

科学研究动态监测快报

2019年4月1日 第7期(总第265期)

气候变化科学专辑

- ◇ 联合国报告指出未来几十年北极的气温升高被锁定
- ◇ 浙江农村居民更容易受到极端气温的影响
- ◇ 气候变化正影响全球渔业生产力
- ◇ 气候变化限制了森林在野火后的恢复
- ◇ 减少煤炭使用是中美两国实现减排承诺的关键
- ◇ 美研究指出利用太阳地球工程可缓解主要的气候风险
- ◇ 国际机构审查海洋地球工程技术
- ◇ 2005—2016年美国各州能源相关二氧化碳排放差异显著
- ◇ 工业化水产养殖业的温室气体排放量快速增长
- ◇ 全球农作物主产区的降雨模式将在2040年发生重大改变
- ◇ 热带地区地质构造活动或引发冰川时代

中国科学院兰州文献情报中心
中国科学院资源环境科学信息中心

中国科学院兰州文献情报中心
邮编: 730000 电话: 0931-8270063

地址: 甘肃兰州市天水中路8号
网址: <http://www.llas.ac.cn>

目 录

气候变化事实与影响

联合国报告指出未来几十年北极的气温升高被锁定.....	1
浙江农村居民更容易受到极端气温的影响.....	2
气候变化正影响全球渔业生产力.....	2
气候变化限制了森林在野火后的恢复.....	4

气候变化减缓与适应

减少煤炭使用是中美两国实现减排承诺的关键.....	4
美研究指出利用太阳地球工程可缓解主要的气候风险.....	7
国际机构审查海洋地球工程技术.....	8

GHG 排放评估与预测

2005—2016 年美国各州能源相关二氧化碳排放差异显著.....	9
------------------------------------	---

前沿研究动态

工业化水产养殖业的温室气体排放量快速增长.....	11
全球农作物主产区的降雨模式将在 2040 年发生重大改变.....	12
热带地区地质构造活动或引发冰川时代.....	13

气候变化事实与影响

联合国报告指出未来几十年北极的气温升高被锁定

2019年3月11日，联合国环境署（UN Environment）和全球资源信息数据库-阿伦达尔中心（Grid Arendal）联合发布题为《全球联系：图形化地看待变化的北极》（*Global Linkages: A Graphic Look at the Changing Arctic*）的新报告，介绍了北极近几十年来不同领域发生的变化和未来可能发生的变化。报告指出，即使实现《巴黎协定》气候目标，到2050年北极冬季气温将比1986—2005年水平提高3~5℃。

北极正面临着来自该地区内外的多重压力和变化驱动因素，这些变化以多样而相互关联的方式影响着北极的生态系统、气候和人类社会，并在地方、区域和全球层面产生连锁效应。适应变化对北极及全球其他地区而言是一项重大挑战。报告的主要结论包括：

（1）即使全球范围内立即大幅度减少碳排放，冬季北极气温仍将在未来至少20年持续增加。鉴于过去、现在和将来的温室气体排放以及海洋中储存的热量，这种增长趋势已被锁定在气候系统中。即使满足现有的《巴黎协定》承诺，到2050年北极冬季气温仍将比1986—2005年水平提高3~5℃。

（2）即使现有的《巴黎协定》承诺得以实现，北极的多年冻土预计仍将比目前减少45%。冻土融化预计将对二氧化碳和甲烷排放产生显著影响，由此产生的变暖将导致更多的冻土融化，这种效应被称为“正反馈”。报告强调，这种加速的气候变化甚至可能使《巴黎协定》的2℃目标偏离正轨。到2050年，400万人口和约70%的基础设施将受到多年冻土融化的威胁。

（3）北极变化将对全球产生巨大影响。1979年至今，北极海冰估计减少了40%。气候模式预测，在当前的碳排放速度下，北极夏季在2030年将变得无冰。格陵兰冰盖和北极冰川的融化将导致全球海平面上升1/3，这将影响全球沿海和岛屿社区。

（4）海洋酸化和污染对北极构成重大威胁。①海洋酸化对北极海洋物种造成了严重的影响。由于冷水可以容纳更多溶解的CO₂，由冰融化的淡水输入稀释了海水，并导致海水酸度进一步增加。自工业革命以来，全球海洋酸度增加了30%。②北极的地理特征和寒冷气候意味着该地区海洋、海底和海岸线成为全球污染物的汇集区。在全球范围内使用的15万种化学物质中，只有1000种受到定期监测。报告认为，需要一个新化学品全球审批制度，对于不属于现有条约监管的化学品而言，替代控制也是必要的。

（5）气候变化成为北极地区生物多样性面临的最严重威胁。气候还加剧了其他威胁，包括过度捕捞、栖息地退化、污染、入侵物种和疾病传播。栖息地的退化与丧失将对北极洄游物种产生直接影响；气候敏感的人畜共患疾病从南方蔓延到北极也与全球气候变化密切相关。

（刘燕飞 编译）

原文题目：Global Linkages: A Graphic Look at the Changing Arctic

来源：https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/465/original/GlobalLinkages.pdf?1552478695

浙江农村居民更容易受到极端气温的影响

2019年3月1日,《环境健康展望》(*Environmental Health Perspectives*) 期刊发表题为《中国浙江省气温—死亡率关系城乡差异的证据》(*Evidence for Urban–Rural Disparity in Temperature–Mortality Relationships in Zhejiang Province, China*) 的文章指出,与城市居民相比,农村居民更容易受到酷暑和严寒天气的影响。

