

给决策者的专项指南

许多科学声明都达成了**一个明确的共识，即——海洋酸化正在以空前的速度发生。**



这个介绍性的指南是专门为世界各国的政策顾问和决策者而写，希望能够给人类敲响警钟，提醒人们有关大气中CO₂的不断升高对海洋、气候变化和海洋酸化的双重影响。它陈述了这样一个基本事实：令人担忧的海洋酸化正在愈来愈严重地威胁我们的海洋生态系统。地质学记录显示，史前的海洋酸化与一些物种的大量消失有关。因此我们有理由相信这次事件可能产生相同的后果。毫无疑问，海洋正在经历巨大的变化，除非我们迅速有效地采取行动，否则必将极大地影响我们以及下一代人的生活。



事实
海洋酸化

事实速递

- 目前，海洋所吸收每年可吸收人类所排放CO₂总量的25%。
- 据估算，海洋的这种看不见的“服务”每年可为全球经济节省600-4000亿美元¹。
- CO₂排放的数量和速率对海洋系统的影响愈来愈强，导致了海水酸度的升高，这个现象被称为“海洋酸化”。
- 自工业革命开始，海水酸度已经升高了30%，酸化的速度在未来数十年内还将加快。就目前所知，这种速度比过去的五千五百万年中任何一个时期都要高出许多倍。
- 海里许多动植物的骨骼或外壳都由碳酸钙组成，其中一些物种对酸度的微小变化非常敏感。有证据显示，这些物种现已受到影响，它们中的许多都是初级生产者和造礁者，在大规模养殖、经济学或生态学研究方面具有重要意义。
- 海洋酸化对海洋物种和食物链的效应将对人类的经济利益产生严重的影响，危及食品安全，尤其是在一些严重依赖海产品的地区。
- 酸化正在破坏我们宝贵的生态系统——据预测，如果大气中的CO₂浓度按照估算的速度持续增加，到2050年，温带水域珊瑚礁的生存将减少，一些物种将灭绝。到2100年，70%的冷水珊瑚也将暴露在酸性海水中。
- 珊瑚礁生态系统保护着一些低洼的海岸地区，使其免受侵蚀和洪水的入侵，而海洋酸化对珊瑚礁的影响必将危及这些低洼地区的群落安全。
- 为了延缓海洋酸化和全球气候变化的进程，必须立即采取有效措施来稳定、降低大气中CO₂浓度。

¹ 按照减排每吨CO₂ 30-200美元的价格和每年减排2Gt碳的速度为依据。

不可不知的海洋酸化事实

什么是海洋酸化？

人类活动中化石燃料燃烧及土地利用而排放出大量的CO₂，其中约25%被海洋所吸收，这些CO₂溶解在海水中形成碳酸。由于人类活动所排放的CO₂日益增多，海洋吸收CO₂的速率也逐年增长，并正在改变海洋系统千万年来已形成的对CO₂的调节能力，显著地改变了海水的化学性质，导致其进一步的酸化。

自工业革命以来的250年里，海洋的酸性增加了30%。我们应当注意到，海洋酸性的升高意味着海洋碱度的下降，强行改变了海水的酸碱平衡及其变化趋势。按照预期的趋势，海洋酸化将在接下来的40年加剧，并比过去的2100万年还要严重。预计到2060年，海水的酸度会增加120%，据我们所知，海洋酸化的速率比5500万年来快了许多倍。

为什么这很重要？

许多海洋中的动植物骨骼或壳都由碳酸钙构成，其中一些生物在海洋酸化日益加剧的情况下，所分泌的碳酸钙很容易会被溶解，钙化能力逐渐降低，如处于食物链底层的微型浮游生物、人类饮食常见的甲壳类动物、软体动物及一些胶黏在珊瑚礁周围的薄壳状植物等。虽然这只是我们的推测，但海洋酸化确实将危及它们的生存。

海洋不仅给我们提供食物，还间接地在许多方面维持着我们的生活，比如我们日常呼吸的空气就在很大程度上依赖着健康海洋的光合产氧；时刻保护着地球的大气圈也是靠上层海水与大气相互作用而形成；海洋提供着地球上一半的生产力，并为人类渔业所直接利用。虽然我们粗浅地知道海洋酸化将对这些重要的过程产生影响，却无法预言它将给人类和地球的未来带来什么。

钙化的微型藻类 *Calcidiscus leptoporus* – 细胞的直径仅仅为 0.01mm, 是海洋食物链中的关键组分。插图：在实验室设定 2100 年时 700 ppm CO₂ 条件下培养后的颗石藻 *Calcidiscus leptoporus*。

