

Science & Technology Frontiers

科技前沿快报

国家高端智库
中国科学院

2020年1月5日

本期要目

美国发布《国家战略性计算计划（更新版）：引领未来计算》

美国 NSF 发布“半导体合成生物学”二期项目招标指南

欧盟“电池 2030+”计划工作组发布电池研发路线图草案

欧洲空间局发布技术战略报告

美国 NOAA 发布应用于海洋领域的新兴科学技术战略草案

2020年
总第 067 期 第 01 期

目 录

深度关注

美国发布《国家战略性计算计划（更新版）：引领未来计算》 1

信息与材料制造

美国 NSF 发布“半导体合成生物学”二期项目招标指南 7

美国国防信息系统局公布 2020 年十大重点关注技术领域 9

美国 DOE 及其下属研究所推动塑料资源回收技术创新 11

生物与医药农业

欧盟“地平线 2020”资助可持续化学酶法制备化学品的新项目 12

能源与资源环境

欧盟“电池 2030+”计划工作组发布电池研发路线图草案 13

欧洲 ETIP-Wind 发布至 2027 年风能研发路线图 20

美国 DOE 资助上亿美元推进太阳能发电技术研发部署 26

欧美联合资助碳捕集、利用与封存项目 31

空间与海洋

欧洲空间局发布技术战略报告 33

欧洲空间局成员国会议确定未来发展方向和投资水平 35

美国 NASA 发布 2019 版金星探索路线图 37

美国 NOAA 发布应用于海洋领域的新兴科学技术战略草案 39

设施与综合

美国 DOE 资助旨在提升地球系统模型准确性的研究 42

深度关注

美国发布《国家战略性计算计划（更新版）：引领未来计算》

2019年11月14日，美国白宫科技政策办公室（OSTP）发布《国家战略性计算计划（更新版）：引领未来计算》¹。与2016年的计划相比，更新版更加侧重于计算机硬件、软件和整体基础设施，以及开发创新的、实际的应用程序和机会，以支持美国计算的未来。

一、推动未来计算的发展

目标：开拓数字和非数字计算的新领域，以应对21世纪的科技挑战和机遇。随着摩尔定律技术进展放缓、登纳德定律（Dennard scaling）终结、当前技术系统不可持续的功耗需求，计算领域正在快速转变。新技术和新范式的颠覆性创新可能产生于系统的各个层次，从硬件设备到系统架构和软件栈。算法和编程模型的复杂性加剧了上述挑战。此外，应用程序工作流程正随着异构平台集成的新需求，不断发展演变。

1、未来计算硬件及预期

目前成本性能变化使得前沿计算硬件被商业化和泛在化，如云服务商的出现，这将有助于解决许多具有科学挑战性的问题。未来的计算系统的单个节点将是多核和异构的，并将越来越多探索异构处理器、异构存储器和建模、新的互连技术、专用和节能架构，以及一些非冯·诺依曼计算元素，如基于神经形态和量子计算的技术。

2、软件及挑战

支持未来计算生态系统的软件必须平衡如下各方面：开发、调试、验证和确认的效率；可用性、可重复性、可管理性、可扩展性和可持续性；以及性能和可扩展性。软件必须能以多模式和高并行方式运行，能

¹ National Strategic Computing Initiative Update 2019. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2019/11/National-Strategic-Computing-Initiative-Update-2019.pdf>

有效地管理内存和输入/输出，同时还能支持工作流的组合和执行。新的未来计算技术带来了新的机遇，但也需要新的算法、计算模型、数据、编程环境和软件堆栈。这种转换将需要对软件基础设施的彻底重新思考。此外，软件的迁移也仍然是一项挑战。

3、建议

(1) 为有效利用国家计算生态系统，包括边缘计算、百亿亿次计算等，建议美国政府：①通过多样化的软硬件方法来打造未来计算，利用创新生态系统实现如下目标：引领计算前沿，增加对可用性和生产力的关注，降低研究和应用程序使用的障碍，以及支持边缘资源和数据与传统计算平台的集成，包括新兴的数据驱动应用程序；②提供对新型硬件、软件和系统平台的早期访问，进而识别和支持有潜力的研究方法并减少系统部署时间；③识别并优先开展未来计算所需的软件研究；④鼓励开发、部署和维护软件工具、框架和系统；⑤通过联盟或其他形式的合作伙伴关系，鼓励产业界、学术界和美国政府实验室等协同软件开发和可持续发展。

(2) 为开发端到端应用程序工作流和集成系统，应对紧迫的科学、工程和国家安全挑战，建议美国政府：①通过与全国各地的利益相关者合作，建立多方充分参与的未来计算社区，确保新的软硬件开发技术能够及时地用于支持应用程序；②鼓励开发新颖的解决方案时利用网络内部和边缘处理的能力，用以处理靠近源头的的数据，并将之作为端到端应用程序工作流的一部分；③鼓励应用专家、终端用户、开发人员和研究人员组成多学科团队，开发新的、具备充分安全考虑的综合解决方案，解决紧迫的计算挑战并扩大用户基础；④保障技术/体系结构/系统开发人员对系统的及时访问，开展研究并创建未来计算软件生态系统。

(3) 为探索计算的关键基础科技限制，最大程度地发挥新型计算硬件、软件、体系结构和应用程序新计算范式的作用，并将此类研究转化为可部署的技术，建议美国政府：①持续、长期地支持计算基础科技研发，以确保美国未来数十年在计算领域的领导地位；②支持将基础研究快速转化为技术实践，以应对需要有效集成先进软硬件才能解决的科学挑战；③通过开发和完善科学网关、门户以及相关 workflow 工具，支持应用程序软件的集成和互操作，从而找出解决挑战性科技问题的更有效方法。

(4) 利用多样化的研究机会和计算研发系统，实现繁荣发展，确保国家安全，并为国家提供更坚实的科技基础。

二、提供计算的战略基础

目标：开发和推进计算基础架构和生态系统。不论是未来计算的颠覆性架构和技术发展汇聚趋势，或是应用 workflow 越来越多地将模拟、传统数据分析和机器学习模型集成起来的新兴趋势，都需要一个灵活、健壮、安全、可用、有能力和可持续的计算生态系统。这个生态系统必须将新兴的和未来的硬件平台与必要的软件、数据和网络专业知识集成在一起。

1、下一代硬件和软件基础设施

新兴的高度多核、异构和节能的体系架构预示着计算能力的革新，从而解决科学与技术挑战。探索新的软件方法以有效地利用硬件来推动科学发展，同样至关重要。而推动软硬件的持续发展需要持续的投资以探索新材料、设备、范式、技术和基础设施，如工厂、试验床、实验系统和供应链等，同时要考虑支持这些新计算范式所需要的服务。

2、数据及挑战

下一代工具的数据生产以及长尾数据继续呈指数式增长，需要一个分布式但联网的数据存储系统。要解决全球挑战，需要基于公认标准接

口的跨学科数据集成，实现数据发现、访问、兼容性和可重用性等。

3、网络安全机遇与挑战

有效的安全能确保计算机系统可用、资源不被滥用、数据确凿可信、敏感信息得到保护。该领域主要挑战包括：网络安全对系统性能的影响、跨越多个网络和组织的多用户群，以及管理层缺乏明确的安全政策。但是，保护知识产权、经济竞争力、国家安全和个人隐私等战略数据资产以及确保数据完整性，对未来计算的采用和成功至关重要。

可利用未来计算技术来加速和改善网络安全功能。结合创新分析方法以及人工智能技术，可解决诸如网络攻击检测、用户行为分析和网络映射等问题。基于高性能计算和高带宽、低延迟网络，近实时方法成为可能，使防御者能理解并减少安全漏洞威胁。

4、网络基础设施服务机遇与挑战

网络基础设施服务将成为未来计算生态系统和应用不可或缺的一部分。用户基于这些服务可确保生产率、减少解决方案制定时间；发现、提供和访问可用的资源和服务；高效率和高效益地使用现有资源和服务，获得相关和及时的专家技术指导；参与开发工作，以确保有效利用不断演进的计算技术。

5、人才挑战

利用新的计算能力并将其转化为实用和可用的应用形式是一项重要且具挑战性的工作。需要一支具备熟练技能、受过先进技术培训的人才队伍，以预测和利用未来技术与解决方案。这涉及广泛的培训和技能，包括电缆铺设、电力和热管理、研究和开发、市场营销和通信等。培养和维持一支强大的、多样化的人才队伍，不仅需要内部教育或在职培训，随着技术、平台和应用程序的发展，还需在整个职业生涯中不断更新技能。为劳动力培训、再培训，生产力和协作等开发必要的工具也同样重

要。最后，在政府、学术界和行业利益相关者之间建立协同效应，制定创造性的激励和奖励机制，对于维持这支人才队伍至关重要。

6、建议

(1) 为提供强大的软硬件基础，建议美国政府：①确保对工厂、试验床、实验系统和原型等基础设施以及材料科学、微波工程和供应链等相关领域的投资，使未来计算成为可能；②支持关键的网络基础设施服务，包括发现、分配、供应、用户支持以及对计算生态系统的监测和管理；③优先开发强大的软件生态系统，包括共享且可持续的软件堆栈、库、框架和服务等，这对于加速访问和使用早期系统至关重要；④减少障碍并扩展高端计算（HEC）使用和应用领域，改善可用性和生产力；⑤鼓励利益相关者开发通用接口，调整解决方案，并为未来计算建立可共享的最佳实践和标准。

(2) 为优先改善网络安全，建议美国政府：①认识并强调网络安全对计算生态系统的重要性，以及使用先进计算来增强和加速网络安全的重要性；②鼓励社区成员共同努力以提高网络安全意识，提供评估网络安全的工具，建立有效的最佳实践，并制定网络安全控制基准；③开发近实时的、由高端计算和高带宽、低延迟网络支持的方法，以了解和最大程度地减少威胁，并建模和模拟网络环境；④优先实现网络安全态势感知，以便及早发现安全挑战，提供技术基础以打造针对计算的更灵活的网络防御，增强计算使用的网络安全，使系统更安全、更易于使用。

(3) 为支持计算相关的数据使用和管理，建议美国政府：①制定策略，用于管理、访问研究和应用所需的数据集；②支持端到端数据管理，提高科学工作流的效率，并保障包括数据在内的研究结果的传播；③开发通用接口、知识网络、工具和服务，用于数据发现、访问、传输和处理以及实时或及时处理数据流。