极端温度不仅会导致直接死亡,还会加剧包括心脏和呼吸系统疾病在内的其他疾病。与气温相关的死亡风险研究大多集中在城市地区,而城乡气温差异对健康结果影响的证据有限。为了调查中国城乡各县之间是否存在气温—死亡率关系,来自浙江大学、莫纳什大学(Monash University)、国际应用系统分析研究所(IIASA)等机构的研究人员收集了2009—2015年浙江省89个县1公里网格的温度和死亡率每日数据。研究人员首先进行了两阶段分析(two-stage analysis),以估计温度对城乡各县死亡率的影响;其次进行了元回归(meta-regression)来研究城市化水平的修正效应。分层分析包括全因、非意外(按年龄和性别分层)、心肺、心血管和呼吸系统死亡率。研究人员还计算了非最佳温度导致的死亡率和死亡人数。运用具有县域特征的元回归方法,探讨了城乡差异的潜在来源。

研究结果显示,死亡率风险的增加与农村和城市地区的低温及高温有关,但农村各县的相对风险、可归属死亡率和可归属死亡人数均高于城市各县。低温(相对于最低死亡温度的第一个百分位数)的城乡差异明显,城镇各县全因死亡率相对风险为1.47,农村各县为1.98。城乡差异的潜在来源包括年龄结构、教育、GDP、医疗服务、空调、职业类型等。

研究结果表明,在中国浙江省,农村居民比城市居民更容易受到冷热天气的影响,尤其是老年人。以往使用来自城市地区的暴露—反应函数进行的研究可能低估了总体人口的死亡率负担。旨在控制与气温有关的死亡率的公共卫生机构应制定区域特色的战略,例如缩小城乡在获得卫生保健和预防风险意识方面的差距。未来对气候健康影响的预测应考虑城乡死亡率风险的差异。

(曾静静 编译)

原文题目: Evidence for Urban–Rural Disparity in Temperature–Mortality Relationships in Zhejiang Province, China

来源: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/EHP3556>

气候变化正影响全球渔业生产力

鱼类为世界一半以上的人口提供了重要的蛋白质来源,超过5600万人的生计依赖渔业。海洋已经成为全球数百万人的主要食物来源和收入来源。然而,渔场管理不善和过度捕捞正在威胁许多鱼类物种的生存。这些鱼类物种中有许多还受到了全球气候变化所致的海洋持续变暖的影响,但目前人们在气候变化对渔业的影响方面知之甚少。

来自美国罗格斯大学 (Rutgers University)、加州大学圣巴巴拉分校 (University of California, Santa Barbara)、美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 渔业部门等机构的研究人员使用温度特异性模型 (temperature-specific models) 评估了气候变化对全球海洋 38 个生态区域中 124 个物种的 235 个种群生产力的影响。研究结果显示, 1930—2010 年, 受人为气候变化的影响, 全球渔场的总产量下降了 4.1%。其中, 损失最严重的 5 个生态区域分别为日本海 (the Sea of Japan)、北海 (North Sea)、伊比利亚沿海 (Iberian Coastal)、黑潮流 (Kuroshio Current) 和凯尔特-比斯开湾生态区 (Celtic-Biscay Shelf Ecoregions), 其损失率为 15%~35%。在气候变化影响下, 渔业总产量反而增长的生态区域包括拉布拉多-纽芬兰 (Labrador-Newfoundland)、波罗的海 (Baltic Sea)、印度洋 (Indian Ocean) 和美国东北部生态区 (Northeast U.S. Shelf ecoregions) 等。过度捕捞会放大大气变化的负面影响, 因为过度捕捞不仅使区域物种更容易受到气温上升的影响, 而且还使种群重建变得更加困难。相关研究成果《历史变暖对海洋渔业生产的影响》(Impacts of Historical Warming on Marine Fisheries Production) 于 2019 年 3 月 1 日发表在《科学》(Science) 杂志上。

全球渔业生产力正面临挑战, 这将威胁到全球数百万人的主要食物来源和收入来源, 而实施《巴黎协定》, 将升温幅度限制在 1.5 °C 以内, 能否减缓气候变化对渔业生产力的负面影响仍然是一个悬而未决的问题? 2019 年 2 月 27 日, 《科学进展》(Science Advances) 发表了题为《<巴黎协定>对海洋生物、经济和人民的益处》(Benefits of the Paris Agreement to Ocean Life, Economies, and People) 的文章。来自加拿大不列颠哥伦比亚大学 (University of British Columbia) 和达尔豪斯大学 (Dalhousie University) 的研究人员利用气候-海洋生态系统和经济模型 (Climate-marine Ecosystem and Economic Models), 评估了《巴黎协定》对全球渔业、渔民和经济的影响。研究结果显示, 实施《巴黎协定》每年最高可以使全球渔业额外产生数百万吨的捕捞量, 每年帮助渔民增收数十亿美元。该研究的预测结果显示, 75% 的海洋国家将受益于这种保护, 并且, 约 90% 的新增渔获量将发生在发展中国家的领海内。研究结果还显示, 海洋渔业部门在全世界提供了约 2.6 亿个全职和兼职工作, 印度、印度尼西亚和尼日利亚等发展中国家占到了其中的大多数。稳定的鱼类供应对于维持这些工作机会、粮食主权和人类福祉至关重要。因此, 实施《巴黎协定》对世界海洋渔业的未来发展至关重要。

(董利苹 编译)

主要参考文献:

- [1] Benefits of the Paris Agreement to Ocean Life, Economies, and People.
<http://advances.sciencemag.org/content/5/2/eaau3855>
- [2] Impacts of Historical Warming on Marine Fisheries Production.
<http://science.sciencemag.org/content/363/6430/979>

气候变化限制了森林在野火后的恢复

2019年3月11日,《美国科学院院刊》(PNAS)发表题为《森林大火和气候变化使低海拔森林超过树木再生的关键气候阈值》(Wildfires and Climate Change Lush Low-elevation Forests Across a Critical Climate Threshold for Tree Regeneration)的文章指出,低海拔森林发生森林大火后,气候变化使树木幼苗再生变得越来越困难,这可能会导致森林突然消失。

