

Science & Technology Frontiers

科技前沿快报

国家高端智库
中国科学院

2018年7月5日

本期要目

欧盟发布《原材料研究和创新路线图 2050》

英国物理学会《光子学的兴起》报告前瞻光子学发展重要领域

英国 BBSRC 生物成像战略评论报告展望未来需求和新趋势

俄罗斯先期研究基金会公布若干可军转民技术

法国发布 2018 国家研究基础设施路线图

2018年

总第 049 期

第 07 期

目 录

深度关注

欧盟发布《原材料研究和创新路线图 2050》	1
------------------------------	---

基础前沿

英国物理学会《光子学的兴起》报告前瞻光子学发展重要领域...	13
波士顿咨询公司报告指出量子计算时代即将来临	17
美国 NSF 资助新建 4 个数学生物学中心以揭示生命的规律	18

信息与制造

美国先进机器人制造创新研究所项目征集关注八大方向	19
--------------------------------	----

生物与医药农业

英国 BBSRC 生物成像战略评论报告展望未来需求和新趋势	21
欧盟生物基产业联盟发布 17 个生物基研发新项目	24
德国科学基金会资助新建 14 个合作研究中心	25

能源与资源环境

美国 DOE 部署新项目加速推进生物质能普及推广	25
美国 DOE 资助地热钻探技术研发及其产业化	27

设施与综合

俄罗斯先期研究基金会公布若干可军转民技术	28
法国发布 2018 国家研究基础设施路线图	31
英国 EPSRC 资助新建和升级核磁共振设备	34
美国洛斯阿拉莫斯国家实验室开发出新的地球模拟器	35

深度关注

欧盟发布《原材料研究和创新路线图 2050》

5月，欧盟发布《原材料研究和创新路线图 2050——通往欧洲可持续、有竞争力的未来》¹。该路线图是“地平线 2020”计划“欧洲原材料愿景和路线图”项目历时两年的研究成果，其愿景是充分发挥欧洲原材料供应和使用潜力，提高行业创新能力，将其转变为欧洲经济和工业发展强有力、可持续的支柱，并为解决社会和环境挑战、增加社会福祉做出贡献。路线图指出，为了保障欧洲原材料行业的竞争力和可持续发展，需要大力投资研究和创新，列出了四大优先方向和九大研究和创新领域。需要说明的是，本路线图所指的原材料是指用于工业生产的非能源、非农业类原材料，既包括天然原始的初级原材料，也包括从各类废物中回收的次级原材料。原材料分为矿物质、金属类和生物原材料两类。

一、发展可持续的原材料供应

1、保障初级原材料供应

需求分析：欧洲工业所需的矿物质大多数可以自给自足，但仍有进口依赖度在 60%-100% 不等的金属需要进口。欧洲矿业潜力巨大，但开采不足，特别是在地表 150 米以下和海洋专属经济区。欧洲虽有一些产量和安全性全球领先的矿区和采石场，但面临开采深度加深、矿产品质量下降、环保法规日益严格等多重挑战。欧洲森林储量持续增加，每年增长量高于开采量，但受品种和经济原因影响，森林丰富的国家仍需进口木材。

2050 年目标：大型矿区实现自动化、无人化开采。开采使用无人钻采设备和机器人，地下开采不再需要人工，整个开采过程实时监控。矿石从提取到加工，过程全部自动化并实时管理。开采深度更深，开采

¹ RESEARCH AND INNOVATION ROADMAP 2050 A Sustainable and Competitive Future for European Raw Materials. <http://veram2050.eu/just-released-research-and-innovation-roadmap-2050/>

过程低排放，对环境的影响可忽略不计。小型矿区也实现一定程度自动化。环境可行的、可持续的提取海洋沉积矿藏成为现实。提出具体的太空采矿技术并进行测试。欧洲矿物质和金属的自给度显著提高。欧洲森林成为市场驱动的循环生物经济的基础，提供高附加值、高效、环境友好的木材供应。森林管理、采伐、运营等符合联合国可持续发展目标、巴黎气候协定、欧盟法规要求，满足市场对生物基产品需求。林业采伐在区域供给层面进一步整合和优化。数字化采伐设备广泛使用。通过使用机械、数字工具和机器人，林业工人的工作条件大幅改善。

研究和创新建议：

(1) 改进矿物资源探测方法和分析技术；提高收集和预测矿体和岩体信息的能力；利用大数据技术挖掘欧洲矿产潜力。

(2) 改进矿石开采和破碎方法和技术；研究和改进爆破过程，优化炸药的使用，尽量降低对环境的影响。

(3) 提高矿区和采石场的自动程度，减少岩石运输过程中的能源消耗；开发环保技术，减少温室气体和废物排放。

(4) 开发集成了实时控制、数字化和自动化的系统、技术和流程。

(5) 发展用于监测、管理、改进采矿工作环境的新方法；改进深井开采的地面指挥和岩石支撑，以提高安全性和生产力；改进矿井通风。

(6) 开发从海床沉积物提取矿物质技术、深海采矿技术等特种采矿技术；改进硬岩切割技术，部署连续切割机器，用于在海床沉积物、深海矿藏等特种条件下自动、高效采矿。

(7) 制定新的树木育种策略，评估遗传改良树种的益处和风险，以增加可持续生物质的产量，提高木材质量和抗旱、虫害能力。

(8) 通过大数据技术发展实时数据管理，用于森林资源成像、表征以及区域针对性管理，促进精准林业发展；开发高效的信息通信技术

系统，用于精准量化识别森林资源，特别是硬木和下一代林木。

(9) 发展集成信息通信技术和大数据技术的人-机器-地形交互技术，以提高伐木和原木向外运输的自动化，改善工作条件、生产力和安全性。

(10) 开发可持续森林管理方法，以增加森林生物质供应，保护生物多样性，有效应对气候变化；改进木质生物质的短期轮作生产管理；提高在土壤承载力有限的区域获取木材的能力。

2、改进原材料开发

需求分析：矿业是重要的财富和就业来源，需要以可持续的方式与当地其他产业共存发展。采矿需符合环保法规，降低对气候影响。欧洲矿业大部门用车是非电力的，发展和引入电动汽车面临挑战。用于指导林业采伐的更精准的信息系统正在开发中。发展林业及生物基产品的重要性缺乏社会认可度。森林运营对生物多样性和物种的影响需要更多研究。

2050 年目标：原材料供应技术进步影响全球市场发展。矿物质来源可持续且更加多样化。资源的开采和使用对环境的影响更小。原材料提取方法和管理方式的彻底改变，将提高社会认可度，并使原材料提取加工行业与当地其他行业可持续共生。新的多功能森林管理方案和支付模式满足日益增长的森林基材料需求，平衡提供材料和其他重要森林生态系统服务，增强森林生物多样性。加工过程更加符合社会价值取向以及气候变化和病虫害对林业的要求。通过执行早期资源评估减少在价值和能源上的浪费。林业经营的树种和物种更多，并且与环境、社会、经济利用（旅游）等更好结合。

研究和创新建议：

(1) 建设覆盖欧洲初级和次级资源的现代化数据库和经济评估体系；应用信息通信技术和自动化技术生成不同原材料资源的应用信息；评估不同原材料的市场需求、可获得性和价格设定，优化全球变化背景

下的欧洲原材料供应管理。

(2) 制定长期持续的矿业开采土地利用规划，振兴欧洲关闭的煤矿基地。

(3) 研究在矿物浮选及其他过程减少使用或循环使用化学试剂的方法；开发大规模原位生物采矿和深海矿产加工过程，且不带来环境风险。

(4) 开发新的森林数据生成技术，包括太空技术、远程技术和现场技术。

(5) 应用信息通讯技术发展精准林业，增强下一代林木的种植和难以到达的密林的采伐。

(6) 利用机器学习等技术开发大数据解决方案，用于在采伐过程中监测生物多样性并提供保护建议，以弥补遥感和卫星在这方面的不足。

(7) 开发先进的、多功能的森林管理办法，满足各种森林生态系统服务需求；发展决策支持工具，用于优化林业满足不同发展目标；提高森林防火能力，保护物种和文化遗产。

(8) 制定气候变化应对策略，提高欧洲森林的长期碳汇强度；制定符合地区特点的林业发展方案，减少自然干扰的影响，增强森林对气候变化的减缓作用，保持森林作为长期高效的碳汇。

(9) 研究森林管理系统和采矿活动的社会影响和社会接受度。

二、资源节约型原材料加工

1、发展资源节约型先进原材料加工

需求分析：预处理/选矿和冶金加工过程的高成本和高耗能影响了稀缺、关键金属向市场供应。随着初级和次级资源变得越来越复杂和品质降低，以及环保法规更加严格，冶金过程将遭遇更多的技术挑战。当前的原木切割技术限制了木材产量的提高。新的技术可以对原木的内部特征进行数字化重建，从而实时评估最佳切割解决方案。

