

# 科学研究动态监测快报

---

2023年3月20日 第6期(总第360期)

## 气候变化科学专辑

- ◇ 国际能源署发布《2022年全球二氧化碳排放》报告
- ◇ 世界气象组织批准全球温室气体监测基础设施计划
- ◇ 澳大利亚发布工业能源转型行动计划
- ◇ 2022年全球能源转型技术投资达创纪录的1.3万亿美元
- ◇ 欧洲环境署提出供热和制冷脱碳是应对气候变化的当务之急
- ◇ 英学者探讨水资源变化对水力发电的影响
- ◇ 英国皇家学会指出净零航空燃料面临资源和技术挑战
- ◇ 联合国环境规划署评估太阳辐射修正技术的可行性
- ◇ 澳大利亚科学院就温室气体去除技术发展提出建议
- ◇ 国际智库认为农业碳市场作为减排政策工具收效甚微
- ◇ 国际研究基于卫星数据盘点各国二氧化碳排放量
- ◇ 2021年北方森林火灾的二氧化碳排放占比打破历史纪录
- ◇ 美研究提出未来气候变暖源于全球食物消费

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

## 本期热点

国际能源署发布《2022 年全球二氧化碳排放》报告 ..... 1

## 科学计划与规划

世界气象组织批准全球温室气体监测基础设施计划 ..... 2

## 气候政策与战略

澳大利亚发布工业能源转型行动计划 ..... 3

## 气候变化减缓与适应

2022 年全球能源转型技术投资达创纪录的 1.3 万亿美元 ..... 4

欧洲环境署提出供热和制冷脱碳是应对气候变化的当务之急 ..... 6

英学者探讨水资源变化对水力发电的影响 ..... 7

英国皇家学会指出净零航空燃料面临资源和技术挑战 ..... 8

联合国环境规划署评估太阳辐射修正技术的可行性 ..... 9

澳大利亚科学院就温室气体去除技术发展提出建议 ..... 10

国际智库认为农业碳市场作为减排政策工具收效甚微 ..... 11

## GHG 排放评估与预测

国际研究基于卫星数据盘点各国二氧化碳排放量 ..... 12

2021 年北方森林火灾的二氧化碳排放占比打破历史纪录 ..... 13

## 前沿研究动态

美研究提出未来气候变暖源于全球食物消费 ..... 14

专辑主编: 曲建升

本期责编: 刘燕飞

执行主编: 曾静静

E-mail: liuyf@llas.ac.cn

### 国际能源署发布《2022 年全球二氧化碳排放》报告

3月2日，国际能源署（IEA）发布题为《2022 年全球二氧化碳排放》（*CO<sub>2</sub> Emissions in 2022*）的报告，详细分析了 2022 年全球温室气体排放的变化趋势。报告显示，由于可再生能源、电动汽车、热泵和节能技术应用的显著增长，能源危机的影响并未导致全球二氧化碳排放量大幅增加。该报告是 IEA 新系列《全球能源转型盘点》（*Global Energy Transitions Stocktake*）的第 1 份报告，旨在支持 11 月在迪拜举行第 28 届联合国气候变化大会（COP28）前的第 1 次全球盘点。报告内容主要包括以下几个方面：

**（1）2022 年全球二氧化碳排放量呈现小幅增长趋势。**①2022 年，全球温室气体排放量达到 41.3 Gt CO<sub>2</sub>eq（十亿吨二氧化碳当量），与 2021 年相比增加了 1.0%。其中，来自能源消费和工业生产过程的二氧化碳排放约占温室气体排放总量的 89%。②2022 年，全球二氧化碳排放量再创新高，超过 36.8 Gt（十亿吨），与 2021 年相比增长了 0.9%，即 321 Mt（百万吨）。能源消费产生的二氧化碳排放量增加了 423 Mt，而工业生产过程的二氧化碳排放量减少了 102 Mt。③2022 年，全球二氧化碳排放量增速远低于全球 GDP 增速（3.2%），恢复了长达 10 年的碳排放与经济增长脱钩趋势。④尽管 2022 年出现了能源价格冲击、通胀上升和传统能源贸易中断等现象，但并没有出现人们担心的全球碳排放量大幅增加趋势。这主要归因于可再生能源、电动汽车、热泵等清洁能源技术的部署与应用，避免了 550 Mt 的额外二氧化碳排放。

**（2）不同部门（或能源类型）二氧化碳排放变化趋势存在显著差异。**①2022 年，全球二氧化碳排放量增长主要来自电力和运输部门，其二氧化碳排放量分别增加了 261 Mt 和 254 Mt。特别是在亚洲新兴经济体带动下，全球燃煤发电和供热的二氧化碳排放量增长了 2.1%，即 224 Mt。②2022 年，工业部门二氧化碳排放量下降了 1.7%，降至 9.2 Gt。全球工业二氧化碳排放量下降主要是因为中国工业领域减少 1.6 Gt 二氧化碳排放，其中水泥生产下降了 10%，钢铁生产下降了 2%。③从不同能源类型来看，2022 年天然气产生的二氧化碳排放量下降了 1.6%，即 118 Mt，而煤炭和石油产生的二氧化碳排放量分别增长了 1.6%（243 Mt）和 2.5%（268 Mt），分别增至 15.5 Gt 和 11.2 Gt。④太阳能光伏、风力发电等迅猛增长有助于电力部门避免 465 Mt 的额外二氧化碳排放，其他清洁能源技术有助于避免大约 85 Mt 的额外二氧化碳排放。

