

Science & Technology Frontiers

科技前沿快报

国家高端智库
中国科学院

2019年8月5日

本期要目

英国医学研究理事会发布 2019 年度执行计划

美国发布最新版国家人工智能研发战略规划

美国 EBRC 发布工程生物学研究路线图

欧洲深部地热技术创新平台发布战略研究与创新议程

欧盟委员会发布《面向未来的 100 项突破式创新》报告

2019年

总第 062 期

第 08 期

目 录

深度关注

英国医学研究理事会发布 2019 年度执行计划	1
英国自然环境研究理事会发布 2019 年度执行计划	5
英国科学与技术设施理事会发布 2019 年度执行计划	11

信息与材料制造

美国发布最新版国家人工智能研发战略规划	18
---------------------------	----

生物与医药农业

美国 EBRC 发布工程生物学研究路线图	20
美国农业部农业研究局公开《2018-2020 农业转型战略规划》	22
美国农业部公布未来十年动物基因组研究蓝图	24

能源与资源环境

欧洲深部地热技术创新平台发布战略研究与创新议程	28
美国能源部提出地热能发展路线	34
美国 DOE 资助先进核能技术开发	36

空间与海洋

英国 NERC 资助两卓越中心开展极地与地震火山研究	39
----------------------------------	----

设施与综合

欧盟委员会发布《面向未来的 100 项突破式创新》报告	40
美国 DOE 推进九大领域小企业创新和技术成果转化	42

深度关注

编者按：2019 年 6 月 10 日，英国国家科研与创新署（UKRI）发布雄心勃勃的《英国国家科研与创新署执行计划 2019》¹。计划提出了 UKRI 的 9 个组成理事会关注的重点领域、关键活动及其交叉主题，并将其作为现代工业战略的一部分，力争在 2027 年实现政府 2.4% 的国内生产总值用于研究和创新的目标²。《科技前沿快报》将陆续详细介绍与科技相关的研究理事会的执行计划，本期介绍的是医学研究理事会（MRC）、自然环境研究理事会（NERC）以及科学与技术设施理事会（STFC）的执行计划。

英国医学研究理事会发布 2019 年度执行计划

英国医学研究理事会 2019 年度执行计划（以下简称计划）提出了 2019 年该理事会的发展愿景，即支持开展健康卓越研究，并促进与产业界的合作及国际伙伴关系的建立，核心是促进研究向临床应用的转化，并进一步实现产业化发展³。

为了实现上述愿景，计划提出将以下 4 个方向作为推动健康领域发展的基础，即推进基础科研探索、提高对人才的支持力度、加强合作、促进新技术和新设施的开发与应用。其中，在推进基础科研探索方面，报告提出未来将重点发展以下方向：①打破分子生物学、结构生物学和细胞生物学之间的知识界限，了解分子与复合物的功能交互作用及动态关系、相关信号通路的调控机制、空间组织模式，以及在细胞代谢中的作用；②开发优化的实验模型（3D 组织、类器官和动物模型），用于对生物系统的研究，获得对疾病机制的新见解，并促进免疫疗法和再生医

¹ UK Research and Innovation Delivery Plan 2019. <https://www.ukri.org/files/about/dps/ukri-dp-2019/>

² Ambitious delivery plans published across UKRI. <https://nerc.ukri.org/press/releases/2019/23-delivery-plans/>

³ MRC Delivery Plan 2019. <https://www.ukri.org/files/about/dps/mrc-dp-2019/>

学疗法开发；③基于分子和表型数据集，利用机器学习和计算模型，促进复杂多维数据的集成和查询；④增进对免疫系统与组织在稳态、衰老及疾病状态下相互作用机制的了解；⑤提高对人类大脑的了解，开展神经细胞与胶质细胞生物学研究，以及神经回路及脑功能探索，提高微观（分子和细胞）到宏观（社会行为）的知识衔接；⑥开发和使用新型分析、传感和成像技术，提升对生物学基础机制的认识，促进在规模和时间尺度深入研究人类表型。

同时，计划还提出了 7 个优先发展领域，每个领域设立了长期发展目标 and 近期发展计划。

1、疾病预防与早期发现

长期目标：开发面向人群健康的全系统方法，研究影响健康的因素；研究影响饮食的因素，并探索能够改变饮食系统的关键杠杆，实现饮食干预工具的开发，提供更有益的饮食改变策略；建立包含生活方式和环境暴露因素的数字化表型队列，结合英国已有人群队列基础，强化精准预防领域的发展；对新型诊断工具开展大规模测试和验证，并开发全新的疾病测量指标和个体易感性指标，从而促进将健康护理方式从疾病治疗向预防转变。

近期行动：面向研究联盟和研究网络发布英国预防研究合作项目（UKPRP）征集指南；解决食物系统问题，应对清洁空气挑战；对英国生物银行志愿者开展全基因组测序，并提高对疾病的早期发现速度，进而强化疾病预防研究；支持开展新的跨学科研究，并支持青年研究人员主导开展面向重大需求的创新研究。

2、精准医学

长期目标：识别疾病亚型，区分患者亚群体，获得对疾病机制的新认识，促进复杂疾病的治疗；重点探索环境、生活方式对疾病的影响。

突破基于临床症状的传统疾病分类体系，研究不同疾病和疾病亚型之间共同的作用机制，促进疾病的分子分型。研究疾病早期表现，实现疾病早诊断和早干预；依据患病风险、发病进程、预后及对疗法的响应，建立患者分层队列，促进识别干预措施的最佳适用患者类型、使用时机及使用方式。深入探索疾病机制，为健康产业创造发展新机遇，促进产业界的研发合作及投资。在精准医疗、实验医学、数据分析和诊断研究等疾病治疗各阶段开展临床及非临床能力建设。

近期行动：支持开展疼痛相关研究；促进将“产业战略挑战基金”第二阶段数据应用于早诊和精准治疗，建立至少 5 个数字化创新中心，资助早期诊断工具开发；资助建立针对复杂疾病的精准医学临床/产业/学术联盟；进一步资助开展痴呆症相关的精准医学及实验医学研究。

3、共存疾病（multimorbidity）

长期目标：基于流行病学数据，识别聚集性疾病（disease clusters）的发病模式和发展趋势；改变单独研究每种疾病致病机制的理念，研究共存疾病共同的致病根源、时间关系及因果关系，以及疾病生物学机制的关联及差异；研究未知生物学和社会风险因素对共存疾病的影响；发现共存疾病的新指标及开发疾病出现症状前的干预措施，促进疾病的早期干预和预防。

近期行动：与国家健康研究所（NIHR）联合资助英国共存疾病聚集性机制相关研究。

4、先进疗法

长期目标：识别并减少新型先进疗法及其使能技术发展带来的风险；促进选择性核酸靶向给药方法的研究，提高其组织穿透能力，同时降低其免疫原性及毒性；培育新兴技术、发展关键领域；对先进疗法研发全链条给予全面支持；鼓励医学监管者参与到科研工作中，使监管与技术

创新同步发展，以提高疗法安全性。

近期行动：进一步发展英国再生医学平台（UKRMP），包括建立面向糖尿病、多发性硬化症等特定疾病的新伙伴关系；鼓励与学术界和产业界合作，开展核酸相关新技术的开发。

5、精神健康

长期目标：全面研究导致精神健康障碍的主要生物学、社会和环境风险因素，重点强调神经发育及全生命周期精神健康研究；分析免疫系统、代谢系统和生理状况对精神健康障碍的协同影响；开发检测和测量精神健康障碍的新方法；开发针对儿童或青少年精神健康障碍的有效早期干预措施；预防精神健康障碍，实现从儿童和青少年阶段开始预防；建立国家精神健康研究基础设施，促进跨学科研究；促进对精神健康障碍机制的了解，推动新药物靶标的发现；开发精神健康的数字化解决方案，如低成本的可穿戴设备、智能手机和虚拟与增强现实，用于精神健康问题的诊断、监测和治疗；规划开展一项针对精神健康研究的新英国旗舰资助计划。

近期行动：建立精神健康研究平台；加强对青少年精神健康的跨学科研究。

6、抗生素耐药性

长期目标：通过以下举措遏制和控制抗生素耐药性（AMR）的威胁：对 AMR 在环境、动物、食品和人类中发生、扩大、传播和影响相关问题开展研究；开发稳定的 AMR 威胁预测模型，从而实现 AMR 可持续的干预和应对；联合干预措施开发者、政策制定者、产业界人士和抗生素使用者，联合开发及评估创新性靶向干预措施和应对举措；整合全球力量开发各国共同获益的解决方案，避免工作重复，同时发挥规模效益；开展跨学科 AMR 研究的能力建设；将关注重点从抗生素耐药

性进一步拓展到对抗真菌、抗病毒及抗寄生虫药物的耐药性方面；继续支持相关基础科研，作为开发 AMR 解决方案的基础。

近期行动：确定未来研发 AMR 预测模型所需开展的科研及转化工作；规划 2020 年之后的研发资助方向；制定“AMR 联合项目计划”（JPIAMR）战略研究和创新议程实施路线图；建立英国-南非抗生素加速器项目，重点研究中低收入国家的主要抗药性细菌。

7、全球健康

长期目标：保持从基础到应用的系统资助模式，资助开展低收入国家流行病基础研究、有效性试验以及健康干预措施的改进和系统实施；增加对全球健康研究能力建设的投资；提高资助健康主题的多样化和一体化水平，关注精神健康、癌症、营养、慢性非传染病和疾病间复杂相互作用等主题；进一步整合跨学科和跨部门的力量，研究健康与社会经济、食物和农业、环境变化、文化等因素之间的相互关系。

近期行动：提升全球健康资助方向的多样化，资助全球孕产妇和新生儿健康、中低收入国家的营养及非传染性疾病、全球精神健康等领域；与全球合作者共同加强中低收入国家的研究能力建设；与国际慢性病联盟的成员共同开发应对慢性非传染病的战略投资商业计划。（王玥）

英国自然环境研究理事会发布 2019 年度执行计划

英国自然环境研究理事会（NERC）致力于了解地球的进程，揭示全球面临的环境挑战。借助 UKRI 提供的资金和合作机会，NERC 将具有研究和创新广度及深度，且具有商业敏锐度的企事业单位和当地社区联系起来，与它们建立新的合作伙伴关系，确保发挥英国研究基地的潜力，形成限制气候变暖所需的国家和全球解决方案，建立一个高效、健康、富有活力的地球。为了实现长期目标，NERC 的 2019 年度执行计

划确定了 8 个优先研究与创新主题⁴。

1、环保解决方案

长期目标：倡导环境解决方案在促进清洁能源增长方面的重要性，创建实现清洁能源增长目标的计划，培养新一代采用整体系统方法的研究人员，支持和鼓励高校与企业及地方研究团队的合作，系统考虑和研究复杂的跨学科的环境问题。

近期行动：扩大机构合作伙伴计划的范围，鼓励高等院校有机会获得环境解决方案的整体资助；与创新英国（Innovate UK）和英国工程与自然科学研究理事会（EPSRC）合作，牵头建立 2000 万英镑的塑料研究创新基金（PRIF），使英国朝着更加循环和可持续的新塑料经济发展；引领开发智能可持续和新一代先进塑料包装，减少塑料垃圾进入环境中；部署低碳尖端环境科学，到 2040 年建成全球首个零碳产业集群；转变粮食生产方式，减少排放、污染和浪费并改善土壤；与英国艺术与人文科学研究理事会（AHRC）、英国生物技术与生物科学研究理事会（BBSRC）、EPSRC 以及英国经济与社会科学研究理事会（ESRC）合作，牵头实施由战略优先基金支持的 1050 万英镑土地景观决策项目；提高研究能力，有效地领导和培养更广泛的学术社区。