2050 年目标：制造业成功向客户驱动型转型，生产过程和物料流动全面优化，材料损失更少，资源消耗更加经济合理。碳中性的原材料生产已有解决方案。微生物在矿业开采发挥重要作用，生物采矿全面应用。

研究和创新建议：

(1) 开发灵活的、适应性强的初级和次级原材料生产技术，以满足日益严格的加工和制造要求。

(2) 发展工业 4.0 解决方案，改进过程设计和管理，以全面管理物料流动，允许按需定制。

(3) 发展基于大数据和信息通信技术的先进生产技术，以提高能量效率，优化能源管理。

(4) 开发虚拟现实、增强现实等先进信息技术，以满足高过程效率要求，改善物料流动、资源效率、过程稳定性和机器生产力。

(5) 加强跟踪监测建筑材料在使用期的表现，以优化材料加工工艺。

(6) 开发用于净水和循环利用的封闭系统，以减少生产过程中的用水量。

(7) 开发先进的二氧化碳增值技术。

(8) 开发节能的先进起重技术和矿石粉碎、研磨、分选技术；开发高效、环保的浮选技术；开发用于精细颗粒加工的干式分离技术；开发商业可行的关键原材料精炼；开发用于湿法冶金和火法冶炼的先进纯化工艺；推进生物采矿。

(9) 分析森林采伐期间进行初级精制加工的可能性，以充分利用木材性能，避免浪费和品质降级；开发集成 3D CT 扫描仪和激光切割等先进技术的新生产线，增加木材产量；开发适用于不同木材品种的改性工艺和技术；发明功能表面处理工艺，提高产品性能和耐用性，延长使用周期；优化木材解纤、锯材干燥、纸质生产等环节的能效和能源管理。

2、最小化残余物，提高残余物价值

需求分析：低价值残余物或副产物增值转化为先进功能材料的潜力巨大。废弃矿井的废物管理将成为一个重大挑战，需考虑其经济和环境影响。大量利用加工残余物（如树皮、锯末）制造木板、纸浆使木质原材料资源利用效率显著提高，未来需进一步提高这些残余物的价值，为低品质木材品种创造新的市场机会。此外，树枝、树桩等也应充分利用。

2050 年目标： 通过从残余物中回收有价值的元素等增值技术，使残余物增值，并使真正的废物降至最低。针对有毒残留物，开发出标准的解决方案。

研发和创新建议：

(1) 利用残余物开发新材料；从副产品中开发高附加值的产品；开发和验证以工业副产品（例如二氧化碳）作为替代原料；为可用的副产品和残余物建立数据库，保障资源循环利用。

(2) 创新利用处理过的水，从加工用水中提取有用组分。

(3) 改善能源回收以及矿渣中有价值材料的回收，从而将残余物转化为资源。

(4) 继续丰富化合物有用和有害信息，以发展创新的方法去除化学品，油墨和添加剂等。

(5) 开发和验证工业和城市废物处理相关行业互利共生方案。

(6) 开发创新、智能的冶金工艺路线，最大限度提高资源利用效率，并将环境影响降至最低；开发用于低品位和非常规矿物质的冶金工艺；开发新的提取技术，加强生物冶金过程；改进选矿技术，以提高老矿、旧矿的产量；开发用于矿山关闭和修复的新方法和新技术。

(7) 开发利用富含氮和尿素的木板粘合工艺废水制作肥料，以减少化肥使用；利用木材胶黏剂废料开发新的粘结剂。

(8) 持续开发以副产品为原料、贴近市场的高价值产品；通过充分利用加工过的生物质，提高从副产品中开发的中高附加值产品的价值。

三、新产品和新应用

1、发展材料应用和市场

需求分析：工业界需要的关键材料会随着时间和工业重点变化而变化。2017年更新的欧盟关键原材料列表包含了20种材料。关键原材料的产生不仅源于政治和供给问题，还因为在一些情况下它们的加工被认为是环境不允许的。替代工作的重点在于获得关键材料的性能，从而克服供应短缺的风险。目前，由于政治对全球市场的干预，替代研究缺乏跨越“死亡之谷”（研究成果从实验室到市场）的动力。而且，这些项目伴随着风险过时的可能，在获得企业长期资助方面也遇到困难。

2050年目标：关键原材料替代项目成功实施。消费品的生产和能源的产生、转化、储存、运输发生重要变革。公民的觉悟、培训和教育在保证成功替代方面发挥了重要作用，特别是在替代品不具有最佳性价比的情况。增材制造、生物模拟材料、自愈材料等取代了许多现有解决方案。具有纳米/微米结构和功能的材料被广泛循环使用。材料在改善生存环境、人类福祉、健康方面的功能被全面认识，并用于设计新产品。

研究和创新建议：

(1) 开发新的材料以替代关键材料，为新产品和新设计开发新的材料，监测可能产生新产品和新市场的研发进展。

(2) 开发适合先进仿生学应用的生物相容性、小型化和纳米技术。

(3) 开发经济、耐用的复合材料、合金和多层材料，延长产品的使用寿命；持续监测过程环境、组件和材料，以防止损坏，并最大限度地延长组件和材料的使用寿命。

(4) 针对含较高浓度杂质或降解分子的次级材料，开发合适的应

用，从而为回收材料提供新的市场机会。

(5) 创建与材料变革相应的智能解决方案和新商业模式，使欧盟不依赖于关键原材料。

(6) 减少永磁体中关键原材料的用量，并成功用于能量转换；减少光伏材料中关键原材料的用量，并保持性能；研究需要关键原材料用量较低的储能技术，并提高能量密度。

(7) 探索新的建筑材料安装和固定系统，重点发展新的工业化建筑方法；开发可拆卸和模块化的建筑产品，从而在维修和报废时无需(或只需少量)化学/物理/机械操作便可回收原材料；增加建筑材料的耐久性。

(8) 利用最先进的信息通信技术和自动化技术，对驱动产品和市场发展的经济、政策、市场因素进行社会经济学研究；根据可持续性、新市场和人口增长情况，对驱动消费因素进行社会科学和市场趋势研究。

(9) 从社会、经济、市场角度研究公共政策对材料科学、原材料和材料设计的影响。

2、发展新的生物基产品

需求分析：纤维素纸浆和锯材是森林工业的主要产品，可被进一步加工为一系列产品，许多新应用正在开发中。未来发展方向包括非木纤维原材料、生物复合材料印刷电子产品、新概念包装、新品质纸张、绝缘材料、服装和食品等。橡胶产品对汽车行业和特种产品不可或缺。未来需进一步优化组成，以满足强度、阻力、重量、化学性质等各类应用需求。

2050 年目标：生物基产品成为高附加值产品。可再生和可循环的产品符合消费者的要求。木基建筑材料帮助该行业减少二氧化碳排放 80%（在 2020 年排放基础上）。先进的设计和纳米技术为更小和更大的包装提供先进、智能的解决方案，同时产生更少的废物。在研发和创新方面的投入带来新的生物炼制工艺的全面应用，能够根据个性化市场需

求生产纺织品、化学品和新材料。

研究和创新建议：

(1) 开发碳纤维、超轻量复合材料等木基高附加值产品；开发适合室外使用的可防风雨、防火的板材、绝缘材料和复合材料；开发基于印刷电子、印刷生物传感器、功能墨水和标签等的智能应用。

(2) 以循环利用为设计准则，指导新型生物基产品的开发过程。

(3) 研究和开发各种（纳米）结构化的材料表面，并使用新技术以避免微生物和细菌在表面生长，从而提高木质/纤维质包装材料的性能；改进现有的、长期使用的粘合材料；发展增材制造，包括新的业务模式和保修模式。

(4) 通过开发更好的数据库系统和施工计算方法，使木材使用更加高效、可持续和有竞争力。

(5) 开发室内木质产品系统解决方案，包括家具、配件、日常用品等，以满足居民不断变化的需求（老龄化、孩子长大和家庭结构变化等），促进健康和福祉。

四、循环利用最大化

1、增加材料回收

需求分析：欧盟已成为循环利用方面的全球领先者。欧洲木材加工业和纸浆造纸业有着广为人知的利用回收材料的传统，其产品最高可100%由回收的纤维和木材制成，未来需要提高块材的再利用率。建筑和拆迁废物是欧盟产生的最重和最庞大的废物之一，约占废物总量的25%-30%。各种类型废物的循环利用提升潜力从10%-90%不等，平均值为54%。建筑和拆迁废物二手市场已经成形，但受分离和回收技术限制，主要面向低端应用，增值用于高端产品存在挑战。关键矿物质原材料的循环利用仍旧严重不足，近期研究表明，未来十年循环利用不大可

