

## 环境



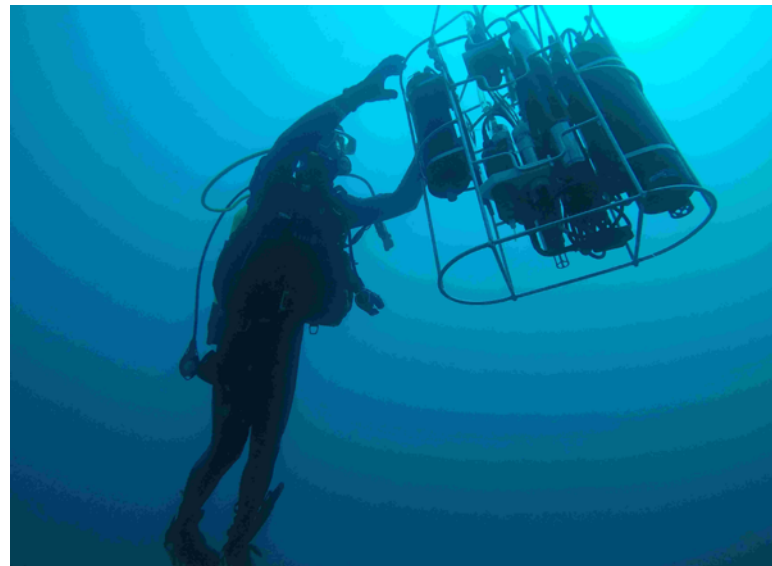
# 核与同位素技术帮助评估海洋酸化和气候变化的影响

## 概述

- 决定气候的因素是复杂的。海洋储存了约四分之一人类活动所排放的二氧化碳，并在限制气候变化影响方面发挥重要作用。
- 碳排放增加和气温上升正在扰乱海洋过程，可能对海洋生态系统、全球气候、海岸线保护以及渔业和旅游业等沿海产业产生严重后果。
- 为了了解和预测气候的潜在变化，了解全球碳循环所涉及的各种过程非常重要。
- 大气中二氧化碳浓度的增加导致全球变暖，并使海洋温度升高，而且随着气候变化，造成海洋酸化，有时也称为“另一个二氧化碳问题”。
- 国际原子能机构支持成员国利用放射性同位素来了解海洋碳循环以及海洋酸化对海洋环境和关键生态系统工作的影响。

## 引言：海洋与气候的联系

全球碳循环描述了不同环境分隔（大气、海洋、陆地生物圈和沉积物）之间的碳流量。例如，这种碳可以以二氧化碳（ $\text{CO}_2$ ）或甲烷（ $\text{CH}_4$ ）的形式存在，两者都是典型的温室气体。为了构建用于预测气候变化影响的气候模型，必须准确量化这些



国际原子能机构研究人员测量诸如海洋温度和盐度等参数，以增加对全球碳循环和可能对其造成影响的因素的了解。

（图/国际原子能机构 R. Cassi）

变化和碳储量。

通过人类活动（如化石燃料的燃烧）释放到大气的二氧化碳中至少有四分之一被海洋所吸收。这些二氧化碳有一些回到大气层，还有一些从表层海水被输送到深海，深海中的碳储量比大气中的储量多50倍。海洋通过这种调节大气中二氧化碳排放的能力为大自然提供了重要的服务。

对海洋碳库的流量改变，例如人类活动造成的流量，可能会影响海洋的储存能力，这反过来又会对大气中二氧化碳浓度产生巨大的影响。此外，

越来越温暖和酸化的海洋将无法吸收和以前同等数量的二氧化碳，导致大气中剩余的二氧化碳浓度升高，全球变暖加剧。

### 海洋酸化

海洋对二氧化碳的吸收并非对海洋生物没有影响。它会导致海洋酸化：海洋碳酸盐化学变化有时被称为“另一个二氧化碳问题”。海洋酸化已经在过去十年里成为一个关键的全球性问题，因为它有可能影响海洋生物和生物地球化学循环。

海洋酸化包括对海水化学的一系列改变，例如海水pH值（酸度/碱度的量度）的降低，反映了向酸度增加的转变。这些变化是可测量的：自工业革命爆发后，平均海洋pH值下降了0.1，相当于酸度增加了26%。然而，很难估计海洋酸化对海洋生物的全面影响。研究显示了各种可能的影响，包括正面和负面的影响，不同的物种显示出不同程度的恢复能力和适应能力。

低于一定的pH值和相应的碳酸盐浓度，海洋条件就会变得对碳酸钙具有腐蚀性，碳酸钙被许多生物体用于构建壳体和骨骼。一些珊瑚、凤尾鱼（小海蜗牛）、双壳贝类（如蛤蜊和贻贝）和钙化浮游植物似乎对海水化学变化特别敏感。

此外，用于克服日益酸化条件而消耗的能量可能减少了繁殖和生长等生理过程的可用能量。国际原子能机构环境实验室的科学家正在使用放射性同位素技术来研究海洋酸化的影响及其与其他应激因素的相互作用，这些因素包括气候变化导致的温度升高或诸如污染物等当地应激源。

