

Science & Technology Frontiers

科技前沿快报

国家高端智库
中国科学院

2021年6月5日

本期要目

世界气象组织发布天气和气候预测未来白皮书

美国化学理事会提出可降低化学工业排放的关键技术

德国投入7亿欧元资助6G技术研究

美国政府宣布投资17亿美元抗击变异新冠病毒

美国农业部宣布新资助的植物育种研究项目

英国UKRI资助尖端设备和波浪能研发

2021年

总第084期

第06期

目 录

深度关注

世界气象组织发布天气和气候预测未来白皮书	1
----------------------------	---

基础前沿

美国化学理事会提出可降低化学工业排放的关键技术	6
美国 DARPA 推出量化量子计算机实用性的项目	8
欧盟联合研究中心发布《化学品出口管制手册 2021》	9

信息与材料制造

德国投入 7 亿欧元资助 6G 技术研究	13
欧盟委员会出台新的人工智能一揽子计划	14
美国 DARPA 推出“低温逻辑技术”项目	16
英国产学研合作加速开发未来变革性技术	17
英国推动电池与氢燃料汽车研发	18
美国能源部致力减少制造业的碳排放	18

生物与医药农业

美国政府宣布投资 17 亿美元抗击变异新冠病毒	19
美国农业部宣布新资助的植物育种研究项目	20
英国与印度签订“英印 COVID-19 合作计划”研究流行病	21

能源与资源环境

英国 UKRI 资助尖端设备和波浪能研发	22
经合组织核能署评述小型模块化反应堆发展机遇与挑战	25
美国能源部发布到 2030 年海上风电目标及技术研发重点	28
国际能源署与欧专局分析全球清洁能源技术创新趋势	29
美国能源部投入 1.62 亿美元支持汽车和卡车脱碳	34
美国能源部推进天然气发电和工业部门变革性碳捕集研发	36
欧日合作资助可再生替代燃料研究	37
美国国家科学院建议实施太阳能地球工程研究计划	38
美国国家科学院为 USGCRP 未来十年战略计划提出建议	40
美国 OMB 发布总统 2022 财年自由支配预算请求	42

深度关注

世界气象组织发布天气和气候预测未来白皮书

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》¹的报告，分析了未来10年（2021~2030年）天气和气候预测的趋势、挑战与机遇，以期气象和气候企业及利益相关者在进行天气-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。WMO的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），将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。

一、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），为城市或特定地区进行更频繁的更新，即每小时或更短时间更新一次。这些将与优化的临近预报工具相结合，在高影响天气发生之前和发生期间，基于更及时的预报更新（以分钟为单位），为用户提供增强的决策支持。

（2）提高用于天气-气候数值预报系统中分析和资料同化的观测数据质量，增加经济、可持续的地球系统观测的数量。

（3）向完全耦合的地球系统数值预测能力转型，以提供更加丰富的大气、陆地和海洋数据，包括波浪、海冰和水文要素。根据地球系统

¹ Future of Weather and Climate Forecasting. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/white-paper-future-of-weather-and-climate-forecasting>

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) 进一步发展基于天气和气候风险的无缝服务，提供从分钟到季节尺度的预报，以改善决策并降低风险。

二、2020 年基准情况

为了提供未来 10 年天气和气候预测的发展愿景，有必要根据现状设定当前的基准情况。

(1) 全球高分辨率确定性中期业务预报模式的水平分辨率为约 10 千米，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 千米。对于长达 45 天的延伸期预报，水平分辨率约为 35~40 千米。

(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 千米，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。

三、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：数值天气预报的进步是以高性能计算能力的提高为基础的；改进观测仪器，以更高的时空分辨率提供更准确的数据；复杂的物理过程得到更好地表达；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；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，将促进发

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将会减缓发展。

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：克服观测数据的缺乏和数据质量问题是持续改进的关键；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；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；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；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；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：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；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、并行化和矢量化的不同方式；云驱动的数据存档和支持基础架构，

可能使数据向全球不同利益相关者开放和可获取。

(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。

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：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；需要继续推进全球范围内大气和海洋模式的耦合、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；定量降水预报（QPF）方面取得了一定进展，潜力可能来自千米级及更高分辨率模式中对流系统的物理-动力耦合得到了明确的表达；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可能的大气反馈过程；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，以便于更早获得预测结果；天气-气候数值预报的创新还将来自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 千米的全球集合预报系统。一些关键的大气和海洋过程将在该系统中得到明确

体现。预计到 2030 年，利用未来的百亿亿次超级计算能力，天气-气候数值预报将可能实现至少包括 50 个成员的 1~3 千米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式输出后处理。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，最大似然法的利用可以在提高服务的准确性和自动化方面取得进展。虽然最大似然法具有很大潜力，但鉴于自由度太高、系统非线性以及应用约束等困难，用神经网络代替整个基于物理的预测模型是不现实的。

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：预计在 21 世纪 20 年代将开始引入和发展百亿亿次计算系统，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；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；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)

基础前沿

美国化学理事会提出可降低化学工业排放的关键技术

4月22日，美国化学理事会（ACC）针对气候变化中的低排放问题，明确了9项可以降低美国化学工业排放的关键技术²，并提出相关建议。美国化学理事会是美国历史最悠久的化学行业协会，代表了170多家从事化学行业的公司。9项关键技术包括：

1、核能。美国拥有大量无碳能源，其发电量超过任何国家。但在过去30年中，核电并没有在美国电力市场上获得有意义的份额。成本、

² Policy Recommendations for a Lower Emissions Future. <https://www.americanchemistry.com/ACC-Policy-Recommendations-for-a-Lower-Emissions-Future.pdf>

技术、许可证和其他监管障碍阻碍了对新核电站的投资。先进核技术有着巨大潜力，但真正部署还需时日。

2、先进电池。目前，美国电池行业面临着重大的供应链挑战：电池的许多关键部件在美国境外生产，而那些希望在国内生产的企业正面临着巨大的监管壁垒。同时，制定有效的报废策略，促进电池内部有价值材料的回收利用，对促进先进电池的研发和应用至关重要。

3、直接空气捕集。美国正在积极开发世界上第一座大型商用直接空气捕集装置，该设施将能捕获 100 万吨二氧化碳，并可在未来几年内投入使用。虽然这项技术很有前景，但要使其规模化还需要相当多的投资。

4、先进的回收系统。先进的回收利用系统可以增加可回收塑料的数量和类型，并使塑料废料转化为可用于化学制造的原料。先进回收技术是解决未经管理的塑料废物这一重大挑战的重要组成部分，同时也有助于满足化学品生产商的一些原材料需求。利用先进回收技术和这些技术生产的原料也有可能有助于减少温室气体排放量，相对于一些未经处理的原料而言，也助于改善化学制造业的总体碳足迹。

5、工业能效项目。能源和工艺效率措施已使化学工业的温室气体排放大幅减少。提高更先进能效技术的采用率，同时注重降低其成本，对最大限度减少温室气体排放至关重要。

6、氢能。一些汽车制造商正在制造氢燃料电池电动汽车。根据美国能源部（DOE）的数据，氢和燃料电池驱动的热电联产机组比传统的热电联产机组可以减少 35%~50% 的排放。在汽车领域，氢和燃料电池可使轻型车的排放量减少 50%~90%，特种车的排放量减少 35%，与卡车发动机怠速相比，排放量减少 60%。“蓝色氢”可从天然气中产生，并用于产生热量，为化学工业以及其他重工业创造重要的低碳机会。未来用可再生能源规模化生产“绿色氢”将会可行。尽管氢能有着明确的

前景，但氢能技术的部署和采用仍面临着巨大的市场和监管障碍。

7、热电联产。热电联产通过单一燃料源同时产生热能和电能，与单独产生热能和电能相比，具有显著的节能和碳排放效益。热电联产还可与碳捕获和储存相结合，能基本消除电厂运行产生的排放。然而，热电联产项目面临大量的市场、监管和商业障碍，这些将影响项目的成本和消费者的决策。

8、碳捕集、利用与封存（CCUS）。CCUS 对于减轻包括化工生产在内的重型制造业的碳排放强度具有重要意义。部署 CCUS 有助于通过减少固定来源的二氧化碳排放量和从能源系统中去除二氧化碳，从而促进气候目标的实现。美国需要继续对 CCUS 技术进行投资，需要一个健全的监管和法律框架，为创造市场和鼓励私人投资提供明确和确定的条件。

9、蒸汽裂解炉电气化技术。蒸汽裂解炉的电气化可能会是化工行业的一次转型。目前，美国制造商使用化石燃料加热蒸汽裂解炉，导致了二氧化碳排放的增加。随着电网越来越依赖可再生能源等低排放或零排放能源，电裂解技术将使制造商能够利用这些清洁能源来加热蒸汽裂解炉。这项技术已经获得投资，但实现技术上和经济上的广泛使用仍需许多年，甚至几十年的时间。 (张超星)

美国 DARPA 推出量化量子计算机实用性的项目

4月2日，美国国防高级研究计划局（DARPA）宣布推出“量子基准”项目³，旨在重新发明可测试的、关键的量子计算指标，用以衡量量子计算的进展，并推动当前研究向实现特定目标的方向发展。同时，项目还将估计达到关键性能阈值所需的量子计算和经典计算资源。

DARPA 目前正在开发混合的经典/中尺度“噪声”量子系统，其在

³ Quantifying Utility of Quantum Computers. <https://www.darpa.mil/news-events/2021-04-02>

解决某些类型的军事问题时可以跨越纯经典超级计算机。“量子基准”项目建立在这个强大的量子基础上，致力于创建可指导未来投资的标准，方便准确衡量在大型、容错量子计算机竞赛中需要关注的重要内容。“量子基准”项目将通过尝试解决 3 个难题来预测量子计算机的效用。

(1) 重塑关键指标。需要建立新的研究共同体来测算当前最新技术与量子计算可达成能力之间的差距。数以百计的应用需要被提炼成 10 个或更少的基准，而且指标需要是多维的。

(2) 通过创建针对量子计算机的“风洞”实现指标的可测试性，而目前还不存在可测试指标。研究人员需要实现全尺度可靠诊断，以便对经典上难以处理的计算进行基准测试。

(3) 估计给定任务所需的量子资源和经典资源。研究人员需要优化和量化高级资源，类似于经典计算机的前端编译器；需要将高级算法映射到低级硬件，类似于经典计算机的后端编译器；需要优化和量化低级资源，相当于经典计算机的晶体管、门、逻辑、控制和内存。 (张娟)