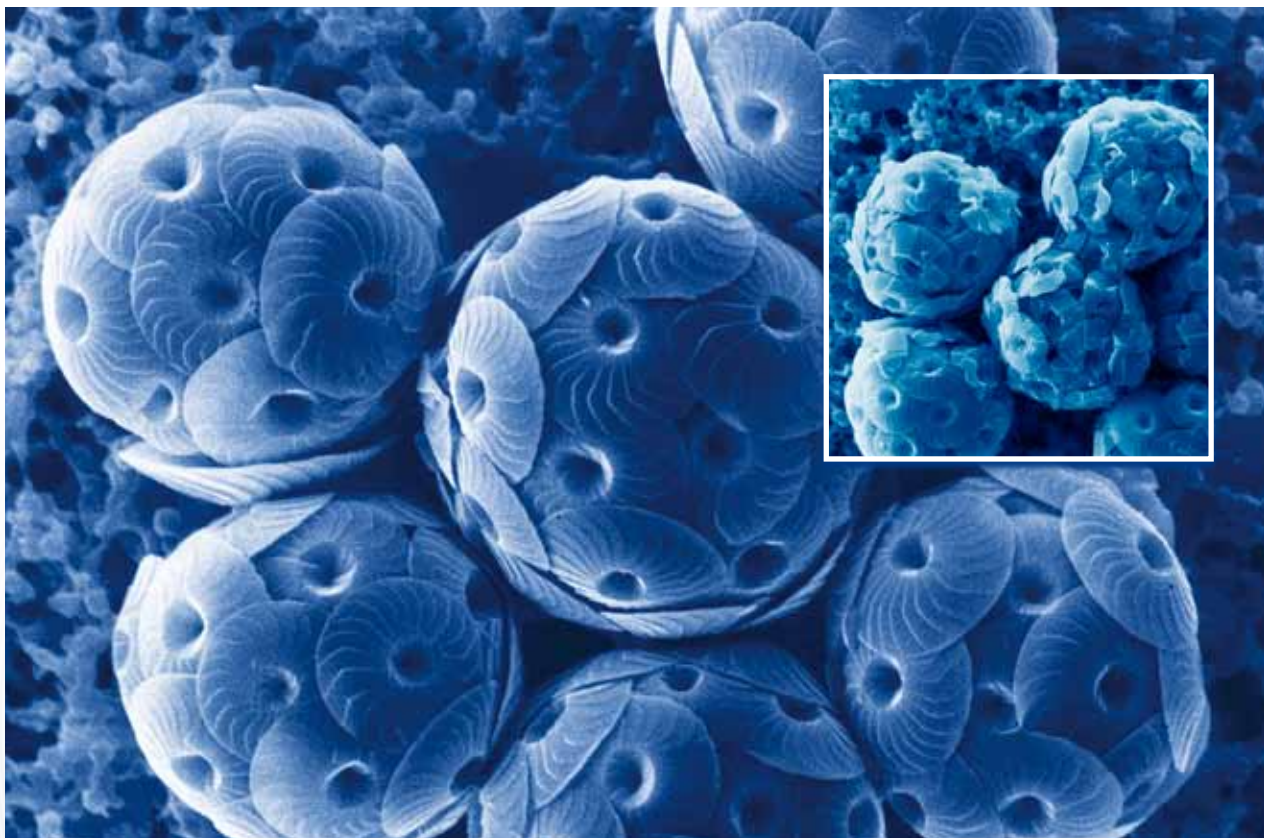


Photo © Ulf Reichert, IFM-COMAR

经济影响

深层海水的酸性自然地比表层的高，海洋酸化的影响之一便是进一步酸化上升流海域的海水，使得其影响波及边缘海和一些浅滩或近岸的物种。

2007年，人们发现这种酸性海水横扫美国西海岸的近岸水域，对贝类所依赖的西部海岸线造成了潜在的威胁。

顺着这一发现，从2005年开始，在美国太平洋西北地区养蚝区，由于前一年的牡蛎幼虫无法存活，导致了蚝业每年1.11亿美元的损失。目前，牡蛎行业将进入第五个“危机年”，由此科学家们提出了一个令人不安的理论，他们怀疑来自太平洋深处的酸性海水已经上涌到近岸，其酸性足以杀死牡蛎幼虫。

在美国2007年的前船收入中，仅软体动物交易就占了7.48亿（19%）。通过当前无法预计的经济链的效应，海洋酸化所造成的渔业损失将导致其相关行业的失业率升高。然而，显而易见的是紧随其后的第二轮经济冲击将集中在某



Photo © Dan Laffoley

些特定地区，而这些地区将很难从持久的渔业萧条中恢复过来。

参考资料：<http://oceanacidification.wordpress.com/2009/06/15/oysters-in-deep-trouble/>

<http://www.iop.org/EJ/abstract/1748-9326/4/2/024007/>

现在正在发生什么？

在过去的250年时间里，表层海水的酸化从未停止过。海洋酸化已不只是一个理论上的海洋化学问题。近年来，科学家在大洋中越来越精确地测算出海水酸度的提高。预计在接下来的20-30年内，酸化最快的地方将是两极地区的海域。同时，上涌的深层海水也加剧了酸化，并直接影响到海洋浅滩生境和近岸的生物物种。

未来可能会发生什么？

海洋酸化不仅逐渐在降低一些生物的成壳（钙化）能力，还将逐渐影响整个生态系统的结构和功能。它从较为脆弱的仔鱼和贝类开始，触发了海洋食物链的反应，最终影响价值数十亿美元的渔业，并危及世界许多贫困地区的食品安全。海洋的大部分区域将不再适宜珊瑚礁生存，从而影响了食品业、旅游业、海岸带保护和生物多样性。

随着海洋酸度和温度的升高，海水吸收大气CO₂的能力将会降低，从而加剧全球气候变化。海洋的酸化速率与人类活动所释放的CO₂的速率成正比。只有更深入、快速地控制CO₂排放，才能制止海洋酸化的继续恶化。但有些

冷水珊瑚 *Lophelia pertusa* 的枝节中生活着一只虾



Photo © Armin Form, IFM-GEOMAR

变化是无可避免的，并将最早发生在北冰洋和南大洋，从目前科学数据和预测情况来看，与工业革命前相比，这两个区域当前的海洋化学变化是最为显著的。

海洋酸化和气候变化有何不同？

各种温室气体的增加使得地球吸收了越来越多来自太阳的能量，于是导致了气候变化；而海洋酸化的成因，却只由于溶解在海洋中的大气 CO_2 增多了。尽管人们还不能完全确定气候变化是否将导致海洋酸化，但可以肯定的是，海洋中的化学变化一直在进行并将继续进行。 CO_2 溶解在海水中后形成碳酸的过程大部分与气候变化无关，但海水温度的升高确实导致了 CO_2 在水中的溶解度降低，而降低其他温室气体的浓度却对海洋酸化产生不了什么影响。鉴于物质在不同介质中与在大气中的反应各有不同，控制海洋酸化与减缓气候变化的途