2、推动前沿研究

长期目标：保持英国在环境科学领域的广泛专业知识和优势，开发新技术和新方法，探索与任何环境科学主题相关的新想法，为未来的未知挑战做好准备，并确保资助惠及最优秀的科学和科学家。

近期行动：审查资助程序，以确保支持最佳、最具创新性和探索性的研究和研究人员；资助 280 万英镑，通过英国南极调查局（BAS）与英国国家海洋学中心（NOC）和英国地质调查局（BGS）的合作，开展

⁴ NERC Delivery Plan 2019. <https://www.ukri.org/files/about/dps/nerc-dp-2019/>

海洋热量与碳封存以及输送的气候调节项目(ORCHESTRA);建立 3900 万英镑的标准发现科学研究基金用于个人及小团队探索研究,资助 890 万英镑用于复杂、大规模的发现科学项目,提供 150 万英镑用于采购最先进的设备以确保研究人员开展最好的研究,资助 700 万英镑用于研究生环境科学家奖学金。

3、生产环境

长期目标:通过基金研究加深对经济和环境耦合关系的理解,确保研究与创新项目能够采用全系统方法评估环境风险,将环境可持续性纳入经济活动的各个方面,与合作伙伴共同将研究转化为有效的商业模式。

近期行动:向 BGS 领导的英国地球能源天文台(UKGEOS)项目资助 1300 万英镑,建立新的地下环境研究中心,以促进地下能源技术的研究;向英国生态与水文中心(CEH)牵头的英国环境预测项目(UK-SCAPE)资助 1670 万英镑,以应对空气和土壤质量、水和粮食安全以及生物多样性等方面面临的挑战;资助 1230 万英镑用于环境科学对区域的影响研究,将研究机构、企业、政策机构和约克郡综合体联合起来制定流域解决方案;资助 230 万英镑用于实现可持续农业系统(ASSIST)项目,以开发有助于环境可持续性的农业系统;资助建立可再生能源博士培训中心(CDT)(与 EPSRC 合作)和土壤科学持续合作中心(与 BBSRC 合作);资助 120 万英镑用于 NERC 重点项目研究,开发新的岩浆矿床等矿产资源勘探工具;资助 300 万英镑进行碳预算核查等气候变化减缓措施的重点领域研究;资助 20 万英镑用于利用 DNA 测序技术确定农业对蜜蜂种群的影响。

4、健康环境

长期目标:推动研究与创新,以减少和扭转环境退化,改善有助于健康和福祉的生活环境,完善环境系统与健康之间的反馈机制,使人类

和动植物均受益。

近期行动：资助 1960 万英镑用于清洁空气分析和解决方案项目的研发；资助 530 万英镑用于环境中化学品的新兴风险项目研究；在国际合作基金的支持下，资助 340 万英镑用于 MRC 主导的抗菌药物耐药性项目；资助遗留废物在英国沿海地区的影响和了解海洋噪音污染的影响两个重点主题项目各 400 万英镑；资助 450 万英镑用于哥伦比亚的两个地区探索 and 了解哥伦比亚生物资源计划；与印度合作，提供 360 万英镑用于不同污染物的来源和归宿研究，并制定管理策略和技术减少污染程度。

5、弹性环境

长期目标：增进对环境危害、环境变化及其相互作用的了解，提高对不断变化的世界进行规划、制定政策和管理脆弱性、风险、反应和恢复的能力，跨领域合作，保护生命和生计，提高基础设施、供应链、企业和金融市场对环境危害和环境变化的抵御能力。

近期行动：为英国气候变化能力计划资助 1060 万英镑，以提供强大的多学科和跨学科气候风险和适应解决方案；为环境风险基础设施创新计划资助 50 万英镑，以提供环境风险及其对基础设施影响的证据；利用 130 万英镑的重点专题资金，提供有关空间天气对英国国家基础设施影响的新见解；资助 120 万英镑用于了解和预测北大西洋及其大气层的变化；同美国国家科学基金会（NSF）共同资助 660 万英镑，用于改善南极西部斯韦茨冰川（Thwaites Glacier）的冰川损失和海平面上升的长期预测；向生态与水文中心主导的 Hydro-JULES1 计划资助 350 万英镑，建立一个陆地水循环三维模型；资助 140 万英镑用于了解土壤中有多少碳进入英国河流及其对土壤健康、饮用水和碳释放到大气中的影响。

6、数字环境

长期目标：利用人工智能、微型化、无线通信、传感器等技术，将环境和地球观测数据与经济、卫生、社会和行政等科学数据结合，形成改善人类生活条件和环境的成果，并利用高性能计算创建虚拟环境，模拟预测未来发展情景。

近期行动：资助 1040 万英镑实施数字环境计划，高分辨率监测和预测自然环境；向国家能力数据服务（NCDS）资助 550 万英镑，为环境科学界提供关键大数据的访问存储和处理服务；向北极气候研究多学科漂移观测站（MOSAIC）计划资助 170 万英镑，以提高气候模型使用分布式自治遥感传感器区域网络预测北极环境变化的能力；为 CDT 系统资助 320 万英镑，主要用于地球系统的地球数据观测、生态学和进化的建模和定量技能、对环境科学使用智能和自主观察、使用“大数据”进行风险缓解等；为 CDT 资助 130 万英镑，用于人工智能应用于环境风险研究、数据科学和人工智能可持续未来等；向海洋综合自治观测系统项目资助 170 万英镑，以加速自动测量的使用；通过第六次 IPCC 评估报告，为英国地球系统模型（UK-ESM）资助 190 万英镑，为英国政府提供强有力的科学支持。

7、全球环境

长期目标：在全球挑战中发展引领作用，分享英国研究团体优势专业知识和技能，继续资助研究和创新，通过国际协调科学解决全球问题，帮助国际发展和应对环境紧急事件；通过合作和国际协调努力应对英国和全球面临的复杂环境挑战。

近期行动：

南极洲和南大西洋：向 BAS 投资 3370 万英镑，为英国在南极地区提供和支持世界领先的研究；以世界领先的 BAS 热水钻井专业知识为

基础，投资 395 万英镑，开展英国-智利南极热水钻井联合项目。

亚洲：全球挑战研究基金（GCRF）资助 1750 万英镑建立南亚氮中心；通过与 MRC 及中国和印度的合作，资助 500 万英镑实施大气污染和人体健康项目，调查中国和印度主要城市的城市空气污染及其对健康的影响；与越南、孟加拉国和印度的社区和研究人员合作，资助 1530 万英镑建立生活三角洲中心。

非洲：资助 1820 万英镑建立研究非洲、加勒比地区和南太平洋地区的海洋中心；在 2019/20 年度，资助 120 万英镑，与国际发展部（DFID）和 ESRC 合作，在撒哈拉以南非洲和南亚这两个世界上最容易发生灾害的地区开展灾害预测创新研究。

南美洲：提供 300 万英镑用于秘鲁冰川退缩及其对水安全和自然灾害影响等方面的合作研究；资助 410 万英镑用于跨区域生物多样性和生态系统功能在管理可持续发展环境方面的功能研究。

全球：资助 390 万英镑用于国际海洋发现项目（IODP），并与 EPSRC 和 ESRC 合作成立国际应用系统分析研究所（IIASA）；向国际 Argo 项目资助 40 万英镑，在全球范围内开展海洋监测，收集并分享 3000 台水下机器人的温度和盐度观测数据。国际合作基金向气候、环境和健康计划资助 350 万英镑，以更好地理解复杂的气候、生态系统和健康路径。

8、环境领域最佳研究和创新

长期目标：资助英国环境科学所需的研究中心、设施、资源和服务，确保环境科学人才队伍具备解决未来未知挑战的技能和专业知识，与英国环境科学界和全球合作伙伴合作，灵活部署资金和资源，推动前沿研究并提供环境解决方案，使研究成果最大化。

近期行动：为 CEH 和 NOC 提供单独政策，实现高质量研究可持续性发展；资助 350 万英镑用于国家实验室设施建设；提供 2150 万英镑

建立博士培训基金；分别向海底“快速”阵列项目和“耦合模型对比项目”（CMIP）资助 140 万英镑和 190 万英镑；评估环境研究中基因组项目重新启动设施的需求；在 5 年内投入 250 万英镑用于公众参与计划；资助 620 万英镑用于特别改装的机载大气测量设施研究飞机；资助 300 万英镑，运营和管理英国海洋沉积物核心研究设施；为 CEH 提供 1600 万英镑，在低地、高地、湿地、河流和森林等多种栖息地建立全国监测站网络；用于皇家研究船发现号（Discovery）和詹姆斯·库克号（RRS James Cook）的运营。（牛艺博）

英国科学与技术设施理事会发布 2019 年度执行计划

英国科学与技术设施理事会（STFC）2019 年度执行计划⁵的重点是：充分利用新的前沿科学机会，推动新技术的发展；将英国的海内外高科技设施作为工程、技术和计算技能的培训基地；为建设世界领先的国家级设施建立战略渠道；继续在哈维尔科学创新园（HSIC）和达斯伯里科技园（DSIC）开发研究和创新生态系统；加强 STFC 与 UKRI 内外部的战略合作伙伴关系。

一、STFC 发展愿景和目标

STFC 的发展愿景是：发现宇宙奥秘，开发先进技术，解决现实挑战。通过前沿研究、科学设施和国家研究与创新园区这三项相互关联的长期战略计划来实现，而探测器和仪器、加速器、专业工程、光学、数字化设施等 5 个方面的先进技术和计算基础设施将为其提供支撑。

STFC 的发展战略以 4 项持久的长期战略目标为中心，还包括 6 项战略主题和 3 项战略推动，详见表 1。本文重点介绍每项战略目标和战略主题的长期目标和近期行动。

⁵ STFC Delivery Plan 2019. <https://stfc.ukri.org/files/delivery-plan-2019/>

表 1 英国 STFC 发展愿景和目标

战略目标	世界级科研	世界级多学科设施	世界级创新	世界级技能
战略主题	开发先进技术		数据密集型科学	
	科研与创新园区		21 世纪挑战的解决方案	
	激励和参与		打造国际影响力	
战略推动	促进合作	与研究伙伴合作	创建优秀组织	

二、战略目标

世界级科研、世界级创新和世界级技能一直是 STFC 的发展目标，此次将世界级多学科设施列入战略目标，进一步强调了科研基础设施的重要性。

1、世界级科研

长期目标：通过制定和实施长期研究战略，保持英国作为全球基础科学研究领导者的地位，寻求开发先进技术和高科技技能的新机会以推动新的国际合作。

近期行动：通过各项研究计划的长期战略，优化资源利用以保持前沿性：完成短期可交付成果用于欧洲核子研究中心（CERN）大型强子对撞机（LHC）的 4 个探测器的升级，并分析第一次运行数据；作为世界上最大的射电望远镜平方公里阵列（SKA）的三个东道国之一，在组建国际政府间组织方面发挥主导作用；英国参与了美国正在建造的下一代中微子实验⁶，将与美国合作在项目正式批准前达成详细的项目计划，这将标志着英国对探测器和加速器系统硬件贡献的开始；完成对极大望远镜（ELT）第一批轻型仪器 HARMONI 和 METIS 的贡献，继续在未来的科学计划中发挥领导作用；英国将同意先进激光干涉仪引力波天文