### 了解海洋酸化的影响

核与同位素技术是研究海洋酸化的有力工具，并为研究过去海洋酸度的变化及其对海洋生物的潜在影响做出广泛贡献。例如，硼同位素使科学家能够使用珊瑚和化石生物来评估过去的海洋pH值，并识别过去的“酸化事件”，以及与大规模灭绝和生态系统结构变化的潜在关系。

核与同位素技术也可用于研究海洋酸化对珊瑚等海洋生物的影响。珊瑚礁承载着地球上一些多样化的生态系统，但许多珊瑚对环境的变化非常敏感，珊瑚礁是世界上受威胁最严重的生态系统之一。

原子能机构环境实验室开展钙-45等放射性同位素研究。钙-45可作为示踪剂，用于检查其骨骼和壳体由碳酸钙组成的钙化生物体（如珊瑚、贻贝）和其他软体动物的生长速度。示踪剂还被用于确定海洋酸化如何影响其他海洋生物的生理学，以及诸如海洋酸化、温度和污染物等应激因素组合的影响。

由于海洋酸化对海洋环境和生态系统的潜在影响，原子能机构环境实验室进行研究并支持成员国更好地了解海洋酸化对渔业的经济影响等领域。

除了进行研究外，摩纳哥的国际原子能机构实验室还建立了海洋酸化国际协调中心，旨在促进科学合作，支持以事实为基础了解海洋酸化对海洋环境和沿海人口的潜在影响。摩纳哥实验室还结合诸如过度捕捞、富营养化和污染等其他人为压力，加强认识如何利用常规技术、核与同位



参加在中国举办的海洋酸化国际协调中心培训班的人员学习如何测量碳酸盐的化学性质来研究海洋酸化。  
(图/中国厦门大学 V. Shi)

素技术了解海水化学性质的变化对海洋生物和生态系统的影响。

## 利用核应用评价海洋碳储存能力

原子能机构环境实验室利用放射性同位素来了解海洋储存碳的能力及其可能受到气候条件变化影响的方式。

海洋主要通过两种机制储存碳：溶解度泵和生物碳泵。

在溶解度泵中，二氧化碳通过气体交换、溶解和海洋循环等物理和化学过程从大气被输送到深海中。通过生物碳泵，作为光合作用的一部分，海洋食物链底部的浮游植物——微观海洋植物吸收海洋表层中的二氧化碳，并将其转化为颗粒状和溶解的

有机碳（通常是由生物产生的含碳分子）。这种碳的一部分进入深海，在那里它被再循环成无机碳并储存，与大气隔绝。

如果关闭海洋中的生物碳泵，大气中的二氧化碳可能会在目前400ppm的水平上增加200~400ppm，目前大气中二氧化碳的水平是2015年首次达到的。

流向深海的碳流量可直接通过在沉积物捕集器中收集沉淀颗粒（活的和死的微生物、粪便物质）以及间接使用天然存在的钍和钷的放射性同位素来测量。

这些放射性同位素以已知的速率衰减，并被用作“时钟”确定含碳颗粒沉降的速度。原子能机构环境实验室通过使用放射性同位素分析深海微生物



国际原子能机构环境实验室的一名科学家提取海水样品来研究微生物在海洋碳循环中的作用。

(图/国际原子能机构 R. Hansman)

过程来研究碳的去向。微生物负责将有机物从沉淀颗粒转化为无机碳。由天然存在的放射性碳和放射性同位素标记的示踪剂都可以用于测量深海中碳循环方面的这些微生物过程。

在各种海洋环境中应用这些工具有助于确定不同生态系统中沉淀碳流量的程度，并评价其对气候变化的敏感性。原子能机构环境实验室参加世界各

地的研究工作，收集样品以测量颗粒物流量，包括在北冰洋这种对海洋变暖敏感的区域，以及秘鲁和毛里塔尼亚海岸这种最低含氧区域。预计此类区域将在未来气候变化情景下扩大。

了解碳循环率及影响它的条件，对于评价深海储存碳的能力以及在不断变化的气候和海洋环境中可能发生变化的方式很重要。

### 成员国可受益于国际原子能机构援助的领域

1. 研究核科学技术如何能够有助于更好地了解气候变化、海洋酸化及其对海洋生物和沿海产业的后果；
2. 参加海洋酸化国际协调中心的合作研究活动，该中心支持有效的全球合作，以解决海洋酸化对海洋环境的威胁；
3. 与国际原子能机构环境实验室合作开展能力建设和培训，利用核技术加强遏制海洋酸化影响的努力。

《国际原子能机构简报》由新闻和宣传办公室编写

编辑：Aabha Dixit • 设计和排版：Ritu Kenn

欲了解原子能机构及其工作的更多信息，请访问：[www.iaea.org](http://www.iaea.org)

或通过以下方式关注我们：

或阅读原子能机构旗舰出版物《国际原子能机构通报》：[www.iaea.org/bulletin](http://www.iaea.org/bulletin)



地址：IAEA, Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

电子信箱：[info@iaea.org](mailto:info@iaea.org) • 电话：+43 (1) 2600-0 • 传真：+43 (1) 2600-7