

# Science & Technology Frontiers

# 科技前沿快报

国家高端智库  
中国科学院

2020年6月5日

## 本期要目

美国 NASA 发布可持续月球探索 and 开发计划

美国能源部开展稀土关键材料研究

美国 NSF 启动未来制造业项目征集

欧盟发布综合能源系统灵活发电技术白皮书

IODP 发布《2050 科学框架：科学大洋钻探探索地球》

EMB 发布《海洋与人类健康战略研究议程（2020 ~ 2030）》

2020年

总第 072 期

第 06 期

# 目 录

## 深度关注

美国 NASA 发布可持续月球探索和开发计划 .....	1
------------------------------	---

## 基础前沿

美国能源部资助量子信息科学研究助力聚变能开发 .....	4
------------------------------	---

## 信息与材料制造

美国能源部开展稀土关键材料研究 .....	4
-----------------------	---

美国 NSF 启动未来制造业项目征集 .....	5
--------------------------	---

美国能源部通过创新提升制造业竞争力 .....	7
-------------------------	---

## 生物与医药农业

美国国家人类基因组研究所发布 2020 年战略规划草案 .....	8
-----------------------------------	---

美国 NIAID 发布 COVID-19 研究战略规划 .....	10
-----------------------------------	----

美国 NIFA 发布 COVID-19 对农业影响的快速响应项目 .....	11
--	----

## 能源与资源环境

欧盟发布综合能源系统灵活发电技术白皮书 .....	12
---------------------------	----

IODP 发布《2050 科学框架：科学大洋钻探探索地球》 .....	16
-------------------------------------	----

美国国家能源技术实验室总结碳封存研发计划二十年进展 .....	18
---------------------------------	----

美国能源部资助上亿美元支持工业碳源捕集技术研发 .....	22
-------------------------------	----

英国启动新项目推进低碳制氢供应链技术开发 .....	23
----------------------------	----

美国能源部资助流体动力涡轮机技术研发 .....	24
--------------------------	----

## 空间与海洋

EMB 发布《海洋与人类健康战略研究议程（2020~2030）》 .....	25
--	----

## 设施与综合

美国能源部资助海洋能源基础研究和测试基础设施建设 .....	29
--------------------------------	----

英国 NERC 资助启动大气测量与观测设施中心 .....	30
-------------------------------	----

加拿大启动数据科学联盟推动研究 COVID-19 解决方案 .....	31
-------------------------------------	----

## 深度关注

### 美国 NASA 发布可持续月球探索 and 开发计划

4 月 3 日，美国国家航空航天局（NASA）宣布近期向美国国家空间委员会提交了《NASA 可持续月球探索 and 开发计划》报告<sup>1</sup>，按照 2019 年 8 月副总统彭斯在国家空间委员会会议上的要求，阐述了未来载人月球探索的总体规划<sup>2</sup>。

美国将于 2024 年实现重返月球，此后在月球南极建立长期战略存在——“阿尔忒弥斯大本营”（Artemis Base Camp）。未来 10 年基于大本营的探索活动将为在月球长期开展经济活动和科学研究，并在本世纪 30 年代实施首次载人火星探索任务铺平道路。重点任务包括：无人月表探测任务、“阿尔忒弥斯”计划（Artemis program）早期任务及 2024 年后的任务规划、更长期的月球计划和初期载人火星任务。

#### 1、无人月表探索任务

相关重要任务包括：向月表运送科学和商业载荷的“商业月球载荷服务”（CLPS）系列任务，对月球南极的挥发物进行研究的“挥发物研究极区探索漫游车”（VIPER）任务等。通过各项任务将验证精确着陆技术，强化机器人采矿系统和下一代动力存储等月表及火星探索任务能力，更好了解月球及其资源情况，并利用月表开展行星过程和演化研究、宇宙观测等各类科学研究活动。

#### 2、“阿尔忒弥斯”计划早期任务

首先构建起“阿尔忒弥斯”计划月球轨道平台——“门户”（Gateway）。“门户”初期将采用自动化运行，在“载人着陆系统”

---

<sup>1</sup> NASA's Plan for Sustained Lunar Exploration and Development. [https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/a\\_sustained\\_lunar\\_presence\\_nspc\\_report4220final.pdf](https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/a_sustained_lunar_presence_nspc_report4220final.pdf)

<sup>2</sup> NASA Outlines Lunar Surface Sustainability Concept. <https://www.nasa.gov/feature/nasa-outlines-lunar-surface-sustainability-concept>

(HLS) 的能力可支持从稳定的“门户”轨道开展月表任务后，航天员将搭乘“猎户座”(Orion)飞船抵达“门户”。由轨道指挥舱和可部署的着陆器组成的系统是模拟载人登陆火星任务的关键，也是进入并驻留环月轨道和前往太阳系其他部分的战略能力。

“阿尔忒弥斯-1”(Artemis-1)任务将利用“空间发射系统”(SLS)和不载人的“猎户座”飞船开展为期约3周的无人飞行试验。“阿尔忒弥斯-2”(Artemis-2)为首次载人飞行任务，将为接下来的载人登月任务开展全面测试。“阿尔忒弥斯-3”(Artemis-3)任务将在2024年把首位美国女航天员送上月球。

加拿大、日本、欧洲空间局都已明确参与“门户”建设，俄罗斯也有意为其建造气闸舱。国际科学界已将日球层物理、辐射和空间天气确定为“门户”平台的高优先级研究方向。“门户后勤服务”(GLS)将利用商业合作伙伴为“门户”提供后勤运输服务，NASA已向SpaceX公司授出首份合同。

### 3、2024年后的“阿尔忒弥斯”计划

在“阿尔忒弥斯-3”载人登月任务之后，NASA计划在月球表面及其周围开展持续性任务，为首次载人火星探索所需经历的长周期任务和活动做好准备，同时部署建造基础设施、系统并开展无人任务，支持在月表的长期驻留。

为此，NASA将在月球南极建设“阿尔忒弥斯大本营”，关键任务要素包括月球地形车(LVT)、可居住移动平台和月表居住舱，此外将持续增加各类支持性基础设施。这些要素共同构成了人类在月球上的持续驻留能力，可在未来数十年间重复使用并持续更新。除建立大本营外，月球持续驻留的另一个核心要素是拓展“门户”的居住能力和相关支持系统。“门户”将增加深空居住舱容积，使航天员率先在月球轨道测

试漫长的火星往返旅程。“门户”还将支持利用月球表面模拟实施首次火星任务。在开发和部署月表长期持续驻留所需基础设施的同时，NASA 将对载人火星任务的各系统进行测试，并积累运行经验。

### 4、更长期的月球计划

在完成首次载人火星任务后，月球任务仍将继续。在等待火星任务发射窗口的同时，继续发展可持续的月球驻留，持续建设大本营。大本营还将充分验证各类新技术，涵盖六大优先领域：原位资源利用、月表动力、极端通道（包括地表/地下导航和探测）、挖掘建设、月尘减缓、极端环境（在超冷的永久阴影环形山等极端环境下工作的建筑机械和电子设备）。航天员还将测试包括仿生系统等在内的先进机器人技术，实现更多自主操作，并担当航天员的机器人助手。航天员可以从大本营将科学和技术载荷送至月球全球，由大本营的航天员进行远程操作，利用当地能源进行加注。大本营还可以远程安装和运行月球背面射电望远镜。

### 5、初期载人火星任务

距离遥远、深空辐射及火星大气层是载人火星任务所面临的重大挑战。NASA 对首次载人火星任务的构想是大幅缩短行程时间，并将在火星表面停留时间缩短至 30~45 天。NASA 考虑的因素包括：行程中星系宇宙线（GCR）和潜在灾难性任务事件对航天员造成的健康风险，火星表面任务操作的复杂性，空间推进、重载荷着陆能力以及所需的火星表面系统等任务系统的复杂性和成本。NASA 的目标是尽快实施首次载人火星任务，同时确保火星表面的任务执行能力可以支持在首次任务中开展包括搜寻火星生命在内的大范围探索活动。

