

气候变化 和大气层的有关变化 对海洋的影响

第一次全球海洋综合评估 技术摘要



联合国

海洋环境状况(包括社会经济方面问题)
全球报告和评估经常程序

气候变化
和大气层的有关变化
对海洋的影响

第一次全球海洋综合评估
技术摘要



联合国

免责声明

本出版物中使用的称谓和材料的呈现方式，包括其中的引用、地图和参考书目，不意味着联合国在表达关于任何国家、领土、城市或地区或其当局法律地位的任何观点，或关于其边境或边界划定的任何观点。

同时，本出版物展示的边界和名称及使用的称谓不意味着得到联合国官方认可或接受。

本出版物可能包含的、源自各国所采取行动和决定的任何信息不意味着联合国承认有关行动和决定的有效性，这些信息纳入本文件不影响任何联合国会员国的立场。

参与撰写第一次全球海洋综合评估的专家组和专家库成员以个人身份撰稿，不代表任何政府或任何其他当局或组织。

封面照片：

Markus Roth

eISBN 978-92-1-361390-0

版权所有© 联合国, 2017

保留所有权利

联合国，纽约印制

目录

本技术摘要的编写目的和过程	v
鸣谢	vi
一、主要问题	1
二、与气候变化和大气层有关变化相关的海洋变化	3
A. 海水温度	3
B. 海平面上升	3
C. 海洋酸化	4
D. 盐度	4
E. 海洋分层	4
F. 海洋环流	4
G. 风暴和其他极端天气事件的影响	4
H. 溶解氧水平降低(缺氧或低氧)	5
I. 紫外线辐射和臭氧层	6
三、环境和社会经济影响	9
A. 累积影响	9
B. 食物网中的变化	9
C. 浮游生物	9
D. 海藻和海草	10
E. 红树林	10
F. 珊瑚	11
G. 鱼类分布	11
H. 贝类生产力	12
I. 营养盐污染	12
J. 海岸带淹没和侵蚀	13
K. 高纬度地区海冰损失及相关影响	13
L. 通信风险	14
四、结论	15



本技术摘要的编写目的和过程

本技术摘要基于2016年1月发布的第一次全球海洋综合评估，即第一次世界海洋评估，特别是大会2015年12月核可的评估摘要。¹本技术摘要的编写依据是大会海洋环境状况(包括社会经济方面问题)全球报告和评估经常程序特设全体工作组于2016年8月通过、大会于2016年12月核可的经常程序第二周期2017-2020年工作方案。²该方案中规定了对其他正在进行的相关海洋政府间进程提供支持，包括编写技术摘要以满足联合国气候变化框架公约和联合国海洋和海洋法问题不限成员名额非正式协商进程(后者在2017年的讨论重点是“气候变化对海洋的影响”这一主题)等政府间进程的要求。³因此，本技术摘要仅仅综合了第一次世界海洋评估的信息，并没有纳入新材料或对第一次世界海洋评估呈现的信息进行解释。

根据大会核可的第一次世界海洋评估纲要要求，就气候而言，评估的依据是政府间气候变化专门委员会的工作。因此，就气候而言，本技术摘要也同样依据委员会的工作。

本技术摘要由环境状况全球报告和评估经常程序第二周期的经常程序专家组撰写，依据是专家组撰写并经特设全体工作组主席团讨论的纲要。一些参与撰写第一次世界海洋评估的经常程序专家库成员参与了评审程序，参与评审者还包括专家组、经常程序秘书处(秘书处法律事务厅海洋事务和海洋法司)，以及经常程序

特设全体工作组主席团。经常程序秘书处还协助专家组定稿技术摘要。经常程序特设全体工作组主席团审议了技术摘要，以递交《联合国气候变化框架公约》及联合国海洋和海洋法问题不限成员名额非正式协商进程下的会议。

¹ 大会第70/235号决议第266段。《第一次世界海洋评估》全文，包括摘要，可在www.un.org/depts/los/rp获取。

² 大会第71/257号决议第299段。

³ 同上，第339段。

鸣谢

以下人员参与编写了大会及其海洋环境状况(包括社会经济方面问题)全球报告和评估经常程序主持的技术摘要:

海洋环境状况全球报告和评估经常程序专家组

Renison Ruwa和Alan Simcock(联合协调人)

Maria João Bebianno, Hilconida P. Calumpong, Sanae Chiba, Karen Evans, Osman Keh Kamara, Enrique Marschoff, Michelle McClure, Essam Yassin Mohammed, Chul Park, L. Ylenia Randrianarisoa, Marco Espino Sanchez, Anastasia Strati, Joshua Tuhumwire, Thanh Ca Vu, 王菊英和 Tymon Przemyslaw Zielinski

经常程序第一周期专家库成员

Peter Auster, Maurizio Azzaro, Ratana Chuenpagdee, Marta Coll Monton, Erik Cordes, Mark Costello, Lars Golmen, Elise Granek, Jeroen Ingels, Lis Lindal Jørgensen, James Kelley, Ellen Kenchington, Sung Yong Kim, Ramalingaran Kirubakaran, Lisa A. Levin, Anna Metaxas, Pablo Muniz Maciel, Clodette Raharimananirina, Zacharie Sohou, Carlos Garcia-Soto, Cecilie von Quillfeldt, Colin D. Woodroffe和Moriaki Yasuhara