欧盟联合研究中心发布《化学品出口管制手册 2021》

4 月 29 日，欧盟联合研究中心（JRC）发布了技术报告《化学品出口管制手册 2021》⁴，该手册是对 2019 年版本的修订，其中纳入了更多与《化学武器公约》有关的化学品、危险化学品、《反酷刑条例》所含化学品，以及针对伊朗和朝鲜的限制性措施所含的其他化学品。该手册包含了适用欧盟管制条例的约 1800 种受出口管制的所有化学品清单。欧盟主要根据包括第 428/2009 号条例和修正案来控制战略物资出口，包括网络威胁，由欧盟成员国执行，欧盟委员会负责监督。

1、两用管制清单。第 428/2009 号条例管制可协助生产大规模毁灭

⁴ Export control handbook for chemicals (2021 edition). <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/e7a75578-abb7-11eb-927e-01aa75ed71a1/language-en>

性武器的两用物品的出口,包括某些可能被用作有毒化学剂前体的化学品。“两用”物资既有民用也有军事用途,包括用于制造业、航空航天、电子、化学、生物和医疗、核、电信、能源生产、网络安全、海洋、导航、航空电子、激光应用等的系统、设备、部件、材料、软件和技术,还包括两用材料、系统、设备、技术和软件在核武器、化学武器、生物武器、导弹和运载工具、相关材料和技术(包括网络威胁)扩散中的作用。

本清单主要涉及核材料、特殊材料、传感器和激光器三大类,其中,核材料包括石墨、镍粉、重水及铀、钚及钍等放射性元素组成的系列化合物等 57 种物质;特殊材料包括镁铝等金属粉末、氮的氧化物及其混合物、各种胍类有机物及其硝酸盐、立方烷、液体橡胶前驱体、硼烷等 495 种物质;传感器和激光器包括 Te 及 CdZnTe、CdTe、HgCdTe、ZnSe、AgGaSe₂、Tl₃AsSe₃、ZnGeP₂、KTiOAsO₄、GaSe 等 10 种物质。

2、《化学武器公约》。《化学武器公约》是 1993 年的一项军备控制条约,于 1997 年生效,禁止生产、储存和使用化学武器及其前体。2019 年 11 月首次修订并获得通过,纳入了 4 个新的有毒化学品。《化学武器公约》按化学品的风险程度和商业化情况分为三个层级。

(1) 具有致命或致残毒性、其他可利用其特性制备化学武器的化学品及其前体。其对《化学武器公约》的目标构成高风险,几乎没有商业应用。第一层级的有毒化学品共有 609 种,主要包括磷酸酯、磷酸环己酯及取代磷酸环己酯、磷酰胺及其氰酸酯的各种取代物、硫芥系列化学品等。

(2) 可能成为化学战剂的化学品和其他化学武器的前体。其对《化学武器公约》的目标构成重大风险,商业应用程度适中。第二层级的有毒化学品共有 264 种,主要包括二氯异丙基磷、乙基磷酸、二乙基溴化磷等磷化物,磷酰氯硫酸酯、甲基磷酰二氯等含氯化物,乙基硫代磷酸钠、邻乙基丙基硫代磷酸钠等钠盐,等等。

(3) 以前生产、储存或用作化学武器的化学品。其有着广泛的商业应用。第三层级的有毒化学品共有 17 种，包括 COCl_2 （光气）、氯化氰、氰化氢、氯化苦、三氯氧磷、三氯化磷、五氯化磷、亚磷酸乙/甲酯、二氯化二硫、二氯化硫、二氯亚砷、二/三乙醇胺等。

3、通用军事清单。2020 年 2 月 17 日，《欧盟公报》公布了欧盟共同军事清单的最新版本。该清单更新和替换了以前的版本，清单包含大量化学品，受“欧盟理事会共同立场 2008/944/CFSP”条例中军事技术和装备出口管制的共同规则所管辖。军事清单所列化学物品分为 2 类。

(1) **ML7 类**，即化学或生物毒物、防暴剂、放射性材料、相关设备。**ML7 类**包括了氟磷酸酯/盐、膦酰氟酸酯、磷酸酯、膦酰氟、硫代磷酸酯等 594 种化学品。

(2) **ML8 类**，即高能材料和相关物质。**ML8 类**包括了硝基苯并咪唑氧化物、高氯酸四胺钴、六硝基六氮杂异伍兹烷、氨基硝基乙烯、氨基硝基苯等 160 种化学品。

4、危险化学品。欧盟第 649/2012 号条例也称为事先知情同意(PIC)条例，是欧洲议会和欧盟理事会关于危险化学品进出口的条例，适用于因健康或环境原因而被禁止或严格限制使用的工业化学品和杀虫剂(包括杀生物剂)。PIC 条例涵盖以下化学品：

(1) 鹿特丹公约事先知情同意(PIC)程序管辖的特定危险化学品，包括阳起石/铁石棉等石棉类致癌物、甲草胺/地乐酚等除草剂、涕灭威/咪喃丹等杀虫剂等 50 种。

(2) 欧盟或成员国禁止或严格限制的某些危险化学品，包括三氟羧草醚、莠灭净、砷/镉及其化合物、葱油、多菌灵、卡塔普等 250 种。

(3) 化学品出口时的分类、标签和包装，包括艾氏剂/十氯酮/硫丹、溴环十二烷、多溴二苯醚/多氯联苯、氯化汞/硫酸汞/硫化汞等 46 种。

5、《反酷刑条例》。该条例的根据是 2019 年 1 月 16 日欧洲议会和欧盟理事会第 2019/125 号条例，涉及可用于死刑、酷刑或其他残忍、不人道或有辱人格的待遇或处罚的某些货物，出口需要许可。这些化学药品包括辣椒精、合成辣椒素、中枢神经系统镇静剂巴比妥类药物、全身麻醉药-硫喷妥钠等 9 种化学品。

6、制裁和禁运。欧盟已经建立了 40 多个不同的制裁制度，其中包括了被证明可用于化学/核武器计划或远程导弹方案的化学品。欧盟分别针对叙利亚、伊朗、朝鲜规定了战略项目的出口化学品管制清单。针对叙利亚，规定了二氯乙烯、硝基甲烷、苦味酸、氯化铝等 82 种禁运化学品。针对伊朗，规定了氧化亚氮、二茂铁、乙基胼硝酸盐、立方烷等 78 种禁运化学品。针对朝鲜，规定了磷酸三丁酯及己/壬/癸二酸二辛酯等增塑剂、丁酰胆碱酯酶、二乙烯三胺等 10 种禁运化学品。

7、爆炸物前体。自 2014 年以来，欧盟第 98/2013 号条例对欧盟范围内爆炸物前体的销售和使用实施了规定。然而，自制爆炸物的威胁仍然很大，而且还在继续演变。因此，关于爆炸物前体销售和使用的欧洲议会和欧盟理事会第 2019/1148 号条例于 2019 年 6 月 20 日通过，废除了欧盟第 98/2013 号条例，进一步加强和协调防止非法制造自制爆炸物的制度，自 2021 年 2 月 1 日起生效。该条例没有明确提及出口管制，但对公众获得和使用爆炸物前体的机会加以限制。这些物质包括硝酸/硝酸铵、过氧化氢、硝基甲烷、氯酸钾/高氯酸钾等 18 种化学品。

8、精神药物和麻醉前体（药物前体）。《联合国禁止非法贩运麻醉药品和精神药物公约》于 1988 年 12 月 19 日在维也纳通过。在欧盟，该公约的实施受第 111/2005 号条例及其修正案的管辖，其中规定了监测欧盟与第三国之间特定物质的贸易以防止此类物质的转移，此类物质经常用于非法制造麻醉药品和精神药物（药物前体）。最近，已通过的

欧盟第 2020/1737 号修正案添加了新的化学前体。这些特定物质包括了乙酰邻氨基苯酸、氰化苄/苯乙酰胺、4-苯胺基-N-苯乙基哌啶、氯麻黄碱等 37 种。

(张超星)

信息与材料制造

德国投入 7 亿欧元资助 6G 技术研究

4 月 12 日，德国联邦教研部宣布，在 2025 年前提供 7 亿欧元资助 6G 通信技术研究⁵。即将启动的首个 6G 技术研究计划包含“6G 研究中心”和“6G 平台”两部分，目的是为 6G 技术的创新生态系统奠定基础，资助经费为 2 亿欧元。

1、6G 研究中心。旨在建立该领域内研究院所和大学之间的合作关系，通过组建研究联盟产生卓越的专业知识。

(1) 在 6G 用途方面，6G 研究中心应该：在主题上聚焦未来通信技术和 6G 领域中最重要挑战，并在所有技术层面建立相应的研究基础设施；制定长期战略，发起旨在应对当前及未来挑战以及制定新手机标准的研究计划；致力于基于颠覆性技术的未来应用场景；涵盖网络、材料、部件/微芯片、模块等所有技术层面内容；提供测试和与企业合作研究的机会；创造试验条件，协助建立未来价值链；制定创办初创企业并支持其发展的战略。

(2) 在技术重点方面，6G 研究中心聚焦：针对工业 4.0、医疗技术和服产业等用户行业需求的私人或局域移动网络标准；能灵活应对干扰和突发状况，并随时提供最低网络服务标准的柔性通信系统；偏离经典香农定理或使用量子缠结原理的新通信理论原理；集成人工智能部

⁵ Karliczek: 6G wird unsere Kommunikation revolutionieren- rund 700 Millionen Euro für die Vernetzungstechnologie von übermorgen. <https://www.bmbf.de/de/karliczek-6g-wird-unsere-kommunikation-revolutionieren-rund-700-millionen-euro-fuer-die-14195.html>

件到基础设施中的方法；模块化、可编程的基础设施和针对并行计算机优化的新模块布局；利用太赫兹范围内更高的频率；厘米范围内高精度；在各技术层面应用新材料。

2、6G 平台。作为顶层平台将 6G 研究中心及未来其他 6G 计划汇集在一起，制定并协调有关 6G 标准基础的总体研发问题，推进 6G 计划的国际协调，应对监管与标准化问题。包括：预备标准化；协调并公开接口，确保单个解决方案的兼容性；促进与国际 6G 计划的协调；建立一个德国工业界和利益相关方网络，引导出对未来移动通信系统的需求；制定未来通信技术研发综合路线图，评估技术贡献，制定战略建议；将波段频率监管、6G 架构定义等主题引入相关标准化组织，以进行战略协调；协调未来通信技术领域其他国际重要主体。（葛春雷）

