

科学研究动态监测快报

2021 年 5 月 5 日 第 9 期 (总第 315 期)

气候变化科学专辑

- ◇ WMO 发布天气和气候预测未来白皮书
- ◇ 美国 2022 财年预算提案加大应对气候变化投入
- ◇ E3G 为欧盟应对中国“十四五”规划提出建议
- ◇ IEA 提出全球电力系统提高气候变化适应能力的措施
- ◇ 全球 CCS 研究所为发展中国家克服 CCS 投资风险提出建议
- ◇ Allied Offsets 发布《基于自然的碳补偿解决方案》报告
- ◇ 1961 年以来气候变化使全球农业生产率的增长下降了 21%
- ◇ 中国为实现 1.5 °C 温控目标需要付出巨大努力
- ◇ 研究人员提出综合方法有效评估各国气候进展
- ◇ 新西兰 1990—2019 年温室气体净排放量增长 34%

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

WMO 发布天气和气候预测未来白皮书 1

气候政策与战略

美国 2022 财年预算提案加大应对气候变化投入 5

E3G 为欧盟应对中国“十四五”规划提出建议 6

气候变化减缓与适应

IEA 提出全球电力系统提高气候变化适应能力的措施 9

全球 CCS 研究所为发展中国家克服 CCS 投资风险提出建议 10

Allied Offsets 发布《基于自然的碳补偿解决方案》报告 11

气候变化事实与影响

1961 年以来气候变化使全球农业生产率的增长下降了 21% 12

前沿研究动态

中国为实现 1.5 °C 温控目标需要付出巨大努力 13

研究人员提出综合方法有效评估各国气候进展 13

数据与图表

新西兰 1990—2019 年温室气体净排放量增长 34% 14

WMO 发布天气和气候预测未来白皮书

2021年4月1日，世界气象组织（WMO）发布题为《天气和气候预测的未来》（*Future of Weather and Climate Forecasting*）的报告，分析了未来天气和气候预测的趋势、挑战与机遇，以期为气象和气候企业利益相关者进行未来10年（2021—2030年）的天气-气候数值预报活动、投资以及业务规划时，提供知情决策依据。

在过去10年中（2011—2020年），对支持关键决策的天气和气候预测信息的需求迅速增长，未来这一需求的增长还会加快。2019年6月，WMO启动了关于下一代天气和气候信息伙伴关系与创新的开放咨询平台（OCP），作为各部门之间开展可持续和建设性对话的载体，帮助阐明未来10年天气和气候事业的共同愿景。未来10年被称为“数字转型10年”，将对所有类型的组织产生深远的影响。

1 愿景

天气和气候预测的发展将在未来10年推动许多创新，以满足不同的社会经济需求：

（1）更高分辨率、更具本地化和更相关的天气-气候数值预报（NEWP），针对城市或定制地区更频繁地更新（每小时或更短时间更新一次）。与优化的临近预报工具相结合，根据高影响天气发生之前和发生期间更及时的预报更新（以分钟为单位），为用户提供增强的决策支持。

（2）用于天气-气候数值预报系统中分析和资料同化的观测数据质量提高，以经济和可持续的方式进行的多种地球系统观测数量增加。

（3）向完全耦合的地球系统数值预测能力转型，以提供大气、陆地和海洋中信息更加丰富的数据，包括波浪、海冰和水文要素。根据地球系统框架和方法，天气-气候数值预报系统将能够以完全一致的方式预测多种灾害事件，提供更精确、准确和可靠的信息。

（4）基于天气和气候风险的无缝服务将得到进一步发展，提供从分钟到季节的预报，以改善决策并降低风险。

2 2020年基准情况

为了对未来10年天气和气候预测的发展提供远景，有必要根据2020年现状设定当前的基准情况：

（1）高分辨率全球确定性中期业务预报模式的水平分辨率为约10 km，垂直分层50~140个，预测变量约为10个。这些模式通常运行10~15天，更新周期为6小

时（每天4次）。

（2）中期集合预报系统包含约50个集合成员，水平分辨率约为20 km。对于长达45天的延伸期预报，水平分辨率约为35~40 km。

（3）随着预报系统从中期预报向季节性预报扩展，水平分辨率通常会降低到40~100 km，而垂直分层和集合成员数量保持不变。对这些系统的重大更新不太频繁，通常每5年进行一次。

3 未来10年的挑战和机遇

到2050年，预计天气-气候数值预报将接近混沌大气中纬度可预测性的理论极限。推动发展的因素涉及以下几方面：①数值天气预报的进步是以提高高性能计算能力为基础；②改进观测仪器，以更高的时空分辨率提供更准确的数据；③复杂的物理过程得到更好地表达；④通过利用更多的卫星观测和更有效的数据同化方法，更好地进行模式初始化；⑤利用集合预报来表达初始化和模式过程中的不确定性。此外，从气象学到计算机科学等领域的科学见解提供了越来越多的工具，促进了数值预报系统设计的创新。在政策方面，各国和各机构之间普遍实行免费、开放的数据共享政策，为相关业务和研究目的获取观测数据提供了机会，并促进了发展。然而，部分领域在获取重要数据集方面隐含商业或其他条件的政策则减缓了发展。

天气和气候预报驱动的信息决策工具越来越多，尤其是商业部门越来越多地采用这些工具，也促进了重大进展。许多行业对这种决策支持工具的需求正在迅速增长，这为进一步推进天气和气候预测带来了挑战和机遇。