(4) 未来计算的整体战略方法有赖于具备能力且灵活的人才队伍，建议美国政府在直接管理的同时，也与利益相关者共同努力，打造多样化的人才队伍，实现美国战略计算计划的目标并支持美国创新生态系统引领计算前沿。

三、确保合作和协调的方法

目标：为未来计算建立和扩大合作伙伴关系，以确保美国在科学、技术和创新方面的领导地位。

1、产业界、学术界和美国联邦机构的合作伙伴关系

计算生态系统是极其广泛和多样化的，联邦机构、学术界、非营利组织和产业界分别处理和优化这个生态系统的不同方面，通常与各自的任务和优先事项相一致。因此，跨部门伙伴关系可提升效率并创造协同作用，有利于所有利益相关方，应当鼓励和积极促进这种伙伴关系。联邦机构有必要与产业界和学术界进行长期合作，以探索、开发和繁育技术。这些伙伴关系也是招聘和雇用人员的重要渠道。最后，各联邦机构之间还存在一些尚未探索的、可以提高生产力和效率的密切合作机会。

2、联邦政府协调

未来计算存在于竞争激烈的全球环境中，未来的研发协调工作应确保资源可用并能有效地用于单个机构，以及促成跨机构合作。与此同时，协调工作应当为研发和战略提供适当的场所，以针对未来计算的国家研发和战略等展开保密或非保密讨论。采用分层结构，利用“网络与信息技术研发”（NITRD）计划和其他机构间的工作组与专业知识，以及重点关注计算战略影响的国家科学技术委员会（NSTC）的新设分委会，提供必要的多方面协调。

3、建议

(1) 为鼓励伙伴关系的持续参与，建议美国政府：①促进联邦机

构、学术界和产业界开展广泛而深入的合作，充分发挥投资效益，实现协同增效，并推动下一代技术开发。同时也应考虑与国际伙伴进行交流合作；②提供能探索、开发和潜在地部署新技术的长效机制；③鼓励私营部门研究、开发和协调，努力将新方法和新技术整合到机构工作中。

(2) 为确保有效的协调，建议美国政府：①部署未来计算计划的机构间治理结构，包括：由成员机构高级管理层组成的执行理事会，根据各个机构的任务，理事会可以确定任务的优先级并支持未来计算的目标；成立一个 NSTC 的新分委会，确保跨机构的协调工作，重点关注未来计算机密级别战略影响，保持与 NSTC NITRD 小组委员会以及其他小组委员会的战略一致性，同时编写年度进展报告来帮助理事会实现目标并履行理事会分配的其他职责；现有和特设的工作组或其他实体将由小组委员会确定并设在 NSTC NITRD 内，根据需要向认可机构报告，以支持小组委员会工作；②跟踪全球在未来计算领域的发展；③将美国未来计算计划与其他主要国家的计划结合起来。 (田倩飞)

信息与材料制造

美国 NSF 发布“半导体合成生物学”二期项目招标指南

2019 年 11 月 14 日，美国国家科学基金会 (NSF) 发布“用于信息存储和检索的半导体合成生物学” (SemiSynBio-II) 项目的招标指南²，旨在通过跨学科研究，解决合成生物学与半导体技术集成的基础科学问题和技术挑战，制造可用于设备和系统的新型生物材料，研发数据存储时间超过 100 年且存储容量超过当前存储技术 1000 倍的下一代信息存储技术。

² Semiconductor Synthetic Biology for Information Storage and Retrieval (SemiSynBio-II). <https://www.nsf.gov/pubs/2020/nsf20518/nsf20518.htm>

与 2017 年 5 月发布的第一期项目指南相比，SemiSynBio-II 项目试图进一步探索和利用合成生物学和半导体技术之间的协同作用，尤其强调了对生物基新型存储计算模型和存储技术的研究。同时，新一期项目的资助总额为 1200 万美元，与第一期 400 万美元的资助总额相比有大幅提升。该项目关注 5 个主题的研究。

1、探索基于生物分子的新型存储计算模型。 半导体信息处理为基础生物学发现及其实际应用提供了革命性工具和仪器，但推导生物系统形成、作用和进化的原理仍然是一个挑战。该主题寻求能支持多尺度电子-生物系统集成的新方法、新模型和新设计原理，鼓励利用并加速生物学、材料学、电子学和计算科学等多领域协同的研究，以解决生物学与半导体技术交叉的挑战。

2、制定能解决生物学和半导体技术交叉基本问题的新策略。 该主题鼓励对基因组的组织和功能机制进行探索，以助力开发具备随机存取、高速和紧凑存储能力的合成系统。合成生物学的进展为利用真核生物基因组结构开发面向下一代信息技术的随机存取存储器提供了可能的途径。潜在研究问题包括：用于无错信息恢复的新编码和新压缩算法、特定存储信息的快速有效检索、存储设备架构以及 DNA 存储系统的优化设计。

3、促进基于可持续材料的新型生物-纳米混合器件的设计。 由于硅基材料的不可持续性，未来电子硬件需要新的材料基础。可在未来的电子组件和系统中实施，并可通过回收利用和生物降解实现可持续性的新型生物材料系统备受关注，该主题鼓励对此类系统的研究。新的电子材料需要新的制造技术，对微生物编程可产生一系列可用于半导体工艺的新材料。生命系统以高产率和低能耗制造复杂的纳米结构，若这些功能与合成核酸和蛋白质自组装结合，有望变革复杂电子架构的合成。

4、制造可用于信息存储和生物基检索的混合微纳电子系统。在新兴的混合生物半导体平台中，细胞和组织作为“生物前端”实现合成、生物传感、驱动、信号处理和能量收集，而底层半导体平台作为“半导体后端”实现信息计算、控制、通信、存储和能源供应。如果在“生物前端”和“半导体后端”间能实现具备高时空分辨率和大规模并行操作能力的可靠的信息和能量双向通信，则有望创建一种具备全新功能的混合生物-非生物反馈系统。该领域的进展可能会促进自供电智能传感器系统的发展，实现多用途的信息存储和检索。

5、扩展和表征集成电子和合成生物学系统。合成生物学工程尚处于早期阶段。随着仪器微型化和高通量表征技术的进步，需要用于混合生物电子系统的新型表征和计量工具，并进一步要求逐步改变面向合成生物学的软件设计自动化（SDA）方式。需要用于生物学的编程语言以及用于大规模生物工程的形式验证技术取得突破。利用先进的电子设计自动化（EDA）工具和概念，可以从根本上提高生物设计自动化（BDA）功能的复杂性。该主题强烈鼓励实验方面的进展。（张娟）

美国国防信息系统局公布 2020 年十大重点关注技术领域

2019 年 11 月 4 日，美国国防信息系统局（DISA）举行一年一度的工业界预测活动，该机构新兴技术理事会的系统创新科学家 Stephen Wallace 在活动上概述了 DISA 在 2020 年将大力探索的 10 个技术领域³，以求改进美军的网络安全状况。

(1) 身份认证。DISA 正在进一步研究国防部通用访问卡的使用情况。2020 年，DISA 希望在其移动设备和台式设备上应用身份认证，并实现在后台持续监控用户身份的能力。DISA 目前已成功开发出一些能

³ DISA's 10 tech focuses for 2020. <https://www.fifthdomain.com/show-reporter/disa-forecast-industry/2019/11/04/disas-10-tech-focuses-for-2020/>

建立用户身份和日常行动的档案的原型，希望在 2020 年取得更多进展。

(2) 自动化。 DISA 必须将自动化应用于更多的工作中，特别是将自动化应用于数据中心，能够显著提高工作效率。

(3) 浏览器隔离。 浏览器隔离项目是指在商业供应商中操作浏览器，然后由该供应商向用户提供“视频流”。这是保卫国防部信息网络（DoDIN）的新方式。DISA 正在通过由 1.5 万名用户参与的测试对两家供应商的能力进行评估。DISA 已向所有机构用户推出这一功能，但还有其他 8 个合作伙伴正在对其进行测试。DISA 的目标是在未来 3~6 个月内再增加 10 万名用户。

(4) DevSecOps 理念。 DevSecOps 是一种保护软件开发的安全理念，其核心为将安全贯彻至整个业务周期的每一个环节，包括开发、安全和运维。DISA 希望将该理念应用于产品的部署。通过 DevSecOps 理念，DISA 能够轻易实现跨项目信息共享，并能够为其设备的重新认证更好地做准备。

(5) 分布式账本。 DISA 正在其数据中心测试区块链技术中的分布式账本技术，该技术在数据集共享的后勤领域非常有用，能够通过消除对集中数据库访问的需求，简化数据库管理。

(6) 人工智能和机器学习。 DISA 虽然没有专门的人工智能或机器学习办公室，但有数个该技术的用例。一些需要持续验证用户身份的共享身份项目正在使用机器学习技术。

(7) 移动/台式平台融合。 当前，用户使用平板电脑和笔记本电脑等移动设备的时间显著提高，DISA 希望员工能够将移动设备带到办公室，作为台式设备继续使用，并在工作完成后随时将移动设备卸下来带走。DISA 希望未来能跨密级提供该服务。

(8) 安全编排、自动化及响应（SOAR）。 SOAR 是一种自动化的

网络安全和事故响应方法，DISA 正在该领域开展几个项目。Wallace 表示，美国的对手更善于利用自动化、机器学习和人工智能技术，因此美国需要进一步研究自动响应技术。

(9) 无线传输。DISA 正在探索 5G 技术带来的点对点通信能力，该能力将为作战人员在战术前沿提供更快、更强大的通信。此外，DISA 还在研究网络拼接技术，该技术让网络运营商能够为特定的活动指定网络中的特定部分。网络拼接技术将使 DISA 能够改变其主要通过运营商网络传输流量的方式。DISA 希望利用该技术，充分利用 5G 技术即将带来的更快的计算能力。

(10) 零信任框架。DISA 目前通过用户凭证来识别用户，然后根据用户来源（如互联网或国防部的内部非机密网络）将其置于网络中。在零信任框架下，DISA 将添加新的用户身份验证指标，比如用户正在使用的设备、当前时间和凭证。DISA 认为其能够将该概念应用于有关国防部的作品中。（徐婧）

美国 DOE 及其下属研究所推动塑料资源回收技术创新

2019 年 11 月 8 日，美国能源部（DOE）宣布将向“制造美国”（Manufacturing USA）框架下，由 DOE 主管的“内含能降低和减排研究所”（REMADE）资助 1200 万美元⁴，用于支持研发，以及教育与劳动力培养新项目，使美国制造商提高塑料和其他材料的回收、循环、再利用和再制造。