欧盟委员会出台新的人工智能一揽子计划

4 月 21 日，欧盟委员会发布题为《加快欧洲迈向人工智能的步伐》的通讯⁶，同时提出了两项人工智能（AI）计划——修订后的 AI 协调计划和 AI 监管框架提议，希望在促进人工智能发展的同时，解决 AI 对安全和基本权利造成的潜在高风险。

1、更新的人工智能协调计划。欧盟委员会此次发布的《人工智能协调计划 2021 年审查》⁷是对 2018 年首次发布的《人工智能协调计划》的更新，就欧盟及其成员国应如何在可信 AI 领域塑造全球领导力提出了一系列联合行动，包括：加速 AI 技术投资，部署 AI 战略与项目，协调统一 AI 相关政策等。

(1) 为 AI 在欧盟的发展和應用创造有利条件。针对公共部门高价

⁶ Communication on Fostering a European approach to Artificial Intelligence. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/communication-fostering-european-approach-artificial-intelligence>

⁷ Coordinated Plan on Artificial Intelligence 2021 Review. <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/75787>

值数据集的再利用，通过相关的数据法案和实施法案的提案；在产业数据、边缘和云、微电子和处理器领域建立欧洲联盟；就欧洲数据空间和欧洲云联盟的创建启动相关项目；启动微电子产业联盟；部署项目支持用于 AI 的电子元件的发展；继续通过 AI 联盟加强合作框架，并组织年度 AI 大会；推进欧盟各成员国 AI 小组和数字化欧洲产业小组的工作。

(2) 将欧盟打造成“从实验室进入市场”的卓越繁荣之地。针对 AI、数据与机器人领域创建一个协同规划的欧洲合作伙伴关系；设立欧洲的 AI “灯塔项目”；在“地平线欧洲”计划下启动 AI 相关项目部署；在“数字欧洲”计划下启动“测试与实验设施”项目部署；创建欧洲数字创新中心（EDIH）网络；创建按需 AI 平台，使其作为欧洲 AI 工具箱的核心。

(3) 确保 AI 服务于人，并成为一股社会的善的力量。在数字教育行动计划下制定 AI 和数据使用的道德准则；针对 AI 行动、计划和技能启动项目部署；针对可信 AI 提出横向立法行动建议；针对欧盟和国家责任框架提出调整建议；针对现有安全立法提出修订建议；促进关于可信和可持续 AI 的国际对话；促进全球 AI 标准的制定，包括与欧洲标准制定组织一起制定 AI 需求。

(4) 在高影响力部门确立战略领导地位。将 AI 应用于气候和环境领域；使用下一代 AI 改善医疗服务；将 AI 应用于执法、移民和政治庇护领域；利用 AI 提升交通安全并减少污染；利用 AI 支持可持续农业发展；实施机器人战略，维持欧洲的领先地位；推动公共部门成为 AI 应用的开拓者。

2、人工智能监管法律框架。欧盟此次发布的 AI 法律框架提案名为《制定统一的人工智能规则（人工智能法案）并修正某些联合立法》⁸。

⁸ Laying down harmonised rules on artificial intelligence (artificial intelligence act) and amending certain union legislative acts. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1623335154975&uri=CELEX%3A52021PC0206>

该法律框架将对 AI 在一系列活动中的使用，包括对执法和司法部门使用 AI 系统进行限制，例如限制警方在公共场合使用人脸识别软件、禁止某些类别的 AI 系统等，是迄今为止在该方面涉及范围最广泛的行动之一。根据这项法规，欧盟将有可能对违规最严重的公司处以相当于其全球年销售额 6% 的罚款。

新规采用基于风险的方法，将 AI 的使用划分为不可接受的风险、高风险、低风险或最低风险几个等级，并提出了 4 个目标：确保欧盟市场上投放和使用的 AI 系统是安全的，并尊重现行法律中关于基本权利和欧盟价值观的规定；确保法律上的确定性，以促进 AI 投资和创新；加强对适用于 AI 系统的基本权利和安全要求的现行法律的治理和有效执行；促进针对合法、安全和可信 AI 应用的单一市场的发展，防止市场分裂。

据报道，该法律框架在成为正式法律之前必须同时得到欧洲理事会和欧洲议会的批准，整个过程可能需要数年时间。 (张娟)

美国 DARPA 推出“低温逻辑技术”项目

4 月 8 日，美国国防高级研究计划局 (DARPA) 推出“低温逻辑技术” (LTLT) 项目⁹，旨在开发极低温的器件技术，以克服高性能计算面临的功率效率限制。

LTLT 项目旨使电子器件在接近液氮温度 (约零下 196 摄氏度) 下运行时，实现功率性能的显著提升。该项目将通过对先进的超大规模集成 (VLSI) 工艺进行修改，开发高性能、低温的 CMOS 鳍式场效应晶体管 (FinFET)，最终与在室温下运行的最新中央处理器相比，性能/功耗能够提高 25 倍。LTLT 项目分为两个独立的研究领域。

(1) 专注于研发和提供一种先进 CMOS 制造技术，能够集成低温

⁹ Heating up High Performance Computing with Low Temperature Integrated Circuits. <https://www.darpa.mil/news-events/2021-04-08>

晶体管、在零下 196 摄氏度下开关能量降低 25 倍的静态随机存取存储器（SRAM）单元以及配套的电路/系统设计。

（2）探索高风险、高回报的 FinFET VLSI 兼容解决方案，以应对零下 196 摄氏度的个别技术挑战，包括：具有新型开关或传输机制的超低功耗、高速缩放晶体管；紧凑、高速、低能耗的 SRAM 单元；利用新型“低温逻辑技术”晶体管和存储器单元实现 45 倍性能/功率提升的新电路技术。

（张娟）

英国产学研合作加速开发未来变革性技术

4 月，英国工程与自然科学研究理事会（EPSRC）与企业界、学术界等共同出资 7500 万英镑¹⁰，通过开发一系列的变革性新技术、新工艺和新技能，以实现经济增长，在英国各地创造就业机会，并助力英国实现净零目标。资助项目的主要内容包括 5 个方面。

（1）开发新的声学技术，使人们能够“感觉”“听到”和“看到”虚拟 3D 物体和全息图，创建交互式空中应用程序，消除物理世界和数字世界之间的界限。

（2）化学品低碳化，通过智能分子设计和能量恢复过程，减少日常消费品的碳足迹，并利用碳捕获及其他可再生原料，设计和开发可再生、可生物降解的材料。

（3）新药开发，把基因组学和机器学习技术与下一代化学及化学蛋白组学结合起来，加速选择具有更高成功可能性的靶点，加速新药开发，并改进从细胞中开发生物药物的工作，变革用于新药有效性评估的成像技术。

（4）开发数字孪生的关键组件以及物理实体的虚拟模型，把握材

¹⁰ Partnerships to create technologies of the future. <https://www.ukri.org/news/partnerships-to-create-technologies-of-the-future/>

料全寿命周期，用于评估核电站等的部件状况及其维修需求。

(5) 通过控制能源循环技术所依赖的复杂界面，改进系统效率、稳定性和使用寿命等。 (万勇)

英国推动电池与氢燃料汽车研发

3月30日，英国投资大臣 Gerry Grimstone 宣布，将向电池技术、电动汽车和氢动力汽车等领域的开创性研究提供逾 3000 万英镑的资助，确保英国在车辆技术方面继续保持世界领先地位¹¹，这同时也是策应“绿色工业革命十点计划”中所做出的承诺：在 2030 年前逐步停止销售新的汽油和柴油汽车。

(1) 资助法拉第研究所进一步提高电池的安全性、可靠性和可持续性，资助金额为 2260 万英镑。在安全性方面，将探究锂离子电池故障及其导致火灾的根本原因，以及火灾对环境的影响；在固态电池方面，同样将提升安全性，并显著增加续航里程；关注电池的回收与再利用，以提升汽车供应链的可持续性。此外，法拉第研究所还将探索电池在电网和航空航天领域的应用。

(2) 资助电动汽车电池锂元素提取、电动汽车发动机磁铁以及轻型储氢装置等相关工作，资助金额为 940 万英镑。 (万勇 郭楷模)

美国能源部致力减少制造业的碳排放

4月28日，美国能源部（DOE）宣布将出资 2250 万美元，用于支持制造业产生的材料废弃物的回收、再循环和再利用¹²。通过开发新技术，减少与金属、聚合物、纤维和电子垃圾的生产及消费相关的内含能

¹¹ Over £30 million government investment to boost batteries and hydrogen vehicles. <https://www.gov.uk/government/news/over-30-million-government-investment-to-boost-batteries-and-hydrogen-vehicles>

¹² Department of Energy Announces \$22.5 Million to Reduce Carbon Emissions from Manufacturing. <https://www.energy.gov/index.php/eere/articles/department-energy-announces-225-million-reduce-carbon-emissions-manufacturing>

与碳排放，并开展培训活动，壮大美国制造业劳动力队伍。资助的项目包括变革性研发与推广、常规研发和劳动力开发三个类别。其中，研发项目的内容包括：

1、变革性研发与推广项目。主要研究内容包括：针对塑料、金属、纤维和电子废弃物，提高其回收利用率；在再制造领域，提高耐用品及部件回收和再制造水平，这些耐用品及部件含有聚合物、金属、纤维和电子废弃物等，来自航空航天、重型越野装备、机动车辆装备、医疗装备和消费品等关键再制造行业。

2、常规研发项目。主要研究内容包括：系统分析与集成，涉及物料流、生命周期分析、系统分析和技术经济分析的模型、工具和数据；制造材料优化：新的制造工艺与方法，能够更多地使用具有成本竞争力的二次原料；再制造和报废再利用，用于拆卸、清洁、恢复和状态评估的经济高效及节能技术，以提高再制造和再利用率；循环与回收，对于回收来的废弃物进行快速有效的收集、表征、分类、分离和净化处理，产出具有成本竞争力的二次原料等。 (万勇)

生物与医药农业

美国政府宣布投资 17 亿美元抗击变异新冠病毒

4月16日，美国总统拜登宣布将从“美国救援计划”（American Rescue Plan）中拨款17亿美元，提升检测、监测和抗击变异新冠病毒的能力，以减少变异病毒扩散¹³。该经费将通过美国疾病控制和预防中心（CDC）分配，重点资助3个领域。

1、投资10亿美元开展新冠病毒基因组测序。该经费将用于开展新

¹³ Fact Sheet: Biden Administration Announces \$1.7 Billion Investment to Fight COVID-19 Variants. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/04/16/fact-sheet-biden-administration-announces-1-7-billion-investment-to-fight-covid-19-variants/>

