

译文: Xiaoqiang Xing (邢小强)

版权所有 ©2023 Greenan、Wong、Morris、Smith和Bollard。这是一篇根据知识共享署名许可(CC BY)条款分发的开放获取文章。根据公认的学术惯例，允许在其他论坛上使用、分发或复制，前提是原作者和版权所有人得到认可，并引用本期上的原始出版物。不允许使用、分发或复制不符合这些条款的内容。