**（3）不同地区二氧化碳排放趋势存在明显不同。**①受新型冠状病毒肺炎（COVID-19）疫情影响，中国的二氧化碳排放量变化很小。2022 年，中国二氧化碳

碳排放量约为 12.1 Gt，与 2021 年相比，下降了 0.2%（23 Mt），变化趋势相对平稳。能源燃烧产生的二氧化碳排放量增加被工业加工产生的碳排放量下降所抵消。中国经济增长放缓，建筑活动下降以及严格的疫情措施导致工业和运输二氧化碳排放量下降。电力部门二氧化碳排放增长较过去 10 年的平均水平有所放缓，但增长率仍达到 2.6%。②能源危机促使欧盟通过清洁电力以及减少需求等措施降低了二氧化碳排放。尽管石油和天然气市场中断、干旱造成水资源短缺以及众多核电站关闭等，但与 2021 年相比，2022 年欧盟二氧化碳排放量下降了 2.5%（70 Mt）。在暖冬的帮助下，建筑部门产生的二氧化碳排放明显下降，减少了 60 Mt。虽然电力部门产生的二氧化碳排放量增加了 3.4%（60 Mt），但煤炭消费量并不像预期的那样高。风能和太阳能光伏发电量增加了 15%，首次超过天然气或核能发电。工业部门产生的二氧化碳排放量下降了 42 Mt。③在天然气消费不断上升的推动下，美国二氧化碳排放量呈现增加趋势。2022 年，美国二氧化碳排放量达到 4.7 Gt，与 2021 年相比增长了 0.8%（36 Mt）。受到极端气温影响，建筑部门二氧化碳排放量增加了 26 Mt，远高于过去 10 年（2012—2021 年）的年均增长速度（每年增加 7 Mt）。天然气产生的二氧化碳排放量增加了 86 Mt，超过煤炭减少的二氧化碳排放量（69 Mt）。2022 年，通过使用太阳能光伏和风能发电，电力部门产生的二氧化碳排放减少了 20 Mt，呈现明显降低趋势。④2022 年，除中国外，亚洲新兴市场和发展中经济体的二氧化碳排放量增长超过任何其他地区，增加了 4.2%（206 Mt）。该地区 50% 以上的二氧化碳排放增长来自燃煤发电。

（刘莉娜 编译）

原文题目：CO<sub>2</sub> Emissions in 2022

来源：<https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>

## 科学计划与规划

### 世界气象组织批准全球温室气体监测基础设施计划

3 月 6 日，世界气象组织（WMO）执行理事会宣布批准一项全球温室气体监测计划——“全球温室气体监测基础设施”（Global Greenhouse Gas Monitoring Infrastructure）计划。该计划将对温室气体浓度和通量进行持续、常规的全球监测，以填补关键信息空白，支持温室气体减排行动，从而控制全球温度的上升。

目前，许多国际和国家机构监测温室气体的相关活动主要由研究机构支持，对温室气体地基和空基观测或模式产品缺乏及时的国际交流。全球温室气体监测基础设施计划旨在利用 WMO 在国际协作、气象预测和气候分析方面的经验，协调各种温室气体监测能力，整合所有现有的监测数据，并在一个综合性、运行性的框架内实现。该计划将建立在 WMO 协调国际天气预测和气候分析合作方面的经验基础上，

利用自 1989 年建立的“全球大气观测”(Global Atmosphere Watch)计划及其“综合全球温室气体信息系统”(Integrated Global Greenhouse Gas Information System, IG3IS)在温室气体监测、研究和服务方面的长期活动。

根据初步设计,全球温室气体监测基础设施将由以下 4 个主要部分组成:①对 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 的浓度、总柱量、部分柱量、垂直廓线和通量以及气象、海洋和陆地相关变量进行全面、持续的全球地面观测和卫星观测,并尽快进行国际交换;②基于活动数据和基于过程的模式对温室气体排放进行先验估计;③一套表达温室气体循环的全球高分辨率地球系统模式;④与模式相关的数据同化系统,将观测结果与模式计算进行最佳组合,以生成更高精度的产品。

(王田宇 刘燕飞 编译)

原文题目:WMO Executive Council Endorses Global Greenhouse Gas Monitoring Plan

来源:<https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-executive-council-endorses-global-greenhouse-gas-monitoring-plan>

## 气候政策与战略

### 澳大利亚发布工业能源转型行动计划

2 月 20 日,澳大利亚气候事务中心(Climateworks Centre)和联邦科学与工业研究组织(CSIRO)联合发布《澳大利亚工业能源转型行动计划:工业脱碳之路》(*Australian Industry Energy Transitions Initiative: Pathways to Industrial Decarbonisation*),首次概述了澳大利亚钢铁、铝、其他金属、化学品和天然气 5 条重工业供应链的脱碳路径(表 1)。这 5 条重工业供应链排放量占澳大利亚排放总量的 25%。澳大利亚工业脱碳之路有助于将全球升温限制在 1.5 °C 以内,并创造多达 135 万个就业机会。报告的主要内容如下:

(1) **减排**。在协调行动情景(Coordinated Action Scenario)下,到 2050 年,澳大利亚重工业有可能过渡到净零排放,其中,钢铁、铝、其他金属、化学品和天然气 5 大重工业供应链的排放将在 2020 年的基础上分别减少 99%、98%、90%、96% 和 91%。

(2) **技术投资**。2020—2050 年,澳大利亚将投资 1326 亿澳元(约占总投资的 1/5)扶持工业技术研发,以保障澳大利亚 5 条重工业供应链脱碳。其中,钢铁、铝、其他金属、化学品和天然气 5 条重工业供应链将分别获得 195 亿澳元、360 亿澳元、92 亿澳元、283 亿澳元和 396 亿澳元的技术投资额。