⁶ 位于美国伊利诺伊州费米实验室的长基线中微子设施（LBNF），将在地下发射中微子到南达科他州的深地下中微子实验（DUNE）

台升级计划（ALIGO+）的规划，并开始建造英国的硬件贡献。利用新的量子技术探索基础物理学领域的开创性方法，在 UKRI 内部尤其是与 EPSRC 建立合作。与国际合作伙伴合作开发下一个欧洲粒子物理学战略。利用国际合作基金提供的机会，与美国自然科学基金会（NSF）和美国能源部（DOE）建立更紧密的联系。

2、世界级多学科设施

长期目标：通过一系列平衡的升级工作和有针对性开发，确保英国的多学科设施保持世界一流水平；以最具影响力的国家优先事项为目标，开发和部署科研基础设施，满足更广泛的 UKRI 社区和行业需求。

近期行动：代表 UKRI，继续领导制定研究和创新基础设施路线图，用连续一致的综合分析方法来改善未来的基础设施规划和投资；为国家设施的发展制定分阶段路线图，例如，加强对跨学科研究的贡献支持，保持国际竞争力并应对最优先的科学挑战；确保欧洲同步辐射光源（ESRF）和劳厄-朗之万研究所（ILL）的国际竞争力；与合作伙伴合作，为 2023 年以后的 ILL 制定发展战略；根据科学需求，为可能的国家自由电子激光设施制定明确计划，并定义明确的关键决策点；通过可持续的运行预算优化国家设施的开发，实现高效的科学交付，最大限度利用这些资产并获得回报；交付主要项目硬件，包括英国散裂中子源（ISIS）靶站 1 的靶标/调节器更换、中央激光设施（CLF）Artemis 设备的升级和钻石双成像和衍射（DIAD）光束线；与 BBSRC 和 MRC 合作，完成 2020 年以后钻石光源（Diamond）电子生物成像中心（eBIC）的资金可持续规划；按照 2019~2020 年的可用资金比例，调整对国家设施的访问：Diamond 每年运行 200 天，ISIS 靶站 1 和靶站 2 每年运行 140 天，CLF 的高功率激光器运行 98 个用户周，激光科学设施（LSF）运行 188 个用户周；启动受战略优先基金资助的极光子应用中心（EPAC）的建设；

从 2019 年 ISIS 的中子和缪子源开始,对每个国家设施进行三年期审查,以评估其科学和技术优势,并通过国际比较为未来发展战略提供建议。

3、世界级创新

长期目标: 加速新思想和新技术的商业化,支持政府承诺到 2027 年将研发总投入提高到 GDP 的 2.4%。

近期行动: 作为英国创新与科学种子基金 (UKI2S) 的主要合作伙伴,促进其与私营部门对早期高潜力技术企业的共同投资,确保基金在早期投资中的地位;加速哈维尔科学创新园数字资产的商业化;简化转化融资方案,在 UKRI 内部建立一致界面,使科学技术更容易商业化,并促进与工业界合作;利用国家级科学和创新园区的能力,召集和领导相关的地区性团体,如苏格兰的卫星和数据、英格兰西北部的数据和材料科学,为工业发展提供坚实基础;建立向 STFC 汇报的新的工商业伙伴关系委员会,进一步加强与工业界的联系;建立 Innovate UK/STFC 论坛,与 Innovate UK 建立更强大的合作伙伴关系,为研究团体开发和利用的技术铺平商业化道路。

4、世界级技能

长期目标: 利用高科技设施和计划,培养具有不同背景的熟练工程师、技术人员和科学家,为填补技能差距做出贡献。

近期行动: 开发满足高科技设施关键技能需求的、可持续的工程和技术人才培养商业模式;继续扩大国家实验室的学徒和研究生课程,并将其纳入更加完整连贯的技能培训渠道;为涵盖 19 个学术机构的 8 个数据密集型博士培养中心 (CDT) 提供第三批支持;在优先领域支持一个或多个博士培养中心,如探测器/仪器开发 (包括机器人应用)、医学物理学 (包括质子/强子束疗法)、先进加速器、核物理对核工业的输入、自由电子激光器的开发和应用;促进工业界对学生的赞助,为博士培养

伙伴（DTP）计划学生提供实习基金，提高博士项目的工业相关性，加速其进入工业界的步伐；为那些重返研究、在工作中受地理所限的研究人员提供研究资金，使博士后人群多样化；为软件工程师提供资金，以满足对大型复杂数据集分析软件开发、先进数据分析技能和机器学习的需求；在 2019 年秋季之前根据 STFC 平衡技能计划的审核建议制定实施计划。

三、战略主题

1、开发先进技术

长期目标：充分利用与国际合作伙伴的合作，开发满足 STFC 研究优先级目标所需的颠覆性和新颖性技术。

近期行动：颠覆性技术方面，提高能量分辨 X 射线系统的性能，以便在强度增加时实现当前和未来设施所需的兆赫兹级读数；新的高速读出系统将开辟新的科学机会；由仪器仪表中心支持的前端电子学和探测器（FEEDER）项目正在开发高速观测高能 X 射线的第一代系统。战略计划方面，与大学和工业伙伴共同制定工作计划，以应对罗莎琳德·富兰克林研究所面临的成像挑战，包括相关成像和声光成像。新产品方面，与剑桥分子生物学实验室、马普研究所和 FEI-ThermoFisher 公司合作，开发并向剑桥分子生物学实验室交付下一代 Cryo-EM 相机，显著提高低温电子显微镜性能。与赫瑞·瓦特大学合作开发中红外波导技术。卢瑟福·阿普尔顿空间实验室（RAL Space）将与伦敦国王学院医院合作开发基于波导和微机电系统技术集成的碳同位素测量系统，有潜力检测脓毒症的早期发作。

2、数据密集型科学

长期目标：汇集高性能计算、数据分析和机器学习能力，应对来自研究计划和工业界的数据挑战，加速这些新方法在企业中的应用。

近期行动：在学术界和工业界现有合作基础上，为哈维尔科学创新

园的第 4 阶段建设开发商业案例；与 EPSRC 和大学合作建立国家量子计算中心；确保对高性能计算基础设施——利用先进计算的分布式研究（DiRAC）进行战略性升级，推动前沿科学计划在建模和仿真方面取得重大进展；协调 IRIS⁷ 合作伙伴关系，建设重要的数字化基础设施能力，并使其成为 UKRI 数字化基础设施路线图的组成部分；为 UKRI 科学联盟和设施用户开发科学软件；在战略优先基金资助下，与阿兰·图灵研究所合作，建立涉及钻石光源、散裂中子源和中央激光设施的基于 AI 的科学和数据分析协作中心；在科学计算部门、哈维尔科学创新园和阿兰·图灵研究所之间开展更加深入和大规模的合作，发挥 AI 和高性能计算的互补作用；与 UKRI 和工业伙伴合作，开发专注于 AI 和高性能计算应用的项目。

3、科研与创新园区

长期目标：将国家级科研和创新园区发展成为高科技企业成长的平台，为使英国成为世界上最具创新性的经济体做出贡献。以哈维尔科学创新园成功的航天集群模式为基础，发展健康、能源、医疗应用和 AI 等与工业战略相关重点领域的创新和商业开发能力。

近期行动：进一步发展国家级科研和创新园区，并提供跨机构的战略协调，包括 2019 年中期开始建设工业战略挑战基金支持的国家卫星测试设施并于 2021 年运行，2019 年开始在哈维尔科学创新园建设多学科罗萨琳·富兰克林研究所；借鉴欧洲空间局（ESA）和 CERN 合作计划的成功经验，扩大并进一步发展商业孵化项目，开发新产品；2019 年在达斯伯里科技园启动新的数据密集型研究集群建设；与 BBSRC 和 NERC 等合作建立国家级科研和创新园区的全国联络网，展示其作为国内投资目的地的潜力；为达斯伯里科技园制定技能行动计划，为哈维尔

⁷ 为 STFC 的科学研究计划创建共同的数字化基础设施而建立的自组织协调机构

科学创新园制定满足增长需求的人才培养计划。

4、21 世纪挑战的解决方案

长期目标：充分发挥科学、技术和设施的潜力，为解决工业和社会挑战提供多学科解决方案。

近期行动：2019 年完成对 21 世纪挑战活动的战略评估，确定英国可在一定程度上发挥作用的关键挑战，并加强与工业战略挑战基金的合作；评估解决关键挑战所需的技能，支持形成多学科挑战项目；增加大型国家级设施中的多学科研究数量，建立试点，以评估定向分配一定比例的波束时间以应对共同关键挑战的可行性；通过有针对性的沟通使工业界认识到多学科设施的功能和技术，加速二者的有效互动；继续与 UKRI 社区合作，发展牛顿基金和全球挑战研究基金（GCRF）项目组合。

5、激励和参与

长期目标：利用 UKRI 社区和设施，激励人们探索科学和技术，鼓励下一代从事研究和创新工作。

近期行动：举办全国性活动宣传英国对詹姆斯·韦伯空间望远镜（JWST）的主要贡献，与英国 STEM 部门协作证明 JWST 工作是鼓舞人心的；与“STEM 学习”、苏格兰学校教育研究中心等区域性和国家级伙伴合作，发挥连续性职业发展研讨会对教师的关键作用；采取新方法来发展和支持 STEM 领域的领导者，2019 年在公众参与工作方面持续增加至少两名领导人员，并将从事该工作的青年研究人员名额增加一倍；推出“奇迹”计划，将具有不同背景的人们联系起来，吸引来自经济落后地区的受众参与该计划；与 UKRI 合作，开发并利用有效方法评估公众参与度。

6、打造国际影响力

长期目标：提供世界领先的研究和创新能力，吸引国际投资并为英

国企业提供机会，提升英国的国际声誉和影响力。

近期行动：在 OECD 全球科学论坛（GSF）研究基础设施专家组中发挥领导作用，并在更广泛的国际政策论坛中代表更广泛的 UKRI 利益，如开放科学和开放数据；在担任全球研究基础设施高级官员小组（GSO）主席的 6 个月时间内，提高全球政策制定者对 GSO 框架的了解，传播良好实践，加强对全球研究基础设施社会经济影响力监测的标准；促进双边国际合作伙伴关系，实现共同目标；成为高级仪器测试台（AIT）/水-切连科夫反中微子监测器（WATCHMAN）项目和 ALIGO + 项目的主要国际合作伙伴。 （王海霞）

信息与材料制造

美国发布最新版国家人工智能研发战略规划

6 月，美国发布最新版的“国家人工智能研发战略规划”⁸，对 2019 年 2 月总统特朗普发布的启动美国人工智能（AI）计划的 13859 号行政令做出了响应。此次更新以 2016 年发布的首版“国家人工智能研发战略规划”为基础，保留了前 7 条战略，并新增了旨在加强公私合作的第 8 条战略，确立美国 AI 研发投资的关键优先领域。

1、对人工智能研究进行长期投资

新版规划强调维持对基础 AI 研究的长期投资。其他重要的 AI 研究领域包括：促进面向知识发现的以数据为中心方法的发展、增强人工智能系统的感知能力、了解人工智能的理论能力和局限、开展通用人工智能研究、开发可扩展的人工智能系统、促进类人人工智能研究、开发更能干更可靠的机器人、改善硬件提升人工智能系统性能、开发适用于先进硬

⁸ The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan: 2019 Update. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2019/06/National-AI-Research-and-Development-Strategic-Plan-2019-Update-June-2019.pdf?tdsourcetag=s_pcqq_aiomsg.