图片：Edwar Herrero



图片: Anders Nyberg

一、主要问题

1. 海洋和大气层是相互关联的系统。气候变化同时影响两者。特别的是，海洋和大气层都正在变暖，而海洋吸收了1971年至2010年之间由空气、海水、陆地和融冰存储的所有多余热量的93%。在海洋中，变暖现象同时出现在表层水和深层水。海洋和大气的热交换导致风的变化及厄尔尼诺南方涛动等现象，这反过来影响了洋流和海浪。
2. 气温上升可能影响诸多海洋物种的分布、繁殖和数量。例如，全球某些地方鱼种类分布已发生变化。此外，因气温升高，已反复出现珊瑚礁白化事件，这对珊瑚的损害将同时影响大型和小型捕捞业，因为珊瑚支撑了鱼类的生存。还有，在更温暖的海水中，较小型、低养分浮游生物数量很可能增加，而较大型、高养分浮游生物数量很可能减少，从而对海洋食物网产生不可预测的影响。
3. 海洋也吸收了过去几十年内排放的大量二氧化碳，导致世界各地海洋环境以不同速度空前酸化。除了造成其他影响外，酸化导致浮游生物、造礁珊瑚和贝类赖以制造和维持硬质结构的碳酸根离子减少，进而可能引起贝类渔业和珊瑚礁系统及依赖珊瑚礁的渔业衰落。此外，对一些浮游生物物种的影响可能大幅改变海洋食物网。
4. 海平面正在上升。2100年海平面将比1980年至1999年的水平上升的中位数预计为1米。全球各地海平面上升程度将有不同，很可能导致一些沿海社区被淹和更频繁的潮汐洪灾，影响红树林等重要沿海生境分布及其提供的服务。海平面上升也将增加沿海区的侵蚀。
5. 由于水体分层加强，海洋水柱混合程度减弱，涌升模式发生变化，富营养化(养分过剩)区域和低氧(缺少氧气)现象增加。“死亡区”(氧气不足以维系生命的区域)和低氧区也在增加，影响这些地区生活的生物及依赖这些生物的渔业。
6. 极地冰将减少或消失，影响冰藻生产，而冰藻是北极和南极食物网基本组成部分。南大洋的磷虾等依赖冰藻的物种将受到不利影响，诸多其他物种也是如此，包括从摄食磷虾的鲸类到重要商业鱼类等物种。北极向航运和其他人类活动开放很可能给该地区带来更大污染风险。
7. 总而言之，由于物种迁徙速度不同，生态系统各要素变化后果不可预见，海洋环流不断变化，海洋食物网和系统受到的累积影响很可能十分重大，不可预测。



图片: Ellen Cuylaerts

二、与气候变化和大气层有关变化相关的海洋变化

8. 地球的海洋和大气层在一个复杂的过程中紧密相连。海面吹起的风将动量和机械能转移至海水，产生海浪和洋流。海洋以热能的形式释放能量，提供大气层运动的主要能量来源之一。热能也从大气层转移到海洋中，导致海洋温度升高。同样，海洋和大气层之间也有气体转移，主要是海洋从大气层中吸收二氧化碳并将氧气释放到大气层。因此，由于大气层中二氧化碳浓度上升及相关大气变化影响，海洋主要特征正在发生显著变化。

A. 海水温度

9. 海洋的巨大体量和高热容使它能储存大量能量，在温度升幅相当的情况下，海洋的储能能力高出大气1 000倍以上。地球吸收的热量多于释放回太空的热量，这些多吸收的热量几乎全部进入海洋并存储在那里。海洋吸收了1971年至2010年之间由变热的空气、海水、陆地和融冰存储的所有多余热量的93%。气候变化政府间专家委员会在其第五次评估报告中重申其结论，即19世纪末以来，全球海面温度全面升高。上层海洋(海表下700米以上)温度以及相应的热含量按季节、年际(如与厄尔尼诺南方涛动有关的)、十年期和百年期等时间尺度测量均出现变化。全球大部分地区，1971年至2010年按深度平均的海洋温度变化趋势为正值(即出现变暖趋势)。北半球海洋变暖更为突出，北大西洋地区尤其如此，但不同区域差异很大。按区域平均的上层海洋温度趋势表明，几乎所有纬度和深度的海洋都在变暖。但是，由于南半球海洋体量更大，南半球海域变暖增

加了其对全球热容量的贡献。

10. 过去30年内，全世界约70%的沿海地区海洋表面温度大幅上升，同时，全球38%的沿海地区每年极端炎热天数增多。此外，全球36%的温带沿海地区(南纬和北纬的30度和60度之间)的季节性回暖时间也大大提前。