(3) **可再生能源**。工业脱碳之路必须以可再生能源发电和储存的“重大变革”为基础。到 2050 年,澳大利亚将新增约 80 GW(吉瓦)的大型风力发电、90 GW 的大型太阳能发电、80 GW 的屋顶太阳能发电和 70 GW 的储存容量。届时,澳大利亚的总发电量将增加 2 倍,达到 600 TWh/yr(太瓦时/年),钢铁、铝、其他金属、

化学品和天然气 5 条重工业供应链的可再生能源电力消费量将分别达到 29 TWh/yr、44 TWh/yr、26 TWh/yr、10 TWh/yr 和 6 TWh/yr。

(4) **氢气**。氢气是重工业的重要减排工具。到 2050 年，5 条重工业供应链的氢气消费量将达到 755 kt/yr（千吨/年）。

表 1 2020—2050 年澳大利亚工业脱碳路径

行业		2020	2030	2040	2050
钢铁	减排	0%	53%	81%	99%
	技术投资（10 亿美元）	2.9		16.6	
	可再生能源（TWh/yr）	5	10	19	29
	氢（kt/yr）	0	40	260	480
铝	减排	0%	77%	94%	98%
	技术投资（10 亿美元）	9.5		26.5	
	可再生能源（TWh/yr）	22	34	40	44
	氢（kt/yr）	0	1	6	12
其他金属	减排	0%	48%	77%	90%
	技术投资（10 亿美元）	0.8		8.4	
	可再生能源（TWh/yr）	6	13	25	26
	氢（kt/yr）	0	3	9	26
化学品	减排	0%	89%	94%	96%
	技术投资（10 亿美元）	11.7		16.6	
	可再生能源（TWh/yr）	1	2	5	10
	氢（kt/yr）	0	98	170	205
天然气	减排	0%	72%	90%	91%
	技术投资（10 亿美元）	8		31.6	

（董利莘 编译）

原文题目：Australian Industry Energy Transitions Initiative: Pathways to Industrial Decarbonisation  
来源：<https://www.energy-transitions.org/heavy-industry-in-australia-could-decarbonise-help-limit-warming/>

## 气候变化减缓与适应

### 2022 年全球能源转型技术投资达创纪录的 1.3 万亿美元

2 月 22 日，气候政策倡议组织（CPI）和国际可再生能源机构（IRENA）发布题为《2023 年全球可再生能源融资概览》（*Global Landscape of Renewable Energy Finance 2023*）的报告指出，2022 年全球对包括能源效率在内的能源转型相关技术的投资达到创纪录的 1.3 万亿美元。尽管如此，每年的投资至少需要增加 2 倍，才能实现 IRENA《2022 年世界能源转型展望》（*World Energy Transitions Outlook 2022*）中提出的 1.5 °C 情景。报告的主要结论如下：

(1) 2022 年，全球对能源转型技术的投资达到了创纪录的 1.3 万亿美元，比 2021 年增长了 19%，包括可再生能源、能源效率、运输和供热电气化、储能、氢能和碳捕集与封存（CCS）技术。然而，目前的投资速度还不足以使世界走上实现气

候或社会经济发展目标的轨道。要实现 IRENA 的 1.5 °C 情景，2021—2030 年平均每年所需投资为 5.7 万亿美元，2031—2050 年平均每年所需投资为 3.7 万亿美元。

(2) 要实现符合 1.5 °C 情景的能源转型，每年需要将 7000 亿美元从化石燃料转向能源转型相关技术，但化石燃料的投资仍在增加。2021 年，全球化石燃料投资比 2020 年上升了 15%，达到 8970 亿美元。能源投资仍然用于资助新的油气田而不是可再生能源，到 2030 年，每年将有 5700 亿美元用于新的油气开发和勘探。除了直接投资外，化石燃料行业继续通过补贴获得很大的支持。2013—2020 年，全球用于化石燃料补贴的支出为 2.9 万亿美元。

(3) 虽然对可再生能源的投资继续增长，但没有达到 2030 年实现气候、能源获取和能源安全目标以及其他社会经济发展目标所需的规模。初步数据表明，2021 年投资达到 4300 亿美元，比 2020 年增加 24%，2022 年达到近 5000 亿美元。然而，根据 IRENA 的 1.5 °C 情景，2022 年的投资仅为 2021—2030 年平均每年所需投资的 40%。

(4) 投资进一步集中在具体技术和用途上，为了更好地支持能源转型，需要有更多的资金流向不太成熟的技术和电力以外的部门。2013—2020 年，发电部门平均每年吸引 90% 的可再生能源投资；2021—2022 年，这一数字为 97%。太阳能和风能技术一直以巨大的优势吸引着最大份额的投资。在离网领域，太阳能光伏产品也占主导地位，2020—2021 年吸引了 92% 的投资。

(5) 投资日益集中在一些区域和国家，为了实现更具包容性的能源转型，投资范围需要扩大。东亚和太平洋地区继续吸引了大部分投资，占 2022 年全球投资总额的 2/3，且主要由中国主导；北美（不包括墨西哥）在 2022 年吸引的投资份额为第 2。拥有约 120 个发展中国家和新兴市场的地区获得的投资仍然相对较低。在这些地区，大部分可再生能源投资由巴西、智利和印度等少数国家获得。