能对全球稀土元素供给做出实质性贡献。提高冶金分离和精炼的效率仍然是面临的主要挑战，提升循环利用的效率需要加大研究和创新投入。

2050 年目标：建筑和拆迁废物的再利用得到优化，关键金属和复合材料的循环利用率大幅提高，欧洲资源的总体可获得性得到提升，为欧盟原材料市场不依赖外部供应奠定重要基础。各国加强合作，促进废物回收循环利用。行业间的协作充满活力。再生纸和纸板材料满足消费者的安全要求，被用作主要包装材料。

研究和创新建议：

(1) 开发灵活的分解、分拣和分离技术，以成本节约的方式处理杂质不断增多的回收材料；开发以产品为中心的分离、分馏、提取技术，提高回收选择性，促进高附加值的应用。

(2) 发展工艺和行业合作，以回收和再利用制浆和造纸过程中使用的矿物资源；针对从废水中分离提取的有用成分，开发高附加值的使用技术；开发技术并配套公共采购政策，扩大以残余物和废物为原料生产建筑材料。

(3) 开发新的建筑材料认证和追溯方法，以更好地管理建筑和拆迁废物；改进建筑和拆迁废物处理技术。

(4) 开发有毒有害物质和材料的回收技术；针对有毒废物中的有用成分，开发有效的回收方案。

(5) 开发教育工具，提高公民的废物收集意识。

(6) 通过专门的网络和物流平台加强国际合作，促进欧洲材料的运输和回收。

(7) 研究方法和技术，促进锆、钨、稀土、锂、碲等关键元素以及汞、砷等有毒元素的回收；从工业残余物（如废气和废灰）中经济可行地回收关键金属。

(8) 使用新型传感器和机器人技术，根据纤维、油墨、填料、污染物等不同情况对纸张、木材废料、森林残余物进行分类，从而提高分拣精度和速度。

(9) 通过物理化学和工业生物技术改进废水处理和清洁，促进水循环利用，减少排出的废水量。

(10) 开发无损木材特性测量技术，以实现个体追踪，进而优化资源利用率。

(11) 开发将回收的实木产品转化为纤维和其他高价值产品的技术体系；对回收的木质产品，提高分离、检测和清洁能力，以便将其转化为高价值的产品（特种产品、高纯度化学品、食品添加剂、药品等）。

2、再利用和循环利用技术

需求分析：矿物、金属和生物原材料可能以复杂的形式混合在最终产品中，不能被分开。回收技术研发的速度往往跟不上新产品投放市场的脚步。还没有取得期待的投资回报，循环利用技术与设施可能就已经过时。私营行业在回收技术方面的投资仍然非常低。

2050 年目标：欧盟内部市场的零售商、工业界、原材料供应商和研究机构紧密联系，共同掌握行业互利共存所需的技术诀窍和专业知识。成员国调整法律和社会框架，使其适于采用创新的循环利用技术。

研究和创新建议：

(1) 针对复杂产品，开发能够高产量、高纯度提取有价值组分的处理技术；针对消费品体积变小及所含关键和有价值材料含量降低的趋势，开发小尺度分析和移动分析技术；针对可能的颠覆性技术和高级创新产品，提前开发循环利用技术。

(2) 优化原材料的循环利用设计和可循环利用性，提高产品中循环利用材料比例；开发工具和系统，促进产业链上下游在产品设计与结

构和组成方面的信息交流，提高循环利用效率；部署追踪物料流动（例如手机、电路板、电池）的技术手段（例如射频识别芯片）。

（3）开发技术和分析过程，以检查循环利用质量，促进循环利用，减少污染。

（4）部署资源循环利用示范项目，评估在不同规模和不同地域尺度（区域、城市、乡村）下资源的可循环利用性。

（5）开发适合循环再利用/回收产品的新商业模式和市场；建立激励机制，鼓励发展可以扩大回收原材料使用的高附加值技术和商业模式。

（6）开发符合循环经济的先进建筑产品设计方案，以尽量减少建筑和拆迁废物；开发含有建筑废物的新材料原型。

（7）针对复杂报废产品，开发不损失关键金属的机械和化学处理过程；针对液晶显示器、光伏产品等含多种金属的复杂报废产品，开发高效的分选、预处理和冶金处理方法，通过系统工程方法解决步骤间的相互依赖关系。

（8）建立包装材料设计标准，使其可全部循环利用，包括阻隔层和嵌入式电子器件；开发产品设计方法，使包装材料可重复使用/建筑组件易于拆卸，促进最优的分类和循环利用。

（9）开发模型和模拟工具，服务于新的木质产品设计和生产技术，使其可以用较少的材料和能源产生更多的功能。

（10）针对回收的木质纤维，开发长度和强度性能恢复技术和工艺。

3、评估和优化回收成本和效益

需求分析：当前的循环利用过程还不够安全和环保，也欠缺经济可行性。在一些地区，废弃物回收还伴随着温室气体排放和运输成本增加。这都使得回收决策非常复杂，需要综合考虑成本和收益。由于含有高价成分，来自消费品（特别是电子产品或含有电子部件的产品）的报废

材料是当前回收利用的热点。“城市采矿”概念的提出为材料回收和商业模式带来了新的发展机遇。

2050 年目标：人工智能决策系统帮助行业在当地或全球范围内优化循环利用过程。欧盟循环利用系统是全球高效循环利用体系的一部分。

研究和创新建议：

(1) 开发数字解决方案，以改进当前的监测和计算，进而优化矿物、金属和生物材料的修复、再利用、循环利用和能源利用。

(2) 在产品报废前，为其开发新的应用。

(3) 研究颠覆性技术带来的结果及其对产品报废阶段的影响。

(4) 评估财政激励的作用，以进一步促进循环利用。

(5) 推进“服务化”商业模式，以产品服务体系为基础，以循环经济为导向，以终端用户为中心。

(6) 开发节约成本的新监管链技术，例如区块链技术。

(7) 开发、测试和实施评估方法和指标集，指标集包括材料的关键性和可循环性等参数。

(8) 通过知识转移与合作，增强欧洲区域集群的能力，进而改善次级原材料的流动。

(9) 继续开发原材料信息系统。

(10) 开发方法整合各种可持续方法学。 (边文越)

基础前沿

英国物理学会《光子学的兴起》报告前瞻光子学发展重要领域

5 月，英国物理学会（IOP）发布了报告《光子学的兴起》，指出光子学对解决英国政府工业战略中的挑战至关重要，这些挑战包括人工智

能、清洁增长、未来流动性、老龄化社会等²。报告识别了光子学在解决这些挑战时面临的具体问题，提出了相应的解决方案，并建议进一步研究和投资光子学以确保英国在光子学领域的持续竞争力。

1、老龄化社会。在该领域中，光子学面临的挑战包括：开发基于光子学的新型医疗保健疗法，便携式和即时化学生物传感器，健康诊断、治疗和手术。相应的解决方案包括：

(1) 开发能增加人体能力的修复学，如感应肌肉收缩的光传感器，光学聚合物和生物相容性材料，人造视网膜。

(2) 推进光触发药物释放、光疗和激光治疗等使用光直接治疗或帮助治疗一系列病症的新技术。

(3) 开发基于光子学的新型医疗保健疗法。

(4) 通过在专用光纤上安装微小的传感器，实现即时高灵敏度的化学和生物分析。药物药理学和药代动力学也可通过光子学技术来增强，使人体内药物分子的实时行为可视化。

(5) 使用不需要从身体提取样品的体内技术进行快速、早期、非侵入性的临床诊断和治疗；更多地利用光谱测定法进行诊断，例如用紫外线照射组织产生的荧光发射可用于定位肿瘤。

(6) 开发用于手术、面向靶器官、具有最小停机时间的激光器。随着激光加速器的发展，用于癌症治疗的放射治疗将更加有效，与传统的同步加速器技术相比，设备也会小得多。

2、人工智能和数据驱动的经济。在该领域中，光子学面临的挑战包括：无处不在的数据通信，物联网，高性能处理（经典和量子）。相应的解决方案包括：

(1) 开发依靠光子材料和传感器发展的便宜的移动设备，它们可

² The health of photonics. http://www.iop.org/publications/iop/2018/file_71498.pdf