气候变化使美国西部的火灾日益加剧,这有可能加速由气候引起的植被群落的变化。野火会烧死成年树,加速植被的变化。森林在野火后恢复的能力取决于每年的气候条件,因为树苗特别容易受到干热天气的影响。然而,学界对年度气候变率及其与长期气候趋势的相互作用对植被变化的影响程度仍然未知。为了更好地了解气候变化对森林更新的潜在影响,由美国蒙大拿大学(University of Montana)的科研人员领导的研究小组,利用取自美国33处森林大火破坏后的2935棵树木的年轮数据,将这些结果与1980—2009年同一地区的气候数据进行比较,以研究年度气候与火灾后两种主要的低海拔针叶树——黄松(Ponderosa Pine)和道格拉斯花旗松(Douglas-fir)树木再生能力之间的关系。

研究结果表明,树木再生对年度气候条件具有非线性响应,基于不同的水汽压差、土壤水分和最大地表温度,恢复阈值有所不同(如果气候条件超过阈值,幼树就会死亡)。在研究区域内的干旱地区,大多数研究地点的气候条件在1990—2009年都超过了这些阈值,导致适合树木再生的年际条件突然下降。火灾严重程度高和种子利用率低进一步降低了火灾后树木再生的可能性。总之,气候变化与严重火灾相结合,导致野火后幼苗生长的机会越来越少,并可能导致美国西部低海拔黄松和道格拉斯花旗松的生态系统转型。

(裴惠娟 编译)

原文题目: Wildfires and Climate Change Lush Low-elevation Forests Across a Critical Climate Threshold for Tree Regeneration

来源: <https://www.pnas.org/content/early/2019/03/05/1815107116>

气候变化减缓与适应

减少煤炭使用是中美两国实现减排承诺的关键

2019年3月15日,《应用能源》(Applied Energy)期刊发表题为《美国和中国实现减排承诺的最佳能源资源组合》(Optimal Energy Resource Mix for the US and China to Meet Emissions Pledges)的文章指出,美国和中国都需要对各自的能源资源组合进行重大调整,以实现《巴黎协定》的减排承诺。其中,减少煤炭使用量是两国实现减排目标的关键;提高能源效率和使用电动汽车是成本最低的策略之一;两国都可以在不增加核能使用的情况下实现其减排目标;大规模植树对减排的作用非常有限。

美国和中国于 2014 年 11 月达成的双边协议以及《巴黎协定》中提出的减排承诺是全球温室气体减排努力的关键方面。尽管特朗普政府已宣布退出《巴黎协定》，但美国一些主要州仍在追求与这些目标一致的减排目标。中国也重申了对减排目标的承诺。由于能源在美国和中国经济中发挥着至关重要的作用，因此，为了实现各自的减排承诺，美国和中国各自应该部署怎样的最佳能源资源组合？美国波特兰州立大学（Portland State University）的研究人员使用组合的能源与地球工程优化模型（CEAGOM）研究了这一问题。为了对美国和中国的减排承诺进行具体分析，该研究设置了一个基准情景和一系列比较情景，以研究哪些可能合理的政策能够使两国实现各自的减排目标。本文重点对有关中国的分析进行介绍，以供参考。

1 对中国的分析

（1）**基准情景：**由于中国承诺 2030 年前达到碳排放峰值，因此，基准情景为假设在没有排放限制的情况下，中国到 2030 年的排放量。这一排放量将作为 2030—2035 年的排放限值（该分析预测至 2035 年，以确认排放没有超过限值）。在该情景下，2030 年的排放量约为 14 Gt CO₂-eq（140 亿吨二氧化碳当量）。

（2）**排放目标：**从 2030 年开始实施 14 Gt CO₂-eq 限值需要中国能源资源组合发生重大转变。为了实现排放限值，需要大幅降低煤炭使用量（从每年 40 多亿吨减少到 2035 年的每年 27 亿吨），大幅增加天然气、风能和太阳能光伏的使用量，以及大规模部署生物燃料。

（3）**能源效率：**假设到 2035 年最大能源效率从能源总需求的 5% 提高到 10%，这将对资源组合产生重大影响。随着能源效率的提高，煤炭的年使用量将在 2035 年超过 35.5 亿吨，天然气、石油和太阳能光伏的使用量将大幅下降。煤炭使用量的增加和能源效率的提高抵消了用于电力、交通和工业燃烧的其他能源。能源效率的提高又抵消了煤炭的排放。

（4）**电动汽车：**假设到 2035 年中国交通能源需求的 10% 将转向电动汽车。2017 年，中国电动汽车市场份额已经达到 2.4%，预计 2018 年将达到 3.6%。该情景导致用于发电的煤炭量增加 2 亿多吨，同时石油使用量大幅度下降。

（5）**核电：**假设中国没有新建核电站投入运营，并假设现有核电站继续运营。该情景要求到 2035 年，能源效率潜力提高到能源需求的 10%。在该情景下，煤炭的年使用量将在 2035 年超过 35 亿吨，因此，煤炭使用与能源效率之间也会出现同样的相互作用。还需要使用更多的天然气、太阳能光伏和水电资源。

（6）**碳封存：**该情景要求从 2031 年到 2033 年每年种植 2000 万公顷树木，并在 2034 年再种植 1100 万公顷树木。由于植树导致生物燃料产量大幅下降，因此，该情景下的石油使用量是所有情景中最高的，到 2035 年每年达到 160 亿桶。煤炭的年使用量在 2035 年必须减少到 26 亿吨，比基准情景少 1 亿吨。煤炭使用量的减少加上植树抵消了石油使用量增加导致的排放量增加。