(6) 投资主要来自于私人投资者，私人投资流向风险（实际风险或感知风险）最小的技术和国家。私营部门提供了最大份额的全球可再生能源投资，约占 2013—2020 年总投资的 75%。公共投资和私人投资的份额因环境和技术而异，一般而言，公共财政用于可再生能源技术的份额较低，而地热和水电则主要依赖于公共财政。在全球范围内，商业金融机构和企业是主要的私人投资提供者，占 2020 年可再生能源私人投资的近 85%。

(7) 大多数公共投资是在各国内部进行的，而国际合作相对较少。自 2018 年以来，国际上用于可再生能源的公共资金一直在减少。在全球范围内，2020 年公共部门提供的可再生能源投资不到 1/3，国有金融机构、国家开发性金融机构（DFI）和国有企业是主要来源，提供了 80% 以上的公共财政。

(8) 为了实现公正和包容性的能源转型，公共融资在广泛的政策中发挥着关键作用。公共资金必须流向可再生能源部门（涵盖价值链的所有部分）、更广泛的能源

部门和整个经济部门，以实现公正和公平的能源转型。可以利用各种手段调动和提供公共资金，包括政府支出、债务、资产的股权和直接所有权、财政政策和法规等。

(9) 发达国家和发展中国家的政府将在为公共和私人投资提供有利环境方面发挥核心作用。政府需要增加对可再生能源的公共投资，并转变对发展中国家的贷款方式。与此同时，应继续利用公共财政和政策来吸引私人资本。除了用于降低风险的政策和工具之外，还需要有其他政策和工具。

(廖琴 编译)

原文题目：Global Landscape of Renewable Energy Finance 2023

来源：<https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/global-landscape-of-renewable-energy-finance-2023/>

## 欧洲环境署提出供热和制冷脱碳是应对气候变化的当务之急

2月23日，欧洲环境署（EEA）发布题为《供热和制冷脱碳——气候行动势在必行》（*Decarbonising Heating and Cooling - A Climate Imperative*）的报告，探讨了欧盟的供热和制冷趋势，并强调提升能源效率、实施节约措施与转向可再生能源、循环利用的供热和制冷相结合，实现气候减缓和能源安全供应的协同效益。该报告主要内容如下：

(1) **欧盟供热和制冷脱碳面临的挑战。**①2020年，供热和制冷消耗的能源约占欧盟终端能源消费总量的1/2，使其成为欧盟提升能源安全和减少温室气体排放的重点领域；②欧盟在减少供热和制冷需求方面的进展缓慢，与2005—2009年的平均水平相比，2020年仅减少10%；③欧盟许多国家仍存在大量老旧和低能耗建筑，随着能源价格下降，这些建筑供热和制冷使用电力产生的花费已超过提升能效的花费；④2020年，化石燃料在供热能源中的比例过高，其中，化石燃料占家庭层面和热电联产供热能源总量的比例分别约57%和69%；⑤工业部门供热主要由化石燃料供应，工业供热需求约占欧盟供热总需求的1/3，且占终端能源消费总量的1/4；⑥当化石燃料被用作主要能源时，仅靠能源效率措施不足以使供热制冷脱碳。

(2) **欧盟供热和制冷脱碳的现状。**①欧盟的可再生能源大部分用于供热和制冷，但其比例不足终端能源消费的1/4；②欧盟北部地区的建筑在冬季需要更多供热；③由于供热、制冷设备和系统的使用寿命长达十多年，将燃气、煤炭、燃油锅炉转换为燃烧生物质的设备和系统可能会使燃料锁定多年，对原料、陆地碳汇和健康产生不必要的影响；④家庭能源消耗中近80%与供热和热水相关，其中50%以上的能源来自化石燃料，尤其是天然气；⑤其他可再生能源，如热泵和太阳能集热器，是供热和制冷的选择，其增长速度远高于使用固体生物质。

(3) **欧盟供热和制冷脱碳的政策措施。**①实施有效的能源管理政策，提升能源效率，支持更高效的供热和制冷系统，推进低碳发展；②更新老旧和低能效建筑，提高建筑能效，推动所有建筑的高隔热率，推进节能改造和循环改造行动，并建造

零碳建筑；③提升供热和制冷系统的可再生能源使用，推动所有领域使用可再生和废热废冷回收能源替代化石燃料；④建议建筑物中设定可再生能源使用份额，转向基于可再生能源的供热系统；⑤提高热电联产系统效率，其中，热泵部署率提高 1 倍；⑥加快实施地热和太阳能供热，通过整合更均衡的可再生资源组合，来大幅减少供热制冷中的化石燃料需求；⑦工业领域，在高温工业过程中需要可再生氢气供应替代化石燃料；⑧生物质作为一种有限的资源，需要可持续地管理，并以最有利的方式使用，以增加土地碳储存和生态系统服务；⑨基于可再生能源的现代区域供热系统，作为整合各种清洁能源解决方案的平台，为进一步脱碳提供了重要机会。

（刘莉娜 编译）

原文题目：Decarbonising of Heating and Cooling - A Climate Imperative

来源：<https://www.eea.europa.eu/publications/decarbonisation-heating-and-cooling>

## 英学者探讨水资源变化对水力发电的影响

2 月 23 日，英国伦敦政治经济学院（LSE）格兰瑟姆气候变化与环境研究所（Grantham Research Institute on Climate Change and The Environment）发表题为《水力发电面临的水资源风险》（*Water Risks for Hydroelectricity Generation*）的研究报告指出，降水量的增加与水力发电量的提高有关，水资源压力对水力发电至关重要。科研人员将 2015—2021 年欧洲和美国水电站的位置、发电量、距离最近水库的大小等信息与特定流域的水资源风险（反映水资源可用性不同方面的综合衡量标准）和水文气象变量的测量数据相匹配构建了数据集，旨在研究水力发电与水资源可用性之间的关系。主要结论如下：

