

ipcc

政府间气候变化专门委员会

气候变化中的海洋 和冰冻圈特别报告

政府间气候变化专门委员会特别报告

决策者摘要



WG I

WG II



WMO



UNEP

气候变化中的海洋 和冰冻圈特别报告

政府间气候变化专门委员会特别报告

决策者摘要

编辑：

Hans-Otto Pörtner

第二工作组联合组长

Valérie Masson-Delmotte

第一工作组联合组长

Melinda Tignor

WGII TSU负责人

Andrés Alegría

图像官员

Jan Petzold

科学官员

Elvira Poloczanska

WGII科学顾问
联合组长和TSU科学主任

Maike Nicolai

沟通官员

Bardhyl Rama

运行主任

Debra C. Roberts

第二工作组联合组长

Panmao Zhai

第一工作组联合组长

Katja Mintenbeck

科学主任

Andrew Okem

科学官员

Nora M. Weyer

科学官员

第二工作组技术支持组

封面和封底艺术作品及排版：Stefanie Langsdorf

© 2019 政府间气候变化专门委员会

2020年6月由IPCC于瑞士印刷。本决策者摘要的电子版见IPCC网站www.ipcc.ch

ISBN 978-92-9169-555-3

SPM

Nerilie Abram (澳大利亚)、Carolina Adler (瑞士/澳大利亚)、Nathaniel L. Bindoff (澳大利亚)、Lijing Cheng (中国)、So-Min Cheong (韩国)、William W. L. Cheung (加拿大)、Matthew Collins (英国)、Chris Derksen (加拿大)、Alexey Ekaykin (俄罗斯)、Thomas Frölicher (瑞士)、Matthias Garschagen (德国)、Jean-Pierre Gattuso (法国)、Bruce Glavovic (新西兰)、Stephan Gruber (加拿大/德国)、Valeria Guinder (阿根廷)、Robert Hallberg (美国)、Sherilee Harper (加拿大)、Nathalie Hilmi (摩纳哥/法国)、Jochen Hinkel (德国)、Yukiko Hirabayashi (日本)、Regine Hock (美国)、Anne Hollowed (美国)、Helene Jacot Des Combes (斐济)、James Kairo (肯尼亚)、Alexandre K. Magnan (法国)、Valérie Masson-Delmotte (法国)、J.B. Robin Matthews (英国)、Kathleen McInnes (澳大利亚)、Michael Meredith (英国)、Katja Mintenbeck (德国)、Samuel Morin (法国)、Andrew Okem (南非/尼日利亚)、Michael Oppenheimer (美国)、Ben Orlove (美国)、Jan Petzold (德国)、Anna Pirani (意大利)、Elvira Poloczanska (英国/澳大利亚)、Hans-Otto Pörtner (德国)、Anjal Prakash (尼泊尔/印度)、Golam Rasul (尼泊尔)、Evelia Rivera-Arriaga (墨西哥)、Debra C. Roberts (南非)、Edward A.G. Schuur (美国)、Zita Sebesvari (匈牙利/德国)、Martin Sommerkom (挪威/德国)、Michael Sutherland (特立尼达和多巴哥)、Alessandro Tagliabue (英国)、Roderik Van De Wal (荷兰)、Phil Williamson (英国)、Rong Yu (中国)、Zhai Panmao (中国)

供稿作者:

Andrés Alegria (洪都拉斯)、Robert M. DeConto (美国)、Andreas Fischlin (瑞士)、Shengping He (挪威/中国)、Miriam Jackson (挪威)、Martin Künsting (德国)、Erwin Lambert (荷兰)、Pierre-Marie Lefevre (挪威/法国)、Alexander Milner (英国)、Jess Melbourne-Thomas (澳大利亚)、Benoit Meyssignac (法国)、Maïke Nicolai (德国)、Hamish Pritchard (英国)、Heidi Steltzer (美国)、Nora M. Weyer (德国)

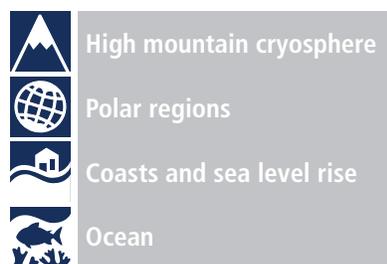
本决策者摘要的引用格式如下:

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

IPCC全会于2016年决定在第六个评估周期¹内编写三份特别报告，根据该决定编写了《气候变化中的海洋和冰冻圈²特别报告》（SROCC）。通过评估新的科学文献³，SROCC⁴对政府和观察员组织的建议做出了回应。SROCC之前还编写了另外两份特别报告，分别是《全球升温1.5°C（SR1.5）特别报告》和《气候变化与土地（SRCCL）⁵特别报告》以及政府间生物多样性和生态系统服务科学政策平台（IPBES）全球生物多样性和生态系统服务评估报告。

决策者摘要（SPM）汇编了报告的关键发现，分为三个部分：SPM.A：观测到的变化和影响；SPM.B：预估的变化和风险；SPM.C：实施应对海洋和冰冻圈变化的措施。为了帮助阅读SPM，以下图标可指示可以在哪里找到相应内容。此外，SROCC使用IPCC标定语言⁶来报告关键发现的信度，而每项关键发现的基本科学依据采用底报告章节的参考索引标示。

表示内容的图标键



- 1 于2016年4月11日至13日在肯尼亚内罗毕举行的政府间气候变化专门委员会第四十三次届全会决定编写《气候变化中的海洋和冰冻圈特别报告》。
- 2 本报告（附录1：术语表）将冰冻圈定义为陆地和海洋表面上下一定厚度内冻结的地球系统组成部分，包括积雪、冰川、冰盖、冰架、冰山、海冰、湖冰、河冰、多年冻土和季节性冻土，以及固态降水。
- 3 截止日期：2018年10月15日提交原稿，2019年5月15日接受发表。
- 4 SROCC是在第一工作组和第二工作组的科学领导下编写的。根据批准的大纲，除蓝碳（沿海生态系统）的潜在减缓能力外，未评估备选减缓方案（第三工作组）。
- 5 两份特别报告的全名分别为：《全球升温1.5°C：在加强全球应对气候变化的威胁、加强可持续发展和努力消除贫困背景下的关于全球升温高于工业化前水平1.5°C的影响以及相关的全球温室气体排放路径的IPCC特别报告》和《气候变化与土地：IPCC关于气候变化、荒漠化、土地退化、可持续土地管理、粮食安全及陆地生态系统温室气体通量的特别报告》。
- 6 每项发现都是基于对基础性证据和一致性的评估。置信度用五个术语表示：很低、低、中等、高和很高，均以斜体表示，如中等信度。使用下列术语来评估某一成果或结果的可能性：几乎确定的概率为99–100%、很可能90–100%、可能66–100%、或许可能33–66%、不可能0–33%、很可能0–10%、几乎不可能0–1%。评估结果的可能性也以斜体表示，如很可能。这与AR5和其他AR6特别报告相一致。还酌情使用了其它术语（极可能95–100%、多半可能>50–100%、多半不可能0–<50%、极不可能0–5%）。本报告还使用“可能范围”或“很可能范围”等术语来表示评估结果的可能性是在17–83%或5–95%的概率范围内。{1.9.2, 图1.4}

地球上的所有人都直接或间接地依赖于海洋和冰冻圈。海洋覆盖了71%的地球表面，并容纳了地球水的97%。冰冻圈是指地球系统的冻结部分²。地球上约有10%的土地被冰川或冰盖覆盖。海洋和冰冻圈可支持独特的栖息地，并通过全球水、能量和碳的交换与气候系统的其他组成部分相互联系。预估海洋和冰冻圈对过去和当前人类活动排放的温室气体以及持续的全球变暖的响应包括气候反馈、数十年至数千年来无法避免的变化、突变的阈值和不可逆性。{文框1.1, 1.2}

与沿海环境密切相关的人类社区、小岛屿（包括小岛屿发展中国家，SIDS）、极地地区和高山地区⁷尤其容易受到海洋和冰冻圈变化的影响，例如海平面上升、极端海平面和冰冻圈退缩等。远离海岸的其他社区也面临着海洋变化的影响，例如极端天气事件。如今，约有400万人永久居住在北极地区，其中10%是土著居民。目前约有6.8亿人口（2010年约占全球人口的10%）居住在地势低洼的沿海地区⁸，到2050年预估将超过10亿。小岛屿发展中国家有6500万人。包括土著居民在内的大约6.7亿人（2010年占全球人口的约10%）生活在除南极洲以外的所有大洲的高山地区。到2050年，高山地区的人口预估将达到7.4亿至8.4亿（预计将占全球人口的约8.4–8.7%）。{1.1, 2.1, 3.1, 跨章文框9, 图 2.1}

除了在气候系统内的作用（例如对天然和人为二氧化碳（CO₂）和热量的吸收和再分配作用，以及对生态系统的支撑作用）以外，海洋和/或冰冻圈可向人类提供的服务还包括食物和水供应、可再生能源以及对健康和福祉、文化价值、旅游、贸易和运输的效益。海洋和冰冻圈的状况与联合国可持续发展目标（SDG）中可持续性的各个方面都相互关联。{1.1, 1.2, 1.5}

⁷ 高山地区包括以冰川、雪或多年冻土为主要景观特征的所有山区。本报告所涵盖的高山地区列表，请参见第2章。本报告中评估的高山地区的人口是距冰川或多年冻土不足100公里的区域内人口数量。{2.1} 2050年的预估给出了在所有五种共享社会经济路径中这些地区的人口范围。{第1章的跨章文框1}

⁸ 低海拔沿海地区的人口是针对与海岸相连的陆地区域（包括小岛屿国家）计算的，这些区域的海拔高度不超过10米。{跨章文框9}2050年的预估给出了在所有五种共享社会经济路径中这些地区的人口范围。{第1章的跨章文框1}

SPM.A

A.1 过去几十年来，全球变暖已导致冰冻圈面积缩小、冰盖和冰川的质量损失（*很高信度*）、积雪（*很高信度*）和北极海冰的范围和厚度（*很高的信度*）减少、以及多年冻土的温度升高（*很高信度*）。{2.2, 3.2, 3.3, 3.4, 图SPM.1, SPM.2}

A.1.1  全球的冰盖和冰川都已损失了质量（*很高信度*）。2006年至2015年期间，格陵兰冰盖⁹的冰量平均损失速度为 $278 \pm 11 \text{ Gt yr}^{-1}$ （相当于全球海平面上升 $0.77 \pm 0.03 \text{ mm yr}^{-1}$ ）¹⁰，主要是由于表面融化（*高信度*）。2006–2015年，南极冰盖的质量损失平均速度为 $155 \pm 19 \text{ Gt yr}^{-1}$ （ $0.43 \pm 0.05 \text{ mm yr}^{-1}$ ），这主要是由于使西南极冰盖枯竭的主要溢出冰川迅速变薄和退缩（*很高信度*）。2006–2015年，格陵兰岛和南极洲以外的全球冰川的质量损失平均速度为 $220 \pm 30 \text{ Gt yr}^{-1}$ （相当于海平面上升 $0.61 \pm 0.08 \text{ mm yr}^{-1}$ ）。{3.3.1, 4.2.3, 附件2.A, 图SPM.1}

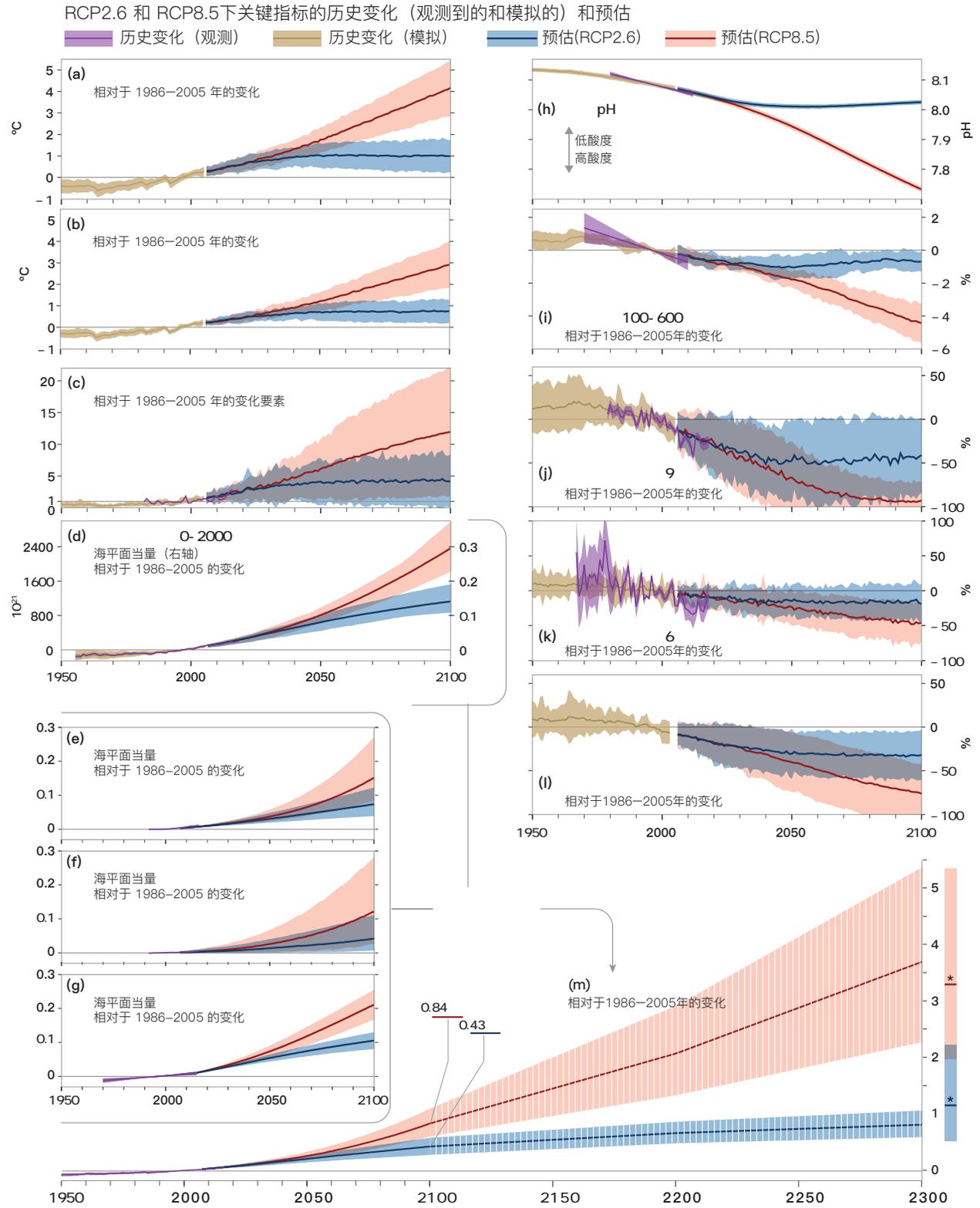
A.1.2  从1967年到2018年，北极地区6月的陆地积雪范围每十年减少 $13.4 \pm 5.4\%$ ，总损失约250万平方公里，主要是由于地表气温升高（*高信度*）。近几十年来，几乎在所有高山地区，积雪的深度、范围和持续时间都有所下降，尤其是在海拔较低的地区（*高信度*）。{2.2.2, 3.4.1, 图 SPM.1}