冠病毒样本的收集、病毒的测序以及测序数据的共享等工作，以扩大新冠病毒的测序规模，提升病毒检测速度，提高识别病毒变异和监测变异扩散的能力。

2、投资4亿美元支持创新计划。美国政府将建立6个新的基因组流行病学卓越中心，作为各州卫生部门与学术机构间的连接纽带，推动基因组流行病学的前沿研究。其重点领域包括开发生物信息学的工作流系统，探索有效整合基因组数据与流行病学数据的方法等。

3、投资3亿美元建设国家生物信息学基础设施。将支持建立一个共享和分析新冠病毒序列信息的统一数据系统，推动病毒相关生物信息学研究，在保护隐私的前提下为公共卫生决策提供更好的支持。如专家们能够利用生物信息学和计算技术探明病毒传播和变异之间的关系，研究病毒传播及变异规律，进而寻找减少病毒扩散的方法。 (李伟)

美国农业部宣布新资助的植物育种研究项目

4月26日，美国农业部国家食品与农业研究所（NIFA）宣布¹⁴将通过其农业和食品研究计划（AFRI），投资超过865万美元资助22个植物育种研究项目。这些项目将提高作物生产效率、健康度、产品质量和美国农业植物的价值，同时提高农民的盈利能力和可持续性。

其中，有5个项目旨在加速测试、评估和发布公开完成的小麦、小黑麦、高粱、油菜品种。这些项目中优先资助的一些研究包括：加州大学戴维斯分校的项目“机械收获辣椒育种”，旨在开发具有竞争力的适合机械收获的辣椒品种；德克萨斯农工大学的项目“利用未占用的空中系统进行物候选择以开发改良的南方玉米杂交种”，旨在评估使用无人机提高决策速度和准确性；以及密歇根州立大学的项目“挖掘马铃薯野

¹⁴ NIFA Invests Over \$8.65M for Plant Breeding. <https://nifa.usda.gov/press-release/nifa-invests-over-865m-plant-breeding>

生种以改良栽培种”，以培育可有效抗晚疫病和耐热的马铃薯品种等。22 个项目的名称和承担机构见下表。

表 1 22 个植物育种项目的名称和承担机构

项目名称	承担机构
机械收获辣椒育种	加州大学戴维斯分校
饲草型春、冬小黑麦的商品化	加州大学戴维斯分校
提高粮用高粱产量和营养品质	加州大学戴维斯分校
基因组学和表型组学相结合改良牛油果的园艺性状	加州大学河滨分校
作物改良表型可塑性的基因组和环境因素	爱荷华州立大学
大平原冬油菜品种配置项目	堪萨斯州立大学
利用 CRISPR/CAS 基因编辑技术对影响硬质冬小麦产量构成和品质性状的基因进行编辑	堪萨斯州立大学
水稻窄褐叶斑病抗性：通过数量抗性的精细定位和剖析加强育种策略	路易斯安那州立大学
挖掘马铃薯野生种以改良栽培种	密歇根州立大学
花生叶斑病抗性的高通量表型分析和基因组选择	北卡罗来纳州立大学
利用基因组学指数轮回选择以提高硬红春小麦籽粒产量和蛋白质含量	北达科他州立大学
提高燕麦持久冠锈病抗性和营养品质的基因组方法	北达科他州立大学
基因组育种与区域协同试验相结合加速小麦基因型上市	克莱姆森大学
通过对小麦生长调节因子基因进行引导编辑培育高产、高氮利用率新种质	南达科他州立大学
非生物胁迫表型和基因型分析及训练创新：美国东南部豇豆对铝毒性的耐受性	田纳西州立大学
利用公共和私人部门的种质资源开发高粱杂种以提高生产力	德克萨斯农工大学
花生病虫害抗性的基因组辅助导入和分子解析	德克萨斯农工大学
启用空置航空系统进行物候选择，以开发改良的南方玉米杂交种	德克萨斯农工大学
在应用型硬冬小麦育种方案中加速导入人工合成的六倍体衍生多样性	德克萨斯农工大学
利用选择、导入和反向遗传学对小麦进行生物强化	华盛顿州立大学
通过研究、教育和推广多样性实现韧性和可持续性	内布拉斯加大学
利用植物再生和基因工程技术加速一年生和多年生作物品种的育种	体外生物学学会

(袁建霞)

英国与印度签订“英印 COVID-19 合作计划”研究流行病

5月7日，英国国家研究与创新署（UKRI）宣布，UKRI与印度生物技术部（DBT）国际合作基金将共同资助“英印COVID-19合作计划”500万英镑，用于对两国不同环境中的相关种族群体开展流行病学研究。

该计划资助了4个研究合作项目，以更加深入地了解英国、印度两国的南亚人群中的COVID-19疫情的严重程度¹⁵。

(1) 在英国和印度的南亚人中，先天性免疫激活和心血管疾病是否是COVID-19的患病驱动因素。该项目旨在证明为什么COVID-19会以不同的方式影响不同国家的南亚人。该项目将快速识别信息以支持：制定新的预防措施；更有针对性的监控疫情；开发潜在的新疗法。

(2) 印度和英国的南亚人群患COVID-19风险的决定因素的前瞻性调查。该项目旨在了解南亚人群中患COVID-19风险增加的根本原因，并为干预措施提供参考意见。

(3) 解释印度人和英国人之间患COVID-19重症的差异。该项目旨在对英国和印度的印度人口进行有史以来的首次比较。该项目将迅速评估生活在两国的印度人之间患COVID-19重症的风险是否确实存在差异，并检验一系列假设问题。

(4) 口腔微生物组和粘膜免疫在COVID-19疾病中的作用：在南亚人群中的诊断/预后作用。该项目将基于口腔/口咽中所反映的粘膜免疫力和微生物组在对COVID-19的敏感性和严重性中起着关键作用的假设，来解释英国和印度相似人群之间的死亡率差异。 (郑颖)

能源与资源环境

英国 UKRI 资助尖端设备和波浪能研发

3月23~24日，英国国家研究与创新署（UKRI）发布两批资助信息，分别资助促进英国净零排放供应链（工业、交通运输、能源部门）的尖端设备研发以及波浪能技术开发，旨在促进英国供应链发展，以实

¹⁵ £5m to understand COVID-19 severity in India and the UK. <https://www.ukri.org/news/5m-to-understand-covid-19-severity-in-india-and-the-uk/>

现净零排放远景目标。

1、强化英国净零排放供应链的尖端设备研发。3月23日，UKRI 宣布投入 2850 万英镑资助一批尖端设备研发¹⁶，以促进英国工业、交通和能源行业建立具有竞争力的电气化设备供应链。该项资助由纽卡斯尔大学领导，将在英国超过 30 个学术、研究和技术组织组成的网络中发挥重要作用。主要涉及：开发制造工艺技术；电力电子、电机与传动（PEMD）过程工业化；通过分享专业知识、技术建议和设施来降低风险。将在苏格兰、威尔士、英格兰东北部和中部 4 个地区建设 4 个地区工业化中心，协调并建立国家创新能力，在实现净零排放的道路上实现长期可持续增长。这 4 个中心将共同帮助企业扩大电动汽车和电动机械的使用，以促进英国净零排放供应链的发展。

本次资助将研发的设备包括：思克莱德大学电力网络示范中心的大功率集成电力推进和动力总成加速器；桑德兰东北创新中心的电力电子和电机装配线；诺丁汉大学的高频线圈制造和磁性测试设施；华威大学的电力电子可靠性和故障分析设施以及电机绕组卓越中心；斯旺西大学的宽带隙电力电子元件工业试验线；伯明翰大学的回收烧结磁体生产线；化合物半导体应用创新中心的陶瓷和铜元素及组件集成模块原型设备。

2、波浪能技术研发。3月24日，UKRI 宣布资助 750 万英镑用于支持 8 个波浪能技术相关的主题研究项目¹⁷，旨在开发先进的波浪能转换器，提升波浪能发电效率，并增强其抵御海上极端环境冲击（如海上风暴）的能力，提升使用寿命，扩大波浪能在英国的部署规模。

(1)用于波浪能转换器的仿生自适应可伸缩材料。资助金额为 97.5 万英镑，将从水生动物的鳍或者其他部位汲取灵感，开发适用于波浪能

¹⁶ Powering up the UK net zero supply chain. <https://www.ukri.org/news/powering-up-the-uk-net-zero-supply-chain/>

¹⁷ Projects to unlock the potential of marine wave energy. <https://www.ukri.org/news/projects-to-unlock-the-potential-of-marine-wave-energy/>

转换器的可伸缩弹性材料。该弹性材料能够根据周围环境负荷的变化自适应地调整形态，以更好地应对复杂的海洋环境。

(2) 波浪能弹性响应系统。资助金额为 98.4 万英镑，将利用可变性的柔性材料开发适用于波浪能的弹性响应系统，并通过海盆实验和数值模拟，测试系统性能及其在海上风暴中的生存能力。

(3) 波浪能转换器控制系统原型和接口。资助金额为 98.7 万英镑，将开发新型控制系统，为波浪能转换器提供最佳阻抗，并在不同情况下实现发电效率最优，且开发远程部署技术以经济高效地远程部署新型波浪能控制器。

(4) 波浪能转换器系泊系统。资助金额为 99.7 万英镑，将对海浪各种系泊方案进行建模研究，以生成关键信息和有效的建模方法，以帮助设计出更好抵御海洋极端环境冲击的系泊系统，提升其使用寿命。

(5) 波浪能发电机。资助金额为 77.6 万英镑将开发和测试用于波浪能转换器的先进发电机，同时研发高性能的防腐蚀保护涂层材料；并在北海地区开展为期 12 个月的实地测试工作。

(6) 新一代的建模工具。资助金额为 98.7 万英镑，将结合机器学习开发新型高精度的数值建模工具，用于模拟研究评估在极端海洋环境条件下波浪能转换器的生存性能。

(7) 利用机器学习技术开发长寿命高性能波浪能转换器。资助金额为 79.8 万英镑，将结合机器学习和先进算法开发新型波浪能转换器的控制和监视系统，该系统集成耦合了高保真的海况信息，能够有效高精度预测海洋气候，从而有助于设计开发长寿命的波浪能转换器。

(8) 系统级协同设计和控制。资助金额为 98.6 万英镑。波浪能转换器包含多个能量转换阶段和组件，传统研发思路是从单个组件出发；而本研究将跳出原有的单个组件设计开发到组装的思路，而改为从整个