项目关注的方向包括：①开发新的制造和回收技术，使制造过程中的二次原料使用量增加 20%，且性能不打折。感兴趣的材料包括塑料，

⁴ Energy Department Manufacturing Institute Announces Call for Proposals to Address Challenges in Plastics Recycling. <https://www.energy.gov/eere/articles/energy-department-manufacturing-institute-announces-call-proposals-address-challenges>

其回收率为 4.4%；②创建设计替代方案，在产品生命周期结束时增加产品的回收、循环、再利用和再制造；③开发新的技术，分离和回收电子垃圾材料中的特定聚合物和金属，使电子垃圾回收率比 2015 年的基准提高 30%，即从当前的 22% 提高到 28.6%；④推进技术研发，从聚合物中去除颜料，从而使回收率比 2015 年基准提高 25%，能耗降低 25%；⑤为美国劳动力提供最先进的回收利用培训，包括塑料回收利用，并支持制定新的 REMADE 专业证书计划。

作为上述工作的深化，DOE 在 2019 年 11 月 22 日宣布启动“塑料创新挑战赛”⁵，旨在从收集技术、分解技术、回收开发、循环利用设计等方面，加速塑料的回收技术创新。主要关注 3 个方向：①高度可回收或可生物降解的生物基塑料，目标是开发生物基塑料，该塑料的性能优于现有塑料，并且可以在环境或堆肥设施中经济有效地进行回收或生物降解；②解构和升级利用现有塑料废弃物的新方法，目标是开发能效高的化学回收技术，将塑料流分解为可升级为高价值产品的中间体；③ BOTTLE 联盟⁶合作应对塑料废弃物挑战，目标是与 BOTTLE 实验室发展合作关系，进一步落实联盟的长期目标，并推进“塑料创新挑战赛”⁷。

（万勇）

生物与医药农业

欧盟“地平线 2020”资助可持续化学酶法制备化学品的新项目

2019 年 11 月 6 日，比利时根特大学宣布该校的 GREEN-CHEM 网络与意大利、德国和法国的合作机构共同参与了“地平线 2020”计划

⁵ Department of Energy Launches Plastics Innovation Challenge. <https://www.energy.gov/eere/articles/department-energy-launches-plastics-innovation-challenge>

⁶ BOTTLE 全称是“生物优化技术可防止热塑性塑料进入垃圾填埋场和环境”（Bio-Optimized Technologies to Keep Thermoplastics out of Landfills and the Environment）。BOTTLE 联盟成立于 2019 年年初，由能源部国家实验室领衔

⁷ New Notice of Intent for Joint Funding Opportunity to Advance DOE's Plastics Innovation Challenge. <https://www.energy.gov/eere/articles/new-notice-intent-joint-funding-opportunity-advance-doe-s-plastics-innovation>

中的新项目“创新性化学酶促集成工艺”（INCITE）⁸。该项目的目标是通过流化学和膜技术创新性地集成化学酶促工艺中的上游和下游两个路径，使该工艺向绿色环保和可持续发展化学工业过渡。

INCITE 项目将通过实际工业环境中的两个示范案例来展示已开发的化学酶促工艺的模块化和灵活性，其中一个案例位于比利时，另一个在意大利。这两个案例都将使用水解酶来可持续、安全和节能地生产精细手性化学品等产品。第一个示范案例涉及手性分子的酯酶催化生产，该手性分子被用作农作物保护和公共卫生领域中化合物生产的原料。第二个示范案例则涉及使用脂肪酶的无溶剂合成油脂化学酯类，其被用于肥皂和洗涤剂的生产。

INCITE 项目由比利时 Oleon 公司牵头，该公司是 20 世纪 50 年代以来全球领先的油脂化工生产商之一，其他成员包括比利时法兰德斯技术研究院（VITO）、意大利 ENDURA 公司、意大利 BICT 公司、德国弗劳恩霍夫应用研究促进协会、比利时根特大学、法国工业与农业资源竞争园区以及意大利 BIO-P 公司。该项目于 2019 年 9 月启动，将在 4 年时间内实现项目目标，预算超过 1300 万欧元。（郑颖）

能源与资源环境

欧盟“电池 2030+”计划工作组发布电池研发路线图草案

2019 年 11 月 18 日，欧盟“电池 2030+”（BATTERY 2030+）计划工作组发布了电池研发路线图第二版草案⁹，提出未来 10 年欧盟电池技术的研发重点，旨在开发智能、安全、可持续且具有成本竞争力的超高性能电池，使欧洲电池技术在交通动力储能、固定式储能领域以及机器

⁸ Two pilots for the more sustainable chemo-enzymatic production of chemicals via new EU project. <https://www.ugent.be/greenchem/en/innovations/incite>

⁹ Battery 2030+ Roadmap (Second Draft). https://battery2030.eu/digitalAssets/820/c_820604-l_1-k_battery-2030_roadmap_version2.0.pdf

人、航空航天、医疗设备、物联网等未来新兴领域保持长期领先地位。该路线图草案提出了欧盟电池研发的长期愿景和总体目标，指出未来将围绕材料开发、电池界面/相间研究、先进传感器、自修复功能这 4 个主要研究领域，以及制造和回收利用这两个交叉研究领域开展技术成熟度在 1~3 级的新概念技术研发活动。

欧盟委员会在 2018 年 5 月公布的《电池战略行动计划》中宣布将设立一个大型的电池研发长期计划，并在当年 12 月发布《电池 2030+宣言》，阐述了“电池 2030+”计划的目标、愿景和重点研发领域。2019 年 3 月，欧盟启动“电池 2030+”协调和支持行动，以确定“电池 2030+”计划的研发路线图。本次发布的研发路线图第二版草案经讨论修改后，将于 2020 年 2 月底提交给欧盟委员会。路线图主要内容如下。

一、“电池 2030+”计划目标

研发具有超高性能的智能、可持续电池，以应用于各种领域。此类电池将具备能量和功率密度接近理论极限的超高性能、出色的使用寿命和可靠性、增强的安全性和环境可持续性以及可扩展性，并能以具有竞争力的成本大规模量产。

与当前技术相比，通过“电池 2030+”计划在未来 10 年的研究，将为电池技术带来如下影响：将电池在能量密度和功率密度方面的实际性能和理论性能之间的差距缩小 1/2；至少将电池的耐用性和可靠性提高 3 倍；对于给定的电力组合，将电池的生命周期碳足迹至少减少 1/5；电池回收率至少达到 75%，关键原材料回收率接近 100%。

二、重点领域研发路线

1、材料开发

(1) 研发重点

通过创建材料加速平台，将合作伙伴的优势互补与现有的合作环境

相结合，以支持提高对电池材料认识的研究工作。重点研发技术包括：

①开发高通量自主合成机器人，以解决电解质配方和电极活性材料及其组合时的材料表征问题；②建立用于对电池材料及其原位和运行过程中表征的自动化高通量基础设施，将物理参数导向的基于数据的建模和数据生成相结合，对电池及其活性材料进行高通量测试，建立可加速开发新材料和界面的电池材料平台；③建立基于分布式访问模型的跨部门通用数据基础架构，确保在材料的闭环研发过程中，能够实时进行跨部门实验数据集成和建模；④多尺度互连和集成工作流程，通过机器学习和物理理论导向的数据驱动模型识别最重要的参数和特征，开发创新方法以有效和稳固的方式最佳地耦合和连接不同尺度的模型；⑤开发人工智能（AI），将基于 AI 技术开发集成物理参数和数据驱动的混合模型；⑥统一数据协议，利用欧洲材料建模委员会（EMMC）和欧洲材料与建模本体（EMMO）支持的语义访问协议，并将学术界和工业界、材料建模和工程联系起来，实现整个电池价值链中的数据标准化；⑦电池材料和界面的逆向设计，通过所需性能目标来定义电池材料和/或界面的组成和结构，从而颠覆传统的开发过程。

（2）研发目标

短期目标：开发用于电池材料和界面的共享且可互操作的数据基础架构，涵盖电池发现和开发周期内所有领域的的数据；自动化的工作流程，可识别并在不同的时空尺度之间传递特征/参数；构建基于不确定性的材料和界面的数据驱动和物理混合模型。

中期目标：在材料加速平台中实施电池界面基因组，能够集成计算建模、自主合成机器人和材料表征；成功演示电池材料可逆设计过程；在发现和预测过程中直接集成来自嵌入式传感器的数据。

长期目标：在电池界面基因组-材料加速平台上建立并示范完全自主开发过程；集成电池组装和设备级测试；在材料开发过程中实现可制造性和可回收性；示范材料开发周期的 5 倍加速；实施并验证用于电池超高通量测试的数字技术。

2、电池界面/相间研究

(1) 研发重点

在电池界面/中间相研究方面，将重点关注如下研究：①开发针对更高的空间分辨率、时域和运行条件的新型计算和实验技术，以获得超高性能电池系统构造的新认知；②开发结合实验、理论和数据驱动的全新研究方法，通过基于物理的数据驱动混合模型和仿真技术以描述最先进的实验；③开发具有高保真度的电池界面表征技术，通过对电池界面及其动态特性的精确表征，建立电池界面属性的大型共享数据库；④设计电池及其材料的标准化测试协议，以便通过将电池性能与其化学性质进行比较来获取有关电池界面的关键信息；⑤开发更精确的模型，以接近最真实的界面、老化和退化情况。

(2) 研发目标

短期目标：为电池界面建立规范的特性/测试协议和数据标准；开发自主模块可利用 AI 和仿真模拟技术进行动态特征分析和数据测试；开发可互操作的高通量和高准确度的界面表征方法。

中期目标：为电池界面的空间和时间变化过程开发预测混合模型；电池中间相逆向合成设计模型的示范；电池界面基因组-材料加速平台得以实现，能够集成计算建模、自主合成机器人技术和材料表征。

长期目标：在电池界面基因组-材料加速平台上建立并示范完全自主开发过程；证明界面性能提高 5 倍；证明电池界面基因组到新型电池化学和界面的可移植性。

3、先进传感器

(1) 研发重点

在先进传感器方面，将重点关注如下研究：将智能功能嵌入电池，集成和开发适用于电池的多种传感器，如光学、电学、热学、声学 and 电化学传感器，并设计和开发固体电解质中间相动态监测功能；将传感器嵌入电池，开发具有创新化学涂层的传感器，将传感器尺寸减小到几微米以适合电极隔板的厚度，采用无线传感技术来避免连接布线问题，还可开发能够监测多个参数的新型传感器。