A.1.3  多年冻土的温度已经上升到创纪录的高水平（20世纪80年代至今）（*很高信度*），从2007年到2016年全球极地和高山地区的温度近期平均上升了 $0.29^\circ\text{C} \pm 0.12^\circ\text{C}$ 。北极和北方的多年冻土含有1460–1600 Gt的有机碳，约为大气中碳的两倍（*中等信度*）。有*中等证据量*表明，北部多年冻土区当前是否由于融化而释放出更多的甲烷和CO₂这一点为*低一致性*。多年冻土融化和冰川退缩降低了高山斜坡的稳定性（*高信度*）。{2.2.4, 2.3.2, 3.4.1, 3.4.3, 图SPM.1}

A.1.4  1979年至2018年期间，北极海冰范围很可能在一年中每个月都下降了。9月份海冰的减少很可能为每十年 $12.8 \pm 2.3\%$ 。9月的海冰的变化可能至少在1000年来是前所未有的。北极海冰变薄了，同时过渡到了更年轻的冰层：1979年至2018年期间，至少五年的多年冰的面积比例下降了约90%（*很高信度*）。陆地上夏季海冰和春季积雪减少的反馈导致北极的变暖加剧（*高信度*），过去二十年来，北极的地表气温可能上升了全球平均水平的两倍以上。北极海冰的变化有可能影响中纬度的天气（*中等信度*），但是对于特定天气类型的影响*信度低*。由于较大的区域变率和年际波动（*高信度*），总体上南极海冰范围的变化没有显示出统计上显著的长期趋势（1979–2018年）。{3.2.1, 6.3.1; 文框3.1; 文框3.2; A1.2, 图SPM.1, SPM.2}

⁹ 包括外围冰川

¹⁰ 360 Gt冰相当于全球平均海平面1毫米



SPM.1 | 观测到的和模拟的自1950年¹¹以来海洋和冰冻圈的历史变化，以及在低（RCP2.6）和高（RCP8.5）温室气体排放情景下预估的未来变化。

¹¹ 这并不意味着变化始于1950年。自工业化前时期以来，一些变量已经发生了变化。

图SPM.1 (继续) : (a) 全球平均地表气温变化及其可能的范围 [文框SPM.1, 第1章的跨章文框1]。与海洋有关的变化及其很可能范围: (b) 全球平均海表温度变化[文框5.1, 5.2.2]; (c) 表层海洋热浪天数的倍增因子[6.4.1]; (d) 全球海洋热含量变化 (0–2000米深度)。右轴显示的是近似的海平面上升量, 用海洋热含量乘以全球平均热膨胀系数 ($\epsilon \approx 0.125$ 米每 10^{24} 焦耳)¹²计算而来, 该热膨胀系数是用1970年以来观测到的变暖估算得到的 (图 5.1); (h) 全球海表平均pH值 (其为总量, 而非距平)。评估的观测趋势是用超过15年的海洋站点时间序列数据计算而来[文框5.1, 图5.6, 5.2.2]; (i) 全球平均海洋溶解氧变化 (100–600米深度平均)。以1996年为中心评估了1970–2010年的观测趋势[图5.8, 5.2.2]。**海平面变化及其可能范围:** (m) 全球平均海平面变化。散列的阴影反映了对2100年以后海平面预估的信度低, 而2300年的条形图反映了专家对可能的海平面变化范围的判断[4.2.3, 图4.2]; (e, f) 格陵兰和南极冰盖质量损失[3.3.1]; 以及 (g) 冰川质量损失[第2章跨章文框6, 表4.1]。**与冰冻圈有关的变化及其很可能范围:** (j) 9月北极海冰范围变化¹³[3.2.1, 3.2.2图3.3]; (k) 6月的北极积雪变化 (北纬60°以北的地区) [3.4.1、3.4.2, 图3.10]; (l) 北半球近地表 (3–4米内) 多年冻土面积的变化[3.4.1, 3.4.2, 图3.10]。本图并未针对中等水平的RCP4.5和RCP6.0情景下预估未来变化, 但可在底报告中找到部分相关内容。[对于RCP4.5请参见: 2.2.2, 第2章跨章文框6, 3.2.2, 3.4.2, 4.2.3, 对于RCP6.0请参见第1章跨章文框1]

SPM.1 | SROCC

本报告中对未来预估的评估主要基于使用代表性浓度路径 (RCP) 的CMIP5¹⁴气候模式预估。RCP是一些情景, 其中包括排放的时间序列以及全套温室气体 (GHG)、气溶胶和化学活性气体的浓度以及土地利用/土地覆盖。RCP仅提供了一组可能导致不同全球变暖水平的可能情景。{附录1: 术语表}

本报告在评估中主要使用RCP2.6和RCP8.5, 反映了现有文献的进展。RCP2.6代表的是低温室气体排放、高度减缓的未来情景, 在CMIP5模拟中, 该情景有2/3的机会到2100年可将全球变暖限制在低于2°C¹⁵。相比之下, RCP8.5是高温温室气体排放情景, 即没有应对气候变化的政策, 因而可导致大气中温室气体浓度不断持续增长。与全部RCP相比, RCP8.5对应的是温室气体排放量最高的路径。底报告还引用了其他情景, 包括RCP4.5和RCP6.0, 它们的温室气体排放量处于中间水平, 变暖也处于中间水平。{附录1: 术语表, 第1章的跨章文框1 }

表SPM.1提供了在SROCC指定的时间区间内, 四种不同RCP下相对于工业革命前的总变暖估算值。根据海洋和陆地地表气温观测资料, 1850–1900年到1986–2005年期间评估的变暖量值为0.63°C (可能范围为0.57至0.69°C)。与AR5中的方法一致, 上述观测到的变暖量值中还增加了相对于1986–2005年的全球平均地表气温的未来模拟变化。{第1章的跨章文框1 }

表SPM.1 | 在四个RCP下及2013–2050和2081–2100两个时段内, 相对于1850–1900年的全球平均表面温度预估变化¹⁶。{第1章的跨章文框1 }

| 情景 | 近期: 2031–2050 | | 本世纪末: 2081–2100 | |
|--------|---------------|-----------|-----------------|-----------|
| | 平均值 (°C) | 可能范围 (°C) | 平均值 (°C) | 可能范围 (°C) |
| RCP2.6 | 1.6 | 1.1至2.0 | 1.6 | 0.9至2.4 |
| RCP4.5 | 1.7 | 1.3至2.2 | 2.5 | 1.7至3.3 |
| RCP6.0 | 1.6 | 1.2至2.0 | 2.9 | 2.0至3.8 |
| RCP8.5 | 2.0 | 1.5至2.4 | 4.3 | 3.2至5.4 |

¹² 在不同的模式之间, 此系数 (单位全球平均海洋热吸收对应的海平面上升量: 米/单位热量) 的差异约10%, 并且到2100年, 在RCP8.5情景下, 由于海洋变暖使得平均热膨胀系数增加, 该差异可能系统性地增加约10%。{4.2.1, 4.2.2, 5.2.2}

¹³ 由于未来预估的信度低, 此处未显示南极海冰。{3.2.2}

¹⁴ CMIP5是耦合模式比较计划的第五阶段 (附录1: 术语表)。

¹⁵ 较低排放量的路径 (RCP1.9) 对应的是预估比RCP2.6低的变暖水平, 但其不属于CMIP5。

¹⁶ 在某些情况下, 本报告评估了与2006–2015年相比的变化。从1850–1900年到2006–2015年的变暖量为0.87°C (可能范围为0.75至0.99°C的)。{第1章的跨章文框1 }

- A.2 **几乎可以肯定的是**，自1970年以来，全球海洋在持续升温，并且已吸收了气候系统中90%以上的多余热量（**高信度**）。自1993年以来，海洋变暖的速度已经增加了一倍以上（**可能**）。自1982年以来，海洋热浪的频率**很可能**翻了一番，并且强度还在不断增加（**很高信度**）。通过吸收更多的CO₂，海表酸度不断增加（**几乎确定**）。从表面到1000米海水溶解氧含量在不断降低（**中等信度**）。{1.4, 3.2, 5.2, 6.4, 6.7, 图 SPM.1, SPM.2}
- A.2.1  IPCC第五次评估报告（AR5）中记录的海洋变暖趋势仍在继续。自1993年以来，海洋变暖及与此相关的海洋热量吸收增加了一倍以上（**可能**），从1969年至1993年期间的 $3.22 \pm 1.61 \text{ ZJ yr}^{-1}$ （0–700米深度）和 $0.97 \pm 0.64 \text{ ZJ yr}^{-1}$ （700–2000米）增至1993年至2017年间¹⁷的 $6.28 \pm 0.48 \text{ ZJ yr}^{-1}$ （0–700米）和 $3.86 \pm 2.09 \text{ ZJ yr}^{-1}$ （700–2000米），这是由于人为强迫导致（**很可能**）。{1.4.1, 5.2.2, 表5.1, 图SPM.1}
- A.2.2  1970年至2017年之间，南大洋热含量增加占全球海洋上层2000米总热增量的35–43%（**高信度**）。2005年至2017年期间，其份额增加到45–62%（**高信度**）。自1992年以来，2000米以下的深海变暖了（**可能**），尤其是在南大洋。{1.4, 3.2.1, 5.2.2, 表 5.1, 图SPM.2}
- A.2.3  在全球范围内，与海洋热量有关的事件有所增加；若将海表日温度超过当地第99个百分位时就定义为海洋热浪¹⁸，1982年至2016年期间，海洋热浪频率增加了一倍，并且持续时间更长、强度更大、范围更广（**很可能**）。2006年至2015年之间发生的海洋热浪中，有84%至90%**很可能是**由于人类导致的温度升高引起的。{表6.2, 6.4; F图SPM.1, SPM.2}
- A.2.4  自1970年以来，海洋上层200米层结¹⁹增强了（**很可能**）。观测到的表层海洋变暖和高纬度淡水注入使得海洋表层相对于次表层的密度降低（高信度），并抑制了表层和次表层之间的混合（高信度）。上层200米的层结从1971–1990年的平均值到1998–2017年的平均值增加了 $2.3 \pm 0.1\%$ （**很可能的范围**）。{5.2.2}
- A.2.5  自1980年代以来，海洋吸收了20%至30%的人类排放的CO₂（**很可能**），导致海洋持续酸化。自上世纪八十年代后期以来²⁰，开放海域的海表pH值平均变化速率为：每十年下降0.017–0.027个pH单位（**很可能**），而对于超过95%的海表区域，海表pH值的下降幅度已经超过了背景自然变率（**很可能**）。{3.2.1; 5.2.2; 文框5.1; 图 SPM.1, SPM.2}

¹⁷ ZJ是指Zettajoule，等于 10^{21} 焦耳。使整个海洋升温1°C大约需要5500 ZJ；144 ZJ将使海洋上层100米升温约1°C。

¹⁸ 海洋热浪是指近海表面温度持续处于极端高温状态的现象，可持续数天至数月，空间上可覆盖数千公里的范围（附录1：术语表）。

¹⁹ 在此报告中，层结是指浅层和深层之间的密度差。分层增加会减少热量、盐分、溶解氧、碳和养分的垂直交换。

²⁰ 基于超过15年的现场记录。

A.2.6  多数据集显示，在1970–2010年间，海洋上层1000米的溶解氧损失很可能在0.5–3.3%的范围内，同时海洋低氧区的体积可能增加了3–8%（中等信度）。氧气损失主要是由于海洋层结加强、海洋通风过程变化和生物地球化学过程所致（高信度）。{5.2.2; 图SPM.1, SPM.2}

A.2.7  实地观测（2004–2017年）和基于海表温度的代用观测数据都表明，相对于1850–1900年，大西洋经向翻转环流（AMOC）²¹已经减弱（中等信度）。由于观测记录的长度有限，并没有足够的数据来量化减弱的幅度或将其适当地归因于人为强迫。尽管目前尚不能进行归因，但在人为强迫的驱动下，CMIP5模式模拟集合平均显示1850–2015年的AMOC有所减弱。{6.7}

A.3 GMSL

{3.3; 4.2; 6.2; 6.3; 6.8; SPM.1, SPM.2, SPM.4, SPM.5}

A.3.1  1902–2015年，GMSL上升总量为0.16米（可能的范围为0.12–0.21米）。2006–2015年GMSL的上升速度为3.6 mm yr⁻¹（3.1–4.1 mm yr⁻¹，很可能的范围），这在上个世纪是前所未有的（高信度），是1901–1990年平均速率 1.4 mm yr⁻¹（0.8–2.0 mm yr⁻¹，很可能的范围）的约2.5倍。2006–2015年期间，冰盖和冰川贡献的总和是海平面上升的主要来源（1.8 mm yr⁻¹，很可能的范围为1.7–1.9 mm yr⁻¹），超过了海水的膨胀效应（1.4 mm yr⁻¹，很可能的范围为1.1–1.7 mm yr⁻¹）²²（很高信度）。自1970年以来全球平均海平面上升的主要原因是人为强迫（高信度）。{4.2.1, 4.2.2, 图PM.1}

A.3.2  由于格陵兰和南极冰盖的冰量损失速率都有所增加（很高信度），全球平均海平面上升已经加速（极可能）。2007–2016年南极冰盖的质量损失量是1997–2006年间的三倍。对于格陵兰岛，同期的质量损失是1997–2006年间的二倍（可能，中等信度）。{3.3.1; 图SPM.1, SPM.2; SPM A1.1}

A.3.3  西南极的阿蒙森海堤和东南极的威尔克斯地带观测到的冰流量和退缩有所加速，这有可能导致几个世纪内高达几米的海平面上升（很高信度）。这些变化可能是冰盖出现不稳定的开始，而这种不稳定是不可逆的²³。与冰盖不稳定开始有关的不确定性源于观测资料有限、对冰盖过程的模型表征不充分以及对大气、海洋与冰盖之间复杂相互作用的认识有限等。{3.3.1, 第3章跨章文框8, 4.2.3}

A.3.4  海平面上升在全球海域并不一致，其有空间差异。区域差异在全球平均海平面上升的±30%之内，这是由陆地冰损失以及海洋变暖和环流的空间差异造成的。在垂直陆地移动较为快速的地区，区域海平面变化与全球平均值的差异可能更大，包括当地人类活动（例如，抽取地下水）的影响（高信度）。{4.2.2, 5.2.2, 6.2.2, 6.3.1, 6.8.2, 图SPM.2}

²¹ 大西洋经向翻转环流（AMOC）是南、北大西洋的主要洋流系统（附录1：术语表）。

²² 由于地下水储量估算的不确定性，海平面上升的总速率大于冰冻圈和海洋贡献的总和。

²³ 恢复时间范围是数百到数千年（附录1：术语表）。

- A.3.5  极端波高可导致极端海平面事件、海岸侵蚀和洪水，在1985–2018年期间，极端波高在南大西洋和北大西洋增加了约 1.0 cm yr^{-1} 和 0.8 cm yr^{-1} （中等信度）。1992–2014年期间，北极海冰的损失也使得海浪高度有所增加（中等信度）。{4.2.2, 6.2, 6.3, 6.8, 文框 6.1}
- A.3.6  人类活动导致的气候变化使得与某些热带气旋相关的降水（中等信度）、风（低信度）和极端海平面事件（高信度）有所增加，从而增加了多个极端事件的强度和相关的级联影响（高信度）。近几十年来，人为气候变化可能导致了西北太平洋最大热带气旋强度区的极向迁移，这与人为强迫造成的热带扩张有关（低信度）。新的证据表明，近几十年来，全球每年达到4级或5级热带气旋的比例呈上升趋势（低信度）。{6.2, 表6.2, 6.3, 6.8, 文框6.1}