系统层面来开展协同设计和控制研究，以提升转换器的能量转换输出效率和可靠性。
(郭楷模 牛艺博)

经合组织核能署评述小型模块化反应堆发展机遇与挑战

4月13日，经济合作与发展组织核能署（OECD-NEA）发布《小型模块化反应堆发展机遇与挑战》报告¹⁸指出，发展核电是应对气候变化、推动社会经济可持续发展的关键手段之一。小型模块化反应堆（SMR，每个模块装机容量不超过300兆瓦）能够满足更广泛用户和应用的灵活发电需求，并取代老化的化石燃料发电厂，具备初期投资少、建造周期短、可以有效解决中小电网输电问题等优势，得到了世界各国广泛关注。报告系统阐述了SMR的发展现状和机遇，重点分析了其面临的挑战，包括SMR技术选择、审查许可框架、供应链、公众接受度等问题。

1、全球已发展出不同技术路线和成熟度的 SMR 设计及概念。依据国际原子能机构（IAEA）最新统计数据，全球目前约有70种SMR设计和概念，处于不同开发阶段。这些SMR设计使用不同类型冷却剂和燃料形式，并具有不同的技术成熟度水平和许可审批进展。SMR具备优异的灵活性，能够以单一或多模块形式进行部署，并且可以在工厂内建造，根据需求运输到现场安装。当前，在供应商提出的一系列SMR设计概念中，最成熟的概念是在世界范围内广泛采用的第二代和第三代/三代+轻水反应堆（LWR）的变种，主要得益于该反应堆几十年的建造、运行和监管经验，它们大约占到了正在设计开发的SMR的50%。另外50%的SMR概念设计是基于第四代反应堆技术，采用了替代冷却剂（即液态金属、气体或熔融盐）、先进的核燃料和创新的系统配置。虽然基于第四代反应堆技术的SMR设计与基于LWR技术的操作和监管经验

¹⁸ Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities. https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_57979/small-modular-reactors-challenges-and-opportunities

水平存在一定差距，而且在某些领域仍需额外的研究，但还是可从开发商和监管机构过往各种反应堆研究开发的丰富经验中获得启示。

2、全新的交付模式和价值是 SMR 竞争力核心。相比大型堆，小堆单机装机容量小，不能从单堆的规模经济中受益，因此需要“批量建设”以克服上述经济性问题。但相比大型堆，SMR 可以模块化制造和装配，可以进行工厂预制，有利于提高生产效率，加强质量控制，降低建设风险以及引进新的制造技术。SMR 建造周期短，前期投资低，提供更好的前期资本成本承受能力，其结果是降低了潜在客户和投资者的财务风险。此外，SMR 可以适用于海水淡化、制氢、区域供暖等，具备广阔的不同应用场景和市场。

3、SMR 规模化部署面临的挑战。尽管 SMR 具备了一系列优点，但其规模化部署仍然面临诸多严峻挑战，包括：

(1) 技术选择问题。如上文所示，目前全球正在开发的 SMR 设计概念有众多技术路径，每种技术路径的发展成熟度不同。普遍认为其中有几种会最终实现商业化。但关于哪些技术应该进一步开发或商业化，在何时、如何以及由谁来决定这些问题上存在分歧。

(2) 审查许可框架问题。由于目前各国的法律法规、核电项目审查许可程序等主要针对大型核电站，并不适用于小型堆。新型 SMR 概念和设计则面临经验基础有限的问题，这使得 SMR 项目的安全评估论证和批准面临挑战。此外，燃料和/或冷却剂的变化将导致与以往监管模式产生显著差别，可能需要更灵活的许可方法，以及在核安全监管机构内发展大量新的专业知识。

(3) 首个 SMR 示范堆问题。即使有一套适当的筛选制度来保证最好的技术能走到最后阶段实现商用，但一些 SMR 技术仍然存在不确定性和额外的技术风险。而从投资者角度来看，在无法知晓和确认 SMR

性能和商用价值之前就往 SMR 领域投入大量资金不太可能。因此建造 SMR 示范堆以对技术性能和商业价值进行全面评估论证显得意义重大，是 SMR 走向商用的关键一步。

(4) 供应链问题。随着技术研发工作的不断推进以及首批示范堆的建成，SMR 面临的技术风险将会降低，对潜在客户的吸引力也会增加，规模化部署将逐步得到推进。因此 SMR 各利益相关方应开展供应链能力建设，做好为小堆商业化提供支持的准备，包括设备制造能力和高丰度低浓铀燃料及其他新型燃料制造能力，以及开展必要的人才培养和研发基础设施建设。

(5) 公众接受度问题。受到核事故带来的影响，世界范围内的核能发展普遍陷入低潮。任何新建核能项目都需将公众接受程度放在首位，做好公众宣传，让公众清晰了解新技术的益处（技术安全性、创造就业等）和风险（核泄露、辐射等），提高公众对 SMR 的接受度。而 SMR 固有的良好安全性是提升接受度的关键突破口之一。

4、政府支持和国际合作是推动 SMR 规模化部署的关键驱动力。
在 SMR 商业化进程中，政府支持和国际合作能在 4 个方面发挥关键作用。

(1) 公众参与。通过尽早推动当地公众参与到 SMR 项目中，未来的 SMR 项目可从国际合作以及经验教训和最佳实践的交流中获益。

(2) 首个 SMR 反应堆的建造。政府应采用多种形式支持 SMR 首堆建设工作，包括：从签署长期购电协议到采用费用分担机制，以降低建设风险，吸引更多投资者；支持监管机构建立必要的取证体系并开展相应的能力建设也至关重要；同时，政府还应通过为首堆建设提供选址或为研究基础设施建设提供资金等方式，推进 SMR 的商业化部署进程。

(3) 协调审查许可框架体系。利用在大堆领域的现有合作体系，推进各国审查许可体系的协调工作。尽管完全统一可能不切实际（有时

甚至是不可取的），监管部门仍应继续努力，在部分领域就监管立场达成一致。应当考虑核能署在各国设计评估计划等项目下开展的多边审查许可协调、双边合作和联合安全评估工作。

（4）制造能力建设。通过实施支持多座小堆建设的国家计划，相关国家能够建立并加强反应堆装备制造能力。对于拥有大型反应堆建设能力的国家，还能够充分利用现有经验和制造能力。各国应该加强国际合作，采取措施应对 SMR 规模化部署面临的装备制造产业链挑战，以加快小堆开发和商业化进程。

（郭楷模）

美国能源部发布到 2030 年海上风电目标及技术研发重点

3 月 29 日，美国能源部（DOE）宣布到 2030 年的海上风电目标，将部署 30 吉瓦海上风电机组，旨在推进美国海上风电行业发展，助力解决气候危机并创造就业机会¹⁹。据 DOE 估计，实现该目标将带动 120 亿美元/年的资本投资，可建设多达 10 个海上风力涡轮机组件和安装船制造厂，并促进价值 5 亿美元的港口升级。该目标将推动美国到 2050 年建设 110 吉瓦海上风电机组，提供 13.5 万个工作岗位。为实现 2030 年海上风电目标，DOE 将采取如下措施：

1、提供海上风电项目贷款担保。为实现这一目标，DOE 贷款计划办公室宣布将通过“第 17 号创新能源贷款担保计划”提供高达 30 亿美元的贷款担保，促进海上风电等可再生能源技术市场化。

2、推进风能技术研发。DOE 将通过国家海上风能研发联盟²⁰，向 15 个新的海上风能研发项目投资 800 万美元，支持开发海上风电创新基础结构、风力涡轮机供应链相关技术、电力系统创新技术以及减轻海

¹⁹ Energy Secretary Granholm Announces Ambitious New 30GW Offshore Wind Deployment Target by 2030. <https://www.energy.gov/articles/energy-secretary-granholm-announces-ambitious-new-30gw-offshore-wind-deployment-target>

²⁰ DOE 于 2018 年成立了国家海上风能研发联盟，旨在推进实施《国家海上风能战略》确定的海上风能研发优先事项。

上风电对野生动物和雷达影响的解决方案²¹。包括：降低固定式和浮动式海上风电机组影响和成本的基础结构，主要涉及改进的浮动式海上风电 Spar 型混凝土子结构设计，三桩式吸力桩沉箱基础概念开发，新型海上油气平台在大型风力发电机组中的应用，浮动式海上风电平台智能系泊系统的 1/4 规模测试；通过创新技术发展美国供应链，包括海上风电塔的锥形螺旋焊接技术；运营维护挑战的解决方案，包括利用无人机系统改造海上风电设施；安全系统创新，包括自定位单叶片安装工具；海底电缆创新，以减少故障、电气损耗和成本，包括合成孔径声纳在输电电缆故障检测与预防中的应用；创新输电硬件和技术，以降低互连成本，包括海上风电场的直流汇集和输送，共享电缆和使用陆上电缆基础设施的可行性研究；减轻电网系统影响的创新方法或策略，包括海上风能输电规划模型研究，南俄勒冈州和北加利福尼亚州电力系统收益最大化的海上风能开发策略；减少使用冲突的技术，包括运行兼容的野生动物监测和适应性管理技术开发，解决受保护物种在风能区域的空间利用冲突，风力涡轮机干扰下的海洋高频雷达数据保存。

3、保护沿海社区。 DOE 和美国商务部联合宣布，将通过“东北海域补贴”计划建立一个新的合作伙伴关系。该计划将提供 125 万美元资金，用于研究海上风能、波浪能、洋流能和潮汐能等海洋可再生能源对渔业和东北沿海社区的影响。（岳芳）

国际能源署与欧专局分析全球清洁能源技术创新趋势

4 月 27 日，国际能源署（IEA）和欧洲专利局（EPO）联合发布《专利与能源转型：清洁能源技术创新全球趋势》报告²²，分析了全球低碳

²¹ National Offshore Wind R&D Consortium Announces Projects Totaling \$8 Million. <https://www.energy.gov/ere/wind/articles/national-offshore-wind-rd-consortium-announces-projects-totaling-8-million>

²² Patents and the Energy Transition Global trends in clean energy technology innovation April 2021. <https://www.iea.org/reports/patents-and-the-energy-transition>

能源技术创新的发展趋势。研究显示，在经历了过去十年专利申请活动的低迷之后，许多关键的低碳能源新兴技术和交叉技术专利申请已连续三年增长，这与 2015 年以来化石燃料专利数量下降趋势形成了鲜明对比，但总体上低碳能源技术专利的增长率仍低于 2013 年之前的水平。为了实现共同的净零排放目标，全球迫切需要将清洁能源创新的复苏推向全新转型阶段。