（韩淋）

## 基础前沿

### 美国能源部资助量子信息科学研究助力聚变能开发

4月20日,美国能源部(DOE)宣布将在3年内投资1200万美元,开展量子信息科学研究,助力聚变能开发<sup>3</sup>。其中,2020财年投资额为700万美元,该项目的主要研究内容如下。

(1) 研发新概念和新算法,利用具有纠错功能的新兴量子计算解决聚变能源和等离子体科学领域的重要问题。

(2) 开发可在短期内解决聚变和等离子体科学重要问题的量子模拟能力,在5~10年内将进行量子模拟的量子比特数量增加到50~100个,弥补传统模拟能力的短板并加以超越。

(3) 开发能够增强等离子体和聚变科学测度能力的量子传感方法。

(4) 在超高压条件下,利用高能量密度实验室等离子体驱动器和技术开发新型量子材料,并将这些材料整合起来,推动量子信息科学的发展。

(5) 探索相对论等离子体科学在量子比特控制和量子通信领域的应用。

(6) 改进经典和半经典等离子体模拟和控制技术,以及其在量子系统模拟和控制中的应用,如基于捕获离子和电子的量子计算机系统等。

(王立娜)

## 信息与材料制造

### 美国能源部开展稀土关键材料研究

4月14日,美国能源部(DOE)宣布将向为期3年的项目提供1800万美元的基础研究资助,旨在推动关键矿物和稀土元素供应链的研究与

---

<sup>3</sup> Department of Energy Announces \$12 Million for Research on Quantum Information Science for Fusion Energy. <https://www.energy.gov/articles/department-energy-announces-12-million-research-quantum-information-science-fusion-energy>

开发，这对加强美国能源和国家安全至关重要<sup>4</sup>。

该研究将寻求根本性突破，实现方法改进，以提高稀土元素的可获得性或减少其使用量，通过更有效的分离方法实现再利用，并发现稀土的有效替代品等。确保对现代美国经济运转至关重要的稀土元素及其有效替代品的持续供应。该研究关注的方向包括：

**1、稀土物理与化学。**开展理论和实验研究，了解稀土元素及其电子结构在决定材料和分子的物理与化学性质中的作用。开发新的理论模型，并通过最新表征技术等实验验证，准确把握 f 电子性质，加速材料和分子的设计及发现，从而减少或消除关键元素的使用，且不会引起功能损耗。

**2、新型材料/分子设计与合成方法。**通过假设驱动研究，开发新的设计和合成方法，以改进功能，减少或消除稀土元素的使用。研究主题包括通过合成、纯化、加工和制造具有能量相关功能的表征良好的材料与分子，开发出可在原子级层面实现性质调控的技术。

**3、分离科学。**利用新的分离原理与方法，包括配位体设计、综合驱动力、受生物学和地球化学启发的途径等实现创新，并提高从复杂混合物（如来自矿石加工、矿山尾矿或再生材料）提取稀土的效率。使用的方法涉及运输与分离、现场实验及数据科学的多尺度模拟。对微生物机理与过程的认识有望催生受生物启发的新分离原理及方法。（万勇）

## 美国 NSF 启动未来制造业项目征集

3 月底，美国国家科学基金会（NSF）启动了“未来制造业”项目征集，目标是通过支持基础研究，推动全新的或目前尚无法大规模推广的制造技术进入实用阶段。该项目的重点是实现全新的、可能具有

---

<sup>4</sup> Department of Energy to Provide \$18 Million for Research on Critical Materials. <https://www.energy.gov/articles/departement-energy-provide-18-million-research-critical-materials>

变革性的制造能力，不支持对现有先进制造技术进行渐进式改进的项目提案<sup>5</sup>。未来制造业项目拟定了 3 个研究方向。

**1、未来网络制造业研究。**该方向将在计算和制造业的交叉领域挖掘研究机会，利用创新传感器和执行器的融合、快速可靠的通信、云和边缘计算、数据分析、计算模型、人工智能和机器学习等技术提高通用性和可靠性，并减少制造过程和系统控制的成本。感兴趣的领域包括新一代智能系统、用于实时安全感测和机器学习的物流和网络、通过反馈实现过程参数控制的原位传感、制造商之间数据的安全可靠通信和共享方法等。其余资助重点还包括实时计量、质量控制和保证、不确定性量化、风险分析、网络控制方法以及用于多目标优化的新技术。

**2、未来生态制造业研究。**该方向将考虑涵盖整个制造生命周期的整体制造过程，研究能源消耗、健康和环境影响以及成本效益。新的解决方案将融合化学、生物学、材料学、工程学和经济学等多种学科的专业知识，利用生物方法研发新材料和新产品、废物增值的新工艺、补救污染物的新方法或实现新生物催化等。例如，材料基础研究可以使新的制造过程避免使用聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）之类的聚合物，或者提高聚合物的回收经济性；利用生物/纳米界面最新研究进展，促进高度集成的生物/纳米制造系统开发；基于折纸的制造研究可能革命性地改变新材料和结构设计，提供取代实心混凝土或钢材的坚固且轻巧替代品。

**3、未来生物制造业研究。**该方向将推动治疗性细胞和分子、化学物质、药物、聚合物和燃料的生物制造，并推动生物技术在计算、信号处理和通信领域的应用。例如，系统生物学、化学、基因组学、材料学、生物反应器工程以及分离和纯化知识可以推动生物工厂生产基于细胞的小分子疗法，并扩大规模且使其多样化以满足个性化需求。研究还可

---

<sup>5</sup> Future Manufacturing (FM). <https://www.nsf.gov/pubs/2020/nsf20552/nsf20552.htm>



以解决与无细胞蛋白质制造相关挑战，通过加强和扩展用于无细胞制造平台可维持多种原料的特定活性，以生产酶生物催化剂、生物传感器和疫苗等。研究还可以利用微环境-细胞-表型相互作用和合成生物学工具方面的进展来开发在纳米/生物界面工作的传感器、致动器、纳米材料或纳米机器，以及可调节细胞反应的计算工具。

未来制造业项目将通过研究资助、种子资助、网络等 3 种方式支持基础研究和教育工作。其中，研究资助为期 5 年，每年资助金额将根据参与规模分为两种类型，提案必须描述相关制造领域的当前技术水平，以及研究方案将如何解决特定挑战；必须提供令人信服的技术原理和技术方法，说明项目对经济、社区和整个社会的潜在利益和挑战。种子资助为期两年，提案应提出建立多学科研究团队的过程，共同制定未来制造业新发展方向并证明其可行性。网络资助为期不超过 5 年，项目将支持研究社区或多学科研究人员及利益相关方网络的建立，该网络将通过全社区努力，共同促进未来制造业的研究和教育，探索将未来制造业基础研究成果产业化的新方法。

(黄健 郑颖)

## 美国能源部通过创新提升制造业竞争力

4 月 24 日，美国能源部（DOE）能效与可再生能源办公室宣布，将发布新的资助计划<sup>6</sup>，以刺激美国制造业的技术创新，提升能源效率，并推动尖端产品的本土化制造。此次资助也是 DOE 助力实现特朗普政府通过技术创新提高制造业竞争力目标的具体举措之一，通过资助新的工业技术、材料与工艺，建立并维系美国在先进制造业中的领导地位。此次主要关注 3 个领域。

---

<sup>6</sup> Energy Department Announces Notice of Intent to Issue Funding to Enhance Manufacturing Competitiveness through Innovation. <https://www.energy.gov/eere/articles/energy-department-announces-notice-intent-issue-funding-enhance-manufacturing>

**1、下一代制造工艺**，提高钢铁等高能耗、高能源依赖度行业的能源效率。包括开发创新型炼钢炼铁工艺；开发低碳能源技术提高干燥过程的能效；利用机器学习优化大规模高效率航空结构的制造；集成增材制造工艺，用于先进的风叶片生产；通过低成本聚合物浸渍法生产碳化硅陶瓷基复合材料等。