件的人工智能系统等，使美国保持在人工智能领域的世界领导者地位。

2、开发人机协作的有效方法

新版规划强调开发能补足和增强人类能力的 AI 系统，对未来工作的重视与日俱增。大部分人工智能系统将与合作以达到最佳绩效，而非代替人类。通过寻求具备人类感知能力的人工智能新算法、开发用于人类机能增进的人工智能技术、开发数据可视化和人机界面技术、开发更有效的自然语言处理系统等，实现人类和人工智能系统之间的有效交互。

3、理解和应对人工智能的伦理、法律和社会影响

新版规划强调要解决人工智能相关的伦理、法律和社会影响，以期所有人工智能技术都能遵循与人类相同的正式与非正式道德标准。该战略领域面临的信息技术研究的挑战包括：通过设计提升公平性、透明度和责任感，创建符合伦理道德的 AI，针对符合伦理道德的 AI 设计合理架构。

4、确保人工智能系统的安全性

新版规划强调要创建鲁棒和可信的 AI 系统。通过改进可解释性和透明度，建立信任，增强校验和验证，防攻击的安全策略，实现人工智能自演化中的安全性和价值一致性等，应对人工智能系统所存在的威胁，设计出可靠、可依赖、可信任的系统。

5、开发面向 AI 培训和测试的共享公共数据集和环境

新版规划强调要促进对数据集的访问及相关挑战的解决。公开数据资源的深度、质量和准确度将极大地影响人工智能的性能。关键领域包括：开发和提供各种各样的数据集以满足多样化 AI 应用的需求，使培训和测试资源符合商业和公共利益，开发开源软件库和工具集等。

6、建立标准和基准评估人工智能技术

新版规划强调要支持 AI 技术标准及相关工具的开发。AI 技术标准、

基准、试验平台及其在 AI 社区中的使用对了解和促进 AI 技术的研发至关重要。具体工作包括：研制一系列人工智能标准，建立人工智能技术基准，提升人工智能实验平台的可用性，促进 AI 社区参与标准和基准开发等。

7、更好地把握国家人工智能研发人才需求

新版规划强调要促进 AI 研发人才的培养与发展，包括 AI 系统研发人才以及与 AI 一起工作的人才，从而维持美国的领导地位。要更好地了解目前和将来人工智能研发对人才的需要，研究人工智能人才市场的供需结构，以预测未来的人才需求。可以考虑实施适合的计划和行动来解决既有的或预期的 AI 劳动力挑战。

8、扩展公私合作以加速 AI 发展

该战略是今年新增内容，反映了公私合作在促进 AI 研发方面日益增加的重要性。公私合作存在多种结构和机制，常见类别包括：基于项目的个人合作；以促进开放、基础和竞争前研究为目的的联合项目；以部署和改进科研基础设施为目的的合作；旨在推动劳动力发展及扩大参与的合作。无论哪一类合作，充分发挥每位合作伙伴的优势使全体获利对成功而言都是至关重要的。 (张娟)

生物与医药农业

美国 EBRC 发布工程生物学研究路线图

6月19日，美国工程生物学研究联盟（EBRC）发布《工程生物学：下一代生物经济研究路线图》，对工程生物学的发展现状及未来潜力进行分析，提出了工程生物学的4个技术主题，包括工程DNA、生物分子工程、宿主工程、数据科学，以及它们在工业生物技术、健康与医学、食品与农业、环境生物技术、能源5个领域的应用和影响（图1）。同时，

提出了每个技术主题的未来发展目标、突破方向及在未来2年、5年、10年和20年发展的里程碑⁹。4个技术主题的未来发展目标具体如下。

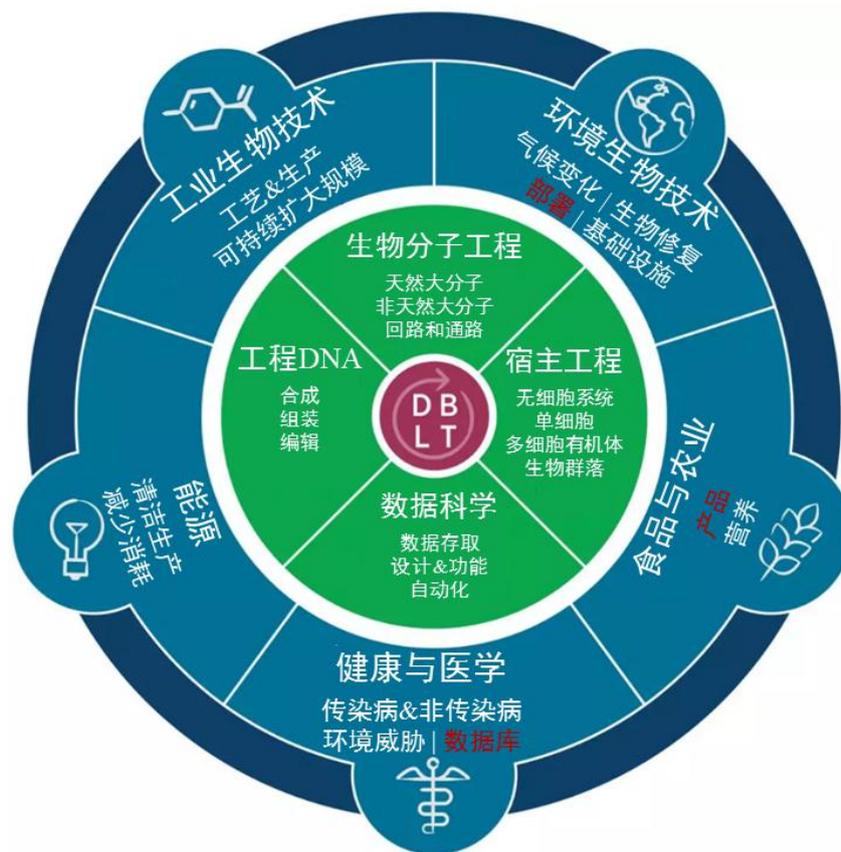


图1 EBRC 工程生物学研究路线图的技术主题与应用

1、工程DNA：基因编辑、合成和组装

专注于工具的开发和升级，以实现染色体DNA的合成和整个基因组的工程化改造。其发展目标为：高保真合成长度为数千个寡聚核苷酸的长链；多片段DNA组装，并进行实时、高保真序列验证；在多个位点同时进行精准基因组编辑，且无脱靶效应。

2、生物分子工程：生物分子、代谢通路和基因线路工程

专注于按需设计功能性大分子，有针对性地设计复杂的基因线路和代谢通路，对调控系统进行动力学控制。其发展目标为：生物大分子的

⁹ Engineering Biology A Research Roadmap for the Next - Generation Bioeconomy. <https://roadmap.ebrc.org/>

按需设计、产生和演化；对依赖非典型/非天然组成模块的大分子的按需设计、产生和演化予以特殊考虑；多组件遗传系统的整体设计和综合设计，如基因线路和代谢通路；基于RNA的细胞控制和信息处理调控系统的综合设计。

3、宿主工程：宿主工程与群落工程

专注于无细胞系统、合成细胞、单细胞生物、多细胞组织和生物体、生物群落。其发展目标为：能够进行天然/非天然反应的无细胞系统；具天然/非天然生化反应能力的单细胞宿主的按需制造；多细胞生物的按需制造和修饰；具所需功能和生态功能的生物群落的产生。

4、数据科学：数据集成、建模和自动化

聚焦于稳健、系统地使用设计-构建-测试-学习（DBTL）方法来创建复杂系统。其发展目标为：建立计算基础设施，可便捷地访问支持生物学DBTL过程的数据；通过生物分子、细胞和群落等层面的生物工程设计，实现功能预测；建立从单元操作到综合筛选层面的最优制造流程。

（许丽）

美国农业部农业研究局公开《2018-2020 农业转型战略规划》

6月，美国农业部（USDA）农业研究局（ARS）正式公开了主题为“转型农业”的2018-2020战略规划¹⁰，确定了农业研究局的两个研究优先领域：一是4个科学目标领域，其中包括15个具体研究目标；二是4个跨领域交叉研究重点及其具体目标。

一、主要科学目标领域

1、营养、食品安全与质量。具体研究目标包括：确定食品及其成分在美国人整个生命周期中对健康的改善作用；保护食品在生产、加工

¹⁰ 2018-2020 Strategic Plan-Transforming Agriculture. <https://www.ars.usda.gov/docs/plans-reports/>

和制备过程中免受病原体、毒素和化学物污染；提高农产品收获后的质量并开发其新用途。

2、自然资源与可持续农业系统。具体研究目标包括：在保护环境、人类和动物健康的同时，安全有效管理水资源，提高农业生产和水利用效率；保护和增强土壤资源，管理农业土壤中的营养物质和排放、牲畜生产系统和副产品，并改善农业生态系统生产，以适应气候变化；加强生态系统服务的同时，改善管理决策，增强牧场、草原、饲料和草坪农业系统的功能和性能；为提高生产力和盈利能力及改善自然资源，开发农业综合解决方案。

3、作物生产与保护。具体研究目标包括：利用植物的遗传潜力加强植物遗传资源、基因组学和遗传改良；提高农作物的生产力、效率和可持续性，并确保高质量且安全的食品、纤维、饲料、观赏植物和工业用作物供应；增强对现有和新出现的植物疾病的认识，并制定对人类和环境安全有效的可持续疾病管理策略；通过整合基于昆虫、螨虫和杂草害虫生物学和生态学的环境兼容策略，开发害虫群体管理技术。

4、动物生产与保护。具体研究目标包括：保护动物遗传资源的同时，提高食用动物生产效率、行业可持续性、动物福利、产品质量和营养价值；最大限度减少自然资源影响的同时，提高水产养殖生产效率和产品质量；改进疾病检测、预防和控制，保护并确保农业和食品供应安全；消除传染病媒介节肢动物及其传染给家畜、人和其他动物的疾病。

二、跨领域交叉研究重点

1、提高 ARS 的协同效应。具体目标包括：降低新出现的害虫、病原体和入侵物种的影响；利用长期农业生态系统研究网络制定管理战略和评估遗传材料，增加生态系统产品供应和服务，同时降低环境影响；通过新兴技术提高资源利用效率；将采后损失减少 20%；提高产量。

2、应对抗菌素的耐药性。具体目标包括：加速基础和应用研究与开发；减缓耐药细菌的出现，防止耐药性感染的传播；加强国家“健康一体化”（One Health）的监督工作；推进快速诊断测试的创新开发和应用；加强国际合作。

3、应对气候变化。具体目标包括：了解气候变化如何影响空气质量、土壤健康、土壤保持、水资源供应和水质，以及资源管理对气候变化驱动因素的影响；了解气候变化对人类营养、粮食安全、动植物健康和生产力的影响，以及作物和牲畜适应天气变化模式和极端天气事件的问题。

4、促进微生物组研究。具体目标包括：通过跨学科和合作研究预见不同生态系统中微生物组的功能，增强公共卫生、食品和环境安全，并发展新的生物经济产品领域；开发平台技术，改善跨生态系统微生物组数据的访问和共享；通过提供教育机会、公民科学和公众参与，扩大微生物组的劳动力队伍；促进科学界互动，建立微生物组分析的共同研究方法，并促进研究成果的整合。

