

Science & Technology Frontiers

科技前沿快报

国家高端智库
中国科学院

2020年2月5日

本期要目

美国国家科学院报告评估原子分子物理学和光学的未来机遇

欧洲可持续化学技术平台发布面向2030年战略创新和研究议程

美国NSTC发布新版《联邦网络空间安全研发战略规划》

美国NIH发布《治愈乙肝跨NIH研究战略规划》

欧盟七国拟资助32亿欧元推进电池全价值链研发创新

2020年

总第068期

第02期

目 录

深度关注

美国国家科学院报告评估原子分子物理学和光学的未来机遇..... 1

基础前沿

欧洲可持续化学技术平台发布面向 2030 年战略创新和研究议程... 9

信息与材料制造

美国 NSTC 发布新版《联邦网络空间安全研发战略计划》 12

美国增材制造研究所获 3 亿美元资助并启动 AMNOW 计划..... 15

美国能源部推动用于化石能源发电的极端环境材料开发..... 17

生物与医药农业

美国 NIH 发布《治愈乙肝跨 NIH 研究战略计划》 17

欧盟创新药物计划发布 2020 年工作计划..... 19

能源与资源环境

欧盟七国拟资助 32 亿欧元推进电池全价值链研发创新..... 21

欧盟能源研究联盟发布水力发电战略研究议程..... 22

美国能源部 NETL 总结 2019 年化石燃料利用研究成果..... 26

美国能源部 ARPA-E 新项目推进数字技术在能源领域应用研究... 28

英国 NERC 资助研究提出 2020 年生物保护领域 15 个关键议题.. 30

设施与综合

美国能源部拨款 4000 万美元开展能源前沿研究中心第四轮资助. 34

深度关注

美国国家科学院报告评估原子分子物理学和光学的未来机遇

2019年12月，美国国家科学院发布报告《操纵量子系统：对美国原子分子物理学与光学的评估》¹，评估了原子分子物理学和光学（AMO）在未来十年的发展机遇。

AMO是物理学中的基础学科，研究光和物质及其相互作用，以及在量子水平研究电子、原子、分子和光。AMO为经济发展、国家安全和未来人类事业提供关键技术基础设施作出了重要贡献。过去几十年，AMO为导航和计时、健康和医疗等领域提供了许多改变人类社会的重要科学技术。过去的十年中，AMO科学技术在引力波的和随之而来的多信使天体物理学的新时代，以及量子信息和传感技术的爆炸性发展中发挥了关键作用。本报告评估了5个主要科学主题的未来机遇并对美国提出了相应的建议。

一、光工具

1895年被发现并于1901年获得第一届诺贝尔物理学奖的X射线，激发了量子力学的诞生，拓展了光谱学的研究范围，从而揭示了物质的量子结构以及宇宙的奥秘。1960年首次被实现并引入应用的激光，为科学、工程和社会带来了重大变革。当今的科学家正在学习操纵和利用光的特性，并将激光扩展到X射线领域。过去十年，激光研究的进展催生了精巧的光工具，可用于传递量子信息、基础物理学的精确测试以及制作物质运动的分子电影。

1、未来机遇

推进了解光特性前沿的发展以及创建新型的光平台，将成为AMO

¹ Manipulating Quantum Systems: An Assessment of Atomic, Molecular, and Optical Physics in the United States. <https://www.nap.edu/catalog/25613/manipulating-quantum-systems-an-assessment-of-atomic-molecular-and-optical>

的重要组成部分，从而推动 AMO 的基础发现和新技术的发展。产生可精确控制特性的光，为探测和控制物质提供了新颖的工具，为基础物理学的独特现象提供了更大的覆盖范围。

AMO 领域寻求创建并利用各种新光源，以提高用于控制电磁辐射的多种指标：从极紫外（XUV）到 X 射线域的超短光脉冲，极高强度的激光场，高非经典光，极度相干光。这些光源使研究人员能够进一步发展光谱学的前沿领域，建立包括量子通信和量子计算在内的新网络，并探索在超高场或超短时间尺度的极端条件下发生的现象。同时，以新颖的纳米光子结构或大型干涉仪等形式呈现的光和物质的集成，为制造大型和可移动设备提供了下一个技术前沿。

2、报告建议

(1) 美国联邦政府机构应广泛投资利用超快 X 射线光源设施的科学领域，同时保持强大的单一首席研究员（PI）资助模式，这包括在依托大学的中型科研设施中建立用户设施。

(2) 联邦政府应为可实现铸造供应平台等工业平台开发的基础研究和应用研究，以及支持可集成光子学与工程量子物质的跨学科实验室提供资助。

二、“少体系统”和“多体系统”的新现象

在量子水平上对各种原子和分子的微观控制是 AMO 的关键基础，由此产生了新的科学理解并创建了新的工具箱。本报告探讨了从几个粒子（少体）到许多粒子（多体）组成的原子和分子系统中由于原子之间的量子相互作用而出现的新现象。

1、未来机遇

(1) “少体”物理将在确定和检验量子普遍性以及加强“少体”和“多体”量子系统的可控性等方面继续受到关注，发展能够定量预测日

益复杂的原子和分子的行为和相互作用的理论工具对这些领域的进一步发展至关重要。

(2) 超冷分子已经成为非常有前途的研究平台，能够处理各种各样的多体现象和探索基本的反应过程，一些分子已为精密测量科学提供了可行的目标。

(3) 囚禁离子系统、中性原子、具有长程相互作用的系统（如基于分子和里德堡原子的系统）和离子-中性杂化系统是量子信息处理和量子模拟以及研究化学动力学过程的主要候选系统。

(4) 原子和分子的量子气体能够可控地探索平衡态和非平衡态的多体物理，产生和操纵适用于量子信息处理和量子计量学的纠缠态，进一步加深人们对热化特性、多体局域化、远离平衡态的稳定量子物质等深层问题的理解。

(5) 基于 AMO 的量子模拟器能够在短期内展示出相对于经典计算设备的真正量子优势，而不需要掌握通用数字量子计算机所需的复杂量子门。这些系统可以为凝聚态物理和高能物理提供对复杂模型的独特见解，并导致实用量子算法的开发和测试。

2、报告建议

(1) AMO 科学界应积极追求冷原子和分子的增强控制，联邦机构应该支持其发展，这是量子信息处理、精密测量和多体物理学未来发展的基础工作。

(2) 美国联邦政府资助机构应启动新的项目来支持与平衡相和非平衡多体系统以及新应用都密切相关的跨学科研究。

(3) 美国联邦政府资助机构应启动新的项目，包括开发、工程化和部署最先进的可编程量子模拟器平台，并向更广泛的科学家和工程师群体开放这些系统。

三、量子信息科学技术的基础

AMO 提供了最精确可控量子系统之一,成为量子信息处理的基础。未来,AMO 将在这一日益活跃的领域中继续发挥核心作用,提供最有希望的方法。量子比特的产生、传输、存储和使用是量子信息系统的组成部分,能为计算、模拟、通信、传感和网络的性能提供超越当前技术限制的巨大希望。

1、未来机遇

(1) 量子信息处理很可能将依赖于多个平台来存储、操作和传输量子信息。一方面,与量子信息科学基础相关的开放性问题仍然需要探索 and 解决;另一方面,为促进量子技术的发展,现在需要开发一系列基于精确可控和可测量量子系统的新型量子信息处理工具和技术。

(2) 包括超冷中性原子和分子、囚禁离子和光的量子态在内的 AMO 系统,对量子信息科学技术各个领域的发展都必不可少。量子光学系统为量子信息的传输和量子保密通信提供了资源。中性原子和囚禁离子平台允许大规模的量子模拟,特别是用于研究材料中的量子效应,并为量子系统的非平衡动力学提供前所未有的实验途径。AMO 系统中量子相干态的高水平控制在传感和精密测量中有着直接的应用。

(3) 未来十年,在 AMO 领域发展起来的实验和理论方法将使研究人员能够开始实施和测试用于各种科学应用的新型量子算法,探索用于量子纠错和容错的实用方法,从而实现和测试量子网络,并应用于远程量子通信和非局域量子传感。此外,可控量子系统已经用于部分世界上最精确的原子钟中,也已用于磁性传感器中并获得了前所未有的灵敏度和空间分辨率。