11. 不仅上层海洋变暖，很多深水生境也有变暖记录，边缘海尤其显著。特别是有证据表明，1950年至2000年，地中海变暖已影响其深海群落，尤其是冷水珊瑚(第5、36A、36F和42章)。¹

B. 海平面上升

12. 自1970年代以来，全球范围极端海平面高度很可能已增加，主要原因是全球平均海平面上升。过去20年中，全球海平面平均每年上升3.2毫米，其中约三分之一来自人源性变暖产生的热膨胀，这会导致海洋的热膨胀；其余造成海平面上升的因素为部分来自各大洲流入的淡水通量增加，原因是冰川和两极大陆冰盖融化。

13. 区域和局部海平面变化也受自然因素影响，如风和洋流的区域性差别、陆地的垂直运动、因作用于陆地平面的物理压力(如来自板块运动的压力)变化而产生的陆地平面调整，以及人类改变土地利用方式和沿海开发的影

¹ 在本技术摘要中，出处中所述章号指《第一次全球海洋综合评估》(见www.un.org/depts/los/rp)的章号。当出处置于段尾时，适用于上个出处之后本出处之前的所有段落。可到这些章节查询作为案文基础的引文。

响。因此一些地区海平面的上升幅度将超过全球平均值，而其他地区海平面则会降低。如果到2100年温度上升4摄氏度(气候变化政府间专家委员会第五次评估报告的高端排放情景预测)，届时海平面将比1980年至1999年的水平预计上升的中位数为近1米(第4章)。

C. 海洋酸化

14. 大气中二氧化碳浓度上升造成海洋摄取的二氧化碳增加。海洋吸收了约26%的人源性二氧化碳排放增量，这些二氧化碳与海水反应，形成碳酸，这个过程称为海洋酸化。在化学中，一种液体是酸性还是基性(碱性)按pH值来衡量：pH值越低，酸性越强。过去2500万年间，海洋平均pH值保持在8.0到8.2的稳定区间内，随着季节和区域不同而有差异。然而，过去30年内，人们已经注意到海洋pH值在降低，若继续按现有水平排放二氧化碳，模型预测显示，到2100年，海洋平均pH值可达7.8，这远超出了最近地质历史中任何其他时间内的平均pH值变化区间。pH值降低导致海水中可获取碳酸根离子减少。一般而言，因为海水混合速度比大气慢，最上层海水(海表以下约400米以上)吸收的二氧化碳要多得多，而最上层海水中生物活动也最频繁。

D. 盐度

15. 除大规模海洋变暖外，海洋盐度也产生了变化。世界各地海洋盐度不同，这是因为河流、冰川和冰帽融化产生的淡水流入、降雨和蒸发的相对数量不同，而所有这些因素既受自然气候现象影响，又受气候变化影响。大尺度降雨规律的变化将导致海洋盐度变化，因为更高的降雨量将增加稀释作用，从而降低盐度，而降雨量减少的作用则相反。零星的历史观测系统计算得出的盐度变化表明，亚热带海洋区

域等降雨量小和蒸发量大的区域盐度升高，而太平洋和印度洋赤道水域等降雨量大和蒸发量小的地区盐度降低。盐度变化导致水体密度变化，从而驱动洋流产生。海洋盐度持续变化很可能影响海水环流和海洋分层(第4和5章)。

E. 海洋分层

16. 不同海水水体之间的盐度和温度差导致海洋分层，即形成多个水平海水层，相互之间海水交流有限。人们已经注意到，由于温度和盐度变化，世界各地海洋分层程度加强，特别是在北太平洋地区，以及更一般地，在南纬40度以北。海洋分层增加导致海洋水柱垂直混合减弱，这反过来又减少了上表层海水的氧气和养分含量，也减少了海洋吸收热量和二氧化碳的能力，因为上升到海表面吸收热量和二氧化碳的冷水减少(第1章和第4-6章)。

F. 海洋环流

17. 随着海洋对气候变化反应领域的研究加强，人们能够更好理解海洋环流机制及其年度和十年期的变化情况。由于海洋不同部分受加热情况的变化，海洋热分布差异的模式也在变化。一些证据显示这导致大气环流变化，以及经过开阔洋的全球环流变化，长此以往可能导致从赤道区域向两极和海洋深处转移的热量减少。因此，水团在大陆架之上区域的移动也发生了变化。例如，圣劳伦斯湾水团移动(至少一定程度上)导致了海湾深水层溶解氧浓度降低(第5和36A章)。