(7) **煤炭**：该情景假设中国市场煤炭的可变成本较高，这将导致中国资源结构和排放总量发生显著变化。与排放目标情景相比，中国煤炭的年使用量减少了 4 亿吨，这一差异是由水电厂和核电站的显著增加造成。与排放目标情景相比，水电的部署增加了 14% 以上，核电的使用增加了 230% 以上。因此，该情景导致中国的排放量到 2030 年将为 13 Gt CO₂-eq，而不是 14 Gt CO₂-eq。假设的较高的煤炭成本导致中国的能源总体成本显著提高。

(8) **燃煤电厂**：该情景假设中国新建燃煤电厂的资本成本显著降低。这一敏感性情景的目的是评估假设的燃煤发电资本成本对中国能源结构可能产生多大的影响。该情景下的能源结构实际上与最初的排放目标情景相同，仅能源总体成本略低。

(9) **太阳能**：该情景假设中国太阳能光伏发电的资本成本大大降低。近年来，中国的太阳能光伏发电成本大幅下降。该情景分析了与排放目标情景相比，这种成本下降可能如何影响中国的整体能源结构和成本。这些较低的太阳能成本在模拟期间使中国能源成本的净现值 (NPV) 减少了 3000 亿美元。不过，整体能源结构没有变化。

(10) **煤炭/太阳能**：该情景结合了较高的煤炭可变成本假设和较低的太阳能光伏资本成本假设。与排放目标情景和仅增加煤炭成本情景相比，该情景使中国太阳能光伏发电量增加了 1 倍以上。与仅增加煤炭成本情景相比，增加的太阳能光伏发电部署取代了大约 2 亿吨额外的煤炭使用。该情景显示，中国的排放总量到 2030 年略低于 13 GtCO₂-eq。在该情景下，中国能源总成本的 NPV 比仅增加煤炭成本情景低 2000 亿美元。

2 结论

研究结果表明，美国和中国都需要对各自的能源资源组合进行重大调整，以满足双边和《巴黎协定》的减排承诺。美国要实现这一目标，估计到 2024 年需要几乎完全摒弃将煤炭作为一种能源资源，并且需要转向以天然气、能效、风能、太阳能光伏、核能和生物燃料为基础的能源组合，而石油主要用于交通运输燃料。

与美国承诺的实际减排相比，中国到 2030 年停止温室气体排放增长的目标并不那么严苛。然而，要实现这一目标，中国仍需要对其能源资源组合进行一些重大调整。中国需要从煤炭转向天然气、风能、生物燃料、核能和太阳能光伏发电。能源效率潜力提高到能源总需求的 10% 对中国非常有利，这将使中国能够利用其庞大的煤炭储量，在不需新建核电站的情况下实现其排放目标。由于中国有潜力将能源效率每年提高 2.4%，因此，这一整体能效水平应该是可以实现的。

煤炭及其定价在中国能源结构中占据主导和关键地位。如果中国的煤炭价格保持在较低水平，那么煤炭将成为中国的主要能源，温室气体排放量将会更高。即使太阳能光伏等其他资源的成本大幅降低，煤炭仍将占据主导地位。但是，如果中国

的煤炭市场成本持续较高，那么在优化的情况下，中国的煤炭使用量可以大幅减少。如煤炭/太阳能情景所示，其他资源的成本大幅降低可使更多的煤炭被取代。结果表明，中国应该取消对煤炭行业的补贴，甚至可以考虑实施某种形式的碳税。

此外，植树可以帮助美国和中国实现各自的减排目标，但它的作用似乎非常有限。就美国而言，与基准情景相比，两种植树方案的总体资源组合和相关成本几乎没有变化。就中国而言，与排放限制情景相比，植树将增加石油使用量并略微降低总体成本。然而，在能源效率更高或电动汽车使用量增加的情景下，将以更低的成本实现相同的减排目标。因此，不建议将植树作为实现这些目标的主要策略，尽管植树计划可能还有其他无法计算的益处。

(廖琴 编译)

原文题目: Optimal Energy Resource Mix for the US and China to Meet Emissions Pledges

来源: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261919300728?via%3Dihub>

美研究指出利用太阳地球工程可缓解主要的气候风险

2019年3月11日，美国麻省理工学院（MIT）、普林斯顿大学和哈佛大学的研究人员在《自然·气候变化》（*Nature Climate Change*）发表题为《通过理想化的太阳地球工程使变暖减半，可以缓解主要的气候危害》（*Halving Warming with Idealized Solar Geoengineering Moderates Key Climate Hazards*）的文章，研究表明通过太阳地球工程可以使全球变暖减半，并抵消热带风暴增加的风险。

太阳地球工程（*Solar Geoengineering*）具有通过增加行星反照率来恢复地表平均温度的潜力，但是该方法可能会减少降水量。因此，太阳地球工程可能会减少全球总风险，但也会增加一些地区的气候风险。该研究利用高预测分辨率低海洋分辨率（*HiFLOR*）模型和来自地球工程模型比对项目（*Geoengineering Model Intercomparison Project, GeoMIP*）的12个模型，分析了太阳地球工程使局地气候变化加剧或者缓解的地区比例。

该研究假设了一个太阳地球工程的理想化案例——通过反射太阳光线远离地球，使CO₂增加引起的全球变暖减半。研究表明，该案例下太阳地球工程抵消了大部分由CO₂增加带来的热带气旋强度的增加。

此外，该案例下在IPCC极端事件评估特别报告（*SREX*）中的所有地区，平均温度、水资源可利用量、极端温度和极端降水都不会加剧。对于极端降水和水资源可利用量，仅有不到0.4%的无冰陆地表面会出现恶化。因此，该研究指出，虽然对太阳地球工程影响不均的担忧是适当的，但这种不均的程度可能被夸大。

(刘燕飞 编译)

原文题目: Halving Warming with Idealized Solar Geoengineering Moderates Key Climate Hazards