径也有所不同。地球工程学家设想将硫酸盐颗粒置于高层大气，使其有效地改变大气辐射收支平衡，这实际上无助于改变大气中的 CO_2 浓度，更别提控制海洋酸化。

我们可以做些什么？

现在我们应当行动起来减缓海洋酸化，限制 CO_2 的排放，减缓其浓度的升高。虽然海洋酸化现在的影响还比较小，但它将加速并恶化。而且， CO_2 的排放和平衡还有滞后效应，如果我们现在仅是降低 CO_2 的排放，而非完全停止排放，海洋酸化会在未来几年还将加剧。海洋的这一特性将使得我们必须鼓励人们及时控制 CO_2 排放，对滞后且无明显控制 CO_2 排放的行为予以严惩。因此，虽然海洋酸化和气候变化都将影响我们的生活，但前者要求我们更加迅速有效地控制 CO_2 排放。

有关海洋酸化，我们必须认识到：这是一个全球性的、前所未有的挑战，是一个亟须控制的

调高音量？

对于鲸鱼和海豚这样的海洋哺乳动物来说，海水酸化将带给它们一个更“喧闹”的生活环境。数十年前海洋学家就知道海水吸收的声音随海水化学性质的改变而改变。当声音通过海水传播时，引起原子的振动，使其吸收特定频率的声音。现在人们还没有完全明白声音吸收与各种化学物质之间是如何相互作用的，但总体来说，声音吸收受海水酸化的控制：海水越酸，它吸收的中低频率的声音就越少。

随着海水变得更酸，声音将在水下传播得更远，尤其是频率低于3000周/秒的声音（比钢琴中央C音高2.5个八度）。大部分的低频声音属于这个范围，也是海洋哺乳动物用来寻找食物和配偶的音频，工业和军事活动以及船只产生的水下声音也在此范围。在过去50年来，随着海洋中人类活动的增加，人为水下噪音也剧增。

研究认为，相比几百年前，水下声音传播距离增加了10%。而在保守估计海洋酸化速度的前提下，2050年在某些海域尤其是大西



Photo © Reinhard Dieckhoff/IFRA

洋，声音的传播距离将增加70%。一方面这将显著增加海洋哺乳动物间长距离交流的能力，另一方面，也增加了它们生活环境的噪音。

参考资料：Hester, K.C., E. T. Peltzer, W. J. Kirkwood, and P. G. Brewer (2008). Unanticipated consequences of ocean acidification: A noisier ocean at lower pH. *Geophysical Research Letters*, 35L19601. DOI:10.1029/2008GL034913

See also http://www.mbari.org/news/news_releases/2008/co2-sound/co2-sound-release.html

对大洋的影响

海水酸化不仅影响钙化生物形成碳酸钙外壳的能力和某些物种幼虫的成活率，还可能对海洋生物产生更深远的影响。

我们对海水酸化复杂的化学影响及其后果的思考才刚刚起步。相关思考主要集中在重要的生物营养元素如氮、磷、硅和铁，这些营养元素限制着大洋中浮游生物的生长。理论上说，酸化将降低营养元素的可利用性；而气候变化导致海水变暖进而改变海水层化，从而也将影响营养的可利用性，紧随其后的便是初级生产力的变化。为海洋食物链提供能量的初级生产者对这些环境的改变将有不同的响应，并可能改变或影响以它们为生的整条食物链。

未来海水化学将如何变化？它对海洋生态系统、海洋生物和人类从全球环境获得的利益



Photo © Marcus Shirley/Plymouth Culture Collection

将造成什么样的影响？我们需要进行大量的研究与成果，才有足够的信心面对这种变化。

参考资料：Turley, C.M. and H. A. Findlay (2009). Ocean acidification as an indicator for climate change. In: *Climate and Global Change: observed impacts on Planet Earth* (ed. T. M. Letcher), Elsevier, Oxford, U.K.

重大事件。调节海洋酸化，没有捷径可走，一旦发生，便只能等待自然界去调节。这意味着，海洋碳酸盐系统平衡将不可避免地经历一个漫长的恢复过程，将达上万年甚至更久，而生物的恢复还需要更长一段时间。唯一能够解决的办法便是，通过技术手段，真正地、持续而稳定地减少 CO₂ 排放，并通过科技手段降低大气中 CO₂ 的含量。

在全球减排行动中，也有些区域和地方采取一系列措施来维持和恢复海洋健康，所以我们很可能能够安然度过海洋酸化所带来的变化。海洋酸化影响的严重性，也很可能部分取决于酸化与其他环境压力的相互作用，比如海水水温的上升，过度捕捞和陆源的污染等。我们需要确定哪一些地区的恢复能力最强，并确保通过良好的管理和保护，使这些地区恢复成为环境健康的安全岛。在广阔的大洋上，我们同样需要研究生态系统的自我恢复能力，使其能够抵住海洋酸化对其所施加的压力，尽快从酸化的影响中恢复过来。