3.1 预报基础设施

（1）观测生态系统

未来天气-气候数值预报模式的改进/发展与未来的观测能力密切相关。需要考虑以下因素：①克服观测数据的缺乏和数据质量问题是持续改进的关键。②以高频率和高空间分辨率监测地球表面将改善与对流系统、边界层过程和新的地表类型（例如城镇、湖泊和河流）相关的公里尺度及更小尺度的描述。③在由非国家拥有和运营的各种观测系统的数据获取与利用方面仍然存在重大挑战，例如一些目前仅用于学术目的的气象测站，有可能对业务预报做出贡献。④越来越多的“非常规”观测将为扩大传统方法和填补现有观测数据空白提供新的重要机遇，包括手机信号塔、商用地面传感器、虚拟传感器、“物联网”设备、智能手机传感器等。⑤未来的天气和气候观测数据应实现与社会经济、生物物理及其他数据的互操作性，特别是在地方和城市层面，以便向最终用户提供信息丰富的预测结果。⑥需要进行严格的预测敏感性研究，以了解观测数据的影响，从而确定对各时空尺度的观测和天气-气候数值预报系统进行投资的优先次序。

(2) 高性能计算生态系统

在有限的时间范围内运行更高分辨率和更复杂的天气-气候数值预报系统的发展趋势给高性能计算和大数据处理带来了重大挑战，包括：①在资本投资和运营成本方面，提供开展研发活动和升级预测系统所需的可持续超级计算基础设施。②与高性能计算相关的主要技术突破有望源自多种技术的综合效应，包括新的高能效处理器技术（例如，图形处理单元、向量处理单元、现场可编程门阵列和专用集成电路），这些技术的利用需要进行代码适应，将操作映射到处理器内存、并行化和矢量化等不同方式。③云驱动的数据存档和支持基础架构，可能使数据对全球不同利益相关者开放和获取。

(3) 通过公私合作推进基础设施建设

私营部门将继续提供观测和监测方面的创新技术解决方案，并可能应用于天气和气候预测。创新的远程观测平台和系统（如自主无人机、众包观测或其他能够探测三维大气参数的新兴系统）将对全球高分辨率预测以及极端事件预测质量产生重大影响。高性能计算生态系统的扩展将为更加全面和普遍的公私伙伴关系提供机会。向云计算和存档解决方案的过渡将是未来 10 年的主要趋势。

3.2 数值预报科学技术

(1) 数值地球系统的演变和天气气候预测

未来 10 年，预计天气预报产品和服务可能在预报范围的两个极端（非常短期和非常长期）实现重大改进，而中短期预报将继续稳步发展：①改进的临近预报和超短期预报（<6 小时）将需要高分辨率的天气-气候数值预报模式来解决诸如与初始不平衡相关的问题。②需要继续推进全球范围内大气和海洋模型的耦合、数据同化以及从小时到季节的整个预报范围内的预报，主要任务是为耦合系统设计混合集合变分同化方案。③定量降水预报（QPF）方面取得了一定适度进展，潜力可能来自公里级及以下分辨率模式中对流系统中的物理-动力耦合得到了明确的表述。④过去 10 年，大气成分模拟在空气质量应用方面取得了显著发展，增加的大气成分变量将用于更好地理解大气可能的反馈过程。⑤非绝热加热/冷却的准确表达，特别是在热带地区，需要作为天气-气候预测中的一个长期挑战来解决，以便于提前更长时间获得预测结果。⑥天气-气候数值预报的创新还将来自于从确定性预测到概率性预测的进一步转变，这种转变由高分辨率数值预报模拟的集合预报所提供。

(2) 高分辨率全球集合预报

在未来 10 年或更长时间内，天气-气候数值预报最重要的发展目标是开发和部署水平分辨率为 1~3 km 的全球集合预报系统。在这一系统中，一些关键的大气和海洋过程将得到明确体现。预计到 2030 年，利用未来的百亿亿次超级计算能力，天气-气候数值预报将有可能实现至少包括 50 个成员的 1~3 km 全球集合预报的目标。

(3) 模式质量和多样性

近年来，全球气候和天气-气候数值预报模式的数量激增。然而，保持财务独立

和有竞争力的高质量模式将是一项挑战，因此，未来可能会出现研发伙伴关系增加的趋势。未来 10 年，天气和气候界的一个关注点将是在模式系统的多样性和质量之间达成适当的投资平衡。

(4) 通过人工智能和机器学习进行创新

人工智能方法为过去受数据处理挑战限制的任务提供了巨大的潜力。新的处理器技术和人工智能方法的结合，允许商业应用的大量并行数据处理，支持天气和气候预测应用。人工智能方法（主要是最大似然法）的最大潜力之一是在观测数据预处理和预测模型输出后处理。另一个巨大潜力在于合并不同的数据集，如天气和社会经济数据，最大似然技术的使用可以在提高服务的准确性和自动化方面取得进展。虽然最大似然方法具有很大潜力，但用神经网络代替整个基于物理的预测模型是不现实的，因为自由度太多、系统非线性以及应用约束（如守恒）等困难。

3.3 业务预报

(1) 计算挑战和云技术

未来 10 年，天气-气候数值预报研发和业务面临的主要挑战将是如何把握由中间件云服务器计算和云技术带来的新机遇：①预计在 21 世纪 20 年代将开始引入和发展百亿次计算系统。然而，由于成本高昂，只有少数处于金字塔顶端的业务预报中心能够负担得起这种计算系统。②大数据分析的使用将需要对基础设施和人员进行投资。基础架构升级有多种选择，并且有机会利用可扩展的云计算平台来提供大数据分析和存储基础架构。③近年来，云技术已经成熟，可实现气象企业用户在云上运行自己的天气-气候数值预报模式和复杂的应用程序，带来新的商业机会。