（1）当前水电是全球最大的低排放电力来源，据国际能源署（IEA）估计，到 2050 年水力发电能力可能会翻一番，占净零情景下总发电量的 15% 左右。

（2）水资源供应的变化降低了水电站的发电能力，这可能会阻碍向低碳经济的转型。在前瞻性风险评估中未能考虑到这些风险，可能会导致面临此类风险的企业与经济活动进行快速的财务重估。

（3）与位于水资源风险较低的流域相比，位于风险较高的流域的水电站在 2021 年（降雨量较低）的发电量低于历史平均水平（2015—2020 年）。

（4）降水量的增加与发电量的提高有关。

（5）研究报告首次在高收入经济体中，利用特定地点的水资源相关风险信息和水文气象数据，就可用水资源变化对水电站发电的影响进行多国分析。该研究采用的实证策略提供了一个框架，可以在其他自然相关风险的类似数据集上复制。

（裴惠娟 编译）

原文题目：Water Risks for Hydroelectricity Generation

来源：<https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2023/02/working-paper-394-colesanti-senni-von-jagow.pdf>

## 英国皇家学会指出净零航空燃料面临资源和技术挑战

2月28日，英国皇家学会（The Royal Society）发布题为《净零航空燃料：资源需求和环境影响》（*Net Zero Aviation Fuels: Resource Requirements and Environmental Impacts*）的政策简报，探讨了氢、氨、合成燃料和生物燃料4种净零航空燃料的可能成本、生命周期和非二氧化碳（CO<sub>2</sub>）温室气体的环境影响、基础设施需求和突出的研究问题。简报指出，所有航空替代燃料都有其优势和挑战，目前还没有单一、明确、可持续的航空替代燃料能够支持相当于目前使用规模的飞行。

**（1）生物燃料。**①**优缺点：**飞机引擎会产生 CO<sub>2</sub> 排放。只有部分生物燃料被认为是净零燃料，且其原料的规模和可获得性有限。但是，生物燃料的优势是几乎不需要对基础设施或飞机进行改装，在一定程度上可以快速引入。②**涉及的资源问题：**油菜籽、芒草和杨木等可考虑的能源作物将需要英国 50% 以上的可用农业用地。包括污水、城市固体废物或林业残留物在内的“废物”原料可能有助于实现净零燃料需求，但这些原料存在来自现有市场的竞争，需要对燃料生产和收集基础设施进行大量投资。

**（2）氢。**①**优缺点：**飞机引擎不会产生 CO<sub>2</sub> 排放。可以生产低碳氢，但成本较高，可能需要进口才能达到英国所需规模。生产绿氢需要大量的可再生电力，这将是一项挑战，还需要对飞机和辅助基础设施进行大规模改造和更换。安全性也必须得到证明，并需要进一步研究确认非 CO<sub>2</sub> 温室气体对气候和环境影响的改善情况。②**涉及的资源问题：**如果要生产足够的绿氢来取代目前的航空化石燃料，所需的可再生能源发电量将是英国 2020 年可再生能源发电量的 2.4~3.4 倍。

**（3）合成燃料。**①**优缺点：**飞机引擎会产生 CO<sub>2</sub> 排放。与生物燃料一样，几乎不需要改变现有系统，而且可以迅速应用于航空领域。非 CO<sub>2</sub> 温室气体对气候和环境的影响可能会有所改善，但成本较高。要使合成燃料被认为是净零燃料，就需要开发绿氢原料，同时需要大规模的直接空气捕集（DAC）。使用化石燃料搭配 DAC 方案可能很具有吸引力，但也存在一些问题，包括未来化石燃料的可获得性、DAC 的能源消耗以及持续的非 CO<sub>2</sub> 温室气体对气候和环境的影响等。②**涉及的资源问题：**如果要生产足够的合成燃料来取代目前的航空化石燃料，所需的可再生能源发电量将是英国 2020 年可再生能源发电量的 5~8 倍。

**（4）氨。**①**优缺点：**飞机引擎不会产生 CO<sub>2</sub> 排放。可以生产低碳氨，但成本较高。氨生产将依赖于绿氢的大规模生产，可能需要对飞机和辅助基础设施进行大规模改造和更换。安全性也必须得到证明，并需要进一步研究确认非 CO<sub>2</sub> 温室气体对气候和环境影响的改善情况。②**涉及的资源问题：**如果要生产足够的绿氨来取代目前的航空化石燃料，所需的可再生能源发电量将是英国 2020 年可再生能源发电量的 2.5~3.9 倍。

总体而言，根据所用燃料的不同，可能需要改变飞机运行、地面处理系统和机场的布局。所选用的解决方案需要在全世界范围内得到认可，每种选择方案都需要以整体的方式加以考虑，从而为现在和未来几年提供最佳的解决方案。现在可用的选择方案可以减少一些碳排放，但效果并不理想。需要进一步研发生产更好的替代燃料，包括获得的可持续原料，以及绿氢、氨和合成燃料的高效生产、储存和使用。部分解决方案还需对飞机和辅助基础设施进行重大改造。还需要更深入的研发来进一步明确各种选择方案中非 CO<sub>2</sub> 对气候的影响。

(廖琴 编译)