G. 风暴和其他极端天气事件的影响

18. 海水温度上升为海上形成的风暴提供了更多能量。科学界的共识是，这将导致全球范围内热带气旋数量减少，强度增加，但存在区域

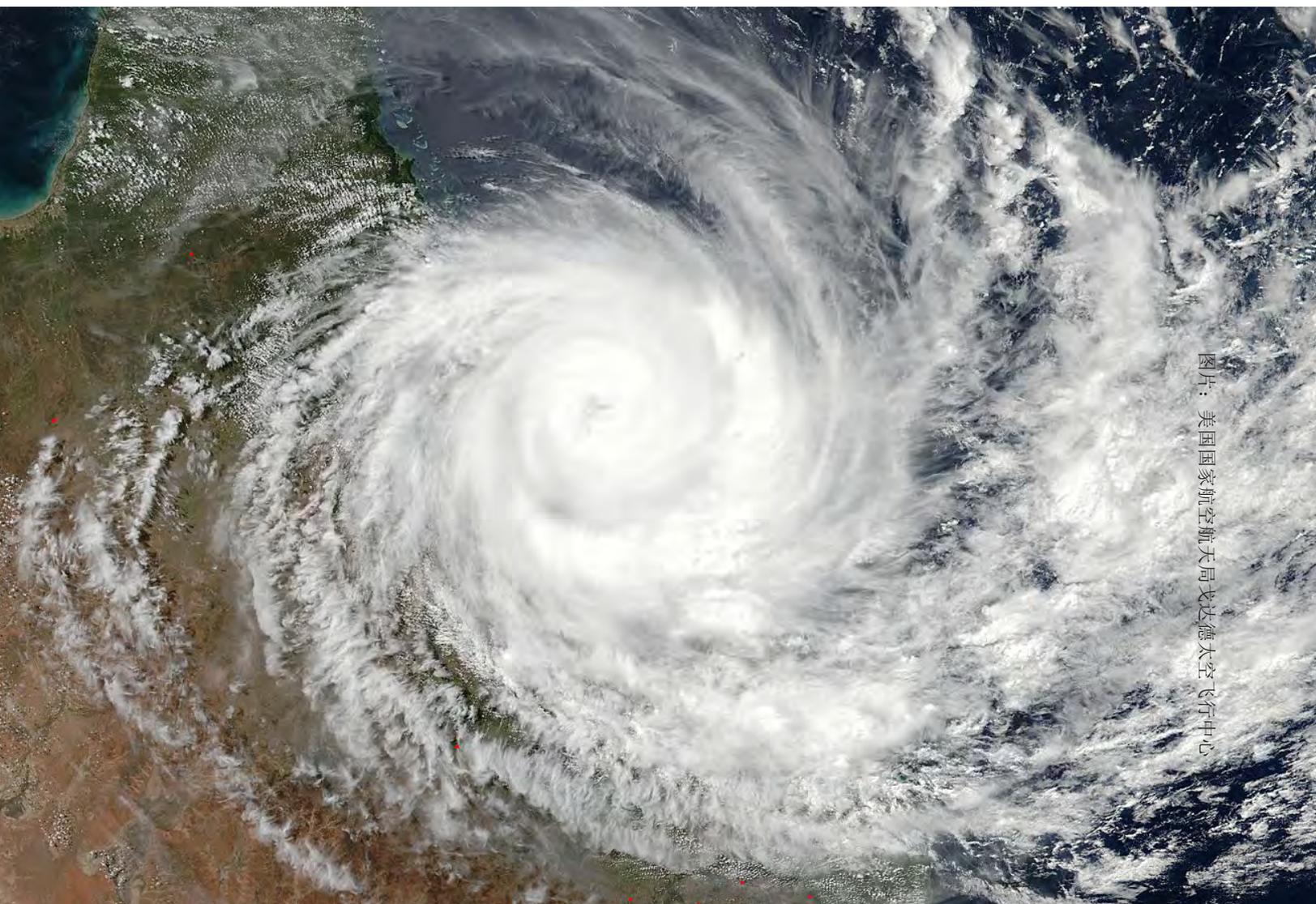
差异。有证据表明，自1979年左右观察到热带扩张的现象以来，强度最大的风暴发生的纬度明显向两极靠近。这肯定会影响迄今尚未遭遇热带气旋危险的沿海地区(第5章)。

H. 溶解氧水平降低(缺氧或低氧)

19. 过去50年，主要由于海洋变暖，热带海洋中溶解氧水平降低，后果之一是溶解氧水平最低区域(氧最低区)的扩大，包括由东太平洋氧最低区往西扩大和垂直扩大。海表温度变化和分层加强预计可能导致来自大气的氧气转移(氧气溶解度)下降，以及较深层水域供氧减少，从而导致整个热带海洋上层氧浓度降低。在热带海洋以外，当前的观察结果不足以确定

趋势，但预计海洋变暖和分层加强也将导致溶解氧减少。

20. 沿海水域中，低氧现象更多地源于陆地养分输入和由此导致的养分污染，同时又因为分层加强以及海表变暖导致的环流减少而得到强化。如果开阔洋的洋流流到狭窄的大陆架，就会给沿海水域带来富有营养但缺乏氧气的水流，造成低氧区(溶解氧水平低的地区)甚至死亡区(氧气不足以维系生命的地区，也称无氧区)。这些影响的例子有赤道南北的美洲西部沿海、撒哈拉以南非洲的西部沿海，以及印度次大陆西部沿海。一些洋流流动增加可能强化这一影响(第4、5、6和20章)。