(2) 验证和质量保证

在操作环境中，验证成为质量信息的关键来源。各种数据提供者进行的验证结果应具有可比性，以允许用户进行选择，并帮助数据提供者对其流程和产品进行持续改进。除了内部核查制度之外，独立的第三方评估可能成为从最终用户操作的角度对产品质量进行客观评估的迫切需要。随着业务流程的进一步整合以及基于影响的预测和预警的发展，有必要开发一种覆盖从评估天气参数到衡量预测影响成功程度的验证方法。

(3) 后处理系统的进一步自动化和人类预报员角色的演变

目前由人工预报员执行的许多任务可能会被自动化过程所取代。高分辨率/多模式天气-气候数值预报输出的统计后处理，能够消除局部偏差并提高准确性。在这种新的信息环境中，预报员将发展成为一个值得信赖的天气和气候信息的传播者与解释者，能够解释相关的影响并帮助用户做出决策。

(刘燕飞 编译)

原文题目：Future of Weather and Climate Forecasting

来源：<https://public.wmo.int/en/media/press-release/white-paper-future-of-weather-and-climate-forecasting>

美国 2022 财年预算提案加大应对气候变化投入

2021 年 4 月 9 日，美国管理和预算办公室（Office of Management and Budget, OMB）向国会提交了《2022 财年自由支配资金请求》（FY 2022 Discretionary Request），提出了对中小学教育、医学研究、住房、公民权利以及气候变化等未来关键优先事项进行投资的建议。自由支配资金请求提议在 2022 财年提供 7690 亿美元的非国防自由支配资金，比 2021 财年的水平增加 16%，并为国防项目提供 7530 亿美元的资金，比 2021 财年的水平增加 1.7%。在应对气候危机方面，自由支配资金请求提议对气候变化的投资比 2021 年增加 140 多亿美元，以投资于气候适应力和清洁能源，提高美国的竞争力，使美国走上不迟于 2050 年实现净零排放的道路，同时支持落后的社区，并帮助发展中国家减少排放和适应气候变化。

1 建设清洁能源项目并对恢复力投资

（1）**提高低收入家庭和公共建筑的能效、安全性和恢复力。**自由支配资金请求提议投资 17 亿美元，用于家庭、学校和联邦建筑的节能改造。

（2）**通过联邦采购增加对美国制造的零排放汽车的需求。**自由支配资金请求提议投资 6 亿美元，用于电动汽车和充电基础设施。

（3）**为建设清洁能源项目创造高薪就业机会。**美国电力行业的转型以及提高电气化在经济中的比重，是 21 世纪最大的就业机会和经济机会引擎之一。自由支配资金请求提议投资 20 亿美元，用于焊工、电工和其他熟练工人在全国范围内建设清洁能源项目。

（4）**投资于气候适应力和灾害规划。**自由支配资金请求提议投资 8.15 亿美元，用于将气候影响纳入灾前规划和项目中，比 2021 年颁布的水平增加了 5.4 亿美元。

2 帮助落后的社区

（1）**史上最大的环境正义投资。**为了支持美国国内被边缘化和负担过重的社区，自由支配资金请求提议投资 14 亿多美元，其中 9.36 亿美元用于环境保护署（EPA）一项新的加速环境和经济正义倡议。

（2）**努力推动创造 25 万个就业岗位，修复废弃的油气井和矿山。**自由支配资金请求提议投资 5.5 亿美元，用于修复数千口油气井和回收废弃矿山。根据总统承诺，在清理危险场所的同时，为美国受灾最严重的一些社区的熟练技术人员和操作人员创造 25 万个高薪工作岗位。

（3）**创造就业机会，改善关键的供水基础设施。**自由支配资金请求提议投资

36 亿美元，用于改善社区供水系统、学校和家庭的供水基础设施。例如，修复多达 18 万个化粪池系统以及改善饮用水和废水基础设施。

(4) **发展农村经济，解决农村贫困问题。**自由支配资金请求提议投资 3 亿美元，用于下一代的农业及其保护，包括支持私人土地保护、可再生能源赠款和贷款，以及建立民间气候组织，为美国农村创造高薪工作开辟新的途径。

3 通过对创新和科学投资提高竞争力

(1) **推进气候科学和可持续性研究。**自由支配资金请求提议拨款 40 多亿美元，资助多个机构的广泛研究组合，包括美国内政部、国家航空航天局、国家科学基金会和其他机构，以提高对不断变化的气候的理解，并提供适应和恢复力措施。

(2) **促进清洁能源技术的创新。**自由支配资金请求提议投资 100 多亿美元（比 2021 年增加 35% 以上），资助非国防机构的清洁能源创新。这些投资将有助于美国电力、交通、建筑和工业部门的转型，到 2050 年实现净零碳经济。

(3) **推动气候创新的突破性解决方案。**自由支配资金请求提议投资 10 亿美元，用于建立新的高级气候研究计划署（Advanced Research Projects Agency for Climate, ARPA-C），并投资于现有的高级能源研究计划署（ARPA-E）。

(4) **扩展观测、研究和气候服务。**自由支配资金请求提议向国家海洋和大气管理局（NOAA）资助 69 亿美元，比 2021 年增加 14 多亿美元。这些资金可以使 NOAA 扩大其气候观测和预报工作，并向决策者提供更好的数据和信息。

4 引领世界实现《巴黎协定》的目标

支持全球减排。为了加快实现《巴黎协定》的目标，自由支配资金请求提议向绿色气候基金拨款 12 亿美元，帮助发展中国家减少排放和适应气候变化。自由支配资金请求还提议拨款 4.85 亿美元支持其他多边气候倡议，包括 1 亿美元的国际气候适应计划。自由支配资金请求提议为国务院和美国国际开发署提供 6.91 亿美元，以帮助发展中国家适应气候变化、扩大清洁能源生产和减少排放。