Photo © Keith Hancock/NIH/NCC

最脆弱的纽带？

海洋是地球上最好的却最鲜为人知的回收再循环系统。看不见的，隐藏在海底的大量生物物种年复一年，随着潮起潮落，将生命所不可或缺的营养物质释放回水中，为浮游生物提供养分，维持着海洋生产力和生命活力。这些隐蔽的“回收”物种是寄生在软体动物、蠕虫、洞穴虾及各种海胆和海星中的细菌。

从目前的研究看来，海洋酸化很可能在多方面影响物种生存，削弱海洋系统过程间的关系。生长在海床上的海蛇尾是帮助这一循环过程的生物体之一，它们总是顺着水流挥舞着臂摄取经过它们身边的食物。当海蛇尾幼虫暴露于弱酸性的海水时，就出现了大规模的死亡。当成虫暴露于弱酸性海水时，它们似乎不得不努力活动才能够形成刺状的碳酸钙骨架，这使得它损耗了大量用以生长八支臂里的肌肉所需的能量，减弱了其摄食本领。

参考资料：<http://oceanacidification.wordpress.com/2008/12/24/near-future-level-of-co2-driven-ocean-acidification-radically-affects-larval-survival-and-development-in-the-brittlestar-ophiothrix-fragilis/>

<http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/275/1644/1767.abstract>

全球问题—不断变化的海洋世界



Photo © Russ Hopcroft/UAF

受重创的极地

极地冰洋是地球上生产力最丰富的区域之一。食物链的底部是大量被称为翼足目动物的“会飞的小螺” (Pteropods)，它们利用特化的翼足在海水表层游动。所有的生命，包括我们熟悉的大型动物都依赖于这些并不为人知的微小的植物和动物。

由于冷的海水能吸收更多的CO₂，因此极地地区受海水酸化的冲击更大、更早。这些地区的海水酸化程度在逐步增加，并已经检测到生物学响应 (Moy等, 2009)。翼足目和其它钙化生物对海水酸度的升高尤其敏感。实验证明，在酸度更高的海水里，它们用以保护自己躲避食肉动物攻击及作为日夜垂直迁徙的浮标器的外壳生长速度变得缓慢 (Comeau等, 2009)，并很容易因腐蚀、脱落和部分溶解而被破坏掉 (Orr等, 2005)。海水酸化对这些冷水生物的生命基石的冲击程度尚属未知，但通过脆弱的生态系统食物链的传递，将产生巨大的效应。

参考资料：Comeau, S., G. Gorsky, R. Jeffrey, J. L. Teyssié and J.-P. Gattuso (2009). Impact of ocean acidification on a key Arctic pelagic mollusk (*Limacina helicina*). *Biogeosciences*, 6, 1877-1882

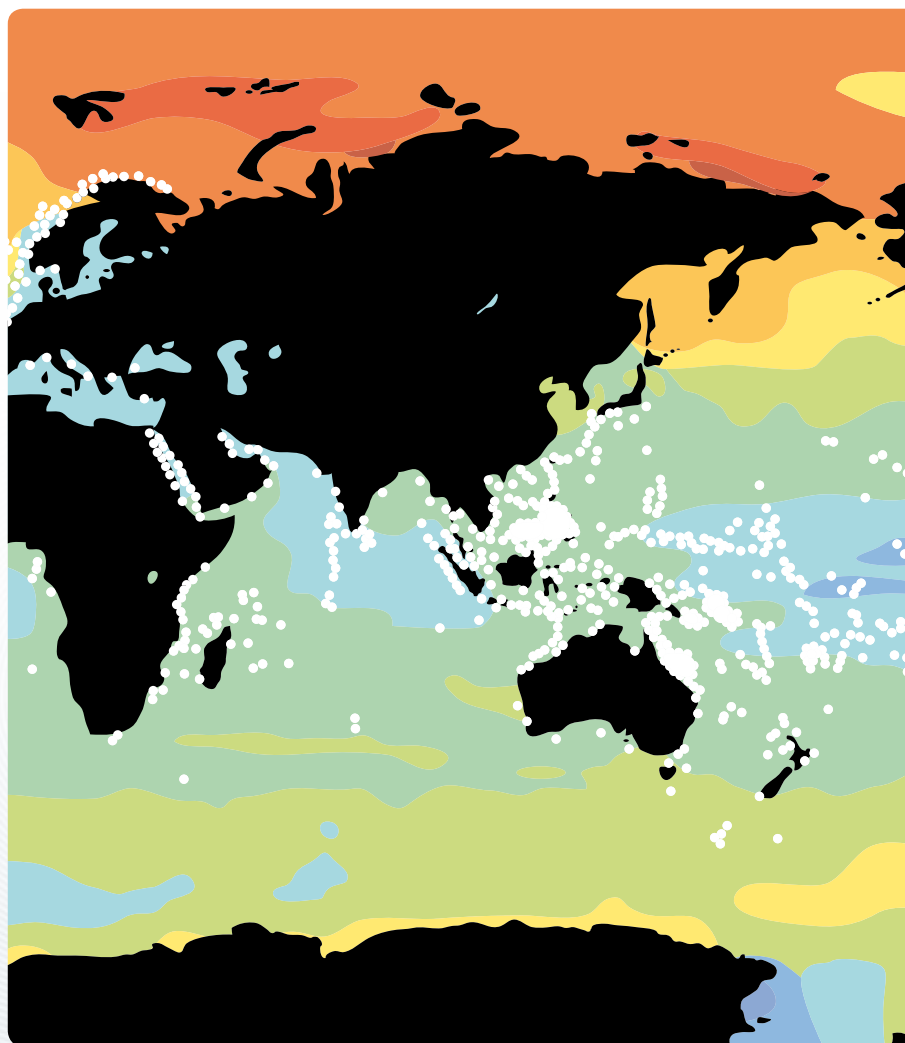
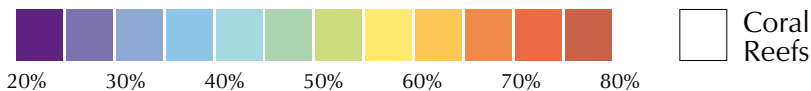
Moy, A.D., W.R. Howard, S.G. Bray and T.W. Trull (2009). The reduced calcification in modern Southern Ocean planktonic foraminifera. *Nature Geoscience*, 2, 276-280. DOI: 10.1038/ngeo460