来源: <https://www.nature.com/articles/s41558-019-0398-8>

国际机构审查海洋地球工程技术

2015年的《巴黎协定》和IPCC发布的《全球升温1.5℃特别报告》已经注意到了限制温度升高需要负排放技术从大气中去除二氧化碳，然而，大规模有意操纵环境的技术可能给环境带来不可逆转的负面影响。2019年3月14日，海洋环境保护科学方面联合专家组Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, GESAMP)出版题为《各种拟议海洋地球工程技术的高级别审查》(*The High Level Review of a Wide Range of Proposed Marine Geoengineering Techniques*)报告，第一次全面审查了8类27种从大气中清除二氧化碳的海洋地球工程方法的大范围适用性。国际海事组织(International Maritime Organization, IMO)、联合国粮食及农业组织(FAO)、联合国教育、科学及文化组织(UNESCO)、世界气象组织(WMO)等是起草该报告的共同提案机构。该评估报告的主要结论如表1所示。

表1 8类地球工程方法的评估结果

类别	范例	循证知识	实地研究	知识差距	大范围适用性
生物学二氧化碳去除	海洋铁肥	理论、自然类似物、模型(远小于当前二氧化碳排放量的10%)、实地研究	无约束、瞬态、100 km	检测、归因、升尺度问题(Upscaling Issues)、副作用	受LC/LP监管
粮食安全——施肥	增强鱼类库存	理论、自然类比、实地研究	无约束、瞬态、100 km	检测、归因、升尺度问题、副作用	自然界存在相似物、可实现大规模施肥
二氧化碳去除——物理运输	液态二氧化碳海底封存	理论、自然类比、实地研究	无约束、瞬态	升尺度问题、副作用	被LP禁止，但LC未作出明确规定
二氧化碳去除——食品安全混合技术	栽培巨藻	理论、自然类似物、模型(远小于当前二氧化碳排放量的10%)、实地研究	无约束、瞬态、小于5 km	升尺度问题、副作用	在沿海地区，与施加海洋铁肥有许多不同之处
二氧化碳去除——物理运输和生物地球化学	人工上升流增强	理论、自然类似物、模型(当前二氧化碳排放量的10%)、实地研究	测试1天~35天灾难性故障造成的影响	检测、归因、升尺度问题、副作用	自然界存在相似物、大规模的跨界问题
二氧化碳去除——地球化学	海洋碱化	理论、自然类似物、建模(约占当前二氧化碳排放量的10%)、实验室测试、实地研究	无约束、瞬态、10 km	检测、归因、升尺度问题、副作用	自然界存在相似物、大规模的跨界问题
反照率修改——海面	反光泡沫	理论、自然类比、建模	没有海洋泡沫、实验室试验	许多未知因素、泡沫性能、副作用、检测、归因、升尺度问题	不移除二氧化碳
反照率修改——低层大气	海洋云增亮(使用海水喷雾)	理论、自然类比、船舶排放的间接证据、建模	基于实验室的液滴形成	许多未知因素、包括产生亚微米盐水滴的可行性	不移除二氧化碳

备注：理论指可用于预测的科学原理；自然类似物指来自自然界的平行实例，例如，在地质过程中，得益于灰尘带来的铁质增加，碳封存得到了增强；LC，1972年伦敦公约；LP，1996年伦敦议定书；大多数实地研究发生在LC/LP修正案出台前；升尺度问题，指较小时空尺度上的现象、过程可能在更大的时空尺度上造成跨界影响，例如大规模发展海洋种植业或渔业，可能造成海洋生物多样性丧失、海洋生态系统重构、海洋水体污染等跨界影响，需要同步修订其他海洋治理框架。

(董利苹 编译)

原文题目：The High Level Review of a Wide Range of Proposed Marine Geoengineering Techniques

来源：<http://www.gesamp.org/site/assets/files/1996/rs98e.pdf>

GHG 排放评估与预测

2005—2016 年美国各州能源相关二氧化碳排放差异显著

2019 年 2 月 27 日，美国能源信息署（Energy Information Administration, EIA）发布的题为《2005—2016 年各州能源相关的二氧化碳排放》（*Energy-Related Carbon Dioxide Emissions by State, 2005–2016*）的报告显示，无论是从能源排放总量看，还是从人均能源排放量看，美国各州的能源相关二氧化碳排放差别很大，其中，各州的实际规模、资源禀赋、企业类型、气候、人口规模和密度是其主要影响因素。

（1）美国各州排放

美国各州能源相关的二氧化碳排放量包括所有部门燃料燃烧产生的直接排放，包括住宅、商业、工业、运输以及发电行业。2005—2016 年，美国有 41 个州能源相关的二氧化碳排放量下降，9 个州上升。其中，下降幅度最大的是马里兰州（Maryland），减少了 24 MMmt（million metric tons，百万吨）二氧化碳，约 30%，其次是俄亥俄州（Ohio）减排量为 64 MMmt（约 24%）。在此期间，增幅最大的是爱达荷州（Idaho），能源相关二氧化碳排放量增加了 3 MMmt（约 16%）。德克萨斯州（Texas）增加了 52 MMmt（约 9%），是美国能源相关二氧化碳排放绝对量增幅最大的州。

2015—2016 年，美国有 36 个州能源相关的二氧化碳排放量下降，14 个州上升。在此期间，美国能源相关二氧化碳排放量约减少了 2%。由于国家和州数据集的计算方法不同，所有州的能源相关二氧化碳排放总量与美国能源相关二氧化碳排放总量不同。