(4) 在 AMO、量子信息科学、器件工程、凝聚态物理和高能物理的交叉领域,出现了令人兴奋的新科学机遇,这一新的交叉领域目前被

称为“量子信息科学和工程”。例如，利用量子相干和纠缠进行精确测量的进展，可能会实现对宇宙的基本对称性进行前所未有的测试，以及形成探索暗物质和暗能量的新策略。量子模拟器和量子计算机可以为研究强关联多体系统的行为以及强耦合量子场理论提供新的见解。粒子物理学和量子场论的概念可能会为量子计算机带来新的应用，为量子系统抗噪提供更加鲁棒的新方法。

2、报告建议

(1) 为支持“国家量子计划”，美国联邦政府资助机构应广泛支持量子信息科学的基础研究。

(2) 学术界和产业界应共同努力来实现、支持和整合前沿基础研究，并通过集中攻关最先进量子信息科学平台来实施。

(3) 能源部（DOE）和其他联邦机构应鼓励学术界、国家实验室和产业界在量子信息科学领域开展中等规模的合作。

(4) 国防部（DOD）应继续支持新技术的研发和已开发技术的应用。参与“国家量子计划”的资助机构在制定其在该计划下的项目时，应相互合作并与国防部合作。能源部及其实验室应与领先的学术机构和其他资助机构开展强有力的合作，以充分发挥量子信息科学的潜力。

四、在时域和频域利用量子动力学

AMO 的基本目标之一是利用超短光脉冲或粒子拍摄一系列遵循动力学的“快照”，制作电子、原子和分子如何实时相互作用的分子电影，以使人们能够理解并随后控制不同的过程。在超快的时间尺度上，分子电影可以从最快的电子动力学中分辨出化学转化和生物转化，为基本原理研究和生化应用开发提供了希望。此外，控制分子和固体中的相干、亚飞秒电子动力学可以揭示和改变重要的材料特性，同时对信息处理技术也有重要的启示。对这些动力学的研究有助于实现能产生飞秒和亚飞

秒脉冲的前沿光源。

1、未来机遇

新颖的光和物质工具为观察和理解系统在巨大的时间尺度和能量范围内的演化提供了前所未有的清晰度，从而为控制物质创造新机会。在不同的时间尺度上研究量子系统的动力学和变换，为创造、操纵和理解量子物质提供了难得的机会。

(1) 利用相干电子动力学：阿秒技术能够测量和控制原子、分子和凝聚相系统中的电子动力学。其中，光波电子学的概念特别令人兴奋，半导体中的电流可以通过强激光脉冲产生的电场来控制，有可能影响电子设备的速度。此外，X 射线自由电子激光 (XFELs) 即将可以在软 X 射线和硬 X 射线波段提供强阿秒脉冲，阿秒电子动力学的空间和时间分辨率将显著提高。

(2) 制作从电子动力学到结构动力学的分子电影：目标是跟踪和控制从电子激发到结构变化和化学变化的能量流，其范围从亚飞秒到纳秒，从而解开电子、原子核和自旋之间强相关性的奥秘，有助于了解能量转移的基本问题、解析光收集和光保护等生物过程以及研发新的分子装置。尤其是超快 X 射线源、光谱学和衍射方法的最新进展，如升级后的直线加速器相干光源(LCLS-II)、相干反斯托克斯拉曼散射(CARS)等非线性光谱学、光泵和 X 射线探针等，将使制作以单个分子为切入点的分子电影成为可能。

(3) 复杂的反应动力学和碰撞物理学：需要改进理论和实验技术以预测反应速率并阐明日益复杂的原子、分子、离子和光子系统的复杂反应动力学，加深对化学转化过程和等离子体环境的理解。光学频率梳将从可见光和中红外波段发展到极紫外波段，对精密计量和超快科学带来革命性的影响。

(4) 具有极端光源的极端物理学：红外/光学和 X 射线领域中具有极端强度的光源将允许对极端条件下的物质进行空前的研究，并具有广泛的应用潜力。目前激光的强度无法达到施温格 (Schwinger) 极限 (10^{29} 瓦/平方厘米)，但通过拍瓦级激光束与超相对论电子的碰撞，可能在未来十年内达到。

2、报告建议

(1) 与“光工具”主题的共同建议，即联邦政府机构应广泛投资利用超快 X 射线光源设施的科学领域，同时保持强大的单一首席研究员资助模式，这包括在依托大学的中型科研设施中建立用户设施。

(2) 国家实验室和国家航空航天局 (NASA) 应确保在其研究组合中继续使用碰撞物理学和光谱学专业知识。

五、宇宙的前沿和基本性质

基于 AMO 的技术正被用于解决著名的科学难题，包括基本对称性的研究、对物理假设的测试、暗物质探测、引力波探测等。AMO 的主要科学主题是设计新的量子系统为搜寻新物理学提供下一代测量技术。此外，可以在基于 AMO 的简单台式实验和基本模型中探索量子力学的基础。

1、未来机遇

基于 AMO 技术搜寻新物理学，可以探测到对撞机和其他高能技术无法探测到的物理学。例如，搜寻电偶极矩可能需要在 100 万亿电子伏特 (TeV) 的能级下探索，这远远超出对撞机可达到的能量范围。因此，报告强调，大多数 AMO 实验都是台式实验，而且比传统的高能搜寻要便宜得多，导致了大量可以同时探索的新物理思想。这些 AMO 实验为发现新物理学提供了一条极具竞争力和成本效益的途径。

要抓住 AMO 在搜寻新物理学中的这一机遇，需要解决以下挑战：

(1) 在量子信息科学的框架内开发新的测量方法和工具，特别是针对下面描述的新物理搜寻的测量方法和工具。

(2) 在新物理理论预测的能量水平上，发现或排除电偶极矩。这将是粒子物理学的革命性发现，并将为未来任何粒子对撞机产生新粒子所需的能量建立明确的基准。

(3) 暗物质的探测。充分利用时钟、干涉仪、磁强计等精密 AMO 实验能力，直接探测暗物质或相应的、新的力信号。一个特定的目标是在整个可能的质量范围内检测到或排除轴子。

(4) 探测由更高能量尺度产生的新物理信号，这是可预见的未来对撞机所无法探测的。在搜寻基本常数的变化、违反洛伦兹对称性、违反等效原理等实验中，精度实现数量级的提升。

(5) 为激光干涉引力波探测器开发先进技术。同时，示范使用原子传感器探测引力波的有希望的替代技术，包括引力波探测大型系统的概念验证。

2、报告建议

(1) 能源部的高能物理计划、核物理计划和基础能源科学计划应通过 AMO 项目来资助量子传感和超越标准模型基础物理问题的研究。

(2) 联邦政府资助机构应修改资助结构，通过更大型项目（超过 5 个首席研究员）和长期项目（10 年），促进基于 AMO 搜寻新物理学的研究和基于 AMO 的精密测量平台开发，开展理论和实验合作。

(3) 资助机构应建立资助结构，通过联合项目、联合暑期学校、专题年会等，持续支持 AMO 与粒子物理和其他领域开展理论和实验的联合研究。

(4) 联邦政府机构应建立相关机制，与其他全球资助机构共同资助在精确搜寻新物理学方面的国际合作。

(黄龙光)

基础前沿

欧洲可持续化学技术平台发布面向 2030 年战略创新和研究议程

2019 年 11 月 27 日，欧洲可持续化学技术平台（SusChem ETP）发布《面向 2030 年战略创新和研究议程》报告²。SusChem ETP 的成员来自欧洲化学化工界的企业、大学和科研机构，通过定期发布研究报告，影响欧盟决策。本报告是为即将于 2021 年开始的“地平线欧洲”计划而准备，凝聚了 100 多名专家的智慧，聚焦欧洲面临的循环经济与资源效率、低碳经济、环境与人类健康三大挑战，建议了先进材料、先进过程、使能数字技术 3 个领域的 30 个优先发展方向。