Orr, J.C., V.J. Fabry, O. Aumont, L. Bopp, S.C. Doney, R.A. Feely, A. Gnanadesikan, N. Gruber, A. Ishida, F. Joos, et al. (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437 (7059), 681-686

随着人为 CO₂ 的持续排放，海洋吸收大气 CO₂ 的系统也不断受到影响。由于海洋的复杂性和化学性质，这种影响的后果将不可无视。海洋酸化的影响在程度和时间上呈现不同，两极地区将因此而最先发生巨大的变化，海洋酸化还将与其他气候变化因素相互作用。过去我们对海洋的滥用已降低它们的免疫和自我恢复能力，这种影响结果还将遍布整个海洋——这颗覆盖地表70%的蔚蓝之心。

这张图说明了自1865到2095年间，若经济发展所需能源结构不变的情况下，碳酸钙饱和度的变化。最大的变化发生在南北极最冷的水域，这些水域吸收较多的 CO₂。

Percentage decrease in Ω_{ar} 1865 to 2095



迷路的尼莫？

很少有人意识到，物种幼体的能力塑造了海洋真正的性质，这些物种顺着水流去寻找它们先辈所占的栖息地，我们称之为“溯源”。

许多物种的幼体通过追溯海水里的化学物质（嗅觉线索）来找到它们的成体生活的地方，从而找到“家园”。例如，许多人熟知的丑鱼“尼莫”就是通过嗅觉感知，找到它最喜欢的海藻地带。这种感知可能会随着海水酸化的加强而遭到破坏并产生混乱，甚至生物体还有可能被吸引到他们的天敌跟前 (Munday 等, 2009)。海水酸化的极端生境实验表明，这些嗅觉线索完全丢失了。

参考资料：<http://www.pnas.org/content/106/6/1848>

Munday, P.L., D.L. Dixon, J.M. Donelson, G.P. Jones, M.S. Pratchett, G.V. Devitsina and K.B. Døving (2009). Ocean acidification impairs olfactory discrimination and homing ability of a marine fish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(6), 1848-1852 doi:10.1073/pnas.0809996106



Photo © Dan Laffoley



Photo © Dan Laffoley/UCN

消失的天堂？

珊瑚礁是地球上生物多样性最丰富的生态系统，它为亿万人类提供食物、资源，并保护着沿海的居民。但随着旷日持久的气候变化，海水温度升高并超出了它所能承受的温度（珊瑚白化），海洋酸化的威胁也渐增，大堡礁的钙化率已经降低 (De'Ath 等, 2009)，表明它很有可能是酸化的直接受害者。

2亿多年前珊瑚就遍布在全球的热带海洋。据预测，如果大气 CO₂ 浓度按预期的速度持续上升，到 2050 年温带水域珊瑚礁的生长将受到严重威胁 (如 Hoegh-Guldberg 等, 2007)，我们甚至可以预测一些物种的灭绝。到 2100 年 70% 的冷水珊瑚礁将会暴露于酸化水域 (Guinotte 等, 2006) 从而打破它们赖以生存的重要的生态系统的平衡。

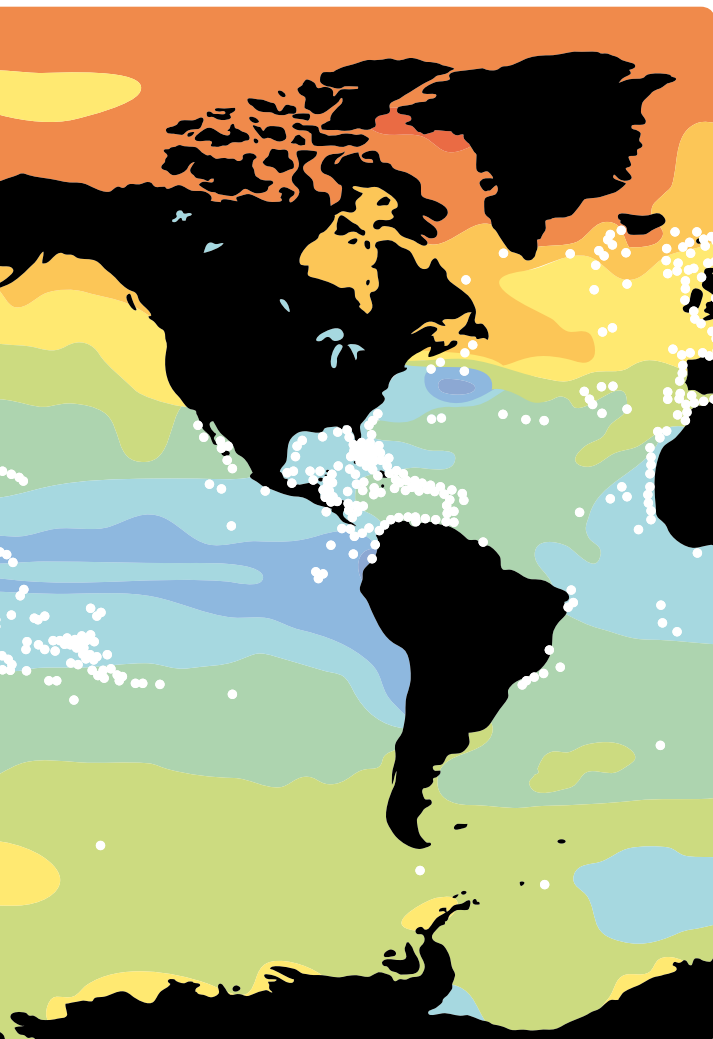
参考资料：<http://www.zsl.org/science/news/coral-reefs-exposed-to-imminent-destruction-from-climate-change,605,NS.html>