原文题目：Net Zero Aviation Fuels: Resource Requirements and Environmental Impacts

来源：<https://royalsociety.org/news/2023/02/net-zero-aviation-fuels-report/>

## 联合国环境规划署评估太阳辐射修正技术的可行性

2月28日，联合国环境规划署（UNEP）发布题为《同一个大气：太阳辐射修正研究和部署的专家独立评审》（*One Atmosphere: An Independent Expert Review on Solar Radiation Modification Research and Deployment*）的报告，通过对太阳辐射修正（Solar Radiation Modification, SRM）研究现状进行快速审查，列出了关于SRM的6大关键问题，最终提出4项优先行动。报告指出，目前的SRM技术还不能进行大规模的部署，其社会和环境影响以及安全性和可行性仍然存在重大的不确定性。

SRM是指将硫酸盐气溶胶等注入平流层，增强平流层将阳光反射回太空的能力，从而冷却地球大气层，延缓地球升温，这一技术也称为太阳地球工程。随着全球气温持续上升，削减温室气体排放以及适应气候变化影响的相关努力仍然不够，因此，国际社会方面出现了要求准备紧急降温方案的呼声，其中就包括SRM方案。关于SRM的6大关键问题包括：

**(1) SRM 关注度高的原因。**①SRM技术可以快速实现地球降温，几年内就能达到预设的温控目标（1.5 °C或2 °C）。②可以人为干预SRM降温的速度和幅度，自由控制实现净零目标的时间。

**(2) 主要的SRM方法。**①平流层气溶胶注入（Stratospheric Aerosol Injection, SAI）是研究最广泛的一种方法，主要以二氧化硫或细粉碳酸钙作为平流层气溶胶微粒，反射阳光产生冷却效果。相关研究表明，每年往平流层持续注入8~16 Tg（百万吨）二氧化硫便能使全球平均气温降低1 °C，部署成本约200亿美元。②海洋云增亮（Marine Cloud Brightening, MCB）方法是指在海洋上空的低空云层中喷洒海盐，增加云层反射性能。相比于SAI方法，MCB关注度较少。③卷云变薄（Cirrus Cloud Thinning, CCT）是指在高空卷云中增加气溶胶，从而减少其反射回地表的红外辐射。④太空镜子（Space Mirrors）是指通过在太空中架设巨大的镜子来减少太阳光照。

**(3) SRM 的降温效果。**①部署 SRM 可以在一年内大幅减少辐射强迫，完全或部分抵消人类活动导致的全球变暖。②停止部署的 SRM 后，SAI 方法的冷却效果可以持续 1~3 年，MCB 的效果仅持续 10 天。

**(4) SRM 的负面影响。**①可能影响人类健康，如加重酸雨污染和紫外线暴露等。②大规模的 SRM 部署可能会导致原本增暖的地区（如极地地区）因为入射太阳辐射的极度减弱而过度变冷。③SAI 方法可能会影响平流层化学/动力学过程。④SRM 的部署可能会减少减缓排放的激励措施。⑤SRM 的研究集中在发达国家，而发展中国家在专业知识和技术能力方面较为落后，未来如果大规模使用 SRM 技术，各国间的差距可能会加剧国际冲突。⑥SRM 部署停止之后，“掩盖”的气候变暖逐渐显现之后会对生态系统和生物多样性产生严重影响。

**(5) 识别和管理 SRM 风险。**①理论研究中 SRM 的部署将显减缓升温趋势，但实际部署时，SRM 会引起多个负面影响。②渐进的 SRM 部署产生的负面影响可能在 10 年后才能被监测到，急进的 SRM 部署影响可能在几年内就能探测出。③SRM 部署需要建立一个国际治理框架。

**(6) 指导和管理 SRM 的国际框架。**①考虑到学术自由，SRM 研究暂时不需要正式的治理框架，但需要一套促进申报、透明度、包容性和数据共享的规范或行为守则。②可以指导和管理 SRM 的现有国际框架有《外层空间条约》(Outer Space Treaty)、《维也纳公约》(Vienna Convention) 及其《蒙特利尔议定书》(Montreal Protocol) 等。

**(7) 优先行动。**①对 SRM 的研究和部署进行强有力的、全球性的科学审查。②制定一个或多个关于 SRM 小规模试验和大规模部署的治理框架。③建立关于平流层治理的更广泛框架。④促进开展全球性的 SRM 包容性对话。

(秦冰雪 编译)

原文题目：One Atmosphere: An Independent Expert Review on Solar Radiation Modification Research and Deployment

来源：<https://www.unep.org/resources/report/Solar-Radiation-Modification-research-deployment>

## 澳大利亚科学院就温室气体去除技术发展提出建议

2022 年 9 月 16 日，澳大利亚科学院 (Australian Academy of Science) 组织了一次关于负排放技术的圆桌会议，讨论澳大利亚在温室气体去除方面的研究优势和比较优势，以及支持温室气体去除取得新突破所需的科学能力、研究和合作。2023 年 3 月 1 日，澳大利亚科学院发布《澳大利亚温室气体去除：基于澳大利亚新型负排放方法圆桌会议的报告》(Greenhouse Gas Removal in Australia: A Report on the Novel Negative Emissions Approaches for Australia Roundtable)，总结了圆桌会议的讨论结果，并就支持澳大利亚温室气体去除技术的发展提出了指导建议。报告的主要结论如下：

(1) **温室气体去除的必要性。**①抵消由于技术或资金限制而难以减少的排放；②扩大减缓方案并加快行动；③在全球温升水平可能超过《巴黎协定》目标的情况下，尽量降低温室气体浓度；④在气候达到稳定后，进一步降低温室气体浓度。

(2) **温室气体去除和封存方法清单。**①去除技术主要分为化学方法和生物方法，化学方法包括直接空气捕集（DAC）、电化学方法、海洋碱度增强等，生物方法包括利用光合生物捕集二氧化碳、微藻介导的生物碳捕集与利用、利用海草等捕集二氧化碳；②碳封存技术包括地质封存、土壤封存、海洋封存和高价值产品（如建筑材料和聚合物）的封存。