**2、模块化、混合和/或催化过程**，可提高化工生产中的能源效率。包括开展催化过程改进、动态操作等先进化工生产研发；使动态催化剂科学研究具有数据分析功能等。

**3、互联、柔性且高效的制造设施、产品和能源系统**，包括在工业设施中集成“直接空气捕获”技术，将碳捕集与利用整合到工业过程中；区域能源系统弹性热电联产技术的开发与示范；高效微电子的先进制造等。

（万勇）

## 生物与医药农业

### 美国国家人类基因组研究所发布 2020 年战略计划草案

美国国立卫生研究院(NIH)下属国家人类基因组研究所(NHGRI)于2018年初启动了新一轮战略计划制定，以确立基因组学2020年的发展愿景。4月15日，NHGRI发布2020年战略计划草案<sup>7</sup>，以征求公众意见，最终稿将于今年10月发布，以纪念人类基因组计划启动30周年。

新一轮战略计划旨在将基因组学研究范式推广到新领域，推动其在人类健康和疾病领域的应用。该战略计划重点关注4个基因组学研究前沿，并详细规划其研究内容。

---

<sup>7</sup> Draft of the 2020 National Human Genome Research Institute (NHGRI) Strategic Plan. [https://www.genome.gov/sites/default/files/media/files/2020-04/Draft\\_StrategicPlan\\_April2020.pdf](https://www.genome.gov/sites/default/files/media/files/2020-04/Draft_StrategicPlan_April2020.pdf)

## 1、建立并坚持指导原则和价值观框架，指导人类基因组学研究

(1) 指导原则和价值观框架：利用基因组学促进生物学研究、加强疾病研究、改善人类健康；在基因组学研究中推进跨学科和团队协作；作为全球基因组研究和资助的活跃团体之一，持续追求基因组学进步；倡导开放科学、数据共享，关注基因组研究的严谨性和可重复性；推行稳定且一致的基因组学应用标准；在基因组学研究中坚持公平原则和全球多样性原则，致力于系统纳入祖先多样性和代表性不足的个体；最大限度发挥基因组学的效用，包括保障公众在卫生保健中可平等获益等；建立概念框架，强调基因组和非基因组因素对健康和疾病的影响。

(2) 伦理、法律和社会影响（ELSI）研究：随着基因组研究的推进，会产生新的ELSI问题，包括数据控制、数据隐私、知情同意问题，基因组研究中可能会存在对样本人群种族、血统、社区、家庭、智力、社会地位的选择，引发相关伦理问题和社会公平问题等，应持续关注。

## 2、持续巩固基因组学研究基础

(1) 基因组结构和功能：使基因组、转录组和表观基因组数据集的生成进入常规化；建立基因组、转录组、表观转录组和表观基因组数据分析的有效方法；推动进化基因组和比较基因组数据研究，以促进对基因组功能的理解。

(2) 基因组数据科学：建立大型基因组数据集存储、共享和计算的最佳实践；开发新方法，并建立可持续的数据资源体系，促进基因组科学研究；建立综合知识库，并开发信息学方法，促进基因组医学研究。

(3) 基因组学和社会：研究在不同社会和文化背景中，基因组学发挥的作用；授权公众对个人基因组数据的管理，并开发数据管理系统来辅助决策。

(4) 培训和培养基因组相关工作人员：培训和培养兼具基因组与

数据科学专业素养的复合型科学家；培训卫生保健提供者，促进将基因组学融合到临床工作流程中；提高基因组相关工作人员的性别、种族等的多样性；提升公共教育工作者的基因组素养，以满足不断扩大的教育和人力需求。

### 3、突破基因组学障碍以创造新研究机会

(1) 基础技术：开发多样化数据的生成和分析工具，用于研究人类健康和疾病；推动合成核酸在基因组学研究中的常规化应用。

(2) 生物研究：确定基因变异在人类健康和疾病中发挥的功能；识别并描述人类表型中的体细胞突变和遗传嵌合现象；开展队列研究，推动人类遗传学研究，助力解决人类疾病和健康问题。

### 4、主导重大的基因组研究项目

基因组学前沿研究项目包括但并不限于以下领域：确立所有基因和调控元件在通路、网络和表型中的作用和相互关系；阐明所有人类疾病和相关性状的遗传学结构；确定将基因组测序应用于临床的价值；评估用于人类疾病诊断和管理的多组学方法。 (许丽)

## 美国 NIAID 发布 COVID-19 研究战略计划

4月22日，美国国立卫生研究院（NIH）下属的国家过敏症与传染病研究所（NIAID）发布《NIAID COVID-19 研究战略计划》<sup>8</sup>，旨在通过开展科学研究，增强对病毒及其致病机理的认识，并制定策略降低相关疾病发生率和死亡率。该战略计划有4个关键的优先事项。

**1、推进 SARS-CoV-2 病毒和 COVID-19 疾病相关基础研究。** 研究包括：基本的病毒学特征和宿主免疫反应研究；病毒监测、自然史及传播动力学研究；开发可模拟 SARS-CoV-2 病毒致病机理的大、小动物模型。

---

<sup>8</sup> NIAID strategic plan details COVID-19 research priorities. <https://www.nih.gov/news-events/news-releases/niaid-strategic-plan-details-covid-19-research-priorities>

**2、支持疾病诊断和病毒检测方法的开发。**研究包括：加速疾病诊断平台的开发和评估，包括支持诊断试剂的开发、表征和有效性验证，支持开发新的快速诊断方法，支持对诊断方法应用前景的评估；开发病毒检测方法，如血清学检测，增加对病毒感染和疾病发生率的了解。

**3、表征和测试潜在的治疗方法。**研究包括：鉴定具有抗 SARS-CoV-2 活性的候选药物，包括对已批准其他用途的具有抗 SARS-CoV-2 活性的小分子进行鉴定和评估，鉴定有效的治疗靶标，鉴定用于治疗或预防的新型单克隆抗体；开展治疗方法研究以推进优先候选药物发现，包括表征和评估直接针对宿主的疾病治疗策略，开展临床试验证明候选药物的安全性和有效性，在轻症患者人群中进行候选治疗方案研究，轻症患者人群既包括普通人群中不需住院治疗的轻症患者，也包括卫生保健工作者、老年人或慢性病患者等高危人群中的轻症患者。

(4) 开发安全有效的抗 SARS-CoV-2 疫苗。研究包括：通过临床试验筛选有前景的候选疫苗；通过疫苗测定方法和试剂的开发促进疫苗研发；通过疫苗佐剂的表征和开发促进疫苗研发。 (杨若南)

## 美国 NIFA 发布 COVID-19 对农业影响的快速响应项目

4 月 22 日，美国农业部国家粮食与农业研究院（NIFA）宣布资助关于 COVID-19 对美国农业影响的研究项目<sup>9</sup>。这些项目的重点是在整个食品和农业企业中可以快速部署，可靠且易于采用的 COVID-19 农业策略。“农业和食品研究计划”（AFRI）将向这些项目投入 900 万美元经费，主要研究领域包括：牲畜的健康和安全、食品和食品加工、农场劳动力、食品服务提供商和美国农村居民的福祉、经济安全。

---

<sup>9</sup> NIFA Invests in Rapid Response Research on COVID-19 Impacts on Agriculture. <https://nifa.usda.gov/press-release/rapid-response-covid-19>

保护农业劳动力的健康和食品安全是美国农业部的重要任务。目前，NIFA 正在尽量缩短征集、评估和拨款的流程，使资金能更快地用于支持 COVID-19 农业研究项目。资助的项目仅限于：迅速填补知识和信息空白的项目；加强和支持保障粮食和农业供应链，解决牲畜健康与安全以及美国食品安全的关键跨领域问题；以及针对农场、食品服务提供商和美国农村居民福利的研究项目。

为应对当前的疫情，NIFA 还重新开放了 AFRI 计划中的小型企业创新研究项目，探索小型企业 COVID-19 的解决方案。同时，广泛征集 AFRI 的基础与应用学科项目。AFRI 计划优先资助 6 个领域：植物健康与生产的植物产品，动物健康与生产的动物产品，食品安全、营养与健康，生物能源、自然资源与环境，农业系统与技术，农业经济学和农村社区。本次仅征集为研究类、扩展集成研究类、教育及扩展类项目。