<http://www.wwnorton.com/cgi-bin/ceilidh.exe/pob/forum/?C350e5a913KHc-7127-411-90.htm>

De'Ath, G., J.M. Lough and K.E. Sabricus (2009). Declining coral calcification on the Great Barrier Reef. *Science*, 323, 116-119 doi:10.1126/science.1165283

Guinotte, J.M., J. Orr, S. Cairns, A. Freiwald, L. Morgan and R. George (2006). Will human induced changes in seawater chemistry alter the distribution of deepsea scleractinian corals? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(3), 141-146

Hoegh-Guldberg, O., P.J. Mumby, A.J. Hooten, R.S. Steneck, et al. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318(5857), 1737-1742 doi:10.1126/science.1152509



问题很多，答案极少，行动在即

自2005年英国皇家学会报告出版以来，海洋酸化已被广泛认知，相关的工作得到了空前地开展。全世界的一流科学家、组织和学术机构也多次呼吁采取紧急行动。

科学家怎么说？

对海水酸化关注的广度和深度反应在大量的科学声明上，以下列举部分声明：

- 2005: 英国皇家学会——《大气CO₂增加导致海水酸化》
- 2006: 德国全球变化顾问委员会——《未来海洋——更暖、海平面更高、更酸》
- 2007: 国际珊瑚礁协会——《关于珊瑚礁与酸化的倡议》
- 2007: 联合国政府间气候变化委员会关于气候变化第4次会议——“承认当前以及将来海洋酸化将对海洋生态系统造成威胁”
- 2008.6: 澳大利亚南极气候与生态系统联合研究中心——专题分析《CO₂排放与气候变化对海洋的影响与调节》
- 2008.8: 国际自然保护协会筹备、世界自然保护联盟出版——《关于海水酸化和珊瑚管理的檀香山声明》
- 2008.12: 欧洲地球科学协会——《关于海洋酸化状况的报告》
- 2009.1: 《摩纳哥宣言》
- 2009.6: 国际科学院协作组织——《关于海洋酸化的报告》
- 2009.6: 欧洲科学基金会——《关于海洋酸化的决策大纲》
- 2009.6: 气候变化——有关气候变化研讨会(2009年3月10-12日)的综合报道：《全球危机、挑战与决策》
- 2009.7: 第二届“高CO₂海洋研讨会”——《给决策者的大纲》
- 2009.7: 伦敦动物学会，海洋状态国际计划及英国皇家学会——《珊瑚礁的未来》



Photo © US National Oceanic and Atmospheric Administration

海洋酸化的趋势在大洋中正在得到检测

正在开展的研究？

近几年，对海洋酸化已带来和即将产生的影响的科学研究已明显增多。

时不我待——现有研究数据已经表明海水正在变酸。目前，为了最大程度地保护脆弱的生态系统，我们需要对CO₂的排放采取决定性的行动并进行预防性的措施。

目前的研究聚焦于认识海洋酸化的后果和这个全球性问题的影响机制，从而制定最佳的应对政策。其中，有必要确保发展中国家的需求得到充分关注，同时也希望最新的研究成果能够迅速传播。

目前正在正在进行或正在筹划阶段的大型研究包括：

- 欧盟：欧洲委员会已经启动资助了“欧洲海洋酸化计划”(EPOCA)。该项目由9个欧洲国家的29个实验室跨国合作，主要研究“海洋

酸化及其影响”，通过监测海洋酸化及其对海洋生物和生态系统的影响，来确定酸化的风险以及这些变化对地球系统的整体影响。

- 英国：在 2004-2007 年，英国环境、食物及农村事务部和贸易工业部等政府部门联合资助了一项关于“CO₂ 的海洋环境效应”的研究 (IMCO₂)。2009 年春，英国政府公示了一项关于“海洋生态系统对海洋酸化的响应”的研究项目，为期 5 年，耗资 1180 万英镑（经费由自然环境研究委员会、环境、食物及农村事务部、能源及气候变化部共同承担）。
- 德国：启动了“海洋酸化的生物学影响” (BIOACID) 项目。这个项目由 18 个研究机构参与，从 2009 年 9 月开始，为期 3 年，由德国联邦教育研究部资助。它主要从亚细胞到生态系统水平上探讨海洋酸化对海洋生物的影响及其对生态系统功能和生物地球化学响应的潜在影响。
- 美国：2009 年 3 月美国总统奥巴马签署了《美联邦海洋酸化研究和监测 (FOARAM) 法案：H.R.4174》。该法案属于美国 111-11 公共法，要求国家海洋及大气局、国家自然科学基金会和其他联邦机构共同提出一个关于应对海洋酸化的国家规划，并于 2010 年开始实施。
- 日本：与海洋酸化相关的研究项目主要有 5 个。由日本环境厅资助，采用复杂的隔离生态系统设施，研究海洋酸化对各种海洋生物的影响（如酸化对生物体钙化的影响）。日本科教文卫省和海洋科学技术局在也预测未来海洋状态的地球系统模拟超计算机等方面支持海洋酸化的研究。
- 中国：科技部及自然科学基金委已经开始资助与海洋酸化相关的课题。科技部支持的“中国近海碳收支、调控机理及生态效应” 973 项目，为期 5 年 (2009-2014)，投资 3400 万人民币，研究中国沿海通量及高 CO₂ 和海洋酸化的生态效应，由 7 个研究机构合作承担。另外，自然科学基金委自 2006 年开始资助海洋酸化方面的研究课题，主要探讨酸化对钙化生物的影响。