以替代铜等昂贵材料，并减少破损和功耗。

(2) 自由空间光通信（使用红外光谱）和可见光无线通信（LiFi，使用可见光谱）允许以更高的速率和非常低的误码率进行无线通信。

(3) 物联网加大了对带宽的竞争，WiFi 的带宽有限，因此需要替代品。发展速度更快、更精确的通信，取决于光纤以及自由空间光通信和可见光无线通信的发展。

(4) 光子传感器在物联网中是最重要的。从无人驾驶汽车到智慧城市，这些新技术将依赖便宜、可靠、低功耗的解决方案来测量光、热、生物计量学等。

(5) 光计算开启了深度学习的巨大能力，这将是一个需要大量处理能力（与超级计算机需要的处理能力相似）的人工智能处理。

(6) 光学芯片利用光子的量子行为来完成计算，比传统的晶体管芯片快得多，这意味着更多的计算可以在更短的时间内完成，并使人工智能技术变得更加无处不在和响应更快。

3、清洁增长。在该领域中，光子学面临的挑战包括：数字社会的物质基础设施能效，推动环境可持续发展。相应的解决方案包括：

(1) 通过光纤进行通信比传统方法更节能，进一步开发可以更好地减少能量损失。

(2) 开发先进的光伏材料，例如 III-V 族半导体，以利用来自太阳的能量，从而减少碳排放。

(3) 开发聚光器技术（利用透镜等光学技术）以用于聚焦阳光，从而减少太阳能电池板所需的表面积，使太阳能用于更广泛的应用。

4、未来流动性。在该领域中，光子学面临的挑战包括：响应环境因素，互联汽车。相应的解决方案包括：

(1) 开发自主车辆所需、结合了传感技术和多光谱/高光谱成像的

多模式传感器。雨量传感器和太阳传感器可使用光电二极管来检测和响应不断变化的条件。

(2) 开发能使自动驾驶汽车生成周围环境照片的激光探测与测量 (LIDAR) 系统, 比雷达更准确, 比在光线不足环境中的照相机更可靠。

(3) 互联汽车需要高速数据传输以加强导航, 例如使用实时数据来避免交通拥堵。

(4) 利用环境 WiFi 信号提高响应速度, 例如寻找免费停车位。

5、食品安全。在该领域中, 光子学面临的挑战包括: 食品制造、检验和包装, 水卫生。相应的解决方案包括:

(1) 开发用于改进印刷和制造的紫外发光二极管 (UV-LED), 例如使用含有光引发剂 (与特定波长紫外光反应的化学品) 的紫外油墨, 从而实现即时固化。

(2) 开发先进的成像技术和光谱分析技术, 支持全球化食品供应链中的安全和质量保证。

(3) 有效使用 UV-LED 来净化水, 即使用短波长 (250-280 纳米) 的强辐射来破坏水中的微生物。

(4) 从使用紫外线汞灯转为使用 UV-LED, 可以更好地使用水净化系统, 该方法可在发展中国家广泛使用。

6、提高生产力。在该领域中, 光子学面临的挑战包括: 扩大制造业, 提高精密制造。相应的解决方案包括:

(1) 利用 LED 照明进行昼夜照明, 以在室内环境中复制自然日光模式, 这可以帮助减少错误并提高生产力。

(2) 激光光化学的进展将允许进一步获得新的合成化学品, 并且比传统方法浪费更少。3D 打印也需要进一步开发用于加热和精密加工的激光器。

(3) 开发光钟和原子钟，以及光学计量和高精度光谱学，可大大减少浪费和污染。

(4) 开发新一代便携式频率梳（如晶体光纤频率梳），可以实现光钟和精密测量技术。 (黄龙光)

波士顿咨询公司报告指出量子计算时代即将到来

5月16日，波士顿咨询公司（BCG）发布题为《即将来临的量子计算飞跃》的报告³，对量子计算技术的发展现状与潜在应用进行了分析。BCG预计，到2030年，量子计算的应用市场规模可达500多亿美元，其中，制药行业的规模将达200亿美元，化学、材料科学等科技密集型产业的规模将达70亿美元。当然，这必须基于逻辑量子比特的制造和集成能力达到基础量子计算所需的最低要求。

BCG认为，量子计算将在未来25年间经历三代发展，走向技术成熟。其中，初代量子计算将被企业用于解决特定的实际业务和研发需求。BCG对不同尺寸量子计算机的使用进行了等效的“摩尔定律”分析（即量子计算可扩展性）。基于量子计算的“等效摩尔定律”（物理量子比特集成数目约每两年翻一番），预计量子计算机将经历三代发展：

(1) 2018-2028年，工程师们将研发出可用于低复杂程度的量子模拟问题的非通用量子计算机。

(2) 2028-2039年，逻辑量子比特数量将扩展到50多个，并实现所谓的“量子霸权”，更快速的执行特定算法的应用程序，主要包括分子模拟、研发和软件开发等，创造巨大的市场潜力。量子信息处理将进一步发展，企业对量子模拟方法变得更为熟悉。

(3) 2031-2042年，量子计算机将在模拟、搜索和运算中执行高级

³ THE COMING QUANTUM LEAP IN COMPUTING. <https://www.bcg.com/publications/2018/coming-quantum-leap-computing.aspx>

功能,实现各类商业应用,对比经典计算机具有明显的优势。预计二代、三代量子计算机发展的交界处,就是量子计算超越经典计算(在特定应用中)的临界点。预计 2030 年后,量子计算的发展将显著加速。

接下来几年,一些有限的量子计算功能将出现在企业应用中,如化学领域中相对简单的分子(模拟亚原子水平)和特殊的优化。企业将在实际使用中逐渐熟悉量子计算方法和工具。事实上,IBM 和微软正在发展量子计算社区、量子计算模拟器,以及易于使用的工具包。随着量子算法、编程语言、可用的云端量子处理器的到来,开发者将逐步将其合并到软件解决方案中,结合经典算法实现混合计算系统。这个学习阶段很关键,特定领域的工作者将借此提高意识和经验,加速走向量子霸权。

目前,部分量子计算技术正在达到可用性的阈值,离子阱和超导量子计算已经步入商用。离子阱量子计算的高品质量子比特,使其在关键领域商用进程和成本方面都优于超导量子计算。2017 年末,研究者成功制备了 14 比特纠缠的离子阱量子计算系统,能够以 99.9%的可靠性执行特定的运算。同等性能的超导系统为 9 比特,99.4%可靠性。(张娟)

美国 NSF 资助新建 4 个数学生物学中心以揭示生命的规律

5 月,美国国家科学基金会(NSF)与西蒙斯(Simons)基金会合作,新建 4 个数学生物学中心⁴,将数学观点引入到生物研究中,以揭示生命的规律。每个中心将获得总额为 1000 万美元的资金,为期 5 年。NSF 和 Simons 基金会将各提供 2000 万美元的资金。这些 NSF-Simons 复杂生物系统数学研究中心将探讨具有不同形式、功能和行为的复杂生物体在多个时间尺度上通过改变环境进行操作时产生的 DNA 编码信息。这样的知识可能形成一个预测框架,用于理解从细胞内的 DNA 到环境

⁴ NSF-Simons centers to search for the Rules of Life. https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=245523&org=NSF&from=news

中有机体的各种表达，以及对农业和健康的应用。

(1) NSF-Simons 东南数学与生物中心，将阐述遗传信息如何影响表型特征。总部位于佐治亚理工学院，该中心还包括克莱姆森大学、杜克大学、杜兰大学、南佛罗里达大学、佛罗里达大学和能源部橡树岭国家实验室的研究人员。

(2) 哈佛大学 NSF-Simons 生物数学与统计分析中心，旨在利用数学和统计数据准确预测生物体对基因和环境变化的反应。

(3) 西北大学 NSF-Simons 定量生物学中心，将整合假设驱动的数学建模、数据驱动的数学分析、高级成像、基因组学和代谢组学工具，研究遗传编程与机体生长和发展过程中外在投入之间的复杂相互作用。

(4) 加州大学欧文分校 NSF-Simons 多尺度细胞命运研究中心，将研究决定细胞命运的因素，即细胞分化为特定的生物细胞类型。该中心重点关注 3 个主题：皮肤中的细胞复杂性和塑性，神经嵴细胞的随机动力学和迁移，以及干细胞规范的表观遗传学控制。数据驱动和基于原理的细胞命运多尺度模型将指导实验，并随后反馈给建模工作。(黄龙光)

信息与制造

美国先进机器人制造创新研究所项目征集关注八大方向

5 月 17 日，美国制造业创新网络“Manufacturing USA”旗下的先进机器人制造创新研究所（ARM）发布项目征集公告⁵，项目资助总投资 1000 万美元，拟资助项目须聚焦于以行业需求为导向、技术准成熟度为 4-7 的机器人制造技术。本次项目征集在 5 月初预发布的七大主题领域基础上，新增了软件互操作性主题。