表 1 SusChem ETP 优先领域和发展方向

领域	优先发展方向	具体内容
先进材料	复合材料和多孔材料（具有轻量、隔热性质）	纤维增强的塑料
		复合树脂
		用于风电涡轮机的材料
		轻量化泡沫
		新型热塑复合物
	3D 打印材料	用于 3D 打印的生物基功能聚合物
		多种材料混合 3D 打印
		一步聚合和 3D 打印
	生物基化学品和材料	用于医疗、医药的 3D 打印材料
		（半）纤维素产品
木质素产品		
添加剂	生物相容材料和智能材料	非木质纤维素基化学品和聚合物
		可生物降解或堆肥的包装材料
电子材料		用于跟踪、分类、分离的添加剂
		用于复杂组成的添加剂和相容剂
		生物相容、刺激响应性药物递送系统
		传感器专用材料
		薄膜光伏、有机光伏

² Strategic Innovation and Research Agenda. <http://www.suschem.org/newsroom/suschem-identifies-key-technology-priorities-to-address-eu-and-global-challenges-in-its-new-strategic-research-and-innovation-agenda>

	多结光伏材料
	量子计算材料
膜	水处理膜
	气体分离膜
	有机无机杂化膜
储能材料	锂离子电池材料
	氧化还原液流电池
	金属空气电池
	有机电池
	大规模储热材料
涂层材料和气凝胶	可控降解涂层
	隔热气凝胶
	功能纳米活性表面
	保护性涂层
新型反应器和装备设计	适应多种原料类型的反应器和过程
	适应能源供给波动的反应器和过程
	反应器电气化
	从间歇式到流动式
	微反应器
	膜反应器
	热交换反应器
	高温气固反应器
	定制反应器
模块化生产	模块化生产工厂
先进 过程 分离过程技术	含膜构造的连续过程
	连续反应分离过程
	分离溶剂
	吸附技术
	精馏强化
	过滤技术
适用非传统能源的新型反应器和 过程设计	等离子体
	超声
	微波
电化学、电催化和光电催化过程	电化学反应器和过程
	用于回收高价值材料的电化学过程
	光电化学反应器
电能转化为热能	电热泵技术
	电加热技术
低碳制氢	碱性水电解

欧洲可持续化学技术平台发布面向 2030 年战略创新和研究议程

	聚合物电解质膜水电解器
	固体氧化物电解池
	甲烷高温裂解
电能转化为化学品	电能转化为合成气
	电能转化为甲醇
	电能转化为燃料
	电能转化为甲烷
	电能转化为氨
催化	生物质催化转化
	废弃物催化转化
	二氧化碳催化转化
	轻质碳氢催化转化
工业生物技术	微生物和酶工程
	生物过程
废弃物增值处理	化学法增值处理废弃塑料
	化学法增值处理废弃生物质
	关键原材料回收
水资源管理	水循环利用
	工业废水利用
	去中心化水处理系统
	过程分析技术
	数据管理
实验室 4.0	用于设计材料和分子的建模和模拟
	材料设计与过程设计一体化
	高通量筛选技术
	实验操作机器人
	实验数据挖掘利用
	用于实验室环境的虚拟现实和增强现实技术
过程分析技术	用于连续流动过程和模块化生产的过程分析技术
	用于 3D 打印过程的实时监测技术
过程模拟、监测、控制和优化	过程建模、过程模拟
	环境表现优化
	数字孪生、数字过程开发
数据分析和人工智能	人工智能和机器学习
	水数据管理
预防性维护	生产设备、资产的预防性维护
数字支持操作者和人机界面	-
数据共享平台和数据安全	工业数据共享平台
	促进研发和技术转化

	数字安全
不同阶段过程的协调和管理	协调企业内相关过程，满足供应链需求
	协调企业内相关过程，满足产品定制化需求
	跨企业和行业协调过程
分布式记账技术	提高供应链透明度
	促进科研数据交换

(边文越)

信息与材料制造

美国 NSTC 发布新版《联邦网络空间安全研发战略规划》

2019年12月10日，美国国家科学技术委员会（NSTC）发布最新版本的《联邦网络空间安全研发战略规划》³，该计划由国家科学技术委员会所属的网络空间安全与信息保障跨部门工作小组、网络与信息技术研究与发展分委会以及科技企业委员会共同研究完成。

一、整体情况

该报告是应2014年奥巴马签署的《网络安全改进法案》的要求，每4年更新一次，旨在指导联邦网络安全研发投入的总体方向。此次发布的2019年版继承了2016年版的基本概念和框架，但也根据近年来的政策进行了调整，提出以下关键更新和新的优先事项：

(1) 除了系统和数据的安全外，还必须把网络空间安全对使用计算和通信系统的用户带来的影响考虑在内。

(2) 需要相应的框架和方法，使开发人员能够对系统实现全面和实时的维护和管理，以满足安全性、弹性和隐私需求。

(3) 适应、反击和弹性是实现有效网络响应所必需的。

(4) 需要对人工智能、量子信息科学、可信的分布式数字基础设

³ FEDERAL CYBERSECURITY RESEARCH AND DEVELOPMENT STRATEGIC PLAN. <https://www.nitrd.gov/pubs/Federal-Cybersecurity-RD-Strategic-Plan-2019.pdf>

施、隐私、安全硬件和软件、教育和劳动力发展 6 个优先领域的网络安全技术进行重点研发。

二、重点领域

1、人工智能。研发目标包括：

(1) 对不同威胁模型下的决策支持场景进行模拟。在传统网络安全技术之外，探索新的基于人工智能的网络安全技术，并开发人工智能安全技术的自动化编排。

(2) 研究人工智能系统的行为，包括与人类互动时的行为，从而使系统更可靠。开发相关技术，提高对人工智能系统所产生结果的溯源。

(3) 开发相关的工具和技术，用于理解针对机器学习系统的攻击与防御。改进形式化方法技术，验证机器学习算法在训练和部署时的安全性和可靠性。探索密码方法，确保训练数据的防篡改存储和机器学习的防篡改计算，并在不泄露来源或敏感信息的情况下实现机器学习的数据共享。开发满足语义安全属性的人工智能新功能。研究人工智能应用专用芯片、处理器以及专用设备的潜在漏洞。

(4) 开发安全、可信任的模型、定义和指标，用于评估人工智能网络安全系统和基于人工智能的网络安全控制。

2、量子信息科学。研发目标包括：

(1) 设计类型安全的量子编程语言。理解量子计算机编程可能存在的意外结果。设计构建分析量子程序的工具。

(2) 探索新的理论方法和实验方法，用于诊断和分析硬件的安全性。研究能够有效测试和评价量子硬件或设备功能正确性的算法和实验技术。

(3) 起草抗量子密码标准，制定抗量子密码实施计划和潜在漏洞研究计划。整合经典密码、抗量子密码和量子密码技术。设计、分析和

测试量子安全协议。

(4) 了解量子技术如何被用于针对经典系统和/或量子系统的攻击。了解针对量子设备及其供应链的安全威胁。设计安全模型，针对量子攻击制定可证安全的对策。

3、可信的分布式数字基础设施。研发目标包括：

(1) 开发支持无缝端到端安全的方法和标准，在更大的通用基础设施中实现自组网的安全创建、管理和定制信任域处置。

(2) 研发相关技术，解决跨通信基础设施的安全性自主管理。

(3) 开发端到端安全和密钥管理功能，使高度安全、资源丰富的节点能够与资源有限的边缘设备和物联网设备交互操作。

(4) 开发准确的网络物理系统环境模型，降低其脆弱度，减少事件和故障造成的影响。开发将人类决策与网络安全技术及过程控制技术成功结合的方法和技术。

4、隐私。研发目标包括：

(1) 研究能够可靠有效地抽样、度量和表征人们对隐私的需求、期望、态度、看法和兴趣的方法。

(2) 设计满足安全性、保密性和隐私性要求的框架。

(3) 为分布式分析应用程序开发高效、可靠、灵活的隐私控制机制，可以根据隐私要求和各方的可用资源进行定制。

(4) 开发系统评估和量化隐私风险的技术与模型，评估隐私保护的有效性以及隐私风险的变化。

(5) 开发模型、技术和评估指标，用于对隐私侵权行为进行纠正和修复。

5、安全硬件和软件。研发目标包括：

(1) 面向硬件设备开发考虑成本和威胁相关的集成信任根替代方案。

(2) 针对逆向工程问题，开发新的流程、技术和机制。

(3) 开发验证硬件安全属性的机制和工具。

(4) 开发安全调试和测试技术。研究敏捷加密，将现有的基于高级加密标准的基础设施转移到后量子密码解决方案。为成本控制严格的安全场合研发混合密码方案。针对代码复用攻击，开发有效的通用解决方案。