一、能源供应技术创新趋势

1、太阳能技术在低碳能源供应技术专利申请中继续占据主导地位。

2000~2019 年，太阳能（特别是光伏）相关的技术专利申请数量最多，达 46500 件，其次是风能（17000 件）、替代燃料（10000 件）相关技术，同期其他可再生能源、核能和高效燃烧技术专利申请数量相对较低，分别为 2000、5000 和 6600 件。

2、太阳能电池仍然是技术创新密集度最高的领域。2010~2019 年，光伏领域中太阳能电池技术专利申请比例最高（48%）。在电池设计方面，专利申请活动已经由无机太阳能电池转向新一代有机太阳能电池，这有助于实现更低成本、更广阔场景应用，如可穿戴和物联网设备。日本、韩国在太阳能电池领域处于领先地位，中国在有机太阳能电池领域已取代了专门生产无机太阳能电池的美国。

3、太阳能光伏等能源供应技术创新已转向下游。自 2010 年以来，商业太阳能光伏技术在很大程度上围绕晶体硅电池的主要设计进行整合，持续活动转向优化制造和扩大规模以降低生产成本。这种趋势降低了其他设计达到规模化的竞争力，并抑制发明新电池的动力。与此同时，值得注意的两个明显趋势是转向其他类型太阳能光伏设计，以及聚焦于更具成本效益的安装和运行技术。随着电池和组件价格的下降，移动安装和智能跟踪等能有效实现成本削减、产量提升，其技术价值也在不断

增加，这也导致提高太阳能光伏板性能和价值的相关技术专利快速增长，尤其在主要采用进口太阳能光伏组件的地区。

二、终端应用技术创新趋势

1、全球低碳能源技术创新正在从供应端转向终端应用技术。自2012年以来，终端领域的燃料转换和能效技术创新活动高度活跃，推动低碳能源专利申请稳步增长。这些技术在过去五年中占到低碳能源技术国际专利族总量的60%，反映了整个经济发展深刻影响能源需求的巨大挑战。尽管如此，风能、太阳能、地热或水电等可再生能源和其他低碳能源供应技术在2019年仅占低碳能源技术国际专利族总量的17%。与之前10年的快速增长形成鲜明对比，2012年以来这些领域的专利申请数量一直在下降。

2、电动汽车及其相关基础设施的快速发展成为过去十年低碳能源技术创新的最大驱动力。在不同终端低碳能源技术中，交通领域的专利申请占比最高。2000~2019年，超过40%国际专利与终端应用技术有关，交通领域约占35%；电动汽车增长速度最快，其他减少内燃机车辆碳足迹技术及其他交通领域技术均保持增长。降低工业生产排放和能源强度是另一个主要的创新领域，约占终端部门国际专利的1/3；金属矿物加工领域节能技术创新尤为活跃，2000~2019年年均增长率接近12%；自2015年，石油化工领域与清洁能源技术相关的国际专利数量显著减少；其他工业领域国际专利占比达16%，包括消费品创新和清洁农业技术。建筑节能也是重要的创新领域，占终端部门国际专利总量的17.7%，但2015~2019年较2000~2014年下降了10%；信息通信技术领域的清洁能源国际专利以年均10%的惊人速度增长。

三、使能技术创新趋势

1、使能技术的快速进步成为能源供应和终端应用创新的强大驱动

力。电池、氢能、智能电网以及碳捕集、利用与封存（CCUS）等交叉技术在能源转型中发挥着关键作用，这将有助于在供应方面部署清洁能源，同时促进这些能源（特别是可再生能源发电）在终端应用领域的部署。自 2010 年以来，多达 1/3 的使能技术相关国际专利申请达到了低碳能源供应和/或终端技术的水平。

2、交叉技术领域发挥越来越重要的作用。作为低碳能源技术的推动者，交叉技术领域使能源系统更加灵活并可以协同相关领域，且与能源供应和终端应用技术的重叠日益明显。自 2017 年以来，低碳能源增长的主要驱动力是电池、氢能、智能电网、CCUS 等交叉领域技术创新，这些技术在低碳能源技术国际专利族总量的份额由 2000 年的 27% 增加到 2019 年的 34%。其中，低碳能源使能技术专利活动的积极发展趋势主要来自于电池技术创新，其在 2000~2019 年就创造了 57% 的国际专利数量，年均增长率达 13%。

3、氢能技术创新仍有待重大突破。尽管在 2010~2015 年间，氢能技术的关注度有所减弱，但近期热度激增，相关专利活动仍保持相对稳定，反映持续的研究资金确保了稳定的技术发明产出，以及缺乏促进竞争、扩大规模的供氢市场。日本在燃料电池研究中占据着主导地位，而欧洲在低碳氢供应和储存（包括电解槽）的技术开发方面处于领先地位，其中仅德国就约占欧洲氢能存储技术相关的国际专利数量的一半，低碳氢气供应技术的三分之一。氢能供应和储存领域的专利申请数量在 2010~2019 年间迅速增加，但仍低于燃料电池领域。

四、低碳能源技术专利申请人分析

1、大学和公共研究机构低碳能源技术创新发明活跃。过去 20 年，大学和公共研究机构在低碳能源技术国际专利族总量中的比例一直在增加，由 2000~2009 年的 6.6% 增长至 2010~2019 年的 8.5%。低碳能源

终端应用技术在整個低碳能源技术专利申请活动中占主导地位，研究机构在低碳能源供应技术（替代燃料、核能和一些可再生能源）和新兴应用技术（如 CCUS 和氢能）方面尤其活跃。除化学和炼油之外，研究机构在终端应用技术的国际专利数量中占比较低。

2、全球主要汽车制造公司持续部署电动汽车技术创新。 低碳能源技术专利申请人排名前 15 位的机构包括：6 家汽车公司（丰田、通用、福特、本田、大众、现代），6 家主要电池供应商（三星、松下、LG、博世、日立、东芝），2 家直接涉足能源领域的公司（通用电气、西门子公司），以及美国雷神公司（航空业低碳能源技术为其专长）。这突显了主要制造商对电动汽车持续增长的专利布局，以及在不断变化的交通运输领域争夺市场份额的发展格局。

五、低碳能源技术专利地理分布分析

1、欧、日、美在低碳能源技术国际专利处于领先地位。 自 2000 年以来，欧洲在低碳能源技术专利申请活动中保持领先，2010~2019 年占国际专利族总量的 28%（仅德国就占 11.6%），在大多数可再生能源领域排名第一，在铁路等终端领域表现良好。日本、美国分别以 25%、20% 紧随其后，日本在电池和氢燃料方面处于全球领先，电动汽车领域也具有优势；除化石燃料技术外，美国在低碳燃烧（替代燃料、高效燃烧、核能以及 CCUS）和航空等相关终端领域具有技术优势。韩国（占国际专利总量的 10%）和中国（8%）专利活动在过去十年持续增长，也是低碳能源技术创新中心。韩国主要优势在于电池、太阳能光伏技术、能效和通信技术，中国主要优势在信息通信技术和铁路。

2、低碳能源技术国际合作促进知识扩散，为进一步加快研发工作提供基础。 合作网络通常涉及美国和欧洲国家，尤其美国在这些网络的组织和技術导向方面发挥着重要作用。在 10 个最具协作性的领域中，

美、欧在 7 个领域显示出技术优势，并且几乎在所有领域主要的双边合作中（铁路除外）都是合作伙伴。 （李岚春 郭楷模）

美国能源部投入 1.62 亿美元支持汽车和卡车脱碳

4 月 15 日，美国能源部（DOE）宣布投入 1.62 亿美元，支持推进汽车和卡车脱碳相关技术研发²³，旨在提高车辆效率并减少碳排放，以解决美国交通部门温室气体最大排放源的排放问题（轿车和轻卡占交通排放近 60%，中/重型卡车占交通排放近 25%），实现拜登政府的气候目标。本次资助将在“超级卡车 3”和“低温室气体车辆技术”计划资助框架下进行。

1、超级卡车 3。能源部于 2009 年启动了“超级卡车”计划，目的是将重型卡车的货运效率提升 50%，2016 年的“超级卡车 2”计划寻求将 18 轮卡车的燃油效率提高一倍。此次启动的“超级卡车 3”计划将在未来 4 年投入 1 亿美元资金，用于开发改进中/重型卡车系统级效率的技术，包括：动力总成电气化，如电池动力、使用可再生生物燃料的插电混动系统，以及氢能和燃料电池（包括燃料电池增程器）技术；燃料加注和充电技术；车辆轻量化技术；货运系统优化。总体目标需示范以经济和可扩展的方式实现卡车运输中温室气体和污染物排放减少 75% 以上。

2、低温室气体排放车辆技术。能源部还将投入 6275 万美元，支持减少公路运输和越野车排放和提高效率的创新解决方案。为了加快电动车辆的普及，此次资助还将支持扩大电动汽车基础设施和充电设备，以及进行社区规模的电动汽车示范，如试行电动汽车共享和在多单元住宅内安装电动汽车充电设施。此外，还将资助具有较低排放量的先进发动机和燃料技术。具体包括如下技术领域：

²³ DOE Announces \$162 Million to Decarbonize Cars and Trucks. <https://www.energy.gov/articles/doe-announce-s-162-million-decarbonize-cars-and-trucks>

(1) 交通电气化相关技术。包括：电动汽车充电社区合作伙伴项目，该主题将支持通过本地和/或区域合作伙伴关系，建立可持续的本地交通电气化生态系统，以促进对插电式电动汽车的使用；针对多单元住宅、共享汽车、货物运送等各种环境开发创新充电技术，并示范中/重型卡车的智能充电和商业模式，以提高效率，降低购置和运营成本；电动汽车工作场所充电，该主题将资助一个全国性的工作场所充电计划，以鼓励对工作场所充电基础设施进行大规模投资；降低直流快充设备成本，该主题将通过研发和示范创新技术及设计，如先进电力电子技术、增强的热管理技术以及改进材料性能，以显著降低直流快充设施成本，最终将实现快充功率高于 150 千瓦设备的现场示范。

(2) 非道路车辆技术。包括：改进非道路车辆效率的技术，该主题将研发能够显著降低建筑、采矿、林业、农业等不同应用领域非道路车辆的能耗、成本、以及温室气体和有害气体排放的先进技术，将重点关注能够显著提升效率的混合动力系统技术，以及可提高压燃发动机效率和/或降低排放控制相关成本、复杂性和能耗的技术；工程车辆电气化技术的研究、开发和验证，该主题将研发新型电气化技术，以提高施工车辆的能效并降低排放。