（郑颖）

## 能源与资源环境

### 欧盟发布综合能源系统灵活发电技术白皮书

3 月 26 日，欧洲能源转型智能网络技术与创新平台（ETIP SNET）发布了《脱碳欧洲灵活发电白皮书》<sup>10</sup>，基于当前技术发展水平描绘了欧盟灵活发电技术的发展路线，推进实现欧洲综合能源系统 2050 年愿景。白皮书分析了欧洲电力系统使用低碳/无碳替代燃料的挑战以及灵活性技术要求，描述了系统转型过程中增强发电灵活性需要开发的相关技术，包括：生物质发电和天然气发电；燃料灵活性、负荷灵活性与储能技术；氢能、跨部门融合、电力转换为其他能源载体（Power-to-X）。

---

<sup>10</sup> FLEXIBLE POWER GENERATION IN A DECARBONISED EUROPE. [https://www.etip-snet.eu/wp-content/uploads/2020/03/WG3\\_WhitePaper\\_Flexible-Power-Generation-in-a-Decarbonised-Europe.pdf](https://www.etip-snet.eu/wp-content/uploads/2020/03/WG3_WhitePaper_Flexible-Power-Generation-in-a-Decarbonised-Europe.pdf)

## 一、低碳/无碳替代燃料发电的关键技术现状

**1、蒸汽发电厂和燃气轮机。**燃气轮机联合循环发电（CCPP）的最高效率已接近 65%，热电联产（CHP）的燃料利用率已达到 85%。新型燃烧器技术使燃气轮机具有燃料灵活性，能够有效燃烧天然气/氢气混合燃料（包括纯氢气）、天然气/生物基合成气混合燃料、富含氢气的燃料气（如合成气、炼油气和焦炉煤气）、液化天然气/液化石油气、非常规天然气、基于合成气的液体燃料甚至无碳燃料（如氨）。以超临界二氧化碳为工作流体的高效循环技术正处于开发阶段。未来发电厂可采用燃料电池作为主发电装置，并在 CCPP 后燃烧剩余可燃物，形成“三重燃烧”技术，这一技术可能还需十年才能大规模示范。

**2、燃料电池。**燃料电池具有高效、低污染和低噪声等优点，固体氧化物燃料电池（SOFC）通过集成重整还具有很高的燃料灵活性。一些燃料电池系统正处于商业化阶段，单堆功率输出达 1 兆瓦，有望在兆瓦级范围内替代固定式热电联产中的内燃机。

**3、内燃机。**天然气热电联产系统已经安装数千台燃气内燃机，实现了 90% 以上的燃料利用率，其中许多发动机使用的是原沼气。10 兆瓦级最新一代燃气内燃机已实现商业化，发电厂将其作为发电单元总输出功率可高达 200 兆瓦。德国 Kustenkraftwerk Kiel 项目安装了 20 台 9.5 兆瓦燃气内燃机，总输出功率为 190 兆瓦，燃料利用率达 91%；还正在开发使用 100% 氢气的兆瓦级燃气内燃机，将在几年内投入使用。200 千瓦级卡车用发动机原型机已经成功安装使用，可以使用纯氢气为燃料，此类小型发动机的效率可达到 40% 以上。使用氢燃料的燃气内燃机将有望用于中型规模分布式热电联产，天然气发动机还可作为其他可再生燃料（如生物甲烷、碳中性甲醇甚至无碳氨）的解决方案。

**4、氨和合成碳基燃料。**氨可通过在燃烧前催化分解成氮气和氢气用于燃烧设备，且其燃烧无需对燃料提纯。甲烷、甲醇、二甲醚等合成燃料以及其他甲烷或甲醇衍生品也可直接使用，无需对现有的热力和电力应用基础设施做出重大改动。对于甲醇，还可通过商用工艺（如甲醇制汽油）生产往复式发动机的燃油。通过优化合成替代燃料可以降低碳排放和提高发动机效率。

## 二、电力系统灵活性技术要求

电力系统灵活性根据具体技术和应用有着不同组合，灵活性相关技术要求包括：①运行灵活性，需解决火力发电和水力发电循环导致材料应力和设备磨损，以及当电厂以灵活模式运行时，通过创新进一步提高部分负荷下的效率；②燃料灵活性，氢气燃烧需解决火焰温度过高和火焰回火问题以确保安全运行，还需改进烟气净化系统以及安全相关系统的材料和密封，以及需开发适合各种燃料的设备，可在不更改硬件的情况下任意混合燃料；③减排技术，灵活运行通常会增加燃烧系统的排放，需通过进一步的系统优化和开发新方法以降低排放；④燃料和电力输出产品灵活性，需通过在热电联产系统中使用电加热器或配备热泵以有效利用多余可再生能源电力；⑤集成储能的发电灵活性，需将波动性可再生能源发电与电池或氢气生产、储存和再转换相结合，以及在技术和环境可行的情况下增加水坝和水库，并与电池相结合以增强短期储能和灵活性；⑥新技术改进，包括扩大燃料电池和电解槽生产规模，改进氧化还原液流电池、液态空气储能、压缩空气储能等进入示范阶段的储能技术，解决海洋能开发和测试中的环境影响。

## 三、燃料转换及灵活性技术发展路线

欧洲国家的能源转型正快速发展，且大多以太阳能发电为基础。由于国家政策和经济能力的原因，各国转型路径并不统一。大多数欧盟成



员国认为有必要放弃煤炭，但对核能和生物能等替代技术的发展思路有所不同，影响到可再生能源发电的部署。

## 1、短期开发：转向生物质和天然气发电

**(1) 生物质发电。**欧盟北部国家 20 年前开始增加使用生物质发电，包括将燃煤电厂改造为使用生物质以及新建生物质电厂。到目前为止，全球几家针对使用木屑颗粒或废木屑发电进行调试或改造的吉瓦级电厂主要集中在欧洲。如果废弃生物质的水热处理或气化新技术得到推广，将增加进一步利用生物质的潜力。由于建立新的生物质价值链需要较大投资和较长时间，中期内仍应以电厂改造和新建生物质电厂为主。

**(2) 天然气发电。**德国等拥有庞大工业部门的国家需要选择天然气作为过渡方案，对现有发电厂的燃气（联合）燃烧改造和新建天然气发电项目正在进行，短期内应重点开发：用于城市供热的较小型热电联产装置新结构开发，以及改造燃煤锅炉同时安装顶循环燃气轮机；用于中小型城市的紧凑型燃气轮机联合发电或燃气内燃机发电厂；高热量需求行业的蒸汽发生器；高效燃气联合循环发电厂，具备在电力市场与补贴后备发电厂（开式循环燃气轮机）竞争的能力；东欧地区将最早通过建设新的天然气管道和液化天然气终端，实现从煤炭向天然气的过渡。

## 2、燃料灵活性、负荷灵活性和储能

随着供电、供热系统越来越复杂，为了确保燃料和负荷灵活性，应重点开发和部署如下技术：在区域供热电厂配备吉瓦规模的储热装置；探索在蒸汽发电厂配备顶循环燃气轮机，以及 CCPP 在无燃气轮机运行、仅产生蒸汽模式下运行余热回收蒸汽发生器的可行性，以实现快速响应正负负荷需求；开发锅炉中燃烧煤、生物质和天然气混合物技术，从而最大程度实现燃料灵活性并保证供应安全。

### 3、氢作为能源载体、跨部门融合以及 Power-to-X

该领域将重点开发和部署如下技术：进一步开发生物质与氢气的混合燃烧；将顶循环氢气燃气轮机集成到现有蒸汽循环中；集成电解槽、储氢、加氢站和小型燃气轮机的示范发电厂，实现高峰期供电，争取在未来几年实现经济运行；在区域供热的热电联产电厂集成蒸汽/热水发电机，以及安装大型热泵；压缩空气储能与氢气的结合使用；部署使用“绿色”氢气的 CCGT 和 CHP 电厂。（岳芳）

### IODP 发布《2050 科学框架：科学大洋钻探探索地球》

4 月，综合大洋钻探计划（IODP）发布了《2050 科学框架：科学大洋钻探探索地球》计划征求意见版本<sup>11</sup>，提出了 7 个战略目标。IODP 是一个国际科学研究计划，调查地球研究的重要问题，《2050 科学框架》将在 9 月份正式公布。