（2）燃料结构

各州的燃料结构差别很大。2016 年，煤炭消费分别占西弗吉尼亚州（West Virginia）和怀俄明州（Wyoming）能源相关二氧化碳排放量的 75%（71 MMmt）和 71%（43 MMmt）。而在加利福尼亚（California），来自煤炭的二氧化碳排放还不到 1%（3 MMmt），来自石油的二氧化碳排放约占 66%（239 MMmt）。在没有煤炭排放的罗德岛（Rhode Island），52%的二氧化碳排放来自石油（5 MMmt）。2016 年，夏威夷和佛蒙特州（Vermont）来自石油的二氧化碳排放份额分别为 92%（17 MMmt）和 89%（5 MMmt）。缅因州（Maine）的石油份额约为 81%（13 MMmt）。

在美国，有 6 个州煤炭排放量占总排放量的一半以上，这 6 个州主要依靠煤炭发电。有 17 个州来自石油的排放量占一半以上。其余州能源相关二氧化碳排放的燃料来源相对比较均匀。

（3）部门排放

各部门的二氧化碳排放量也因行业而异，例如，使用不同燃料发电，气候不同和经济产出不同（如商业活动与工业活动）等。在佛蒙特州，2016 年排放量最大的是运输部门（57%，即 3 MMmt），因气候相对寒冷，其住宅部门的排放量占 22%，略高于 1MMmt。与之相反，因气候宜人，夏威夷住宅部门的排放份额是美国最低的，

几乎为零，而其电力部门的排放份额相对较高（36%，7MMmt）。在哥伦比亚特区，住宅部门和商业部门的排放总和占到了总排放量的一半以上。而路易斯安那州是唯一一个工业部门排放量占排放总量一半以上的州。

总体而言，电力部门是 7 个州二氧化碳排放量的主要来源，因为这 7 个州主要依靠煤炭发电；运输部门是 8 个州二氧化碳排放量的主要来源；其他州各部门的二氧化碳排放量相对比较均匀。

（4）人均二氧化碳排放量

美国能源相关的人均二氧化碳排放量约为 16 mt，但受气候、经济结构、人口密度、能源禀赋、建筑标准以及明确的国家减排政策等诸多因素的影响，美国各州能源相关的人均二氧化碳排放量各不相同。2016 年，美国能源相关的人均二氧化碳排放量最高的州是其第三大能源生产州——怀俄明州（Wyoming），约为 104 mt（吨）。较之其他两个最大的能源生产州，德克萨斯州（2800 万人口）和宾夕法尼亚州（1300 万人口），怀俄明州稀少的人口（不到 60 万人）和寒冷的冬季促成了其最高的能源相关人均二氧化碳排放量。其他 4 个能源相关人均二氧化碳排放量较高的州依次为北达科他州（72 mt）、西弗吉尼亚州（52 mt），阿拉斯加（47 mt）和路易斯安那州（45 mt）。

在美国，得益于人口密集、公共便利和能效高，拥有近 2000 万人口的纽约人均二氧化碳排放量最低，约 8 mt。美国其他能源相关人均二氧化碳排放量低于 9.5 mt 的州包括加利福尼亚州、马萨诸塞州、俄勒冈州和罗德岛州。

（5）能量强度

一个国家的能源强度，以每单位经济产出所消耗的能源数量来衡量，或者用生产单位国内生产总值（GDP）所消耗的英国热量单位（British thermal unit, Btu）来衡量¹。2016 年，美国单位 GDP 平均需消耗热量 6,000 Btu。2016 年，能源相关人均二氧化碳排放量最高的州倾向于拥有更高的能源强度：怀俄明州、路易斯安那州（Louisiana）与西弗吉尼亚州、北达科他州（North Dakota）、蒙大拿州（Montana）与阿拉巴马州（Alabama）每产出单位 GDP 平均需消耗的热量分别为 24,000 Btu、19,000 Btu、16,000 Btu、14,000 Btu。

能源强度最低的州往往聚集在人口相对稠密的新英格兰和大西洋中部地区。

（6）经济碳强度

经济碳强度是指单位 GDP 的二氧化碳排放量。2016 年美国平均经济碳强度约为 309t CO₂/百万美元 GDP。美国经济碳强度最高的州包括怀俄明州、西弗吉尼亚州、北达科他州和路易斯安那州，其平均经济碳强度分别为 1,748 t CO₂/百万美元 GDP、1,430 t CO₂/百万美元 GDP、1,118 t CO₂/百万美元 GDP、1,004 t CO₂/百万美元 GDP 和 744 t CO₂/百万美元 GDP。

¹英国热量单位（British thermal unit, Btu），英、美等国采用的一种计算热量的单位，简记作 Btu，它等于 1 磅纯水温度升高 1°F 所需的热量。

经济碳强度最低的州包括纽约、马萨诸塞州（Massachusetts）、康涅狄格州（Connecticut）、加利福尼亚州和马里兰州，其平均经济碳强度分别为 128 t CO₂/百万美元 GDP、144 t CO₂/百万美元 GDP、152 t CO₂/百万美元 GDP、156 t CO₂/百万美元 GDP 和 171 t CO₂/百万美元 GDP。

（7）非化石能源

在过去 10 年中，美国核电和水电基本保持稳定，风能发电和太阳能发电经历了显著增长，这改变了美国一些州的非化石能源概况。2005—2016 年，加利福尼亚州非化石能源发电总量略有下降，从 810 亿 kWh（千瓦时）下降到了 800 亿 kWh，其中，风能发电和太阳能发电量增加，但水电和核电量下降。2016 年，伊利诺斯州（Illinois）的核电装机容量和风电装机容量均有所增加，其非化石能源发电量约为 1090 亿 kWh。宾夕法尼亚州（Pennsylvania）非化石能源的发展模式与伊利诺伊州类似。相比之下，在此期间，得益于核能发电和风能发电的持续增加，德克萨斯州的非化石能源发电量增加了 1 倍多，从 2005 年的 440 亿 kWh 增加到了 2016 年的 1020 亿 kWh。