（袁建霞）

美国农业部公布未来十年动物基因组研究蓝图

5月16日，美国农业部公布《基因组到表型组：改善动物健康、生产和福利——USDA 动物基因组研究蓝图 2018-2027》¹¹。农业部农业研究局和国家食品与农业研究所（NIFA）曾于2008年发布第一个十年蓝图《USDA 农业基因组学研究蓝图 2008-2017》，至今部分目标虽已达成，但仍有许多目标需更深入研究，另外，由于新兴技术的出现又有了新的研究主题。因此，在2008版的基础上研制了新的农业动物基因

¹¹ Genome to Phenome: Improving Animal Health, Production, and Well-Being – A New USDA Blueprint for Animal Genome Research 2018-2027. <https://www.ars.usda.gov/ARSEUserFiles/np101/Animal%20Genome%20to%20Phenome%20Executive%20Summary.pdf>

组蓝图，主要包括 3 个方面的研究主题。

1、科学到实践

(1) 美国动物农业中基因组选择技术的商业应用。动物基因组学研究的首要目标是运用基因组信息改进动物对选择的反应。随着 DNA 测序和基因分型技术的进步，人们获取动物育种的基因组信息的能力也在不断提升。

(2) 基因组科学应用于动物生产。全基因组选择技术用于动物育种，曾是前一版蓝图的重要目标之一，目前已成功用于奶牛、肉牛、猪、家禽和一些水产养殖品种。通过在家畜中选择基因组，缩短世代间隔将显著改善动物种群的遗传进度，确定功能基因组序列变异可促进动物进一步改良。

(3) 通过精准育种和管理来优化动物生产。基因组分析增强了人们对生产性状遗传基础的认知，这将促使优化动物育种策略的新技术开发，并为管理决策者提供相关信息，以实现多种环境下动物的最大生产潜力。

2、发现科学

(1) 通过加深对动物基因组生物学的认识，促进动物经济性状的遗传改良。人类对家畜基因组生物学的大部分理解来自于对人类和啮齿动物的研究。当家畜物种中存在相似的基因时，可推断出它们的基因功能。

(2) 降低动物疾病的影响。基因组加强的选择技术可以用于提高家畜的抗病性，但家畜的抗病性也是现代技术最难解决的问题。抗病性只有在动物暴露在疾病中时才会显现，为了改良基因组选择技术，在动物生产过程中需要运用自然发生动物疾病过程的复杂动物疾病调查数据库，以鉴别个体潜在的抗病性。

(3) 精准农业技术在动物表型鉴定中的应用。根据第一版蓝图的

研究结果，获得了许多家畜品种的准确基因型和具有成本效应的分型方法。下一步的工作正从基因分型转向与表型鉴定，包括收集和测量个体动物的重要经济性状，收集商业生产过程中的常规度量等，这需要进一步获取基因组学信息。通过开发电子传感器，可以实现经济相关度量的收集。同时需要开发数据基础设施，以支持对数据的充分利用。

(4) 利用微生物组提高动物生产效率和可持续性。所有动物个体都是由宿主动物及其微生物组成的生物共生体，动物都受到这些微生物及其基因组学和生物化学性质的影响。目前，对微生物组学（宏基因组学）的研究仍处于起步阶段，为了解答微生物组对畜牧生产和动物健康的作用，构成微生物组的许多生物体需要有足够的参考基因组，用于提供生物体的生物化学能力，例如对宿主很重要的维生素合成功能等。同时，需要新技术和评估分析来全面研究和阐述微生物组在家畜健康和生物学中的重要作用。

3、基础设施

(1) 培养下一代动物科学家。将基因组信息纳入选择技术是个复杂过程，因此需要开展定量遗传技术和分子生物学等专业知识的多学科培训，未来还需要确保农场生产人员拥有自动、全面收集个体动物数据所需要的计算等专业技能。

(2) 为农业动物开发先进的基因组工具、技术和资源。要完全了解基因组如何运作和充分利用这些信息，必须注释基因组。为了完成此项工作，需要对基因表达的全面分析（转录组学）、蛋白质生产（蛋白质组学）和代谢物生产（代谢组学）等技术进行改进，从而对家畜基因组与重要经济性状之间的关系进行综合分析。

(3) 为动物生产创建大数据工具和基础设施。虽然当前计算机的数据处理能力足以对收集到的动物测量数据进行常规基因组选择分析。

但是，如要处理、存储和使用所有蓝图中涉及的动物环境措施、动物健康数据和微生物组测量指标等，则超出了目前的能力范围。因此有必要显著提升当前的计算能力，以达到蓝图所需的目标。

(4) 推动生物技术的发展，提升动物可持续性和效率。现在可以使用定点核酸酶对家畜的 DNA 进行特异性改变。随着更多的动物基因组信息的发现，人们将能更准确地预测 DNA 变化以改良家畜的重要经济性状。为了充分利用基因编辑技术，先进的生殖技术需要将对单个个体进行的修改扩展到更大的生物群体。

(5) 为未来动物生产表征和保持遗传多样性。新蓝图提出通过各种基因组方法研究如何改进对家畜的选择。该研究将推动具有遗传适应性的家畜育种技术的提升，包括支持和改善动物健康、增强动物的抗病性，提高其抵御极端天气和其他挑战的能力等。随着研究与开发继续导致动物基因组发生改变，有必要保护当前的遗传资源。目前还没有针对所有家畜物种的有效保存方法，因此需要进一步开展相关研究。

该报告还描述了动物农业的未来愿景，特别指出，通过将遗传改良率提高 10 倍和发展精准畜牧生产系统等将可能使全球动物蛋白质的供应量提升近 2 倍。为达成该目标，报告提出了以下建议。

(1) 通过开发和使用传感技术和预测算法，利用数据驱动的方法改进疾病检测和管理。

(2) 利用与田间表型相关的大型基因序列数据集，结合基因组学、先进生殖技术、精准育种技术，加速家畜、家禽和水产养殖种群的可持续性性状，如育性、饲料效率、动物福利和抗病性等的遗传改良。

(3) 确定可持续性和动物福利的客观衡量标准，以及将这些标准纳入到精准畜牧系统中。

(郑颖)

能源与资源环境

欧洲深部地热技术创新平台发布战略研究与创新议程

4月29日，欧洲深部地热技术与创新平台（ETIP-DG）发布深部地热战略研究与创新议程¹²，确定了欧盟在地热领域未来数十年的研发优先事项，以实现到2050年欧盟的深部地热发展愿景。ETIP-DG由欧盟委员会在“战略能源技术规划”（SET-Plan）框架下于2016年创建，汇集了工业界、学术界和行业协会的代表，涵盖深部地热勘探、生产和利用的价值链，旨在降低深部地热发电的总成本以推进其商业应用。本议程共提出5个领域的关键挑战：地热资源预测与评估，资源获取与开发，热电联产与系统集成，地热能技术开发政策研究，知识共享平台。

一、地热资源预测与评估

1、改进钻探前的地热资源勘探。开发改进地热储层结构成像和岩石及流体性质的经济高效勘探方法：使用重力勘探、电磁勘探、无源地震勘探、2D-3D-4D反射地震勘探等勘探技术，降低勘测成本，提高地下成像分辨率；改进监测地表异常的遥感技术；开发结合计算科学和地质、地球物理、地球化学勘探的综合方法；开发流体通道、热流和压力评估的先进方法；储层温度、化学和流动特性、地震活动、联合场采集和增强数值联合反演的评价方法；勘探阶段评估地震诱发条件的技术。

2、先进调查和监测技术。改善地热开发全过程中的储层性能表征，主要包括：通过现场数据延时分析优化储层信息；提高钻孔地球物理技术，例如垂直地震剖面、可控源电磁法、光纤方法，以及原位地质和地球物理特性井筒测量技术的效率；原位流体监测；高温示踪剂技术；测井综合解释；高温和恶劣条件下的创新传感器；先进的数据采集、计算

¹² Strategic Research and Innovation Agenda. http://www.etip-dg.eu/front/wp-content/uploads/SRIA_ETIP-DG_web-1.pdf

和处理，以及地表探测数据的综合解释；联合反演和建模，并与勘探和现场监测目标相结合；开发利用现有数据的技术，如智能再处理。

3、开发勘探工作流程（概念模型、储层特征、性能和决策模型）。

开发不同地热资源的最佳勘探工作模型，主要包括：概念模型和储层表征模型标准化；开发表征不同类型储层的预测模型；开发性能模型以及决策和风险管理方法；应用信息价值方法示范投资组合；自适应技术和组织方法实现躺井的再利用。

4、建立勘探目录（类比储层、岩石特性和模型约束）。建立岩石特性、裂隙网络特征和流体-岩石相互作用特征目录，改进多尺度、多学科和基于场地的概念模型和储层表征能力，主要包括：结合油气藏勘探和生产数据建立和扩展岩石特性数据库；开发不同地热储层的参考模型；开发新的扩大勘探规模的方法；通过特性与尺度的经验关系进行地质统计学储层构造与表征；构建多尺度参考地图和模型，为区域和场地模型提供约束，集成地球物理、实验室和结构模型；建立流体-岩石相互作用数据库，在油气/地热流体环境下为岩石特性变化提供约束条件。

5、评估资源潜力。开发欧洲统一的资源潜力评估工具和方法，主要包括：超高温地热系统资源的勘探方法，以及对超常规温度地热资源特性和过程的深入理解和预测模型；开发理论和实验方法以估算脆性/韧性条件下岩石物理和机械性质；分析深层超高温流体和枯竭油气储层获得低温地热资源；增强型地热系统资源勘探方法，以及对超常规深层地热资源的特性和过程的深入理解和预测模型；开发和测试勘探方法以探测合适储层条件；研究海上岩浆、地质再勘探和联合开采资源等新型资源。

二、资源获取与开发

1、机器人钻井技术。开发控制和/或自动化钻井技术以缩短时间并减少对井的破坏。技术领域涉及井下传感器、双向通信通道、数据分析、

机器学习数据库、自动化算法和地面控制处理硬件和软件等，主要包括用于地热钻探的新硬件和软件设备，以及集成井下测量和地面控制以实现地热钻井过程的自动化。

2、快速钻井技术。开发用于地热的高效岩石破坏技术并将井下测量与钻井技术相结合。主要包括：开发硬岩钻井方法，避免钻头磨损，并具有高穿透率（ $ROP > 5m/h$ ）；研究和优化岩石破坏准则；使用基于机械特性的下部钻具阻尼系统减轻钻柱振动；开发更高穿透率、更低钻压和更小扭矩的混合钻井系统；下部钻具的设计和测试；开发和测试用于结晶和硬岩的径向钻孔技术并进行钻孔设计；快速钻井的现场示范。

3、绿色钻井液。开发配置新型钻井液的技术和环保材料，可用于（超热）地热储层或与新型钻井方法相结合。重点关注纳米材料、聚合物、可生物降解聚合物、传热研究，以及基于模拟数据、实验室实验、现场试验和相关环境测试开发先进钻井液配方。

4、可靠的套管和固井材料。主要包括：耐腐蚀外壳的新型低成本解决方案；开发包覆层以降低成本；验证和示范新型耦合技术以降低套管破裂率；开发新型水泥配方以改善传热等问题，降低预热期间套管应力和应变，确保恶劣条件下的有效硬化和稳定；地热开发过程中套管柱情况的研究和分析；研究和分析材料及连接行为，以选择合适的材料；开发模拟地热环境的套管钻井测试设施；制定地热井的设计和和维护标准。