(2) 研发目标

短期目标：开发基于各种传感技术和简单集成的非侵入性多传感方法，为评估电池内的界面动力学、电解质降解、枝晶生长、金属溶解、材料结构变化等现象提供可能；监测电池工作期间关键参数的正常-异常变化，并定义从传感器到电池管理系统的传递函数；通过实时传感将工作温度窗口扩大 $>10\%$ 。

中期目标：实现（电）化学稳定传感技术的微型化和集成，以经济有效的方式与工业制造过程兼容，在电池层面和实际电池模块中均具有多功能；利用先进电池管理系统传感数据，建立新的自适应预测控制算法；在电池界面基因组-材料加速平台中集成感应和自修复功能；多价电极体系过电压降低 $>20\%$ ；将锂离子的电压窗口增加 $>10\%$ 。

长期目标：依靠新的 AI 协议辅助的先进电池管理系统，通过无线传感器通信实现完全可操作的智能电池组；在未来的电池设计中，将感测/监视与刺激引起的局部修复机制（例如自修复）结合，从而可以通过集成感测-电池管理系统-自修复系统来获得智能电池。

4、自修复功能

(1) 研发重点

在电池自修复方面，将重点关注如下研究：①功能化电解质隔膜，研究电解质隔膜孔道内接枝的方法，经过专门设计使其具有自修复特性；②针对大多数组件和界面开发聚合物自修复策略，也将探索超分子在自修复多相固体聚合物电解质系统中的应用；③开发生物基电解质隔膜，通过控制电解质的分解从而改善电池老化，使用无毒的生物基分子/蛋白质（例如环糊精）设计薄而多孔的可控隔膜，其选择性可以通过使用和优化蛋白质工程来实现；④探索利用滑动凝胶控制隔膜表面的有机物并优化电池装置的效率，另外将研究复合电极，其包含能够通过施加刺激来释放修复剂的微胶囊，将设计具有矿物或聚合物壳的微囊，在受刺激破裂时将释放锂盐、钠盐等。

（2）研发目标

短期目标：进行跨领域合作，为建立新的电池研究领域打下基础，从而开发电池的自修复功能。对隔膜进行功能化处理，并开发依靠 H-H 键可逆交联的超分子结构，以修复电极-隔膜的膜破裂，同时与目标电池的化学性质兼容。

中期目标：设计具有可容纳多种功能有机-无机修复剂胶囊的隔膜，可通过磁、热或电模量触发以实现自动修复；确定与刺激驱动自修复操作相关的响应时间，以修复与电极断裂或固体电解质中间相老化有关的故障。

长期目标：设计和制造具有受控功能和孔隙率的低成本生物基电解质隔膜；在电池传感器和电池管理系统之间建立有效的反馈回路，以通过外部刺激适当触发已经植入电池的自修复功能。

5、电池制造

（1）研发重点

未来电池制造应避免使用当前的反复试错方法，并且电池和制造过程必须“智能”，开发电池数字化模型。因此需进行如下工作：引入新

功能，如自修复材料/界面、传感器或其他执行器、电池生态设计和替代电池设计；开发灵活的制造流程和高精度建模工具，以优化工艺、条件和机器参数，开发用于处理电极浆料和电池性能的实时模型，即用于电池制造的数字化模型；在电池制造过程中开发和验证多重物理量和多尺度模型，以更准确了解制造过程的每个步骤。

(2) 研发目标

短期目标：重点开发电池设计方法，改进仿真工具，如多物理场模型，通过深度学习和机器学习方法减轻电池单元设计的计算量并应用当前的 AI 技术。

中期目标：开发电池界面基因组、材料加速平台、传感技术、自修复、回收和其他创新领域，并将其整合到流程中；在电池级设计取得进展之后，将启动并实施基于 AI 制造方法，即建模→AI→制造，包括新技术的制造和制造过程中的数字化模型；规模可扩大的电池，如液流电池。

长期目标：通过在整体原型开发中集成电池单元设计，可以成熟地使用整体由 AI 驱动的方法，实现基于电池界面基因组-材料加速平台的完全自主系统。利用这种方法开发可商业化的最新电池技术。

6、电池回收

(1) 研发重点

计划将开发突破性的电池回收工艺，主要研究方向包括：通过标签、电池管理系统、传感器等收集和分析数据；现代低碳足迹物流概念，包括分散式处理；自动将电池组拆解到单元级别；尽可能探索重复使用和再利用；自动拆解电池至最大的单个组件；开发选择性粉末回收技术，并将其“翻新”为电池活性物质，如果不可能，则通过调整组成来合成活性物质前驱体。

为此，将进行特定研发活动：电池设计中尽可能延长寿命，并考虑重新校准、翻新以及二次使用和多次使用的适用性；集成传感器和自修复功能，用于识别损坏/老化的组件并为它们的重复使用做准备；开发可追溯性概念，特别是整个电池生命周期中关键原材料的可追溯性，自动电池分拣和评估，以及开发对有价值关键材料的有效、低成本和可持续的一步回收处理；选择性回收过程中将使用 AI 技术和分拣设备，同时还寻求适用于所有电池的通用过程，确保即使是金属-空气电池等新型电池，也能最大程度回收电池组件。

(2) 研发目标

短期目标：开发用于数据收集和分析的系统，开发用于电池组/模块分拣和重复利用/再利用的技术，并开发自动拆解电池的方法。将开发用于电池快速表征的新测试技术。

中期目标：开发自动将电池拆解成单个组件的技术，粉末和组件的分选和回收技术，以及将其“翻新”为先进的新型电池活性材料的技术。在电池中测试回收的材料。将开发二次应用中材料再利用的预测和建模工具。显著提高关键原材料的回收率并明显改善对能源和资源的消耗。

长期目标：开发和验证完整的直接回收系统，该系统将在经济上可行、安全且环境友好，并且比目前的流程具有更低的碳足迹。（岳芳）

欧洲 ETIP-Wind 发布至 2027 年风能研发路线图

2019 年 11 月 27 日，欧洲风能技术与创新平台（ETIP-Wind）发布了《风能路线图》¹⁰，确定了 2020~2027 年间欧盟风能技术 5 个重点领域的研发优先事项，包括：并网及系统集成；运行与维护；下一代风能技术；降低海上风电成本相关技术；浮动式海上风电。路线图指出了各

¹⁰ ETIPWind Roadmap. <https://etipwind.eu/files/reports/ETIPWind-roadmap-2020.pdf>

技术领域面临的关键挑战和近、中、远期研发优先事项，并明确了研发优先级。欧盟委员会于 2016 年在“战略能源技术规划”（SET-Plan）框架下建立了 ETIP-Wind，汇集了风能行业的利益相关方，包括产业界、政府部门和研发机构，主要工作是制定欧洲风能技术研发重点并进行沟通和协调，以确保欧洲风能保持领先地位，实现欧洲气候和能源目标。

一、并网及系统集成

1、关键挑战

电力系统必须进行重大转型以应对未来完全使用可再生能源发电的情况，因此需加强和加速包括电厂运营商、系统运营商和用户在内的所有参与者之间的沟通与协调，增强数据管理和网络安全，优化现有电网基础设施和开发高压直流输电（HVDC）技术，并在整个欧洲范围内对混合能源网络和虚拟电厂进行更大规模的示范。此外，需提高灵活性以实现 100% 可再生能源发电，包括：开发实时灵活性解决方案以稳定系统，短期解决方案以平衡系统，长期运行方案以维持系统的充分供应；风电场运营商需通过提供辅助服务为电网的管理做出更大贡献，并开发新的解决方案以使能源生产与风能收集脱钩，以便在资源不足时为系统供电；对短期和季节性储能、多种配置风电场和混合能源系统进行创新，并提升对发电量和需求量的预测准确性。

2、研发重点

在并网和系统集成领域，按照研发重要性进行优先级排序，近、中、长期（即 2020~2022 年、2023~2024 年和 2025~2027 年，下同）研发事项如下。

（1）近期。首要进行的研究包括：发电量和需求量预测；短期储能技术研究。其次，将进行长期储能技术研究。优先级最低的研发事项为：多种配置风电场；未来系统需求建模。

(2) 中期。优先级最高的研发事项为输电基础设施优化。优先级中等的有：系统辅助服务；可持续混合能源系统解决方案。

(3) 长期。优先级最高的研发事项为 100% 可再生能源的系统稳定性研究。

二、运行与维护

1、关键挑战

风力涡轮机暴露于各种天气极端现象中，不断变化的外部条件使风力涡轮机承受的负荷变化范围很大，对叶片和发电机等关键组件施加了极大的应力，运营商将需要连接并汇总来自涡轮机组件的实时数据，开发人工智能技术以提供新的大数据分析工具和解决方案，进而优化性能管理，确保风力涡轮机以其最佳状态运行，提升运行耐用性。风力发电厂通常包括多个相互连接但又独立分布的发电设备，面临一系列独特的运营挑战：风力涡轮机通常安装在更偏远且人口较少的地区，使按时运送人员、材料和组件变得困难，需通过数字解决方案和遥感技术的研究与创新，扩大运维人员在设备故障时的操作范围以防止意外故障；风电场运营商通常运营和维护大量资产，需研发数字资产管理系统以优化机组而非单个涡轮机的电力生产；随着风电机组逐渐增多，运营商还需要制定全面的风机退役策略，开发风机退役策略和技术，以处理将在未来几年内达到设计使用寿命的资产。

2、研发重点

在运行与维护领域，按照研发重要性进行优先级排序，分阶段研发事项如下。

(1) 近期。首要进行的研究包括：寿命评估和运行情况监测；用于控制和监测的数字技术。其次，将探索利用机器人进行检查和维修的方法。

(2) 中期。优先级最高的研发事项为：动态电缆修复解决方案；

智能运行的数字化解决方案；预测环境参数。优先级中等的有：退役策略和技术；极端环境下的运行解决方案。

三、下一代风能技术

1、关键挑战

欧洲风电行业需要继续降低风电成本，例如设计和制造新的组件结构和材料并开发新型高精度生产线，用于大规模生产更大、更高效的涡轮机；研发新材料和/或多材料解决方案，以减轻部件重量、增加耐用性并改善机械性能；改进运输和安装技术并扩大规模，以适应未来几年大型风力涡轮机的发展。此外，还需提高风电的可持续性，通过研发和创新以促进回收技术的多样化并扩大规模。基础设施、塔架和齿轮箱之类的大多数风力涡轮机组件都是可回收的，这使得风力涡轮机的回收率高达 85%~90%。然而，由于复合材料的使用，叶片回收是一项特殊的挑战，因此需要对回收技术进一步创新并进行大规模示范，以回收玻璃、碳纤维和磁性材料等关键材料。还需开发更轻、更耐用、更易回收的新材料，以提高风电的可持续性并降低欧盟对稀土矿物和其他关键原材料的进口依赖。