(5) 研究可实现快速修正和回归的软件开发方法。

(6) 开发支持不同代码格式（即专有和开放源代码）、不同应用场景（如企业服务和物联网）、以及不同生命周期阶段的安全更新机制。

(7) 深入对软件缺陷率、软件缺陷工作和日历时间，以及软件缺陷与软件漏洞之间关系的经验理解，并基于这种理解，研究范式及支持技术，使得软件开发和维护时不影响其质量、成本或进度，又可保持低缺陷率（每 10 万行代码的缺陷少于 1 个）。

6、教育和人力培养。研发目标包括：

(1) 加快采用网络安全领域的现代职业分类。

(2) 研究培养网络安全人才的创新方法。

(3) 研究创新工作的供求情况，帮助预测未来的劳动力需求。

(4) 支持体验式学习，使课程与工作需求相适应。

(5) 加速师生之间的融合研究，解决复杂的科学、工程和社会问题。

(6) 注重研究教育和培训生态系统如何发展支持创新的跨学科方法。

（徐婧）

美国增材制造研究所获 3 亿美元资助并启动 AMNOW 计划

美国国家增材制造研究所（America Makes）是“制造业美国”网络框架下的第一家研究所。2019 年年末，作为主要承办方，该所正式启动了美国军方增材制造领域的 AMNOW（Additive Manufacturing

NOW，意为“增材制造现在”）计划；同时，随着第一阶段协议到期，该所与美国军方续签了为期7年的新一轮协议，将获得总额逾3亿美元的资助。

2019年11月26日，美国国家国防制造与加工中心连同 America Makes 及其合作伙伴机构 Catalyst Connection 公司宣布，正式开展 AMNOW 计划第一阶段的研究⁴。该计划通过建立可靠的增材制造供应链和清晰的增材制造技术转移途径，助力提高美国陆军的战备能力，实现战场按需制造，为作战人员提供支持。该计划第一阶段将重点开发一个数字化的增材制造供应链原型，分析并评估当前和未来陆军及其供应链能力，使陆军与供应商之间能够快速交换有效的数据和信息，加速增材制造关键部件的按需生产。

2019年12月2日，在亚利桑那州凤凰城举行的2019美国国防制造业会议开幕当天，America Makes 与美国空军研究实验室正式签署了为期7年的新一轮合作协议。根据该协议，未来7年，来自联邦政府和研究所成本分摊的资金总额将高达3.22亿美元⁵。该所直接支撑国防部制造技术（ManTech）计划，特别是优先领域的制造技术需求，包括超音速、网络、人工智能和机器学习等。将来，America Makes 重点关注领域包括：增材制造材料、增材制造设计、教育与劳动力、会员社区与增材制造生态系统，以及卫星中心建设等。当前，America Makes 认为最大的需求和机会存在于增材制造材料领域。缺乏金属和聚合物的材料设计数据阻碍了增材制造技术和工艺的普及，以及在汽车等特定行业的广泛应用。更好地了解关键材料，并针对可用的增材制造技术和工艺对

⁴ NCDMM and Catalyst Connection Announce Next Phase of AMNOW Program to Support Additive Manufacturing Technology Insertion into the U.S. Army Supply Chain. <https://www.americamakes.us/ncdmm-and-catalyst-connection-announce-next-phase-of-amnow-program-to-support-additive-manufacturing-technology-insertion-into-the-u-s-army-supply-chain/>

⁵ America Makes Announces New Seven Year, \$322M Cooperative Agreement with Air Force Research Laboratory. <https://www.americamakes.us/america-makes-announces-new-7year-322m-cooperative-agreement-afrl/>

这些材料进行最佳优化，将是整个行业迈出的重要一步。 (万勇)

美国能源部推动用于化石能源发电的极端环境材料开发

2019年12月20日，美国能源部（DOE）化石能源办公室宣布将出资2000万美元用于资助用于化石能源发电极端环境下的材料开发⁶。该项目将重点围绕以煤和天然气为基础的蒸汽循环组件所面临的材料挑战，通过聚焦新的和现有的应用，旨在降低化石能源发电的成本、提高性能和可靠性，并增强美国高温材料供应链在全球市场的竞争力。重点关注以下两个领域。

(1) 解决高温蒸汽循环组件中异种金属接头处的疲劳故障。项目将开发创新型材料或材料加工技术，提高连接材料和组件的循环耐久性。项目还将开发相关的材料与技术，减少在维修和升级组件时的时间及成本，同时通过在现实环境中演示和记录其价值等手段，解决成熟连接技术推广时面临的障碍。涉及天然气的工作集中在联合循环的底循环方面。

(2) 利用表面技术解决高温蒸汽循环组件中的冲刷和腐蚀。项目将组建一个大团队，围绕现有发电机组组件故障、故障机理、材料挑战、供应链挑战及机遇等，通过材料研发示范提高机组可靠性。 (万勇)

生物与医药农业

美国 NIH 发布《治愈乙肝跨 NIH 研究战略计划》

尽管乙肝疫苗已在全球广泛应用30余年，但因急性和慢性乙肝并发症导致死亡的人数仍然居高不下，尤其是慢性乙肝，有90%以上的慢性乙肝携带者不清楚其感染状况，因其导致的致死性并发症发生率逐年增长。

⁶ Department of Energy Announces \$20 Million for Extreme Environment Materials for Power Generation. <https://www.energy.gov/articles/department-energy-announces-20-million-extreme-environment-materials-power-generation>

因此，对于乙肝的防控，不仅应该遏制其传播，更应该降低肝衰竭和肝细胞癌等并发症发生的风险。基于这一现状，2019年12月10日，美国国立卫生研究院（NIH）发布《治愈乙肝跨NIH研究战略计划》⁷，以“开发乙肝治愈方法及改进疫苗接种、筛查和护理随访策略”为目标，重点针对慢性乙肝的防控和治疗进行布局，最终愿景为终结乙肝的传播。为了实现上述目标和愿景，计划提出了3个战略优先领域及具体的研究方向。

1、了解乙肝生物学。研究内容包括：

- （1）解析乙肝病毒的生命周期，识别乙肝病毒感染和致病的机制。
- （2）研究乙肝病毒感染过程中宿主的免疫应答机制。
- （3）分析影响乙肝疾病发展及在不同群体中致病情况的临床病理学因素。

2、开发工具和资源。研究内容包括：

- （1）实现乙肝病毒研究的实验试剂、操作流程及检测方法的标准化和共享。
- （2）改进乙肝病毒细胞培养系统和用于抗病毒药物高通量筛选的无细胞检测系统，支持乙肝相关基础研究和疗法研发。
- （3）改进和建立新的动物模型，使其能够反映人类肝脏疾病的发展进程。
- （4）筛选能够反映疾病发展进程及对疗法应答的生物标志物。
- （5）开发乙肝疾病监测和诊断的新技术，重点开发适用于资源有限的医疗机构和中低收入国家的低成本即时诊断技术；同时开发用于疗法评估的新工具。
- （6）提升临床研究能力，包括选择临床研究站点、招募不同群体受试者、培训相关工作人员及在临床研究站点部署新工具的使用等方面

⁷ NIH. NIH strategic plan details pathway to achieving Hepatitis B cure. <https://www.nih.gov/news-events/news-releases/nih-strategic-plan-details-pathway-achieving-hepatitis-b-cure>.