（廖琴 编译）

原文题目：FY 2022 Discretionary Request

来源：<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/04/FY2022-Discretionary-Request.pdf>

E3G 为欧盟应对中国“十四五”规划提出建议

2021 年 4 月 1 日，第三代环保组织（E3G）发布题为《中国“十四五”规划：欧盟绿色协议的竞争者？》（*China's 14th Five Year Plan: A Contender for the European Green Deal?*）的报告，分析了中国“十四五”规划的重点，比较评估了中国和欧盟在清洁经济、可再生能源、电动汽车、可持续金融、减排等方面取得的进展，并为欧盟应对中国“十四五”规划时局提出了建议。

1 中国“十四五”规划的重点

2021年3月9日，中国人民代表大会批准了中国“十四五”规划，优先考虑了刺激国内消费、投资创新、保障关键供应链以及加强能源、食品和金融安全，为中国未来5年的社会 and 经济发展指明了以下前进的方向：①**经济**。2021年国内生产总值（GDP）增长目标为6%。②**城市化**。到2025年，城市人口比例将从2020年的60.6%上升到65%。③**气候变化**。到2025年，单位GDP二氧化碳排放量降低18%。④**可再生能源**。到2025年，将可再生能源在总能耗中的占比从2020年的15.9%提高到20%。⑤**能源效率**。到2025年，单位GDP的能耗降低13.5%。⑥**能源安全**。“十四五”规划将推出新的“综合能源生产能力”目标。⑦**研究与开发（R&D）**。2021—2025年，研发领域的公共和私人投资总额每年增长7%。⑧**电动汽车**。到2025年，新能源汽车的销量将达到汽车总销量的20%。⑨**钢铁**。到2025年，将电弧炉生产的粗钢份额从2019年的10.4%提高到20%。⑩**绿色金融**。将气候风险因素纳入金融机构和银行压力测试。

2 中国和欧盟进展对比

2019年，欧盟发布了《欧盟绿色协议》，这是一项整合了经济、社会、能源和气候议程的综合计划。欧盟领导人还制定了具有法律约束力的减排目标，即到2030年将其排放量减少55%，这是欧盟实现2050年气候中和目标的关键一步。该报告比较评估了中国和欧盟在清洁经济、电动汽车等方面取得的进展，主要结论如下：

（1）**引领清洁经济**。尽管中国在清洁技术制造方面正在进步，但欧盟在创新能力方面仍处于领先地位，尤其在清洁技术专利注册方面，欧盟遥遥领先于中国，2012—2017年，欧盟每年注册的绿色技术专利是中国的2.5倍。

（2）**可再生能源**。2016—2020年，中国新增的太阳能和风能发电容量约为欧盟的3.5倍；中国制造了全球约70%的太阳能电池板；中国制造商占据了全球风力涡轮机市场的1/3以上；欧盟是海上风力技术的领导者，拥有世界海上风电装机容量的42%；中国可再生能源领域的公共R&D支出继续上升，但同期欧盟的公共R&D支出有所下降；欧盟风能、氢技术和智能电网的专利数量都有所增加，而中国的专利数量却有所下降。

（3）**电动汽车**。2020年，欧盟电动汽车销量超过了中国，首次超过了100万辆；中国目前主导着全球锂电池的生产，获得了77%的产能，欧盟仅为6%。

（4）**氢**。2016—2020年，中国均将氢列为“新兴战略部门”。燃料电池是2025年中国制造业发展战略中的优先发展技术之一。中国有22个地方政府公布了2020年上半年的氢产业发展政策。但目前中国尚未提出国家层面的氢产业发展战略。欧盟在其氢战略中对可再生电力制氢做出了明确承诺，可能会提高对可再生能源和电解技术的投资。此外，目前中国的电解槽成本效益远低于欧盟。

(5) **可持续金融**。针对《可持续金融行动计划》(*Sustainable Finance Action Plan*)，欧盟配套出台了一系列应对金融体系气候风险的法规，包括《可持续金融披露条例》(*Sustainable Finance Disclosure Regulation*)，稳固了欧盟在这一领域的领导地位。2016—2020年，中国在绿化金融体系方面取得了一些进展，包括通过一项将所有煤炭项目排除在绿色债券标准之外的提议，提出一项主要银行披露气候风险数据的试点计划，出版绿色产业目录，指导公共部门的绿色金融。然而，目前，中国尚未强制所有公司和投资者披露其气候风险数据。

(6) **温室气体减排**。为了实现《巴黎协定》目标，中国应尽快使其温室气体排放量达到峰值。2020年，在新型冠状病毒肺炎(COVID-19)大流行后，中国经济复苏采用了支撑基础设施和房地产建设的策略，钢铁产量激增导致了2020年温室气体排放量的上升。而欧盟在2016—2020年的温室气体排放量则持续下降。其中，电力部门快速脱碳、能源效率提高和可再生能源使用量增加是欧盟温室气体排放量减少的主要驱动力。

3 建议

中国继续主导着电动车、电池、太阳能和风能等低碳技术的生产，是绿色经济中的强大参与者。尽管中国的“十四五”规划没有为中国经济快速脱碳制定明确的路线图，但提高供应链弹性和推动经济社会绿色转型，仍将是未来5年的优先领域。欧盟制定的《欧盟绿色协议》，巩固了其在绿色经济中的优势地位，并在经济、社会和气候议程等方面取得了长足的进展，为欧盟在清洁技术竞争中保持领先地位奠定了良好的基础。但在欧盟成员国和中国“一带一路”倡议国家中，中国正在迅速争夺欧盟绿色产业的市场份额。为了确保欧盟在清洁经济中的竞争力，同时有效地提高中国参与气候行动的雄心，欧盟及其成员国应考虑以下行动：