(3) 燃料相关技术。包括：天然气燃料，该主题将研发和验证天然气发动机零部件技术，在不增加中/重型卡车排放控制系统成本的情况下，经济高效地提高发动机效率；二甲醚和丙烷燃料，该主题将研发和验证发动机零部件技术，以经济高效地使用二甲醚、丙烷或两者的混合燃料提高轻型和中型卡车直喷式发动机的效率，又不会增加排放控制系统的成本。上述两个主题将重点关注如下技术：先进点火系统，如预燃室、等离子等；改进的直喷发动机喷油器；支持多模式火花塞/先进压缩点火燃烧的系统；通过等离子辅助和/或火花辅助压燃等新技术实

现低温燃烧；低成本缸内压力传感器；甲烷含量实时传感器和补偿系统；改善空气与燃料混合的技术；动态气缸停缸；开发天然气直喷、燃烧和排放建模的预测性仿真工具；通过隔热涂层提高效率；改进三效催化器制造，以提高对铂族金属的利用率或减少其需求；低温甲烷氧化技术；稀薄燃烧 NO_x 排放控制技术。

(4) 先进燃烧发动机技术研发。该领域将针对使用汽油、柴油或其他烃类燃料的轻、中、重型卡车，开发并示范对置活塞二冲程发动机的先进混合动力系统。

(5) 技术集成。该领域将在受车辆污染影响最大的地区，进行天然气汽车概念验证和示范，并提供基础设施支持。 (岳芳)

美国能源部推进天然气发电和工业部门变革性碳捕集研发

4月23日，美国能源部（DOE）宣布投入7500万美元，支持开发促进天然气发电和工业部门脱碳的新型技术²⁴，旨在降低脱碳成本、提高效率以促进示范部署，实现到2050年的零碳转型。此次资助将关注3个技术领域。

1、天然气联合循环（NGCC）发电厂碳捕集系统高效部件和工艺的小规模试验。该领域将开发和试验变革性的燃烧后碳捕集技术，可高效捕集 NGCC 电厂的二氧化碳（捕集率在 95% 以上），并示范能够降低 20% 碳捕集成本的重大技术进展。重点关注如下主题：NGCC 电厂高效碳捕集组件的台架试验，将开发变革性基于溶剂的燃烧后碳捕集技术，包括溶液、结构化吸附剂、结构化材料系统、组件设计，以及能够经济高效地实现至少 95% 碳捕集率的新型技术概念；NGCC 电厂高效碳捕集

²⁴ DOE Announces \$75 Million to Accelerate Technologies for the Decarbonization of the Natural Gas Power and Industrial Sectors. <https://www.energy.gov/fe/articles/doe-announces-75-million-accelerate-technologies-decarb-onization-natural-gas-power-and>

集成工艺的台架试验，将测试变革性基于溶剂的燃烧后碳捕集技术，在连续运行工况下，通过模拟和/或试验台架进行试验。

2、用于工业碳捕集的变革性燃烧后捕集技术的工程规模试验。该领域将设计、建造和试验变革性的燃烧后碳捕集系统，包括基于溶剂、吸附剂或膜的技术，以及新型系统概念或混合系统，将应用于炼油厂、化工厂（氨和石化产品）、矿物生产（水泥和石灰）、天然气加工及钢铁生产等工业领域。将在长期连续运行条件下进行工程规模试验，即在具备至少 2.5 吨/天碳捕集能力的试验设施中。

3、碳捕集系统的前端工程设计研究。该领域将对商业规模的碳捕集项目进行前端工程设计研究，其捕集的二氧化碳将进行地质封存。碳捕集技术成熟度需达到 6 级及以上，能够在工业设施中每年捕集超过 10 万吨二氧化碳，或在 NGCC 电厂中每年捕集超过 50 万吨二氧化碳，系统输出的二氧化碳压力和数量需满足预期的运输和封存要求。（岳芳）

欧日合作资助可再生替代燃料研究

4 月 22 日，欧盟宣布其新成立的欧洲气候、基础设施和环境执行署（CINEA）管理的 3 个联合研究项目将从欧洲“地平线 2020”框架计划获得 950 万欧元资助，并从日本科学技术振兴机构（JST）的战略国际合作研究计划获得约 120 万欧元资助，用于与日本合作开发先进生物燃料和替代可再生燃料²⁵。

1、“通过创新的多相催化剂系统将二氧化碳选择性转化为可再生甲醇”（LAURELIN）项目。由比利时、德国、日本、西班牙、英国、荷兰共同参与，资助金额为 490 万欧元。该项目将针对先进加氢技术（微波、等离子体和磁感应）优化创新的非均相催化系统，将二氧化碳选择

²⁵ Significant EU-Japan Horizon 2020 cooperation and investment in alternative renewable fuels. https://cinea.ec.europa.eu/news/significant-eu-japan-horizon-2020-cooperation-and-investment-alternative-renewable-fuels-2021_en

性转化为可再生甲醇，重点将开发颠覆性的多功能催化剂系统，以及优化和改进二氧化碳加氢工艺。

2、“用于航空燃料的空气碳回收利用技术”（4AirCRAFT）项目。

由比利时、巴西、芬兰、德国、意大利、日本、西班牙共同参与，资助金额为 260 万欧元。该项目将开发用于航空燃料的空气碳回收利用技术，将通过这一创新技术合成航空燃料，以替代传统化石燃料达到脱碳目标。该技术的关键是开发高效电催化剂、化学催化剂和生物催化剂组合，并选择性地嵌入新型催化剂载体中，用于级联反应器中，将二氧化碳转化为高密度碳氢化合物。

3、“作为替代可再生燃料的合成氨的新路线和催化剂”（ORACLE）

项目。由比利时、丹麦、日本、斯洛文尼亚、瑞士、荷兰共同参与，资助金额为 320 万欧元。该项目将开发可扩大规模的新型反应途径和催化剂，利用氮气和水分散式生产氨作为可再生替代燃料。该项目将重点开发和验证电催化、等离子体辅助电催化以及电热催化工艺。（岳芳）

美国国家科学院建议实施太阳能地球工程研究计划

3 月 25 日，美国国家科学院发布报告《反射太阳光：对太阳能地球工程研究及研究治理的建议》²⁶指出，鉴于应对气候变化风险的紧迫性，美国应与其他国家协调，结合强劲的气候变化减缓与适应政策，实施太阳能地球工程研究计划。报告同时也强调，太阳能地球工程不是减少温室气体排放的替代品，尽管太阳能地球工程可能会降低全球气温，但也可能会带来一系列未知或负面的后果。

1、太阳能地球工程研究及研究治理的现状。报告考虑了 3 种太阳能地球工程措施：平流层气溶胶注入，在平流层中增加微小反射粒子的

²⁶ Reflecting Sunlight: Recommendations for Solar Geoengineering Research and Research Governance. <https://www.nap.edu/catalog/25762/reflecting-sunlight-recommendations-for-solar-geoengineering-research-and-research-governance>

数量，以增加入射阳光的反射；海洋云增白，向低层大气添加颗粒物，以增加海洋上空低云的反射率；卷云变薄，改变高空冰云特性，让更多的红外辐射逃逸到太空。迄今为止，有关太阳能地球工程的研究比较零散，在许多关键领域还存在大量的知识差距和不确定性。需要在研究中加强跨学科整合，将自然、社会和伦理层面联系起来，并加强公众参与。有关太阳能地球工程对生态系统、人类健康、政治和经济以及其他社会问题的潜在影响程度的研究还处于初级阶段。此外，目前的太阳能地球工程研究也缺乏协调和系统的治理机制。

2、太阳能地球工程研究及研究治理的拟议框架和方法。报告建议制定一项管理太阳能地球工程研究的全面计划，确保其以对社会负责的方式向前发展。

(1) 美国联邦政府应与其他国家合作，建立一个跨学科的太阳能地球工程研究计划，侧重于开发与政策相关的知识：提高决策相关的知识，包括未来研究工作的设计；确保透明度以及公众和利益相关者的参与；协调联邦机构之间的研究以及美国联邦政府以外的研究；将直接适用于部署的技术研究限制在早期基础研究。

(2) 美国全球变化研究计划（USGCRP）应该对该研究计划进行协调和透明的监督，包括：指导相关联邦机构间互补性研究活动的制定和协调，推进最符合各机构目标和能力的研究内容；整合现有机构资产，协调和跟踪预算分配，并协调未来的预算请求；审查跨学科的协调研究请求；维护所有太阳能地球工程研究活动的数据库，特别是与室外实验有关的活动，并确保信息的公开等。

3、太阳能地球工程研究的综合议程。太阳能地球工程研究计划的议程应包括 3 个广泛的研究领域。

(1) 太阳能地球工程研究的背景和目标。重点研究领域包括：项

目开发途径，设计太阳能地球工程研究计划，使广泛、有益成果的前景最大化；未来条件，探索未来在何种条件下会作出太阳能地球工程的相关决策；综合决策分析，了解影响太阳能地球工程相关决策的不确定性，并采取相应的策略；能力建设，发展所有国家有意义地参与太阳能地球工程研究及研究治理活动所需的能力。

（2）影响和技术维度。重点研究领域包括：大气过程，了解向大气中添加物质如何改变大气辐射反射、传播的化学和物理机制；气候响应，评估不同的太阳能地球工程方法将如何影响关键的气候结果；其他影响，评估太阳能地球工程干预策略对环境和社会的潜在影响；监控和归因，设计一个观测系统并了解其局限性，以检测、监控和归因太阳能地球工程的部署和影响；技术开发和评估，解决有关硬件、材料和基础设施的科学和工程问题。

（3）社会维度。重点研究领域包括：公众认知和参与，探索如何更好地理解公众对太阳能地球工程的看法，如何公平有效地让公众和利益相关者参与太阳能地球工程的研究、开发和部署；政治和经济动态，探索太阳能地球工程对国家和国际关系以及相关激励结构的影响；治理，制定有效、适应性强的流程和制度来管理太阳能地球工程活动；伦理，将当代人和后代人的伦理与正义考虑纳入太阳能地球工程研究及研究治理。

4、太阳能地球工程研究的资金考虑。报告建议，太阳能地球工程研究的合理初始投资总额在 5 年内为 1 亿~2 亿美元。该研究计划的预算将从很少开始，并随着时间的推移而增加，从而允许经过深思熟虑的能力建设过程，并根据新的信息调整计划。（廖琴）