Photo © Amin Form, IFM-GEOMAR

冷水珊瑚 *Lophelia pertusa* 伸展它的肢体扑捉食物

- 韩国：韩国科学和工程基金会资助了一个为期 5 年、由韩国 5 个实验室共同合作的项目，利用中生态系统研究 CO₂ 和温度升高对浮游植物群落的影响。
- 澳大利亚：澳大利亚的海洋酸化主要聚焦于南极和澳大利亚地区。南极气候及生态系统合作研究中心（与联邦科学与工业研究组织、南极局、气象局和塔斯马尼亚大学联合）在南大洋研究海水化学变化和主要物种对该变化的响应。在热带地区，由澳大利亚联邦科学与工业研究组织、美国海洋与大气管理局、日本国立环境研究所和昆士兰大学合作启动了一个联合观察与数模研究项目。大堡礁对海洋酸化的响应也得到了重视。澳大利亚海洋科学部门和几所大学（澳大利亚国立大学、昆士兰大学、悉尼大学、詹姆斯库克大学）正通过对礁石周围水体的大范围监测、珊瑚核心的古生物学重建以及对珊瑚生物的野外和室内试验来研究大堡礁对海洋酸化的敏感性。

有关海洋酸化的一些重要报告

除了已经发表和即将发表的科学声明和报道外，有关海洋酸化的报告还有很多。

第一次让许多政治顾问开始认识并重视海洋酸化的会议，是 2005 年在英国召开的八国集团峰会期间有关 *Avoiding Dangerous Climate Change: A Scientific Symposium on Stabilisation of Greenhouse Gases* 国际会议，有来自30个国家的200名国际知名科学家参加。会议探讨了大气中温室气体浓度上升至 550 ppm 和全球变暖上限2摄氏度之间的联系，希望避免全球变暖的严重后果。

之后，第一部关于海洋酸化的出版物很快就问世了。英国皇家学会的政策文案 *Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide* 指出海洋酸化对于许多钙化生物是一个严重的威胁，它将改变食物链和其他生态系统过程，并导致海洋生物多样性的下降。皇家学会任命了工作组，制定了详细的政策建议，包括限制CO₂排放，以此避免由海洋酸化引起的威胁。

2006 年，德国全球变化理事会发表了 *The Future Oceans – Warming Up, Rising High, Turning Sour*。该文件陈述了酸化在海洋的其他气候变化进程中的危险性。在《联合国气候变化框架公约》下，决策者终于承认了CO₂对海洋的危害性及其在未来气候谈判中的作用。

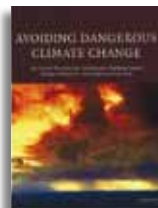
Impacts of Ocean Acidification on Coral Reefs and Other Marine Calcifiers: A Guide for Future Research 是一部由美国自然科学基金会、美国海洋与大气管理局、美国地质调查局共同编写的研究指南。该指南收集了2006 年关于酸化引起的生物尤其是钙化生物响应的科学研究摘要，对未来的研究做了建议，并强调，有必要将酸化引起的长期生物变化放在历史背景中进行研究。

2006 年，保护东北大西洋海洋环境公约发表了一篇题为 *Effects on the Marine Environment of Ocean Acidification Resulting from Elevated Levels of CO₂ in the Atmosphere* 的报告。

自2007年起，英国海洋气候变化影响联盟开始采用年度报告卡的形式，定期出版有关海洋酸化及其对气候变化影响的专题报告。2009年4月，该联盟出版 *Ecosystem Linkages* 这一报道，提供了有关海洋酸化更为重要的数据。该报道在之前多年年报史料的基础上，通过海洋生态系统相互关联的特性，将气候变化所导致的各种看似毫不相关的影响紧密地联系起来。

由美国海洋碳和生物地球化学计划资助，美国海洋与大气管理局、美国航空航天局与美国自然科学基金会及斯克里普斯海洋研究所共同发起一个研讨会，制定美国研究策略。通过 100 多位科学家的研讨，出台了一项研究计划，用于研究海洋酸化对珊瑚礁、近海、热带—亚热带大洋及高纬度地区等四种海洋生态型的影响。这一计划在 2008 年 *Present and Future Impacts of Ocean Acidification on Marine Ecosystems and Biogeochemical Cycles* 一文中受到推荐。

同样在2008年，科学家向澳大利亚政府提出了一个重要的决策性文件: *Position Analysis: CO₂ Emissions and Climate Change: Ocean Impacts and Adaptation Issues*。该文件描述了酸化过程及其对人类和生态系统的影响，并向澳大利亚政府提出制定相关政策的建议。与该文件同时递交的还有薄薄的一页纸，阐述了 *Ocean Acidification: Australian Impacts in the Global Context*，从科学的角度讨论了有关海洋酸化已知的情况、未知的难题与下一步的对策。