(3) **澳大利亚的科研实力和比较优势。**①澳大利亚拥有广阔的土地面积，可用于测试和开发不同的温室气体去除方法，并可为地下碳封存提供场所；②全球领先的可再生能源潜力；③丰富的海洋资源和先进的海洋科研能力，有利于研究安全的海洋温室气体去除技术；④先进的跨学科研究能力。

(4) **加速发展温室气体碳去除的研究与政策举措。**①促进跨学科的基础研究和合作网络，以推进负排放方法研究；②加强对温室气体去除、封存与使用方法的效益、风险和局限性的整体评估，为决策提供信息；③推进研究、政府和行业之间的数据与知识共享，以避免重复工作，并从过去的经验中吸取教训；④培育创新和监管环境，以加快开发新的负排放方法，吸引私营部门投资；⑤投资人力资本，特别是年轻研究人员，以发展负排放能力；⑥尽早与决策者和社区，特别是原住民接触，共同设计适当的负排放方法；⑦促进清晰和富有成效的集体讨论；⑧开展进一步研究，包括开发和实施负排放技术产生的社会影响、全面理解气候变化对温室气体去除能力的影响、其他温室气体（如甲烷）的去除以及碳的循环经济利用。

（裴惠娟 编译）

原文题目：Greenhouse Gas Removal in Australia: A Report on the Novel Negative Emissions Approaches for Australia Roundtable

来源：<https://www.science.org.au/files/userfiles/support/reports-and-plans/2023/ghg-removal-report-negative-emissions-roundtable.pdf>

## 国际智库认为农业碳市场作为减排政策工具收效甚微

3月1日，开放市场研究所（Open Markets Institute）<sup>1</sup>和地球之友（Friends of the Earth）发布题为《农业碳市场、支付和数据：大型农业企业的最新权力争夺》（*Agricultural Carbon Markets, Payments, and Data: Big Ag's Latest Power Grab*）的报告表示，农业碳市场作为农业减排方面的首要战略，减排效果并不显著，反而在一定程度上促使大型农企借此揽权，助长企业自我交易和垄断，加剧中小型农场的经济边缘化。报告指出，大型农业综合企业的碳抵消和减排计划，大部分都会要求农

<sup>1</sup> 开放市场研究所（Open Markets Institute）于2017年9月成立，致力于研究政策和法律的变更与存在问题，揭露垄断风险，服务于教育政策制定者、领域学者和其他有影响力人群，促进营造开放、有竞争力的市场环境。

业生产者使用企业旗下的数字农业平台，目的在于获取有价值的农业数据，进一步巩固市场力量，便于企业巨头们对“气候智能型农业”进行私人定义。报告建议美国国会和联邦政府从以下方面改进农业碳市场：

(1) 确保美国农业部 (USDA) 的项目不会对私人碳支付计划产生促进作用，并驳回企业对要求农业生产者与企业捐赠者分享碳信用额度所有权的环保项目的资助。

(2) 资助现有的、影响较大的项目，如环境质量激励计划 (Environmental Quality Incentives Program) 和保护管理计划 (Conservation Stewardship Program)，大幅增加资助金额，改善农业环境，并拨款推广行之有效的农林业碳封存方法。

(3) 通过现有的 USDA 项目促进农林业发展，如鼓励植树、推进施行作物保险等。

(4) 填补现有项目的不足之处，使大型污染农场可以获得大额资助，用于改善其运营中无法避免的环境污染，并监管污染最严重的农场。

(5) 支持农业生产者转向再生农业，提高粮食系统抵御气候变化的能力。此外，保护农业数据，允许农业生产者停止使用企业数字平台后可以删除相关数据，确保第三方分享、出售数据之前得到同意，禁止利用农业数据进行期货投机。

(6) 改进联邦食品采购模式，使其投资于真正的气候智能型农业和以社区为基础的食品系统，减少或免去有害企业的采购份额。

(7) 占市场主导地位的农业综合企业需要为所承包的农场违反环境规定的行为负责。国会和联邦政府应该严格执行现有的反垄断法，打击大型农业综合企业的垄断力量。

(秦冰雪 编译)

原文题目：Agricultural Carbon Markets, Payments, and Data: Big Ag's Latest Power Grab

来源：<https://foe.org/resources/ag-carbon-markets-report/>

## GHG 排放评估与预测

### 国际研究基于卫星数据盘点各国二氧化碳排放量

3月7日，《地球系统科学数据》(Earth System Science Data) 发表题为《基于大气二氧化碳观测推演 2015—2020 年国家二氧化碳预算以支持全球盘点》(National CO<sub>2</sub> Budgets (2015–2020) Inferred from Atmospheric CO<sub>2</sub> Observations in Support of the Global Stocktake) 的文章指出，科研人员借助美国国家航空航天局 (NASA) 的轨道碳观测 2 号 (OCO-2) 卫星追踪了全球 100 多个国家的二氧化碳排放量。

准确核算二氧化碳排放量和去除量对于规划和核查减排目标至关重要。来自美国加州理工学院 (California Institute of Technology)、科罗拉多州立大学 (Colorado State University)、NASA 戈达德太空飞行中心 (Goddard Space Flight Center) 等机构的 60 余名科研人员，基于 NASA OCO-2 卫星的净碳交换 (Net Carbon Exchange, NCE) 数据和基于地面的观测网络数据，创建了 2015—2020 年针对 100 多个国家的