(1) **国内政策**。在工业供应链中，通过制定产品标准、提出技术目标和清洁生产激励措施，引领和推动欧盟产业绿色转型；出台欧盟温室气体减排55%一揽子计划，以推动到2030年欧盟电力行业从煤炭到清洁能源的转型；加大对电池、氢、新材料等突破性创新技术的扶持力度，以提高可再生能源系统的生产力。

(2) **气候外交**。欧盟与中国在气候方面的接触不可避免，具体合作与否将取决于中国是否兑现其气候承诺；建议欧盟就新能源安全管理与中国进行交流；建议欧盟与中国各省和国有企业就融资机制、能源系统公平转型建立联合研究和交流平台；建议欧盟与中国在短期气候污染物减排方面建立长期合作关系。

(董利莘 编译)

原文题目：China's 14th Five Year Plan: A Contender for the European Green Deal?

来源：https://9tj4025ol53byww26jdkao0x-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/E3G_14th_Five-Year_Plan_Briefing_Final.pdf

气候变化减缓与适应

IEA 提出全球电力系统提高气候变化适应能力的措施

电力是现代经济不可或缺的一部分，安全供电至关重要。伴随着气候变化，电力系统正在经历根本性的转变。2021年4月12日，国际能源署（IEA）发布题为《气候适应力：2021年电力安全部分》（*Climate Resilience: Part of Electricity Security 2021*）的报告，概述了气候变化对电力系统的影响，分析了电力系统提高气候变化适应能力的多重效益，并为政策制定者提高电力系统的气候适应能力提出了6个步骤。

1 气候变化对电力系统的影响

全球变暖、多变的降水模式、海平面上升、极端天气事件等气候变化问题使全球电力系统面临前所未有的威胁与挑战。极端天气事件（如热浪、野火、风暴和洪水等）的发生频率和强度不断增加，是造成大规模停电的主要原因。全球温度升高和降水模式变化直接导致电力系统发电效率、发电潜力、加热和冷却需求变化。海平面上升可能会对海岸线附近的电力系统，尤其是输配电网带来致命的破坏。

2 电力系统提高气候变化适应能力的多重效益

通过建设地下输配电电缆、构建极端天气事件监测与预警系统、保障清洁能源电力接入电网、加速可再生能源技术发展对于提高电力系统的气候变化适应能力至关重要，尤其是在那些电力基础设施容易受到气候变化影响的国家。提高气候变化适应能力可以为电力系统带来以下效益：①降低潜在的负面影响和损失。②降低停电的发生频率，提高电力供应能力。③推动电力系统向清洁能源系统过渡。

3 有效的政策措施

为了提高电力系统的气候变化适应能力，该报告提出了以下6个步骤：

（1）**评估气候变化风险和影响。**科学、全面的气候变化风险和影响评估将为各国政府出台电力系统气候变化适应战略提供坚实的基础。

（2）**将提高电力系统的气候变化适应能力纳入国家战略计划。**在国家战略计划制定过程中，明确将提高电力系统的气候变化适应能力纳入其中，向投资者发出明确的信号，激励其参与建设具有气候变化适应能力的电力系统。

（3）**提出具有成本效益的气候变化抵御措施。**出台电力系统抵御气候变化负面影响的指南，提出可供电力系统参考使用的措施，并估算各种措施的成本效益。

（4）**采取适当的激励措施推动电力系统国有企业的发展。**通过出台考核标准、制定绩效奖励制度等，引导国有企业投资弹性电力系统，保护国有资产免受气候变化的不利影响。

(5) **实施防灾措施**。通过技术创新、能力建设、系统升级等提高电力系统的氣候防灾能力。

(6) **政策措施的评估与调整**。提出科学的量化评估方法，评估政策措施的有效性，并与利益相关者协商对政策措施进行调整优化。

(董利莘 编译)

原文题目：Climate Resilience: Part of Electricity Security 2021

来源：<https://www.iea.org/reports/climate-resilience>

全球 CCS 研究所为发展中国家克服 CCS 投资风险提出建议

2021 年 4 月 15 日，全球碳捕集与封存研究所（Global CCS Institute）发布题为《发展中国家碳捕集与封存融资》（*Financing CCS in Developing Countries*）的报告，概述了全球碳捕集与封存（CCS）政策与项目的现状，分析了发展中国家 CCS 项目较少的原因，提出了运用政策以及气候融资机制克服 CCS 投资风险的方法与建议。

1 全球 CCS 政策与项目现状

各国的 CCS 政策及项目特征可以归纳如下：①美国、加拿大、巴西、挪威、中国、澳大利亚等国家的 CCS 项目多以提高采油率、低成本碳捕集、低成本碳运输与储存、CCS 流程垂直整合为主要特征。②约 1/2 的 CCS 项目得到了政府的直接资金支持。③CCS 项目多依法（或按照监管要求）进行管理。④美国和加拿大通过税收抵免或排放信贷提高了对 CCS 项目的扶持力度，挪威的 CCS 项目激励措施为征收烟尘排放税。⑤发展中国家的 CCS 项目很少。⑥私营企业是 CCS 项目的潜在投资者，政府可以通过直接赠款和大量注资，支持私营企业参与 CCS 股权投资。