图片：美国国家航空航天局戈达德太空飞行中心

1. 紫外线辐射和臭氧层

21. 一些温室气体(尤其是氯氟烃)影响平流层中的臭氧层。地球平流层中的臭氧层阻挡了大多数中波紫外线(波长280-315纳米)抵达地球表面,从而阻挡其抵达海洋表面。这些中波紫外线可导致诸多有害影响,包括抑制浮游植物初级生产、改变浮游生物群结构和功能,以及改变氮循环。因此,自1970年代以来出现的平流层臭氧消耗问题一直引发人们的关切。为了解决这个问题,国际社会根据《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》采取了行动,情况似乎已稳定下来,但每年中波紫外线穿透海水的深度有些差异。鉴于这些差异,各方尚未就臭氧消耗对净初级生产和养分循环的影响程度达成共识。

22. 然而,人们已经发现紫外线辐射对二氧化钛纳米粒子的潜在影响。二氧化钛广泛用于白漆和饰面、化妆品和防晒霜中,可分解为纳米(一毫米的百万分之一)粒子。受到紫外线辐射时,这样的二氧化钛微粒会成为杀生物剂,从而对浮游植物初级生产产生不利影响。



图1: Edoar Herrero



图片: Michele Hall / Howard Hall Productions

三、环境和社会经济影响

A. 累积影响

23. 气候变化和大气层的有关变化，包括酸化和缺氧，只是目前全球海洋环境面对的部分压力。未来海洋环境状况将取决于《第一次全球海洋综合评估》中所描述的一系列压力和变化的复杂交互作用，即不仅包括气候变化和相关大气层变化带来的压力，还包括不可持续的捕捞方式、航运污染、海底采掘、碳氢化合物开采、人源噪音、沿海开发带来的压力，以及与可再生能源生产等相关的新压力(摘要，主题G)。

B. 食物网中的变化

24. 由气候变化带来的初级生产能力变化必定在食物网中逐级传导。所有营养层中较高级别的动物，都会受到食物网中低于其的层级的物种组成和低层级中高级别食物的丰裕度变化的影响，而更难(有时是更容易)生存和抚养后代。食物网中的这些变化将如何影响顶层捕食动物，比如海洋爬行动物、海鸟和海洋哺乳动物等，很大程度上还不得而知。生境变化同样也会影响到顶层捕食动物。例如，生活在红树林或在海草床觅食的鸟类将受到生境变化的影响。

25. 据预测，在某些气候变化情景下，高达60%的现有海洋生物物质可能会受到正面或负面影响，从而导致许多现有生态系统服务的中断。例如，对温度偏好性强的物种(如鳕鱼和蓝鳍金枪鱼)的建模研究显示，其分布范围会

产生重大变化，生产力或也发生变化。

26. 这种影响已在所有地区显现。例如，有人认为，在大西洋西北部，过度捕捞等多种因素造成的捕食动物数量变化以及气候变化合力导致物种组成发生变化，从鳕鱼主导的生态系统转向甲壳动物主导的生态系统。同样，在大西洋东北部和北海，从1960年至2009年，食物网中的最低级浮游生物的组成也发生了显著变化(即甲藻涡鞭藻类相对于硅藻类种类增多、数量减少)。这一趋势是由海洋表面温度上升和夏季风切变增加的共同作用导致的。

27. 温水浮游植物物种往往比冷水域中的同类体形更小、繁殖力更弱。据观察，因为海洋温度上升，这类物种正逐渐扩张到高纬度地区。如果继续扩张，向食物网其他部分输送能量的效率将发生改变，造成开阔洋主要区域(如赤道太平洋)的生物变化。此外，海洋分层加强以及由此导致的由海洋深层到透光层(即阳光充分穿透以支持浮游生物光合作用的海洋层)的养分输送减少，也将给生物生产带来巨大变动(第38和52章)。

C. 浮游生物

28. 食物网所依赖的初级生产大都由浮游植物和海洋细菌进行。气候导致的预期海洋上层温度上升，目前正在造成浮游植物群落的变化。未来100年中，这可能对净初级生产和养分循环产生深刻影响。一般而言，在较小的浮游生物在净初级生产数量中占多数的情况下(在贫

营养开阔洋水域通常如此)，净初级生产量较低，微生物食物网将主导能量流和养分循环。通过运用卫星技术对1980年后22年12个主要海洋盆地叶绿素记录的研究，科学家发现自1980年以来，全球海洋初级生产量已下降6%。在这种情况下，海洋对目前可捕捞鱼类资源的承载能力下降，向深海输送的有机碳、氮和磷可能会减少，因此会降低深海支持生命的能力。

29. 另一方面，随着海洋上层变暖，固氮浮游生物(固氮菌)的地域范围将扩大。到2100年，这可能会使固氮量增加35%-65%之多。这将导致净初级生产量增加，从而增加碳摄取，一些高营养级的物种可能会产量更高。