观测到的对生态系统的影响

- A.4 冰冻圈及其相关的水文变化影响了高山和极地地区的陆地和淡水物种及生态系统，表现在先前被冰覆盖的陆地露出了地面、积雪的变化以及多年冻土的融化等。这些变化促进了季节性活动、对生态、文化和经济上重要的动植物物种的丰度和分布、生态干扰和生态系统功能等方面的变化（高信度）。{2.3.2, 2.3.3, 3.4.1, 3.4.3, 文框3.4, 图SPM.2}
- A.4.1  上个世纪，随着冰川的消退和无雪季节的延长，一些动植物物种的数量增加，其范围发生变化，并在新地区繁衍（高信度）。变暖以及这些变化使高山地区本地物种的数量增加了，这是因为海拔较低的物种向高坡迁移（很高的信度）。对于一些适应寒冷或依赖雪的物种，其数量大幅减少，灭绝的风险上升，特别是在山顶上（高信度）。在极地和山区，许多物种改变了季节性活动，尤其是在冬末和春季（高信度）。{2.3.3, 文框3.4}
- A.4.2  野火事件的增加和多年冻土的突然融化，以及北极和山区水文状况的变化改变了生态失调的频率和强度（高信度）。这对植被和野生生物（如驯鹿和鲑鱼）既有积极又有消极的影响（高信度）。{2.3.3, 3.4.1, 3.4.3}
- A.4.3  卫星观测显示苔原在总体上在变绿，这通常指示了植物生产力的提高（高信度）。苔原和北方森林中出现的一些褐色区域表明这些区域生产力在下降（高信度）。这些变化对提供、调节和文化生态系统服务产生了消极影响，而在高山地区（中等信度）和极地地区（高信度）也对服务提供产生了一些暂时的积极影响。{2.3.1, 2.3.3, 3.4.1, 3.4.3, 附录1：术语表}

A.5 自大约1950年以来，由于海洋变暖、海冰变化以及栖息地的生物地球化学变化（例如溶解氧降低），许多海洋物种的地理范围和季节性活动都发生了变化（**高信度**）。这导致了生态系统的物种组成、丰度和生物量等从赤道向两极方向转移。物种之间的相互作用发生改变已对生态系统的结构和功能造成了级联影响（**中等信度**）。在一些海洋生态系统中，捕捞和气候变化都对物种造成了影响（**中等信度**）。{3.2.3, 3.2.4, 文框 3.4, 5.2.3, 5.3, 5.4.1, 图SPM.2}

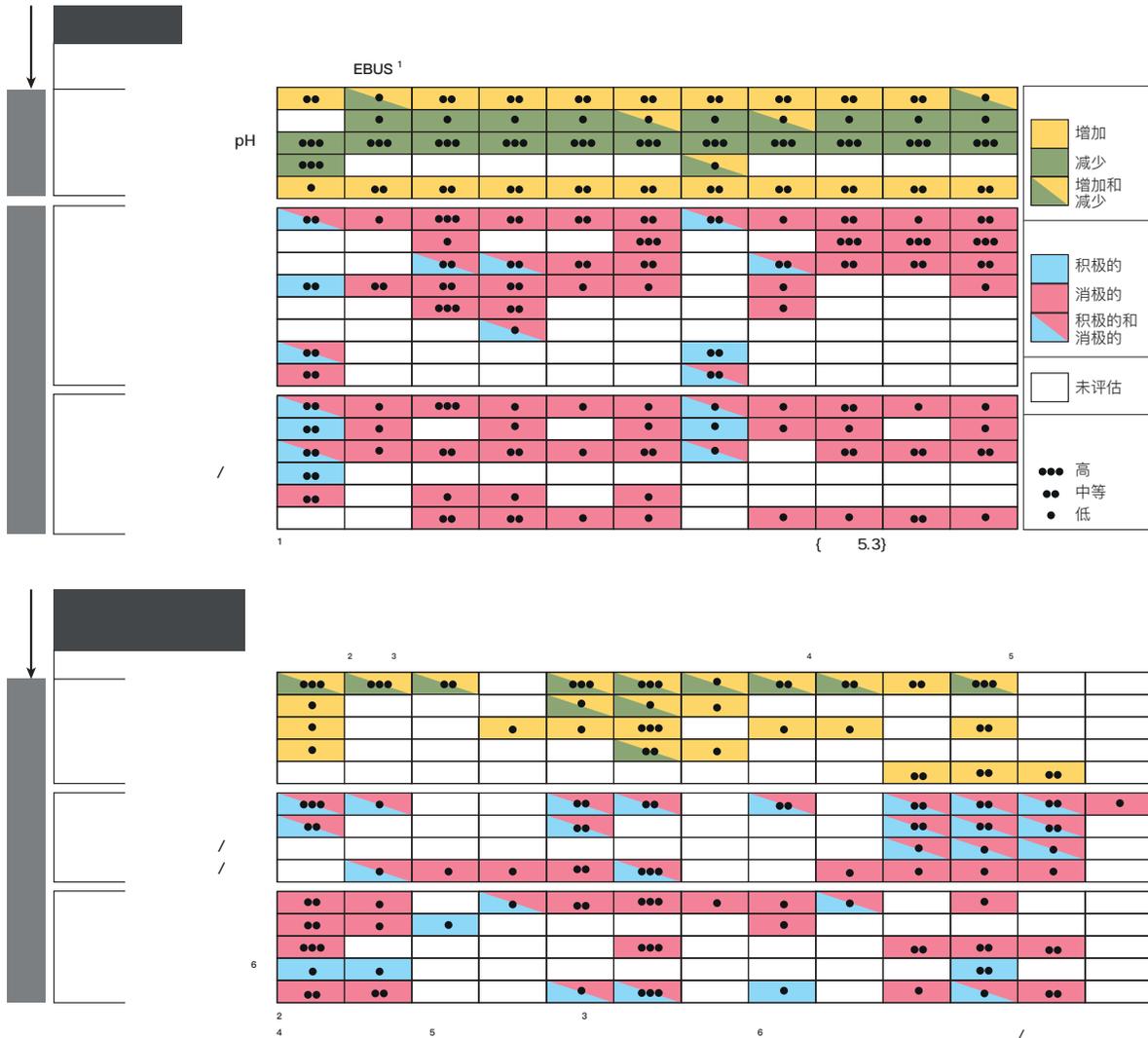
A.5.1  自20世纪50年代以来，海洋上层200米和海底生态系统中不同海洋物种分布的极向移动速率分别为每十年 52 ± 33 km和每十年 29 ± 16 km（**很可能的范围**）。观测到的物种分布的迁移速率和方向在深度、纬度和经度梯度上受局地温度、溶解氧和洋流的影响（**高信度**）。由变暖引起的物种范围扩大已导致生态系统结构和功能的改变，例如在北大西洋、东北太平洋和北极（**中等信度**）。{5.2.3, 5.3.2, 5.3.6, 文框 3.4, 图SPM.2}

A.5.2  最近几十年来，北极无冰水域的净初级生产力增加了（**高信度**），春季浮游植物爆发时间发生得更早，这是由于海冰变化和营养盐供应在不同区域对海洋生态系统造成了既有积极又有消极的影响（**中等信度**）。在南极，这种变化在空间上是不均匀的，并且与快速的局部环境变化有关，包括冰川退缩和海冰变化等（**中等信度**）。季节性活动的变化、某些北极浮游动物的生产力和分布以及南大西洋南极磷虾种群分布向南迁移都与气候相关的环境变化有关（**中等信度**）。在极地，依赖于冰的海洋哺乳动物和海鸟的栖息地逐渐收缩，这与海冰变化有关（**高信度**），并且由于气候对猎物分布的影响而会对它们的觅食成功率产生影响（**中等信度**）。多种与气候有关的驱动因素对极地浮游动物的级联效应已影响了食物链的结构和功能、生物多样性以及渔业（**高信度**）。{3.2.3, 3.2.4, 文框3.4, 5.2.3, 图SPM.2}

A.5.3  东边界上升流系统（EBUS）是生产力最高的海洋生态系统。海洋酸化和溶解氧降低对四个主要上升流系统中的两个产生了消极影响：加利福尼亚寒流和洪堡寒流（**高信度**）。加利福尼亚寒流上升流系统的酸化和溶解氧降低已经改变了其中的生态系统结构，并对生物量生产和物种组成产生了直接的消极影响（**中等信度**）。{文框5.3, 图SPM.2}

A.5.4  20世纪至今的海洋变暖已导致海洋最大捕捞潜力下降（**中等信度**），加剧了过度捕捞对某些鱼类的影响（**高信度**）。在许多地区，由于全球变暖和生物地球化学变化的直接和间接影响，鱼类和贝类资源的丰度已经下降，并已经导致渔业捕捞量减少（**高信度**）。然而，在另一些地区，海洋条件的变化扩大了栖息地范围和/或增加了某些物种的丰度（**高信度**）。自20世纪70年代以来，在许多生态系统中，这些变化伴随着渔获物中物种构成的变化（**中等信度**）。{3.2.3, 5.4.1, 图SPM.2}

- A.6 海洋变暖，加上人类活动对海洋和陆地的不利影响，已经影响到了沿海生态系统，包括海洋热浪加剧、酸化、溶解氧降低、咸水入侵和海平面上升（**高信度**）。目前已经观测到沿海生态系统的栖息地面积、生物多样性以及生态系统功能和服务都已经受到了影响（**高信度**）。{4.3.2, 4.3.3, 5.3, 5.4.1, 6.4.2, 图 SPM.2}
- A.6.1  植被繁茂的沿海生态系统可以保护海岸线免受风暴的影响和侵蚀，并有助于缓解海平面上升带来的影响。过去100年来，由于局地人为压力、海平面上升、变暖和极端气候事件的综合影响，近50%的沿海湿地已经丧失（**高信度**）。植被繁茂的沿海生态系统是重要的碳库，目前沿岸生态系统的损失已经造成了0.04–1.46 GtC yr⁻¹的碳释放（**中等信度**）。自20世纪70年代后期以来，由于变暖，高纬度地区的海草场和海藻林的分布范围在扩大，而在低纬度地区则在收缩（**高信度**），在某些地区，热浪会造成它们的不定期损失（**中等信度**）。自20世纪60年代以来，变暖导致大规模红树林死亡，但这一情况因其随着温度升高而侵入副热带盐沼区域得到一定的缓解。这致使草本植物丧失了开阔的生长地，它们又可为依赖其的动物提供食物和栖息地（**高信度**）。{4.3.3, 5.3.2, 5.3.6, 5.4.1, 5.5.1, 图 SPM.2}
- A.6.2  由于海平面上升，河口中海水的入侵增加，海洋物种向上游迁移（**中等信度**），减少了河口种群的适宜栖息地（**中等信度**）。自20世纪70年代以来，由于人类的密集开发和流域盆地的物质输送，河口中营养盐和有机物富集，加剧了海洋变暖对细菌呼吸的刺激作用，从而导致低氧区域的扩大（**高信度**）。{5.3.1}
- A.6.3  海平面上升对沿海生态系统的影响包括栖息地萎缩、相关物种的地理迁移、以及生物多样性和生态系统功能的丧失。直接的人类活动干扰加剧了这些影响，但人类活动造成的屏障会阻止沼泽和红树林向陆地方向的迁移（称为沿岸挤压）（**高信度**）。根据局地地貌和沉积物供应，沼泽和红树林能够以等于或大于当前平均海平面上升速率的速度垂直生长（**高信度**）。{4.3.2, 4.3.3, 5.3.2, 5.3.7, 5.4.1}
- A.6.4  暖水珊瑚礁和岩石海岸以不动的钙化（例如，产生贝壳和骨骼）生物为主，例如珊瑚、藤壶和贻贝等，目前已受到极端温度和海洋酸化的影响（**高信度**）。自1997年以来，海洋热浪已经导致大规模的珊瑚白化事件，其频率不断增加（**很高的信度**），从而导致世界范围内的珊瑚礁退化，而一旦珊瑚礁退化发生，其恢复将非常缓慢（超过15年）（**高信度**）。旷日持久的高温和生物体脱水可对岩岸生态系统构成高风险（**高信度**）。{SR1.5; 5.3.4, 5.3.5, 6.4.2.1, 图 SPM.2}



SPM.2 | SROCC中评估的海洋²⁴（顶部）以及高山和极地地区（底部）中观测到的区域灾害和影响的综合信息。 每一个区域均显示了物理变化、对关键生态系统的影响以及对人类系统、生态系统功能和服务的影响。对于物理变化，黄色/绿色分别表示所测量变量的数量或频率的增加/减少。对于对生态系统、人类系统和生态系统服务的影响，蓝色或红色分别表示对于给定系统或服务，所观测到的影响分别是积极的（有益的）或消极的（不利的）。“增加和减少”的单元格表示，在该区域内，发现了自然变化的增加和减少，但不一定相等；显示“积极和消极”影响的单元格也是如此。对于海洋地区，信度水平是指将观测到的自然系统变化归因于温室气体强迫，以及归因于气候变化对生态系统、人类系统和生态系统服务的影响的信度。对于高山和极地地区，显示了将物理变化和影响至少部分归因于冰冻圈变化的信度水平。没有评估意味着：不适用、未在区域范围内评估、或证据不足以进行评估。海洋中的自然变化定义为：除了南大海（0-2000米）和北冰洋（上混合层和主要流入分支）以外，0-700米海洋的温度变化；0-1200米或低氧区中的溶解氧；海洋pH值为海表pH值（降低的pH值对应于海洋酸化）。海洋生态系统：珊瑚是指温水珊瑚礁和冷水珊瑚。“上层水体”类别是指除极地地区以外的所有海洋真光层，其中包括对上层200米以下的开阔水域中某些生物的影响。沿海湿地包括盐沼、红树林和海草。海草林是特定大型藻类的栖息地。岩岸是主要是固定的钙化生物（如贻贝和藤壶）的沿海栖息地。深海是指深达3000-6000米的海底生态系统。相关的海冰包括海冰之中、之上和之下的生态系统。栖息地服务是指支撑结构和服务（例如，栖息地、生物多样性、初级生产力）。沿海碳封存是指沿海蓝碳生态系统对碳的吸收和储存。陆地生态系统：苔原指的是苔原和高山草甸，且包括南极陆地生态系统。迁移是指净迁移的增加或减少，而不是有益/不利的价值。对旅游业的影响是指旅游业的经营状况。文化服务包括文化特征、家园意识以及精神、内在和美学价值，以及冰川考古的贡献。表SM2.6、SM2.7、SM2.8、SM3.8、SM3.9和SM3.10中提供了关于陆地区域的基本信息，海洋区域的信息见表SM5.10、SM5.11、SM3.8、SM3.9和SM3.10。{2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.3.6, 2.3.7, 图 2.1, 3.2.1; 3.2.3; 3.2.4; 3.3.3; 3.4.1; 3.4.3; 3.5.2; 文框 3.4, 4.2.2, 5.2.2, 5.2.3, 5.3.3, 5.4, 5.6, 图5.24, 文框 5.3}

²⁴ 本报告未将陆缘海作为海洋区域进行单独评估。

观测到对人类和生态系统服务的影响

A.7 自20世纪中叶以来，北极和高山地区的冰冻圈不断缩小，这对粮食安全、水资源、水质、生计、健康和福祉、基础设施、交通、旅游和娱乐业、以及人类社会的文化，特别是土著人民的文化等多方面产生了显著的消极影响（**高信度**）。不同人群和地区的成本和收益并不是一致的。适应气候变化得益于土著和原住民知识的纳入（**高信度**）。{1.1, 1.5, 1.6.2, 2.3, 2.4, 3.4, 3.5, 图 SPM.2}