**战略目标 1：星球宜居性及生命起源：确定海洋生命的生活条件及在地球演化中的作用。**将描述在海底环境中维持微生物的能量来源，探索生物圈和地圈随时间的共同演化，并量化生命对生物地球化学循环和气候的影响；调查环境条件如何直接影响海底环境中微生物的分布、多样性和生命。

**战略目标 2：构造板块的海洋生命周期：探索大洋岩石圈的成因、年龄、运动和破坏性。**将研究构造、岩浆和热液过程之间的复杂相互作用如何驱动地壳增生类型的变化；将探索海洋地壳、地幔和海洋之间的水热和微生物相互作用的完整历史，以及它们对地球化学循环、资源和生命的影响；将研究地幔柱的起源和活动性、地球最深和最密集地幔区中的大的低切变速度区、大的火成岩区和板内火山活动；将提供岩石和

---

<sup>11</sup> IODP: Exploring Earth by Scientific Ocean Drilling 2050 Science Framework. <http://iodp.org/2050-science-framework-review-doc/file>

流体样本，以及动态观测。

**战略目标 3：地球气候工厂：研究冰盖、海洋和大气动力学以及海平面的变化。**将使用海洋气候档案来定义地球气候工厂如何在地质历史上的一个极端状态范围内运作，提高预测未来气候变化的能力；将通过十年到百万年的时间尺度，包括轨道变化、海洋碳储存、构造过程和板块结构的作用来确定自然气候变化的幅度和起源；将绘制出过去地质时期降水和干旱的模式，并调查它们长期和短期变化的原因；将重建地球冰冻圈的地质历史，特别是要限制极区放大的幅度和影响，并辨别影响过去全球海平面变化模式的过程和事件。

**战略目标 4：地球系统中的反馈：研究地球、海洋、大气和生命之间运行的过程。**科学海洋钻探为评估板块构造和海洋结构变化对二氧化碳、温度和地球冰冻圈演化的影响提供了主要手段。将整合近场和远场钻探结果，以确定冰原大小的变化如何影响中低纬度地区的海洋和大气环流模式；将在主要气候事件中重建古代生物和碱度泵的变化，并评估气候或环境变化如何引起浮游生物生态系统结构的变化，从而可能导致其他反馈；评估深海生物圈的生命如何被海洋条件和构造过程控制，以及地下的生物活动如何反过来影响更广泛的地球系统功能的评估。

**战略目标 5：地球历史上的临界点：利用地球地质遗迹阐明未来环境变化。**将调查地球气候在古代的临界点，阐明临界点是什么以及地球系统如何恢复，为评估现代和预测未来的气候和环境变化提供史前视角；将实施有针对性的新钻探计划，完善人们对地球系统临界点的阈值和相互关联性的认识。将从系统未超过临界点的稳定地质时期恢复记录，提供系统对阈值行为弹性的关键信息；将利用浮游生物化石独特的时间和分类学分辨率来确定恢复期间新物种的原因、时间尺度、灭绝模式和辐射。

**战略目标 6：全球能量和物质循环：确定地球系统中能量和物质转移的模式、星等和速率。**将研究在地球系统中所有尺度的能量转移，从微生物尺度的挥发性能量循环到在海底产生生物量，再到在地磁领域驱动全球尺度变化的地核内的热对流。将通过海洋盆地恢复地球地磁场的高分辨率记录调查地球系统变化的起源、性质和后果。将综合岩心和孔隙流体分析、井下测井数据、现场钻孔水文实验测量数据，以及钻孔观测站的流体压力、温度和溶质浓度测量数据，将在探索海底二氧化碳封存的机会中发挥重要作用，因为了解潜在储层的关键特征阶段需要深取岩芯能力。

**战略目标 7：影响社会的自然灾害：了解海洋环境中的自然危害。**将描述控制地质灾害的基本性质、过程和条件；将确定过去危险事件的历史，洞察未来危险事件的可能性；将通过海底下的海洋观测站，在断层内部或非常靠近断层的地方以及在滑坡破坏面和火山周围直接监测现场情况以评估危险随时间的变化。 (吴秀平)

## 美国国家能源技术实验室总结碳封存研发计划二十年进展

4月20日，美国能源部（DOE）国家能源技术实验室（NETL）发布《捕集二氧化碳的安全地质存储：美国能源部碳封存研发计划二十年回顾》报告<sup>12</sup>，总结了DOE“碳封存计划”执行20年所取得的重要进展和未来方向。该报告主要针对3个领域进行了总结：通过现场测试方法增进对二氧化碳行为和封存资源的认知；通过风险评估和管理工具确保更安全的运营；通过全球领先的示范项目改进技术。

---

<sup>12</sup> SAFE GEOLOGIC STORAGE OF CAPTURED CARBON DIOXIDE: TWO DECADES OF DOE'S CARBON STORAGE R&D PROGRAM IN REVIEW. [https://www.netl.doe.gov/sites/default/files/Safe%20Geologic%20Storage%20of%20Captured%20Carbon%20Dioxide\\_April%2015%202020\\_FINAL.pdf](https://www.netl.doe.gov/sites/default/files/Safe%20Geologic%20Storage%20of%20Captured%20Carbon%20Dioxide_April%2015%202020_FINAL.pdf)

## 一、通过现场测试方法增进对二氧化碳行为和封存资源的认知

### 1、碳封存计划的重大举措是实施了“区域碳封存合作伙伴关系”

**(RCSP) 计划。**RCSP 计划于 2003 年启动，主要包括 3 个阶段：第一阶段（表征阶段），对潜在二氧化碳储层进行数据收集和分析，并整合资源以进行现场测试，最终开发了评估储层封存量的标准方法，并成功应用于美国和加拿大的部分地区；第二阶段（验证阶段），包括 19 个小型现场项目，分别应用于不同环境，包括贫油和天然气田（8 个）、不可采煤层（5 个）、碎屑岩和碳酸盐岩地层（5 个）、玄武岩（1 个），总计安全注入了 100 万吨二氧化碳；第三阶段（开发阶段），于 2008 年开始，增进了对不同地质封存结构中二氧化碳羽流运动及永久封存的认知，积累的经验与知识为地质封存的合规开发和商业部署提供了支撑。现场项目测试地层被认为具有封存固定排放源数百年碳排放量的潜力，通过大型野外项目在地质构造中安全封存了超过 1100 万吨二氧化碳，且并未发现对人类健康或环境造成负面影响。

### 2、新型或改进的监测技术是成功验证二氧化碳安全封存的关键。

例如，“平原二氧化碳减排合作伙伴”（PCOR）计划对贝尔克里克场地重复进行 3 维/4 维地震监测，获得了与二氧化碳饱和度和压力相关的图像，还尝试安装可扩展半永久地震阵列用作实时监测工具。另一典型应用是光纤地震传感，在几个项目重注入二氧化碳后，使用了分布式声波传感光纤系统进行记录，提供了比常规地震检波器阵列更高的分辨率。

**3、监测和表征技术进步与先进计算技术相结合，改进了模型和仿真技术，增强了对地下地质条件和羽流行为的理解及预测能力。**通过脉冲中子测井改进对注入速度和体积、储层流体压力、二氧化碳饱和度的测量，以及通过时移地震监测改进二氧化碳羽流分布检测对增强储层模拟准确性极为重要。美国国家环境保护局采用了东南部地区碳汇合作伙

伴（SECARB）的锡特罗内尔场地和中西部地质封存协会（MGSC）的伊利诺伊盆地-迪凯特项目（IBDP）场地的储层模型，用于划定这些二氧化碳注入项目各阶段的审查区域。IBDP 场地的数值模拟减少了二氧化碳羽流位置的不确定性，模拟结果合理地匹配了现场测量结果。