的能力。

3、建立乙肝治疗和预防策略。研究内容包括：

(1) 建立抑制病毒复制和刺激免疫系统应答的治疗策略。

(2) 促进在不同性别、种族人群中开展疗法的评估，尤其重视儿童、育龄期妇女、注射吸毒者、男同性恋者等弱势群体；同时促进在患有其他共存疾病的群体中开展评估。

(3) 开发筛选高危及医疗资源缺乏人群的策略，并为其制定疫苗接种策略，同时确保对上述人群的后续护理及其对治疗的依从性。(王玥)

欧盟创新药物计划发布 2020 年工作计划

为提高新药研发效率，提升欧洲新药研发能力，欧盟委员会和欧洲制药工业协会联合会于2007年启动了总投资20亿欧元的“创新药物计划”（IMI）。2019年12月13日，IMI发布2020年工作计划⁸，提出了9个优先发展领域。

1、神经退行性疾病及其他神经科学优先领域

构建罕见神经退行性疾病和神经认知疾病（rare neurodegenerative and neurocognitive diseases, RND）临床平台，促进新疗法临床试验的高效开展，同时为患者提供有效的靶向RND治疗和干预措施。研究补体在神经退行性疾病中的作用。

2、感染性疾病控制及疫苗研发

学术界和产业界联合开展创新研究，推进结核病疗法研发。开发针对败血症诱导的免疫抑制患者的个体化诊断和治疗技术。通过技术创新，加速疫苗研发和生产，开发能预测疫苗效果的生物学和数学模型。量化评估抗微生物药物耐药性引发的疾病和医疗负担，以及单克隆抗体和疫

⁸ Annual Work Plan and Budget for 2020. https://www.imi.europa.eu/sites/default/files/uploads/documents/reference-documents/IMI2_AWP_Budget2020.pdf

苗对耐药性产生的影响，进而构建成本-效益模型，筛选最佳的干预策略，减轻疾病和医疗负担。

3、大数据、数字医疗、临床试验及相关监管研究

开发通用的数据湖（data lake）管理和FAIR⁹化工具集；就必要的本体和标准达成共识；创建数据集或个体数据交易场所，以进一步增强数据流动性。不仅根据患者的医学特征，还要根据患者偏好，探索医疗保健中个体化的终点指标。将临床试验数据返回给患者，推进数据共享和二次利用。

4、肿瘤

推进液体活检在真实世界开展临床实践。探索微生物组在人类健康和疾病中的作用。加强肿瘤细胞可塑性研究，通过单细胞测序了解并应对肿瘤耐药性，建议从非小细胞肺癌、乳腺癌和结直肠癌入手开展研究。比较质子疗法和光子疗法在放疗-化疗-手术三联疗法治疗食道癌中的作用，探索质子疗法是否可减少三联治疗引发的心肺毒性，改善肿瘤治疗效果，识别适合质子疗法的患者症状表征。

5、免疫学

研发银屑病关节炎的早期诊断技术、预测疾病发生发展的影像学技术及合理的个体化治疗策略，改善银屑病关节炎的长期预后。

6、临床转化安全性

通过算法预测药物之间的相互作用，加强用药安全性。开发动物活体数字监控设备，如新型的观测笼、大型动物的可穿戴设备及传感器。

7、促进罕见病疗法研发

联合各利益相关方建立和验证罕见病的临床结局评价策略，推进罕见病药物研发。通过基因筛查和数字技术改善罕见病诊断。

⁹ FAIR 是欧盟数据管理原则，即可发现性（findable），可公开获取性（accessible），互操作性（interoperable）和可重复利用（reusable）

8、其他相关的推进活动

识别和应对蛋白质药物在生产和供应过程中，因处理不当而使药物安全性和有效性发生改变的风险。

9、对前期已取得重要成果，展现出一定潜力的方向开展后续支持，充分推进IMI目标的实现。 (苏燕)

能源与资源环境

欧盟七国拟资助 32 亿欧元推进电池全价值链研发创新

2019 年 12 月 9 日，欧盟委员会宣布通过一项“欧洲共同利益重要项目”（IPCEI）提案，由比利时、芬兰、法国、德国、意大利、波兰和瑞典等 7 个国家到 2031 年前共同投入 32 亿欧元公共资金，并撬动 50 亿欧元的私人投资，推进电池全价值链的研发创新，以建立强大的泛欧电池生态系统¹⁰。

该项目是 2018 年 5 月欧盟通过的《欧洲电池联盟战略行动计划》的一部分，将实施至 2031 年，有 17 个直接参与者（大多为企业，包括中小型企业）和 70 多个合作伙伴，如欧洲各地的中小企业和公共研究机构。欧盟七国将为该项目投入的 32 亿欧元公共资金分别来自：德国 12.5 亿欧元、法国 9.6 亿欧元、意大利 5.7 亿欧元、波兰 2.4 亿欧元、比利时 8000 万欧元、瑞典 5000 万欧元、芬兰 3000 万欧元。

该项目将支持开发高度创新和可持续的锂离子电池技术（液态电解质和固态电池），比现有技术更具耐用性、充电时间更短、更安全和环保，以实现整个电池价值链的创新，包括原材料开采和加工、先进化学材料生产、电池单元和模块设计、与智能系统的集成、废旧电池回收和

¹⁰ State aid: Commission approves €3.2 billion public support by seven Member States for a pan-European research and innovation project in all segments of the battery value chain. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_19_6705

再利用。此外，该项目还将改善电池价值链所有环节的环境可持续性。项目的具体研究领域包括：

1、原材料和先进材料。开发可持续的创新工艺，从矿石中提取、浓缩、精炼和提纯以生产高纯度的原料。开发电池电极和电解质先进材料，优化现有材料性能或开发新型材料，以用于创新型电池。

2、电池单元与模块。开发创新的电池和模块，以满足汽车和其他应用（如固定式储能、电动工具等）的安全性和性能要求。

3、电池系统。开发创新的电池系统，包括电池管理软件和算法，以及创新的测试方法。

4、电池再利用、回收和提炼。设计用于电池收集、拆卸、重新利用、回收和提炼材料的安全创新方法。 (岳芳)

欧盟能源研究联盟发布水力发电战略研究议程

2019年12月9日，欧盟能源研究联盟（EERA）发布了《水力发电战略研究议程》¹¹，提出欧洲水电领域未来将开展的研究优先事项，以促进水电技术的进一步发展，为欧盟能源系统转型发挥重要作用。EERA是欧洲最大的非营利性国际低碳能源研究协会，由超过250家公共科研机构 and 高校组成，是欧盟战略能源技术规划（SET-Plan）的研究支柱，目前共开展了17个低碳能源技术领域的联合计划，确定了各领域的关键优先事项。本次议程提出6个重点研究主题：水电机组；水工结构；电网、系统集成和市场；水资源、环境影响和气候适应；社会接纳、参与和政策研究；数字化。

¹¹ Strategic Research Agenda of the EERA Joint Programme Hydropower. <https://www.eera-set.eu/wp-content/uploads/EERA-JP-Hydropower-SRA.pdf>

一、水电机组

1、主要目标：以高度可靠、安全和可持续的方式解决当前尚未解决的问题，以提高水电机组性能，增强水电机组灵活性，提高使用寿命，降低停电风险。

2、研究优先事项：全运行范围内和瞬态运行期间对水力机械的水动力和结构动力学进行精确数值模拟的方法；用于控制水力发电机组的系统动力学数字模型；研究含沙水流和气蚀现象以准确预测和缓解液压机部件腐蚀；水力机械及电机组件的先进材料特性和寿命评估方法；增强可靠性、可用性、可维护性、安全性和可持续性的水电机组组件先进设计、工程和制造方法；增加电力系统灵活性且提高水电机组可持续性的新技术。

二、水工结构

1、主要目标：开发创新解决方案，以提高水电基础设施的可靠性、效率、安全性和环境友好程度。此外，进一步开发混合建模策略，即综合利用水力模型、数值模型和现场调查，以最大程度地减少与不同建模策略相关的不确定性。