2 发展中国家 CCS 项目较少的原因

目前，发展中国家的私营企业投资者普遍认为，CCS 项目仍然存在以下无法承担的风险：①CCS 的价值不足以产生可观的收益。CCS 设施是资本密集型的，涉及碳源、碳汇和管道，不同类别的设施都很昂贵，因此，CCS 项目的可靠收益存在相互依赖的风险。例如，如果二氧化碳捕集运营商停止运营，那么管道和储存运营商也将失去收入。②无限期碳储存的责任风险。虽然随着 CCS 技术的逐步完善，碳存储泄漏的风险越来越小，但该风险依然存在。私营企业投资者很难接受和承担这种无限和永久的责任风险，特别是在像 CCS 这样的新兴行业中。因此，在这些风险得到解决之前，CCS 项目不会得到大规模部署。

3 克服 CCS 投资风险的建议

报告为发展中国家克服 CCS 投资风险提出了以下 3 条建议：

(1) **提高二氧化碳减排的价值**。建议发展中国家政府通过碳税、税收抵免、排

放交易计划、CCS 义务、排放绩效标准、政府采购标准等政策措施，提高二氧化碳减排的价值，吸引私营企业投资 CCS 设施建设。

(2) **降低 CCS 项目资产搁浅的风险。**建议发展中国家政府通过大量的资金支持，投资 CCS 设施，构建来自多样化碳排放源的碳捕获集群综合枢纽，降低资产搁浅的风险，促进 CCS 运输和储存网络的发展。

(3) **降低 CCS 项目的长期负债风险。**私营企业的 CCS 项目投资动机往往来自对碳定价的估计。为了降低 CCS 项目的长期负债风险，建议发展中国家政府将以下气候融资机制纳入考虑：①在制定国家减排目标时，将碳定价、碳信贷、联合信用机制（Joint Crediting Mechanism）等市场机制纳入考虑，以吸引潜在的 CCS 项目投资者。②争取通过全球环境基金和绿色气候基金等非市场机制获得气候融资。③发展中国家政府有必要通过风险封顶机制（Risk Capping Mechanism），规避承担额外的风险。

（董利莘 编译）

原文题目：Financing CCS in Developing Countries

来源：<https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/financing-ccs-in-developing-countries/>

Allied Offsets 发布《基于自然的碳补偿解决方案》报告

2021 年 4 月 9 日，全球领先的碳补偿项目数据库“联合补偿”（Allied Offsets）发布题为《基于自然的碳补偿解决方案》（*Nature-based Solutions in Carbon Offsetting*）的报告，主要关注东南亚的林业项目，概述了当前的环境问题以及碳补偿如何适应当前的解决方案和减排举措。

1 林业中的碳定价

碳定价是对碳排放或温室气体排放定价的过程，可降低污染水平并推动可持续投资。2019 年，全球碳股票市场增长了 34%，达到 2150 亿美元，其合规市场远大于自愿市场。碳定价取决于多种因素，比如信贷供求、政府法规、补偿项目的类型以及维持和监控补偿所需的资源。2017 年 9 月，东盟农业和林业部长一致通过了促进粮食、农业和林业可持续投资的准则。东盟领导人承诺“通过实施解决经济、社会、文化、自然和环境等暴露风险的有效措施，减少现有与气候和灾害相关的风险，防止新风险产生并适应气候变化，打造更具弹性的未来”。与碳市场相关的总体目标是提高碳价格效率，并确保管理、交易等财务成本。

2 东南亚碳市场的过去、现在与未来

2009 年以来，由于将森林转化为棕榈油的收益远远超过了自愿市场上碳交易信用额的收益，因此，印度尼西亚廉价的林业项目在减少碳排放方面受到限制。截止

2020 年第三季度，东南亚战略环境评估项目有 96 个，其中只有 10 个以林业和土地利用为基础。这些林业项目涵盖了东南亚 2.04 亿公顷热带雨林中的 3850 万公顷，还有至少 5000 万公顷尚待保护批准。除固碳外，林业项目还具有许多社会和环境效益，包括生态系统保护和社会遗产保护。未来，东南亚希望为碳项目吸引更多的国内投资者，这将有助于激励责任感，同时保持市场所需的价格。当外国投资者过渡开发自然资源而不打算在清理后重新开发土地时，当地社区将承担由此产生的成本。国内土地所有者通常面临着开发土地和保护土地的矛盾，前者的收益远远超过后者提供的补偿，比如，每排放 1 吨碳获益 170 美元，而每减少 1 吨碳获益 3 美元。总的来说，国家和地方政府主要关心的是国内外投资的损失，投资林业项目不仅有利于环境，还有助于维持东盟国家的绿色投资收入。

(刘莉娜 编译)

原文题目：Nature-based Solutions in Carbon Offsetting

来源：<https://alliedoffsets.com/static/reports/AlliedOffsets-Nature-Based-Solutions.pdf>

气候变化事实与影响

1961 年以来气候变化使全球农业生产率的增长下降了 21%

2021 年 4 月 1 日，《自然 气候变化》(*Nature Climate Change*) 发表题为《人为气候变化减缓了全球农业生产率的增长》(*Anthropogenic Climate Change Has Slowed Global Agricultural Productivity Growth*) 的文章指出，尽管 20 世纪 60 年代以来农业取得了重要的进步，为世界提供了不断增长的粮食，但全球农业生产率的增长却比没有气候变化的情况下降低了 21%。

农业研究促进了生产力的增长，但历史上人为气候变化对生产力增长的影响尚未得到量化。由美国康纳尔大学 (Cornell University) 科研人员领导的研究团队，开发了一种全方位的计量经济学模型，将 1961 年来的天气和农业生产率指标的逐年变化与最新气候模型的产出联系起来，以量化人为气候变化对全要素生产率 (TFP) 的影响，TFP 反映了农业部门的整体生产率。