**4、结合人工智能和机器学习的智能监测系统（IMS）是当前和未来碳封存的主要研究领域。**IMS 的优势在于整合了新策略和优化的传感系统，可通过实时集成数据/测量来降低运行风险。不同 IMS 组件正在进行现场测试，通过自动监测、增强的监控技术和人性化的网络技术降低了泄漏风险，或减少了泄漏探测时间。例如，北达科他大学和加拿大 SaskPower Aquistore 项目合作开发的 IMS 工作流程，可实现自动整合监测测量和支持可视化与实时决策算法的储层模型；由阿彻丹尼尔斯米德兰（ADM）公司牵头的工业碳捕集与封存（ICCS）项目，构建了新型永久分布式声波传感地震监测网络，结合实时数据处理功能，可为储层流动和地质力学模型提供输入参数；IBDP 项目应用了一种实时高速网络，用于获取包括压力、注入速率、温度和微地震波数据流等运行和监控信息。这些监测技术的进步保证了注入的二氧化碳能够安全封存，并实现羽流运动行为的早期检测以采用相应缓解措施。

## 二、通过风险评估和管理工具确保更安全的运营

大规模二氧化碳封存运行所有阶段都必须进行风险分析，封存场地的选择和表征、安全连续的运行以及各种监测措施离不开对项目整个生命周期的风险及其演化规律的认识。NETL 牵头成立了“国家风险评估伙伴关系”（NRAP），成员包括劳伦斯伯克利国家实验室（LBNL）、劳伦斯利弗莫尔国家实验室（LLNL）、洛斯阿拉莫斯国家实验室（LANL）以及西北太平洋国家实验室（PNNL），同时加强与利益相关方的合作。过去十年，NRAP 不仅大幅提高了单个封存场地的风险因素随时间演化

的建模能力，还开发了一套供公众使用的风险评估和管理开源工具。

### 三、通过全球领先的示范项目改进技术

自 1996 年挪威国家石油公司及其合作伙伴在挪威北海斯莱普内尔天然气田发起第一个大规模二氧化碳封存项目至今，二氧化碳地质封存项目在世界范围内遍地开花，主要有加拿大 Weyburn-Midale 二氧化碳监测与封存项目、阿尔及利亚 In Salah 盐岩地层商业化项目、德国 Ketzin 盐岩地层中试项目以及澳大利亚 Otway 枯竭天然气田碳捕集和封存示范项目。这些项目运行至今并未对环境、健康或安全造成负面影响。DOE 的碳封存计划在这些项目中发挥了作用，并将汲取的经验应用于美国。

**1、在美国国内部署先进大规模项目。**在 DOE 工业碳捕集与封存（**ICCS**）计划的支持下，伊利诺伊州的 **ICCS** 项目在 2017 年投运，成为首批完成美国国家环境保护局第 VI 类许可程序的项目之一，该项目每天可封存约 3000 吨二氧化碳，已累计封存 171 万吨。而 2013 年在德克萨斯州阿瑟港投运的另一项 **ICCS** 项目，每年可从产氢的蒸汽甲烷转换器中捕集多达 100 万吨二氧化碳用于提高油气采收率（**EOR**），已累计封存 608 万吨二氧化碳。DOE 清洁煤电计划（**CCPI**）支持下的佩特拉诺瓦项目于 2017 年在德州休斯顿附近开始运营，该项目采用了世界最大的燃烧后碳捕集系统，每年可捕集 160 吨二氧化碳并用于提高 **EOR**，已累计封存 373 万吨二氧化碳。

**2、积极参与国际合作项目以推进碳封存研究。**DOE 持续支持美国科学家积极参与国际上碳封存相关的研究项目。加拿大萨斯喀彻温省的 **Aquistore** 项目于 2015 年向深层盐岩地层注入二氧化碳。**Aquistore** 项目是边界大坝 **CCS** 集成示范项目的组成部分，该项目包括燃煤发电厂的燃烧后捕集以及通过管道运输到油田用于 **EOR**，并在 **Aquistore** 场地进行盐岩地层封存，该项目部署了先进的光纤分布式声波传感系统。2016

年，日本政府在北海道 Tomakomai 市开始大规模 CCS 示范项目，其后三年内从炼油厂制氢过程中捕集约 30 万吨二氧化碳，并封存在 Tomakomai 港口滨海的岩盐地层中。为了推进现场监测并测试新技术，DOE 支持的美国研究人员获得并验证了超高分辨率 3D 海洋地震技术数据集。

#### 四、提高封存量、降低技术风险和不确定性以及成本是未来发展方向，持续支持研发及示范以推进碳封存商业化

迄今为止，DOE 碳封存计划主要是为了确定二氧化碳可以大规模安全地封存于地质构造中，已开发出新工具用于确定安全封存二氧化碳的位置和封存量，同时确定了不适合大规模碳封存的地质层。碳封存计划将继续支持技术开发以提高封存量，同时降低技术风险、不确定性和成本，以应对地质封存的总体技术挑战，为广泛的商业部署做好技术准备，计划到 2035 年实现碳封存大规模商业部署的技术可行性。2016 年，碳封存计划发起碳封存保障设施事业计划（CarbonSAFE），将过去的经验用于碳封存的商业化部署，最终形成单个或多个功能齐全的封存设施，达到至少 5000 万吨的封存能力。2020 年，CarbonSAFE 将继续第三阶段工作，将先进经验应用于代表性项目以继续推进商业化步伐。（岳芳）

### 美国能源部资助上亿美元支持工业碳源捕集技术研发

4 月 24 日，美国能源部（DOE）宣布资助 1.31 亿美元支持先进碳捕集、利用和封存技术研发<sup>13</sup>，旨在研发高性能低成本的工业碳源捕集技术，即高效捕集碳密集型企业（如燃煤电厂、煤化工企业）排放的二氧化碳，以减少温室气体排放并收集有用的副产品。本次资助将聚焦两大技术主题领域。

---

<sup>13</sup> U.S. Department of Energy Announces \$131 Million for CCUS Technologies. <https://www.energy.gov/articles/us-department-energy-announces-131-million-ccus-technologies>



**1、工业烟气中二氧化碳捕集技术的工程设计。**重点关注年度二氧化碳排放量超过 10 万吨的炼油厂、化工厂（氨、氢和石化）、矿物生产（水泥和石灰）、钢铁冶炼等碳密集型工业，对这些工业生产设施配备碳捕集系统开展工程设计，捕集系统必须包括二氧化碳分离、除水和二氧化碳压缩工艺装置，以经济有效地捕集烟气中二氧化碳气体，减少排放。

**2、燃烧后二氧化碳捕集技术的工业规模示范。**在燃煤和天然气联合循环（NGCC）发电厂部署相关的燃烧后二氧化碳捕集设施，以开展工业规模示范，其中燃煤电厂需要达到日均二氧化碳捕集量 10~100 吨目标，天然气联合循环（NGCC）发电厂需要实现日均二氧化碳捕集量 5~45 吨目标，且两者都需要达到捕集成本 30 美元/吨的目标。（郭楷模）

## 英国启动新项目推进低碳制氢供应链技术开发

4 月 23 日，英国商业、能源和产业战略部（BEIS）宣布资助 3300 万英镑支持低碳制氢供应链技术开发<sup>14</sup>，旨在研发高性能低成本的低碳制氢技术并开展相关示范，降低制氢成本，加速英国低碳制氢技术的部署和应用。本次资助聚焦五大主题领域。

**1、海上风电制氢。**在深海区域建造风电制氢设施原型，该设施原型由大型浮动式风力涡轮机（10 兆瓦）、水处理单元和产氢电解槽组成，能以海水为原料利用风电进行电解制氢，并通过管道输运到陆地。

**2、低碳产氢示范工厂。**通过采用集成 Johnson Matthey 公司低碳制氢技术的碳捕集设施，Progressive Energy、Essar、Johnson Matthey 和 SNC-Lavalin 四家公司联合建造一座低碳制氢示范工厂，每小时产氢量达到 10 万标立方，以验证技术规模化应用潜力。

---

<sup>14</sup> Low Carbon Hydrogen Supply Competition. <https://www.gov.uk/government/publications/hydrogen-supply-competition>