2、研究优先事项：开发创新方法以估算水工建筑物寿命，并使用数值和物理模型确定其性能；改进方法以确定水头损失；优化耐磨材料和除砂设施，以防止涡轮磨损；为水工结构开发新的设计和运行规范，包括运行实时监控，以提高水力发电厂的效率和可靠性，同时考虑梯级水力发电；开发有效、创新的方法以设计新型溢洪道或监控及升级现有溢洪道，包括优化物理和数值建模技术，以确定经济高效扩展现有溢洪道容量的可行性；通过不确定性分析来评估不同建模策略的性能，解决水工结构设计中的不确定性问题；制定水道、水库漂浮废弃物管理策略；更好地了解空气-水两相流的特性以及应对闸门振动和气蚀风险的方法；

改进分析溃坝情况的方法，尤其是对堤坝和填料坝逐渐侵蚀的情况；量化由于陡峭山体滑坡和雪崩等运动对水工建筑物造成的危害；开发水工结构和水库的策略、方法和操作规则，以最大程度地减少水库沉降；改进和开发连通水域系统的水工建筑物。

三、电网、系统集成和市场

1、主要目标：探索水电对提升系统灵活性、可靠性和稳定性的作用，研究未来电力系统中水力发电机组的设计技术要求，以及为满足新需求而对现有电厂进行改造的概念。

2、研究优先事项：未来电力系统中水力发电厂的宏观经济和技术效益研究；未来电力系统中水电厂的运行要求；基于最新的气候模拟，开发开源的欧洲水库和河流数据库；为能源系统建模开发详细的开源欧洲水电模型和数据库；根据新市场设计研究不同灵活性供应商之间的交互；电网连接和变速水力发电机组的运行。

四、水资源、环境影响和气候适应

1、主要目标：确保在不断变化的气候条件下进行环境友好的电力生产，优化水资源利用以适应不断变化的电力市场，探索在受管制水域进行水力发电、保护景观和生物多样性以及确保社会免受洪水和干旱影响的最佳运营制度。

2、研究优先事项：不断变化的条件下可获得的水资源研究；将环境约束纳入水电运行和调度模型的指导研究；生产计划和法规的气候适应研究；优化现有水电基础设施以适应气候变化的影响；开发适合多种鱼类的双向鱼道；水坝、堰和进水结构，集成鱼类和沉积物的旁路通道；开发用于估算和补偿河流和水库中生态系统和生物多样性损失的工具；具有灵活运行机制的水库和河流中的水电设施；土地循环利用；受监管河流中气候变化与环境影响之间的相互作用研究；在不断变化的能源市

场中优化水电相关储能技术，如抽水蓄能、大型水库、缓解电力波动的装置等；研究不断变化的条件、日益严格的法规和气候变化下，化学品在河流和地下水中的传递过程。

五、社会接纳、参与和政策研究

1、主要目标：针对水力发电在欧洲可再生能源转型中可能发挥的新作用，探索与可持续决策、有效的跨境监管、社会接受度和利益相关方参与有关的解决方案。为决策者、项目开发商、水电公司和公众改进有关水电基础设施的规划、部署和社会认可的知识库。

2、研究优先事项：提升公众接纳度，包括促进社会对开发新水电项目的接受程度，以及通过使用生态标签等方式鼓励消费者增加使用水电能源。政策法规研究，包括研究特定政策、政策组合和法规对水电发展的影响及贡献；制定方案探索水电部门采取措施的能力，以提升一定比例的水电设施性能；研究欧盟和国家层面针对不同情况的促进和限制因素；探索将环境保护与水力发电相结合的解决方案，以实现能源系统的绿色转型。规划和公众参与，建立公众和利益相关者参与综合规划和管理机制，包括使用三维可视化技术以及与利益相关者共同开发场景。

六、数字化

1、主要目标：探索与水电业务流程数字化相关的解决方案，涵盖整个价值链，包括规划、建设、升级、维护和资产管理、生产计划、标记分析和环境监控。利用数字化技术，通过改进业务流程和模型以优化水电运营方式，进而降低水电成本。

2、研究优先事项：设备级技术方面，包括监视系统的安装和管理，质量保证和数据协调，涡轮和发电机的数字化模型。系统级技术方面，包括支持辅助服务的虚拟电厂，网络安全和预防网络攻击，大数据基准测试，与其他数字化方案的接口。经济方面，包括经济高效的运营和维

护方法，来自数字平台的新业务模型开发。环境方面，包括根据新的可用数据改进流量模型，根据河床扫描数据开发河流数字化模型，基于水流的卫星监测数据进行模型验证，用于识别鱼类行为和鱼梯的图像处理方法。社会方面，包括提升现有技术和新技术的接受度，减轻跨学科协作的复杂性，维护和运行的技术管理研究。 (岳芳)

美国能源部 NETL 总结 2019 年化石燃料利用研究成果

2019 年 12 月 9 日，美国能源部国家能源技术实验室 (NETL) 总结了 2019 年该实验室在利用化石燃料发电、生产燃料和化学品，以及开发用于炼油及天然气开采过程的先进能源分析模型的创新研究成果¹²。相关成果主要围绕 3 个方面：推动先进传感器商业化，煤气化转化，能源分析。

一、推动先进传感器商业化

利用拉曼激光光谱技术，通过激光与分子相互作用以提供气体的表征信息，开发出拉曼气体分析仪，可持续监测燃烧过程中的气体成分，实时控制燃烧过程，进而提高天然气发电厂的运行灵活性，以提高发电效率。同时，在测试平台上对该仪器进行测试，推进了技术的商业化，未来将在全美天然气发电厂中推广使用。

二、煤气化转化

NETL 2019 年启用了最先进的反应分析与化学转化平台 (ReACT)，研究包括微波在内的反应科学，以推进煤气化技术发展，从而提供更清洁、低成本的能源和有价值的化工产品。传统煤气化的加热工艺成本和能耗偏高，因此，NETL 正致力于研究如何使用微波在分子水平上实现快速且准确的加热，获得了如下成果：

¹² NETL Research Successes Advance Technology Solutions to America's Energy Challenges. <https://www.netl.doe.gov/node/9369>

1、微波增强合成氨。通过与 DOE 先进能源研究计划署 (ARPA-E) 合作, NETL 团队已经证实利用负载型金属催化剂体系, 使用微波辐射可在较低的温度 (300°C) 和环境压力下实现更高的氨产量, 大量节约水和能源消耗。

2、改进载氧体提高气化炉性能。NETL 正研究将金属氧化物用作载氧体, 为气化过程提供氧气, 以削减气化成本, 最大限度提高效率。为了确定合适的载氧体, 研究人员设计了新的载氧体组成, 可快速有效地输送氧气。通过添加化学成分, 对特定属性进行微调, 如工作温度和氧气的输送速度。研究人员已经确定了钙钛矿系列中的几种有前景的材料, 这些材料生产成本低, 不仅可用于气化系统, 在其他能源技术领域也具有巨大应用潜力。

3、能源分析

(1) 升级炼油厂生命周期模型。该研究升级了炼油厂生命周期清单模型 (PRELIM), 以提供更完整的环境生命周期清单, 进而获得炼油厂对环境的影响, 作为生命周期分析研究的一部分。原有 PRELIM 提供的结果仅限于能源消耗和温室气体排放信息, NETL 在模型中增加了一些评价标准, 包括空气污染物、危险性空气污染物、废水和固废排放以及废物管理, 其数据源于各种公开可用的数据源。这些数据的增加, 能够更全面地分析与炼油作业相关的潜在环境影响。

(2) 调查天然气生产过程排液情况, 通过案例分析说明甲烷定量研究对提高美国天然气生产效率的重要性。该研究强调, 在对甲烷排放进行估算时, 需要考虑排放源的变化和区域差异, 通过确定甲烷排放源和改进排放评估, 帮助研究机构开发减少甲烷排放的清洁技术, 以确保公众的健康和安全。排液是天然气生产中的重要环节, 天然气生产过程中经常在井内发生积液, 必须定期排液以确保气体流动和维持生产, 但