5、钻井期间的监测和测井。通过创新的井下记录和通信方法改进地热钻井期间的信息获取，主要包括：高温和/或高压条件下运行的工具；在大斜度水平井中操作的工具；随钻测量技术，如随钻地震系统；储层非均质性、井眼波和混响分析；井间数据采集技术；高分辨率图像数据表征目标区域岩石；实时数据处理和解释以更精确调整钻井过程中井眼轨迹目标；实时井下-地面传输，如泥浆脉冲、电磁、钻杆声波；

地面同步井下存储记录仪；通过在下部钻具上方使用先进减震器技术减少钻柱振动；低成本非侵入性技术以加快高风险条件的地下数据收集。

6、地热井高温电子设备。开发用于高温地热井的电子设备和传感器，确保可靠的钻井测量并实现随钻测井，主要包括：耐 175°C~300°C 的高温电子元件；改进的隔热罩以及电子设备和传感器冷却技术，可使用标准电子设备；将高温传感技术（例如光纤）集成到井的设计中。

7、增强型地热开采的有效和安全技术。用于增强型地热系统的特殊井道概念设计，研发联合增产技术以改善性能并降低地震风险，主要包括：通过现场测试证明和改进上述及类似技术的有效性，研究激发技术的可持续性和影响，通过实验室和现场测试来评估“全钻井”热提取概念的可行性。

8、完全回注和绿色发电。主要包括：不可冷凝气体回注系统的实验室测试和建模；开发混合井储层模拟器等计算工具；特定场地完井设计；开发创新系统以避免/减少发电厂中断供电期间地热流体向大气的排放；放射性物质处理；研究和开发酸性高压高温环境下设备的新材料。

9、减少腐蚀和结垢，优化设备和组件寿命。主要包括：结垢和腐蚀的评估、监测和控制研究；预防地热储层和环境结垢及腐蚀的化学品的演变研究；在线测量水垢形成的连续、非破坏性、非侵入性定量和定性方法；规模化缆线清洁作为连续使用阻垢剂的替代或补充方案；开发稳定的示踪剂以监测流动路径，确定高温和超临界储层的岩石体积和水-岩石传热面。

10、有效的资源开发。提高控制和预测地热发电厂管理效率的能力，主要包括：储层管理策略和生产潜力预测；流体管理、设备保护和减少排放；生产系统设计优化和环境影响最小化；非常规和混合系统的设计及性能预测；发电厂综合设计和管理；特定情景的成本效益预测分析。

11、增强型生产泵。提高生产泵效率和寿命以确保地热生产可靠性，并开发避免井区域中两相流动的工具，提高开采经济性。主要包括：开发耐高温、高效的电潜泵技术；电潜泵地热密封装置；提高不同供应商的电潜泵组件的兼容性；改进封闭式注射泵技术；高矿化和盐水储层的可靠利用；在泵技术部门及相关活动领域建立欧洲范围内的合作。

三、热电联产及系统集成

1、先进二元系统。降低发电成本方面，主要包括：新的外形和布局设计，低成本组件材料，减少电厂占地面积和整体成本；发展计算流体动力学技术提高涡轮机平均效率；亚临界和超临界机组中使用新的流体混合物提高净循环效率；新型多级配置减少热量浪费；降低电厂配套设施成本；扩大发电规模。改进二元系统特定组件方面，主要包括：改进热交换器的材料、表面结构和涂层以增强传热和减少结垢，改进空气冷却器/冷凝器提高冷却系统效率；低温地热源的混合冷却二元循环，创新级联概念集成热/冷供应。

2、创新设计并将二元循环技术集成到新的和现有的闪蒸电厂。通过将二元系统集成到地热闪蒸电厂以提高转换效率，主要包括：有效降低成本，增加二元电厂产能；根据瞬时负荷需求开发电网整合控制方法；电网运营商的远程控制；二元电厂与闪蒸电厂的集成方法。

3、高温二元发电厂。通过优化电厂设计，深入研究地热流体化学，采用合适的高阻材料防止腐蚀，将二元发电技术用于高温地热资源。

4、开发超高温地热系统。主要包括：示范可靠的流体处理和蒸汽净化方法；示范适用于商业开发的可靠地面设备；示范超高温地热井发电；示范湿式洗涤蒸汽净化方法；优化湿式洗涤方法以提高整体热量或功率转换效率；井下湿式洗涤以提高地面设备可靠性；干式洗涤以提高发电效率；测试或开发极端高温和高压环境的新材料和耐腐蚀设备。

5、提高地热发电厂灵活性。主要包括：调整膨胀机/涡轮机和其他组件；改善发电厂的模块化设计；优化地热源、二元发电厂和区域供热网络的连接配置；为特定场景（如岛屿）的智能电网提供不同电压电力。

6、高温储热。主要包括：集成储热以应对热需求和热供应变化；开发控制系统以管理热量和电力生产、热量需求和存储。

7、开发混合发电厂。主要包括：利用余热或非地热资源提高地热盐水温度的新型地热发电厂；利用地热稳定波动性发电的混合发电厂；地热与其他能源在工业和/或住宅区的区域供热和制冷结合的示范。

8、地热资源矿产开发。主要包括：提高分离技术的选择性和效率；开发从地热盐水中提取化学成分并转化为高价值产品的新型技术；开发利用地热盐水化学能源潜力的技术；将分离技术整合到地热工厂中。

9、智能电网不同电压下的地热发电。主要包括：开发电力系统转换器和相应控制系统以将地热发电厂连接到低压和中压电网；整合中/长期储能系统（储电和储热）；开发小型和分布式地热发电厂新概念。

四、地热能技术开发政策研究

在欧盟和国家层面制定地热能开发政策，以促进地热市场的发展和领域的创新渗透。重点关注：研究和评估地热的经济激励和支持机制；解决和量化勘探风险，开发减轻风险的金融工具；促进地热与自然环境的融合；基于“循环经济”概念进行开发；开展针对公众参与和接受的研究；确保地热能的专业技术和人力资源，培养下一代地热研究力量。

五、地热能知识共享平台

通过开发信息平台，在欧盟层面创建标准和通用数据模型，促进欧洲层面的地热信息获取。将共享相关数据和衍生模型以降低勘探成本并管理技术和财务风险，通过大规模示范和部署以验证创新地热概念及其在能源系统中的集成。

（岳芳）

美国能源部提出地热能发展路线

5月30日，美国能源部（DOE）发布《地热愿景：挖掘地下热能潜力》报告¹³，系统分析了地热开发的潜力及其能为美国带来的潜在益处，并基于该分析提出在资源评估、地下信号探测、地热钻井和井筒、地热资源回收以及地热资源和设施监测、建模和管理 5 个技术子领域采取的行动建议。

1、地热资源评估

对美国的发电和非发电地热资源进行评估，基于现有水热和增强型地热系统（EGS）资源评估数据，扩大数据量并提高资源分布地图分辨率，减少评估不确定性，降低勘探风险和开发成本，识别更多地热资源。

2、改进地下信号探测

(1) 开发勘探工具以识别未发现资源，提高识别 EGS 资源的能力。开发新的勘探技术以表征地下渗透率、温度和化学性质，以及无明显地表特征区域的地质结构和应力状态。改进地球物理、地球化学以及地质采样、建模、分析和遥感技术，整合多学科方法增强从地热资源数据获取价值的的能力，如结合机器学习，通过自动模式识别和数据解释改进地下特征表征。

(2) 提高现有地球物理方法的分辨率。改进现有地球物理勘探的电阻率法，加强地震反射波法的应用，开发创新地球物理方法。通过被动地震监测、重力和磁力勘探、数据联合反演提高 EGS 储层开发能力。

3、提高地热钻井和井筒完整性

(1) 开发地热钻井数据库。仿效油气行业建立地热钻井数据库以优化钻井技术，包括：加强国际合作，共享数据和知识；将机器学习应

¹³ DOE Releases New Study Highlighting the Untapped Potential of Geothermal Energy in the United States. <https://www.energy.gov/articles/doe-releases-new-study-highlighting-untapped-potential-geothermal-energy-united-states>

用于数据的早期研发，降低非生产钻井时间和钻井成本。

(2) 通过技术改进将油气行业的技术和工具应用于地热领域。改进现有油气行业工具用于地热钻井的高温和腐蚀性环境，改良钻头刀具以减少磨损，提高硬岩钻井成功率，将随钻测量技术用于地热钻井。

(3) 开发地热专用钻井技术、方法和工具。开发钻井硬件（如钻头、钻柱、泥浆马达）、井材料（如套管、水泥）、钻井系统和方法（如泥浆设计、掘进和固井套管、创新钻井方法）。通过创新的井设计以及减少套管和固井技术所需套管柱数量，降低钻井成本。开发用于地热的化学增效钻井、射流辅助破岩和激光辅助钻井。

(4) 改进钻井决策、运行管理和效率。通过准确可靠的预测确保良好的钻井决策，进一步研究和实施决策流程，建立简化地热钻探方法的组织和管理文化。

(5) 改进地热井生命周期。研究地热井材料失效的原因，改进井工程设计和施工，开发耐更高温度和腐蚀性环境的新型材料。开发监测地热井筒完整性的工具和系统，收集状态数据以更好预测地热井寿命。

4、优化地热资源回收

(1) 开发现有和创新的储层激发方法。将主要针对两类激发技术：致密油行业的高压、低容量激发技术；地热田的低压、大容量激发技术。研究储层激发的耦合热-水-机械化学过程，以及局部和区域压力对其的影响机理，以提高现有激发方法的成功率，开发创新的激发方法。

(2) 改进层间封隔技术。将油气行业层间封隔技术用于地热领域，改进地质力学数据收集，研究泵送速率和流体化学对储层激发的影响，以充分理解局部和区域的地质应力状态，设计层间封隔策略。

(3) 先进的实时裂缝建模和测绘。结合井压、温度和化学的实时变化，开发先进的裂缝模型，了解储层的动态过程。此类模型应集成温

度-水流-力学-化学控制和实时微震数据。

(4) 量化应力状态、诱发地震和渗透率之间的关系。开发温度-水流-力学-化学模型了解 EGS 储层变化,调整运行策略,减少诱发地震。

(5) 改进地源热泵的换热机制和系统设计。开发替代热交换器,如开发螺旋管换热器和使用热交换桩。使用高级软件和其他设计工具优化系统设计,使商业大型地源热泵系统更加节能。进行技术突破,开发变速压缩机和双级热泵,到 2030 年将热泵效率提高 50%。

5、加强地热资源和设施的监测、建模和管理

(1) 改进储层性能的监测、建模和预测。改进储层监测、建模和预测工具,如应用机器学习技术开发地热储层-蒸汽田-发电的综合模型。

(2) 开发先进的储层示踪剂和示踪剂部署技术。开发创新示踪剂及其测试方法和解释技术,以改进水热和 EGS 储层管理,增强对地下流体流量和温度分布以及地热生产和注入对其影响的认识,进而改进运行管理,实现可持续发电,最终降低运营成本。 (岳芳)

美国 DOE 资助先进核能技术开发

6月27日,美国能源部(DOE)宣布在“核能大学计划”(NEUP)、“核科学用户设施计划”(NSUF)和交叉领域研究项目框架下提供4930万美元¹⁴,为美国25个州的58个先进核能技术项目提供资助,旨在推进核能技术的发展,用于未来清洁、可靠的电力系统。

一、核能大学计划

1、核燃料循环研究和开发。750万美元支持10个研究项目,包括:铈和钍在先进核燃料分离过程中的形态和行为;捕获放射性有机碘的金

¹⁴ Energy Department Invests Nearly \$50 Million at National Laboratories and Universities to Advance Nuclear Technology. <https://www.energy.gov/ne/articles/energy-department-invests-nearly-50-million-national-laboratories-and-universities>