A.7.1  在许多北极地区，积雪、湖泊和河冰以及多年冻土的变化已对粮食和水安全产生了消极影响（**高信度**）。这些变化扰乱了放牧、狩猎、捕鱼和聚集区的通行和粮食供应，损害了包括土著居民在内的北极居民的生计和文化特征（**高信度**）。冰川退缩和积雪变化已导致某些高山地区的农业产量出现局部性的下降，包括兴都库什喜马拉雅山和热带安第斯山脉（**中等信度**）。{2.3.1., 2.3.7, 文框 2.4, 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.5.2, 图 SPM.2}

A.7.2  在北极，冰冻圈变化对人类健康的消极影响包括增加食源性疾病和水传播疾病、营养不良、外伤和精神健康压力增加的风险，特别是对土著人民（**高信度**）。在一些高山地区，水质受到冰川融化和多年冻土融化释放的污染物（尤其是汞）的影响（**中等信度**）。在北极，得益于土著知识的引入，从地方到国际尺度上都开展了与健康有关的适应行动（**高信度**）。{1.8, 第1章跨章文框4, 2.3.1, 3.4.3}

A.7.3  北极居民，尤其是原住民，已经调整了活动时间，以应对季节的调整以及在陆地和冰雪上的交通安全条件的变化。市政部门和工业界已开始解决受到洪水和多年冻土融化影响的基础设施故障，而一些沿海社区已计划搬迁（**高信度**）。缺乏有效参与规划过程的资金、技能、能力和机构等方面的支持是进行有效适应的主要挑战（**高信度**）。{3.5.2, 3.5.4, 跨章文框9}

A.7.4  过去二十年来，伴随着海冰的减少，夏季北极船舶运输（包括旅游业）有所增加（**高信度**）。这影响了与传统航运走廊相关的全球贸易和经济，并给北极海洋生态系统和沿海社区带来了风险（**高信度**），例如入侵物种和污染。{3.2.1, 3.2.4, 3.5.4, 5.4.2, 图 SPM.2}

A.7.5  过去几十年来，由于人口增长、旅游业和社会经济发展（**高信度**），人类和基础设施遭受自然灾害的暴露度增加了。在安第斯山脉、亚洲高山、高加索和欧洲阿尔卑斯山等区域，一些灾害与冰冻圈的变化有关（**中等信度**）。{2.3.2, 图 SPM.2}

A.7.6  积雪和冰川的变化已经改变了依靠冰雪融水补给为主的河流和冰川河流域的径流和水资源的数量和季节性（**很高的信度**）。在中欧、冰岛、美国西部/加拿大和热带安第斯山脉等地区，水力发电设施的季节性发生了变化，且其从高山地区输入的水量既有增加又有减少（**中等信度**）。但是，并没有足够的证据表明他们会能源生产和运营产生何种影响。{B1.4, 2.3.1}

A.7.7  高山的美学和文化方面已受到冰川和积雪减少的不利影响（例如在喜马拉雅山、东非、热带安第斯山脉）（**中等信度**）。旅游业和娱乐业，包括滑雪和冰川旅游、远足和登山等，在许多山区也受到了消极影响（**中等信度**）。在某些地方，人工造雪可减少滑雪旅游业的消极影响（**中等信度**）。{2.3.5, 2.3.6, 图 SPM.2}

A.8 海洋变化影响了海洋生态系统和生态系统服务，但不同区域的影响结果不同，对其治理提出了挑战（高信度）。通过影响渔业（中等信度）、当地文化和生计（中等信度）以及旅游和娱乐业（中等信度），海洋变化对粮食安全既有积极又有消极的影响。而通过对生态系统服务的影响，其给健康和福祉带来了负面效应（中等信度），还给依赖渔业的土著和原住民产生了消极影响（高信度）。{1.1, 1.5, 3.2.1, 5.4.1, 5.4.2, 图SPM.2}

A.8.1  升温造成某些鱼类和贝类的种群空间分布和丰度发生了变化，这对捕捞量、经济效益、生计和当地文化即产生了积极影响也产生了消极的影响（高信度），也对依赖渔业的土著和原住民造成了消极影响（高信度）。物种分布和丰度的变化已经对包括北极、北大西洋和太平洋地区在内的国际和国家海洋及渔业治理带来了挑战，需要规范捕捞以确保生态系统的完整性以及需要捕捞实体之间共享资源（高信度）。{3.2.4, 3.5.3, 5.4.2, 5.5.2, 图 SPM.2}

A.8.2  自20世纪80年代以来，由于气候和非气候驱动因素（例如河流养分径流增加），有害藻华在沿海地区显示出范围扩大和频率增加的趋势（高信度）。观测到的有害藻华的趋势可部分归因于海洋变暖、海洋热浪、溶解氧下降、富营养化和污染的影响（高信度）。有害的藻华已对粮食安全、旅游业、当地经济和人类健康产生了消极影响（高信度）。一些区域并没有针对有害藻华的持续监测计划和专门的预警系统，因此这里的人类更容易受到生物危害的影响（中等信度）。{文框5.4, 5.4.2, 6.4.2}

A.9 沿海地区面临多种与气候有关的危害，包括热带气旋、极端海平面和洪水、海洋热浪、海冰减少和多年冻土融化等（高信度）。在全球范围内，已经有多种应对措施开始实施，大多数是在极端事件之后做出的，但也有一些是基于未来海平面上升预期而采取的，例如大型基础设施。{3.2.4, 3.4.3, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, 4.4.2, 5.4.2, 6.2, 6.4.2, 6.8,文框6.1, 跨章文框9, 图 SPM.5}

A.9.1  在大多数地方，依然很难将沿海变化对人类的影响归因于海平面上升，这是因为人为的非气候因素的影响，例如地面沉降（例如，地下水开采）、污染、栖息地退化、礁石和砂矿开采等（高信度）。{4.3.2., 4.3.3}

A.9.2  在许多沿海城市和三角洲，使用堤坝、海塘和防潮闸等硬件手段进行海岸保护的做法十分普遍。基于生态系统的混合方法结合了生态系统和构建的基础设施，在全球范围内越来越流行。海岸前进指通过朝海建设（例如填海）来创造新土地，在大多数人口密集且土地短缺的沿海地区，这种做法历史悠久。还观测到沿海撤退，即撤消人类对沿海地区的占领，但通常仅限于小型人类社区或发生在沿海湿地栖息地。图SPM.5评估了海平面上升应对措施的有效性。{3.5.3, 4.3.3, 4.4.2, 6.3.3, 6.9.1, 跨章文框9}

SPM.B

预估的自然变化²⁵

B.1 由于地表气温升高（高信度），全球范围内的冰川质量损失、多年冻土融化以及积雪和北极海冰范围的减少预计将在近期（2031–2050年）持续下去，并造成不可避免的河流径流变化和局部灾害（高信度）。整个21世纪及以后，格陵兰和南极冰盖预计将以更快的速率损失质量（高信度）。在高温气体排放情景下，预计在21世纪下半叶，冰冻圈变化的速度和幅度将进一步增加（高信度）。若能在未来几十年大幅减少温室气体排放，可极大的减少2050年后的进一步变化（高信度）。{2.2, 2.3, 第2章跨章文框6, 3.3, 3.4, 图SPM.1, SPM 文框SPM.1}

B.1.1  预估的2015年至2100年期间冰川减少量范围（不包括冰盖）从RCP2.6的 $18\pm 7\%$ （可能范围）到RCP8.5的 $36\pm 11\%$ （可能范围）。对应的海平面当量为：RCP2.6是 94 ± 25 毫米（可能范围），RCP8.5为 200 ± 44 毫米（可能范围）（中等信度）。在RCP8.5情景下，预计到2100年，小型冰川地区（例如中欧、高加索、北亚、斯堪的纳维亚、热带安第斯山脉、墨西哥、东非和印度尼西亚）将损失目前冰量的80%以上（中等信度），而无论未来的排放量如何，预计许多冰川都会消失（很高的信度）。{第2章跨章文框6, 图SPM.1}

B.1.2  2100年，格陵兰冰盖对GMSL上升的贡献预估在RCP2.6下为0.07米（0.04–0.12米，可能范围），在RCP8.5下为0.15米（0.08–0.27米，可能范围）。在2100年，预计南极冰盖在RCP2.6下对海平面上升的贡献为0.04米（0.01–0.11米，可能范围），在RCP8.5下贡献0.12米（0.03–0.28米，可能范围）。目前，格陵兰冰盖对海平面上升的贡献大于南极冰盖（高信度），但是由于迅速退缩，到21世纪末，南极洲可能成为更大的贡献因素（低信度）。2100年以后，在RCP8.5下，格陵兰和南极对GMSL上升的相对贡献的差异越来越大，这对北半球相对海平面上升的速度具有重要影响。{3.3.1, 4.2.3, 4.2.5, 4.3.3, 第3章跨章文框8, 图SPM.1}

B.1.3  相对于1986–2005年，北极秋季和春季积雪预计在2031–2050年将减少5–10%，在RCP2.6下随后不会进一步损失；但在RCP8.5下到本世纪末还会再损失15–25%（高信度）。不论何种排放情景，在高山地区，与1986–2005年相比，预计2031–2050年低海拔地区平均冬季积雪深度将可能减少10–40%（高信度）。到2081–2100年，RCP2.6下预计减少量为10–40%，在RCP8.5下为50–90%。{2.2.2, 3.3.2, 3.4.2, 图SPM.1}

²⁵ 由于以下原因，本报告主要使用RCP2.6和RCP8.5：这些情景在很大程度上代表了本报告涵盖主题的评估范围；它们主要代表基于CMIP5的文献所涵盖的内容；并且它们可对预期的变化进行一致的叙述。RCP4.5和RCP6.0不适用于报告中涉及的所有主题。{文框SPM.1}

- B.1.4  预计本世纪（**很高的信度**）及以后将出现广泛的多年冻土融化。到2100年，在RCP2.6下预计近地表多年冻土面积（3–4米内）将减小 $24\pm 16\%$ （**可能范围**），在RCP8.5下将减小 $69\pm 20\%$ （**可能范围**）。RCP8.5情景下，到2100年，多年冻土融化将累计向大气中释放数百至数千亿吨（GtC）碳（以 CO_2^{26} 和甲烷的形式），这有可能会加剧气候变化（**中等信度**）。较低的排放情景会减弱来自多年冻土区的碳排放的响应（**高信度**）。甲烷在额外碳释放总量中所占的比例很小，但由于其变暖潜能较高，因此也很重要。预计更多的植物生长将部分补充土壤中的碳，但从长期来看不足以补齐碳释放量（**中等信度**）。{2.2.4, 3.4.2, 3.4.3, 图SPM.1, 第1章跨章文框5}
- B.1.5  在许多高山地区，预计冰川退缩和多年冻土融化将进一步降低斜坡的稳定性，而冰川湖的数量和面积将继续增加（**高信度**）。预计在新的地点或不同的季节将会出现由于冰湖溃决或雨雪混合、滑坡和雪崩引起的洪水（**高信度**）。{2.3.2}
- B.1.6  不论排放情景如何，以冰雪融水补给为主或冰川高山流域的河流径流量预计都将发生变化（**很高的信度**），平均冬季径流量（**高信度**）会增加，而春季径流量高峰会提前（**很高的信度**）。在所有排放情景中，冰川的年均和夏季径流量预计将在21世纪末或之前达到峰值（**高信度**），例如亚洲高山地区将在本世纪中叶左右达峰，随后冰川径流量将下降。在冰川覆盖少的地区（例如热带安第斯山脉、欧洲阿尔卑斯山），大多数冰川已经过了峰值（**高信度**）。预计到2100年（RCP8.5）冰川径流量的下降可以减少几个大型流域融水季节至少一个月的流域径流量的10%或更多，尤其是在旱季的亚洲高山地区（**低信度**）。{2.3.1}
- B.1.7  北极海冰的损失预计将持续到本世纪中叶，此后的差异将取决于全球变暖的程度：对于稳定的 1.5°C 全球升温，到本世纪末9月无海冰的年度概率约为1%；对于 2°C 全球升温，该概率可上升至10–35%（**高信度**）。对南极海冰的预估 **信度较低**。{3.2.2, 图 SPM.1}
- B.2 在21世纪，随着海水温度升高（**几乎确定**）、上层海洋层结加剧（**很可能**）、进一步酸化（**几乎确定**）、溶解氧减少（**中等信度**）以及净初级生产的改变（**低信度**），预估海洋会转变到前所未有的状况。预估会更频繁发生海洋热浪（**很高信度**）以及极端厄尔尼诺和拉尼娜事件（**中等信度**）。预估大西洋经向翻转环流（AMOC）会减弱（**很可能**）。在低温室气体排放情景下，这些变化的速度和幅度将会更小（**很可能**）。{3.2; 5.2; 6.4; 6.5; 6.7; 文框5.1; 图SPM.1, SPM.3}
- B.2.1  海洋将在整个21世纪继续变暖（**几乎确定**）。在RCP8.5下，预估到2100年，海洋上层2000米吸收的热量比自1970年以来观测到的海洋热量吸收量高5–7倍（或在RCP2.6下高2–4倍）（**很可能**）。相对于1986–2005年，在 60°S 至 60°N 之间，预估2081–2100年在RCP8.5下海洋上层200米的年平均密度层结¹⁹将增长12–30%，在RCP2.6下将增加1–9%（**很可能**）。层结加强将抑制垂向营养物质、碳和溶解氧的通量。{5.2.2, 图SPM.1}
- B.2.2  相对于2006–2015年，在RCP8.5下，预估到2081–2100年全球海洋溶解氧含量（**中等信度**）、上层海洋硝酸盐含量（**中等信度**）、净初级生产力（**低信度**）以及碳输出（**中等信度**）的下降幅度很可能分别为3–4%、9–14%、4–11%和9–16%。在RCP2.6下，到2081–2100年，预估的全球海洋溶解氧降低（**很可能**）、营养物质质量（或许可能）以及净初级生产力（**高信度**）的变化比RCP8.5情景下均会有所减小。{5.2.2; 文框5.1; 图SPM.1, SPM.3}

²⁶ 供参考，2008–2017年期间，人为 CO_2 年均排放总量为 $10.8 \pm 0.8 \text{ GtC yr}^{-1}$ （ $39.6 \pm 2.9 \text{ GtCO}_2 \text{ yr}^{-1}$ ）。2003–2012年期间，年均人为甲烷排放总量为 $0.35 \pm 0.01 \text{ GtCH}_4 \text{ yr}^{-1}$ 。{5.5.1}