净碳交换和陆地碳储量变化的试验数据集，以估算受人为和自然驱动因素影响的陆地碳储量变化。

研究发现，2015—2020 年全球陆地碳储量平均每年增加了 3.29~4.58 Pg（1 Pg=10<sup>15</sup> g）二氧化碳。这是由于北温带陆地碳储量普遍增加，而热带地区碳储量普遍减少的结果，但实验之间存在相当大的区域变异性和差异。这项研究通过追踪化石燃料排放和生态系统（包括树木、灌木和土壤）中的总碳储量变化，为跟踪与土地覆盖变化相关的二氧化碳波动提供了有用数据。研究发现，在包括拉丁美洲、亚洲、非洲和大洋洲地区在内的全球南方，仅森林砍伐产生的排放量就对总碳排放量产生了不成比例的贡献。在世界其他地区，通过改善土地管理和重新造林，大气中的碳浓度有所降低。研究人员指出，自下而上的方法对于估算生态系统的二氧化碳排放量和清除量必不可少，但是当缺乏数据或特定活动（例如日志记录）的净影响不完全为人所知时，这些方法容易受到不确定性的影响。

（裴惠娟 编译）

原文题目：National CO<sub>2</sub> Budgets (2015–2020) Inferred from Atmospheric CO<sub>2</sub> Observations in Support of the Global Stocktake

来源：<https://essd.copernicus.org/articles/15/963/2023/>

## 2021 年北方森林火灾的二氧化碳排放占比打破历史纪录

3 月 2 日，《科学》（*Science*）发表题为《2021 年北方火灾的二氧化碳排放创历史新高》（Record-high CO<sub>2</sub> Emissions from Boreal Fires in 2021）的文章显示，2021 年北方森林火灾产生的二氧化碳排放量约为 4.8 亿碳，在全球森林火灾二氧化碳排放总量中的占比达到了创纪录的 23%。

极端野火越来越普遍，对地球气候的影响也越来越大。尽管北方森林是地球上面积最大的生物群落之一，并且正在经历最快的变暖，但北方森林野火比热带森林野火引起的关注要少得多。来自清华大学、法国凡尔赛大学（Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, UVSQ）、德国马克斯·普朗克生物地球化学研究所（Max Planck Institute for Biogeochemistry）等机构的研究人员采用基于卫星的大气反演系统监测评估了北方森林火灾的二氧化碳排放。结果显示：①随着气候变暖，2000 年以来，北方森林火灾造成的二氧化碳排放量持续增加。②北方森林火灾的二氧化碳排放量在全球火灾二氧化碳排放总量中的占比通常约为 10%，但 2021 年其占比达到了创纪录的 23%（4.8 亿吨碳）。③2021 年北美大陆与欧亚大陆北方森林同时经历了严重的缺水是其主要原因。④随着全球变暖，越来越多的极端野火对全球气候变化减缓提出了严峻的挑战。

（董利莘 编译）

原文题目：Record-high CO<sub>2</sub> Emissions from Boreal Fires in 2021

来源：<https://www.science.org/doi/10.1126/science.ade0805>

## 前沿研究动态

### 美研究提出未来气候变暖源于全球食物消费

3月6日,《自然·气候变化》(*Nature Climate Change*)发表题为《未来气候变暖源于全球食物消费》(*Future Warming from Global Food Consumption*)的文章,评估了食物消费对未来气候变暖的影响,预计到2100年,食物消费产生的温室气体排放可能使全球变暖增加近1℃。

食物消费是温室气体排放的主要来源之一,评估其未来气候变暖的影响有助于制定气候减缓行动。已有研究广泛使用一些简单指标(如二氧化碳当量)表征食物消费温室气体排放,缺乏甲烷、氧化亚氮等其他指标的比较。基于此,由美国哥伦比亚大学(Columbia University)研究人员领导的研究团队,通过制定全球食物消费温室气体排放清单(可按单个气体种类划分),基于温室气体导致气候变化评估模型(Model for the Assessment of Greenhouse Gas Induced Climate Change, MAGICC)评估了到2100年维持当前全球饮食模式的未来气候变暖影响。研究发现:①2010年,全球食物消费产生的二氧化碳、甲烷、氧化亚氮等温室气体排放总量分别约为4860 Mt(百万吨)、151 Mt和9 Mt。②如果按照当前(2021年)的饮食模式和农业生产方式,到2100年,仅食物消费本身引致的全球温室气体排放就可能造成气候变暖1℃。在不同人口增长情景下,到2100年,预计气候变暖约为 $0.7\pm 0.2$ ℃至 $0.9\pm 0.2$ ℃。③2030—2100年,一半以上的气候变暖是由奶制品和肉类消费造成的。假设当前的饮食模式一直维持到2100年,那么到2050年,反刍动物肉类的消费需求将增加约90%,所有动物产品消费将增加约70%。④未来食物消费造成的中长期气候变暖中,近60%由甲烷所致,二氧化碳和氧化亚氮分别贡献20%。⑤通过同时改善生产方式、普遍采用健康饮食、减少消费者和零售商食物浪费及能源脱碳等措施,可以避免超过55%的预期气候变暖。研究指出,减少全球食物消费温室气体排放,减缓食物消费对气候变暖的影响,亟需从行业、能源、技术和消费者等多方面采取措施制定气候减缓行动。

(刘莉娜 编译)

原文题目: Future Warming from Global Food Consumption

来源: <https://www.nature.com/articles/s41558-023-01605-8>

## 《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 刘莉娜

电 话：（0931）8270057; 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; liuln@llas.ac.cn