基准模型表明，自 1961 年以来，人为气候变化已使全球农业 TFP 的增长降低了约 21%，这相当于从 2013 年开始农业生产率的增长就按下了暂停键，此后没有经历任何改善。气候变化的历史影响在已经变暖的地区更大，例如在非洲、拉丁美洲和加勒比海等地区，人为气候变化使农业 TFP 的增长降低约 26%~34%。研究还表明，全球农业变得越来越容易受到持续的气候变化的影响。

(裴惠娟 编译)

原文题目：Anthropogenic Climate Change Has Slowed Global Agricultural Productivity Growth

来源：<https://www.nature.com/articles/s41558-021-01000-1>

前沿研究动态

中国为实现 1.5 °C 温控目标需要付出巨大努力

2021 年 4 月 23 日,《科学》(*Science*) 发表题为《评估中国为达到 1.5 °C 变暖上限所做的努力》(*Assessing China's Efforts to Pursue the 1.5°C Warming Limit*) 的文章指出,中国在 2060 年前实现碳中和的承诺在很大程度上符合《巴黎协定》中将全球变暖限制在 1.5 °C 的目标。但是,为了实现这一控温目标,中国需要把温室气体减排目标提高到目前的净零目标之上,并在短期内实现大幅度减排。

《巴黎协定》设定了宏伟的目标,将 21 世纪的全球平均气温上升幅度控制在比工业化前水平低 2 °C 以内,并努力将全球气温上升控制在 1.5 °C 以内,以避免灾难性后果。为了实现这些目标,需要采取大量的干预措施,特别是对工业化国家而言。由来自中国科学院大学、清华大学及东京大学等 15 个机构的科研人员组成的研究团队,从欧盟第七框架计划(FP7)资助的 ADVANCE 项目数据库中调取了 6 个综合评估模型的数据,进行了必需的比较和敏感性实验后,整合中国研发的 3 个综合评价模型结果,建立多模型比较框架。基于多模型研究探讨将全球变暖控制在 1.5 °C 以下,对于中国的排放路径、能源重组与脱碳意味着什么。

研究结果表明:①与“无政策”情景相比,1.5 °C 一致的目标将要求中国将碳排放减少 90% 以上,能源消耗减少近 40%。②负排放技术在实现接近零排放方面发挥着重要作用,到 2050 年,捕集的碳平均占减排总量的 20%。③多模型比较显示,各个部门的必要减排量存在很大差异,而电力部门必须在 2050 年之前实现完全脱碳则较为一致。④跨模型平均数表明,考虑到 1.5 °C 的升温极限,到 2050 年,中国的累计政策成本可能达到国内生产总值(GDP)的 2.8%~5.7%。

(裴惠娟 编译)

原文题目: *Assessing China's Efforts to Pursue the 1.5°C Warming Limit*

来源: <https://science.sciencemag.org/content/372/6540/378>

研究人员提出综合方法有效评估各国气候进展

2021 年 4 月 26 日,《自然 气候变化》(*Nature Climate Change*) 发表题为《土地减缓途径的关键调整以评估各国气候进展》(*Critical Adjustment of Land Mitigation Pathways for Assessing Countries' Climate Progress*) 的文章指出,综合评估模型(IAMs)估算的全球土地利用通量与国家温室气体清单之间每年存在约 5.5 Gt CO₂ (十亿吨二氧化碳) 差距。

土地利用与土地管理变化产生的碳排放约占全球人为 CO₂ 排放总量的 1/4。同时,陆地碳汇,包括自然碳汇和人为碳汇,吸收了全球人为 CO₂ 排放总量的 1/3。土地利用、土地利用变化和林业措施约占各国根据《巴黎协定》作出国家自主贡献

中承诺减排的 25%。土地减缓途径被认为是实现《巴黎协定》最重要的一项策略，以实现人为碳源与碳汇之间的平衡。国家温室气体清单报告显示，基于清单方法的全球人为土地利用（林地和森林砍伐）CO₂ 通量与动态全球植被模型（DGVMs）模拟的数值相差 4~5 Gt CO₂/年。

基于此，文章对比分析了清单方法与 IAMs 下的全球土地利用变化 CO₂ 净排放量，结果显示，这两种方法的测算结果相差 5.5 Gt CO₂/年。两种测算方法导致评估结果不一致的主要原因是人为 CO₂ 排放去除量的差异，主要发生在森林中。造成这种差异的主要因素包括：①IAMs 中对土地利用变化和土地管理的简化或不完整的描述，包括森林管理在促进生物量扩张和增厚方面的作用以及森林密度的影响；②非森林土地利用、土地利用变化和林业通量的估计不准确或不完整，尤其是非森林土地利用和土壤变化；③两种方法在估算人为土地利用 CO₂ 通量之间存在概念上的不一致，这意味着这些估算很难比较。前两种因素的影响难以量化，并导致不确定性，这些不确定性将随着两种模型不断完善和调整而逐步缩小。相比之下，第三种因素中的不一致及偏差容易解决。文章提出基于 5 种 IAMs（GCAM4，IMAGE，MESSAGE-GLOBIOM 和 REMIND-MAgPIE）和 DGVMs 相结合的新方法，通过有效调整 IAMs 结果来确保与清单方法之间的可比性。这并没有改变原有的脱碳路径，而是重新分配了一部分土地，以确保与温室气体排放数据一致。相较于原始的 IAMs 土地减缓路径，在 1.5 °C 或 2 °C 温升限制下，调整后的累计排放量减少了 120~192 Gt CO₂。如果不进行结合，就无法单独使用 IAMs 的土地减缓途径来有效评估国家气候目标。因此，需要考虑这些差异，以确保有效评估各国《巴黎协定》的气候进展。