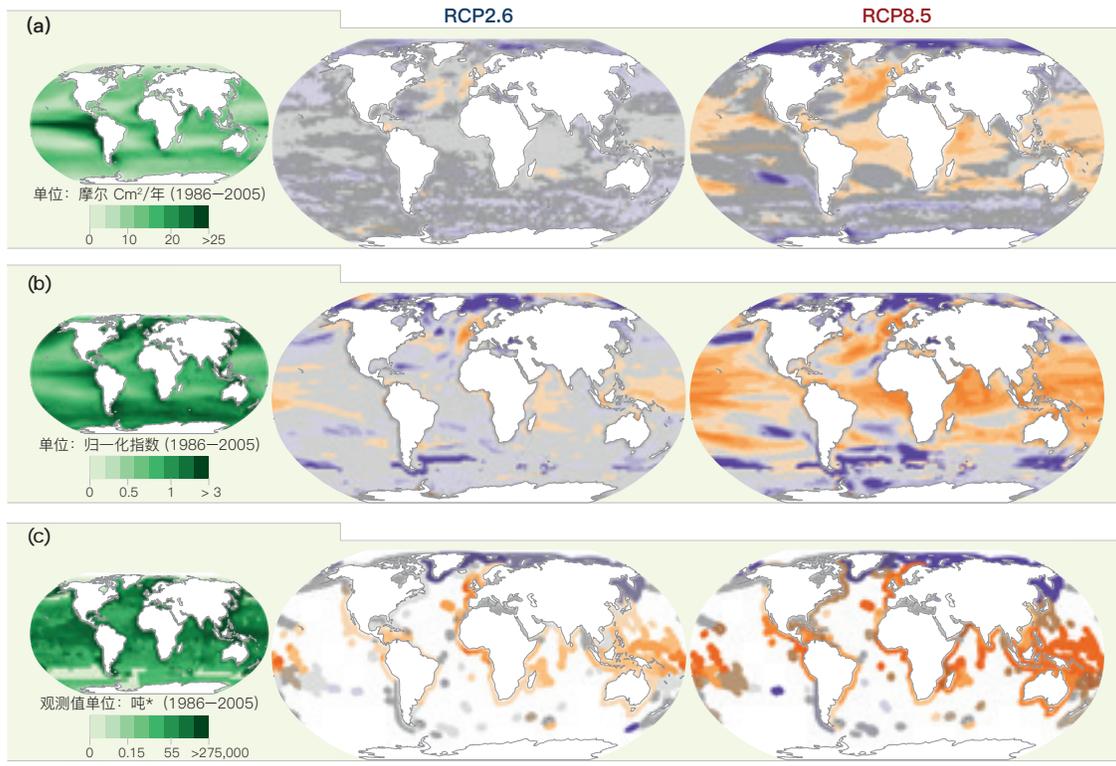
- B.2.3**  到2100年，海洋持续的碳吸收几乎确定会加剧海洋酸化。相对于2006–2015年，在RCP8.5下，预估到2081–2100年全球开放海域海面pH值会下降约0.3 pH单位（几乎确定）。在RCP8.5情景下，由于极地和副极地海洋全年超过文石稳定性阈值，到2018–2100年，关键文石壳形物种面临更高的风险（很可能）。在RCP2.6情景下，在本世纪可避免发生这些状况（很可能），但一些东边界上升流系统预估仍然脆弱（高信度）。{3.2.3, 5.2.2, 文框5.1, 文框5.3, 图SPM.1}
- B.2.4**  自工业化前时代以来前所未有的气候条件正在海洋中生成，加剧了大洋生态系统的风险。历史时期已经出现海面酸化和变暖（很可能）。在RCP8.5下，预估到2031–2050年，59–80%以上的海域在100–600米深度会出现溶解氧降低（很可能）。在RCP8.5下，在60%以上的海域和RCP2.6下30%以上的海域，海洋生态系统变化的5个主要驱动因素（海面变暖和酸化、溶解氧降低、硝酸盐含量和净初级生产力变化）预估都会在2100年之前出现（很可能）。{附录一：术语, 文框5.1, 文框5.1图1}
- B.2.5**  海洋热浪的频率、持续时间、空间范围和强度（最高温度）预估会进一步增加（很高信度）。基于气候模式预估，相对于1850–1900年的状况，到2081–2100年在RCP8.5下海洋热浪的频率将增加大约50倍，在RCP2.6下将增加约20倍（中等信度）。预估其在北极和热带海洋的频率增幅最大（中等信度）。相对于1850–1900年的状况，在RCP8.5下，预估到2081–2100年海洋热浪的强度会增加约10倍（中等信度）。{6.4, 图SPM.1}
- B.2.6**  预估在21世纪，极端厄尔尼诺和拉尼娜事件发生的频率可能增加，并且可能加剧现有的灾害，全球一些地区会出现雨水偏少或雨水偏多的现象。在RCP2.6和RCP8.5两种情景下，预估21世纪极端厄尔尼诺事件的发生频率约为20世纪的两倍（中等信度）。预估表明，极端印度洋偶极子事件发生的频率也会增加（低信度）。{6.5; 图6.5, 6.6}
- B.2.7**  在所有RCP下，预估AMOC在21世纪会减弱（很可能），但很可能不会崩溃（中等信度）。根据CMIP5的预估，到2300年，在高排放情景下，AMOC崩溃或许可能出现，而在较低排放情景下则很可能不会（中等信度）。预估AMOC的任何实质性减弱都会造成北大西洋的海洋生产力下降（中等信度）、欧洲北部发生更多风暴（中等信度）、萨赫勒夏季降雨偏少（高信度）及南亚夏季降雨偏少（中等信度）、大西洋热带气旋数量减少（中等信度），以及沿北美东北海岸的区域海平面上升（中等信度）。这些变化将叠加到全球变暖信号之上。{6.7; 图6.8–6.10}
- B.3** 海平面将持续加速上升。在所有RCP情景下，预估到2050年历史罕见的极端海平面事件（在1986–2005期间百年一遇的事件）在许多地区会更频繁的发生（至少为每年一遇），尤其是在热带地区（高信度）。日益频繁的高水位会对许多地区产生严重影响，但这也取决于暴露度（高信度）。在所有RCP情景下，预估2100年之后海平面仍会持续上升。在高排放情景（RCP8.5）下，2100年全球海平面上升的预估大于AR5中的预估，这是由于南极冰盖的贡献更大了（中等信度）。在RCP8.5下的未来几个世纪，预估海平面上升的速度会超过每年几厘米，导致海平面升高数米（中等信度）；而在RCP2.6下，预估在2300年，海平面上升会限制在1米左右（低信度）。预估的热带气旋强度加大和降水的增加将加剧极端海平面和沿海灾害（高信度）。预估的海浪和潮汐变化因地而异，因此它们可能或加剧或减轻上述灾害（中等信度）。{第1章跨章文框5；第3章跨章文框8；4.1；4.2；5.2.2；6.3.1；图SPM.1, 图SPM.4, 图SPM.5}

- B.3.1  相对于1986–2005年，预估在RCP2.6下2081–2100年全球平均海平面（GMSL）上升会达0.39米（0.26–0.53米，可能区间），2100年达0.43米（0.29–0.59米，可能区间）。在RCP8.5下，2081–2100年对应的GMSL上升达0.71米（0.51–0.92米，可能区间），2100年则达到0.84米（0.61–1.10米，可能区间）。在RCP8.5下，2100年平均海平面上升的预估值比AR5的预估高0.1米，预估值的可能区间的上界超过了1米，这是由于预估的南极冰盖的冰损失更大（中等信度）。到本世纪末，预估不确定性主要取决于冰盖贡献，特别是南极冰盖。{4.2.3; 图SPM.1, 图SPM.5}
- B.3.2  海平面变化的预估值显示出空间差异。并非以近期气候变化为驱动的各个过程（如自然过程和人类活动所致的局部沉降）对于海岸的相对海平面变化至关重要（高信度）。虽然气候驱动的海平面上升的相对重要性预估会逐渐加大，但海平面的预估和影响需要考虑局地过程（高信度）。{SPMA3.4, 4.2.1, 4.2.2, 图SPM.5}
- B.3.3  在RCP8.5下，预估2100年全球平均海平面上升的速度将达15毫米/年（10–20毫米/年，可能区间），而在22世纪，每年会超过几厘米。在RCP2.6下，预估在2100年上升速度会达4毫米/年（2–6毫米/年，可能区间）。模式研究表明，到2300年海平面会上升数米（在RCP8.5下为2.3–5.4米，在RCP2.6下为0.6–1.07米）（低信度），这表明减少排放对限制海平面上升的重要性。控制未来冰架损失时间以及冰盖不稳定性程度的过程可使南极对海平面上升的贡献远高于百年和更长时间尺度的可能区间（低信度）。考虑到南极冰盖部分崩塌会带来海平面上升的可能的严重后果，因而这一高影响风险值得关注。{第1章跨章文框5, 第3章跨章文框8, 4.1, 4.2.3}
- B.3.4  全球平均海平面上升将导致大部分地区极端海平面事件发生的频率增加。在所有RCP情景下，预估到2100年，大部分地区历史上每百年发生一次（百年一遇的历史事件）的局地极端海平面事件至少会每年发生一次（高信度）。在RCP2.6、RCP4.5和RCP8.5下，预估到2050年，许多低地大城市和小岛屿（包括SIDS）至少会每年出现一次百年一遇的事件。在RCP8.5下，中纬度地区百年一遇历史事件成为每年一遇事件的年份会最快出现，其次是在RCP4.5下，最后是在RCP2.6下。日益频繁的高水位会对许多地区产生严重影响，但这取决于暴露度（高信度）。{4.2.3; 6.3; 图SPM.4, 图SPM.5}
- B.3.5  在RCP8.5下，有效波高（波浪中最高的三分之一的波谷到波峰的平均高度）上升预估会出现在南大洋和热带东部太平洋（高信度）以及波罗的海（中等信度），而预估北大西洋和地中海则是下降（高信度）。由于海平面上升以及沿海适应措施，预估沿海潮汐振幅和态势会发生变化（很可能）。天气形势变化所致的海浪预估变化以及海平面上升所致的潮汐变化会局部加剧或减轻海岸带灾害（中等信度）。{6.3.1, 5.2.2}
- B.3.6  在全球温度上升高于任何基准期2°C的情况下，预估热带气旋的平均强度、4级和5级热带气旋的比例以及相关平均降水率均会增加（中等信度）。平均海平面上升将会促成与热带气旋相关的更高的极端海平面（很高信度）。风暴潮平均强度、幅度以及热带气旋降水率的增加将加剧海岸带灾害。对于在RCP8.5下的预估，从本世纪中期到2100年的增幅要高于在RCP2.6下的幅度（中等信度）。在全球尺度上，热带气旋未来发生频率的变化为低信度。{6.3.1}

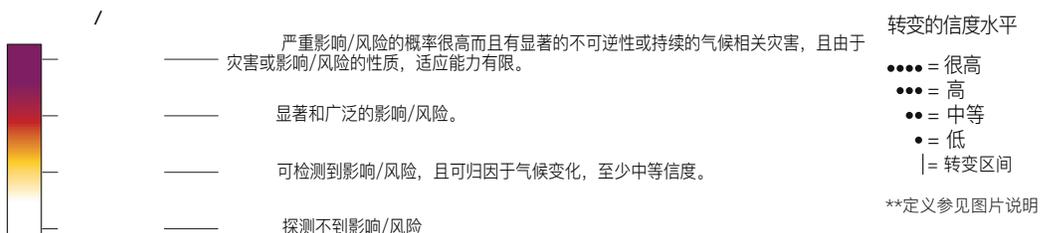
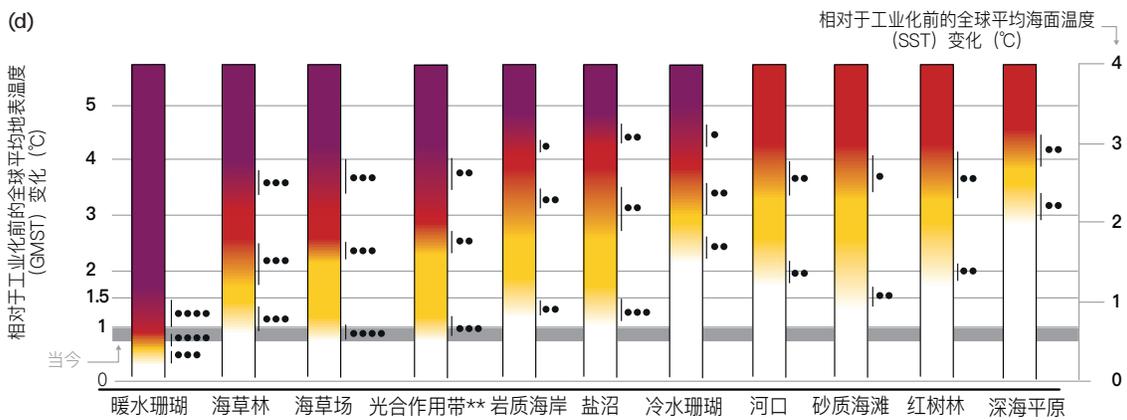
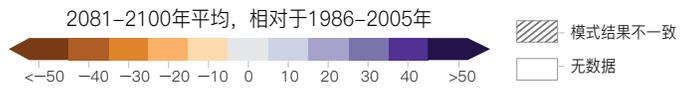
生态系统的预估风险

- B.4** 未来陆地冰冻圈的变化将继续改变高山和极地地区的陆地和淡水生态系统，主要是物种分布发生改变，从而导致生态系统结构和作用发生变化，最终导致全球独特生物多样性受损（中等信度）。预估在本世纪的剩余时间内，在大部分苔原和北方地区以及在一些山区，野火将显著增多（中等信度）。{2.3.3, 文框3.4, 3.4.3}
- B.4.1**   在高山地区，低海拔物种的进一步向山上迁移、范围缩小及死亡率上升都将导致许多高山物种，特别是冰川或积雪依赖型物种的种群减少（高信度），从而造成局部且最终是全球的物种损失（中等信度）。高山物种的持续性和维系生态系统服务取决于适当的保护和适应措施（高信度）。{2.3.3}
- B.4.2**   在北极陆地，预估全球独特的生物多样性会有损失，因为一些高纬度北极物种的保护区十分有限，因此，更多温带物种占优（中等信度）。到2050年，预估木本灌木和树木会扩大，覆盖北极苔原的24–52%（中等信度）。预估北方森林会在其北部边缘扩展，而在其南部边缘减少，代之以低矮的生物量林地/灌木丛（中等信度）。{3.4.3, 文框3.4}
- B.4.3**    多年冻土融化和积雪减少将影响北极和高山的水文及野火，进而对植被和野生动物产生影响（中等信度）。北极陆地多年冻土大约有20%易受突然多年冻土融化和地面沉降的影响，在RCP8.5下，预估到2100年会使小型湖泊面积增加50%以上（中等信度）。即使预估总体区域水循环会加强，包括降水增加、蒸散以及注入北冰洋的河流流量，但积雪和多年冻土的减少可能会导致土壤变干，而且对生态系统生产力具有影响和扰动（中等信度）。预估在本世纪剩余时间内，大部分苔原和北方地区以及一些山区的野火会增多，而气候和植被变化之间的相互作用将影响到未来火灾强度和频率（中等信度）。{2.3.3, 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, SPM B1}
- B.5** 在所有排放情景下，预估在21世纪，从海面到深层海床的海洋生态系统的海洋动物群落的全球生物量、其产量和渔业捕捞潜力均会下降，物种组成也会发生变化（中等信度）。预估热带地区的下降速度和幅度最高（高信度），而在极地地区的影响仍有所不同（中等信度），在高排放情景下会有所增加。海洋酸化（中等信度）、氧损失（中等信度）和海冰范围减小（中等信度）以及非气候人类活动（中等信度）均可能加剧这些变暖引发的生态系统影响。{3.2.3, 3.3.3, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.4.1, 图SPM.3}
- B.5.1**    预估的海洋变暖和净初级生产的变化会改变海洋生态系统的生物量、生产和群落结构。相对于1986–2005年，在RCP8.5下，预估到21世纪末，整个食物链中全球尺度的海洋动物生物量会减少 $15.0 \pm 5.9\%$ （很可能区间），鱼业的最大捕捞潜力减少20.5–24.1%（中等信度）。预估这些变化在RCP8.5下很可能比在RCP2.6下大三到四倍。{3.2.3, 3.3.3, 5.2.2, 5.2.3, 5.4.1, 图SPM.3}