该报告假设发电机、工业、家庭和商业使用的生物质燃料是碳中性的。如果实际上生物质燃料并非碳中性的，则该报告中能源相关的二氧化碳排放量可能被低估了。

（董利苹 编译）

原文题目：Energy-Related Carbon Dioxide Emissions by State, 2005-2016

来源：<https://www.eia.gov/environment/emissions/state/analysis/>

前沿研究动态

工业化水产养殖业的温室气体排放量快速增长

2019 年 3 月 4 日，《自然·气候变化》（*Nature Climate Change*）发表的题《采用工业规模的水产养殖业的温室气体排放量快速增长》（*Rapid Growth in Greenhouse Gas Emissions from the Adoption of Industrial-scale Aquaculture*）的文章显示，由水田转变而来的水产养殖塘受甲烷排放量大幅升高的影响，温室气体排放量快速增长。采用曝气系统、强化设施和装备升级、提升饲料管理和养殖水平是淡水养殖系统温室气体减排、降低水体污染风险和提高经济效益的重要措施。

自 20 世纪 80 年代以来，全球渔业捕捞量一直处于停滞状态，近 55% 的鱼类资源被过度捕捞。相反，全球鱼类消费量却呈现出持续增长的态势，从 1960 年的人均消费 10 kg 增加到 2016 年的 20.4 kg。全球水产品消费量年均增速高达 3.2%，超过了人口增长速率（1.6%），也高于陆生动物来源的肉类消费增速（2.8%）。这在很大程度上得益于水产养殖业的快速发展。与此同时，水产养殖业的快速发展往往伴随着土地利用方式的转变，例如，中国超过一半的淡水养殖池塘由水田转变而来。然而，这种扩张对温室气体排放的潜在影响尚未得到有效量化。

来自中国科学院土壤研究所、韩国延世大学 (Yonsei University)、英国班戈大学 (Bangor University) 等机构的研究人员以太湖流域稻田转变而来的河蟹养殖塘为案例, 测量了来自稻田和新的淡水河蟹养殖塘的全年甲烷、氧化亚氮和二氧化碳排放, 估算了全球淡水养殖业的甲烷和氧化亚氮排放量。研究结果显示: ①水田转变为粗放型河蟹养殖塘后, 温室气体排放由每公顷 8.15 t CO₂eq (吨二氧化碳当量) 增加到了 28.00 t CO₂eq, 增幅达到 243%, 主要是由于甲烷排放量的大幅提升。②全球淡水养殖业每年排放 6.04 Tg (10¹² g) 甲烷和 36.7 Gg (10⁹ g) 氧化亚氮, 分别占全球人为甲烷和氧化亚氮排放量的 1.82% 和 0.34%。③甲烷是淡水养殖系统排放的主要温室气体, 主要来自粗放型和半集约化淡水养殖系统。淡水养殖业具有巨大的温室气体减排潜力。随着集约化程度提高, 甲烷排放量显著降低, 工业化淡水养殖系统的甲烷排放可接近零, 单位鱼类产量的温室气体排放量仅为粗放型和半集约化养殖系统的 1/5。④如果全球一半来自粗放型和半集约化淡水养殖系统的鱼类产品被工业化养殖系统替代, 淡水养殖业温室气体排放量将降低 40% 以上。⑤水产养殖系统中 80.3% 的甲烷排放量来自浅层, 连续曝气强化系统能够显著降低水产养殖系统的甲烷排放量。⑥更多地采用曝气系统、强化粗放型淡水养殖系统设施和装备升级、提升饲料管理和养殖水平是淡水养殖系统温室气体减排、降低水体污染风险和提高经济效益的重要措施。

(董利苹 编译)

原文题目: Rapid Growth in Greenhouse Gas Emissions from the Adoption of Industrial-scale Aquaculture

来源: <https://www.nature.com/articles/s41558-019-0425-9>

全球农作物主产区的降雨模式将在 2040 年发生重大改变

2019 年 3 月 11 日,《美国国家科学院院刊》(PNAS) 发表题为《21 世纪农作物主产区出现的强降水变化》(Emergence of Robust Precipitation Changes Across Crop Production Areas in the 21st Century) 的文章指出, 即使人类迅速地大幅减少温室气体排放, 世界上农作物主产区的降雨模式也会在 2040 年前发生改变。

气候变暖将影响区域降水, 进而影响粮食供应。然而, 目前世界上只有少数地区的降水变化可以被归因于气候变化。在自然变率之外, 需要了解气候变化引起的降水变化的出现时间 (Time of Emergence, TOE), 这对于采取有效的适应措施至关重要。由智利大学 (Universidad de Chile) 科研人员领导的国际研究小组, 集成利用 21 个第五次耦合模式比较计划 (CMIP5) 的模式, 基于 4 种典型浓度路径 (RCP), 预测了 21 世纪全球区域降水变化的 TOE。研究重点分析了 4 种重要作物 (小麦、大豆、水稻和玉米) 的年平均和特定的生长季节和地区, 这 4 种作物加起来约占全球总热量摄入的 40%。

研究表明, 相比于 1986—2005 年的平均水平, 到 2040 年 4 种主要农作物主产区中近 14% 的土地将更干燥, 而高达 31% 的土地将更湿润。预计将迎来更加干旱的地区, 包括澳大利亚西南部、南部非洲、南美洲西南部、墨西哥中部和地中海

地区，而较湿润的地区包括加拿大、俄罗斯、印度和美国东部。比较 RCP 8.5 和 RCP 2.6 的结果可以清楚地看出，在符合《巴黎协定》的排放情景下，经历气候变化的耕地面积更少。然而，无论减排取得多大成效，所有地区——无论是湿润地区还是干旱地区——都需要对适应气候变化进行投资，而且迫切需要对未来几十年预计将发生重大变化的地区进行适应投资。

(裴惠娟 编译)

原文题目: Emergence of Robust Precipitation Changes Across Crop Production Areas in the 21st Century