属功能化膜；基于远程激光的事故容错型核燃料包层辐照后监测的无损评估；辐射引起先进核燃料的膨胀研究；纳米/显微压痕对先进核反应堆结构合金蠕变行为的高通量评估；中子辐照后的复合合金的蠕变测试仪；利用爱达荷国家实验室的瞬态反应堆试验设施（TREAT）测量辐照金属燃料的导热性能；中子辐照对锆（锆合金）与铬之间元素扩散行为的影响研究，以精确预测事故容错型核燃料寿命；熔盐反应堆核材料核算方法的建模与不确定性分析；大气环境中焊接不锈钢干燥储存罐的点蚀和应力腐蚀开裂的模型开发和实验验证。

2、评估、预测及控制等。400 万美元支持 7 个研究项目，包括：先进反应堆中子热化积分基准的开发和评估；改进铅同位素核数据评估以支持下一代铅冷快堆；开发后分层分析模型促进新型核技术的选址匹配；开发网络攻击监测平台用于监控数字仪器和控制系统；核能混合能源系统的负荷预测软件推广；开发多时间尺度核能-可再生能源混合能源系统运营框架；通过积分基准实验结果评估核数据并提高建模和模拟工具的预测准确性。

3、反应堆概念研究、开发与示范。400 万美元支持 22 个研究项目，主要包括：用于熔盐反应堆的镍基氧化物弥散强化合金；多尺度工具增强混凝土的矿物学表征；大区域全景拼接成像技术用于核反应堆环境模拟，以评估辐照后混凝土物理性质和化学耐久性变化；焊接辐照金属中氦气泡生长模型的仿真和实验验证；高温气冷堆专用的电抗器半自主无源控制系统的评估；利用石墨指数堆示范反应堆自主控制框架；利用激光粉末床熔融添加剂制造方法生产抗辐射通道/孔嵌入结构，用于极小模块化反应堆热交换器；基于机器学习的熔盐热力学、结构和动力学计算研究及实验验证；基于实验室和同步加速器结合预测模型，确定熔盐电解质的结构和形态；液态金属冷却快堆仪表技术开发；铅和铅-铋共

晶的同步腐蚀/辐照测试；高温气冷堆建筑对主冷却剂边界破裂响应的研究；氟盐冷却高温堆卵石形燃料储存和处理；燃料盐采样和浓缩系统开发；熔融氯盐流动循环中 316 不锈钢的腐蚀和侵蚀的原位分析与量化；新型熔盐反应堆机械过滤器的设计研究；数字仪表与控制的故障触发设计评估方法；核反应堆设备和部件的自主或半自主破坏监测工具；开发综合概率风险评估决策算法和计算平台，为部署新型核技术制定安全且具有成本效益的决策；经济风险指引维护和资产管理；铅冷快堆用液态金属测试设备；通过微加工和显微镜拉伸测试表征三结构同向性型（TRISO）包覆颗粒和界面强度；高温气冷堆管道破裂后反应腔中氦气与空气的混合测试。

4、科研基础设施改进。135 万美元支持 5 个项目，主要关注：NuScale 小型模块化反应堆模拟器；高熵合金的高通量材料表征和辐照研究设施；高空间分辨率光致发光和拉曼光谱分析及成像系统。

5、反应堆升级。33 万美元支持 2 个项目：更换俄亥俄州立大学反应堆控制棒驱动系统；里德学院反应堆基础设施升级。

二、核科学用户设施

该计划框架下，DOE 将支持 6 个核燃料和材料应用项目。其中，2 个大学主导项目和 1 个国家实验室主导项目将获得共计 150 万美元资助，重点关注：将蓝宝石光纤用于高温辐射环境分布式温度测量的测试和表征；用于先进核反应堆的激光光谱传感器光学元件辐射损伤对其性能的影响；电子束焊接粉末冶金-热等静压压力容器用钢的辐照研究。另外 3 个行业主导项目（未公布资助金额）将进行如下研究：商业压水堆围板螺栓（中子辐照 347 型钢）的辐照促进应力腐蚀开裂研究；Nuscale 电力公司小型模块化反应堆材料辐照和测试；高通量同位素反应堆微型燃料胶囊碳氧化铀（UCO）和二氧化铀（ UO_2 ）芯核的 TRISO 燃料颗粒

的高功率辐照测试。上述 6 个项目还将获得超过 1000 万美元的设施接入资金支持，其中有 2 个项目将另外获得 300 万美元的资金支持。

三、交叉领域研究项目

该框架下为 5 个项目资助共 450 万美元，开展使能技术研究，主要包括：用于经济型核反应堆 91 级钢组件的激光增材制造；先进核反应堆风险指引自主运行设计；集成在线监控和诊断进行成本效益分析；声光智能多模态传感器用于先进反应堆监测和控制；现场工作人员的实时安全信息显示。（岳芳）

空间与海洋

英国 NERC 资助两卓越中心开展极地与地震火山研究

5 月 29 日，英国自然环境研究理事会（NERC）通过国家能力基金向极地观测与建模中心（CPOM）及地震、火山和构造观测与建模中心（COMET）资助 200 万英镑¹⁵，主要用于观察地震和火山活动以及对地球南北极变化的研究，旨在解释和预测地球系统的演变方向，有助于及时做出规划和准备，建立对地球未来变化的抵御能力，为最高水平的环境恢复力规划和决策提供有力支撑。项目执行期两年。CPOM 和 COMET 都是 NERC 的卓越中心，其中 CPOM 中心主要研究影响地球反照率、极地大气和海洋环流以及海平面变化的地球高纬度地区变化过程，COMET 中心主要利用卫星数据、地面观测数据和地球物理模型来研究地震和火山及其危害。

1、极地研究。NERC 此次为 CPOM 提供 105 万英镑资助，用于开展地球陆地和海冰覆盖变化的量化和预测研究，填补该领域的关键知识空白。这些问题具有重要的社会意义，它们反映并影响了全球气候系统

¹⁵ NERC National Capability Science awards: CPOM and COMET. <https://nerc.ukri.org/press/releases/2019/20-ncawards/>

变化。CPOM 的工作重点是开发南极和格陵兰冰盖以及北极和南大洋海冰的卫星观测系统，并将这些观测数据与理论数据相结合，改进形成新的数值模型，系统解释地球的冰、海洋和大气之间的相互作用并预测它们的变化方向。

CPOM 领导国际研究团队长期监测极地冰盖融化造成的海平面上升值，并预测其对海平面的未来贡献。CPOM 还与空间机构合作，研发出独特和普遍采用的地球海冰和冰盖厚度变化记录，并支持英国地球系统模型中的陆地冰和海冰元素，为极地卫星任务提供科学支撑。此外，CPOM 与英国南极调查局（BAS）合作，开展了相关重要研究，其国家能力科学项目符合 BAS 的研究重点。

2、地震火山研究。NERC 此次为 COMET 提供 95 万英镑资助，用于有关地震和火山的高尖端科技研究，并开发危害监测服务系统。COMET 利用卫星测量数据、地面观测数据和地球物理模型来帮助了解地震和火山带来的危害。COMET 还将开发监控系统，以支持 COMET 科学家和其它研究团队的世界领先研究。

COMET 在地震和火山爆发期间获取了真实的近乎实时的数据。这使得 COMET 科学家及其合作伙伴能够向决策者提供可靠、快速的建议。COMET 还提供了关于火山构造和火山活动的数据和信息的开放访问渠道，包括来自欧洲哨兵-1 星座的地面运动测量等，为科学研究提供了良好的合作和共享平台。 (牛艺博)

设施与综合

欧盟委员会发布《面向未来的 100 项突破式创新》报告

6月13日，欧盟委员会发布了前瞻性研究报告《面向未来的100项突破式创新》，评选出了影响未来全球价值创造和解决社会需求的100项

创新技术和实践，并根据其对欧洲未来发展的影响、目前的成熟度以及发展现状提出政策建议¹⁶。

(1) 面对即将到来的人工智能浪潮，明确欧洲的战略地位。需要发展的创新技术包括：人工智能（高级深度学习算法）；基于计算机技术创新；人工神经元突触/大脑；脑功能映射；内存内计算；神经形态芯片；聊天机器人；语音识别；情感识别；非接触式手势识别；集群智能；无人驾驶；飞行汽车；类人机器人；精准农业；自动化室内农业。

(2) 重视快速发展的新兴创新领域。根据调研结果，45项技术目前成熟度较低，但预计在未来20年内会快速发展并发挥重要作用。

其中7项技术发展尤为迅速，包括：神经形态芯片；可生物降解的传感器；高光谱成像；作战无人机；甲烷水合物开采；热电涂料；创造力和想象力相关的神经科学研究；4D打印。

欧洲当前发展较为薄弱的技术有9项，包括：4D打印；生物发光；自动化室内农业；水裂解；内存内计算；熔盐反应堆；石墨烯晶体管；能量收集技术；超级高铁（Hyperloop）。

欧洲当前发展处于引领地位的技术有8项，包括：甲烷水合物开采；水下生活；生物塑料；3D打印食品；芯片实验室；聊天机器人；量子密码学；海洋和潮汐发电技术。

欧洲较具优势但尚未实现引领的技术有9项，包括：语音识别；神经形态芯片；柔性电子；基因编辑；外骨骼；集群智能；区块链；可生物降解的传感器；高光谱成像。

(3) 加强高风险领域的技术能力。高风险领域技术包括：神经形态芯片；创造力和想象力相关的神经科学研究；植物通讯；自旋电子学；生物电子学；利用铝生产和存储电能；空中风力发电机；人工光合作用；

¹⁶ What are the technologies that will reshape our world? Independent experts identify 100 of them. https://ec.europa.eu/info/news/what-are-technologies-will-reshape-our-world-independent-experts-identify-100-them-2019-jun-13_en

4D打印；小行星采矿；热电涂料；人工神经元突触/大脑；飞行汽车。

(4) 重新审查对较成熟技术的支持框架，尤其是注重产业相关政策的支持。

(5) 充分理解和应对变革浪潮。全球当前面临着两波交织在一起的变革浪潮。一个是信息和通信技术（ICT）浪潮，另一个在技术范畴上不明显，而是由社会需求因素引发的变革，如联合国可持续发展目标（SDG）。应加强SDG相关的技术领域发展，探索环境、卫生技术与ICT，特别是人工智能技术的协同发展，避免冲突。 （苏燕）

美国 DOE 推进九大领域小企业创新和技术成果转化

5月20日，美国能源部（DOE）宣布在“小企业创新研究与技术转让”（SBIR/STTR）计划框架下资助4600万美元¹⁷，向202家小企业的231个项目提供资助，开展能源安全和应急响应、国防核不扩散、电力、能效和可再生能源、环境管理、化石能源、聚变能、高能物理以及核裂变能九大主题领域的研发创新工作，旨在推进美国科学技术的创新和技术成果转化，创造新的就业机会，以增强美国在具有竞争优势领域的领先地位和经济实力。此次公布的为2019年第一阶段的第二批资助计划，资助期限为6至12个月。通过项目评估考核的受资助者将获得2020财年第二阶段资助的申请资格，进行原型或工艺研发以验证第一阶段的研发成果，第二阶段资助期限最长为2年。本次资助的项目具体研究内容如下。