该过程会将甲烷释放到大气中。研究人员集中研究了美国 18 个产能最高的天然气盆地，并研究了不同的排液方式，开发了多参数统计评估模型，这些参数会影响排液作业的甲烷排放量。通过数千次迭代模拟发现，天然气盆地内和不同盆地之间的甲烷排放量差异很大，圣胡安盆地和落基山地区的平均甲烷排放率最高。还发现一小部分排液频率高的天然气井甲烷排在总排放量中占极大份额，这些天然气井被称为“超级排放源”，这一计算结果与现场观测结果吻合，表明了模型的准确性。

（岳芳）

美国能源部 ARPA-E 新项目推进数字技术在能源领域应用研究

2019 年 11 月 19 日，美国能源部先进能源研究计划署（ARPA-E）宣布在“智能设计促进节能减排和实现重大技术改进（DIFFERENTIATE）”主题计划框架下，资助 1500 万美元开展数字技术在能源领域的应用研究项目¹³，旨在整合公私研究力量，联合探索将人工智能、机器学习等数字技术引入到能源技术和产品设计研发当中，提升研究效率缩短研发周期，降低成本提升竞争力，维持美国在能源和数字技术的全球领先地位。本次资助项目具体内容参见表 1。

表 1 DIFFERENTIATE 本次资助项目具体研究内容

承担机构	研究内容	资助金额 /万美元
国家可再生能源实验室	利用机器学习技术、图像神经网络算法开发模型工具，实现电池材料和组分的快速筛选，以及性能的高精度预测，缩短研发周期	105
西北大学	利用深度机器学习技术开发湍流模型，用于辅助风力涡轮机的设计研发，实现对涡轮机性能的低成本高效改进	57
爱荷华州立大学	利用机器学习开发一个混合变量概念设计框架，用于指导新型高性能低能耗微电子材料的高效合成，提升研发效率	60

¹³ Department of Energy Announces \$15 Million for Development of Artificial Intelligence and Machine Learning Tools. <https://www.energy.gov/articles/department-energy-announces-15-million-development-artificial-intelligence-and-machine>

美国能源部 ARPA-E 新项目推进数字技术在能源领域应用研究

麻省理工学院	利用机器学习开发一个逆向设计模型工具，用于光伏器件的逆向设计工程，以快速开发出新型高性能新架构太阳能电池器件	178
密歇根大学迪尔伯恩分校	基于高斯过程和卷积神经网络方法开发模型，模拟沸腾传热过程，实现对这一过程的快速优化，提高热能传输效率，用于核电和工业蒸汽发电，提升发电效率	66
卡内基梅隆大学	利用生成模型和卷积神经网络开发一种催化剂材料研发框架，该框架涵盖了实验室测试和工业生产原型过程，从而实现对非铂族过渡金属氧化物催化剂最优组分的快速甄别和筛选，加快新型低成本高性能催化剂研发	110
茱莉娅设计公司	利用决策树、监督学习和强化学习方法，开发设计工具实现电力转换器新架构的快速研发和性能评估，缩减研发周期，降低成本	112
马里兰大学	利用深度强化学习技术预测催化剂在反应条件下的表面稳定性，克服传统方法困境和成本高昂问题	43
洛斯阿拉莫斯国家实验室	围绕电催化系统和下一代电池系统，开发一个集成机器学习的加速设计和优化工作流程，提升候选材料筛选速度，并模拟和预测电池性能，增加研发创新效率	90
德克萨斯大学奥斯汀分校	利用机器学习开发建筑供暖、通风和空调（HVAC）系统模型，优化 HVAC 系统效能，减少能耗	65
IBM 研究中心	利用生成对抗网络设计一种反向设计工具，实现在给定环境和性能指标前提下，快速反向设计出涡轮叶片材料和组件	40
斯坦福大学	基于物理知识和机器学习模型，提高从非常规油气藏中开发提取石油和天然气的效率，同时减少开发过程的环境影响	40
密苏里大学	创建高效、准确、可扩展的深度神经网络设计优化解决方案，用于机翼空气动力学研究，以获得最佳的机翼设计和性能	17
联合技术研究中心	利用强化学习开发电力转换器设计工具，实现对设计性能的仿真模拟评估，指导实验室的设计开发，减少开发时间和资金成本	120
通用电气研究中心	利用生成神经网络算法对纳米光子器件设计架构进行全局优化，利用机器学习来加速电磁场计算的求解过程，以加速开发高效低能耗的基于光互联的信息处理和通信系统	136
普林斯顿大学	利用深度学习方法来预测蛋白质间氨基酸相互作用，并构建蛋白质复合物三维结构，用于生物催化反应，助力生物能源研发创新	29
劳伦斯伯克利国家实验室	利用约束规划、生成模型、降阶模型、主动学习等一系列技术来指导设计最佳的功率变换器电路拓扑结构，加速新架构功率转换器的设计研发	80
西北太平洋国家实验室	利用机器学习技术和高仿真建模指导高效多级压缩机的设计研发，减少研发成本和周期	40

（郭楷模）

英国 NERC 资助研究提出 2020 年生物保护领域 15 个关键议题

2019 年 12 月 5 日,《生态学与进化趋势》杂志发表题为《2020 年全球生物保护新议题的水平扫描》¹⁴的文章,提出 2020 年生物保护领域面临的 15 个新趋势与新威胁,这些趋势可能会对 2020 年的自然界产生重大影响。该研究是由英国自然环境研究理事会(NERC)资助的第 11 份年度扫描成果,由英国剑桥大学领导、全球 25 个科研机构合作完成。研究团队审查了 89 个潜在的新兴问题,最终将它们削减和融合成可能产生最大影响的 15 个关键议题。

1、利用木材原料制备纳米纤维素对土地利用变化的影响。全球纳米纤维素市场正以每年 18% 的速度增长,利用木材原料制备纳米纤维素产生的影响包括:使植树及相关的碳储量增加,减少对化石燃料的依赖;纳米纤维素产品可以替代塑料,由此减少塑料废料的产生量;如果不管制纳米纤维素市场对木材的需求,全球森林损失可能会加速,生物多样性也将丧失。

2、从木材中获取能源的政策激励措施。欧盟可再生能源指令要求将木材作为低碳可再生燃料推广使用,这可能会造成木材需求大幅增加。木材的商业化使用将加速原生森林的损失,并加剧气候变化。如果其他国家在欧盟的引导下采取类似的政策,气候变化将进一步加剧。

3、控制开花植物物种组成以改善蜜蜂健康水平。植物种间花蜜与花粉营养含量的差异影响着蜜蜂的采食方式,土地利用方式及其与其他因素(如病原体)的相互作用可能会导致蜜蜂数量减少。最近的研究表明,向日葵及其近亲的花粉虽然不如其他植物的花粉有营养价值,但似乎可以降低大黄蜂肠道感染的严重程度,而肠道感染会降低大黄蜂的繁殖成

¹⁴ A Horizon Scan of Emerging Global Biological Conservation Issues for 2020. [https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347\(19\)30299-X](https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347(19)30299-X)

功率。如果这项研究导致向日葵的大量种植，可能会扰乱野生蜜蜂的寄主-寄生虫动态，并降低相对于本地野花的营养有效性。

4、亚洲长角蜱 (Long-Horned Tick) 出现在美洲。亚洲长角蜱首次于 2017 年在美国被发现，现在已经扩散到美国的 9 个州。这种寄生虫寄生于马、狗、鹿、小牛、绵羊、负鼠等动物体表，可传染泰勒原虫 (Theileriosis) 疾病，导致牲畜贫血等。由于其气候耐受性很强，亚洲长角蜱可能在美国和加拿大的东部和西部沿海定居，且向南进入中美洲并扩散到整个南美洲，对美洲当地野生动物的种群产生影响。

5、全球海藻森林衰退。分布在全球约 25% 海岸线上的海藻，是许多其他物种的复杂栖息地，海藻森林每年给人类带来价值数十亿美元的生态效益。全球范围内海藻丰度广泛下降，其对环境压力的抵御能力也在减弱，这可能导致复杂的海藻森林向更简单的大型海藻草坪系统的根本转变。由于气候变化的加剧，未来海藻森林减少将对生物多样性和生态系统进程产生重大影响，降低给人类带来的经济效益。