(1) 识别和包装。目标是开发机制、算法和系统以实现部件的高

⁵ ARM Technology Project Call for Proposals Announced. <http://arminstitute.org/may-2018-tech-projectcall-press-release/>

效运输和使用。技术重点包括：改善机器人指令系统对普通用户的友好程度，并提升即时性；识别非结构化或半结构化环境中的单个物体；提升机器人在操纵和包装不同尺寸和形状的物体时的灵活性。

(2) 卸载和解包。目标是推动低价值、必要、耗时的工作任务自动化。技术重点包括：机器人在半结构化环境中理解所有相关信息，并独立制定完成任务的计划；高度灵活的机器人机械设计以适应各种货物包装（如托盘或箱子等）；开发机器人解包算法，控制力度以保持解包对象的平衡；开发机器人卸载和解包最佳顺序的控制算法；利用机器人关节和末端执行器的力反馈信息实现机器人操控。

(3) 穿越复杂、拥挤工厂车间的运输和交付。目标是利用低成本技术，安全高效地使物体通过杂乱的空间。技术重点包括：改善机器人的指令系统对普通用户的友好程度，并提升即时性；机器人安全地在复杂的动态环境下导航，并与人类直接交互；机器人可根据人类命令对后续步骤进行规划和动态调整；利用低成本传感器实现实时定位与导航，无需预先设定地标和其他预装基础设施。

(4) 非标准材料的检查。目标是研发工具，为柔软、延展、非刚性物体的检查提供辅助或自动检查技术。技术重点包括：非标准材料的快速扫描和视觉处理，以维持或改善当前的吞吐率；复杂半结构化环境下的识别模式以及机器学习；非刚性物体建模；使用操控算法，更好地定位对象以进行检查。

(5) 组件的跟踪和可追溯性。目标是使用机器人技术和视觉系统，降低自动跟踪库存和供应链组件的成本。技术重点包括：准确识别非结构化或半结构化环境下的单个对象；在非结构化或半结构化环境下准确识别跟踪特征（如条形码、标记标签等）；开发机器人软件平台，与常规供应链/ERP 系统实现一定程度的集成；机器人对目标进行快速操作，

方便后期识别和跟踪。

(6) 表面处理。目标是显著降低表面处理工艺（如涂装、打磨和抛光等）成本。技术重点包括：根据 CAD 模型规划加工路径的加工路径规划系统；加工路径控制系统；加工表面力度反馈系统；末端执行器和加工表面之间力度调节系统。

(7) 顺应性材料的加工与操控。目标是推进机器人技术以满足产品质量和组件符合标准的需求，以解决技术型劳动者短缺和劳动力需求日益增加的问题。技术重点包括：面向未经过系统培训的操作员开发友好的用户界面，使其能够通过示范动作来训练机器人；建立力学模型，综合考虑移动和放置大型柔性物体时的各向受力情况；路径和运动规划，综合考虑加工和运输大型、扁平、柔性面板时的震荡情况；拾取和放置柔性零件的控制算法；评估柔性物体的位置和形状的视觉系统；通过基于感知的模型和传感器，适应柔性物体在被抓取、放置和安装时的变化；规划算法，以实现机器人和操作员之间的高效协作；路径和运动规划之间的协调，以应对任务执行期间的不确定性。

(8) 软件互操作性。目标是实现各种不同机器人软件框架和硬件接口之间的互操作性。技术重点包括：解决软件互操作性脆弱、难以维护、价格昂贵等问题；通过开源和闭源项目、商业和免费工具、软件模块、驱动程序、数据库和实用程序解决不同机器人软件应用程序框架、运行时体系结构和应用程序之间的互操作性问题；提升信息传输效率以及信息在不同硬件系统中的可靠性。 (黄健)

生物与医药农业

英国 BBSRC 生物成像战略评论报告展望未来需求和新趋势

生物成像是生命科学领域具有重要战略意义的领域，随着成像技术

日益成熟，生物成像将继续推动对整个生物科学以及生物经济的发展。5月18日，英国生物技术与生物科学研究理事会（BBSRC）发布《英国生物成像的战略评述》报告⁶，该报告是英国全国性调查和长达一年的共同体咨询的结果，重点展望了英国生物成像技术的未来需求和新趋势。

1、使能技术的发展是英国未来保持世界级生物科学的重要保证

超分辨率技术、探测器/相机、样品标记和探针，以及图形分析技术等使能技术，是近期和未来的生物成像发展都非常重要的技术，这些技术的发展和改进将对生物成像技术产生重大影响。

(1) 新的超分辨率技术的发展将继续推动对整个生物科学的发展，未来的生物成像在时间和空间分辨率的提高仍然是关键。

(2) 单层光显微技术将使得对整个器官、大组织、球体、类器官乃至整个生物体进行高分辨率、大深度成像成为可能。

(3) 体积电镜（volume EM）将实现更高分辨率的组织和模型生物的深层成像，可用来揭示大脑的结构和连接性，免疫反应过程中免疫细胞器的变化，以及健康和患病动物和植物中组织发育的结构等。

(4) 冷冻电镜（cryo-EM）未来的发展可能集中于整个细胞和组织的冷冻成像，低温样品制备、冷冻光显微镜、低温聚焦离子束与扫描电镜（FIB-SEM）和低温软 X 射线断层扫描技术的发展对于实现这一目标将是必不可少的。

2、不同数据的整合促进生物成像信息学（Bioimage informatics）的发展

(1) 具有巨大潜力的是“组学”与量化生物成像实验的整合，或者来自生物成像或生物信息学数据的整合，这些数据将揭示目前无法达到的信息的深度，这种整合方法将导致生物成像认知范式的转变。

⁶ Strategic Review of Bioimaging. <https://bbsrc.ukri.org/news/research-technologies/2018/180518-n-strategic-review-of-bioimaging-in-the-uk/>

(2) 生物成像和图像分析的进步以及与大量技术数据的整合将使多尺度分析成为可能。

(3) 生物成像和生物科学共同体的知识共享和共同标准的进一步发展, 将使整个生物科学不同数据源的整合和不同成像模式的整合成为可能。(4) 对其他领域的科学共同体开放生物成像数据, 将促进学科间的知识转移, 例如, 凝聚态物质的科学家可以分析特定的细胞或组织的物理性能, 将促进基于假设的数学模型的发展。通过与物理学家、化学家和材料科学家进行数据和标准的共享, 其他领域的知识和技能将反过来进一步促进生物成像的发展。

3、数据技术和图像分析技术是当前和未来生物成像发展的重点

(1) 英国生物成像共同体调查显示, 51%的共同体调查者认识到数据技术是当前和未来生物成像发展的最大限制: 需要开发能够充分利用生物成像数据的分析算法和软件。

(2) 随着通量、分辨率和视场的增加, 生物成像产生的数据量出现了惊人的增长, 导致了生物成像共同体中的数据处理、图像分析和数据技能的需求增加, 因此需要对自动化数据处理和分析增加投资。

(3) 交叉学科对开发具有可重复输出的稳健算法、验证新工具以及开发或维护用户友好软件和平台将必不可少。开发和整合先进的自动图像数据分析方法, 如将配准、分割、注释、跨模态数据整合到高级计算机视觉技术, 需要来自计算机科学家、工程师和数学家的专业知识。

4、更新基础设施以及数据共享以满足未来需求

(1) 英国生物成像共同体调查显示, 生物成像基础设施必须满足由现代方法产生的生物成像数据的快速增长量; 必须开发用于共享公共数据库中的成像数据工具。

(2) 除了物质基础设施外, 还必须配备训练有素的网络和数据库

工程师为海量数据的管理、处理和传输提供重要的支持和专业技能。

(3) 开放数据，是一个未开发的、潜在的巨大的科学知识资源。目前，生物成像数据可以使一个领域方向的科学家解决特定的研究问题，而通过开放共享，未来这些数据有望被生物科学共同体用于解决更多的科学问题。 (周秋菊)

欧盟生物基产业联盟发布 17 个生物基研发新项目

5月16日，欧盟生物基产业联盟（BBI JU）计划通过2017年项目征求意见协议签署了17个新项目，这些项目将致力于从废物、侧流、新生物质如水生生物废物和二氧化碳中创造价值，以及开发欧洲当前战略问题例如原料供应、优化处理、新型生物识别产品的市场应用和商业化等的解决方案⁷。来自25个国家的194名专家将从这17个新项目获得共计8500万欧元的经费资助。