30. 这两个变化之间的平衡不甚明朗。无论是初级生产减少，还是浮游生物群体体型结构发生变化，都会因食物网的破坏而严重影响人类食物安全和海洋生物多样性的基础。浮游植物春季水华时间预计也将发生变化。这同样会影响海洋食物网，因为很多物种的产卵和幼虫发育都会与浮游植物水华和浮游动物(靠浮游植物和细菌生存的微型动物)的相应峰值同步(第6章)。

D. 海藻和海草

31. 冷水海藻，尤其是海带的生长和存活会受到气温、盐度和营养物水平的影响。据观察，温暖和贫营养的海水会影响光合作用，导致海藻和海草生长缓慢和大面积衰败。欧洲和澳大利亚南部沿海已报道过海带死亡事件，这主要由海水条件变化导致。随着耐受温水的物种向两极扩展，北欧、南非及澳大利亚南部物种分布发生了变化。这些变化可能损害岩礁生境和沿海地区这类生境中的商业捕捞物种。海带收成减少使人类食物减少，同时也减少源于海带的物质供应，影响医药和食品制备等各种相关

产业。靠海带谋生的人群和经济也会因此受到影响。

32. 海草床能固定沉积物，保护海岸区域免受侵蚀，为动物提供生长平台，比如鱼类和无脊椎动物(例如虾)会在海草床上啃食并繁殖。现已认定海水温度上升也是造成某种消耗性疾病的原因，这种疾病对美国东北部和西北部地区的海草草场造成了极大破坏(第14和47章)。

E. 红树林

33. 红树林²是热带、亚热带、温带遮蔽(淤泥质)海岸线潮间带的主要植物，其分布与空气和海表温度相关，因此红树林通常分布在北纬30度至南纬28度的大西洋和北纬30度至南纬28度的太平洋。红树林分布还受到降雨和寒冷天气发生频率等关键气候变量的影响。红树林对鱼类繁育、碳封存(红树林的碳捕捉及储存率高尤其重要)、气候调节、固定海岸线和沿海保护非常重要，也是医药生产和木材及燃料生产的潜在材料来源。

34. 随着红树林当前分布区以南以北区域变暖，红树林分布可能更加广泛(虽然红树林耐受的最高温度也有上限)。然而，因为红树林不能在更深的水域生存，所以红树林极易受到海平面上升的影响，尤其是因为海岸防护或土地用途冲突导致其生长范围不能向内陆扩张。以碳酸盐为基础的低度起伏海岛尤其如此，因为岛上很少或基本没有沉积物能让红树林聚集生长(第48章)。

² “红树林”一词既用于指代特定植被类型，也用于指代其生长的独特环境(也叫“潮汐林”、“沼泽”、“湿地”和“mangal”)。

F. 珊瑚

35. 几乎所有热带和亚热带区域珊瑚都属于珊瑚虫(构成硬质结构)和光合藻的共生。海洋温度过高时,珊瑚将在压力下排出赋予其颜色及部分养分的共生藻,导致珊瑚白化。严重、长时间或反复白化可导致珊瑚群死亡,反复白化会削弱珊瑚复原力。海水温度只要高出当地时令正常最高温度1-2摄氏度即可引发白化。虽然大多数珊瑚物种都很容易白化,但其耐热性各异。许多遭受高温和(或)白化的珊瑚后来死于珊瑚疾病。

36. 珊瑚白化现象过去相对少见,但1980年代初期,东太平洋热带区域和大加勒比等区域发生了一系列白化事件。过去25年,温度升高加速了珊瑚白化和大规模死亡。1998年和2005年,海洋高温造成许多礁群的珊瑚大量死亡,且几乎没有恢复迹象。全球分析表明,这一大范围威胁极大损害了世界大部分珊瑚礁。即使出现了恢复,恢复最好的也是那些严格限制人类活动的珊瑚。然而,近期高温事件加速发生,而大多数珊瑚恢复缓慢,这一对比显示温度上升造成的退化快于恢复。破坏性捕捞、污染及海水浑浊度增加(这会限制阳光到达珊瑚表面、降低共生藻繁殖率),以及其他人类活动造成的珊瑚礁退化,使得珊瑚白化的不利影响更为显著。

37. 失去珊瑚会对渔业生产、沿海保护、生态旅游和当地对珊瑚礁的其他利用产生负面影响。目前的科学数据和模型研究预测,到2050年,世界上大多数热带和亚热带珊瑚礁(尤其是浅水区的珊瑚礁)将发生年复一年的白化,其作为商品和服务来源的功能将最终消失。这不仅会给小岛屿发展中国家和低纬度沿海地区的自给自足的渔民带来深刻影响,还会对主要经济体产生局部重大影响,如澳大利亚的大堡