2、研发重点

在下一代风能技术领域，按照研发重要性进行优先级排序，近、中、长期研发事项如下。

(1) 近期。首要进行的研究包括：组件材料的验证与开发；叶片回收示范；将风电系统整合到周围的自然和社会环境中。其次，将开发大型零件运输的新方法。

(2) 中期。优先级最高的研发事项为：开发可持续材料；制定标准；制造工艺开发。优先级中等的有：传感器、诊断和响应技术；下一代风力发电机；降噪技术；组件的可靠性研究。

(3)长期。首要开发组件和材料的回收技术,其次是颠覆性技术研究。

四、降低海上风电成本

1、关键挑战

未来 10 年, 12~15 兆瓦海上风力涡轮机将投放市场, 需要具有更大空间、更深吃水深度、更坚固的安装船和起重机, 因此需要创新的概念和设计来开发能够承受超过 1000 吨的新一代安装船。还需开发更好的方法测试电缆在生产后、运输后和安装后的完整性, 以减少因扭曲、过载和海底覆盖层的侵蚀导致的电缆失效, 避免电缆故障造成的运行损失和高昂的维修费用。此外, 需探索集成海上风电场设计和开发的通用方法。海上风电大规模商业化的障碍主要涉及批量产品、动态输出电缆和电力辅助设备对港口基础设施的要求, 以及操作和维护技术。风电行业及其供应链应开发海上风电的物流模型, 并确定通用的安装技术和制造要求。开发新的基础系统标准化解决方案, 以简化风机安装过程, 降低故障成本, 使不同制造商使用相同的基础系统以扩大欧洲供应链市场。此外, 还需为导管架底座的防腐蚀设定更好的标准。

2、研发重点

在降低海上风电成本的相关技术领域, 按照研发重要性进行优先级排序, 近、中、长期研发事项如下。

(1) 近期。优先级为中等的研发事项有: 数据可用性和共享; 子结构批量生产的流程分析。

(2) 中期。将首要进行布线和连接相关研究, 其次将进行材料耐用性和保护方面的研究。

(3) 长期。将首要进行: 制定跨行业标准和协议; 集成优化设计方案; 方法和流程的验证。优先级最低的事项为供应链物流的开发。

五、浮动式海上风电

1、关键挑战

为了使浮动式海上风电具备与其他能源的成本竞争力，需实现浮子的批量生产，存在如下挑战：开发部署模型、案例研究和市场评估，以确定不同市场和环境下的最佳设计和概念；评估在各种市场和环境中制造、运输、安装和操作的便利性；开发具备良好性能且易于低成本批量生产的浮动式设计；在许多经济领域进行详细的计划和协调，以快速启动新的供应链；通过研究和创新提升供应商的制造能力，升级港口基础设施，开发新的安装船以及设计新电网连接设备。此外，对于浮动式风电场的部署也存在挑战：需更好地理解停机时风浪相互作用，以优化浮动式海上风机的停机安排和涡轮机设计；在禁止使用气象桅杆的深水区域，需准确评估风能资源的需求；需对停机时尾流和风场连贯性进行明确定义；浮动式涡轮机的较大运动对部分部件的载荷疲劳提出了设计上的挑战，需研发缓解负载的设计模型和控制方法；随着涡轮机尺寸的增加，组装和繁重的维护操作成为一项挑战，需要开发低成本安装和维护的创新解决方案和概念；需监测系泊系统和动态电缆在循环载荷和海洋条件下的老化情况，通过生命周期管理显著降低成本；通过研发创新，确定在水深超过 100 米水域将阵列电缆固定在海床上的方法。

2、研发重点

在浮动式海上风电领域，按照研发重要性进行优先级排序，近、中、长期研发事项如下。

(1) 近期。优先级最高的研发事项有：精益制造；验证设计工具；系泊和锚；动态电缆；控制方法。

(2) 中期。优先级为中等的事项为开发供应链中的集成设计流程，优先级最低的则为浮动安装、组装和大型维护。

(3) 长期。中等优先级的事项为停机控制方面的研究。 (岳芳)

美国 DOE 资助上亿美元推进太阳能发电技术研发部署

2019 年 11 月 6 日，美国能源部 (DOE) 宣布资助 1.28 亿美元用于支持太阳能发电技术研发项目¹¹，以进一步推进太阳能发电、并网集成和相关制造技术研发突破，提升效率减少安装成本和发电成本，提升太阳能电力经济性，同时改善集成太阳能电力电网的稳定性和弹性，进而扩大太阳能电力在全美的部署规模。本次资助重点聚焦五大主题，包括光伏发电技术、聚光太阳能热发电技术、系统软成本削减、太阳能制造业创新以及先进的太阳能并网集成技术。

1、光伏发电技术研发 (21 个项目，资助总额 2360 万美元)

(1) 光伏联合研发项目：研发并验证使用低温和超声波加工 III-V 族化合物晶圆工艺的可行性，以代替金属切割减少材料浪费、降低制备成本并提高晶圆基板的使用寿命；利用先进电池模块原型制造设施，来提高发射极和背面钝化电池 (PERC) 制造工艺水平，降低生产成本；针对背接触的 CdTe 太阳电池开发高性能背接触材料和工艺，以在减少功率损失前提下将该电池效率提升到 25% 水平；利用机器学习、大数据等数字技术开发光伏电站的故障自动监测和诊断系统，以减少意外事故发生频率，同时减少人工成本进而降低发电成本；开发低成本、高效规模化生产稳定钙钛矿太阳电池的沉积技术；开发高效、低成本、稳定的双面钙钛矿太阳电池卷对卷生产工艺；开发新型的封装密封剂，能够有效吸收钙钛矿中泄漏出的铅元素；对暴露在高温、强光和其他潜在损害因素的环境下钙钛矿太阳电池进行电池结构的原位表征，研究其降解衰退机制；开发浮法硅晶片的制作工艺替代传统的线锯切割工艺，减少制

¹¹Department of Energy Announces \$128 Million in New Projects to Advance Solar Technologies. <https://www.energy.gov/articles/departments-energy-announces-128-million-new-projects-advance-solar-technologies>

备过程的材料浪费。

(2) 小型创新项目：开发新型的超声波表征手段用于表征太阳能电池封装模块中的 EVA（乙烯-醋酸乙烯共聚物）交联度，来减少层压缺陷产生；开发新型低成本长寿命（25 年）的空穴材料，以将钙钛矿太阳能电池效率提升到超过 30% 水平；探索 PERC 结构 P 型硅基电池光、高温诱导的性能衰退机理；开发横截面原位表征工具来观测光伏器件中载流子的迁移情况，探明载流子的动力学机理；利用机器学习、大数据来收集和分析光伏电站运行数据，指导优化光伏电站设计，并对新电站进行技术经济评估，减少电站成本；搭建利用太阳能作为供能系统的兔子饲养房，评估其技术、经济、环境的可行性；通过模拟和实验探索异质结硅基电池和 PERC 硅基电池的性能衰退机制；利用纳米粒子电喷雾激光沉积技术（NELD）制备 PERC 电池的银接触点，以提升电池性能；III-V 族太阳能电池衬底的回收再利用技术研发，降低制造成本；开发高性能的发射极和背面钝化 CdTe 电池，并研究其局域的载流子动力学行为；开发新型、低成本、环保型的天然石英石转变高纯硅的生产技术。

2、聚光太阳能热发电技术研发（13 个项目，资助总额 3000 万美元）

(1) 热能存储技术：研发高效经济的长时（周或者季节性）储能系统与聚光太阳能热发电（CSP）结合，实现能量的全年度合理分配；开展高温太阳能热化学储能技术研究，以提高太阳能热发电的经济效益；开发新的复合陶瓷热能存储材料替代金属材料以提高存储罐的隔热性和机械强度；验证使用存储液化石油气的大型储罐来收集并存储太阳能产生的热蒸汽技术经济可行性。

(2) 材料和制造研究：用于集中式 CSP 发电厂的超临界二氧化碳循环系统换热器中镍合金的蠕变和疲劳特性研究；开发新型的压缩机用于超临界二氧化碳动力循环系统，集成到 CSP 电站改善发电性能；开

发利用金属粉末压制方法制备超临界二氧化碳动力循环系统组件的工艺，以降低制造成本；碳化硅接收器替代金属合金用于 CSP 电厂存储高温熔融氯化物盐，增加接收器耐热性和耐腐蚀性，延长寿命；研究第三代 CSP 发电系统中各组件、焊接件的热机械行为，探索优化工艺延长组件寿命；针对以超临界二氧化碳作为工质的 CSP 电站开发新型的自润滑、高效碳纳米管阵列刷式密封，提升涡轮机效率同时减少成本；开发耐氧化、热机械性能优异（能够承受超临界二氧化碳、熔融盐腐蚀和 800℃ 高温）的陶瓷复合换热器；开发一款耐高温、抗冻的熔融盐阀，可减轻 CSP 高温工作环境下的泄漏和冻结，减少因冻结和停机而造成的运行和管理负担；开发基于偏振技术的成像系统，提高光线测量的灵敏度，用于评估 CSP 集热器系统的性能。

3、系统软成本削减（19 个项目，资助总额 1760 万美元）

(1) 构建合作伙伴解决监管问题：成立区域太阳能项目管理协会，召集公共部门和私营部门的利益相关方，为地方政府、特区和其他有权安装大型太阳能项目的当局确定最佳实践，将开发相关工具包用于太阳能项目的审批、许可和法规流程制定；组建可再生能源协会，汇聚智慧达成共识，提出太阳能和“太阳能+储能”项目许可审批流程和监管框架相关建议；开发在线网络安全工具包，以帮助太阳能行业的决策者、监管机构、公用事业单位以及州和地方政府在其辖区内制定有关太阳能基础设施的网络安全政策；将与美洲原住民部落合作制定相关监管方案，解决部落部署光伏发电和“太阳能+储能”系统的障碍；通过确定太阳能设施共同受益权人，共同开展太阳能系统安装地点的雨水渗透和径流现场研究；开发用于绘制二次低压的电路新方法，加速公用事业单位批准太阳能连接到电网的互连过程；培训城镇居民有效参与太阳能电力批发市场和公用事业规划过程，帮助城镇评估太阳能发展潜力。