- B.5.2  在RCP8.5下，预估到2081–2100年，在层结加剧的情况下，营养物供给减少会使热带海洋净初级生产下降7–16%（很可能区间）（中等信度）。在热带地区，在所有排放情景下，预估21世纪的海洋动物生物量和产量的降幅会大于全球平均值（高信度）。变暖和海冰变化预估会上升流和层结的变化导致营养物供给变化，从而增加北极的海洋净初级生产（中等信度）以及南极周边的净初级生产（低信度）。在全球范围，预估来自上层海洋的有机物的下沉通量会减少，这在很大程度上与净初级生产的变化有关（高信度）。因此，在RCP8.5下，预估95%或以上的深海（3000–6000米深度）海床区域和冷水珊瑚生态系统会出现海底生物量减少（中等信度）。{3.2.3, 5.2.2, 5.2.4, 图SPM.1}
- B.5.3  变暖、海洋酸化、季节性海冰范围减小以及多年海冰持续损失预估会通过对生境、种群数量及其生存能力的直接和间接影响，进而影响极地海洋生态系统（中等信度）。包括海洋哺乳动物、鸟类和鱼类在内的北极海洋物种的地理范围预估会缩小，而一些副北极鱼类群落范围预估会扩大，从而进一步加大对高纬度北极物种的压力（中等信度）。在南大洋，在RCP2.6和RCP8.5下，预估企鹅、海豹和鲸鱼等捕食的关键猎物南极磷虾的生境会向南收缩（中等信度）{3.2.2, 3.2.3, 5.2.3}
- B.5.4  海洋变暖、氧损失、酸化以及从海面到深海的有机碳通量的减少预估将会危害形成生境的、支撑着高度生物多样性的冷水珊瑚，部分是通过钙化减少、骨骼溶解加大和生物侵蚀（中等信度）。凡是温度和氧气条件均超出物种耐受范围的，脆弱性和风险都是最高的（中等信度）。{文框5.2, 图SPM.3}



* 详情参见图片说明



图SPM.3 | 海洋区域和生态系统的预估变化、影响和风险

图SPM.3 (继续) : (a) 积深净初级生产 (CMIP5的NPP²⁷) , (b) 动物总生物量 (积深, 包括来自FISHMIP的鱼类和无脊椎动物²⁸) , (c) 最大渔业捕捞潜力和 (d) 对沿海和远海生态系统的影响及风险。左侧三个图为近期 (1986–2005) 模拟的 (a, b) 和观测的 (c) 平均值, 中图和右图分别为与低 (RCP2.6) 和高 (RCP8.5) 温室气体排放情景相比, 到2081–2100年的预估变化 (%) {文框SPM.1}。近期的动物总生物量 (b, 左图) 为相对于全球平均值的每个空间像素的预估动物总生物量。c) *近期平均观测渔业捕捞量 (基于我们周边的海洋计划全球渔业数据库的数据) ; 陆架海最大渔业捕捞潜力的预估变化是基于两个渔业和海洋生态系统模式的平均输出值。为了标示出模式不一致的区域, 阴影区域为模式在变化方向上不一致的区域: a) 和b) 10个模式预估中有至少3个, 而c) 2个模式中有至少1个。虽然未标示出阴影, 但由于与模拟多个互动驱动因素和生态系统响应有关的不确定性, 北极和南极地区b) 动物总生物量和c) 渔业捕捞潜力的预估变化具有低信度。b) 和c) 中所示预估值的驱动因素是海洋物理和生物地球化学条件的变化, 例如CMIP5地球系统模式预估的温度、含氧量以及净初级生产。**光合作用带是指从表层到<200米深度的海洋最上层部分, 那里阳光充足, 可进行光合作用。d) 基于实测和预估气候对生态系统结构、作用和生物多样性的影响, 对沿海和远海生态系统的风险评估。图中标示出相对于工业化前水平的全球平均表面温度 (GMST) 变化的有关影响和风险。鉴于对风险和影响的评估是基于全球平均海面温度 (SST) , 因此, 图中标示的是相应的SST水平。²⁹ 对风险转移的评估可参见第5章5.2、5.3、5.2.5节和5.3.7节及补充材料SM5.3、表SM5.6、表SM5.8和底报告的其他部分。图中标示出评估的在近似变暖水平的风险和海洋中气候相关灾害的增加: 海洋变暖、酸化、脱氧、层结密度增加、碳通量变化、海平面上升以及极端事件的频率和/或强度增加。评估考虑了生态系统的自然适应能力、其暴露度和脆弱性。影响和风险水平并未考虑到减少风险战略, 例如人类的干预或未来非气候驱动因素的变化。从生物、生物地球化学、地貌和物理等方面对生态系统的风险进行了评估。与气候灾害的复合效应有关的更高风险包括生境损失和生物多样性损失、物种组成和分布范围的变化, 以及对生态系统结构和作用的影响/风险, 包括动物/植物生物量和密度、生产力、碳通量和沉积物输送等方面的变化。作为评估的一部分, 对文献进行了汇编, 并提取数据列入汇总表。进行了多轮专家推断过程, 对阈值判断进行了独立评估, 并开展了最终共识讨论。关于方法和文献的更多信息可参阅第5章5.2和5.3节以及补充材料。{3.2.3, 3.2.4, 5.2, 5.3, 5.2.5, 5.3.7, SM5.6, SM5.8, 图5.16, 第1章跨章文框1表CCB1}

B.6. 在21世纪及以后, 在高排放情景下增温对沿海生态系统的生物多样性、结构和功能造成严重影响的风险预估会高于在低排放情景下的风险。预估的生态系统响应包括物种生境和多样性的损失、以及生态系统功能的退化。在较低排放情景下, 生物体和生态系统的调整和适应能力更高 (高信度)。对于海草场和海草林等敏感的生态系统而言, 如果全球升温高于工业化前温度2°C, 预估会有高风险, 并伴有其它气候相关灾害 (高信度)。暖水珊瑚已处于高风险或预估将变为很高风险, 即使全球升温限制在1.5°C (很高信度) 。{4.3.3, 5.3, 5.5, 图SPM.3}

B.6.1  预估所评估的所有沿海生态系统均面临着越来越高的风险水平, 到2100年, 在RCP2.6下, 从中等到高风险, 在RCP8.5下, 从高到很高风险。在RCP8.5下, 预估到2100年, 岩相潮间带生态系统面临很高的风险 (中等信度) , 这是由于受变暖的影响, 特别是在海洋热浪期间, 以及由于酸化、海平面上升、钙化物种和生物多样性的损失 (高信度) 。海洋酸化会阻碍这些生态系统的恢复, 减少钙化和强化生物侵蚀, 对这些生态系统构成了挑战, 进而限制其生境的适宜性 (中等信度) 。由于变暖, 尤其是在预估的海洋热浪加剧的情况下, 预估温带地区的海草林会继续减少, 在RCP8.5下有局部灭绝的高风险 (中等信度) 。{5.3, 5.3.5, 5.3.6, 5.3.7, 6.4.2, 图SPM.3}

B.6.2  在全球升温1.5°C时, 海草场和盐沼以及相关的碳储存均处于中等风险, 并随着进一步升温而风险加大 (中等信度) 。在全球, 预估到2100年会丧失20–90%的现有沿海湿地, 这取决于预估的海平面上升、区域差异和湿地类型, 尤其是在垂直发展受限于沉积物供给减少以及向陆地迁移的地方受限于陡峭地形或人为改变海岸线 (高信度) 。{4.3.3, 5.3.2, 图SPM.3, SPM A6.1}

²⁷ NPP的估算是依据第五次耦合模式比较计划 (CMIP5) 。

²⁸ 动物总生物量是根据渔业和海洋生态系统模式比较计划 (FISHMIP) 。

²⁹ GMST和SST之间的换算是基于RCP8.5模拟集合变化所导出的换算系数1.44; 由于RCP2.6和RCP8.5情景之间的差异, 换算系数的不确定性约为4%。{表SPM.1}

- B.6.3  海洋变暖、海平面上升以及潮汐变化预估会扩大河口的盐化和缺氧（**高信度**），在高排放情景下对一些生物群的高风险会导致迁移、存活率降低以及局部灭绝（**中等信度**）。预估这些影响在温带和高纬度地区更加脆弱的富营养和低潮差的浅河口将更为明显（**中等信度**）。{5.2.2., 5.3.1, 图SPM.3}
- B.6.4  预估几乎所有的暖水珊瑚礁均将遭受巨大的面积损失以及局部灭绝，即使将全球升温限制在1.5°C（**高信度**）。预估其余珊瑚礁群落的物种组成和多样性会与当今的珊瑚礁有所不同（**很高信度**）。{5.3.4, 5.4.1, 图SPM.3}

预估的人类和生态系统服务的风险

- B.7. 预估未来在陆地的冰冻圈变化会影响水资源及其利用，例如水力发电（**高信度**）和高山地区及其下游的灌溉农业（**中等信度**），以及在北极的生计（**中等信度**）。洪水、雪崩、滑坡和地面不稳定等变化预估会增加对基础设施、文化、旅游和娱乐设施的风险（**中等信度**）。{2.3, 2.3.1, 3.4.3}
- B.7.1  由于未来洪水、火灾、滑坡、雪崩、不可靠的冰雪条件等灾害的变化以及人类和基础设施的暴露度增加（**高信度**），预计高山地区和北极的人类居住区及谋生方式所面临的灾害风险会增加（**中等信度**）。随着灾害特征的变化，目前工程降低风险方法的效果预估会下降（**中等信度**）。由于在本世纪内许多高山地区的暴露度和脆弱性在加大，重要的降低风险和适应策略有助于避免山洪和滑坡灾害带来更大的影响（**高信度**）。{2.3.2, 3.4.3, 3.5.2}
- B.7.2  预估得到多年冻土融化引发的地面沉降会影响北极和高山地区覆盖城乡的通信和交通基础设施（**中等信度**）。北极绝大多数基础设施均位于预估到本世纪中期多年冻土会加剧融化的地区。到2100年，基础设施的改造和重新设计有可能使多年冻土融化及相关气候变化影响所带来的成本减半（**中等信度**）。{2.3.4, 3.4.1, 3.4.3}
- B.7.3  高山旅游业、娱乐和文化资产预估均会受到未来冰冻圈变化的不利影响（**高信度**）。在欧洲大部分地区、北美和日本的气候变暖情况下，尤其是在全球升温2°C以上的情况下，目前的造雪技术在减小对滑雪旅游风险方面的效果会降低（**高信度**）。{2.3.5, 2.3.6}

B.8. 气候变化造成的未来鱼类分布变化及其丰度和渔业捕捞潜力的下降预估会影响依赖海洋资源生存的群体的收入、生计和粮食安全（中等信度）。海洋生态系统的长期损失和退化危及到海洋在对人类身份及福祉至关重要的文化、娱乐和内在价值等方面的作用（中等信度）。{3.2.4, 3.4.3, 5.4.1, 5.4.2, 6.4}

B.8.1  相对于RCP2.6, 在RCP8.5下, 预估全球海洋动物生物量和鱼类捕捞潜力的地理变化和减少会更加明显, 加大对赖以为生的人类社会的收入和生计的风险, 尤其是在经济脆弱的地区（中等信度）。预估的资源丰度和丰度的再分布会增加渔业、当局或社会之间的冲突风险（中等信度）。在RCP8.5下, 渔业治理在热点区域面临普遍的挑战, 比如北极和热带太平洋等（中等信度）。{3.5.2, 5.4.1, 5.4.2, 5.5.2, 5.5.3, 6.4.2, 图SPM.3}

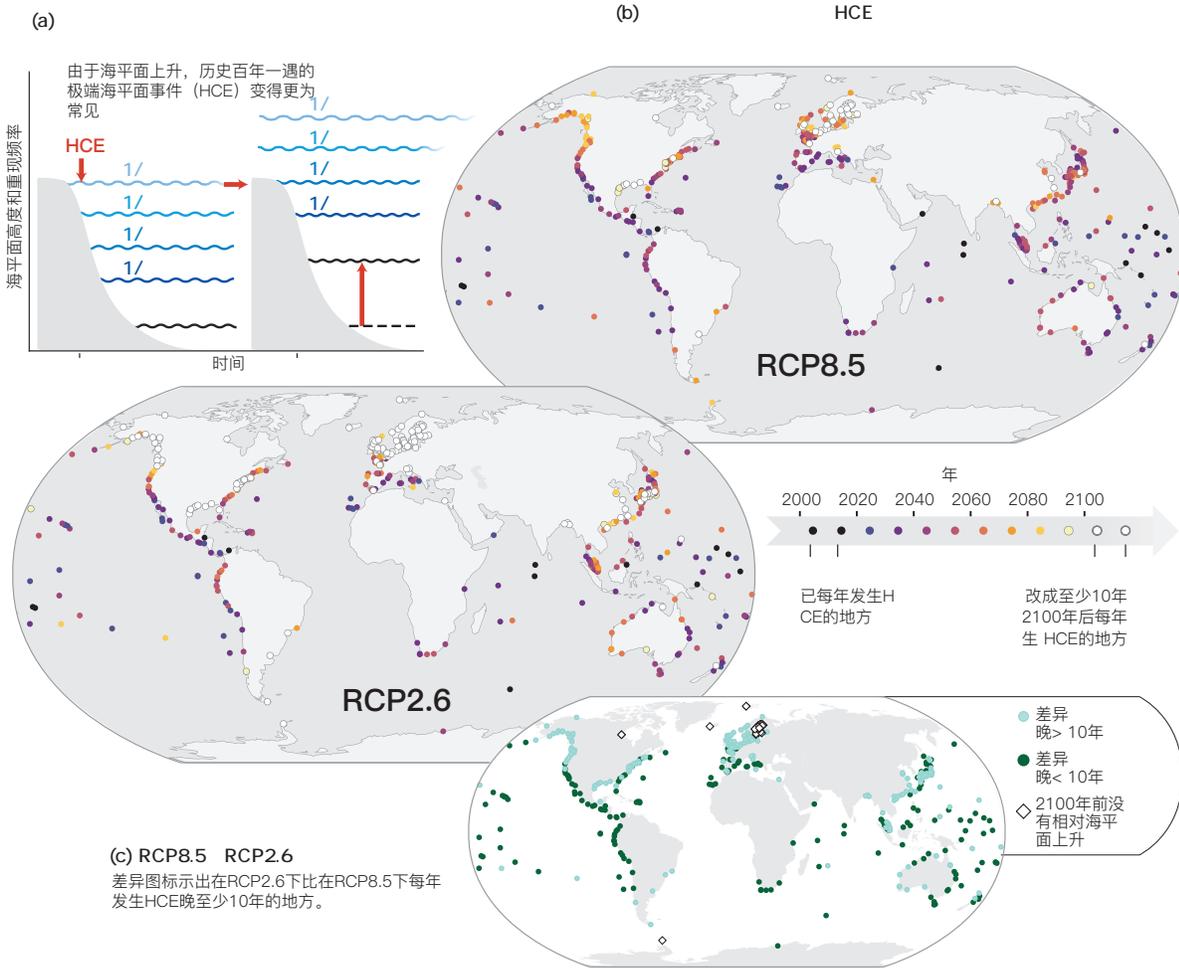
B.8.2  预估得到暖水珊瑚礁的减少会极大危及到它们为社会提供的服务, 例如食物提供（高信度）、海岸保护（高信度）和旅游业（中等信度）。与海产食物量减产有关的海产食物安全的风险增加（中等信度）预估会加大对高度依赖海产食物的一些群体的营养健康风险（中等信度），例如在北极、西非和小岛屿发展中国家的社区。此类影响会加剧因社会和经济变化以及陆地气候变化所引发的饮食和粮食系统的其它变化所带来的任何风险（中等信度）。{3.4.3, 5.4.2, 6.4.2}