**3、基于聚合物电解质膜电解槽绿色产氢装置。**基于 ITM Power 公司吉瓦级别的聚合物电解质膜电解槽，开发低成本、零排放的风电制氢示范装置，为炼油厂提供清洁的氢气资源。

**4、开发和评估先进的天然气重整制氢新系统。**开发和评估先进的天然气重整制氢新系统，为利用英国北海天然气生产氢气提供一种节能且具有成本效益的新方法，同时新系统能够有效地捕集并封存制备过程产生的二氧化碳排放气体以防止气候变化。

**5、开发吸附强化蒸汽重整（SESR）制氢装置。**依托天然气技术研究所发明的基于新技术的 SESR 工艺，设计开发中试规模低碳氢气制备的示范装置并进行示范生产，评估新工艺的技术经济性。（郭楷模）

## 美国能源部资助流体动力涡轮机技术研发

4 月 9 日，美国能源部先进能源研究计划署（ARPA-E）宣布资助一项新的计划<sup>15</sup>——海底流体动力和河流千兆瓦系统（SHARKS），资助金额为 3800 万美元，旨在为潮汐和河流洋流设计具有经济吸引力的流体动力涡轮机（HKT）。

潮汐和河流能源是可再生的，具有高度可靠和可预测的优势，通常与需求中心位于同一地点。而 HKT 设备可以设计成视觉效果低并且对环境的影响最小。HKT 设备还特别适合微电网应用，可为偏远社区以及其他“蓝色经济”和公用事业规模的应用提供能量。但是，由于技术挑战和恶劣的运营环境，当前的 HKT 部署成本过高。SHARKS 计划将资助全新的 HKT 整体设计，以显著降低其平准化度电成本（LCOE），预计降低高达 61.5%。

---

<sup>15</sup> Department of Energy Announces \$38 Million to Support Hydrokinetic Turbine Technology Development. <https://www.energy.gov/articles/department-energy-announces-38-million-support-hydrokinetic-turbine-technology-development>

SHARKS 计划鼓励采用控制协同设计（CCD）、协同设计（CD）和运维设计（DFO）方法。在概念设计阶段，这三种方法需要广泛的学科同时进行，而不是按顺序进行。此外，阻碍 HKT 设计趋同的技术和环境挑战需要来自各个科学和工程领域的专业知识，因此需要使用多学科团队，如流体力学、机械设计、材料、水力结构相互作用、涡轮和/或涡轮阵列效率、系统控制解决方案、电力电子、电网连接、数值建模、计算机工具和实验验证方面的专家。（刘文浩）

## 空间与海洋

### EMB 发布《海洋与人类健康战略研究议程（2020~2030）》

人类与海洋关系密切，不仅利用海洋进行食物消费、交通运输和文娱活动，而且还把海洋作为能源。随着全球变化的影响，人类开始认识到海洋健康对人类健康和福祉也至关重要。3月30日，欧洲海洋局(EMB)牵头发布报告《海洋与人类健康战略研究议程（2020~2030）》<sup>16</sup>，确定了在欧洲建立海洋和人类健康研究能力的目标主题及优先研究领域。

#### 1、海洋和人类健康的关键时间历程

海洋和人类健康的元学科概念在世纪之交开始出现，最初侧重于解决有害藻华、化学和微生物污染对人类健康的主要威胁，以及研究通过使用海洋天然产品（例如使用海绵开发抗癌药物）解决人类健康问题的潜力。1999年有关“海洋与人类健康”的出版物首次在美国出现，2004年美国建立4个“海洋与人类健康”中心。2006年欧洲首次在《海洋污染公报》出现“海洋与人类健康”报道，2013年欧洲海洋局发表19篇有关“海洋与人类健康”的研究论文。2008年首次召开“海洋与人

---

<sup>16</sup> Identifying priority research areas towards establishing an oceans and human health research capacity in Europe.  
<https://www.marineboard.eu/publications/strategic-research-agenda-oceans-and-human-health>

类健康”议题的戈登会议，并随后召开该议题 2010、2012 和 2014 年的戈登会议。2014 年《罗马宣言》提及“海洋与人类健康”，同年欧洲成立“海洋与人类健康”专门工作组。2015 年众多有关“海洋与人类健康”的项目被资助，其中大洋及海洋健康与生产联合项目把“海洋与人类健康”作为优先资助领域。2017 年伴随英国全球挑战研究基金蓝色社区等项目的开展，东亚和东南亚提高了对“海洋与人类健康”主题的认识，“海洋与人类健康”概念开始在国家一级获得关注。2018 年美国有关“海洋与人类健康”研究得到美国国家科学基金和美国环境健康科学院资助。2019 年“海洋与人类健康”成为亚太公共卫生学术联盟的优先方案，在全球范围内进行合作，分享“海洋与人类健康”的想法和经验，将有助于进一步发展这一领域。

## 2、战略目标及优先发展领域

人类健康和海洋之间的关系是圆形、多向和相互关联的，人类健康和海洋健康都受到人类行为和活动的影响，而人类行为和活动正日益影响海洋。该战略议程通过对 3 个目标主题的关注巩固海洋和人类健康作为欧洲一门元学科的地位，并针对 3 个战略目标分别提出相应的优先发展领域。

### 目标 1：可持续的海洋食物和健康的人类

鱼类和海鲜健康、营养和安全同时确保渔业和水产养殖的可持续性目标是目标 1 的最终愿景。为了实现健康可持续海产品的愿景，需要解决 3 个关键的研究问题。

(1) 关于化学和微生物污染的海鲜暴露层面：污染物对食物源和人类的综合暴露和综合累积影响是什么？这些暴露和影响如何从源转向消费者？这些暴露和影响将如何受到气候和行星变化以及人口变化（如社会经济背景、公平、先前存在的健康状况）的影响？饮食益处和

与摄入污染有关的安全问题之间的平衡在哪里？

（2）鱼类和海产品的营养含量与分布如何随着地点、气候和全球变化而变化；人们如何利用这一变化来建议适应性最佳的可持续捕捞和消费模式，以供保健提供者、渔业和海洋社区使用？

（3）关于可持续和公平地提供海鲜方面：如何提高欧洲所有社会经济群体对优质鱼类和其他海产品的可持续获取和吸收？可持续的水产养殖能否增加可负担得起的高质量海产品的供应，同时仍能为民众带来相关的健康益处？

在该目标下，来自海洋的食物安全、保障和可持续性已被确定为海洋与人类健康有关的优先事项，并将食品安全和供应确定为最高优先事项，将可持续渔业管理和平衡人类行动与海洋保护的必要性确定为关键优先领域。建议在公民中开展更多的教育，使其认识到商业捕鱼和水产养殖对环境以及人类健康和福祉活动的积极和消极方面之间的平衡。建议开展跨学科培训和教育，发展海洋生物学和渔业科学、公共卫生、营养和饮食以及气候变化等相关领域的专门研究人员群体，从“整个系统”的角度出发，超越他们自己的专业领域，在海洋和人类健康领域开设具体课程，在整个学习过程中有更多机会接触到相关部门的知识和经验，鼓励更多的年轻人参与到海洋与人类健康领域的研究中。

## **目标 2：蓝色空间、旅游及福祉**

该目标下的愿景为：加强与可持续管理的健康蓝色空间互动，改善个人和社区的身心健康与福祉。为了实现蓝色空间、旅游业和福祉愿景，需要解决 4 个主要研究问题。

（1）基于现有和正在进行的英国研究和绿色健康研究，在整个欧洲有哪些蓝色健康影响的证据？

（2）关于机制和途径：通过与不同类型的海岸环境和蓝色空间的

哪些互动（活动类型、持续时间等），人类健康与福祉得到改善？疾病或身体问题的风险通过哪些相互作用而增加？

（3）增加人类对蓝色空间的利用，如何影响海岸和海洋生态系统以及生物多样性？

（4）如何优化海洋和人类健康的互动，并以可持续的方式为所有人和物种获得身心健康和福利？

在该目标下，进入和体验蓝色空间，了解海洋环境对公众健康的影响以及承认海洋对人类健康的好处作为一个关键优先领域，认为改善水质以降低人类皮肤感染和其他感染的风险以及海洋环境退化和污染对人类健康造成的风险是重要的。建议建立一种关爱文化和有利于环境的做法，并鼓励负责任地使用海洋和河流，以确保海洋的使用不会损害海洋和河流，更好地理解如何将兴趣转化为行动，分享有意义的行动、解决方案和最佳做法的例子。开展公民科学项目，鼓励公众与科学家合作并支持数据收集或参与数据分析，提高人们对海洋与人类健康问题的教育和公众认识，了解与海洋和蓝色空间互动的风险和好处。