(2) 通过数据采集和分析评估太阳能基础设施对禽类生活环境影响：开发深度学习计算机视觉框架以监视禽类与太阳能基础设施的交互作用，通过收集和分析数据有效减少太阳能设施对禽类生活环境影响；使用两种互补的遥感技术（无人机和 3D 成像）开发用于机器学习模型来监控生活在太阳能设施附近的鸟类；建立一个框架用以指导鸟类“羽毛斑”基因表征，并了解太阳能设施对候鸟种群的影响。

(3) 太阳能融资方法创新：针对低收入社区，研究和开发全新的太阳能产业融资模式和所有权结构，以拓宽融资渠道，推动太阳能产业在低收入社区的发展；利用联邦低收入家庭能源援助计划（LIHEAP）、州和地方激励措施以及其他资金来源促进中低收入社区太阳能设施部署；为公用事业单位、太阳能开发商以及社区和地区金融机构提供一系列太阳能发展的成功案例和最佳实践，以提升中低收入社区使用太阳能的经济承受能力；设计和实施灵活的金融信贷协议，以增加中低收入社区的选择和提高太阳能经济承受能力，解决太阳能部署障碍；与社区金融机构合作，创建培训计划和共享资本平台，从而扩大信用合作社、社区银行和社区发展金融机构在低收入社区中太阳能融资的参与度。

(4) 太阳能软件开发：开发简化的太阳能电力上网评估软件，以帮助农村社区和小型公用事业单位更加轻松快捷地部署太阳能电力系统；开放小型、经济的光伏系统模拟和分析平台，以从数据系统获取真实数据进行模拟计算，获得最佳运行模式，提升发电效率，降低太阳能光伏服务商运维成本；开展太阳能电力高比例并网电网的长期模拟仿真。

4、太阳能制造业（7 个项目，资助总额 680 万美元）

开发并测试模块化的单源气相沉积（SSVD）电池制造平台，以实现下一代薄膜太阳电池（钙钛矿太阳电池）高通量低成本规模化制造；开发机械破碎碳化硅晶圆制造技术，减少制造过程的材料浪费，提高产

率降低成本；开发具有成本效益的金属浆料，以增强太阳能电池中的金属连接，提高其抗断裂性，并最大程度地减少由降解和封装处理引起的裂纹，延长电池寿命；开发用于高效制造透明导电薄膜的单束离子源沉积技术，降低导电薄膜制造成本；先进的分布式电网基础设施，减少分布式太阳能系统的安装和材料成本；新型的太阳能玻璃的减反射和防污涂层技术；发展光伏电站现场安装工厂，以缩减时间和经济成本。

5、先进并网集成技术（15 个项目，资助总额 5000 万美元）

（1）配电网自适应保护：开发和测试稳定可靠的太阳能光伏设施模型，以使电力工程师能够计划、操作和保护输配电系统；开发匹配太阳能光伏系统的自适应配电保护系统，该系统使用动态模型来确定电网运行状态是否健康；开发大型光伏系统高级模型套件，用以捕获不同条件下系统运行的动态信息，以减少瞬时停电，提高系统稳定性；高比例太阳能并网电网的自适应保护和控制系统，提高保护系统的选择性和灵敏度；开发具有高级量测体系（AMI）数据集成功能的分布式能源的风险信息分层控制系统，以提高太阳能占比的电网系统可靠性；通过储能技术、人工智能和区块链技术实现对富余太阳能的优化利用。

（2）先进光伏控制技术和网络安全技术：开发基于逆变器的电网建模和自动化分析工具系统，研究太阳能并网对大电网稳定性影响；开发和部署适用于分布式能源系统的安全通信技术，提高分布式能源网络安全性；研究和验证 100% 可再生能源的微电网技术，能够在变化的条件下保持电压和频率稳定来改善电网的稳定性和弹性；开发不依赖通信网络的防黑客逆变器，即使出现电网故障也可以避免连锁停电，并且无需借助传统发电机的帮助即可启动电网；开发并示范具有网络弹性的光伏配电系统的主动防御机制，防范网络攻击，解决光伏系统的逆变器和系统级网络安全问题。

（郭楷模 裴惠娟）

欧美联合资助碳捕集、利用与封存项目

2019年11月1日，欧美联合参与的“提升碳捕集与封存技术”（ACT）倡议宣布投入 3150 万欧元，资助开展“碳捕集、利用与封存”（CCUS）领域的 12 个项目¹²，其中 6 个项目涉及二氧化碳捕集，3 个项目涉及碳封存与监控，其他 3 个项目分别涉及封存与地质封存井、封存与二氧化碳利用的结合以及二氧化碳矿化。“提升碳捕集与封存技术”倡议由法国、德国、希腊、荷兰、挪威、罗马尼亚、西班牙、瑞士、土耳其、英国和美国等 11 个国家发起，旨在促进 CCUS 领域的研发与创新，从而开发出安全、经济的 CCUS 技术。本次资助项目的主要信息如下。

（1）水泥生产中的富氧燃烧技术。资助金额为 300 万欧元，进行中试规模的实验和分析研究，以促进富氧燃烧水泥厂关键组件的发展，缩短水泥行业中富氧燃烧技术的上市时间。

（2）离岸监控。资助金额为 150 万欧元，构建独特的基于网络的工具包，优化对海上地质封存站点的监控流程，从而加强对已封存二氧化碳的离岸监控。

（3）水泥行业中的碳酸盐循环工艺。资助金额为 240 万欧元，开发新型的间接加热碳酸盐循环（IHCaL）工艺，降低从石灰和水泥厂中捕集二氧化碳的能耗及减排成本。

（4）二氧化碳封存工程的数字监控。资助金额为 500 万欧元，开发并演示价格合理、灵活且智能的数字监控预警系统，用于监控二氧化碳封存库与接收捕集到的二氧化碳的地下屏障系统。

（5）二氧化碳矿化为无水碳酸镁。资助金额为 70 万欧元，通过结合模拟和实验技术，确定在轻度、无害与无毒条件下催化无水碳酸镁形

¹² New ACT2 Projects Selected for Funding. <https://static1.squarespace.com/static/5672ab009cadb60e553e3529/t/5dbc5213cdaa5f24055b22a2/1572622870412/ACT2+projects.pdf>

成的关键因素，从而优化二氧化碳矿化成菱镁矿的过程。

(6) 不同行业中的二氧化碳捕集。资助金额为 510 万欧元，通过建立更快、更具成本效益的方法来预测和控制新一代溶剂的降解，从而加快二氧化碳捕集技术的发展。

(7) 用于海上二氧化碳捕集与封存的膜系统。资助金额为 170 万欧元，开发用于海事应用（如海上石油和天然气行业使用的浮船）的超紧凑型膜系统，实现经济高效且灵活的燃烧后二氧化碳捕集操作。

(8) 废弃物资源化（Waste to Energy, WtE）行业中的负排放。资助金额为 220 万欧元，加快碳捕集与封存（CCS）在欧洲 WtE 行业的部署，并为选择能抵抗城市固体废物杂质的坚固、燃料灵活的技术制定指南。该项目还将评估 WtE 碳捕集与封存市场的规模，制定区域路线图。

(9) 用于高效节能型碳捕集的吸附性材料。资助金额为 210 万欧元，整合分子科学和过程工程技术，开发能提供定制的碳捕集解决方案的技术平台，针对各种不同的二氧化碳来源和二氧化碳使用/目标选项进行最佳分离。

(10) 再利用现有的矿井封存二氧化碳。资助金额为 250 万欧元，开发程序和工具来评估现有的用于二氧化碳封存的油气井的再利用潜力，以帮助利益相关者就特定井或矿田的二氧化碳封存潜力做出明智的决策。

(11) 二氧化碳封存地点的地表监控。资助金额为 270 万欧元，利用新技术和优化的数据处理技术，开发基于地表运动监测以及地质力学建模和反演技术的可靠且经济高效的监控程序，用于提供封存地点的压力分布和水力学参数信息。

(12) 二氧化碳封存结合地热能部署。资助金额为 250 万欧元，研究并在中试规模上论证，在地热田中利用捕集的二氧化碳再注入以维持和提高油藏压力并改善性能，同时还可封存在标准地热作业下通常会排

放到大气中的二氧化碳的可行性。

(裴惠娟)

空间与海洋

欧洲空间局发布技术战略报告

2019年10月31日，欧洲空间局（ESA）发布《ESA技术战略》报告¹³，提出4项技术战略目标，凝练出4个优先技术主题以及10个技术创新领域，旨在为ESA负责预研、实施和协调开展的所有技术研发活动的规划、开发和部署提供指导。

报告提出的4项具体且可测度的ESA技术战略目标是：到2023年实现航天器建造速度提高30%；每一代产品的成本效率提高一个数量级；创新技术的开发和应用速度提高30%；到2030年减少空间碎片的产生。

通过分析用户需求和技术创新带来的新能力，报告将各类技术需求归纳为空间活动的4个优先技术主题。①先进制造：识别新材料和新工艺，并从航天产业部门之外引进颠覆性材料和制造工艺；②设计-生产数字化：研发、引进和验证核心技术，实现从任务设计到运行和数据挖掘的工程数字化流程；③清洁空间和可持续性：重点关注维护空间环境的技术；④网络安全：应对由于越来越多的空间系统与地面系统集成导致的空间系统脆弱性问题。

ESA通过技术投资组合确保各个技术研发计划之间的衔接和有效，在开展使能型关键核心技术研发以及最大程度地投资能够显著提高任务绩效的增强型技术和颠覆性技术之间进行平衡。

最后，报告提出了10个技术创新领域，并明确了相关具体技术，见下表。

¹³ ESA's Technology Strategy. http://esamultimedia.esa.int/docs/technology/ESA_Technology_Strategy_Version_1_0.pdf