B.8.3  全球变暖会危及海产食物安全（中等信度），这是由于人类暴露于海洋动植物中持久的有机污染物和汞的生物累积升高（中等信度）、水媒弧菌病原体的患病率增加（中等信度）以及有害藻华的可能性增加（中等信度）。对于大量食用海产品的人类社区, 包括沿海土著社区, 预估这些风险尤为巨大（中等信度），而且对渔业、水产业和旅游业等经济行业同样存在着巨大风险（高信度）。{3.4.3, 5.4.2, 文框5.3}

B.8.4  气候变化对海洋生态系统及其服务的影响使生活和生计的关键文化方面处于风险中（中等信度），包括通过所捕捞物种的分布或丰度改变以及捕鱼或狩猎区减少。这包括文化、当地知识和土著知识的潜在快速及不可逆的损失, 以及对传统饮食和粮食安全、审美方面及海洋娱乐活动等方面的不利影响（中等信度）。{3.4.3, 3.5.3, 5.4.2}

- B.9. 平均和极端海平面上升以及海洋变暖和酸化预估会加剧低洼沿海地区人类社区的风险（**高信度**）。在没有陆地快速抬升的北极人类社区以及在城市环礁岛，即使在低排放情景（RCP2.6）下，预估也会达到中到高风险（**中等信度**），包括达到适应的极限（**高信度**）。在高排放情景（RCP8.5）下，以目前的适应措施，预估三角洲地区和资源丰富的沿海城市在2050年后会出现中到高风险水平（**中等信度**）。包括转型治理在内的有雄心力度的适应措施预计可降低风险（**高信度**），且具有特定的益处。{4.3.3, 4.3.4, 6.9.2, 跨章文框9, SM4.3, 图SPM.5}
- B.9.1  在没有比如今更具雄心的适应努力的情况下，以及在沿海社区的暴露度和脆弱性日增的当前趋势下，在所有温室气体排放情景下，预估平均海平面上升和极端事件所致的侵蚀和土地流失、洪水、盐化以及级联影响等风险会在整个本世纪显著增加（**很高信度**）。在相同假设下，预估到2100年，沿海每年洪水造成的损失将比现在增加2–3个数量级（**高信度**）。{4.3.3; 4.3.4; 文框6.1; 6.8; SM4.3; 图SPM.4, 图SPM.5}
- B.9.2  在本世纪末之前，在高排放情景下，珊瑚礁环境、城市环礁岛和北极低洼地区的脆弱社区将面临着高到很高风险。这需要达到适应极限，也就是参与方通过适应行动保障其目标（或系统需求）不受难以承受的风险影响的极限点（**高信度**）。达到适应极限（例如，生物物理、地理、金融、技术、社会、政治和制度等方面）取决于排放情景和特定的风险承受力，而且由于海平面上升的长期持续性，预估在2100年后会扩大到更多地区（**中等信度**）。由于与气候相关的海洋和冰冻圈的变化，一些岛屿国家可能变得不适宜居住（**中等信度**），不过宜居性阈值仍极难评估。{4.3.4, 4.4.2, 4.4.3, 5.5.2, 跨章文框9, SM4.3, SPM C1, 术语表, 图SPM.5}
- B.9.3  在全球范围，较慢速度的气候相关海洋和冰冻圈变化可提供更多的适应机会（**高信度**）。鉴于有**高信度**的是，雄心勃勃的适应措施，包括转型变化的治理，有可能减少许多地区的风险，而此类益处因地而异。在全球尺度，海岸防护可在21世纪将洪水风险降低2–3个数量级，但这取决于每年数百亿到数千亿美元的投资（**高信度**）。鉴于此类投资通常对人口稠密的城市地区具有成本效益，但农村和较贫穷地区可能难以负担此类投资，而对于一些小岛屿国家，相对年成本占GDP的几个百分点（**高信度**）。即使付出重大的适应努力，但预估还会出现残留的风险和相关损失（**中等信度**），不过适应的特定极限和残留的风险仍难以评估。{4.1.3, 4.2.2.4, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.4., 4.4.3, 6.9.1, 6.9.2, 第1章跨章文框1–2, SM4.3, 图SPM.5}

由于预估的全球平均海平面（GMSL）上升，历史上百年发生一次的局地海平面（历史上百年一遇的事件，HCE）预估在21世纪的大多数地方至少会成为一年一遇事件。HCE的高度差异很大，而且根据暴露度已经可以造成严重影响。随着HCE频率的增加，影响会继续加大。



图SPM.4 | 区域海平面上升对沿海各地点极端海平面事件的影响。(a) 近期（1986–2005）和未来极端海平面事件及其平均重现情况示意图。由于平均海平面上升，历史上每百年发生一次（历史上百年一遇事件，HCE）的局部海平面在未来将更频繁地发生。(b) 观测记录充足的439个沿海地点在RCP8.5和RCP2.6下预计平均每年发生一次HCE的年份。没有圆圈表示由于缺少数据而无法进行评估，但并不表示没有暴露度和风险。圆圈颜色越深，预期这种转变越早。对于预计在2100年之前出现这种转变的地点，可能区间为±10年。白色圆圈（在RCP2.6下有33%的地点，在RCP8.5下有10%的地点）表示预计在2100年之前不会每年发生HCE。(c) 关于在RCP2.6下预估哪些地点HCE转为年度事件的时间比在RCP8.5下晚10年以上的分布图。鉴于各情景会导致到2050年在许多地点出现微小的差异，因此，图中未标示在RCP4.5下的结果，但可参见第4章所述。[4.2.3, 图4.10, 图4.12]

SPM.C

- C.1. 气候相关海洋和冰冻圈变化的影响给当前制定和落实从地方到全球尺度适应响应措施的治理努力带来日益的挑战，而且在有些情况下将其推到极限。暴露度和脆弱性最高的人群通常是那些响应能力最低的群体（**高信度**）。{1.5, 1.7, 第1章跨章文框2-3, 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.4, 3.2.4, 3.4.3, 3.5.2, 3.5.3, 4.1, 4.3.3, 4.4.3, 5.5.2, 5.5.3, 6.9}

- C.1.1  海洋和冰冻圈气候变化影响及其社会后果的时间尺度持续时间范围长于治理安排的时间范围（例如规划周期、公共和企业决策周期以及金融手段）。此类时间差异对社会充分准备和应对长期变化（包括极端事件的频率和强度变化）的能力带来挑战（**高信度**）。实例包括高山地区滑坡和洪水变化、北极重要物种和生态系统的风险、以及对低地国家和岛屿、小岛屿国家、其它沿海地区和珊瑚礁生态系统的风险。{2.3.2, 3.5.2, 3.5.4, 4.4.3, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, 6.9}

- C.1.2  在许多情况下，治理安排（例如，海洋保护区、空间规划和水资源管理系统）在行政边界和部门之间过于分散，无法对海洋和/或冰冻圈气候相关变化所带来的日增和级联风险作出综合响应（**高信度**）。极地和海洋区域的治理体系响应气候变化影响的能力近期已得到加强，但这一进展不够迅速或完善，不足以充分应对日益增多的预估风险的规模（**高信度**）。在高山、沿海地区和小岛屿，在协调气候适应响应方面也有诸多困难，因为各尺度、行业和政策领域的气候和非气候风险驱动因素（例如道路不通，人口和人口发展趋势，或当地活动引起的地面沉降）的许多相互作用（**高信度**）。{2.3.1, 3.5.3, 4.4.3, 5.4.2, 5.5.2, 5.5.3, 文框5.6, 6.9, 第1章跨章文框3}

- C.1.3  生态系统有各种适应气候变化的明确障碍和限制（**高信度**）。这些限制包括生态系统需要的空间、非气候驱动因素以及作为适应响应的一部分需要加以应对的人类影响、气候变化造成的生态系统适应能力下降、以及与气候影响重现有关的生态系统恢复速度较慢、技术和知识及财政支持的有效性、现有的治理安排（**中等信度**）。{3.5.4, 5.5.2}

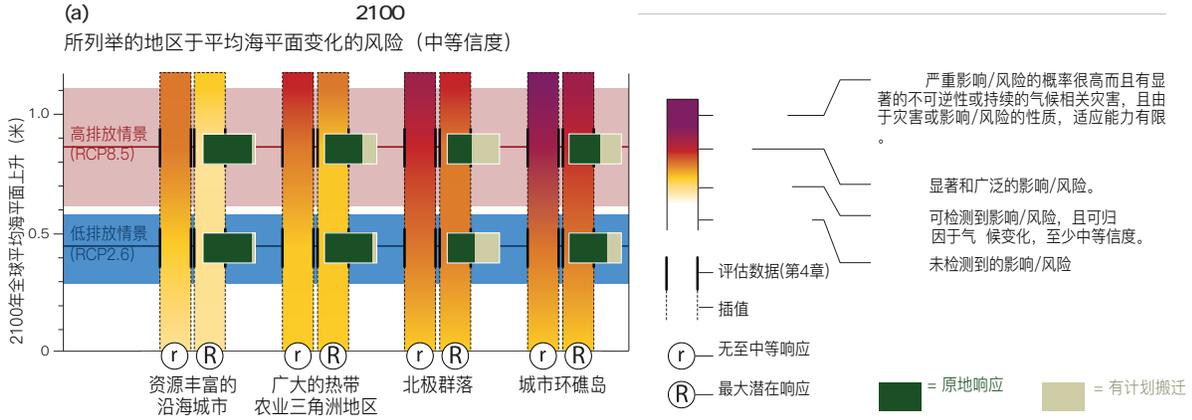
- C.1.4  对当前和预估的海洋及冰冻圈气候相关变化的不利影响采取应对措施存在着财政、技术、制度及其它障碍，阻碍着恢复力建设和降低风险措施（**高信度**）。此类障碍是会降低适应的有效性还是相当于适应极限，均取决于具体情况、气候变化的速度和尺度，以及取决于社会将其适应能力转化为有效适应响应的能力。社区和社会之间及内部的适应能力依然会存在差异（**高信度**）。暴露度和脆弱性最大的人群，通常在面对目前和未来海洋和冰冻圈变化所致灾害时，其适应力也是最弱的，尤其是在面临发展挑战的低洼岛屿和沿海地区、北极和高山地区（**高信度**）。{2.3.1, 2.3.2, 2.3.7, 文框2.4, 3.5.2, 4.3.4, 4.4.2, 4.4.3, 5.5.2, 6.9, 第1章跨章文框2和3, 跨章文框9}

强化响应方案

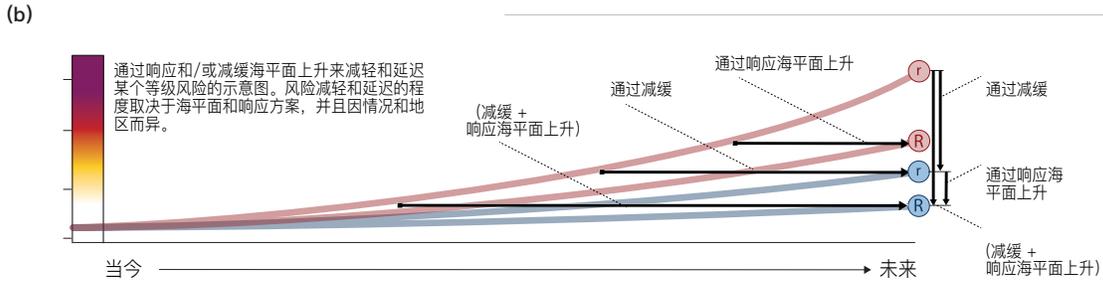
- C.2 海洋和冰冻圈相关生态系统提供的长远的服务功能和响应方案可以通过对可再生资源使用的保护、恢复、预防性生态系统管理以及减少污染和其它压力源来加以支持（高信度）。综合水资源管理（中等信度）和基于生态系统的适应（高信度）方法可降低局部气候风险并带来多种社会效益。然而，对此类行动存在着生态、财政、制度和治理等方面的制约（高信度），且在许多情况下，基于生态系统的适应将仅在最低温升平下才有效（高信度）。{2.3.1, 2.3.3, 3.2.4, 3.5.2, 3.5.4, 4.4.2, 5.2.2, 5.4.2, 5.5.1, 5.5.2, 图SPM.5}
- C.2.1  保护区网络有助于维系生态系统服务，包括碳吸收和储存，并实现未来基于生态系统的适应方案，促进物种、种群和生态系统为响应气候变暖和海平面上升而向极向和垂直迁移（中等信度）。地理障碍、生态系统退化、生境破坏及区域合作的障碍等会限制此类网络对未来海洋、高山和极地陆地地区物种范围变化给予支持的可能性（高信度）。{2.3.3, 3.2.3, 3.3.2, 3.5.4, 5.5.2, 文框3.4}
- C.2.2  陆地和海洋生境的恢复以及生态系统管理工具，例如辅助物种迁移和珊瑚养殖，在增强生态系统适应方面具有局地效用（高信度）。如果此类行动有社区的支持、立足科学同时还利用当地知识及土著知识、拥有长期支持，包括减少或消除非气候压力源以及在最低变暖水平下，则行动会最为成功（高信度）。例如，如果全球升温超过1.5°C，则珊瑚礁恢复方案没有效用，因为珊瑚在目前变暖水平下已处于高风险（很高信度）。{2.3.3, 4.4.2, 5.3.7, 5.5.1, 5.5.2, 文框5.5, 图SPM.3}
- C.2.3  强化预防措施，例如重建过度开发或枯竭的渔业，以及响应现有渔业管理战略，可减少气候变化对渔业的不利影响，并惠及区域经济和生计（中等信度）。以未来生态系统趋势的评估为依据定期评估并逐渐更新各项措施的渔业管理可降低渔业风险（中等信度），但应对生态系统变化的能力有限。{3.2.4, 3.5.2, 5.4.2, 5.5.2, 5.5.3, 图SPM.5}
- C.2.4  恢复沿海植被生态系统，例如红树林、潮汐沼泽和海草场（沿海‘蓝碳’生态系统），可增加吸收和储存目前全球年排放量约0.5%的碳，从而提供气候变化减缓（中等信度）。完善的保护和管理可减少这些生态系统的碳排放。总之，这些行动还具有多种其它益处，例如防风暴保护、提高水质以及有益于生物多样性和渔业（高信度）。促进对这些沿海生态系统的碳储存和温室气体通量的量化将可降低测量、报告和验证的现有不确定性（高信度）。{文框4.3, 5.4, 5.5.1, 5.5.2, 附录一：术语表}
- C.2.5  海洋可再生能源可支持减缓气候变化，并可包括从近海风、潮汐、波浪、热梯度和盐梯度及藻类生物燃料中提取能源。对替代能源的新需求可为海洋可再生能源行业带来经济机遇（高信度），不过替代能源的潜力也会受到气候变化的影响（低信度）。{5.4.2, 5.5.1, 图5.23}
- C.2.6  跨多个尺度的综合水资源管理措施可有效应对高山地区冰冻圈变化的影响并利用带来的机会。这些措施还可通过开发及优化水库多用途蓄水和泄水，从而支持水资源管理（中等信度），同时应考虑到对生态系统和社区的潜在不利影响。全年旅游活动的多样化可支持高山经济的适应（中等信度）。{2.3.1, 2.3.5}