礁和美国佛罗里达礁岛群等(第7和43章)。

38. 由于冷水珊瑚位于深水区,研究困难,直到最近才得到广泛研究。但很清楚,冷水珊瑚生长受到温度和碳酸离子供应的限制:冷水珊瑚在超过该物种所能适应水温环境中无法存活(红海中某些物种除外),在海水低于碳酸饱和水平线(低于此水平时碳酸矿物将溶解)时也无法生长。研究显示,温度升高对地中海深海群落产生影响。海洋酸化是许多珊瑚物种面临的又一普遍威胁。由于海水中的碳酸饱和状态与温度相关,在冷水中低很多,因此冷水珊瑚离饱和水平线近得多。随着海洋持续酸化,饱和水平线上升,更多冷水珊瑚将暴露在饱和环境中。冷水珊瑚礁、深海珊瑚礁和珊瑚花园支持着一个高度多样化的群落,其中包含的动物生物量比周围海底高出几个数量级。除了支持这一关系紧密的群落,冷水珊瑚还为多种鱼类和无脊椎动物提供了重要的产卵、哺育、繁殖和觅食场所。如遭损害,将产生更大范围的后果(第42章)。

G. 鱼类分布

39. 随着海水温度升高,鱼类分布和依靠这些鱼类的渔业分布正在发生变化。尽管总体模式是鱼类向两极方向和海洋更深处迁徙,以生活在温度适合的水域,但情况并非整齐划一,各物种也非同步经历这些变化。水温上升还将增加代谢率,在某些情况下还会扩大一些鱼类的分布范围,增强其生产力。

40. 如上所述,全球气候模型预测,气候变暖将导致深海缺氧和分层。这将对底栖(海底)及中上层海水(水柱)生态系统产生不利影响。研究表明,在北太平洋,中层海水氧气浓度降低与八科24种中层水域鱼类数量减少存在相关关系。如推及更大范围,这可能产生不利的生态

及生物地球化学效应。

41. 然而，鱼群分布变化往往由一系列复杂原因造成。鱼群数量减少经常是过度捕捞所致，但气候变化和过度捕捞的影响经常难以区分，例如，鳕鱼在加拿大大浅滩消失并被龙虾等甲壳亚门物种所取代，以及北海鳕鱼数量减少、巴伦支海鳕鱼数量增加。

42. 小型渔业是热带地区人类食物和收入的重要来源。大量女性在该领域就业，很多土著民族及其社区都依赖小型渔业。多数小型渔业从业人员生活在发展中国家，收入低，多依赖非正式工作。

43. 礁石鱼种占小型渔业渔获量的一大部分，在太平洋尤其如此。除了需要直接应对上述海水温度变化外，珊瑚鱼的丰度受其栖居的珊瑚礁规模及状况影响。丰度差异可随时间推移变化达2-10倍，这和风暴及白化之后珊瑚生境丧失及随后的恢复有很大关联。和大型渔业相比，小型渔业由于转移到新渔区的机会更少，很可能更易受到气候变化和不确定性增加的影响。

44. 随着捕捞活动随鱼群位置变化进入新区域，对有关生态系统可能产生副作用。例如，北极海冰冰盖缩小可能导致之前没有捕捞活动的地区出现捕捞、船底拖网的影响，一些品种以前没有兼捕压力，现在却产生这种可能。

45. 这导致速度不等的生态系统变化，从近乎零变化到极为迅速。关于这些影响的研究分散，结果多样，但随着海洋气候继续变化，这些考虑愈发成为食物生产中需要关注的问题。渔业不确定性加剧影响社会、经济和食品安全，使可持续管理复杂化。

H. 贝类生产力

46. 贝类尤易受到周围水域溶解的碳酸根离子数量减少的影响，因为这弱化了贝类生成碳酸壳的能力。在北太平洋部分地区，pH值低的海水季节性涌升，已观察到对贝壳形成和生长的影响。这就需要采取适应行动，最大程度地减少贝类养殖业受到的影响。随着海洋总体pH值和溶解的碳酸根离子浓度继续降低，生态系统预计将出现更广泛的变化，从而影响依赖野生贝类的行业。海洋酸化分布不均，因此其影响在各地区不尽相同，小的空间尺度内也会有巨大差异。此外，分层可能导致底层水溶氧水平不足以支持贝类生存，因而也会减少贝类生产力。

47. 此外，温度、盐度及其他海洋变化也将改变贝类分布及生产力，影响为积极或消极将因地而异。与普通渔业一样，这些变化过程很不确定，可能会对现有贝类渔业和水产养殖产生破坏性影响(第11章)。

48. 海水温度升高及养分水平过高是造成与水华相关中毒事件的原因之一。这些中毒事件包括因食用感染贝类而染上麻痹性贝毒，感染者会迅速(通常在30分钟内)产生四肢麻痹、运动协调能力丧失和语无伦次等症状，且常常因此丧命。过去三十年中，已观察到有毒浮游植物水华事件愈加频繁，在北大西洋东西海岸水域尤甚(第20章)。

I. 营养盐污染

49. 来自海岸或大气的过度人源性营养盐(尤其是硝酸盐)投放会导致营养盐污染。营养盐尤其是氮化合物水平过高，可能导致藻华。藻华在有足够光照支持藻类光合作用时发生。最后，营养盐耗尽，藻类死亡腐烂并由细菌降

解，带走海水中的氧。气候变化导致海水分层加强，使这些问题更加严重。藻类腐烂还可能加剧局部海洋酸化。此外，富营养海水因洋流压力涌升，形成低氧区，甚至死亡区(无氧区)。出现海水涌升的区域，海岸富营养化问题可能加剧(第20章)。