表 1 17 个新项目的研究内容

项目名称	主要研究内容
AQUABIOPROFIT	用作饲料、保健和营养补充剂的水产和农业生物质侧流的蛋白质和生物活性物质
BIOBRIDGES	在消费者、品牌和生物基产业之间架起桥梁，以改善可持续的生物制品市场
NEWPACK	开发具有竞争力和可持续性的生物塑料
EFFECTIVE	从循环经济的角度，从生物基聚酰胺和聚酯中获得高效的先进生态设计的纤维和薄膜
EXCornsEED	从玉米油和其他侧流中分离和提取生物活性天然物质
ICT-BIOCHAIN	用于可持续化学品的高效生物质供应链的ICT工具
iPrimeRe	通过智能发酵将林业糖残余流转化为抗菌蛋白
Pro-Enrich	从油菜、橄榄、番茄和柑橘果实侧流中开发用作食品、化妆品、宠物食品和粘合剂的新功能蛋白和生物活性物质
Prolific	通过多产集成级联方法从豆科植物、真菌和咖啡农产品侧流中提取和增加蛋白质和生物活性分子的附加值
ReInvent	基于生物材料和天然纤维的建筑和汽车工业新产品

⁷ BBI JU Launches 17 New Projects That Will Validate The Potential Of Biomass In Europe . <https://www.bbi-europe.eu/news/bbi-ju-launches-17-new-projects-will-validate-potential-biomass-europe>

德国科学基金会资助新建 14 个合作研究中心

SpiralG	从关节螺旋藻生产螺旋藻蓝蛋白，在整个工业生物炼制概念框架中重新审视藻类的改良原料、提取和共价化
SusBind	用于人造板的可持续生物BINDer系统的开发和试生产
SUSFERT	整合生物涂层、益生菌和鸟粪来提供磷和铁的可持续性多功能肥料
SWEETWOODS	通过木基糖生产高纯度木质素和部署廉价的平台化学品
UNRAVEL	通过独特精炼过程来测定欧洲木质素纤维素的价格
VIPRISCAR	测试异山梨醇双（碳酸甲酯）的中试生产工业过程
WoodZymes	用于木基建筑砌块的极端酶：从纸浆厂到板材和绝缘产品

（郑颖）

德国科学基金会资助新建 14 个合作研究中心

5 月 18 日，德国科学基金会（DFG）宣布投入 1.64 亿欧元，新建 14 个合作研究中心（CRCs）⁸，并资助其最初 4 年的运行。新成立的合作中心主题范围涉及生命的起源、核酸免疫、听觉声学等领域。

表 1 DFG 资助的 14 个合作研究中心的研究方向

研究方向	主要研究内容	主持单位
细胞外基质病理学的体内可视化研究	借助影像学技术表征病变组织中，细胞外基质的变化，为疾病早期诊断和治疗效果监测提供新选择	柏林自由大学，柏林洪堡大学
从神经突触到系统多层次研究记忆巩固的机制和干扰因素	通过观察大脑的不同区域，并在包括果蝇、斑马雀、啮齿动物和人类在内的不同物种间开展比较研究，建立一套完整的记忆巩固理论	柏林洪堡大学
核酸免疫	通过研究核酸免疫系统的分子基础，提高对相关机制的认识，从而更加准确地了解慢性病毒感染、炎症改变和自身免疫疾病等的发展过程	德国波恩大学
液相非均相氧化催化——热、电、光催化的机制和材料	使用现代的实验方法、理论研究方法和计算机辅助技术，研究各类催化机制	杜伊斯堡大学
炎症性肠病中上皮与免疫系统的相互作用	通过炎症性肠病的病理生理学研究，理解肠道屏障与粘膜免疫细胞的相互作用，辅助开发新型治疗策略	纽伦堡大学
免疫和炎症中的腺嘌呤核苷酸	通过炎症疾病研究，更加深入了解腺嘌呤核苷酸分子的调节、产生和代谢机制	汉堡大学
通过跨学科实验探索生命起源机制	通过天文学、生物学、化学、地球科学和物理学领域研究人员合作，验证关于生命起源的各种假设	慕尼黑大学

⁸ DFG to Fund 14 New Collaborative Research Centres. http://www.dfg.de/en/service/press/press_releases/2018/press_release_no_17/index.html

表观遗传修饰的化学生物学机制	通过研究核酸和蛋白质的化学修饰，促进对表观遗传修饰相关调控机制更好的理解	慕尼黑大学
癌症异常免疫信号	分析免疫系统中促进肿瘤发展或抑制天然抗肿瘤免疫反应的信号，了解肿瘤致病免疫信号的分子机制，并开发靶向治疗新策略	慕尼黑工业大学
胰腺癌建模和靶向研究	研究胰腺癌这种具有高度侵袭性和治疗拮抗性的癌症的生物学特性，全面了解其特性相关的调控机制，以改善患者的长期预后	慕尼黑工业大学
听觉声学研究：感知原理、算法和应用	研究人类听觉机制、开发算法，并测试这些成果在助听器和消费电子产品中的应用效果，最终实现在复杂声学环境中，利用电声学助听器改善听力	奥尔登堡大学
受限环境中的分子多相催化	利用具有不同孔隙的载体介质研究催化反应，开发具有更高选择性的新型多相金属-有机催化系统，提高原材料的利用效率	斯图加特大学
分层结构材料中光驱动分子催化剂的合成和机制研究	解决光催化活性材料开发的根本挑战，促进对太阳能的利用	乌尔姆大学
血小板在健康和疾病状态下的分子、细胞和系统功能	对血小板相关的分子机制开展研究，了解血小板在体内发挥的功能（除凝血以外的其他功能）	维尔茨堡大学

除此之外，DFG 也对已有的 21 个合作研究中心延长了资助期。本次 14 个新中心的成立使得 DFG 自 1968 年资助的合作研究中心数目超过 1,000 个，在该方案实施 50 周年之际具有里程碑意义。（姚驰远）

能源与资源环境

美国 DOE 部署新项目加速推进生物质能普及推广

5 月 3 日，美国能源部（DOE）宣布资助 7800 万美元用于支持先进生物质能源技术研发项目⁹，旨在使包括藻类、非粮能源作物（如玉米、甘蔗等）和各种废弃物（如植物秸秆、稻壳等）生物质在内的各类生物质能资源更有效地转化为经济实惠的生物燃料、及生物质电力和生物制品，加速生物质能源的推广普及，减少化石能源消耗和温室气体排放。本次资助的项目涵盖四大主题。

⁹ Secretary Perry Announces Up to \$78 Million for Bioenergy Research Funding Opportunities. <https://www.energy.gov/articles/secretary-perry-announces-78-million-bioenergy-research-funding-opportunities>

1、生物质能源和生物产品工程技术，资助金额 2800 万美元，旨在开发高效的生物质转化工艺，以降低生物燃料和生物基制品生产成本，提高经济性。资助涵盖了 6 项研究内容：①用于热化学处理的新型催化剂；②提高转换效率的生物学新方法；③开发性能优于传统材料（如塑料、聚合物等）的新型生物基产品；④将有机废物转化为生物燃料、生物制品和生物药品；⑤将二氧化碳转化为燃料和其他化学品；⑥分解木质素和合成更高价值生物燃料和生物制品的新工艺。

2、藻类生物燃料和生物制品，资助金额 1500 万美元，旨在提高藻类生物燃料和生物制品的成本竞争力。包括两个主题领域：①通过改善来自发电厂或工业设施的二氧化碳排放的吸收和转化，以提高藻类的生产力；②开发新的、可负担的技术，直接从空气中捕获二氧化碳，加速藻类的生长。

3、先进生物燃料制备工艺和生物质发电技术，资助金额 2000 万美元，将支持早期研究，以开发综合工艺，包括：①生产具有成本竞争力的完全替代型生物燃料，包括可再生航空燃料和可再生柴油；②将城市固体废物和生物固体转化为生物能源的过程。

4、可负担和可持续的能源作物，资助金额 1500 万美元，将支持生产可负担、可持续且可用作生物燃料和生物制品的生产原料的早期研究与开发。包括：①对新能源作物品种进行小规模现场测试；②测量与传统种植和牧场系统相关的作物生长表现以及环境影响；③开发具有成本效益的种植、收获、收集以及储存生物质的方法。（吴勘 郭楷模 裴惠娟）

美国 DOE 资助地热钻探技术研发及其产业转化

4 月 23 日，美国能源部（DOE）宣布资助 1450 万美元用于支持先进地热钻井技术的开发项目，旨在提升地热钻井技术水平，降低地热钻

井过程中的风险和成本，提升地热资源开发利用效率¹⁰。本次资助主要关注三大主题领域。

1、缩减非钻井时间。借助人工智能和大数据对地热钻井全过程进行实时的监控和数据分析，以实现钻井自动化，同时开发双径套管一次性固井技术，以减少井漏、卡钻、填砾堵塞等事故的发生，以减少非钻井作业时间的延误，提升钻井效率。单个项目资助额在 100-200 万美元之间，项目周期最长不得超过 24 个月。