- C.3 在制定既可平衡现有方案的成本、效益和权衡取舍，又可逐步做出调整的特定和综合海平面上升响应措施方面，沿海社区面临着艰难的选择（高信度）。包括保护、调节、基于生态系统的适应、海岸的前进和后退等所有方案类型都会尽可能在此类综合响应中发挥重要作用（高信度）。{4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 6.9.1, 跨章文框9; 图SPM.5}
- C.3.1  海平面升幅越高，海岸防护的难度越大，这主要是由于经济、财政和社会障碍所致，而不是技术限制（高信度）。在未来几十年中，减少诸如沿海城市化以及人为沉降等暴露度和脆弱性的局部驱动因素可构成有效的响应措施（高信度）。在空间有限和所暴露的财产价值高的地方（例如在城市），考虑到环境的具体情况，硬防护（如堤坝）可能是21世纪的一种经济有效的响应方案（高信度），但资源有限的地区可能无力负担此类投资。在有空间的地方，基于生态系统的适应可降低沿海风险，并带来多种其它益处，例如碳储存、提高水质、生物多样性保护以及生计支持（中等信度）。{4.3.2, 4.4.2, 文框4.1, 跨章文框9, 图SPM.5}
- C.3.2  在当前海平面下，一些沿海调节措施，例如早期预警系统和建筑物的防洪通常都成本低而且具有高成本效益（高信度）。在预估的海平面上升和沿海灾害增加的情况下，其中的一些措施效果不佳，除非与其它措施相结合（高信度）。各类方案，包括保护、调节、基于生态系统的适应、海岸前进和有计划的搬迁（如果有备选的地点）均可在此类综合响应方面发挥重要作用（高信度）。在社区受影响少的地方，或在灾害发生后，如果有安全的备选地点，则通过沿海有计划的搬迁来降低风险的措施值得考虑。此类有计划的搬迁会受到社会、文化、财政和政治等方面的约束（很高信度）。{4.4.2, 文框4.1, 跨章文框9, SPM B3}
- C.3.3  响应海平面上升及降低相关风险会给社会带来深刻的治理挑战，这是源于未来海平面上升幅度和速度的不确定性，使得难以在社会目标（例如，安全、保护、经济发展、代内和代际公平）、有限的资源、不同利益攸关方的利益冲突和价值观之间的权衡取舍（高信度）。通过将决策分析、土地利用规划、公众参与、不同的知识体系和冲突解决方案在局部进行适当结合，并根据情况变化逐渐调整，则可缓解这些挑战（高信度）。{第1章跨章文框5, 4.4.3, 4.4.4, 6.9}
- C.3.4  虽然2050年后海平面上升的幅度和速度存在着巨大不确定性，但许多数十年至百多年时间范围的沿海决策现已着手制定（例如，重要的基础设施、海岸防护工程、城市规划），而且通过考虑相对海平面上升，并以早期预警信号监测系统为支撑支持灵活的响应措施（逐步采用响应措施）、定期调整决策（即适应决策制定）、利用完善的决策方法、专家评判、情景建设以及多个知识体系等，可改进这些沿海决策（高信度）。规划和实施沿海响应措施需要加以考虑的海平面上升区间取决于利益相关方的风险耐受度。风险耐受度较高的利益相关方（例如对非常易于适应不可预见条件的投资进行规划的利益相关方）通常首选使用预估的可能区间，而风险耐受度较低的利益相关方（例如对重要基础设施做决策的利益相关方）也会考虑高于可能区间上端的全球和局部平均海平面（在RCP8.5下，到2100年全球海平面上升1.1米），以及信度较低的方法，例如专家推断。{1.8.1, 1.9.2, 4.2.3, 4.4.4, 图4.2, 第1章跨章文框5, 图SPM.5, SPM B3}

此处使用响应一词替代适应，因为有些响应，例如后退，可能会或可能不会被认为是适应。



在本评估中，响应一词是指对海平面上升的原地响应（严格设计的海防，退化生态系统的恢复，沉降限制）和有计划的搬迁。本评估中的有计划搬迁是指仅在局地并根据特定的具体情况（例如在城市环礁岛：在岛内，在邻近岛屿内或在人工抬升的岛内）进行主动管理的后退或重新安置。本评估未考虑被迫流离失所和国际迁移。所列举的区域基于有限数量的同行评审文献所涵盖的案例研究。风险的发生将取决于具体情况。海平面上升情景：本风险评估中未考虑RCP4.5和RCP6.0，因为支持本评估的文献仅适用于RCP2.6和RCP8.5。



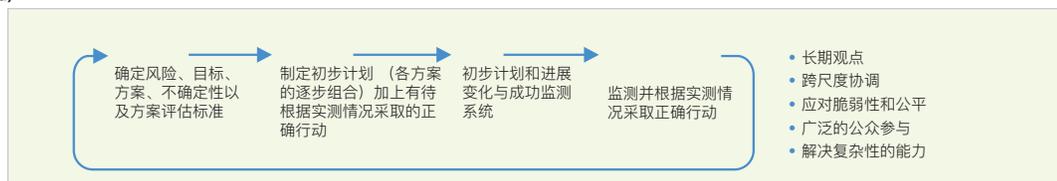
图SPM.5 | a, b

(c)

●●●● = 很高 ●●● = 高 ●● = 中等 ● = 低

| | | 关于减少海平面上升 (SLR) 风险 (技术/生物物理局限) | (除了减少风险) | | | | |
|--|--------------------|--|-------------------------------------|--|---|---|--|
| | | SLR达数米 {4.4.2.2.4} ●●● | 可预测的安全水平 {4.4.2.2.4} | 多功能堤坝, 例如娱乐用途, 或其它土地利用 {4.4.2.2.5} | 海岸挤迫、洪水和侵蚀下移、锁定、防御失败的灾难性后果会破坏环境 {4.3.2.4, 4.4.2.2.5} | 正如在许多城市和人口稠密的沿海地区, 如果保护的资产价值高, 则经济效率高 {4.4.2.2.7} | 较贫困地区通常负担不起。目标 (例如保护、安全和旅游业) 之间的冲突、公共预算分配的冲突、缺乏资金 {4.3.3.2, 4.4.2.2.6} |
| | | 有效但取决于沉积物的可获性 {4.4.2.2.4} ●●● | 灵活性高 {4.4.2.2.4} | 保护娱乐/旅游用途的海滩 {4.4.2.2.5} | 沉积物获取地的生境破坏 {4.4.2.2.5} | 如果旅游收入高, 则经济效率高 {4.4.2.2.7} | 公共预算分配的冲突 {4.4.2.2.6} |
| | | 有效, 达到每年0.5 cm SLR。●● 受海洋变暖和酸化的强烈限制。在许多地方, 在全球升温1.5°C时受限, 在2°C时失效。 {4.3.3.5.2, 4.4.2.3.2, 5.3.4} ●●● | 社会参与的机会 {4.4.2.3.1} | 生境增益、生物多样性、碳封存、旅游业收入、提高渔业生产力、改善水质。提供食物、药品、燃料、木材和文化效益 {4.4.2.3.5} | 长期有效性取决于海洋升温、酸化和排放情景 {4.3.3.5.2, 4.4.2.3.2} | 成本-效益比的证据有限; 取决于人口密度和土地可用性 {4.4.2.3.7} | 难以获得实施许可。缺乏资金。缺乏保护政策的执行。由于短期经济利益而否决的基于生态系统的适应方案、土地可用性 {4.4.2.3.6} |
| | (沼泽、红树林) | 有效, 达到每年0.5-1 cm SLR。●● 在2°C时减小 {4.3.3.5.1, 4.4.2.3.2, 5.3.7} ●●● | | | 安全水平缺少可预测性, 发展效益未实现 {4.4.2.3.5, 4.4.2.3.2} | | |
| | (沼泽、红树林) | | | | 安全水平缺少可预测性, 需要大量土地, 生态系统向陆地扩张的障碍必须清除 {4.4.2.3.5, 4.4.2.3.2} | | |
| | | SLR达数米 {4.4.2.2.4} ●●● | 可预测的安全水平 {4.4.2.2.4} | 带来土地和卖土收入, 可用于资助适应 {4.4.2.4.5} | 地下水盐化、侵蚀加剧以及沿海生态系统和生境丧失 {4.4.2.4.5} | 如同许多城市沿海, 如果地价高, 则经济效率非常高 {4.4.2.4.7} | 贫困地区通常负担不起。新土地获得和分配的社会冲突 {4.4.2.4.6} |
| | (防洪建筑、洪水事件早期预警系统等) | 对小幅SLR非常有效 {4.4.2.5.4} ●●● | 技术成熟; 洪水期间沉积的沉积物会提升海拔高度 {4.4.2.5.5} | 保持地形的连通性 {4.4.2.5.5} | 不能防止洪水/影响 {4.4.2.5.5} | 对于早期预警系统和建筑规模的措施而言非常高 {4.4.2.5.7} | 早期预警系统需要有效的制度安排 {4.4.2.6.6} |
| | | 如果有其它安全地点, 则有效 {4.4.2.6.4} ●●● | 可消除原发地的海平面风险 {4.4.2.6.4} | 获取改进的服务 (卫生、教育、住房)、工作机会和经济增长 {4.4.2.6.5} | 丧失社会凝聚力、文化认同和福祉。弱化的服务 (卫生、教育、住房)、工作机会和经济增长 {4.4.2.6.5} | 证据有限 {4.4.2.6.7} | 调和原籍迁出民众与迁入地民众所产生的不同利益 {4.4.2.6.6} |
| | | 仅应对原发地的直接风险 | 不适用 | 不适用 | 包括生命丧失和生计及主权丧失 {4.4.2.6.5} | 不适用 | 引起关于生计、人权和公平的复杂人道主义问题 {4.4.2.6.6} |

(d)



图SPM.5 | 海平面上升的风险和响应。此处使用响应一词以取代适应，因为有些响应，例如后退，可能会或可能不会被认为适应。图 (a) 为由于在RCP2.6和RCP8.5下以及在两个响应情景下平均和极端海平面的变化，2100年所列举的地理区域的海岸洪水、侵蚀和盐化等综合性风险。由于缺乏关于所评估的地理区域文献，因此，并未评估在RCP4.5和RCP6.0下的风险。除了平均海平面上升直接引发的变化外，评估并未说明极端海平面的其它变化（例如由于气旋强度的变化），则风险水平会上升。图(a)考虑的是百年沿海人口密度相对稳定的社会经济情景。{SM4.3.2} 根据对一组具体示例预估的相对海平面变化，对所列举的区域风险进行了评估：纽约市、上海和鹿特丹代表涵盖各类响应经验的资源丰富的沿海城市；南塔拉瓦岛、丰阿法莱岛和马累岛代表城市环礁岛；湄公河和恒河-布拉马普特拉河-梅克纳河代表广大的热带农业三角洲；贝科夫斯基、希什马廖夫、基瓦利纳、图克托亚图克和Shingle Point代表位于远离快速冰川均衡调整地区的北极社区。{4.2, 4.3.4, SM4.2} 评估可区分两种截然不同的响应情景。“无-至-中等响应”描述了截至目前的努力（即无进一步重大行动或新型行动）。“最大潜在响应”表示充分实施的响应组合，因此是在假设最小财政、社会和政治障碍的情况下，与今天相比付出的重大额外的努力。已对每个海平面上升和响应情景进行了评估，如图中余烬条所示；中间插入了风险水平。{4.3.3} 评估标准包括暴露度和脆弱性（财产密度、陆地和海洋缓冲生态系统的退化程度）、沿海灾害（洪水、海岸侵蚀、盐化）、当地响应（精心设计的海岸防御、生态系统恢复或创建新的自然缓冲区、沉降管理）以及有计划的搬迁。有计划的搬迁是指有序撤退或重新安置，见第4章所述，即重新安置人员、财产和基础设施来降低风险的主动和地方性措施。本评估不考虑被迫转移。图 (a) 还强调了原地响应和有计划搬迁对降低总风险的相对贡献。图 (b) 示意性说明了通过减缓和/或响应海平面上升实现的风险减轻（竖箭头）及风险延迟（横箭头）。图 (c) 在其有效性、成本、协同效益、缺点、经济效率和相关的治理挑战等方面对海平面上升响应进行了归纳和评估。{4.4.2} 图 (d) 为适应性决策方法的一般步骤，以及响应海平面上升的关键扶持条件。{4.4.4; 4.4.5}

扶持条件

C.4 实现气候恢复力和可持续发展关键取决于紧迫和有雄心的减排以及协调持续的和富有雄心的适应行动（很高信度）。对海洋和冰冻圈气候相关变化实施有效响应的关键抓手包括加强主管部门间跨空间尺度和规划周期的合作与协调。教育和气候认知、监测和预报、一切可用知识来源的使用、资料和信息及知识的共享、融资、解决社会脆弱性和公平、以及制度支持等均至关重要。此类投资有助于能力建设、社会学习和参与特定的适应，以及在减少短期风险和建立长期恢复力及可持续性方面权衡谈判和实现协同效益（高信度）。与以前IPCC和IPBES报告所做评估一样，本报告反映出低水平全球升温（1.5°C）的海洋和冰冻圈科学现状。{1.1, 1.5, 1.8.3, 2.3.1, 2.3.2, 2.4, 图2.7, 2.5, 3.5.2, 3.5.4, 4.4, 5.2.2, 文框5.3, 5.4.2, 5.5.2, 6.4.3, 6.5.3, 6.8, 6.9, 跨章文框9, 图SPM.5}

C.4.1



- C.4.4  在各层面和各尺度对教育和能力建设进行投资可促进社会学习以及特定响应的长期能力，从而降低风险及增强恢复力（**高信度**）。具体活动包括将多个知识体系和区域气候信息用于决策；当地社区、原住民以及相关的利益有关方参与适应治理安排和规划框架中（**中等信度**）。提升气候认知并利用当地、土著及科学的知识体系有助于公众实现对特定地点的风险和响应潜力认知、了解和社会学习（**高信度**）。此类投资可发展，而且在许多情况下可改变现有的制度，并实现有依据、互动式的适应治理安排（**高信度**）。{1.8.3, 2.3.2, 图2.7, 文框2.4, 2.4, 3.5.2, 3.5.4, 4.4.4, 4.4.5, 表4.9, 5.5.2, 6.9}
- C.4.5  海洋和冰冻圈变化的特定监测和预测可为适应规划和实施提供依据，并促进就短期和长期收益之间的权衡做出完善的决定（**中等信度**）。持续的长期监测、资料和信息及知识共享、以及完善的特定预报，包括用于预测更多极端厄尔尼诺/拉尼娜事件、热带气旋和海洋热浪的早期预警系统，均有助于管控因海洋变化带来的不利影响，例如渔业损失、以及对人类健康、粮食安全、农业、珊瑚礁、水产业、野火、旅游业、自然环境保护、干旱和洪水等方面的不利影响（**高信度**）。{2.4, 2.5, 3.5.2, 4.4.4, 5.5.2, 6.3.1, 6.3.3, 6.4.3, 6.5.3, 6.9}
- C.4.6  社会脆弱性和公平性问题应对措施的优先排序有助于促进公平和公正的气候恢复力及可持续发展（**高信度**），而且重要的公众参与、协商和冲突解决方案创建安全的社区环境有助于应对措施的优先排序（**中等信度**）。{文框2.4, 4.4.4, 4.4.5, 表4.9, 图SPM.5}
- C.4.7  本项在气候变化背景下的海洋和冰冻圈评估显示出有雄心力度的减缓和有效适应对可持续发展的益处，相反，延迟行动的成本和风险加剧在海洋、高山和极地陆地地区之内和之间制定《气候抗御力发展路径》的潜力各异。实现这一潜力取决于转型变革。这凸显出迫切需要优先排序出及时、有雄心、协调和持久的行动。（**很高信度**）{1.1, 1.8, 第1章跨章文框1, 2.3, 2.4, 3.5, 4.2.1, 4.2.2, 4.3.4, 4.4, 表4.9, 5.5, 6.9, 跨章文框9, 图SPM.5}