J. 海岸带淹没和侵蚀

50. 由于海洋变暖和陆冰融化致使海平面上升，淹没、侵蚀海岸带，污染淡水储备和粮食作物，对世界各地的沿海系统和低洼区构成严重威胁。在很大程度上，这种影响不可避免，因其都是已有状况的后果，但如果不采取缓解和适应措施，就会产生破坏性后果。地势低的岛屿(包括基里巴斯、马尔代夫和图瓦卢)的全体居民在其岛屿上无处可逃。许多沿海地区，特别是一些低洼的三角洲，人口密度很高。据估计，有1.5亿多人生活的陆地高度不超过当前高潮水位1米，还有2.5亿人生活的陆地高度距高潮水位5米以内。由于人口密度高，沿海城市特别容易受到海平面上升和气候变化其他作用(如风暴形态改变)的不利影响。海平面上升还可能造成更多的海岸侵蚀，因为海水可能溢出或绕过现有海堤，海岸带还可能遭受更频繁的风暴(第5、7、26和44章)。

K. 高纬度地区海冰损失及相关影响

51. 高纬度地区冰雪覆盖的生态系统拥有对全球具有重要意义的生物多样性。这些生态系统的规模和性质使它们对生物圈的生物、化学和物理平衡至关重要。这些生态系统的生物多样性已经形成惊人的生存能力，能够在极端寒冷和变化幅度巨大的气候条件中生存。高纬度海域的生物生产力相对较低。这些高纬度地区特有的冰藻类生物在生态系统的变化发展中发挥着特别重要的作用。

52. 据估计，在冰雪常年覆盖的北冰洋中心区，冰藻对初级生产的贡献超过50%。随着海冰覆盖面的缩小，初级生产力可能下降，不冻水域物种的数量可能会增加。这些高纬度生态系统的变化速度超过世界其他地区。过去100年中，北极平均温度上升速度几乎是全球平均速度的两倍。海冰减少，尤其是多年海冰减少，将影响这些水域的大量物种，尤其是有赖于冰冻区域进行繁殖、休憩和啃食的物种。

53. 在南半球，南极磷虾(*Euphausia superba*)是重要物种，是包括很多鱼类、海鸟、海豹和鲸类在内的许多捕食动物喜爱的猎物。由于磷虾数量与前一年冬天海冰及冰藻范围大小密切相关(海冰越多，磷虾越多)，因此海冰数量的任何变化都很可能导致南极水域食物网变化。随着水域变暖，海冰的季节性范围缩小，磷虾数量也很可能减少，而樽海鞘等暖水物种的数量将增加。尽管很多捕食动物可以改食樽海鞘代替磷虾，但樽海鞘的食物品质远不如磷虾。因此，南大洋从海冰为主的区域转向不冻水域很可能对于以磷虾作为主要食物的很多海洋生物产生不利影响(第36G、36H和46章)。

54. 尽管目前经行北极水域的船只数量较少，但过去十年中不断增多。与气候变化有关的变暖导致的极地海冰退缩，意味着在北半球的夏季，绕过美洲和亚欧大陆北部在大西洋和太平洋之间进行航运的可能性增加。太平洋和大西洋之间的物种流动显示了这种潜在影响的规模。穿过北极地区的路线较短，可能更经济(估计节约成本20%-25%)。航运增加带来更大的海洋污染风险，既包括突发灾害，也包括慢性污染，以及可能通过船体附着物和压载水排放引入非本地物种。在极地条件下，细菌对泄漏石油的分解速度非常慢，而且极地生态系统的恢复速度一般也很慢，这意味着此类污染造成的损害会非常严重。此外，北冰洋目前基本

没有其他海洋盆地可以看到的应对和清除污染基础设施，从而增加了污染应对后勤保障的难度。这些因素会使此类问题更加严重。长此以往，穿行北冰洋的商业航运增加和可能产生的噪音干扰也会使海洋哺乳动物等动物丧失重要生境(第17章)。

L. 通信风险

55. 海底电缆始终面临因海底滑坡而断裂的风险。这种风险主要发生在大陆架边缘。由于在气候变化情景预测之中包括气旋、飓风和台风的分布与强度变化，受暴风影响，迄今为止曾经稳定的海底区域会不再稳定，从而造成更频繁的海底滑坡，破坏电缆。由于世界贸易对数字传输数据的依赖程度越来越高，这种海底电缆破坏(以及因船锚和船底拖网等其他原因造成的断裂)会越来越多，可能会延迟或中断对贸易而言至关重要的通信(第19章)。

四、结论

56. 对海洋的最大威胁来自疏于迅速处理上述多重问题。海洋的很多地方，包括国家管辖范围以外的一些区域已严重退化。这些问题如不解决，将很有可能合力产生破坏性的退化循环，使海洋不再能提供人类目前享受的许多惠益。





图片：Mathieu Foucaire Biosphoto



17-05753