表 1 ESA 技术创新领域

技术创新领域	具体技术/描述
电气、电子、(微)机电和光子系统	旨在通过创新、有成本效率、及时可用的电气、电子和机电 (EEE) 元器件、光子器件和微机电系统 (MEMS) 解决方案, 保障未来任务需求
结构、机械装置、材料、热	可展开的吊杆和充气结构, 稳定轻型结构, 机械装置各模块可用性, 增强性和可改变游戏规则的摩擦学技术, 焊接和连接, 增材制造, 虚拟制造, 电子组件和印刷电路板, 复合材料, 先进涂层, 污染, 粘合剂, 低温与焦平面冷却, 两相传热系统, 散热系统/散热器
航电系统	数据系统, 在轨软件, 控制系统, 传感器, 姿态和轨道控制系统与制导、导航和控制系统, 光学和射频测量技术, 测控应答机和有效载荷数据发送机
电力架构、动力能源、电磁兼容	燃料电池、核动力系统等使能性技术, 太阳能电池等关键增强性技术, 电力管理分配、电磁兼容、能量存储等其他领域转移技术, 提高电力系统的集成度, 电气、电子和机电元器件可靠性预测技术, 采用更多商用现成的电气、电子和机电元器件, 简化重复性平台的电力架构
射频和光学系统	天线和有效载荷技术, 地面终端技术, 用户终端技术, 雷达, 辐射计, 光学传感器, 光路技术
生命和物理科学有效载荷、生命保障、机器人和自动化	环境控制和生命保障技术, 机器人模块, 空间碎片主动移除和轨道支持服务技术, 在轨组装和机器人模块化空间系统, 健康监测和应对措施及远程医疗应用设备, 生命和物理科学及空间探索仪器, 自主空间探索, 原位资源利用技术
推进、空间运输和再入飞行器	满足无毒推进、反向推进、节流能力、超高推力等新需求的推进技术以及新型可重复使用推进技术、组件和系统等, 实现可重用性、开发高超声速亚轨道和轨道飞行能力、实现空间服务等空间运输技术, 非破坏性地球和其他行星进入/再入所需的先进材料、制导、导航和控制概念、新型热子系统结构和进入和再入使能技术
地面系统和任务运行	先进空间运行概念, 射频跟踪、遥测、指挥系统和有效载荷数据传输系统, 光学频段有效载荷数据传输系统, 任务运行数据系统和标准化接口
数字工程	空间任务数字工程利用权威的系统数据和模型源关联多个学科, 支持端到端的工程流程和全生命周期活动, 4 个关键问题是: 调整空间系统生命周期 (开发、采购和运行) 过程, 使之以基于权威数据源无缝集成的数字模型为中心; 通过模型数据和传感器数据掌握该系统需要开发先进的数据展示和分析工具; 数据展示和分析工具需要支持数据阶段的开发和复杂查询, 并为项目和评审团队实际使用提供可视化的数据关系; 需要制定保护空间任务资产和产品的有效概念、机制和架构
航天动力学、空间碎片和空间环境	空间碎片技术, 空间环境和影响相关技术、工具和方法, 航天动力学-空间飞行动力学技术, 全球导航卫星系统技术

(韩淋)

欧洲空间局成员国会议确定未来发展方向和投资水平

2019年11月27~28日，欧洲空间局（ESA）在西班牙召开成员国部长级会议¹⁴，22个成员国、准成员国斯洛文尼亚和合作国加拿大决定未来3年将共同投资约125亿欧元开展各项空间活动和计划，旨在持续保障欧洲在21世纪20年代能够独立进入和使用空间，促进欧洲日益增长的太空经济，在地球、太阳系和宇宙等研究方面取得突破性发现，并做出负责任的选择以更好地保护我们的星球。

未来3年，ESA将在各领域总计投资约125亿欧元，如下表所示。此外，ESA额外为科学、基础活动¹⁵和圭亚那空间中心等3个强制性计划¹⁶在第4~5年分别投资11.52亿、5.85亿和2.03亿欧元。

表1 ESA未来3年在各领域投资额

领域	投资额/百万欧元	领域	投资额/百万欧元
对地观测	2541	技术	561
空间运输	2238	空间安全	432
载人和无人探索	1953	圭亚那空间中心	309
科学	1671	Prodex 计划 ¹⁷	229
通信	1511	安全与保障应用	109
基础活动	825	导航	72
合计			12451

ESA将其未来空间活动分为四大基石：科学和探索，安全与保障，应用，使能与支持¹⁸。

¹⁴ ESA ministers commit to biggest ever budget. https://www.esa.int/Newsroom/Press_Releases/ESA_ministers_commit_to_biggest_ever_budget

¹⁵ 包括未来项目研究、技术研究、共享技术投资、信息系统和培训计划

¹⁶ 强制性计划为全部成员国必须参加的计划，各成员国基于其国民生产总值按比例投入

¹⁷ Prodex 计划为选择性科学计划，用于 ESA 为其各项计划遴选的由机构或大学提议的科学仪器或实验的工业开发提供资金

¹⁸ Space 19+ Road to ESA's Council at Ministerial Level. <http://blogs.esa.int/space19plus/>

1、科学和探索

科学和探索领域旨在探索太阳系，揭开宇宙奥秘，包括空间科学和载人与无人探索活动。

ESA 空间科学计划的投资额在 25 年来首次获得大幅增长，未来 5 年共获得 28.23 亿欧元，以保障 ESA 顺利实施首个空间引力波探测器“激光干涉仪空间天线”（LISA）以及探索黑洞的“先进高能天体物理望远镜”/“雅典娜”（ATHENA）任务，以期对宇宙基本物理的理解取得根本性进展。此外，ESA 还将加强资助研究开发和各实验室，为未来任务提供支持。

在载人与无人探索方面，ESA 将继续支持国际空间站运行至 2030 年，并为首个环月球轨道空间站“门户”（Gateway）提供空间运输能力和居住模块。ESA 还将继续为在 2009 年招募的航天员分配飞行任务，直至每位航天员完成 2 次任务，并将招募前往近地轨道及以远的新一批航天员，首次将欧洲航天员送往月球。ESA 成员国批准支持 ESA 与美国国家航空航天局（NASA）合作开展开创性的火星采样返回任务。

2、安全与保障

安全与保障领域旨在监测空间并保护地球环境，包括空间天气、近地天体、空间碎片、清洁空间、安全和保障应用等方面的活动。

作为 ESA 空间活动的一个新基石，空间安全领域也将迎来重大发展。部分新项目包括通过清除危险碎片和空间交通管理自动化计划维护空间环境，对小行星和太阳耀斑等空间危害的预警和灾害缓减等。“赫拉”（Hera）任务获批，ESA 将与 NASA 联合测试小行星偏转能力。ESA 还将投资网络弹性和网络培训等新领域。

3、应用

应用领域旨在利用空间造福民众，应对地球未来所面临的挑战，包

括对地观测、通信、导航、下游市场等方面的活动。

ESA 成员国承诺无论在地面还是在空间活动中都会负责任地利用地球环境。ESA 将在对地观测领域启动 11 项新任务，进一步巩固在该领域的世界领先地位，重点关注气候变化、北极和非洲等主题。

ESA 将帮助各成员国的创新者和各国政府开发空间商业效益，提高竞争力。ESA 将开发首个全柔性卫星系统，集成 5G 网络以及下一代激光技术形成“空中网络”，实现卫星通信产业的变革。此外，ESA 将利用卫星通信与导航能力实现月球卫星导航，商业公司也可以通过“导航创新和支持计划”（NAVISP）获得资助，实现导航技术的创新应用。

4、使能与支持

使能与支持领域旨在实现进入空间并发展未来技术，包括进入空间、运行、技术、基础活动等方面的活动。

ESA 将保障持续投资运载能力开发，确保向下一代运载火箭——“阿丽亚娜 6”型运载火箭（Ariane 6）和“织女星 C”（Vega-C）小型运载火箭的顺利过渡，并继续开发新型可重复使用飞船“空间骑士”（Space Rider）。（韩淋）

美国 NASA 发布 2019 版金星探索路线图

2019 年 9 月，美国国家航空航天局（NASA）成立的金星探索小组制定并发布 2019 版《金星探索路线图》，为未来金星探索提供了框架，包括使用轨道器、探测器、高空平台、着陆器等多种任务模式，以及利用诸如非金星任务实施飞越等任务机会对金星大气、表面和内部进行观测；为 NASA 行星科学处和美国国家科学院行星科学十年调查提供建议^{19,20}。该小组于 2005 年成立，旨在研究金星探索的科学重点和机遇，

¹⁹ Roadmap for Venus Exploration (2019). https://www.lpi.usra.edu/vexag/reports/roadmap_w_cover_092919.pdf

²⁰ Vexag venus exploration documents 2019 update. <https://www.hou.usra.edu/meetings/lpsc2019/pdf/1083.pdf>

明确科学投入和技术开发计划，定期评估金星探测目标、科学目的、探测方式和关键测量要求，并向 NASA 总部报告研究成果²¹。

金星探索在带来重大技术挑战的同时，也带来了非凡的科学机遇。该路线图可作为未来金星任务的实用指南，帮助 NASA 以最快的方式实现最高优先级的科学目标，指导 NASA 更好地利用现有资源开展金星探索。路线图围绕金星探索制定了早期演化和潜在的可居住、大气动力学与组分、地质历史与过程等 3 个科学目标，并针对每个科学目标提出了待解决的科学问题，包括：金星是否存在液态水、金星对其他星球演化的借鉴意义、金星全球动力学驱动因素、大气组分和辐射平衡的决定因素、金星地表的地质过程，以及大气与地表的相互作用。

路线图涵盖了 2020~2024 年可以开展金星探测的 4 种平台类型，并针对近期（2020~2022 年）、中期（2023~2032 年）和远期（2033~2042 年）3 个阶段的任务机会分别给出建议（表 1）。

表 1 NASA 金星探索路线图任务平台

平台类型	实施周期	平台描述和主要科学目标
轨道器	近期	单个航天器，运行在圆形轨道、低空轨道和近极地轨道，可完成大部分针对金星表面和内部的探测，包括雷达成像、红外测绘、重力测量
	近期	单个航天器，运行在偏心轨道、长周期轨道，可进行大气遥感和原位电离层、磁层测量
	近期	单个或多个航天器，特定轨道运行，开展有针对性的研究，可为地面和空中平台提供中继和导航支持
大气层进入	近期	大气层飞掠，先在较高高度对金星大气采样，随后飞离大气层进行样品分析和数据中继
	近期	进入大气层并下降到地表，研究沿单一剖面的大气结构和成分以及近地表成像
	中期	探空器在下降过程中利用空中平台进行数据中继

²¹ Unveil Venus: Why is Earth's sister planet so different? <https://www.lpi.usra.edu/vexag/>