来源: <https://www.pnas.org/content/early/2019/03/05/1811463116>

热带地区地质构造活动或引发冰川时代

2019 年 3 月 14 日,《科学》(*Science*) 期刊发表题为《热带地区弧陆碰撞决定了地球的气候状况》(*Arc-continent Collisions in the Tropics Set Earth's Climate State*) 的文章指出,地球气候的长期趋势是由热带地区火山弧与大陆之间是否存在碰撞决定的。低纬度的弧陆碰撞可能导致了二氧化碳的减少,从而带来了冰川时期。

在数百万年的时间尺度上,地球经历了温暖的无冰气候和寒冷的冰川气候,但目前还不清楚这些背景气候状态之间的转变是否是二氧化碳源或汇变化的结果。来自美国加利福尼亚大学(*University of California*)和麻省理工学院(*Massachusetts Institute of Technology*)的研究人员假设在温暖潮湿的热带地区,低纬度弧陆碰撞通过提升和侵蚀镁铁质和超镁铁质岩石来驱动降温,从而通过化学风化增加地球封存碳的潜力。为了验证该假设,研究人员使用了科学家们在过去几十年中重建的大陆和造山事件,以确定弧陆碰撞发生的时间和地点,并与冰盖的纬度分布进行了比较。

模拟结果表明,在过去 5 亿年中,热带地区火山弧和大陆碰撞形成的大约 10000 公里长的缝合线,与百万年后的 3 次冰川时期紧密相关。从地质学的角度来看,这样的时间跨度是相当短暂的。这 3 次冰川时期为晚奥陶世(约 4.55~4.40 亿年前)、二叠纪-石炭纪(约 3.35~2.80 亿年前)和新生代(约 3500 万年前)。研究人员还发现,发生在热带地区的碰撞与气候的关系显著强于发生在热带地区以外的碰撞与气候的关系,当缝合线形成于热带地区以外时,没有引发冰川事件。该分析揭示了热带地区的冰川作用程度与弧陆碰撞之间的强相关性。地球的气候状况主要由全球耐气候性决定,而全球耐气候性随弧陆碰撞的纬度分布而变化。

(廖琴 编译)

原文题目: *Arc-continent Collisions in the Tropics Set Earth's Climate State*

来源: <http://science.sciencemag.org/content/early/2019/03/13/science.aav5300>

《科学研究动态监测快报》

《科学研究动态监测快报》(以下简称《监测快报》)是由中国科学院文献情报中心、中国科学院兰州文献情报中心、中国科学院成都文献情报中心、中国科学院武汉文献情报中心以及中国科学院上海生命科学信息中心分别编辑的主要科学创新研究领域的科学前沿研究进展动态监测报道类信息快报。按照“统筹规划、系统布局、分工负责、整体集成、长期积累、深度分析、协同服务、支撑决策”的发展思路,《监测快报》的不同专门学科领域专辑,分别聚焦特定的专门科学创新研究领域,介绍特定专门科学创新研究领域的前沿研究进展动态。《监测快报》的内容主要聚焦于报道各相应专门科学研究领域的科学前沿研究进展、科学研究热点方向、科学研究重大发现与突破等,以及相应专门科学领域的国际科技战略与规划、科技计划与预算、重大研发布局、重要科技政策与管理等方面的最新进展与发展动态。《监测快报》的重点服务对象,一是相应专门科学创新研究领域的科学家;二是相应专门科学创新研究领域的主要学科战略研究专家;三是关注相关科学创新研究领域前沿进展动态的科研管理与决策者。

《监测快报》主要有以下专门性科学领域专辑,分别为由中国科学院文献情报中心编辑的《空间光电科技专辑》等;由中国科学院兰州文献情报中心编辑的《资源环境科学专辑》、《地球科学专辑》、《气候变化科学专辑》;由中国科学院成都文献情报中心编辑的《信息技术专辑》、《先进工业生物科技专辑》;由中科院武汉文献情报中心编辑的《先进能源科技专辑》、《先进制造与新材料科技专辑》、《生物安全专辑》;由中国科学院上海生命科学信息中心编辑的《BioInsight》等。

《监测快报》是内部资料,不公开出版发行;除了其所报道的专题分析报告代表相应署名作者的观点外,其所刊载报道的中文翻译信息并不代表译者及其所在单位的观点。

版权及合理使用声明

《科学研究动态监测快报》(以下简称《监测快报》)是由中国科学院文献情报中心、中国科学院兰州文献情报中心、中国科学院成都文献情报中心、中国科学院武汉文献情报中心以及中国科学院上海生命科学信息中心按照主要科学研究领域分工编辑的科学研究进展动态监测报道类信息快报。

《监测快报》遵守国家知识产权法的规定,保护知识产权,保障著作权人的合法利益,并要求参阅人员及研究人员遵守中国版权法的有关规定,严禁将《监测快报》用于任何商业或其他营利性用途。读者在个人学习、研究目的中使用信息报道稿件,应注明版权信息和信息来源。未经编辑单位允许,有关单位和用户不能以任何方式全辑转载、链接或发布相关科学领域专辑《监测快报》内容。有关用户单位要链接、整期发布或转载相关学科领域专辑《监测快报》内容,应向具体编辑单位发送正式的需求函,说明其用途,征得同意,并与具体编辑单位签订服务协议。

欢迎对《科学研究动态监测快报》提出意见与建议。

气候变化科学专辑:

编辑出版:中国科学院兰州文献情报中心(中国科学院资源环境科学信息中心)

联系地址:兰州市天水中路8号(730000)

联系人:曾静静 董利苹 裴惠娟 廖琴 刘燕飞

电话:(0931)8270063

电子邮件:zengjj@llas.ac.cn; donglp@llas.ac.cn; peihj@llas.ac.cn; liaoqin@llas.ac.cn; liuyf@llas.ac.cn