2009年，里程碑式的报告——*The Monaco Declaration* 诞生了。该宣言得到摩纳哥王子H.S.H. Albert的支持。他参加了第二届“高浓度CO₂下的海洋”国际研讨会，并表达了拟定《摩纳哥宣言》的强烈愿望。最终，在海洋酸化研究中领衔的来自26个国家的155名科学家同意了该宣言。宣言呼吁决策者们迅速采取措施以免因为CO₂浓度升高而造成更严重、更广泛的危害；呼吁通过迅速的行动，尽快将受到关注的问题整合到可行的方案中，将大气中的CO₂浓度稳定在一个安全的水平，以避免气候的进一步恶化，从而减缓海洋酸化的进程。

第二届“高浓度CO₂下的海洋”国际研讨会的另一个成果就是为政策决策者们制定了一个包含最新研究成果的总结性报告。更详细的信息已经被整合在学术报告 *Research Priorities for Ocean Acidification* 中，可以在网站 www.ocean-acidification.net 查询。



什么是海洋酸化资源共享联盟？

对于海洋酸化这种亟待解决的重要事件来说，一个关键的挑战是以事实为依据的科学方案必须快速而有效地进入政策顾问及决策者的手中，以便他们制定相应的措施。海洋酸化资源共享联盟 (RUG) 反映了英国、欧洲乃至国际上科学家与决策者之间信息交流的经验。

RUG 成立于2008年，旨在支持关于欧洲海洋酸化项目，并已扩大到英国和德国，支持互补性的研究，同时与美国的类似机构有着密切的联系。RUG吸收了大量成员，支持杰出的科学家们对海洋酸化的研究，促进知识的快速传输和高质量科学的高效传递。

本指南借鉴了RUG 的经验和海洋酸化研究杰出科学家的知识，旨在为政策顾问和决策者在解决这个棘手的问题时提供科学依据。

■ RUG由以下单位的代表组成：阿尔弗雷德-魏格纳极地与海洋研究所，欧洲-地中海气候变化中心，加拿大旅游局，法国国家科学研究中心，普林斯顿大学气候研究中心，保护国际基金会，挪威渔业局，马特艾基金会，绿色和平组织，国际原子能机构，莱布尼兹海洋研究所，国际地圈-生物圈计划，国际自然保护同盟，法国气候与环境研究实验室，爱尔兰海洋研究所，自然英国组织，法国国家海洋气候变暖影响观测台，波茨



EPOCA 的科学家和潜水员在北极海底采集生物样本及相关环境数据。

坦气候影响研究所，普利茅斯海洋实验室，英国罗尔斯罗伊斯皇家研究所，国际海洋研究科学委员会，苏格兰自然遗产基金会，斯德哥尔摩社会生态系统与发展研究中心，大自然保护协会，英国气候影响计划，联合国环境规划署世界保护监测中心，世界自然基金会。

■ 观察员：欧盟、英国海洋环境变化影响联盟、橡树基金会、世界海洋保护组织。

Photo © Marie-Dominique Pizay, CNRS

其它相关信息

关于海洋酸化资源共享联盟和欧洲的海洋酸化项目工作可以访问以下网站：
<http://www.epoca-project.eu/index.php/Outreach/RUG/>

如有其它问题，请联系我们

policyguide-epoca@obs-vlfr.fr

本指南信息源及贡献者

这本专项指南吸收了许多国际上已有的有关海洋酸化的研究与成果。我们再次感谢以下修改此指南的出版物：ocean-acidification.net中的“常见问题”，“高浓度CO₂下的海洋”第二届国际研讨会的总结报告，IAP《关于海洋酸化的阐述》，《欧洲科学基金会决策大纲》，《关于海洋酸化的檀香山宣言》，大自然保护协会一份未发表的报告（《CO₂导致海洋酸化：一个未受污染的事件》），以及来自国际地圈-生物圈计划的第73期实时通讯。

此外我们还特别感谢为这个指南提出很多建议的科学家们：

Jelle Bijma, 德国阿尔弗雷德·魏格纳海洋与极地研究所

Sarah Cooley, 美国伍兹霍尔海洋研究所

Scott Doney, 美国伍兹霍尔海洋研究所

Richard A. Feely, 美国国家海洋与大气管理局

Jean-Pierre Gattuso, 法国国家科学院

Will Howard, 澳大利亚塔斯马尼亚大学南极气候和生态系统联合研究中心

Ulf Riebesell, 德国莱布尼茨海洋科学研究中心

Donna Roberts, 澳大利亚塔斯马尼亚大学南极气候和生态系统联合研究中心

Carol Turley, Plymouth, 英国普利茅斯海洋实验室

Ed Urban, 国际海洋研究科学委员会

国际海洋科学委员会中来自中国、法国、西班牙的委员们将这份文件分别翻译中文、法文和西班牙文。它的阿拉伯版本由红海和亚丁湾区域性环境保护委员会的 Mohammed Kotb 翻译。它的中文版本由厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室翻译。我们感谢所有用各种语言传达这份指南的人们。

质量保证

本指南由海洋酸化资源共享联盟制作，并邀请了一流的科学家审阅，以保证科学的质量。我们向所有付出时间与精力完善本指南的个人表示感谢。

请引用本文为：Ocean Acidification Reference User Group (2009). Ocean Acidification: The Facts. A special introductory guide for policy advisers and decision makers. Laffoley, D. d'A., and Baxter, J.M. (eds). European Project on Ocean Acidification (EPOCA). 12pp.

本指南由 Natural England 和 EPOCA 资助，并借鉴了英国海洋气候变化影响研究联盟的宝贵经验与方法。中文翻译：厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室。