2、新型地热钻井技术开发。开发新型钻井材料、技术和工艺（如耐高温钻井材料、耐磨性更强的钻头、高效破岩、定向井技术等），提升钻井速度，改善地热的开发效率。单个项目资助额在 100-200 万美元之间，项目周期最长不得超过 24 个月。

3、加快技术成果转化。强化研究机构、地热能源企业和相关投资商的合作，形成更加高效的合作机制，促进技术成果和验证数据信息的共享，同时引入第三方的技术评估机构减少技术的投资风险，以吸引地热能源企业和投资商的兴趣，消除新型有发展前景地热开发技术的市场化壁垒（如融资困难），加快技术的成果转化。单个项目资助额在 50-100 万美元之间，项目周期最长不得超过 24 个月。 （郭楷模）

设施与综合

俄罗斯先期研究基金会公布若干可军转民技术

5月18日，遵照俄罗斯总统普京于4月10日考察俄罗斯科学院库尔恰托夫研究所时提出的“保障俄罗斯先进军用技术在民用领域应用”的指示，俄罗斯先期研究基金会（FPI）公布了若干未来几年可投入应

¹⁰ Department of Energy Announces \$14.5 Million to Advance Geothermal Drilling Technologies. <https://www.energy.gov/articles/departments-energy-announces-145-million-advance-geothermal-drilling-technologies>

用的军转民技术，包括空中机器人、飞行越野车、爆震发动机、深海机器人、新药、3D 打印发动机、超导和纳米陶瓷、膜材料、量子计算机、过程与自动化等 10 个项目¹¹。

1、空中机器人。FPI 制造的紧凑型城市空中自主作业机器人，可在复杂的空间环境进行单一和组队飞行，进入现有无人机无法进入的地下设施，构建空间地图，搜寻人员。研究人员认为紧凑型空中机器人可在民用领域大有作为，例如解决物流“最后一公里”问题。FPI 研发的“猫头鹰”大气层卫星，可为包括北极在内的俄罗斯偏远地区提供高速宽带和转播服务，应对突发事件。该卫星已于 2016 年完成 9000 千米高度 50 小时连续飞行测试。

2、飞行越野车。该项目研发的超短距起飞和着陆飞机，可在长度 50 米、高度 15 米以下的森林或城市狭窄区域内完成起飞和着陆。该型飞机弥补了直升机螺旋桨尺寸过大且易损的不足，采用混合动力，最远飞行距离为 1000 千米，最大时速可达 315 公里/小时，最高有效载荷为 500 千克，将于 2022 年进行首次飞行测试。

3、爆震发动机。FPI 制造并成功试验了旋转式爆震液体火箭发动机样机，与传统发动机相比，爆震发动机比冲更大，为开展深空探索提供了更多可能。俄罗斯“能源”火箭航天集团和格鲁什科动力机械制造科研生产联合体将在此基础上，研发推力为 5 吨和 20 吨的高工艺、独特性能、低成本火箭发动机。

4、深海机器人。“冰山”项目是 FPI 设立的最有野心的军民两用项目，现已纳入俄罗斯北极地区社会-经济国家发展计划，包括自动钻井站和水下地震勘探器两个研究主题。深海机器人可解决海底映射、海底物体勘探、土壤和水柱研究等问题，还将参与北冰洋大陆架勘探与开

¹¹ У большинства разработок ФПИ есть перспектива широкого применения в гражданской сфере. http://fpi.gov.ru/press/media/u_bolyshinstva_razrabotok_fpi_esty_shirokaya_perspektiva_primeneniya_v_grazhdanskoy_sfere

发，寻找石油和天然气矿藏、绘制海底地形图、帮助建造碳氢化合物开采和运输设施。FPI 和“鲁宾”海洋工程中央设计局共同设计了水下碳氢化合物自动化开采的初步方案，俄罗斯石油公司和俄罗斯天然气工业股份公司已对该项目表示出合作意向。

5、新药。医学是军民两用技术交叉最多的研究领域，FPI 研发出俄罗斯首个可大幅减少人体氧气和能量消耗的试验性药物组合物，可在失血、缺氧和低温情况下延长存活时间。FPI 还开发了器官体外长时保存技术，首次实现使零下 196℃ 保存了 45 天的青蛙心脏恢复跳动，在 4℃ 保存了 48 小时的大鼠心脏恢复跳动。现有技术可以实现人类心脏体外保存 6 小时。

6、3D 打印发动机。2016 年，全俄航空材料研究院首次利用 3D 打印技术生产无人机发动机，有人航空器燃气涡轮发动机热负荷零部件的增材制造相关工作正在推进中。FPI 开发的金属零件硬化处理技术，可以有效改善金属和合金制品性能，至少减化 15% 的金属结构，减少材料消耗，强化关键部件，延长其使用寿命。

7、超导和纳米陶瓷。FPI 基于稀土元素开发出光学透明激光纳米陶瓷，是制造千瓦级紧凑型固体激光器的关键技术，超过国外同类纳米陶瓷水平，可实现对金属表面高精度加工，金属和热塑性塑料的切割、焊接和堆焊。

8、膜材料。FPI 开发的膜材料技术，用于制造超轻无纺布，现已生产出具备过滤和防水功能的制服样品。该新型防护材料由 FPI 和某大型国有银行共同投资，将在俄罗斯萨拉托夫地区投入工业生产。

9、量子计算机。近年来，美国、欧盟、中国和日本等国家和地区都开展了大规模的通用量子计算机项目，俄罗斯在该领域也有所布局。由莫斯科国立罗蒙诺索夫大学领衔，俄罗斯科学院物理技术研究所、半

导体物理研究所、全俄自动化科学研究院和莫斯科国立鲍曼技术大学等机构共同参与，研发本国首台 50 个量子比特的量子计算机，预计将于 2021 年 9 月问世。

10、过程与自动化。FPI 开发的节能协处理器，采用了可在移动平台上运行的机器学习算法。新型处理器将成为无人机、无人汽车和智能视频监控系统的核心部件，可直接在摄像机上完成图像处理。FPI 开发的医学图像自动分析系统，亦可用于提高地球图像的空间分辨率。

俄罗斯先期研究基金会成立于 2012 年，旨在针对国防和国家安全利益推进高风险性科学研究与开发，在相关军事技术、军事工艺和社会经济领域取得突破性成果，开发和生产军用、专用和两用高新技术产品和创新技术。截至目前已完成 30 多项项目，另有 60 多项正在进行中。俄罗斯国家杜马正在考虑修订 FPI 法律草案，完善“军转民”相关法律机制，扩大国外证券和投资委员会管理智力活动成果的权力。（范唯唯）

法国发布 2018 国家研究基础设施路线图

5 月 17 日，法国教研部发布《2018 国家研究基础设施路线图》¹²，这是法国自 2008 年制定第一个研究基础设施路线图以来，第三次对路线图进行更新。2018 路线图共收录法国 99 个研究基础设施，根据建设方与资金来源的不同，分为 4 类：国际组织（多国共同建设）、大型研究基础设施（法国教研部专款支持）、普通研究基础设施（法国科研机构建设）和拟建的研究基础设施。

一、2018 路线图的特点

1、强调数据管理。2018 路线图在 2016 路线图 9 个领域之外专门增设数字基础设施领域，把原本归在数字科学与数学领域中的法国国家

¹² MESRI.La Feuille de route nationale des Infrastructures de recherche. <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid70554/la-feuille-de-route-nationale-des-infrastructures-de-recherche.html>

大型计算中心，法国国家技术、教育与研究远程通讯网络，法国国家核物理和粒子物理计算中心，法国网格计算研究所等设施单独作为一类，目的是响应“地平线 2020 计划”提出的实施数据管理计划的要求，力图做到在尊重欧洲主权的同时，使所有生产、存储、处理与交换数据的基础设施能做到安全地互联，有效管理其产生的海量数据。他们应遵循可发现性、可公开获取性、互操作性和可重复利用的数据管理原则（FAIR），应对数据爆炸式增长的挑战，为法国与欧洲的科研界提供优化资源、降低成本的数据服务。

2、首次计算研究基础设施的全成本。通过两年时间，法国对所有国家研究基础设施进行了全成本统计，在预算经费之外还纳入了实物捐赠等多种形式。全成本统计能体现研究基础设施的真实价值，体现设施的升级演变过程，并为国际谈判提供支持。经统计，2016 年法国 99 个国家研究基础设施的全成本总共为 13.38 亿欧元（不包括建设费）。