美国国家科学院为 USGCRP 未来十年战略计划提出建议

鉴于美国全球变化研究计划（USGCRP）正在起草 2022~2031 年的

战略计划草案，3月16日，美国国家科学院发布了《2022~2031年全球变化研究的需求和机遇》报告，重点关注了美国在21世纪30年代可能面临的主要风险，强调最大的预期风险可能来自多个系统的相互作用，包括气候变化通过影响粮食-能源-水关系对美国健康、经济和安全构成的重大威胁等²⁷。报告指出，预测自然环境变化及其潜在影响的传统气候研究已经不能满足决策者应对气候危机的需求。因此，报告建议USGCRP把重点转向帮助社会应对和避免最严重的气候变化潜在后果，同时保护最脆弱人群。报告针对USGCRP提出了6条建议。

(1) 采用综合风险框架方法，确定2022~2031年的研究重点。USGCRP是协调多个机构的跨领域研究，建议采用综合风险框架确定2022~2031年的研究重点，以服务气候风险管理。

(2) 加快对人类和自然耦合系统开展综合研究，以提高决策者对气候危机风险的理解。包括：避免最严重气候风险的减排目标；气候系统的阈值与临界点；气候变化的社会经济风险；清除温室气体的技术方法与激励政策；准确量化和独立核实国家与全球的温室气体减排能力；不同的气候变化减缓与适应备选政策之间的权衡与决策；多种气候变化政策可能产生的经济和社会后果及其协同作用。

(3) 优先考虑以下与气候风险管理相关的研究：减少全球温室气体排放量，并降低大气温室气体浓度；提高气候抵御能力，降低美国气候安全风险；深化风险管理方法的协同和权衡研究；构建数据库，支持气候风险研究与管理。

(4) 深化以下5个交叉领域的研究：极端事件的阈值与临界点研究；区域和地方层面的气候预测；情景预测方法研究；公平和社会正义研究；先进的数据和分析框架研究。

²⁷ Global Change Research Needs and Opportunities for 2022-2031. <https://www.nap.edu/catalog/26055/global-change-research-needs-and-opportunities-for-2022-2031>

(5) 通过以下措施完善其组织管理机制：重组联邦机构和部门内 USGCRP 相关的资源；在必要和可能的情况下，争取更多的联邦基金支持；建立公私伙伴关系，整合知识和财政资源，以支持关键的全球变化研究。

(6) 为了推广综合风险管理方法，USGCRP 还应做到以下几点：在活动中优先考虑利益攸关方的多样性与公平性，研究社区服务的机会与挑战；加强合作研究，并建立咨询机制，通过持续评估，提高研究的可用性；提高管理结构和标准的透明度，完善问责机制，并指导各机构对相关项目进行整合；针对项目的监测、评估和管理，制定前瞻性战略计划，并确定优先事项。 (董利苹)

美国 OMB 发布总统 2022 财年自由支配预算请求

4 月 9 日，美国管理和预算办公室 (OMB) 发布报告《总统 2022 财年自由支配预算请求》²⁸，为美国能源部 (DOE)、美国国家航空航天局 (NASA) 等部门的自由支配预算提出了建议，以为增强美国的实力奠定基础。

1、美国能源部。2022 财年能源部的预算为 461 亿美元，比 2021 年增加 43 亿美元 (10.2%)。资助重点包括：

(1) 通过清洁能源项目和能效改革创造就业机会。为清洁能源项目和劳动力改造计划投资 19 亿美元，到 2035 年实现电力零碳污染，创造高薪就业机会；支持新能源和使用清洁电力的基础设施；开展一项新的“重建更美好”项目鼓励国家、地方和部落等采用清洁能源，为边缘和负担过重的社区提供资助。

(2) 促进清洁能源技术的创新。在 4 年内使政府范围内清洁能源的使用率翻两番；保证美国在应对气候危机时拥有技术优势；在先进核

²⁸ the President's request for fiscal year (FY) 2022 discretionary funding. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/04/FY2022-Discretionary-Request.pdf>

能技术、电动汽车、绿氢、空调制冷等技术的投资超过 80 亿美元，比 2021 年至少增加 27%；发挥国家实验室、大学和企业的创新能力；加速电力、交通、建筑和工业部门的转型，到 2050 年实现净零碳排放。

(3) 继续资助碳捕集与封存。重振化石能源和碳管理办公室，为化石能源和碳管理办公室增加资金，针对碳捕获与封存进行持续资助，避免负担过重的社区遭受持续的碳污染影响。

(4) 提出应对气候变化和使用清洁能源方案。为与气候变化和清洁能源有关、新成立的或已有的研究机构提供 10 亿美元的资助，其中 7 亿美元由能源部资助。解决方案需既能支持净零碳污染和积极应对气候变化，也能为多个机构的重组和共同研发奠定基础。

(5) 扩大基础研究。计划向科学办公室投资 74 亿美元，比 2021 年增加 4 亿多美元，将更全面了解气候变化；确定清洁能源所使用的新材料；推进人工智能的普及和计算能力，在环境模拟和科学挑战中提高其预测和决策能力。

(6) 投资为少数民族服务的机构。为黑人学院、大学和少数民族服务机构提供资金，升级实验室相关基础设施；同时资助劳动力提升项目，为少数民族学生增加就业机会。

(7) 支持煤炭和发电厂社区改造。为煤炭和发电厂社区与经济振兴工作组提供资金以推进其改革，支持“权力+倡议”的改革方式，补充联邦政府有关投资，确保受能源转型影响的社区能成功转型。

(8) 加强国家核安全。继续支持安全、可靠和有效的核储备计划，包括对国家核安全局进行重组，确保其威慑力量；资助核不扩散计划和反恐计划；增加对海军核推进项目的资助，包括对相关核设施的设计、构建、运行、维护；资助海军核反应堆系统的设计，并相应地增加高技能员工数量；维持美国在清理二战和冷战时期遗留核设施的投资，继续给铀浓

缩净化和退役(UED&D)基金会资助 8.31 亿美元,用以清理相关核设施。

2、美国国家航空航天局。2022 财年 NASA 的预算是 247 亿美元,比 2021 年增加 15 亿美元 (6.3%), 资助重点包括:

(1) 探索月球、火星或更远地方。为“阿尔忒弥斯”计划提供 69 亿美元,比 2021 年增加 3.25 亿美元。

(2) 更多利用机器人探索太阳系和宇宙。随着“坚韧”号探测器在火星上的成功着陆,2022 财年自由支配预算将为火星样品的返回任务提供资金支持,同时还将资助探索木星、土星和太空望远镜建设项目。

(3) 加强 NASA 研究力度。将 NASA 技术研发费用增加至 14 亿美元,比 2021 年增加 3.25 亿美元,用于资助新技术和提升清洁能源的使用率;提供 9.15 亿美元用于人才发展和技术测试,比 2021 年增加 0.86 亿美元,提高美国在全球航空业中的竞争力,加快技术测试的进度,使下一代高效客机成为可能。

(4) 促进气候变化研究。NASA 利用其在太空中的优势来加强对地球系统的研究,观察气候变化。将为地球科学项目提供 23 亿美元,比 2021 年增加 2.5 亿美元,包括启动下一代对地观测卫星。

(5) 培养多样化的科学、技术、工程和数学 (STEM) 领域的人才。为 STEM 领域人才办公室提供 2000 万美元的资金,加强与少数民族服务机构和其他高等教育机构的合作,吸引和留住工程类和 STEM 领域人才。

(6) 持续对国际空间站 (ISS) 进行资助。提供 30 多亿美元用于维护国际空间站,并将其继续用作太空研究实验室。国际空间站的资金将支持空间站的运作、货物和人员运输,太空探索和地球上生命的研究。

(王立伟)

中国科学院科技战略咨询研究院

科技动态类产品系列简介

《科技前沿快报》：

聚焦国内外基础学科与前沿交叉综合、能源资源、环境生态、信息网络、新材料与先进制造、生命科学与生物技术、现代农业、空间与海洋等战略必争领域，以科技创新价值链为主线，监测分析这些领域的发展态势、前瞻预见、战略布局、行动举措等重要科技动态，研判其中的新思想、新方向、新热点、新问题、新布局，凝练识别新的重大科技问题、前沿技术和创新路径，为科技与创新决策服务。

《科技政策与咨询快报》：

监测分析国内外科技发展的新战略、新思想、新政策、新举措，洞察科技与经济、社会、文化、可持续发展互动的趋势、新规律，研究识别科技创新活动与管理的新特点、新机制，揭示解读科技体制机制、科技投入、科技评价、创新人才等现代科研管理的制度变革，简述中国科学院学部就重大问题组织开展的咨询建议，研判智库的重要咨询报告，剖析智库的决策咨询运行机制与决策影响途径，追踪国内外科学院、智库的咨询活动与研究方法等，为科技决策者、科技管理者、战略科学家等提供决策参考。

《科技前沿快报》和《科技政策与咨询快报》内容供个人研究、学习使用，请勿公开发布或整期转载。如有其它需要，请与我们联系。

科技前沿快报

主 办：中国科学院发展规划局
中国科学院科技战略咨询研究院

专家组（按姓氏笔画排序）

于贵瑞 于海斌 马延和 王天然 王 赤 王志峰 王启明 王跃飞 王 琛
甘为群 石晶林 卢 柯 包信和 巩馥洲 吕才典 朱日祥 朱永官 朱 江
朱道本 向 涛 刘春杰 许洪华 孙 松 严陆光 李国杰 李家洋 李 寅
杨 乐 肖 灵 吴 季 吴家睿 何天白 沈竞康 张双南 张志强 张建国
张 偲 张德清 陈和生 武向平 林其谁 罗宏杰 罗晓容 周其凤 郑厚植
赵 刚 赵红卫 赵其国 赵忠贤 赵黛青 胡敦欣 南 凯 段子渊 段恩奎
姜晓明 骆永明 袁亚湘 顾逸东 徐志伟 郭光灿 郭 莉 郭 雷 席南华
黄晨光 康 乐

编辑部

主 任：冷伏海
副 主 任：陶 诚 冯 霞 朱 涛 杨 帆 徐 萍 安培浚 陈 方 马廷灿 黄龙光 王海霞
地 址：北京市中关村北四环西路 33 号，100190
电 话：（010）62538705
邮 箱：lengfuhai@casisd.cn, publications@casisd.cn