### **目标 3：海洋生物多样性、生物技术和医学**

该目标下的愿景是：更有针对性地探索、识别和获取海洋生物多样性能为生物技术、医学和疾病预防提供支撑，同时展示海洋生物多样性及其保护的至关重要性。为了实现在生物技术和医学愿景，需要解决 3 个关键的研究问题。

（1）需要更好地了解海洋生态系统，以便能够以更有针对性的方法在海洋中进行生物发现。继续研究海洋生物如何、为什么和在哪里生产生物活性化合物和其他产品，将改进含有对人类健康有用产品的生境和物种的鉴定。这应该以整体的方式考虑对海洋生物多样性的威胁，以说明由于人类压力以及气候和全球变化，海洋物种的丰度和分布正在发

生和将来发生的变化。

(2) 需要继续开发新技术以克服海洋生物发现的瓶颈。这些技术包括基因组学技术、培养方法、先进的筛选技术、化学合成技术和合成生物学方法。医学相关产品来源的物种和生产它们的环境条件，需要改进基本认知，以便于在受控条件下扩大产品的规模。采用一种跨学科的方法，充分利用海洋科学家、化学家、分子和合成生物学家、药物科学家和中小企业的专业知识。

(3) 需要对海洋物种的独特特征进行研究，并将其应用于可持续地有益于人类健康与福祉的基础生物医学研究和生物启发应用。

该目标下，将海洋生物技术确定为一个优先领域，以促进海洋与人类健康之间的协同作用。在对公众和利益相关方的调查中，当地利益相关方和公民有保护生物多样性的动机，因此海洋物种和野生动物保护获得最多支持。在生物技术方面，公民认为源自海洋生物的药物对经济、健康和福祉有益，对环境无害，对资助更多海洋生物技术研究及其对公共卫生和福祉影响的关注较少。建议应考虑适当的语言和讨论框架，不同群体使用的语言在字面上和比喻上也会有很大差异，术语上的一个小变化，对于确保清晰的沟通非常重要。只有提高对与海洋物种和海洋环境有关的医疗及其他利益的认识，公众才能更多地了解什么是海洋生物技术、这些化合物在何处以及如何使用，关注海洋物种可能带来的生物技术利益。

(吴秀平)

## 设施与综合

### 美国能源部资助海洋能源基础研究和测试基础设施建设

3月31日，美国能源部（DOE）水力发电技术办公室（WPTO）宣

布为“海洋能源基础研究和测试基础设施”项目资助 2200 万美元<sup>17</sup>，旨在通过支持基础研发和扩大测试能力促进海洋能源产业，从而利用非联邦研究机构的专业知识和智力资本。

此次资助涵盖 4 个主题领域：基础研发，将资助与整个海洋能源行业广泛相关的基础研究；大西洋海洋能源中心，将支持在大西洋地区建立新的国家海洋可再生能源中心；基础研究网络协调，将通过协调和在相关利益相关者之间广泛传播结果，寻求网络协调人来帮助最大化非联邦研究机构的研究影响；当前的能源技术测试基础设施，将通过资助一艘开放水域、非电网连接的电流能量转换器移动测试船来解决海上测试能力的差距，该测试船可容纳直径最大为 8 米的转子的电流能量转换器，用于在各种测试条件下测试不同流动条件下的涡轮机。（刘文浩）

## 英国 NERC 资助启动大气测量与观测设施中心

4 月 1 日，英国自然环境研究理事会（NERC）宣布未来 3 年将资助 290 万英镑，用于启动大气测量与观测设施中心<sup>18</sup>（AMOF）。该设施中心将由英国国家大气科学中心（NCAS）管理，为英国大气科学界提供全球移动观测仪器、实验室和观测站的访问途径，进行世界一流的大气观测和先进的数据质量评估，并提供开放数据存储。

AMOF 由两个设施中心合并而来，包括大气测量设施中心（AMF）和 NERC 大气雷达研究设施中心（NFARR）。此次合并旨在提高科学服务的效率，并在 NCAS 的领导下保持 NERC 世界领先的大气观测能力。AMOF 在大气观测方面的专业知识将支持最新的天气、气候和空气污染

---

<sup>17</sup> Energy Department Announces up to \$22 Million for Marine Energy Foundational R&D and Testing Infrastructure Upgrades. <https://www.energy.gov/eere/articles/energy-department-announces-22-million-marine-energy-foundational-rd-and-testing>

<sup>18</sup> New Facility for Atmospheric Measurements Launches April 2020. <https://nerc.ukri.org/press/releases/2020/new-facility-for-atmospheric-measurements-launches-april-2020/>



研究，包括收集应对环境挑战的数据，如预报干旱和空气污染、预测气候变化以及测量汽车尾气排放。

AMOF 将成为 NCAS 管理的 4 个设施中心之一，其他 3 个设施中心包括机载大气测量设施中心（FAAM）、环境数据分析中心（CEDA）和计算建模服务中心（CMS）。AMOF 已经与英国多个相关机构建立紧密联系，包括英国环境、食品与农村事务部，英国环境局，苏格兰环境保护局和英国气象局。在国际上，AMOF 与欧洲航天局（ESA）、冰岛气象局和美国国家大气研究中心（NCAR）等机构建立了合作伙伴关系，并参与了气溶胶、云和微量气体研究基础设施（ACTRIS）、气溶胶自动观测网（AERONET）、综合碳观测系统（ICOS）等国际观测网络和基础设施计划。

（刘燕飞）

## 加拿大启动数据科学联盟推动研究 COVID-19 解决方案

4 月 8 日，国际著名诊断和制药企业罗氏有限公司加拿大分部宣布成立罗氏数据科学联盟，旨在与全球志同道合的公共与私人组织共同开发应对 COVID-19 大流行挑战的解决方案<sup>19</sup>。该联盟包括：艾伯塔省机器智能研究所（Amii）、doc.ai 公司、英伟达（NVIDIA）公司、Self Care Catalysts 公司、Think Data Works 有限公司和多伦多矢量研究所（Vector Institute）等多家国际知名信息科技和人工智能研发机构。

为有效应对 COVID-19 大流行，就需要切实可行的支持患者、一线的医疗服务供应商、医疗机构供应链和政府机构的数据解析方案。罗氏大数据科学联盟的一项重要目标是充分利用来自约翰·霍普金斯冠状病毒资源中心、世界卫生组织（WHO）等资源的公开医疗数据和共享知识，以更好地支撑护理和卫生系统决策，以及保障患者的知情权。

---

<sup>19</sup> Roche Canada Launches Data Science Coalition to Advance COVID-19 Solutions. <https://www.biospace.com/article/releases/roche-canada-launches-data-science-coalition-to-advance-covid-19-solutions/>

联盟现已建立一个中心数据点，集成了 200 多个从全球各地收集来的公开人口数据集，重在为全球流行病的管理提供信息，并为科研团体开展当下和未来 COVID-19 防治工作打下坚实基础。

由于患者数据是了解和应对 COVID-19 的重要依据，联盟还为患者提供了自我评估工具，供疑似或已确诊（当前正在治疗或已康复）的任何人使用，患者可通过工具主动报告数据，这些 COVID-19 数据集将匿名上传至罗氏数据科学联盟数据存储共享库，并免费提供给研究人员使用。患者还可以与他们的医疗保健专业人员一起使用该数据，以掌握患者的症状和健康史，这有利于医疗人员根据患者数据做出更加明智和有效的评估。

目前，该联盟已经正式启动了一项名为“COVID-19 数据发现与研究联合网络”（UNCOVER）的 Kaggle 管理挑战项目。罗氏数据科学联盟的数据集将在 Kaggle 网站上向公众开放，并呼吁网站的 430 万社区用户共同解答有关 COVID-19 的数据管理和研究问题。 （郑颖）

# 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 枢 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