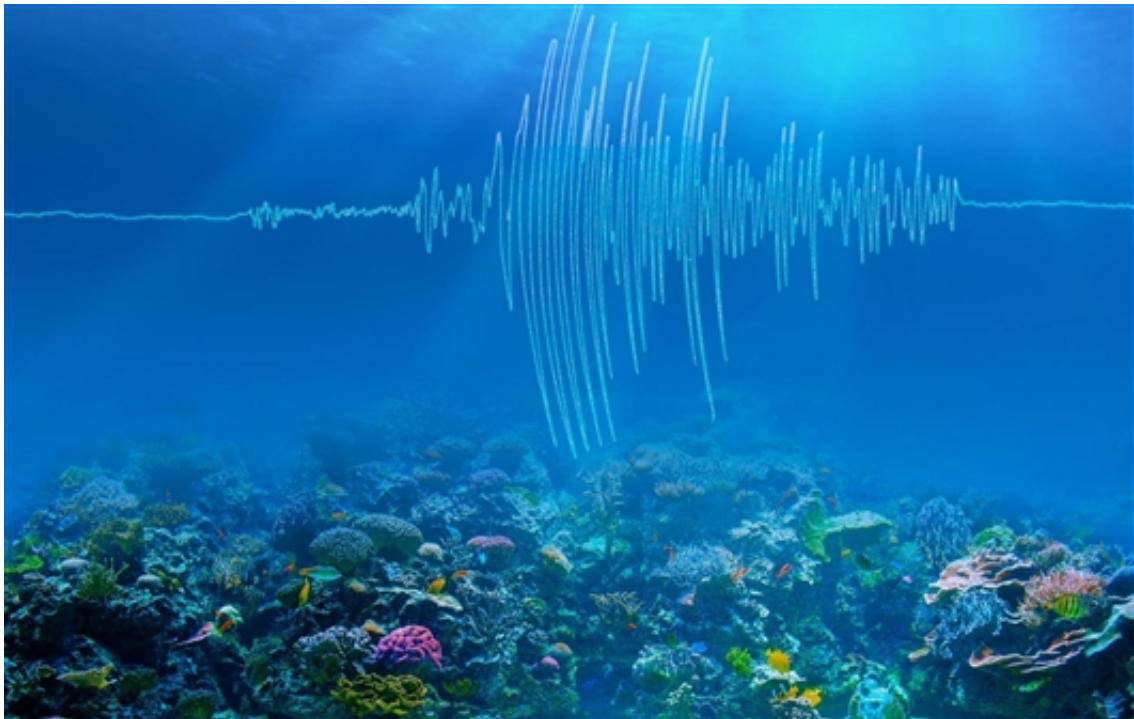

地震波也能测海温

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11159.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

地震波也能测海温。



加州理工学院供图

海底地震震动的或许不只小丑鱼尼莫和它的朋友们，还有气候科学。

气候变化造成了异常温暖的冬季和融化的冰川。大气中二氧化碳等温室气体浓度上升，导致了气候系统中热量增加，而海洋吸收了其中90%以上的热量，在气候变化中起着关键作用，因此监测海水温度变化一直是气候科学家的重要任务。现在中美地震学家合作研究发现，海底的地震声信号可以为他们提供另一种监测海水温度的工具。

美国加州理工学院地震学实验室的吴文波、詹中文以及中科院精密测量科学与技术创新研究院大地测量与地球动力学国家重点实验室研究员倪四道等人，提出了利用地震T波测量深海温度变化

的新方法，在与物理海洋学家合作的基础上，获得了2005至2016年间的赤道东印度洋深层海水温度多时间尺度的变化特征。该研究成果近日发表于《科学》。

未参与该研究的中科院南海海洋研究所研究员徐敏表示，该方法为物理海洋学及气候变化研究提供了新手段。

国家海洋局第一海洋研究所研究员魏泽勋在接受《中国科学报》采访时也表示，该研究为获取大范围长时序的深海温度资料提供了一种新方法和手段。

Argo项目负责人Susan Wijffels认为该工作相当卓越，非常有前景。

听，海底有低语

一直以来，深层海水温度实测资料严重不足，人们对于海洋深处的温度变化特征了解十分有限，这制约了科学家对长期气候变化的深入认识。

深层海水温度实测资料一般通过船载和Argo全球海洋观测网携带的CTD（温盐深观测仪）获取。但CTD测量耗费时间长、成本高，而且人们通常认为2000米以下深海温度变化不大，所以没有特别项目需求，一般不会测量这么深。徐敏告诉《中国科学报》，要真正实现全球深海Argo观测需要将最大深度至少增加到6000米，而高压环境下的浮标属于‘卡脖子’技术，其自主研发迫在眉睫。

而得益于学科交叉，吴文波等从海洋声道找到一条蹊径。海洋声道是指海洋上层在压力、盐度和温度的综合作用下形成的声波低速层。该低速层表现出波导性质，可将声波限于其内部传播而减少能量损失，进而可使其进行超远距离传播。