6、大气环流和南极臭氧层空洞缩小可能影响极地冰的范围。南极臭氧空洞的缩小可能削弱环绕南极大陆的南半球环状模 (SAM) 的南北移动，SAM 移动的变化改变了南极的温度和风暴模式，可能会造成南极冰的减少和全球海平面的上升。

7、小型水电系统对河流生态系统的影响。亚洲和其他地方正在致力于增加小型水坝的使用，但很少有项目指导小型水坝如何减少对生物多样性的负面影响，此外也很少开展小型水坝的环境影响评估。实际情况是，小型水坝造成的环境变化可能导致下游沉积物减少，从而限制生物扩散，成为洄游鱼类的障碍；同时，还会降低氧气浓度和提高水温，降低一些特有鱼类的生境质量。

8、大型循环水产养殖系统。与传统水产养殖相比，循环水产养殖系统（RAS）对环境的直接影响较小，发展大型 RAS 可以提高水产品生产的可持续性，并可以减少通常与水产养殖相关的污染和寄生虫释放的风险。这种方法的限制因素是价格标签、饲料来源和能源使用等不利因素。如果这些因素得到解决，RAS 将有助于以更可持续的方式促进海洋鱼类的供应。

9、转基因真菌杀死携带疟疾的蚊子。由于蚊子对杀虫剂的抗药性不断演变，需要开发新的方法来限制携带疟疾的蚊子的传播。昆虫病原真菌在这方面具有应用前景，经转基因修饰的病原体杀死蚊子的速度更快，孢子剂量也更小。成功地将昆虫病原真菌应用于半野外条件，可以大范围地杀死蚊子种群，需要注意的是，转基因致病菌宿主范围的任何改变都可能影响非靶向生物。

10、哺乳动物保护中人工子宫与体外发育的应用。生物袋（biobag）是一种人工子宫，可以允许部分体外发育。如果生物袋技术成熟到能支持完整的体外发育，就可以协助受威胁的哺乳动物进行保护育种计划，并且显著提高哺乳动物后代的生产率。体外发育将引发许多实际的道德与经济挑战。此外，还需要探讨胎盘环境对胚胎中的基因激活的作用及其对后代免疫力的影响。

11、亚洲传统医药的国际发展。2019 年 5 月，传统医学被正式纳入《国际疾病分类》。传统亚洲药物产品的销售额正在增长，“一带一路”沿线国家的销售额在 2016 年和 2017 年增长了 54%。这一增长将增加对一些药物资源的需求，其中包括已经受到威胁的动植物物种。随着“一带一路”沿线的连通性提高，针对以前无法进入区域的野生动植物种群的获取会变得更加容易，同时用于药物的野生动植物的贩运可能也会增加。

12、区块链公司的兴起。区块链技术的应用越来越广泛，包括管理能源和其他自然资源，例如利用区块链技术可以保护森林资源。然而，在没有通用标准或缺乏监督的情况下，该技术的应用会产生一系列问题，包括对现有政治和监管结构之外的生物多样性产生影响。不断完善后的区块链技术可用于改善自然资源的治理，保护土著土地权等。

13、将生态灭绝作为一种国际公认的犯罪。作为全球最有效力的法律文件之一，《罗马规约》规定，只可在冲突期间或破坏具有严重人道主义后果的情况下以“广泛、长期和严重的”环境破坏起诉个人和国家。法律学者认为，这一国际法必须改变，以便允许生态灭绝罪。生态灭绝（Ecocide），是指“当特定地区的生态系统遭受损失、伤害或破坏时，该地区居民无法享受（或将无法享受）该生态系统带来的愉悦”。一些倡议正在朝着这一目标迈进，有可能使产生温室气体和破坏生境的活动根据国际法受到起诉。

14、减轻武装冲突对环境的影响。2019 年 7 月，联合国国际法委员会通过了关于“与武装冲突有关的环境保护”的原则草案，要求各国和其他行为者在武装冲突期间保护环境，这可能对全世界的物种和生态系统产生重大影响。由于现代战争的普遍存在和破坏潜力，这些原则可以在全世界范围内取得巨大的保护效益。

15、新规定危及网络中立性。生物保护依赖于与公众的知识交流和接触。方便和平等地访问所有网站和所有类型的数据是网络中立性的基础。2018 年美国废除了要求互联网服务提供商平等访问所有网站的“网络中立”规则。如果这一变化蔓延到其他司法管辖区，并导致某些客户获得优先准入，则可能会极大地改变全球范围内保护团体倡导和保护物种的能力。
(裴惠娟)

设施与综合

美国能源部拨款 4000 万美元开展能源前沿研究中心第四轮资助

2019 年 11 月 19 日，美国能源部（DOE）宣布将在 2020 财年拨款 4000 万美元，开展能源前沿研究中心（EFRC）第四轮资助，持续支持部分现有 EFRC 同时停止其他 EFRC 的资助，并新成立若干 EFRC，推进能源相关的前沿科学研究¹⁵，包括材料科学、电化学和光化学、地球科学、量子信息科学等。本次资助主要聚焦四大主题领域，包括：聚合物材料的化学循环利用、微电子学基础研究、下一代量子系统基础研究和核废料环境管理基础研究。

一、聚合物材料的化学循环利用

- 1、掌握聚合物解构、重构和功能化的机制，实现将废旧聚合物（如塑料）高效转化为燃料或高价值化学品。
- 2、众多塑料制品由多种聚合物制成，含有添加剂（如颜料和稳定剂）、填料和残留物，需要研究混合塑料高效分离、回收再利用技术。
- 3、开发新型的下一代塑料材料，使其具有自我降解为单体结构的特性，实现材料低成本高效回收再利用。
- 4、开发全新的原位表征方法和建模工具，探索研究聚合物大分子转化机制，实现对其转换机制的控制，为聚合物的循环再利用奠定理论基础。

二、微电子学基础研究

- 1、重新理解和定义由应用、算法和软件驱动的材料、设备和体系结构研究需求。
- 2、内存和数据存储技术创新，探索新型材料和物理方法，克服当

¹⁵ DOE Announces \$40 Million for Energy Frontier Research Centers. <https://www.energy.gov/articles/doe-announces-40-million-energy-frontier-research-centers>

下数据存储在成本、密度和速度之间的取舍问题；探索新的体系结构，以实现计算与数据存储的三维集成。

3、开发新型互连技术（如光互联），通过利用新的物理现象和新材料以及界面设计，减少信息传送信号损失和串扰影响，增加信息带宽和传输距离。

4、利用新的物理现象和规律，构建全新的非冯·诺依曼架构计算机平台（如量子计算）。

5、研究超宽带隙（UWBG）半导体材料，以及匹配超宽带隙半导体电路的电感和电容介质，应用于电网设施，实现电网改造升级。

三、下一代量子系统基础研究

1、开展多体量子系统的动力学和量子纠缠研究，助力高效量子信息传递技术开发。

2、利用量子效应，根据相应量子算法设计开发量子传感器，应用于量子控制过程中的测量。

四、核废料环境管理基础研究

1、深入研究远离平衡态的异常核反应和异常能量输出现象，探索解决方法，减少核废料产生。

2、深入研究核废料回收和处理过程中涉及到的一系列界面物理/化学反应，提高回收和处理效率。

3、开发新型高效低成本核废料分离回收技术。

4、研究极端环境下材料性能衰退机制。

美国能源部于 2009 年建立了能源前沿研究中心这一机制，依托大学、国家实验室等建立大量的小型研究中心，汇集了跨领域（不同学科）、跨机构（大学、国家实验室、非营利研究组织）的研究人员和资源，联合开展能源基础前沿研究。第一轮（2009~2014 年）资助的 EFRC 有

46 个，第二轮（2014~2018 年）资助的有 36 个，第三轮（2018~2022 年）资助的有 42 个，每个中心每年资助经费为 200 万~400 万美元，持续 4 年，到期后根据研究绩效与未来计划决定是否继续资助。

（郭楷模 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