二、2018 路线图研究基础设施的更新情况

本部分主要对比 2018 路线图与 2016 路线图，介绍新版路线图中新增及状态更新的设施，详见下表。

表 1 法国 2018 国家研究基础设施路线图更新的设施列表

领域	设施名称	更新情况	建设时间	运行时间	2016 全成本/万欧元
人文与社会科学	欧洲科学遗产研究中心 ERIHS-FR	从拟建改为确定建设	2019	2022	410
地球系统与环 境科学	长期生态研究网络基础设施 E-LTER-France RZA	新增	2006	2018	无
	国家森林适应性管理研究基础设施 IN-SYLVA France	新增	2018	2018	无
能源	欧洲二氧化碳捕获与存储实验室设施 ECCSEL-FR	从拟建改为已运行	2017	2017	590 (预计)
	流体力学和海洋可再生能源	从拟建改为已运行	2015	2016	540

法国发布 2018 国家研究基础设施路线图

源测试设施 Theorem					
	太阳能光伏研究基础设施 SOPHIRA	从拟建改为删除			
	工业生物技术创新与合成生物学加速平台 IBISBA-FR	从拟建改为在建	2016	2018	1170
	生物活性分子发现平台 ChemBioFrance	新增	2017	2018	无
	基于大型成像仪器的脑研究基础设施 Neurospin	2016 版归在神经科学和生物疗法转化研究基础设施 NEURATRIS 中, 2018 版中单列	2007	2007	无
生物与健康	新兴或人畜共患动物传染病国家研究基础设施 EMERG'IN	新增	2018	2018	无
	数据收集分析设施 CAD	新增	2018	2020	无
	欧洲分子生物学会会议 EMBC	删除			
	国家生物银行 BIOBANQUES	删除			
	法国强子疗法 Fr-Hardon	删除			
	转基因研究平台 CELPHEDIA/TEFOR	删除			
	宠物生物资源中心 CRB Anim	删除			
	平方公里阵列射电望远镜 SKA	新增	2020	2025	无
天文学与天体物理学	切伦科夫望远镜阵列 CTA	从拟建改为在建	2016	2020	5180(法国部分)
	欧洲极大望远镜 ESO EELT	纳入欧洲南部天文台 ESO 类别中, 不再单列			
	拉西亚天文台与帕拉纳尔天文台 ESO LSP	纳入欧洲南部天文台 ESO 类别中, 不再单列			
	大型强子对撞机 LHC	从原来的欧洲核子研究组织 CERN 中单列	1994	2018	3170
核物理与高能物理	美国深层地下中微子实验室 DUNE	新增	2018	2024	
	中国江门中微子实验装置 JUNO	新增	2015	2022	
	阿根廷皮埃尔·奥格天文台	新增	2000	2004	

PAO					
数字科学与数学	超级计算实验基础设施 SILECS	合并原有的 FIT 和 Grid 5000 两个设施	2018	2019	190
	向企业与社会转移转化的数学平台 TIMES	新增, 从 2016 版的 GERM 项目转变而来	2018	2018	1490
	未来物联网 FIT	删除			
	网格计算 Grid 5000	删除			
	数学研究大型装备 GERM	删除			
	国家级虚拟现实平台网络 RNRVA	从拟建改为删除			
科学技术文献	出版方法与工具平台 METOPES	新增, 从 2016 版的 NUMEDIF 项目转变	2018	2018	无
	科技文献电子出版和发行平台 NUMEDIF	删除			
数字基础设施	法国国家大型计算中心 GENCI	从数字科学与数学领域改为本领域			
	法国国家技术、教育与研究远程通讯网络 RENATER	从数字科学与数学领域改为本领域			
	法国国家核物理和粒子物理计算中心 CCIN2P3	从数字科学与数学领域改为本领域			
	法国网格计算研究所 France Grilles	从数字科学与数学领域改为本领域			

(陈晓怡)

英国 EPSRC 资助新建和升级核磁共振设备

5 月 15 日, 英国工程与自然科学研究理事会 (EPSRC) 连同其他相关研究理事会宣布, 将投资 2000 万英镑支持核磁共振 (NMR) 设备建设¹³。NMR 是在从材料到医学等广泛领域具有重要影响力的关键技术。所资助的设备包括两个新建 1.0 吉赫兹系统 (目前商用最高频率) 以及对现有 800 兆赫兹与 950 兆赫兹固态和液态 NMR 设备的升级改造。

(1) 伯明翰大学, 新建系统, 将用于生物医学领域, 如癌症细胞代谢实时测量、新分析方法开发、药物发现与开发等。

¹³ EPSRC announces £20 million investment in NMR equipment. <https://epsrc.ukri.org/newsevents/news/nmrequirementinvestment/>

(2) 华威大学，新建系统，将用于材料科学领域，提供化学、生物学和材料科学领域的进展，为改善制药配方和药物输送、能源和催化材料提供新的结构和动态信息。

(3) 牛津大学，将用于分析更稀有和浓度更低的化合物，提高对分子结构和功能的理解，对生物技术和制药公司筛查项目非常有价值。

(4) 爱丁堡大学，提高固态和液态 NMR 在化学、材料科学和生物学领域的应用能力。

(5) 莱斯特大学，开发新方法和技术，拓展更广泛的社区合作。

(6) 诺丁汉大学，用于下一代制药、生物技术、能源材料、食物和营养等领域。

(7) 利物浦大学，用于材料科学、个性化医学、生物技术、食品科学和动物健康等领域。

(8) 谢菲尔德大学，用于化学制造、生物能源材料、光合作用与绿色能源、癌症治疗和生物制药等的发展。 (冯瑞华)

美国洛斯阿拉莫斯国家实验室开发出新的地球模拟器

4 月 23 日，美国洛斯阿拉莫斯国家实验室发布新闻称由其研究人员牵头开发出了一套新的地球模拟器——关于“能源”的百亿亿次地球系统模型 (E3SM)¹⁴。该模拟器具有天气尺度 (泛指水平尺度 1000-3000 千米、时间尺度 1-3 天的天气系统) 的分辨率，可以使用先进的计算机来模拟地球变率各个方面的特征，并预测未来几年影响美国能源行业的关键因素的年际变化趋势。E3SM 的长期目标是在未来 5 年内运行百亿亿次计算，这比 10 年前最先进的计算机性能提高了一千倍。

E3SM 将可靠地模拟地球系统变化，这些变化将来会对美国能源行

¹⁴ New high-resolution exascale Earth-modeling system announced for energy. <http://www.lanl.gov/discover/news-release-archive/2018/April/0423-earth-modeling-system.php>

业造成严重影响。这些关键因素包括：①区域大气或水的温度，这可能会给能源电网带来压力；②水资源供应，这将影响到发电厂运行；③极端水循环事件，这可能影响基础设施和生物能源；④海平面上升和沿海洪水，这将威胁沿海基础设施。目前洛斯阿拉莫斯国家实验室已经在使用 E3SM 来集中解决南极洲周边的问题，来改善海水融化冰架的模型，以控制海平面可能突然上升的关键过程。

E3SM 的目标是改进当前的地球系统模拟中存在的壁垒，实现这一目标需要从 3 个方面取得进展：①通过在模型中开发新的流程、增加模型分辨率和提高计算性能的战略组合，更好地解决地球系统过程；②更现实地表示人类活动与自然过程之间的双向互动，特别在这些相互作用会影响美国能源需求的地方；③模型模拟和预测的不确定性。为了解决影响美国能源行业的各种关键因素，E3SM 致力于回答 3 个总体科学问题，推动其数字化实验计划：①水循环：水文循环如何与局部到全球尺度的人类-地球系统组成部分相互作用及对能源部门产生影响；②生物地球化学：生物地球化学循环如何与其他地球系统组成部分相互作用以及如何影响能源部门；③冰冻圈系统：冰冻圈（陆冰和海冰）系统的快速变化如何随着地球系统而演变，并导致海平面上升和海岸脆弱性增加。

在 E3SM 中，所有模型元素（大气、海洋、陆地、冰）都是可以采用可变分辨率将计算能力集中在特定区域的精细过程上，因为其通过使用先进的网格设计，可以将网格尺寸从外部区域的粗网格平滑地缩小为内部区域更精细的网格。E3SM 由包括多个 DOE 的实验室、高校以及阿贡、劳伦斯利弗莫尔、劳伦斯伯克利、桑迪亚等多个国家实验室在内的 100 位科研人员共同参与完成。（刘文浩 刘燕飞）

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 康 乐

编辑部

主 任：冷伏海

副主任：冯 霞 陶 诚 杨 帆 徐 萍 安培浚 陈 方 马廷灿

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