地面平台	近期	典型着陆器，可在金星表面存活数小时，探测着陆点附近岩石的元素和矿物成分，包括地表深度的变化
	中期	探测器，可在金星表面运行 1 个金星日（约 116 个地球日），测量温度、风速和主要化学成分，视情况携带地震传感器
	长期	对大气、热流和地震活动分别开展短时（1 个地球日）和长时（2 个金星日）地表调查
空中平台	近期	昼/夜漂浮在约 20 摄氏度、标称高度 55 千米的位置，6 天内完成包括大气和内部探测在内的逆行纬向超旋转（RZS）
	中期	漂浮高度控制在海拔 50~60 千米，可探测云层内不同区域的成分和结构
	长期	使用被动热控系统将海拔控制在约 40~60km 范围内，保障常规电子设备的使用。处于暴露位置的传感器须能承受最高 150 摄氏度的温度

（范唯唯）

美国 NOAA 发布应用于海洋领域的新兴科学技术战略草案

2019 年 11 月 14 日，美国国家海洋与大气管理局（NOAA）发布了应用于海洋领域的新兴科学技术战略草案²²，将在全机构范围内进行强有力的协调，并确保 NOAA 高级领导层为这些新兴的科学和技术重点领域的应用提供强有力的支持，以指导 NOAA 科学、产品和服务的质量与效率的转型。该战略草案包括 4 个方面，将公开征求公众意见后实施。

1、无人系统战略

无人系统战略（UxS）旨在直接提高 NOAA 对无人系统的理解、协调、认识和应用。具体包括 5 个主要目标：在机构层面协调和支持 UxS 的运营；在 NOAA 的任务组合中扩展 UxS 应用程序；加快 UxS 研究向运营的转变；加强和扩大与 UxS 的伙伴关系；提高员工对 UxS 使用 and 操作的熟练程度。NOAA 优先发展无人系统应用和技术的战略投资，以推动创新和加强运营，并通过伙伴关系加速和提高能力。无人系统战

²² NOAA releases new strategies to apply emerging science and technology. <https://www.noaa.gov/media-release/noaa-releases-new-strategies-to-apply-emerging-science-and-technology>

略将显著扩大无人机和海洋系统在每个 NOAA 任务区域的应用，提高 UxS 开发和运营的效率、效力和协调。随着 UxS 平台和架构的改进、人工智能的集成和新的商业数据源的出现，未来的数据开发机会将继续呈指数级增长，这一战略将改善 NOAA 科学、产品和服务的质量与及时性。2020 财年预算中将拨款 400 万美元用于 UxS，包括无人水下航行器(UUVs)，如滑翔机、遥控操作车辆(ROVs)、无人水面航行器(USVs)和无人飞行器(UAV)。UxS 将其作为一种有价值的力量倍增器，以更低的成本、更高的安全性和更低的风险收集数据，尤其是在偏远或极端环境中。UxS 的数据正在改善渔业存量评估、飓风强度预测以及海洋和栖息地测绘。加快和扩大无人系统在每个 NOAA 任务区域的使用，将为 NOAA 客户提供更高质量、成本效益更高的服务，缩短周期、提高运行性能和安全性。无人系统的主要应用包括：水文和灾害响应调查、海洋勘查、海底和海岸线测绘、天气和洪水损失评估、危险天气遥感预警、海洋哺乳动物调查、用于鱼类评估的渔业调查和卫星传感器校准。

2、人工智能战略

NOAA 人工智能战略的目标是：利用人工智能推进 NOAA 的需求驱动任务优先级，建立有效的组织结构和流程；推进人工智能研究和创新，支持 NOAA 的使命；加快人工智能研究向作战能力的转变；加强和扩大人工智能伙伴关系；提高员工的人工智能水平。通过这一战略，NOAA 力求降低数据处理的成本，并为社会效益提供更高质量和更及时的科学产品及服务。NOAA 在人工智能领域的国家和全球领导地位将支持科学和公共安全。人工智能的应用主要包括：从船舶和自主平台进行的空中和水下调查，以评估海洋哺乳动物和鱼类的数量；深海探测机器人；天气观测的质量控制；改进天气、海洋和冰模拟的物理参数化建模和数值模型的计算性能；自动化生成天气警报；深海测绘、生境特征、

水文、海洋、大气、渔业、生态系统和地理调查等无人系统的操作；利用机器学习分析卫星图像，用于恶劣天气探测和预测、溢油和有害物质轨迹、野火探测和移动、生态系统健康和潜在非法捕鱼活动的探测；以及使用机器学习来可靠和有效地处理、解释和利用地球观测。

3、组学战略

NOAA 组学战略（Omics）将极大地扩展其对生物组学的应用，这是一套用于分析 DNA、RNA 或蛋白质等物质的前沿方法，它将提高组学开发的效率、效力和在内部使用的协调性。因为组学正在革新监测和了解海洋生物群落的能力，这一战略将指导 NOAA 在提高科学、产品和服务的质量和及时性方面取得革命性进展。组学战略包括 5 个主要的战略目标：加强基础设施以满足组学数据的分析需求；支持和推动美国蓝色经济为目标的组学研究；加快组学研究向运营转变；扩大合作伙伴关系，推动整个机构的组学研究和应用；提高员工对组学的熟练程度。NOAA 及其多部门合作伙伴不断推进“组学解决方案”研究，具体领域包括基因组学、转录组学、蛋白质组学和代谢组学。这些进展将提高组学运作效率，改善生态系统评估和预测，并支持管理工作。组学的主要应用领域包括：发展水产养殖；与有害入侵生物作斗争；改善海产取证和可追溯性；发现药品和其他有益化合物；保护脆弱的物种和栖息地，为鱼类提供重要的栖息地，支持旅游经济。

4、云战略

NOAA 在云应用方面的丰富经验已经开始得到验证，在卫星数据产品和服务、数值天气预报、海洋模型、大数据分析、存储和传播等领域，其性能和技能都有了显著提高。云服务将进一步发挥作用，以扩大效益，如：加快获取新的计算资源的时间表；增加安全态势；向学术界和工业界客户提供更容易获得和更赚钱的 NOAA 数据；减少从研究到操作的

过渡时间；可扩展的基础设施，支持科学和高性能计算需求；以及更加灵活和创新的文化。 (吴秀平)

设施与综合

美国 DOE 资助旨在提升地球系统模型准确性的研究

2019 年 11 月 8 日，美国能源部（DOE）宣布为新的观测和实验研究提供 1000 万美元支持，旨在提高地球系统模型的准确性²³。研究将集中于陆地生态系统科学（TES）和地下生物地球化学研究（SBR）的 3 种不同类型的环境：陆地环境、流域环境和地下环境。在这些环境中，现有模型无法提供完全准确的表示。

1、陆地生态学领域

该计划将资助对陆地生态的测量、实验、建模和合成，并在适当的情况下耦合，以改进对陆地生态系统的定量和预测理解，研究范围从基岩到植被/大气界面。该计划强调在系统模型中开展研究，可以通过以下两种方法实现对模型的适用性：过程研究，将新的参数化/模块集成到最新的过程、生态系统、环境或地球系统模型中；直接改进现有的参数化或算法，以及基于现有的观测或建模数据集进行对比分析。

研究领域 1：地面和地下过程之间的相互作用和反馈

改进对跨功能土壤-微生物-植物-大气连续体的关键地上和地下生态和生物地球化学成分/过程之间的相互作用和反馈的理解，从而可以对过程进行深入的了解，并改善整个规模的地球系统预测。本领域将不考虑资助针对无机生物地球化学/污染物的运移、昆虫、动物、人类等宏观生物过程/参与、土地利用管理，以及农业或地貌的研究。

²³ DOE to Provide \$10 Million for New Research into Ecosystem Processes. <https://www.energy.gov/articles/doe-provide-10-million-new-research-ecosystem-processes>

研究领域 2: 甲烷循环的生态控制和反馈

对甲烷通量的生态控制新的或更好的理解，特别是与热点-热矩现象相关的，是有可能直接反馈到地球系统的生态控制。该领域将不考虑资助仅专注于模型开发和分析或大气过程的应用程序，也不考虑针对海洋过程、土地管理或农业实践以及宏观生物过程/参与的研究。

2、地下及流域水文生物地球化学领域

对于地下和流域的水生生物地球化学，资助将考虑适当地包括测量、实验和建模在内的应用程序，并将其耦合在一起，以提供对包括地下水在内的集水系统的结构和水生生物地球化学功能/动力学的定量和预测性理解。

研究领域 1: 增进对现有流域试验田的流域功能的了解

该领域主要针对实验室或基于现场的研究，旨在解决特定于任何流域试验田的科学空白。例如：从地下到河流/高渗区，再到陆地环境，对流域的物理、化学和生物学特性的空间异质性和协变性进行表征；河流和湿地生物膜群落组成特征，群落结构-功能与关键生物地球化学过程如营养负荷/循环之间的联系（碳、氮和磷），铁、硫、锰等关键元素的循环，汞、镉、铀和钍以及砷、铬、铅和锌等金属污染物的转化和运输及胶体的形成；阐明在动态/瞬态水文和地球化学条件下控制有机物与养分、关键元素以及金属/污染物之间的络合和氧化还原化学的分子过程；地下水和地表水之间的水、热和溶质等交换通量的定量测量方法，以及通过当地、河段和流域尺度上的植被冠层的可渗透基岩交换通量的定量测量方法。

研究领域 2: 水生物地球化学、生物地球化学和地球化学研究

该领域的应用重点包括水源、DOE 国家实验室领导的六大科学重点领域（SFAs）项目有关流域以外的流域，以及潮汐和淡水河口的分水

岭，旨在更全面地了解从源头到河口的集水区系统的水生生物地球化学功能，改进对涉及这些缺失的结构成分的科学认识。研究领域包括：表征从地下穿过河流/河床带到陆地环境的源头泉，流域中变化的河床以及潮汐和淡水口的物理、化学和生物学特性的空间异质性和协变性；生物膜群落组成的表征以及群落结构功能与关键生物地球化学过程之间的联系，例如碳、氮、磷等养分循环和铁、硫、锰等元素循环和转化；表征造成地下、土壤、水生沉积物以及地下水/地表水相互作用区域生物地球化学活动的“热点”和“热点”现象的存在，持久性和强度的因素的特征；研究局部范围和流域尺度上的扰动（例如干旱、洪水、养分输入的变化）对水生生物地球化学和生态水文学的影响。

美国能源部副部长保罗·达巴表示，该计划将有助于更好地理解影响这些环境的关键过程，以及对地球系统的预测。结合实验、观察和模型开发，科学家将提高用模型表达这些过程的能力，从而理解这些复杂过程。

（刘文浩）

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、可持续发展互动的新趋势、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