1、能源安全和应急响应。资助599万美元用于能源系统网络安全研究，包括：有线网络物理层认证；开发电网监控技术；开发商业化新

¹⁷ The U.S. Department of Energy Announces \$46 Million for Small Business Research and Development Grants. <https://www.energy.gov/articles/us-department-energy-announces-46-million-small-business-research-and-development-grants-0>

技术以预警、监测和防范日益复杂的网络攻击。

2、国防核不扩散。281 万美元资助 3 个子领域项目，主要包括：

(1) 构建新型快速多模态显微成像系统。开发快速准确记录和关联不同传感器捕获的核裂变物理化学数据的软件工具。

(2) 远程检测技术。开发自动检测和量化制造过程中的气体流出物的算法；开发软件工具以利用飞机和卫星拍摄图像提高远程侦察武器开发相关活动和设施；将传感器集成到无人机以监控可疑的大规模杀伤性武器设施；利用新型光电传感器改进多模态成像技术；数字地形建模；新型红外激光光谱仪快速远程检测化学品。

(3) 替代辐射源技术。开发紧凑型回旋加速器以寻找和分析隐藏的核材料；先进全矩阵捕获超声成像和检测套件；开发杀虫电子设备；昆虫不育 X 射线辐照器替代危险放射性同位素（铯和钴）；开发低成本便携式 X 射线系统用于昆虫不育技术；碲化镉锌器件的快速生产。

3、电力。170 万美元资助 2 个子领域项目，主要包括：

(1) 先进电网运营技术。增加电网稳健性的区块链解决方案；保障大规模电力系统数据安全的软件系统；利用区块链支持拥有太阳能电池板的消费者之间的点对点能量传输；利用区块链保护电网设备技术的现场示范；改进的检测和定位电网故障的方法；低压地下电网网络及设备的保护装置。

(2) 先进电网储能技术。便携、安全、可靠的电源备份解决方案；开发商用碳化硅功率半导体元件。

4、能效及可再生能源。2159 万美元资助 10 个子领域项目，主要包括：

(1) 先进制造。开发小型制造商安全访问云智能制造资源的创新解决方案；开发可进行更多选择性分离的新型膜材料；一步净化天然气

的新型低成本分离技术；下一代铝合金电导体；新型铜/碳纳米复合材料制造和验证电子元件；从手机、硬盘等废弃电子设备中回收更多金属的电化学回收高价值电子成分（E-RECOV）技术。

（2）生物能源。使用新的聚合物修饰酶将果糖原料转化为高品质甘露醇；萜类化学品和燃料的无细胞生产；用于无细胞生产的保持酶活性的平台；从非工业宿主无细胞发酵生产食品防腐剂；藻类制备可生物降解聚合物；化学循环系统催化氧化再循环塑料废物和热集成；发现和优化塑料解聚酶；可再生作物废弃资源生产 1,5-戊二醇基聚酯多元醇；塑料废物生物转化生产洗涤剂、润滑剂等化学品；下一代生物基包装材料；生物基合成高吸水性聚合物的微生物工艺；藻类培养的热控制；基于 AI 的高通量、低成本自动化藻类监测和表征技术；建造并示范具有全自动化实验室微藻培育系统。

（3）建筑。建筑物先进空气处理装置；用于 OLED 照明的可扩展超高导电透明单壁碳纳米管薄膜、抗反射材料、蓝色磷光发光材料；柔性固态照明新型材料；建筑数据自动分类和验证系统；可扩展、数据驱动和高分辨率模型用于优化控制；高分辨率热舒适度映射的跨平台应用；实时建筑数据与动态电气化建筑蒸汽系统经济调度的整合；数字双胞胎深层数据的建筑物内融合。

（4）燃料电池。纳米结构质子交换膜；相分离烃离子对膜；燃料电池离子聚合物和膜；氢气纯化低温高压纯化器；高压低温氢燃料的块状金属玻璃喷嘴热塑性成形；薄膜氢传感器；氢气泄漏检测和警告系统；复合材料储氢罐的在线评估；储氢罐故障的嵌入式监测预警技术；复合包覆压力容器电阻监测；氢燃料存储罐碳纤维复合包覆材料损伤监测方法；CO₂ 直接加氢制甲醇的创新催化剂设计。

（5）地热能。基于短程井下通信、井下处理、模式识别、机器学习

习和远程电磁测量的地热钻井优化系统；通过通信技术实现高温定向钻井。

(6) 太阳能。太阳能光伏模块的远程实时监测和污染探测器；分布式太阳能低成本耐用有机电池；低成本清洁 NH_3 合成；太阳能发电分布式控制系统；光伏电池板除雪设备；高自然灾害风险地区的太阳能支架系统；畜牧生产的太阳能安装和跟踪系统；低成本双轴太阳能定位系统；碳化硅模块化架构的太阳能串式逆变器；高效熔盐聚光式太阳能热发电的高温碳化硅接收器组件；聚光式太阳能热发电的新型轻型低成本定日镜；太阳能组件的低成本制造；超低成本分布聚光式太阳能系统；聚光式太阳能熔盐储存的先进材料。

(7) 车辆。锂金属/高镍含量锂镍锰钴电池的新型高离子导电性固态电解质；电动汽车和混合动力汽车用锂金属电池柔性复合固态电解质的卷对卷生产工艺；全闭环锂离子电池高价值负极材料回收；含硅锂离子电池负极稳定 SEI 膜；可控微气溶胶热解开发高能量密度和长循环寿命锂离子电池正极材料；高能量密度车用电池；电动汽车用超低钴含量正极；提高电池可靠性的添加剂；商用碳化硅功率半导体元件；低成本涡旋式有机朗肯循环余热回收发动机；发动机活塞的等离子电解氧化涂层隔热层；提高柴油机的耐用性和效率的先进涂料；汽油火花点火发动机的新型隔热涂层；改进柴油发动机使用乙醇等清洁燃料；超临界乙醇重整用于高效直喷式重型压燃式发动机；铝制动系统的可行性研究；新型熔模铸造工艺减轻汽车铸件重量；多功能传感器优化车辆多功能复合材料制造工艺；短纤维预制件技术生产汽车零部件；高性能纤维增强超分子 Vitrimer 复合材料；低成本碳纤维/竹纤维混合中间体材料；低成本树脂技术快速制造高性能纤维增强复合材料；热固性树脂回收和再循环生产低成本碳纤维复合材料。

(8) 水。偏远地区水力发电微电网；海洋能微电网；波浪能转换

器；新型波浪能发电的管泵装置；新型行波泵；多冲程可变排量振荡泵；海水淡化提取稀土元素。

(9) 风能。风力发电机远程诊断和预测；退役风力涡轮机叶片制造第二代玻璃纤维复合材料。

(10) 联合主题。①先进制造和燃料电池：检测和去除氢吸附剂中杂质的先进材料。②先进制造和地热：多效蒸汽吸附的矿物回收零排放脱盐技术；地热加热页岩气出水脱盐系统；地热盐水回收锂、水和发电的集成系统；地热田盐水回收的新型膜系统；盐水淡化和稀土材料回收的纳米多孔原子薄膜。③先进制造和太阳能：新型晶体硅模块架构；低成本建筑集成有机光伏组件的先进制造；钙钛矿太阳能电池的电喷雾沉积。

5、环境管理。20 万美元支持新型地下监测概念研究，开发基于机器人的超声波扫描技术用于检测核废料储存罐的缺陷。

6、化石能源。400 万美元资助 3 个子领域项目，主要包括：

(1) 碳封存技术。CO₂ 通用操作传感器系统；CO₂ 监测数据自动采集系统；声学地下通信；井下传感器声波遥测；CO₂ 联合遥测；可扩展的光纤传感器阵列系统；等离子体催化 CO₂ 和 CH₄ 生产高值化学品；等离子体催化 CO₂ 生成甲醇、碳和水及工业原料；低温等离子体-紫外-催化将 CO₂ 转化为甲醇；等离子体催化重整 CO₂ 用于航空燃料和储能。

(2) 石油和天然气。天然气制合成油模块化反应器；伴生气生产高值碳；低成本 SoftOx 工艺将井口酸性天然气转化为可与原油混合的液体；天然气转化为乙酸。

(3) 稀土元素和重要矿物。离子液体低温还原稀土金属；煤和煤基原料提取稀土金属。

7、聚变能科学。343 万美元资助 3 个子领域项目，主要包括：

(1) 聚变能系统的先进技术和材料。用于增强型转向器/散热器连

接功能梯度 Cu-W 中间层；单片钨面向等离子体部件；功能梯度结构连接件的增材制造；功能梯度复合层间粘合材料提高高温接头的强度和韧性；提高氙产量和简化反应堆设计；高温超导磁体电缆的智能终端；基于稀土钡铜氧系（REBCO）高温超导的电缆导管绝缘接头；声学传感器阵列检测大型超导磁体故障。

（2）聚变科学与技术。高频行波管用于聚变反应堆燃烧等离子体诊断；二维色散干涉仪；高真空大型复杂 3D、金属和合金结构的增材制造；ITER 组件的增材制造；3D 全波迭代射频波束仿真工具。

（3）高能密度等离子体与惯性约束聚变能。高压固态触发器；超快像素阵列相机设计与制造；高脉冲能量高重复频率激光器；超高功率激光器。

8、高能物理。598 万美元资助 7 个子领域项目，主要包括：

（1）粒子加速器的先进理念和技术。机器学习实现加速器操作高度自动化；粒子加速器仿真的集成 workflow 管理；加速器高电流等离子体阴极；费米实验室缪子-电子（Mu2e-II）实验冷却靶的高发射率涂层设计；新型电介质双光束加速器。

（2）高能物理探测器和仪器。大面积超高灵敏度光传感器；高灵敏度大面积光电阴极的新型制造工艺；高灵敏宇宙微波背景探测器的商业制造工艺；高速带电粒子跟踪的 3D 金刚石探测器；UV 光子检测的新型波长变换材料；高能物理探测器抗辐射、高导热粘合剂；高精度辐射过滤器的 3D 打印。

（3）用于数据采集和处理的高速电子仪器。辐射强化工程基板；低成本工程半导体基板；电容诱导退火后的热处理。

（4）激光器技术。用于激光加速的陶瓷放大器；耐损伤超快光学器件；高能量和平均功率的飞秒级激光器的干涉涂层。

(5) 量子信息科学 (QIS) 支持技术。三维超导多量子比特系统增材制造技术优化; QIS 新型极低温冷却技术; QIS 高量子效率光电探测器。

(6) 无线电频率加速器技术。高效率、高平均功率感应输出管。

(7) 用于粒子加速器的超导技术。改进 Nb₃Sn 导体; 紧凑型超导加速器; 无缺陷共形铌薄膜的射频超导空腔原位涂层和清洗; 粒子加速器磁体系统的脉动热管; 低温压力和温度传感器; 加速器磁体的高导热率和比热纳米复合环氧技术。

9、核能。 579 万美元资助 2 个子领域项目, 主要包括:

(1) 先进核能技术。将机器学习用于核反应堆设计模型; 核反应堆仿真建模技术; 核电设施监测网络; 熔盐反应堆小型电磁泵; 用于电子束焊接和增材制造的高压电子枪; 压力容器辐照技术; 将 SiC 复合材料和适用于高温腐蚀性熔盐环境的金属合金连接工艺; 管道组件设计的分析和优化工具。

(2) 先进核废料处理技术。热盐密封系统; 优化乏燃料罐生命周期管理的机器学习工具; 乏燃料罐的健康监测的新型永久性超声波传感器; 乏燃料干式储存罐的膜片焊接工艺; 应力腐蚀裂纹原位修复。(岳芳)

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