（刘莉娜 编译）

原文题目：Critical Adjustment of Land Mitigation Pathways for Assessing Countries' Climate Progress

来源：<https://www.nature.com/articles/s41558-021-01033-6>

数据与图表

新西兰 1990—2019 年温室气体净排放量增长 34%

2021 年 4 月 15 日，新西兰环境部（Ministry for the Environment）发布《新西兰 1990—2019 年温室气体清单》（*New Zealand's Greenhouse Gas Inventory 1990-2019*），列出了 1990—2019 年新西兰所有人为产生的温室气体排放量与清除量，主要排放趋势以及新西兰用于估算其排放量与清除量的方法。报告主要内容如下：

（1）新西兰 2019 年的温室气体排放总量为 82.3 Mt CO₂eq（百万吨二氧化碳当量）。按行业、子类别和温室气体类型总结的排放特征为（图 1）：①2019 年的排放总量包括 46% 的二氧化碳（CO₂），42% 的甲烷（CH₄），10% 的一氧化二氮（N₂O）和 2% 的氟化气体；②农业与能源部门是 2019 年新西兰排放总量的两个最大来源，分别占 48% 和 42%；③2019 年的净排放量为 54.9 Mt CO₂eq，土地利用、土地利用变化和林业（LULUCF）部门抵消排放总量的 33%（抵消 27.4 Mt CO₂eq）。

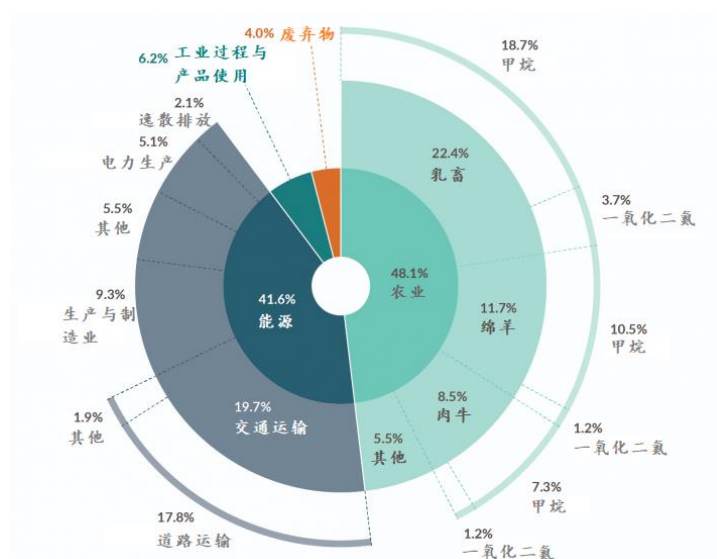


图1 按行业、子类别和气体类型划分的2019年温室气体排放总量

(2) 1990—2019年的排放趋势（图2）：①主要由于奶牛消化系统产生的CH₄和公路运输产生的CO₂增加，1990—2019年的排放总量增长了26%（17.2 Mt CO₂eq）；②1990—2019年，由于排放总量的大幅增加，净排放量增加了34%（13.8 Mt CO₂eq）。

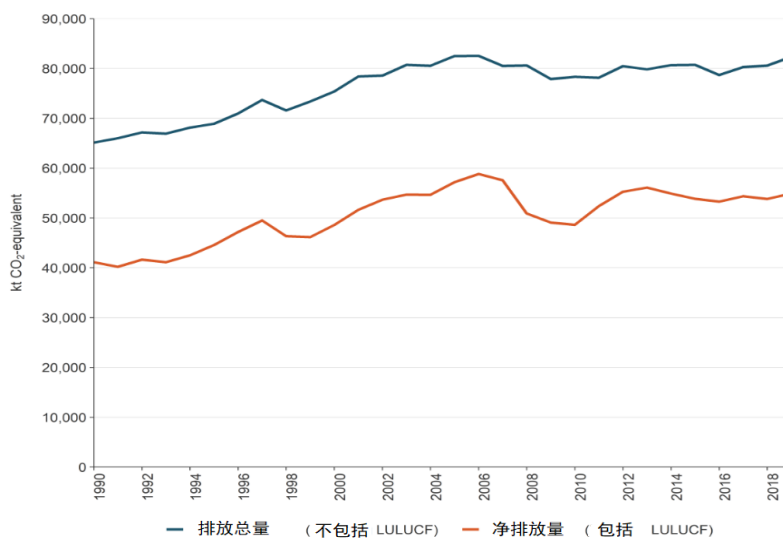


图2 新西兰1990—2019年温室气体排放总量和净排放量

(3) 1990年以来，LULUCF的净清除量增加了14%（3.4 Mt CO₂eq），主要是由于：①随着时间的推移，森林遗传学与管理方法得到改进，造成人工林的碳储量增加；②20世纪90年代造林迅速发展；③采伐木材产品的产量增加。

(4) 相较于2018年，2019年的排放量变化特征表现为：①排放总量增加了2%（增加1.7 Mt CO₂eq）；②净排放量增加了2%（1.1 Mt CO₂eq）；③两种变化主要是由于制造与建筑业以及公共电力与热力生产的排放量增加所致。

（裴惠娟 编译）

原文题目：New Zealand's Greenhouse Gas Inventory 1990-2019

来源：<https://environment.govt.nz/publications/new-zealands-greenhouse-gas-inventory-1990-2019/>

《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）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