早在1944年，美国伍兹霍尔海洋研究所地球物理学家和海洋学家Maurice Ewing在大西洋中设计了海上试验，该试验成功在上千公里外接收到了置于深海当量为2千克的炸药所激发的声波信号，从而首次证实了海洋声道的存在。

同一年代稍早，研究人员分析了北美西部若干地震台记录到的大量西印度群岛地震激发的地振动信号，发现震后十几至二十分钟出现了振幅异常强烈的信号，这些信号的到时远远晚于全程都在固体地球内部传播的直达P波（Primary，首到波）和S波（Secondary，次到波）。最终，科学家将这些信号命名为T波（Tertiary，第三个到达的波）。

那么，这些海底低语除了讲述海洋学、地震学故事外，还能讲述什么？

上世纪70年代，圣地亚哥大学教授Walker Munk和麻省理工学院教授Carl Wunsch基于海洋声道的波导特性提出了利用海洋声波对大洋环境变量进行层析成像的概念，并对其进行了理论论证。他们在海洋中设置人造声源，并在远程接收声波，通过测量声波到时，反推海洋温度及盐度等环境变量的三维空间分布。

然而由于环保问题、经费限制以及学科间交流障碍等原因，相关研究一度停滞。

看，气候在变暖

论文第一作者及通讯作者吴文波在中国科学技术大学攻读研究生期间，就开展了T波的一系列研究。自2008年起，我尝试了利用地震波背景噪音互相关的方法，但不是很理想。这次，我们提出了利用重复地震取代人工源，并取得了成功。

研究人员使用了全球地震台网的地震波形数据，以及Argo项目和ECCO海洋模型产生的海洋学数据。该团队对苏门答腊地区的大量地震波形进行了分析，发现了丰富的重复地震事件。在此基础上，他们准确测量了一系列重复地震的T波到时微弱变化，重构了2005至2016年期间T波到时变化的时间序列。

研究人员基于先进的地震波传播算法，计算得到了T波对海水温度变化的敏感核函数，并获得了赤道东印度洋深层海水温度随时间变化特征。T波传播速度的主要决定因素是海水温度、盐度和压强（深度）等，其中温度变化对其影响最大，进而影响T波在海水中传播时间。大体来说，海水温度升高1摄氏度可导致声速增加约4米/秒。倪四道说。

研究人员测量的T波到时变化总体在正负0.4秒以内，对应的平均海温变化范围为正负0.08摄氏度。地震T波敏感的深度范围大约在水深1000~4000米，可以弥补Argo数据缺乏深层海洋（2000米以下）采样的不足。

该项研究揭示了赤道东印度洋的深层海水温度存在准双周、半年和年周期等变化，而且新方法测量得到的温度存在十年的线性增长趋势，明显高于以前的研究结果。

对于我们的T波采样区域来说，Argo和ECCO给出的估计分别是0.026摄氏度/十年和0.039摄氏度/十年，而T波结果为0.044摄氏度/十年。这一变暖趋势高出Argo测量值的50%以上。吴文波说。

显，交叉的优势

该研究是地震学与物理海洋交叉结合的典范，该方法继承了主动源海洋声学方法的优点，但利用天然地震激发的T波替代了人工源声波。徐敏告诉《中国科学报》，通常，通过主动源地震探测，例如多道反射地震研究水体精细结构，可以拓展物理海洋学的浅层小尺度精细结构及其动力学过程研究；而通过被动源地震观测，能拓展物理海洋学的大尺度，或是跨海盆尺度结构以及深层水体研究。

魏泽勋也表示，利用自然地震产生的地震T波反演深层海水温度是地震学和海洋学学科交叉的有益尝试，是对传统海洋学观测方法的补充。

同期杂志发表的美国麻省理工学院教授Carl Wunsch撰写的评述文章认为该工作展示了经典地震学与物理海洋学学科交叉的优势，有望为建立全新的地球海洋观测系统打开新的思路。

吴文波表示，该研究展示了地震波测量海温方法在赤道印度洋地区应用的可行性及其优势，但该方法在包括极地在内的全球更多地区的应用还有待研究。另外，还需要更先进的测量与模拟算法和水听器观测网。

此外，徐敏表示，该工作主要基于岸边的地震台，如果能将T波观测与光纤水听器以及固定水声监视阵列结合，可以将地震学海水温度变化测量精度进一步提高。

今后如能针对不同海域、不同深度进行反演试验，进一步对该方法反演的深海温度精度进行验证

、对方法进行优化和完善，并和其他技术手段融合互补，将为海洋和气候变化研究提供更丰富的基础资料。魏泽勋说。（来源：中国科学报 唐凤）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/science.abb9519>

<https://doi.org/10.1126/science.abe0960>

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。

作者：吴文波等 来源：《科学》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发